

ESTADO DEL ARTE DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y SU POSIBLE IMPLEMENTACIÓN EN COLOMBIA

Viviana Estefany Ríos Ocampo

Trabajo de grado presentado como
requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Director
Ph.D Juan Esteban Tibaquirá Giraldo

Pereira, Julio de 2017
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
Programa de Ingeniería Mecánica

Nota de aceptación

Ph.D Juan Esteban Tibaquirá Giraldo

Jurado

Pereira, Julio de 2017

ESTADO DEL ARTE DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y SU
POSIBLE IMPLEMENTACIÓN EN COLOMBIA

Viviana Estefany Ríos Ocampo

Pereira, Julio de 2017

Programa de Ingeniería Mecánica

Universidad Tecnológica de Pereira

La Julita. Pereira (Colombia)

TEL: (+57)(6)3137122

www.utp.edu.co

Agradecimientos

Agradecimiento muy especial a mis padres Clara y Gustavo, por su incondicional y constante apoyo, por sus sabios consejos y por toda la fortaleza que me ofrecieron a lo largo de este camino.

Al programa de ingeniería Mecánica, a sus directivos y docentes, en especial al ingeniero Juan Esteban Tibaquirá por dirigir este trabajo y a los ingenieros Juan Camilo López y Felipe Quirama por sus asesorías

Tabla de contenido

Capítulo 1	7
1. Introducción	7
1.1 Objetivos.....	10
1.1.1. Objetivo general	10
1.1.2. Objetivos específicos	10
1.2 Abreviaturas	10
Capítulo 2	12
2. Revisión bibliográfica de la clasificación, el funcionamiento y la normatividad de los vehículos eléctricos.....	12
2.1.Vehículo eléctrico EV	12
2.2 Clasificación de los vehículos eléctricos.....	13
2.1.1. Vehículo eléctrico puro (EV)	13
2.1.2. Vehículo eléctrico híbrido (HEV).....	13
2.1.3. Vehículo eléctrico enchufable (PHEV).....	14
2.1.4. Vehículos eléctricos de celda de combustible (FCEV).....	15
2.3. Sistema de propulsión	16
2.4 Almacenamiento de energía	18
2.4.1 Batería:	18
2.4.2 Ultra-condensadores (UC):	21
2.4.3 Pila de combustible:	21
2.5 Normatividad	21
Capítulo 3	23
3 Tipos de vehículos eléctricos.....	23
3.1 Vehículo eléctrico puro (BEV).....	23
3.4.1 Componentes de la planta motriz.	23
3.4.2 Beneficios.	25
3.4.3 Desventajas.....	25
3.2 Vehículo eléctrico híbrido (HEV)	26
3.2.1 Componentes de la planta motriz.	27
3.2.2 Beneficios.	28
3.2.3 Desventajas.....	29
3.3 Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV)	29
3.3.1 Componentes de la planta motriz.	29
3.3.2 Beneficios.	30
3.3.3 Desventajas.....	30
3.4 Vehículos eléctricos de celda de combustible (FCEV).....	30
3.4.1 Beneficios	30
3.4.2 Desventajas.....	31

Capítulo 4	33
4 Reglamentación nacional respecto al uso y la promoción de los vehículos eléctricos	33
4.1 Proyecto de ley 023 de 2010	34
4.2 Resolución 186 de 2012.....	34
4.3 Proyectos Colombia	34
Capítulo 5	36
5 Implementación del vehículo eléctrico en Colombia	36
Capítulo 6	43
6 Canasta energética colombiana	43
6.1 Proyección a largo plazo (2050)	48
Conclusiones	51
Anexos	52
1. Resolución 186 de 2012.....	52
2. Decreto 407 de 2012.....	61
3. Norma Técnica Colombiana 2050	64
4 Proyecto de acuerdo 061 de 2015.....	¡Error! Marcador no definido.
5. Proyecto de Ley 023 de 2010	70
Bibliografía	82

Capítulo 1

1.Introducción

Desde la antigüedad, las civilizaciones han hecho uso de los recursos energéticos en el sector industrial, productivo y de transporte, para garantizar el desarrollo de la sociedad, consecuente con esto, una excesiva deforcación y erosión del suelo, siendo todos estos factores los causantes de incrementar la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) que luego se transforman en más calor, facilitando el calentamiento global, por ende, generando cambios climáticos. Sin embargo, a través del tiempo y con soluciones más tecnificadas, se ha logrado atender las crecientes exigencias de la población, brindando nuevas alternativas viables para reducir el uso de los combustibles fósiles y el mejorar la calidad del aire. Para ello, una de las opciones más factibles es la incorporación del uso de recursos no convencionales y renovables en sectores productivos tales como el transporte, esto debido a que este sector, se ha caracterizado por el uso de motores de combustión interna o Diesel, siendo los mayores aportantes de gases de efecto invernadero y deterioro de la calidad del aire a nivel mundial [1], causando el sector transporte un gran aporte de dióxido de carbono (CO₂) al ir por la quema de combustibles, con un consumo de petróleo del 65% para el año 2014 [2].

Cuando se trata de movilidad limpia, es dejar de utilizar combustibles fósiles por recursos renovables, por ejemplo, hacer el cambio de un vehículo eléctrico (EV) a uno de combustión interna (ICV), esto sería una opción muy factible para el mejoramiento de la calidad del aire, ya que según estadísticas para el 2014, solo el 1.5% del transporte mundial es operado con electricidad, mientras que el 65% funciona con petróleo [2].

Para implementar de forma correcta los vehículos eléctricos en Colombia, tecnología en vía de desarrollo y expansión a nivel mundial, es necesario conocer la demanda que el uso de estos vehículos generaría sobre el sistema eléctrico del país, puesto que este no está preparado para soportar una demanda energética mayor. Esto probablemente causaría el aumento de los apagones, debidos a la sobrecarga de red. Por este motivo, en este trabajo se realiza un análisis de la reglamentación necesaria, así como de las barreras legales y reguladoras asociadas al uso de la movilidad eléctrica. en el caso de que se implementarán los nuevos servicios eléctricos en movilidad. Consecutivamente con esta implementación, se aporta a un crecimiento a la economía colombiana, ya que reducen los costos de mantenimiento, y a su vez, se contribuye a mejorar la calidad del aire, minimizando el impacto negativo generado por la combustión de combustibles fósiles como la polución tanto química (GEI), como sonora (ruido).

Los EV, es un vehículo que es propulsado por uno o varios motores eléctricos, su función es transformar la energía eléctrica que llega a las baterías en movimiento, pueden ser puramente eléctricos o combinados con un motor de combustión interna, dando lugar a un vehículo híbrido. Estos vehículos a lo largo de la historia han tenido grandes avances, y por sobre todo, por un progreso en el tema de adquisición de EV, ya que poco a poco la sociedad va conociendo sus beneficios en comparación a los ICV. Para empezar, el inicio de los EV fue en 1911 con Thomas Edison y Henry Ford, quienes hicieron grandes inversiones incorporando la primera producción de vehículos a baterías (BEV) pronosticándose para un futuro y buscando una reducción a la dependencia del petróleo [3]. Entre 1960 y 1970 por cambios climáticos y por la crisis del petróleo, la industria automotriz se vió obligada a mejorar el diseño, el funcionamiento y aumentar la eficiencia de los EVs [3].

En 1997, la empresa General Motors comercializó el primer EV, denominado EV1. Consecuente con esto, fabricantes como Toyota, Ford y Nissan, empezaron a fabricar vehículos puramente eléctricos, pero pese a esta implementación, y pesar de la gran aceptación que estaba teniendo los EV, la industria petrolera ejerció tanta presión que logro parar la producción del EV1, teniendo como resultado para las últimas décadas un aumento en la producción de emisiones contaminantes causadas por la combustión de la gasolina o diesel [3].

Para la década del 2000, aunque se estaban realizando grandes investigaciones para determinar la calidad del aire, teniendo en cuenta de que sus resultados eran cada vez más negativos, se debía encontrar una solución para disminuir las partículas contaminantes del aire, ya que las emisiones mundiales de CO₂ por la quema de combustibles entre los años 1973 a 2014 pasaron a ser más del doble, siendo el carbón, el mineral más utilizado con un porcentaje de 46%, seguido del petróleo con 34% [2].

En la actualidad, varias casas fabricantes de automóviles le están apostando a la producción de EV en serie, teniendo en cuenta las necesidades de redes de ventas especializadas e infraestructura pública, puesto que este último sigue siendo uno de los grandes desafíos de la industria, debido a los pocos puntos de recarga de baterías disponibles en la actualidad. Además, es muy importante contar con el apoyo gubernamental para promocionar el incentivar al uso de estos vehículos. A su vez, es necesario generar conciencia pública del gran aporte que se le estará haciendo a la reducción de GEI, lo cual permite mejorar la calidad de vida, puesto que el sector transporte es responsable de un 19% de las emisiones de dióxido de carbono en Colombia [4].

En cuanto a las ventas de EV a nivel mundial, históricamente EEUU es el líder desde el 2011 con 80.000 unidades vendidas anualmente hasta el 2015. Seguidamente se encuentran países como Noruega y Holanda. Sin embargo hasta el 2015, China lideró las ventas mundiales por primera vez

representando un crecimiento del 183% con respecto a las ventas del 2014, la meta actual de la administración en China es llegar a 5 millones de vehículos operando con “nueva energía” para el 2020 [4]. Según estadísticas, se realizó una proyección para el año 2040, y se espera que el 26% de la movilidad mundial sea operada con petróleo, mientras que el 74% restante sea de tecnologías limpias [2].

En esta investigación se documenta razonadamente el funcionamiento de un EV, se identifican las diferentes clases de diseños de EVs, reconociendo claramente cada uno de los componentes de la planta motriz, además de realizar una comparación entre ICV y EV. A su vez se concluye con los datos tomados de las referencias encontradas en la literatura sobre cada uno de los conceptos y datos necesarios para el estudio desarrollado en los siguientes capítulos.

En el capítulo 2 del presente documento, se hace una revisión bibliográfica de los vehículos eléctricos y su información más generalizada, con base en documentos resultados de investigaciones.

En el capítulo 3, se estudia el funcionamiento de un EV, se identifican los diferentes tipos de vehículos eléctricos, reconociendo claramente cada uno de los componentes de la planta motriz, además se realizará una comparación entre ICV y EV.

En el capítulo 4, se investiga la reglamentación necesaria respecto al uso y la promoción de los EV. Además, se analiza el sistema de distribución eléctrico del país, ya que la incursión de la movilidad eléctrica aumentaría la demanda de energía eléctrica sobre la red.

En el capítulo 5, se analizan encuestas realizadas en investigaciones anteriores, para ciertos países de Suramérica y Europa, haciendo una comparación con Colombia, para determinar el interés y la capacidad de adquisición de un EV en el país.

En el capítulo 6, se estudia el posible impacto generado por la implementación de EV sobre la canasta energética colombiana, y se analiza, a largo plazo (2050) los escenarios alternativos para la eficiencia energética de Colombia.

Finalmente, el documento descrito permitió recolectar los avances tecnológicos en el tema de EV, y generar una hipótesis en la inserción de redes de distribución colombianas con la movilidad eléctrica. Esto es de gran importancia, pues muy pronto la integración masiva de EV en el sistema eléctrico del país será una realidad, debido principalmente al incremento en la demanda, al uso de energías renovables y a la disponibilidad de venta de energía que tienen muchas empresas distribuidoras. Para ultimar, la importancia de este trabajo se basa en poder responder la siguiente pregunta, ¿De qué manera, con la implementación de los EV se podrán mitigar los

impactos negativos al ambiente, generando alternativas de reducción de costos y ahorro energético al usuario final e innovando en la movilidad para un futuro energético más limpio?.

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Estudiar el estado del arte de los vehículos eléctricos en el mundo y su posible implementación en Colombia

1.1.2. Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica de la clasificación, el funcionamiento y la normatividad de los vehículos eléctricos.
- Estudiar el funcionamiento de los diferentes vehículos eléctricos, identificando claramente cada uno de los componentes de la planta motriz, analizando y comprendiendo los beneficios y las desventajas de un vehículo eléctrico.
- Estudiar la reglamentación nacional respecto al uso y promoción de los vehículos eléctricos.
- Realizar una proyección de la posible implementación de los vehículos eléctricos en Colombia.
- Analizar el posible impacto sobre la canasta energética en caso de la implementación de los vehículos eléctricos.

1.2 Abreviaturas

EV: Electric Vehicle.

HEV: Hybrid Electric Vehicle.

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle.

ICV: Internal Combustion Vehicle.

ICE: Internal Combustion Engine.

DC: Corriente Continua.

AC: Corriente Alterna.

UPME: Unidad de Planeación minero-energética.

UC: Ultracondensador.

NTC: Norma Técnica Colombiana.

CO₂: Dióxido de Carbono.

GEI: Gases de efecto invernadero.

PROURE: Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía.

Capítulo 2

2.Revisión bibliográfica de la clasificación, el funcionamiento y la normatividad de los vehículos eléctricos.

Este apartado está destinado a explicar razonadamente el vehículo eléctrico (EV) con las referencias que se han encontrado en la literatura, además de las conclusiones que se han tomado sobre cada uno de los conceptos y datos necesarios para el desarrollo del capítulo.

2.1.Vehículo eléctrico EV

El vehículo eléctrico se define como un automotor que obtiene su capacidad de movimiento a través de liberación de energía eléctrica almacenada, y que es transmitida a uno o varios motores eléctricos. Estos vehículos cuentan con una serie de almacenadores de energía, mediante los cuales se alimenta el motor eléctrico para generarle el movimiento del vehículo. El almacenamiento más comúnmente utilizado es una batería, sin embargo, existen otros dispositivos de almacenamiento que pueden ser utilizados como una fuente auxiliar de energía, tales como los ultra-condensadores o pilas de combustible [5].

A partir de la década de los 90, los EV han tenido un rápido desarrollo en la industria automotriz desde 1990. Un objetivo principal para impulsar la utilización de los EV, son disminuir los problemas de calentamiento global y la dependencia de los combustibles fósiles, incluso podría ser una alternativa viable para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero [5]. A pesar de ello. La movilidad eléctrica enfrenta grandes retos como el costo inicial y el tiempo requerido para recargar las baterías y la una menor autonomía que presenta a comparación con la de un vehículo convencional. No obstante, el costo inicial del EV se amortiza en pocos años, debido a los ahorros derivados al no uso de combustible y al mantenimiento, puesto que estos vehículos no requieren aceites ni lubricantes para su operación, presentan un menor desgaste de frenos y ausencia de transmisiones mecánicas, y sus motores, al ser totalmente silenciosos, no sufren vibraciones, lo que además ayuda a reducir la contaminación acústica.

A pesar de todos los beneficios mencionados anteriormente, el poco conocimiento del consumidor acerca de la rentabilidad y las ganancias que se obtendrían al adquirir un EV, ha llevado a su poca adquisición, ya que por preferencia y acercamiento directo de los clientes con los vehículos convencionales, se genera un cierto grado de desconfianza en el momento de interactuar con los EV [6].

2.2 Clasificación de los vehículos eléctricos

2.1.1. Vehículo eléctrico puro (EV)

También llamado un vehículo eléctrico a batería (BEV), es un vehículo que utiliza la energía eléctrica acumulada en un banco de baterías recargables como único recurso energético para mover el vehículo. Los sistemas básicos de un EV incluyen: el motor eléctrico, la batería y el controlador del motor eléctrico. En condiciones normales de operación, el controlador es alimentado por la batería, y transmite la energía de forma regulada al motor eléctrico con el fin de generar el movimiento del vehículo. La autonomía de estos vehículos está definida por la capacidad y el peso de las baterías, elemento que es la parte más costosa del vehículo. Esto, aumenta el costo inicial de la compra, y se considera uno de los principales problemas en la adquisición de este tipo de vehículo.

Tesla Motors es una de las compañías que más ha avanzado en investigación y desarrollo en estos vehículos, marcando la diferencia con innovación, eficiencia y autonomía.

2.1.2. Vehículo eléctrico híbrido (HEV)

Es un vehículo que utiliza la combinación de dos fuentes de energía para mover el vehículo, y por lo tanto, la combinación de dos motores, motor de combustión interna (ICE) y motor eléctrico. La batería y el motor eléctrico están destinados a mejorar la economía de combustible o el rendimiento que un vehículo convencional tendría. Este tipo de tecnologías logra reducir el consumo de combustible hasta en un 40% [7].

Durante la desaceleración, los frenos regenerativos, que son un dispositivo que permite reducir la velocidad del vehículo aprovechando parte de su energía cinética y transformándola en energía eléctrica [8], ponen al motor eléctrico del vehículo a operar en modo inverso, lo cual significa que se comporta como un generador de electricidad. Así, durante los procesos de desaceleración, el motor eléctrico genera energía eléctrica, cargando las baterías del vehículo. Este tipo de frenos son más eficaces a velocidades

bajas, es decir, en el tráfico urbano. De acuerdo a la forma en que sean ensamblados sus motores, pueden ser diseño-serie, diseño-paralelo.

2.1.3. Vehículo eléctrico enchufable (PHEV)

Este vehículo tiene un mecanismo de funcionamiento similar al HEV, la diferencia es que no cuenta con un sistema de frenos regenerativos, pero en reemplazo de éstos, sus baterías se recargan en una fuente externa ya sea de tipo doméstico o en puntos públicos adaptados para este fin. Estos vehículos son capaces de funcionar con combustibles fósiles, electricidad o una combinación de ambos, lo cual, conduce a una amplia variedad de ventajas como la reducción de la dependencia del petróleo, el aumento económico por la reducción en la utilización de combustible, el aumento de la eficiencia energética, debido a que el motor eléctrico tiene una eficiencia más alta que un ICE y la disminución de GEI.

Existen tres modos de funcionamiento: Diseño en serie de sus motores, diseño en paralelo y diseño paralelo-serie. El diseño en serie, las ruedas del vehículo solamente se hacen girar por el motor eléctrico y no por el motor de combustión interna, ya que en este último solo se utiliza para suministrar energía al sistema eléctrico, para proporcionar la propulsión. En el diseño en paralelo, tanto el motor ICE como el motor eléctrico pueden tener el manejo de las ruedas de forma independiente o incluso simultáneamente a través del acoplamiento mecánico. Por último en el diseño paralelo-serie el vehículo tiene la flexibilidad de funcionar tanto en serie como en modo paralelo.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los componentes que integra cada vehículo de acuerdo a la clasificación de los EVs anterior mencionada.

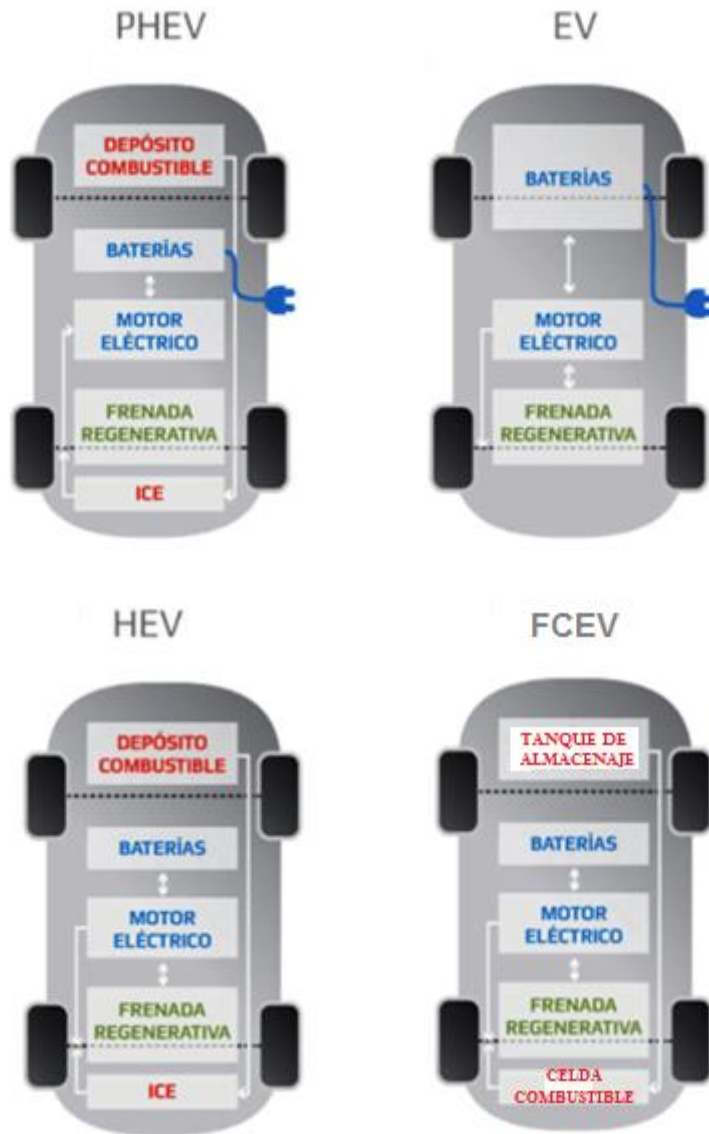


Figura 2.1 Clasificación de EV [9]

2.1.4. Vehículos eléctricos de celda de combustible (FCEV)

Estos vehículos son esencialmente EV que utilizan hidrógeno almacenado en un tanque presurizado y una pila de combustible para la generación de energía que debe ir a bordo. Los FCEV también son híbridos, ya que la energía de frenado se recupera y se almacena en una batería, por medio del sistema de frenado regenerativo. La energía eléctrica de la batería se utiliza para reducir la demanda máxima de la pila de combustible durante la aceleración y para optimizar su eficiencia operativa [10].

2.3. Sistema de propulsión

El vehículo eléctrico es propulsado por uno o varios motores eléctricos, su función es transformar la energía eléctrica que llega de las baterías en movimiento. Esta energía puede ser aprovechada en forma de corriente continua o en forma de corriente alterna. En este último caso se requiere de un inversor. También otro elemento fundamental es el controlador electrónico y el convertidor DC/AC. Todo el sistema de propulsión de un EV se puede observar con mayor detalle en la figura 2.2 [11].

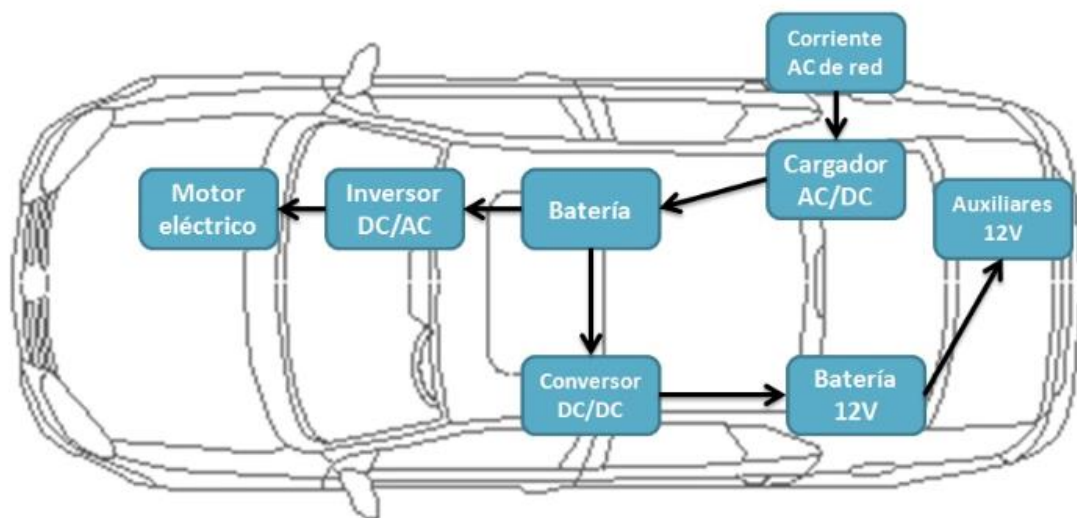


Figura 2.2 Sistema de propulsión de un vehículo eléctrico.
Fuente: endsaeduca.com

Controlador electrónico: Este dispositivo determina la cantidad de energía que debe recibir el motor eléctrico de las baterías y viceversa (cuando el generador recarga las baterías), es el elemento intermedio entre las baterías y el motor eléctrico, se puede ver en la figura 2.3.

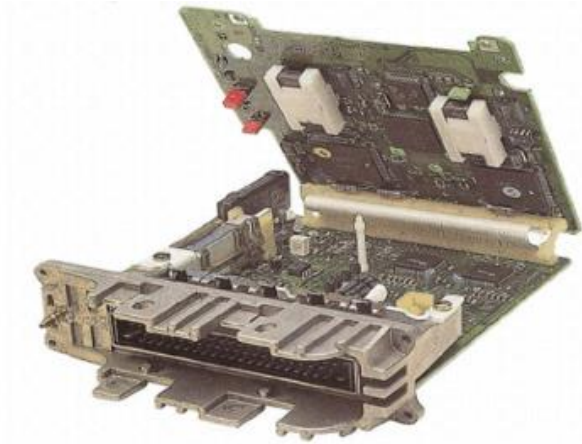


figura 2.3. Controlador electrónico [11].

Inversor DC/AC: Este dispositivo convierte la corriente continua de las baterías en alterna para hacer funcionar el motor, y la corriente alterna del generador en continua para que pueda ser almacenada en las baterías [11], se puede observar en la figura 2.4.



Figura 2.4 Convertidor [11].

Convertidor: Este dispositivo varía el voltaje de alta tensión en otro de baja tensión para la batería de 12V (similar a las que montan los vehículos convencionales) que se usa para los elementos auxiliares del vehículo [11], se puede observar en la figura 2.5.



Figura 2.5 Conversor DC/AC.

2.4 Almacenamiento de energía

El almacenamiento de energía más comúnmente utilizado es la batería, siendo el componente clave para el desarrollo de los EV. Sin embargo, existen otros dispositivos de almacenamiento que pueden ser utilizados como fuentes auxiliares de energía como los ultra-condensadores (UC) o pilas de combustible.

2.4.1 Batería:

Es un dispositivo de almacenamiento de energía que consta de células electroquímicas que convierten la energía química almacenada en energía eléctrica. Existen varias características que se deben tener en cuenta para la selección de la batería más adecuada para un EV pero la más significativa es la capacidad de la batería, la cual se mide en Amperes-hora (Ah) [12]. Existen varios tipos de baterías: baterías de plomo, baterías de níquel y baterías de litio siendo éstas últimas las más convenientes por su peso liviano, además no tienen efecto de memoria y no tienen metales tóxicos como el plomo y el mercurio. Otra de las características importantes son el tiempo de recarga y el costo.

En cuanto a la forma de recargar las baterías no hay una estandarización, pero, normalmente se trata de un enchufe de tres entradas, que dispone de terminales normales de corriente, fase y neutro, además de puesto a tierra, tal como el enchufe tipo doméstico. Otro tipo de enchufe es de 5 entradas (tierra, tres fases y neutro), como se puede observar en la figura 2.6. Lo que lo diferencia de uno normal, es que en su forma posee dos conectores extra en su diseño, uno de estado de conexión o desconexión y otro de comunicación con el vehículo. El diseño de su carcasa hace que su aislamiento sea muy seguro, lo cual casi que imposibilita el contacto directo con el paso de la corriente y hace más segura la transmisión de energía, sin que

ponga en peligro la seguridad de quienes lo manipulan. Estos conectores los podemos encontrar ya de forma fija en los puntos de recarga o electrolineras [13]. Por ejemplo, Tesla Motors ha implementado en Estados Unidos y parte de Europa unos puntos denominados “Carga rápida”, con esta inserción se pueden garantizar trayectos más largos en zonas rurales. Esta iniciativa comenzó con 312 estaciones completamente equipadas con 1.748 puntos de recarga con un costo de cero dólares, según el blog oficial de la casa fabricante [14].



Figura 2.6. Enchufe de un EV.
Fuente: endesavehiculoelectrico.com

Lo más complicado de estas baterías es competir con la elevada densidad de energía que tiene el petróleo, por ello, es que el tamaño de la baterías es tan grande, tal como se muestra en la figura 2.7, siendo una batería de Tesla Motors, mientras que el tanque de almacenamiento de combustible no necesariamente tiene que ser tan grande como el espacio que ocupa la batería. Comparativamente, hoy en día, la densidad energética de las baterías de litio es aproximadamente de 0,16 kwh/kg frente a los 13 kwh/kg en la gasolina [12]. Con estos datos parece que todavía existe un largo camino entre el EV y el vehículo convencional. No obstante, esta impresión es errónea, ya que, considerando la mayor eficiencia del EV y la tecnología actual, es posible incrementar el uso de estos vehículos.

Además, a medida que la tecnología avanza en el desarrollo de las baterías, los EV se podrán utilizar para viajes de gran recorrido.

En la actualidad muchas empresas fabricantes de EV están buscando formas de reutilizar las baterías, una vez lleguen al final de su vida útil. Por ende, dichas empresas están considerando iniciar un enlace con empresas recicladoras para gestionar puntos de recogida de baterías fuera de uso, como en plantas de ensamblaje, concesionarios, taller de reparación independiente, entre otras, para tratar de recuperar los metales de valor contenidos en las celdas electroquímicas, para ello, los procesos de reciclado [15]. Ya que, una vez agotadas, si se tiran al basurero como residuo sólido urbano, al entrar en contacto permanente con el ambiente, producen un alto impacto negativo al medio ambiente.

Los procesos de reciclado de baterías se dividen en dos tipos: los procesos piro-metalúrgicos, donde los metales se recuperan mediante hornos a alta temperatura, y los procesos hidro-metalúrgicos, donde los metales se recuperan por métodos químicos acuosos, la principal diferencia de ambos modelos es su respectivo objetivo de los mismos: mientras el piro-metalúrgico busca recuperar metales valiosos (como el Cobalto y el Níquel), el hidro-metalúrgico tiene como objetivo recuperar Litio [15].

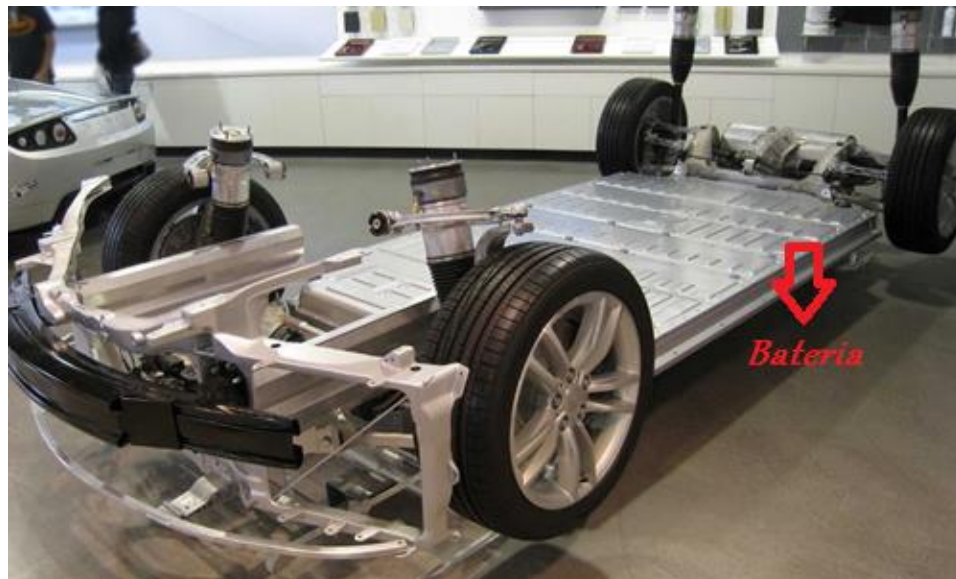


Figura 2.7 Batería EV.

2.4.2 Ultra-condensadores (UC):

Tienen una estructura similar a un condensador normal, con la diferencia de que los UC tienen alta capacidad de sustentar una densidad de energía mayor. Dentro de las características de los UC, se encuentra: no requiere mantenimiento, tiene mayor vida útil y es insensible a las variaciones de temperatura [16]. Su sistema de almacenamiento de energía está diseñado para ayudar a una batería o una pila de combustible en el caso de alta demanda de potencia en un sistema de HEV. El UC tiene una larga vida ya que no hay variación química en los electrodos [16]. Muchos fabricantes de automóviles utilizan los UC para almacenar la energía de frenado y así mejorar la eficiencia de transmisión [6]. Diversas investigaciones e institutos de desarrollo están trabajando en aumentar el rendimiento de los UC [16].

2.4.3 Pila de combustible:

En estos dispositivos, la energía química (hidrógeno) se convierte en energía mecánica por reacción del hidrógeno con el oxígeno para posteriormente generar electricidad. El hidrógeno contiene poca energía por unidad de volumen lo que es una desventaja para el transporte, porque para almacenar una cantidad equivalente de energía a un tanque de gasolina se requieren alrededor de 800 veces el volumen de hidrógeno a temperatura y presión ambiente. La pila de combustible, es un sistema de emisión cero, ya que no emite ningún gas de escape, y sólo produce agua y calor como residuos de las reacciones [7], siendo este sistema de almacenaje de energía, una gran alternativa para una movilidad limpia.

2.5 Normatividad

Durante la década de los 80, el sector eléctrico en Colombia, determinó con mucha preocupación que las pérdidas técnicas de energía alcanzaban el 30% de la generación total. Dichas pérdidas causaron problemas económicos para las empresas distribuidoras y empresas generadoras, ya que su producción debía ser mayor para cubrir las pérdidas, por ende, requería cambios estructurales, financieros y técnicos con el fin de tratar de subsanar dicha problemática [13]. Parte de la solución se empezó a dar a principios de los 90, cuando se creó la Ley Eléctrica, la cual impulsó la reorganización del sector, se estableció una clasificación de usuarios (regulados y no regulados), también se creó la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), la Superintendencia de Servicios Públicos (SSP) y apareció el Código Eléctrico Colombiano y el Código de Distribución [13].

A pesar de los cambios realizados para el sector eléctrico del país, que sin duda, fueron importantes para una transición sin problemas en esa década para el sector energético. Para la actualidad, con la idea de una implementación masiva de los EV, sería necesario una serie de cambios en el marco regulador, prácticas de operación, así como la formación y la educación de los profesionales relacionados, para que no se generen tantas pérdidas de energía ni se sufra de sobrecarga en la red. Se debe tener en cuenta que con una implementación vehicular con tecnología más limpia, se protegerá el medio ambiente y se mejorará la calidad del aire siempre y cuando la generación de energía también sea de forma limpia (hidráulica, eólica, solar, etc.). [17].

Para la correcta utilización de EV, es útil conocer la reglamentación necesaria respecto al uso y la promoción de los EV, pensadas con el fin de establecer un óptimo funcionamiento del sistema eléctrico colombiano, como también garantizar la seguridad de las personas y el adecuado desempeño de dichos vehículos.

En el capítulo 4, se explica más extensamente acerca de la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, en la cual se tratan temas de EV para su correcta operación, principalmente de los requerimientos y disposiciones de los equipos utilizados para realizar la recarga de baterías, niveles de tensión, control, protección, y, además de la correcta ubicación de los cargadores de las baterías.

Con un cambio en el sector transporte y teniendo una movilidad más limpia, se logrará:

- Reducir contaminantes globales, ya que Colombia produce 24.9 MT de CO₂ provenientes de los vehículos [18].
- Reducir enfermedades respiratorias y muertes a través de una mejor calidad del aire, ya que, más de 5000 muertes prematuras son causadas por una mala calidad del aire en el país [19].
- Reducir la dependencia en el petróleo o combustibles fósiles para consumo interno de Colombia.

Capítulo 3

3 Tipos de vehículos eléctricos

Este apartado está destinado a explicar el funcionamiento de un EV, además, identificar los diferentes tipos de EV, reconociendo claramente cada uno de los componentes de la planta motriz, y a su vez, se analizan los beneficios y las desventajas entre ICV y EV.

3.1 Vehículo eléctrico puro (BEV).

El funcionamiento de este tipo de vehículo, se basa netamente en la utilización de energía acumulada en una baterías recargables proveniente de una fuente externa de alimentación, que luego es transmitida a uno o varios motores eléctricos. La autonomía del vehículo viene definida por la capacidad y peso de las baterías con que sea ensamblado el vehículo [13].

Una de las diferencias entre el ICV y EV, es el modelo de negocio de venta del EV, ya que es inverso al actual de los vehículos a combustión. Así, mientras que en el negocio tradicional de la automoción genera los mayores márgenes económicos en la posventa, suponiendo la venta de vehículos en márgenes muy reducidas. En el EV, ese margen económico debe obtenerse principalmente de la venta, ya que el volumen de operaciones de posventa es mucho más reducido, teniendo presente que se utiliza un 90% menos de piezas, menos intervenciones por cliente y un mantenimiento mínimo centrado en las piezas consumibles (neumáticos, pastillas de freno, etc.) [20].

3.4.1 Componentes de la planta motriz.

El principio general de un EV es relativamente simple, la energía eléctrica se almacena en una batería presente a bordo del vehículo. Cuando se requiere, la batería alimenta el motor eléctrico que convierte esta energía en cinética y así se genera el movimiento en el vehículo [21].

La configuración de los EV es más manejable que la de los ICV debido a que la energía de un EV fluye a través de conductores que son flexibles, en vez de sistemas rígidos mecánicos como los ICV. Luego de años de desarrollo, el uso de tecnologías avanzadas ha permitido extender la autonomía y reducir los costos de producción de estos vehículos. Una de

estas tecnologías son el uso de avanzados controladores de motores de inducción y de motores de imanes permanentes para optimizar la propulsión eléctrica. Otros factores que han tenido un gran avance tecnológico son: Las baterías de Níquel-metal hidruro (NiMH) y de ión-litio (Li-ion) para aumentar la capacidad de almacenamiento de energía, la aplicación de carrocería liviana con material rígido pero de bajo peso, el aumento del aerodinamismo y de la tecnología de las llantas para reducir el roce del aire y del pavimento, sistemas avanzados de carga de las baterías, el uso de potencia y control de temperatura de los servicios auxiliares [22].

Por otro lado, el EV cuenta con tres subsistemas que son el sistema eléctrico, el sistema de energía y el sistema auxiliar. El sistema de propulsión eléctrica comprende el controlador electrónico, el convertidor de potencia, el motor eléctrico, la transmisión mecánica y el volante. El subsistema de energía comprende la fuente de energía, la unidad de administración de energía, y la unidad de recarga de energía. El subsistema auxiliar consiste en la unidad de control de potencia, de temperatura, de control de los pedales, y de las señales y circuitos encargados de avisar y regular el paso de energía entre la fuente y el motor. Un resumen esquemático de lo anterior se aprecia en la Figura 3.1.

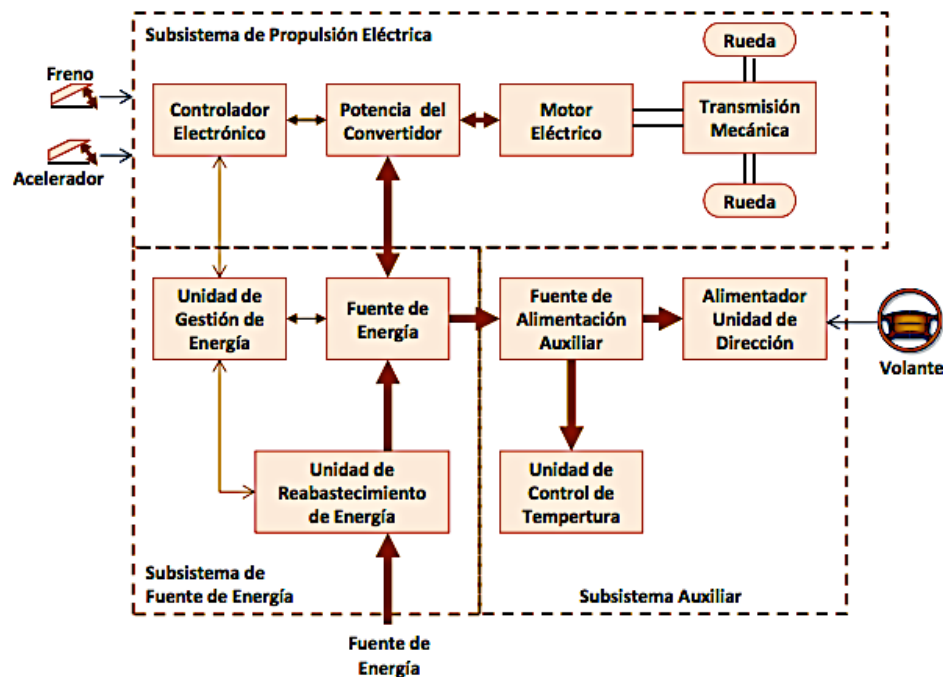


Figura 3.1. Componentes del vehículo eléctrico [23].

3.4.2 Beneficios.

- Tomando en cuenta que el EV no lleva refrigerantes, lubricantes, filtros, juntas, sellos ni silenciadores y no requieren de un gran mantenimiento, el costo después de comprarlo se compensará a través del tiempo. Además, el sistema de frenos tiene mayor duración por compartir su trabajo con el frenado regenerativo.
- No se queman combustibles, por lo tanto no emite gases a la atmósfera [13].
- Dependiendo del kilometraje recorrido al año, un EV convertido o de fabrica ahorrará un promedio de 1500 a 5000 dólares en gasolina y otros gastos como los de mantenimiento. Esto dentro de un panorama de precios de combustibles derivados del petróleo que aumentan y no se sabe aún hasta donde pueda llegar su costo a corto plazo.
- Varios estudios independientes han demostrado que aún produciendo la electricidad a partir de petróleo o carbón, el EV contamina menos que uno de combustión.
- Reducción del ruido.
- Alternativa para obtener energía eléctrica de fuentes auxiliares como los frenos regenerativos.
- De acuerdo al International Council on clean Transportation (ICCT,2016) actualmente el costo incremental de un vehículo convencional a un EV es aproximadamente de 9.000 Euros, el cual se estima que se reducirá a menos de mil en el año 2025, principalmente a la reducción del precio en las baterías [4].
- En cuanto a la eficiencia del motor eléctrico, ésta se sitúa alrededor del 90%. Por limitaciones termodinámicas un motor diesel se situaría en eficiencias de hasta un 40%, siendo éste superior a la eficiencia de un motor de gasolina [11].

3.4.3 Desventajas.

- Aunque se encuentra en investigaciones y en pruebas piloto, es recomendable más para uso urbano que rural por los sistemas de almacenamiento, además el alto costo de las baterías aumentan el valor inicial del vehículo, constituyendo un tercio del valor inicial [20], pero si el desarrollo científico de las baterías lo permite, éstos vehículos podrán ser dominantes para el futuro.
- Poca infraestructura para recargar sus baterías en lugares públicos, además se vuelve indispensable disponer de redes de venta y posventa especializadas para estos vehículos [20].
- Las baterías tienen fecha de caducidad, ya que se degeneran con el uso y empiezan a tener menor capacidad de carga.

3.2 Vehículo eléctrico híbrido (HEV)

Estos vehículos están conformados por un motor de combustión interna y un conjunto eléctrico de generador y motor, es decir, utiliza combustibles fósiles y gasolina como fuentes de energía para mover el vehículo. El mayor desafío de los diseños de los HEV, es administrar las dos fuentes de energía.

El funcionamiento de un HEV empieza con el movimiento, donde allí, las baterías entregan la energía necesaria para arrancar el motor eléctrico, lo que aumenta significativamente la eficiencia de este proceso, debido a la alta eficiencia del motor eléctrico con respecto al de combustión interna.

Cuando el vehículo se encuentra a velocidades bajas, se utiliza la tracción eléctrica, y cuando requiere utilizar más potencia, se utiliza el motor a combustión. En el punto de cruce, que se puede observar en la figura 3.2, que corresponde al momento en que se mantiene la velocidad por parte del conductor, el motor térmico funciona en condición óptima maximizando su eficiencia al entregar potencia para mover el vehículo y también para cargar las baterías. Al desacelerar o frenar, el motor térmico se detiene y se carga la batería por medio del sistema de frenos regenerativos. Es decir, la batería acumula energía para entregarla cuando el conductor demanda gran aceleración o para circulación lenta con motor eléctrico solamente. En estos vehículos las baterías están en todo momento interviniendo en ciclos de carga y descarga de acuerdo a los requerimientos de conducción [20]. El sistema de funcionamiento anterior se puede apreciar en la figura 3.2.

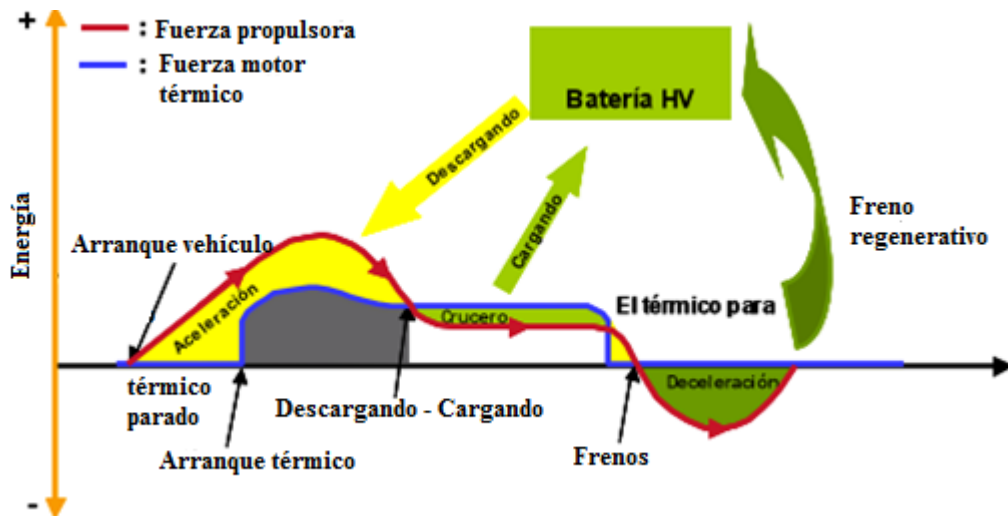


Figura 3.2. Esquema de funcionamiento de un sistema de hibridación [20].

3.2.1 Componentes de la planta motriz.

Existen dos modos de funcionamiento para los HEV: se encuentra el diseño híbrido-paralelo y el diseño híbrido-serie, pero recientemente se han desarrollado modelos que mezclan las configuraciones, denominados híbridos combinados.

- **Diseño híbrido-paralelo:**

En esta configuración se utiliza fundamentalmente la tracción eléctrica para mejorar la eficiencia energética del motor de gasolina (Figura 3.3). Esto se consigue utilizando el motor de combustión interna en los regímenes de giro en los que tiene mejor rendimiento. De esta manera, la tracción eléctrica se utiliza fundamentalmente para iniciar el movimiento, almacenar energía en cuesta abajo y para las frenadas, además, para llevar al motor de gasolina a su punto de funcionamiento óptimo, logrando con esto maximizar su eficiencia. Esta gestión inteligente de la energía se puede realizar gracias a que los variadores electrónicos permiten funcionar al motor eléctrico a cualquier régimen de revoluciones. Un ejemplo comercial de este tipo de vehículo en el mercado es el Toyota Prius [24].

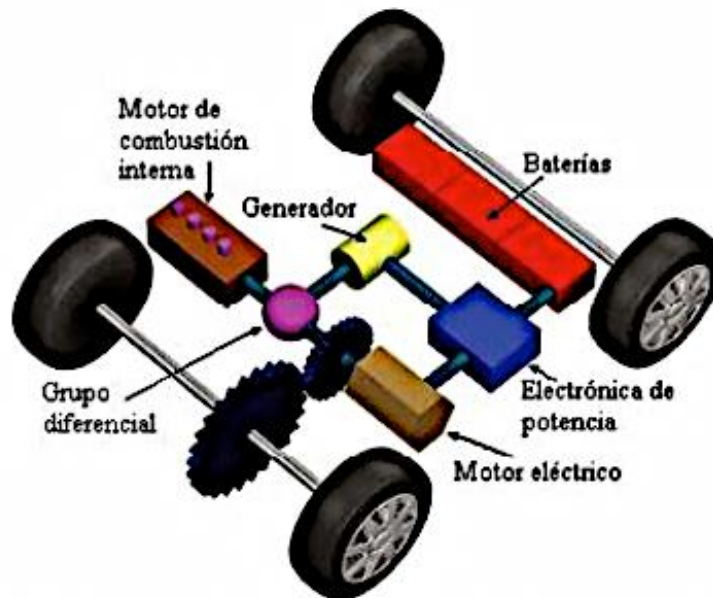


Figura 3.3. Diseño híbrido-paralelo.

- **Diseño híbrido-serie:**

El principio de estos vehículos es utilizar un motor de combustión interna para recargar las baterías que alimentarán posteriormente al motor eléctrico, tal como se muestra en la Figura 3.4. De esta forma, el motor eléctrico es el único responsable de propulsar el vehículo. Esta configuración es muy eficiente, considerando que el motor eléctrico es mucho más eficiente que el de combustión interna, pero tiene el inconveniente que necesita una batería de gran capacidad. Un ejemplo comercial de este vehículo es el Chevrolet Volt [24].

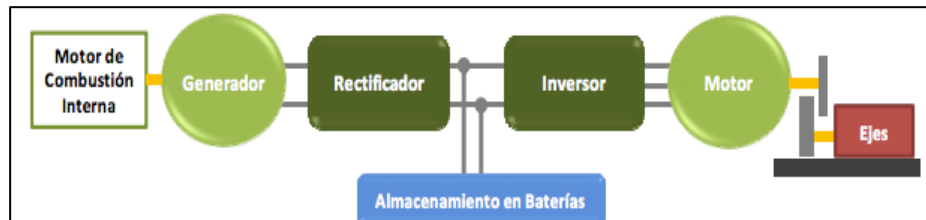


Figura 3.4. Diseño híbrido-serie.

3.2.2 Beneficios.

- Son la opción más prometedora para el transporte, ya que ofrecen mayor opción de movilidad rural por la combinación de motor ICE y motor eléctrico, con la satisfacción que se está aportando para la reducción de GEI y además un bajo consumo de combustibles fósiles.
- Regeneración de energía con el frenado, ya que de otro modo se perdería en forma de calor como los frenos mecánicos en los vehículos convencionales [25].
- Reducir el tamaño del motor de combustión interna original que junto con el motor eléctrico suplen las necesidades de potencia, siendo una ventaja importante ya que se reduce el consumo de combustible [25].
- Tiene la posibilidad de arrancar con el motor eléctrico, lo que permite la eliminación del motor de arranque del sistema de propulsión [25].
- Las investigaciones recientes han sido dirigidas principalmente hacia el uso de los sistemas eléctricos HEV en serie para vehículos pesados, y HEV en paralelo para vehículos ligeros [25].

3.2.3 Desventajas.

- El diseño híbrido-serie necesita una batería de gran capacidad, lo que aumenta el costo inicial del vehículo.
- El diseño híbrido-paralelo el motor electrico es más pequeño por lo que es menos potente [25].

3.3 Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV)

Este tipo de vehículo cuenta con características de vehículos convencionales y de EV, por lo que lo hace un vehículo con mayores ventajas ante las demás configuraciones de EV.

La tecnología de PHEV, es una extensión de los HEV, pues tan solo es necesario integrar una batería de mayor capacidad para que le permita funcionar mayor tiempo en modo eléctrico puro, además una de las grandes ventajas es que tiene la posibilidad de recargar sus baterías externamente.

3.3.1 Componentes de la planta motriz.

Existen dos modos de funcionamiento para los PHEV, similares a los HEV: Esta el diseño híbrido-paralelo y el diseño híbrido-serie, y recientemente se han desarrollado modelos que mezclan las configuraciones. Los componentes básicos necesarios para los PHEV se muestran en la figura 3.5.

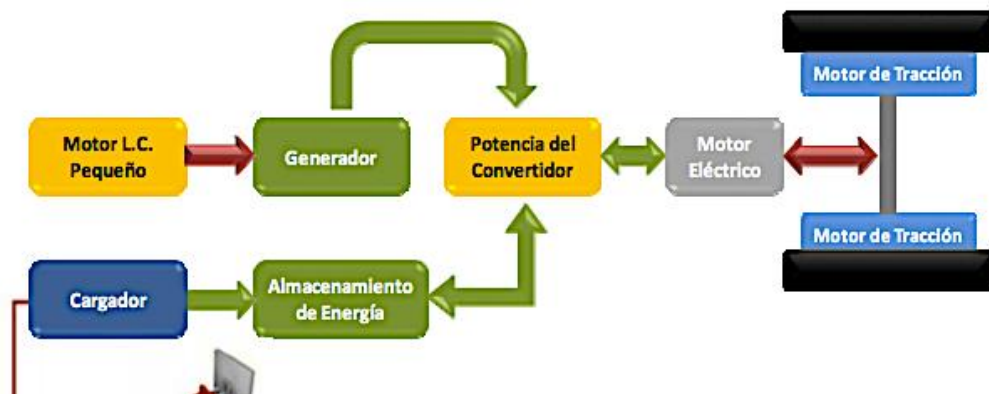


Figura 3.5. Componentes del PHEV [26].

3.3.2 Beneficios.

- Su batería puede recargarse con tres alternativas, la primera es conectando el vehículo externamente a un punto de recarga, la segunda opción es con el motor de gasolina y la última opción es con los frenos regenerativos.
- Al tener características de vehículos convencionales y EV, lo hacen un vehículo con mayores posibilidades de obtener una gran oferta en el mercado más rápidamente, aún más que los HEV.
- Mayor autonomía que los HEV.

3.3.3 Desventajas.

- Tiene múltiples diseños, lo que hace más compleja su producción en serie en la industria automotriz.
- Al igual que los HEV, necesita de una batería de gran capacidad, lo que aumenta el costo inicial del vehículo.

3.4 Vehículos eléctricos de celda de combustible (FCEV)

Estos vehículos son esencialmente EV que utilizan hidrógeno almacenado en un tanque presurizado y una pila de combustible para la generación de energía que debe ir a bordo. Los FCEV también son híbridos, ya que la energía de frenado se recupera y se almacena en una batería, por medio del sistema de frenado regenerativo. La energía eléctrica de la batería se utiliza para reducir la demanda máxima de la pila de combustible durante la aceleración y para optimizar su eficiencia operativa [10].

Hoy en día, alrededor de 550 FCEV (entre vehículos particulares y públicos) se encuentran en pruebas piloto en todo el mundo.

3.4.1 Beneficios

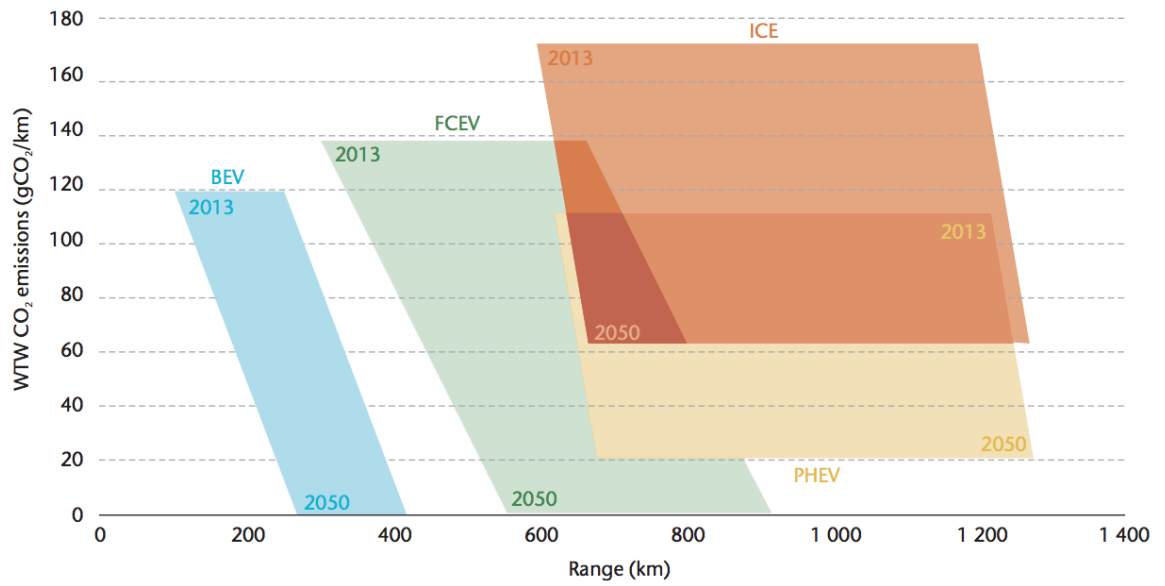
- En la actualidad, la economía de combustible en carretera es de alrededor de 1 kg de hidrógeno por cada 100 km recorridos, y los vehículos que se encuentran en prueba, tienen rangos de alrededor de 500 km a 650 km, lo que hace que sea comparable con los ICV [10], esto se puede evidenciar en la figura 3.6.
- El tiempo de repostaje es aproximadamente el mismo que los ICV [10].

- Pueden proporcionar el servicio de movilidad con emisiones de carbono mucho más bajas, dependiendo de la vía de generación de hidrógeno, dado es el caso, cuando el hidrógeno proviene de la electrólisis del agua, que es un proceso de dividir el agua en hidrógeno y oxígeno aplicando una corriente directa, convirtiendo la electricidad en energía química. [10].
- Tiene sistema de frenado regenerativo [10].
- Operan en silencio, en comparación con los motores de combustión interna [10].
- El mantenimiento de la pila de combustible es simple, ya que tiene pocas partes móviles en el sistema [10].
- Tienden a ser menos costosos que los PHEV, en gran parte, debido a su menor complejidad en fabricación, ya que no requiere trenes de impulsión diferentes [10].

3.4.2 Desventajas

- El costo inicial del vehículo siguen siendo alto, los precios de FCEV anunciados hasta la fecha se han fijado en alrededor de USD 60 000 (Toyota, 2015) [10].

En la figura 3.6, se puede observar las emisiones de CO₂ generadas por cada kilómetro recorrido, además, la autonomía de las diferentes gamas de vehículos que operan con tecnologías limpias en comparación con el motor a combustión interna [10].



Notes: gCO₂/km = grams carbon dioxide per kilometre; WTW = wheel-to-wheel; the upper range of BEV emissions takes into account today's average world power generation mix, the lower range is based on 100% renewable electricity; the upper range of FCEV emissions takes into account a hydrogen production mix of 90% NG SMR and 10% grid electricity, the lower range is based on 100% renewable hydrogen; the lower range of PHEV emissions takes into account 65% electric driving; by 2050, a biofuel share of 30% is assumed for PHEVs and ICEs.

Figura 3.6. Emisiones de CO₂ de las diferentes gamas de vehículos eléctricos [10].

Capítulo 4

4 Reglamentación nacional respecto al uso y la promoción de los vehículos eléctricos

Estas normas son pensadas con el fin de establecer un óptimo funcionamiento del sistema eléctrico colombiano, como también de garantizar la seguridad de las personas y el adecuado desempeño de los componentes del EV. Además, incentivar el uso y la promoción de los mismos, de igual forma, la manera en que se sostengan las políticas de promoción también determinará el éxito en la fase posterior de un EV en la que se requiera competir con el ICV.

Se debe tener en cuenta, que estas normas deben ser de alcance internacional, es decir, más allá de las fronteras nacionales para garantizar que el mercado no se vea inhibido por opciones incompatibles a nivel mundial, esto no solo en términos propiamente del EV, sino también de infraestructura y conexiones [17].

Algunas de las normas relacionadas con EV más destacadas han sido desarrolladas por organismos internacionales de normalización como lo son ISO e IEC. Estas normas internacionales incluyen la recién revisada ISO 6469, un estándar de dos partes, destinadas a ayudar a los fabricantes de diseño a prueba de fallos vehículos de propulsión eléctrica [17].

La norma anteriormente mencionada, ISO 6469, en uno de sus literales, especifica los requisitos de seguridad para los sistemas recargables de almacenamiento de energía (RESS) de los EV. Y la segunda parte especifica los requisitos para los medios de seguridad operacional y la protección contra los fallos relacionados con el sistema de distribución de energía [17].

Por otra parte, algunas de las normas nacionales que se apoyan en los estándares internacionales, se presentan en apartes tomados de la Norma Técnica Colombiana (NTC 2050). Las principales normales que rigen para los EV, son las secciones 511-8 y 511-9, las cuales hacen referencia a los equipos para sistemas de carga externos, ubicación de los cargadores para las baterías y disposición de los conectores. Además, se presenta la sección 625, la cual se compone principalmente de los requerimientos y disposiciones de los equipos utilizados para realizar la recarga de EV, niveles de tensión, control y protección [27].

4.1 Proyecto de ley 023 de 2010

Este proyecto rige a nivel nacional, aunque, actualmente no se han descrito incentivos tributarios que cobijen a las empresas públicas, o la sociedad en general, para que utilicen los EV en el país. Sin embargo, se han establecido algunas medidas de beneficios tributarios para la promoción e implementación de transporte que utilicen tecnologías de tracción eléctrica, como lo dispone el proyecto de ley 023 de 2010, en el cual se establece medidas de reducción arancelarias para la importación de sistemas de transporte que utilice para su tracción energía eléctrica. Además los alcaldes y gobernadores, adoptarán medidas que incentiven el uso de EV, entre las cuales podrán contemplar la eliminación de restricciones de circulación, es decir, pico y placa, además, la creación de zonas de estacionamiento con acceso a recargas públicas [28].

4.2 Resolución 186 de 2012

Esta resolución establece la eliminación del IVA, aplica para tecnologías limpias (vehículos híbridos, eléctricos y dedicados a GN), IVA del 16% al 0%. Para los EV una reducción del IVA del 16% al 5%, posteriormente, por la reforma tributaria, la Ley 1607 de 2012, expresa que el IVA pasa del 5% al 0%. Además, para los EV y las estaciones de recarga (lenta y rápida) una reducción de arancel de 35% al 0 %, y para vehículos híbridos enchufable (PHEV) una reducción de arancel de 35% al 5% [29].

También, la resolución 586 (UPME), 778 (MADS) y 779 (MADS) de 2012, establecieron los requisitos y procedimientos para acceder a beneficios como la exclusión del IVA para vehículos de tecnologías limpias (eléctricos e híbridos) [4].

4.3 Proyectos Colombia

A continuación se presentan algunos proyectos que se llevan a cabo en todo el territorio colombiano, con el objetivo de promocionar e incentivar el transporte de tracción eléctrica.

- La Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) estudia un EV entregado por la empresa TERPEL. El estudio contemplará el comportamiento del vehículo, analizando consumo de energía, frenado regenerativo, capacidad de ascenso por pendientes y el desempeño en la zona urbana [28].
- El alcalde de Bogotá firmó el decreto 407 de 2012, con el cual se pretende promover el uso del EV y se establece en el artículo 3 lo

siguiente: "Disponer la operación piloto, dentro de la jurisdicción del Distrito Capital, de cincuenta (50) vehículos automotores de transporte público individual de propulsión exclusivamente eléctrica, con una temporalidad de cinco (5) años contados a partir de la matrícula del vehículo" [28]. En la actualidad, 2016, se tienen 43 vehículos en circulación, que son recargados en tres puntos diferentes de la ciudad de Bogotá, los cuales fueron adecuados por Codensa, además para promover e incentivar el uso de estos vehículos son exonerados del pico y placa.

- Otro proyecto que se ejecuta en la ciudad de Bogotá es el proyecto de acuerdo 061 de 2015, en el cual se estable lo siguiente: "Por el cual se dictan normas para estimular el uso de vehículos eléctricos como una estrategia para mitigar el cambio climático en el Distrito Capital"ⁱ, el objeto de este proyecto es contribuir al desarrollo de la movilidad sostenible, reduciendo los gases de efecto invernadero, disminuir la contaminación del aire y por ende mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, siendo necesario adecuar la infraestructura para aumentar los puntos de recarga para dichos vehículos.

- Un proyecto de la Unidad de planeación minero-energética (UPME), es reemplazar la flota de combustión del sector de transporte público, que sean más antiguos al año 2002 por EV, se reemplazarían 58 mil vehículos según el RUNT, aproximadamente serían el 0.5% de la flota vehicular a nivel nacional [30].

- En el Valle del Cauca, se instaló para 2013 una planta ensambladora de motos eléctricas por parte de la empresa Vectrix. El proyecto cuenta con una inversión inicial de \$5 millones de dólares, además, la adquisición de tecnología y la capacitación de más de 100 personas que conformarán el equipo de trabajo en Vectrix Colombia. Las motos que contemplará la planta son de uso en zonas urbanas y pueden llegar a recorrer 180 kilómetros con una carga de dos horas [28].

- Un acuerdo entre las empresas ENDESA Colombia y SOFASA RENAULT tuvo lugar el día 22 de Enero 2011, en el cual se pretende promover la incursión del EV en Colombia. La idea es traer 4 vehículos e instalar 8 puntos de recarga en Bogotá. Adicionalmente, se anunció la intención de realizar un piloto con 250 vehículos en 2012. Se anunciaron los vehículos Renault Fluence ZE y Renault Kangoo ZE y Renault twizy [28].

- Colombia se comprometió a reducir el 20% de las emisiones proyectadas de GEI para 2030 siendo aproximadamente 67 millones de toneladas de CO₂, siendo el 10% de las emisiones totales corresponden al sector transporte: terrestre, aéreo y navegación [31].

Capítulo 5

5 Implementación del vehículo eléctrico en Colombia

El estado actual y el futuro del mercado de EV, como también las barreras a las cuales se enfrenta el sector del transporte, serán resumidas en el presente capítulo, dándole un enfoque a la situación de Colombia.

Como ocurre en todo mercado, el espacio que la movilidad eléctrica será capaz de ocupar a futuro dependerá en gran medida de las actuaciones que los diferentes agentes del mercado adopten para superar los retos a los que se enfrentan. Estos retos son de diversa índole, dependen principalmente de las características técnicas de los EV y su capacidad de satisfacer las necesidades de los usuarios, de los precios, las posibilidades de adquisición y de las de mantenimiento que se generan en el mercado automotor [21]. Además la necesaria remodelación de la infraestructura urbana, capaz de satisfacer con los puntos de recarga para la exigencia de los EV. Asimismo, se debe crear conciencia de que las emisiones de CO₂ que genera el tráfico afectan a la salud humana, incluyendo hospitalizaciones y muertes prematuras [32]. Gran parte de los beneficios ambientales que trae consigo utilizar vehículos con tecnología más limpia, se pueden hacer llegar al corazón y a la conciencia de cada persona, por medio de individuos que generen gran influencia social en las mentes y perspectivas de los gustos de la comunidad. A su vez, es muy necesario el apoyo gubernamental para el apoyo de los incentivos económicos generando un aumento en la adquisición por los EV.

Una de las grandes problemáticas para aumentar la compra de los EV, son los garajes colectivos (constituyen un alto porcentaje de las viviendas en las grandes ciudades), ya que la actual ley de propiedad horizontal, no permite a un vecino, instalar un punto de suministro propio en su garaje sin permiso unánime de todos los vecinos de su comunidad, incluso aunque se instale un control de medida específico para ese suministro [20]. Esto tendría que entrar en un cambio o en una adaptación por las entidades reguladoras, ya que en las últimas décadas ha crecido la vivienda vertical con zonas y parqueaderos comunes, lo que generaría un gran impedimento para aumentar las ventas de los EV.

Es comúnmente aceptado que con la necesidad de mejorar la calidad de vida, adquirir un vehículo se ha convertido en un símbolo de posición y reconocimiento social. No en vano, pasa por ser la segunda mayor inversión

que realizan las familias colombianas. Sin embargo, se ha llegado el momento en el que tomar conciencia de que la movilidad es una necesidad más de nuestras sociedades, que debe ser satisfecha de la manera más racional posible porque, de otra forma, se estará afectando precisamente a esa calidad de vida que se está intentando mejorar, teniendo un impacto negativo en la calidad del aire, por ende, se aumentaría la cantidad de GEI y se agrava la situación del calentamiento global. Esto también hace referencia a una de las áreas pertinentes a considerar, y es la necesidad de conocer, de cuál fuente de energía se está recargando el vehículo [33], sino el ciclo de vida de un EV en realidad puede hacer que sea más emisiones que el ICE vehículo [17]. Por ejemplo, cuando las redes de energía están más dominadas por hidro, gas nuclear, natural, o de otras fuentes cero o bajo nivel de carbono, los beneficios de reducción de emisiones de los EV son significativas con respecto al ICV. Tal es el caso de Brasil, donde sus redes eléctricas predominantemente son hidro. Por el contrario, la red eléctrica más contaminante, es a base de carbón, se encuentra en la zona que se extiende desde Illinois hasta el valle de Ohio en Estados Unidos.

Para el caso de Colombia, la UPME y el IDEAM, han elaborado en los últimos años, un análisis sobre la gran riqueza en recursos energéticos renovables que posee el país. Para ellos se propone un incremento en la participación de las fuentes no convencionales de energía (FNCE, son aquellas fuentes disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país son empleadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente) en la canasta energética total del 5%, de las cuales el 4% son empleadas para las aplicaciones térmicas y de transporte, y el 1% restante, a energía eléctrica [34]. Lo que indica, que se deben revisar las posibilidades de mejoramiento en la transformación de la generación de energía eléctrica del parque térmico existente.

Por lo anterior, uno de los grandes retos para Colombia en tecnologías más eficientes para generación termoeléctrica, tiene que ver con aumentar la eficiencia de transformación de las centrales y disminuir las emisiones de CO₂, mediante la modernización de equipos y la posibilidad de optimizar, a largo plazo su producción, además, reducir el consumo de combustibles fósiles. Estos mejoramientos obedecen a actualizaciones tecnológicas en las plantas existentes y, para el caso de las nuevas, el ingreso de plantas con eficiencias superiores a la tecnología convencional. En Colombia, existen 1017 MW instalados en centrales térmicas convencionales que operan a carbón. En algunos proyectos se han emprendido procesos de renovación tecnológica o modernización, especialmente de las calderas. Es importante mencionar, que muchas de las plantas a carbón llevan operando cerca de los 40 años (algunas ya superan los 50 años). De acuerdo con lo anterior, se estima que sería necesario una actualización del parque térmico, para lograr incrementar la eficiencia de las plantas mediante la optimización del uso del combustible a partir de los años 2018 y 2019 [30].

Por otro lado para Colombia, en el sector económico, la movilidad eléctrica corresponde a una nueva revolución tecnológica, con un alto potencial de sustituir en el largo plazo a los vehículos convencionales. Según Carlota Pérez, de las Universidades de Cambridge y Sussex, una revolución tiene tres fases. La primera, una innovación que sea muy radical para generar apertura de nuevas industrias y empresas. La segunda, un período de crecimiento exponencial y para finalizar la tercera fase de madurez [4], tal como se presenta en figura 5.1.

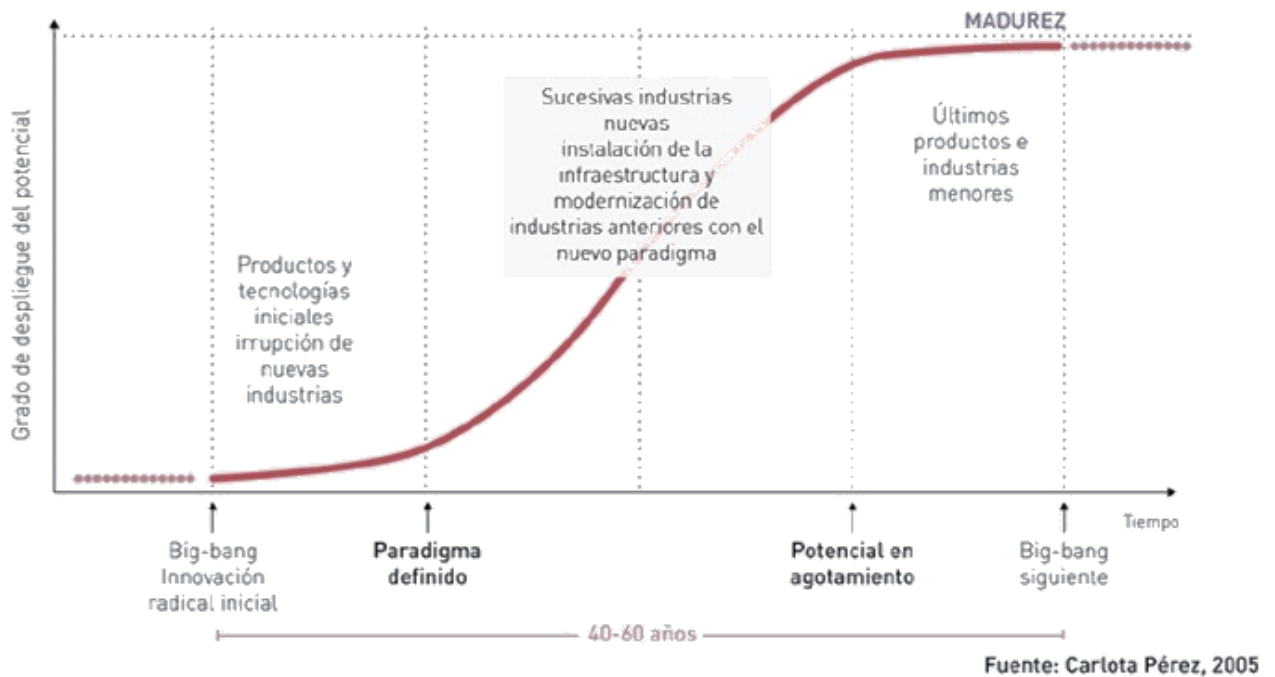


Figura 5.1 Fases de una revolución industrial tecnológica.

Para una mejor explicación de la figura 5.1, en la primera fase se crearon empresas proveedoras de repuestos o partes, como baterías, o se fortalecieron empresas como Tesla Motors, que quieren entrar a competir en la segunda fase que sería de gran crecimiento hasta llegar a la fase de madurez o sostenibilidad económica. Con lo anteriormente mencionado, es cómo se debe fortalecer el campo del mercado vehicular eléctrico para generar un gran impacto en la sociedad colombiana. Antes que nada, dicha sociedad debe estar consciente de los atributos y ventajas del EV para que no sea percibido como un “juguete” ni una extravagancia, sino como una alternativa real de movilidad urbana con tecnología limpia, que identifica a su usuario como un ciudadano comprometido y responsable con el medio ambiente. Además, que no existan barreras psicológicas ni excusas, para que, a futuro una gran mayoría de personas se muevan en EV.

El mercado de los vehículos eléctricos en Colombia, comenzó desde el 2012 donde se instaló el primer punto de carga rápida, pero sólo hasta finales del 2014 existían 126 BEV. Las principales razones por las cuales ese número es tan reducido, es porque no existían los incentivos fiscales y/o económicos suficientes para lograr una buena demanda, además no existía la suficiente infraestructura pública para lograr cargas rápidas. Para finales del 2015 Renault logró llevar el número de vehículos vendidos a 203. Consecuente con esto, para poder seguir la tendencia en crecimiento, se entraron al mercado colombiano 8 modelos de EV.

Para el año 2016, la empresa Terpel inauguró la primera estación de carga rápida piloto, y Codensa inauguró 5 electrolinerías para el uso de un programa piloto de 43 taxis eléctricos en Bogotá. Por otra parte las empresas BMW, Nissan, BYD y Codensa, en conjunto inauguraron otra estación de carga rápida para uso público. Esta última estación de carga mencionada, tuvo una inversión inicial cercana a \$7.500 USD que contiene tres conectores, dos DC (carga rápida) y uno AC, dicha estación, tiene una capacidad de 96 recargas diarias teniendo en cuenta que opera las 24 horas del día. En cuanto al costo de recarga, los propietarios de EV podrán comprar un paquete de unidades de recarga de 40 a 240 km de recorrido estimado por menos de \$ 9 USD [4].

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, para el bajo crecimiento en la adquisición de EV en Colombia, y para generar un incremento en movilidad eléctrica, es necesario crear una hoja de ruta, en la cual se debe mencionar como aspectos principales lo siguiente:

- i) Infraestructura para movilidad eléctrica.
- ii) Normas de eficiencia energética para el mercado vehicular.
- iii) Ofrecer incentivos para generar mayor demanda de vehículos eléctricos.
- iv) Crear estrategias de promoción en donde se realcen los beneficios ambientales, los menores costos de mantenimiento, entre otros.

Para conseguir el objetivo con las cuatro áreas prioritarias precedentemente citadas, integrándolas adecuadamente, se podría promover de forma acelerada la movilidad eléctrica en el país, basándose en el resultado de la trayectoria ya experimentada de países desarrollados como Estados Unidos, Europa y China, donde se ha generado gran demanda para que los fabricantes de automóviles desarrollen productos comerciales y competitivos [4].

Así entonces, se considera que la barrera más grande en la movilidad eléctrica en el país es el desarrollo de nueva infraestructura para recarga de baterías, por ende, se ubica en el primer paso de la hoja de ruta. Para esto, es necesario que actúen, el sector público conjunto con el sector privado, para lograr desarrollar las estaciones de recarga necesarias para la demanda de cada localidad.

Por otra parte, en el sector vehicular, es necesario que todo automóvil sea inspeccionado, verificado y fiscalizado, y acorde con esto, el infractor que incumpla sea sancionado para que así pueda tener el impacto deseado en la movilidad eléctrica, consecuente con esto, se hace necesario crear las capacidades institucionales y técnicas para controlar el cumplimiento estricto de las normas de emisiones y eficiencia energética por parte de los importadores y/o fabricantes [4], siendo éste el segundo paso de la hoja de ruta.

Siguiendo con la hoja de ruta, la inserción de los EV en los principales mercados mundiales ha sido gracias a los incentivos económicos y fiscales tanto para fabricantes como para consumidores, ya que se necesita desarrollar ventajas competitivas con respecto a los vehículos convencionales. Estos beneficios sólo serían en una primera etapa, es decir, serían transitorios, ayudando a la masificación mientras los costos de producción de los EV se reducen, luego se retirarían cuando puedan competir comercialmente [4], así actuaría el tercer paso de la hoja de ruta.

Muchos estudios han examinado el efecto de las políticas de incentivos, tales como parqueaderos públicos gratuitos, reducción en los impuestos anuales y/o IVA, exención en los peajes, entre otros. Estos factores, han ayudado a los países a tener un mayor índice de adopción de EV [35]. Para el caso de Colombia, la unidad de planeación minero-energética (UPME), quien es la entidad encargada de recibir las solicitudes para ser favorecidos con los incentivos tributarios por medio de la resolución 563 de 2012, que desde la fecha de su reglamentación, en diciembre del 2012 y hasta la fecha, se han recibido 38 solicitudes de incentivos tributarios, de los cuales 14 han salido de concepto favorable [36]. Lo anterior, en conjunto con el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía en donde establece un plan de acción al 2015 con visión al 2020 en donde el período entre el 2015 y 2020, corresponde a una fase de estrategias y acciones que se procurarán desarrollar mediante compromisos con actores públicos y privados, con miras a lograr los impactos esperados en productividad, competitividad, disminución de los impactos ambientales, el mejoramiento de la calidad de vida y en el acceso a fuentes limpias y renovables para todos los ciudadanos [34].

Con la propuesta de la hoja de ruta, se resaltaría la importancia de promover las normas de eficiencia energética y emisiones como parte elemental para cualquier cambio en este sector, además, de sacar provecho a los beneficios de una movilidad limpia, dando como resultado una mejor calidad del aire para las ciudades colombianas.

Teniendo en cuenta la hoja de ruta, para tener una correcta implementación de los EV, y, antes de que generen impacto en las redes de distribución de energía eléctrica en Colombia. Primero es necesario evaluar las intenciones que tienen los consumidores en obtener un EV. Tal como se puede observar en un estudio, donde se indica que la tendencia creciente en el tiempo ha

aumentado a que los investigadores se preocupen más por el tema de la crisis energética global y la deprivación progresiva del medio ambiente [37]. Los factores que influyen en las intenciones de los consumidores para la compra de EV son: incentivos económicos, el costo inicial de la compra, electricidad verde, infraestructura de carga, crisis energética, incentivos del gobierno, el ruido, la velocidad, costos de mantenimiento, calidad del aire y el tiempo de recarga de las baterías [38].

Según el análisis de estudios ya realizados, existen otros factores individuales para comprar un EV y son principalmente: el sexo, la edad, el nivel de educación, los ingresos y la ocupación. Con base a los resultados de dichos estudios, los jóvenes y personas de mediana edad, en especial los hombres con profesiones técnicas son las más propensas a obtener éstos vehículos. Además, unos de los factores que más influyen para la adquisición de EV son los atributos ambientales, como la reducción de la contaminación, las baterías recicladas y la electricidad verde [37]. Sin embargo, a pesar de los desarrollos continuos en la tecnología de baterías, sus costos, la capacidad de alcance y el largo tiempo de recarga, se consideran aún, grandes barreras a la adopción generalizada de dichos vehículos [39].

Según una encuesta realizada en internet, realizada para recoger unos datos de una muestra poblacional, en donde el principal objetivo era caracterizar los posibles propietarios a futuro de un EV. La población objetivo, compuesta en su mayoría de los actuales propietarios de ICV, con la intención de recoger las opiniones, percepciones y actitudes de los individuos que podrían ser posibles propietarios de EV. Para este estudio, se consideró que estos individuos serían probablemente los primeros usuarios en adquirir un EV, sólo si perciben que los EV son superiores en rendimiento comparándolos con los ICV [6]. Un objetivo secundario del estudio, fue relacionar ciertas características socioeconómicas como la edad, la educación, el género, la experiencia y el ingreso monetario, también las percepciones individuales y las actitudes hacia los EV [6].

En cuanto a los resultados de la anterior encuesta analizada, se obtuvo una muestra que tiene una representación significativamente mayor de los hombres (71%) en comparación con las mujeres (29%). La muestra total es relativamente joven, con la mayoría de los encuestados (88%) entre las edades de 18 y 44. Hay que señalar que la muestra recogida puede no ser necesariamente representativa de la población general, sin embargo, se proporciona información útil acerca de la adquisición y el conocimiento de los EV. En cuanto a la limitación del rango de la batería, se citó como la de mayor preocupación, seguida del alto costo inicial del vehículo [6]. Por otra parte, los investigadores de estos estudios, sugieren que, aunque los beneficios de sostenibilidad y del medio ambiente que ofrecen los EV, tienen una gran influencia en su compra, éstos se clasifican detrás del costo y el rendimiento del vehículo [6]. Se puede concluir de los resultados de dicha encuesta, que si

existe tendencia en adopción de EV, aunque con ciertas dudas negativas, si bien son mínimas, son bastante importantes, por ende, es que se encuentra en continuo desarrollo.

La anterior investigación y encuesta citada, pueden dar una señal de la situación de Colombia, acerca de la implementación de una movilidad eléctrica, el sector transporte público y privado. Una de las huellas que mayormente marca a la población colombiana, sin duda es el alto costo inicial de un EV, por ello, es esencial la participación del sector público, en retribuir beneficios económicos y tributarios para aumentar la adquisición de dichos vehículos y así mejorar calidad del aire en las ciudades colombianas y disminuir el uso en los recursos no renovables, ya que, a medida que la reserva de combustibles fósiles se disminuyan, la adopción por una solución alternativa es necesaria para un futuro no muy lejano. Asimismo, otra limitación actual para apoderarse el EV en el mercado vehicular, es la infraestructura pública para la recarga de baterías, donde es necesario que tanto el sector público como el privado actúen, para que los puntos de recarga a través del tiempo puedan ir aumentando exponencialmente.

Capítulo 6

6 Canasta energética colombiana

De todo el análisis en los anteriores capítulos, se puede establecer que existen los vehículos eléctricos conectables y los no conectables. Aquellos no conectables necesariamente requieren ser híbridos, de modo que deben de poseer un medio adicional a la electricidad para su desplazamiento, en cambio, los conectables pueden ser híbridos o puramente eléctricos. Los vehículos no conectables o HEV, no son de interés para este apartado de la investigación, pues no tienen ninguna relación con la red eléctrica y por lo tanto no se consideran dentro del parque vehicular que podría afectar el sistema eléctrico colombiano. En efecto, el parque vehicular que impactará las redes eléctricas, es aquel que requiera conectarse a éstas para recargar sus baterías. Este impacto se considerará, cuando exista una participación importante de los EV puros en el parque automotriz de las ciudades colombianas, producto de un traspaso de la movilidad de combustión interna a una movilidad eléctrica en el sector transporte tanto público como privado [21], lo que conlleva a una repotenciación de las redes que abastecerán las baterías de los EV, lo que implica cambios técnicos y de operación en el sistema de distribución de energía.

Se hace evidente pensar que la seguridad de la oferta energética y la diversificación de la canasta son motivadores para el país, debido principalmente a estudios que consideran que Colombia está muy cerca de llegar al pico de la producción petrolera y estaría próximo a entrar en una fase declinante. Consecuentemente, la preocupación de los países desarrollados por el cambio climático y el aumento en la producción de dióxido de carbono (CO₂), como aportante principal a la concentración atmosférica de GEI [30], han sido el motivador principal para emprender un cambio en Colombia, principalmente en el sector transporte, quien es el mayor aportante de producción de CO₂, por ende, una de las principales transformaciones para mejorar la calidad del aire, es reducir la dependencia de los combustibles fósiles, para ello, aumentar la compra por los EV.

No obstante, las ineficiencias identificadas por la UPME en el sector transporte para Colombia, además de la alta dependencia de combustibles fósiles, están ligadas al mantenimiento inapropiado de los vehículos, la congestión vehicular y el envejecimiento del parque automotor. Por lo anterior, el Plan Indicativo de

Acción 2010-2015 PROURE, contempla la reconversión tecnológica del parque automotor, reduciendo el uso del vehículo particular mediante la expansión de sistemas de transporte masivo con una tecnología limpia, y el desarrollo de campañas públicas sobre buenas prácticas de transporte [30].

Por otra parte, se debe tener en cuenta, que la mitad de los coches “duermen” en garajes comunitarios, y esto es especialmente relevante en las zonas de nueva construcción. Si a esto se le añade que el período en el que permanece en el garaje es de un mínimo de 10 horas, que la electricidad puede ser más barata durante la noche y que la recarga en horas nocturnas colabora al equilibrio de oferta-demanda del sistema eléctrico, facilitando la instalación de nuevas fuentes de energía renovable, se puede entender que, la recarga en garajes en las horas nocturnas es la solución idónea para el desarrollo del mercado vehicular eléctrico [20]. Por lo tanto, una de las propuestas para mitigar el impacto negativo que se puede dar en la demanda al introducir EV en las redes de distribución de Colombia, es implementar la doble tarificación, es decir, haciendo que el costo de la energía durante los picos de demanda sea mayor y viceversa a lo que ocurre en horas valle [13], siendo los horarios pico de 7 a 10 am y de 6 a 9 pm. Cuando el horario de recarga de baterías se hace en horarios descontrolados, ocasionaría variaciones en el nivel de tensión y sobrecarga en los transformadores lo que afectaría a las redes de distribución colombianas y al bolsillo del consumidor final debido a que los costos aumentarían. Por tanto, ésta sería una de las soluciones para el inicio de la implementación de los EV en Colombia y que no se vean afectadas las redes de distribución de energía.

En el sector energético, teniendo en cuenta que en 2015 la proporción de energía útil y pérdidas en la matriz energética nacional fue de 48% y 52% respectivamente, con unos costos estimados de energía desperdiciada cercanos a los 4.700 millones de dólares al año, es claro que el potencial teórico de Colombia para mejorar la eficiencia energética es significativamente alto [30], por ello se habla de crear propuestas para mitigar el impacto negativo y aprovechar de una mejor manera las pérdidas en la matriz energética, creando estrategias que permitan alcanzar las metas de eficiencia energética en caso de implementación de EV en forma masiva.

Evaluar lo que implica la introducción de EVs en Colombia para el sistema de distribución de energía, significa hacer estudios con una debida argumentación acerca de cuándo, cómo y dónde se va a realizar la recarga de las baterías, teniendo en cuenta que son cargas rodantes, donde no necesariamente siempre se va a recargar en el mismo punto, esto debido a que existen tres tipos de recarga de baterías, presentadas a continuación en la tabla 6.1, además, existe la opción de puntos públicos para intercambio de baterías.

Lugar de recarga	Tipos de recarga
Residencia	Lenta
Estacionamiento Público	Lenta / Rápida
Electrolineras	Rápida

Tabla 6.1 Tipos de recarga de baterías para EV [13].

Tipos de Recarga:

- **Carga lenta o Convencional:** Utiliza la misma tensión y corriente que la utilizada en los hogares. En este nivel de potencia el proceso de carga puede durar de 6 a 8 horas aproximadamente. Este tipo de carga es el más apropiado para el sistema eléctrico, ya que si se emplea en las noches que es cuando menos demanda eléctrica se da, la demanda de potencia no aumentaría con los picos que presentaría en el día.
- **Carga semi-rápida:** El tiempo de carga oscila entre 3 y 4 horas en promedio, siendo una solución factible para cuando el vehículo permanece este tiempo en un centro comercial u oficinas de trabajo, es decir, espacios públicos.
- **Carga rápida:** El tiempo de carga variante entre 10 y 30 minutos dependiendo del tipo de cargador y el tipo de batería del vehículo. Este tiempo de duración es similar a lo que se demora el reabastecimiento de un auto de combustión interna, con la desventaja de que el eléctrico demanda gran cantidad de energía en muy poco tiempo, llevando a que el sistema eléctrico se sature.
- **Intercambio de batería:** Es una solución óptima para poder generalizar el uso de los EV. No requiere tiempos de espera para recargas. Consiste en retirar la batería descargada y reemplazarla por otra batería completamente cargada previamente en horas de poca demanda en la red.

Con los anteriores ítems, se observa que el punto de recarga principal para las baterías del vehículo es la doméstica, ya que tiene el tiempo para recargarse por completo, sin generar altibajos en la red eléctrica, ya que el horario entre las 10 pm y las 5 am demanda poca energía eléctrica. Además, es de importancia hacer referencia a los puntos públicos para la recarga de baterías, ya que mientras una persona realiza sus actividades diarias como ir al supermercado o ir a su trabajo, puede recargar las baterías de su vehículo. Una de las estrategias que para la actualidad se esta implementando y que parece ser una gran opción, es la de intercambiar baterías, esta estrategia la esta introduciendo Tesla Motors, con el fin de buscar una mejora entre el tiempo de recarga y la demanda de energía en horas pico, esta táctica se ha evidenciado principalmente en Estados Unidos.

El sector transporte se compone por 5 subsectores: aéreo, marítimo, fluvial, ferroviario y carretero, siendo este último el de mayor consumo energético dentro del sector. Evaluando el consumo de electricidad en el sector transporte para Colombia, según la UPME, para el año 2015, el consumo final de energía del sector transporte fue de 495.512 TJ, y su fuente principalmente es combustibles fósiles, siendo el diesel y la gasolina, los energéticos más importantes en el sector, con una participación alrededor del 37% y 40% respectivamente, mientras que la electricidad cuenta con una participación de menos del 1%. Pero según proyecciones realizadas, se podría esperar un aumento cercano al 52% entre 2016 y 2030 debido a una movilidad eléctrica. Adicionalmente, la eficiencia energética, es una alternativa complementaria a la diversificación de la oferta para mejorar la seguridad del suministro, manteniendo constante o incluso reduciendo el nivel de emisiones GEI y de otras emisiones contaminantes [30].

Para la UPME, la eficiencia energética, es considerada un mecanismo para asegurar el abastecimiento energético, puesto que se sustenta en la adopción de nuevas tecnologías y buenos hábitos de consumo, con el fin de optimizar el manejo y uso de los recursos energéticos disponibles. La eficiencia energética, constituye una movilidad eléctrica para aumentar la productividad y competitividad nacional, y es una de las principales estrategias de mitigación de impactos ambientales en la cadena energética [30]. La realidad geográfica y demográfica del país, ha configurado una exigencia fundamental al transporte, convirtiéndolo en el sector en donde se realiza el mayor consumo de energía y se encuentra la mayor cantidad de emisiones de CO₂ y otros contaminantes [30].

El consumo de energía del sector transporte en Colombia, presenta particularidades que no facilitan su comparación con países similares en tamaño de economía, dado que la topografía nacional presenta casos geográficos muy variados, la densidad poblacional del país es baja en términos de la totalidad del territorio, pero sus ciudades principales tienen altas densidades, son distantes entre sí y varias de ellas están alejadas de los puertos principales. La carretera con mayor tráfico de carga de puerto a ciudad es Buenaventura-Bogotá, llevando 3,2 millones de toneladas al año por 516 kilómetros, y cruzando una cordillera alcanzando una cúspide a 3.265 m.s.n.m (el Alto de la Línea). No existe en el continente otra distancia tan larga y variada topográficamente hablando, desde la ciudad más poblada de un país hasta uno de sus puertos principales [30].

Algunas soluciones que se han pretendido realizar en el sector transporte para Colombia, son programas de desintegración vehicular (chatarrazar), en el cual intentan animar a los dueños de vehículos viejos, para que realicen la desintegración física de estos vehículos (chatarrazar). Sin embargo, los incentivos establecidos no están tan claros, ni están dirigidos a la solución del problema, ya que solo se enfocan en la modernización del parque automotor, sin importar el tipo de vehículo a desintegrar, ni su edad, ni se especifica los

beneficios de las personas si se repone el vehículo por uno nuevo o si, simplemente se cancela la matrícula [30]. En efecto, si las entidades públicas no hicieran caso omiso a este programa de desintegración vehicular, sino por lo contrario, incentivarán a cambiar un vehículo antiguo por uno nuevo, y además con tecnología eléctrica, el aumento en el crecimiento por la adquisición de EV sería de una forma exponencial.

Por otro lado, es necesario aumentar los espacios de publicidad para que las personas conozcan más los programas de incentivos tributarios de exclusión de IVA y deducción de renta líquida para las tecnologías limpias, que son reglamentados mediante la Resolución 186 de 2012, en donde se busca impulsar el recambio tecnológico en sistemas de transporte público de pasajeros y carga. Además, otro de los beneficios de la ejecución de estos proyectos, es lograr modernizar la movilidad, mejorar la calidad de los servicios prestados, y disminuir los impactos negativos en la salud de las personas por la mala calidad del aire,, producto de la combustión de la gasolina o diesel [30]. Con la aplicación de estos incentivos, se busca aumentar el crecimiento en la implementación de los EV.

Según los escenarios analizados para el sector transporte en Colombia, se presenta una meta acumulada de ahorro de energía de 6% aproximadamente para el período 2017-2022. Para mejorar la eficiencia en el consumo de energía para dicho período es necesario actuar simultáneamente en dos frentes [30]:

- El primero, corresponde a la forma cómo los usuarios valoran la energía. En este punto, es preciso que los precios de los recursos energéticos no estén distorsionados, con el fin de que transmitan al consumidor la información que refleje su escasez relativa o sus costos de producción.
- El segundo frente, corresponde a la forma en cómo los usuarios utilizan la energía. En este sentido, se requiere promover la adopción de mejores hábitos de consumo energético y nuevas tecnologías que permitan reducir la intensidad energética, por ende, mejorar la calidad del aire, para ello una movilidad limpia, con la implementación del EV, sería una de las grandes propuestas para seguir con el proyecto de mejorar la eficiencia en el consumo de energía.

En la actualidad, se contempla la idea de la entrada de nuevos vehículos al sistema de distribución de energía con una renovación del 0.015% de la flota vehicular existente para el año 2022 (aproximadamente 2.082 vehículos automóviles y 2.189 motocicletas). Según la UPME, tiene previsto la sustitución de la flota de taxis de ICV por EV para el 2022. Teniendo en cuenta los resultados del ejercicio piloto realizado en Bogotá (43 taxis eléctricos), una de las medidas que tendría impactos muy positivos en términos de eficiencia

energética, operación y emisión de GEI con la operación de taxis en las principales ciudades del país, sería la masificación de EV [30], ya que por medio de estos taxis, la sociedad estará en mayor contacto con esta tecnología, y así, podrá resaltar los beneficios de un EV en comparación con un ICV.

Todas las estrategias que se elaboran, como la anteriormente mencionada de los taxis eléctricos, se desarrollan con el fin de empezar con una correcta divulgación y promoción de una movilidad eléctrica, con un fin común, y es lograr una reducción de los combustibles fósiles, a su vez mejorar la calidad del aire de las ciudades colombianas, para ver esto, una opción viable, en un futuro no muy lejano, es de generar un incremento en la compra de EV. Aunque, es muy importante la participación de entidades del Estado competentes (Ministerio de Transporte, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, y con los gobiernos locales), para que la política energética pueda abordarse de forma integral [30]. Es decir, aumentar la publicidad para que la sociedad colombiana conozca programas como la desintegración de vehículos antiguos, y que a su vez, todo automóvil que sea inspeccionado o fiscalizado, y no cumpla con los requerimientos exigidos por dichas entidades, sea sancionado y cumpla con los deberes por querer infringir la ley colombiana.

6.1 Proyección a largo plazo (2050)

Se estima que la actividad global de transporte se duplicará para el 2050, las emisiones de CO₂ relacionadas con el transporte se reducirán a la mitad en comparación con el año 2012, contribuyendo con el 20% de las reducciones totales de emisiones. En 2012, el transporte representó el 75% de todas las emisiones producidas [10].

Por otro lado, para Colombia, como una proyección a futuro sobre las energías renovables, en este caso para el año 2050 según la UPME, se observan aumentos considerables en la participación de ellas. En el sector de electricidad, la participación aumenta del 35% a 50%, específicamente para el sector transporte, el aumento es del 10 al 14%. En total, se observa un crecimiento de la participación de energías renovables del 21% al 29% en todo el horizonte del 2010 al 2050. Un estudio realizado por Deloitte en conjunto con la Transportation Research Board [40], a través de un foro con especialistas del sector, en 2012, muestra tres frentes para el desarrollo de los sistemas de transporte del futuro:

- i) Optimización del desempeño de las redes de transporte.
- ii) Desarrollo de una visión de red, y
- iii) Diseño y desarrollo de nueva generación de vehículos y de servicios de movilidad.

Los sistemas de transporte y de servicios de movilidad del futuro, serán entonces masivamente conectados en redes con tecnologías de información y comunicación, con tarificación dinámica que balancee la oferta y demanda de los servicios prestados, centrados en las necesidades y prioridades del usuario [30], es decir, si el usuario utiliza la energía eléctrica en horarios pico, el costo del consumo de la energía eléctrica será más elevado que en horas valle, como por ejemplo la recarga nocturna entre las 10 pm y las 5 am.

Los escenarios alternativos a largo plazo (2050) en Eficiencia Energética para Colombia, según UPME [30]:

- Escenario 1: Parte del escenario base, suponiendo un mayor consumo de gas natural y energía eléctrica, en detrimento del uso de energéticos tradicionales y del carbón mineral. Lo anterior, con el fin de disminuir emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se presenta una disminución en el uso del diésel y de la gasolina con respecto al Escenario Base, como consecuencia de la aplicación del supuesto aumento de eficiencia en el sector transporte por el cambio en la movilidad, debido al ingreso de los vehículos eléctricos de uso privado y público.
- Escenario 2: Parte del escenario 1, suponiendo la firma de un acuerdo de paz, que conllevaría a un mayor crecimiento económico y a la aplicación de políticas de impulso a las Fuentes No Convencionales de Energía que podría verse reflejado en un mayor desarrollo rural, aumentando la participación de la biomasa en la matriz energética nacional. Además, se presenta una mayor participación de la electricidad y del GLP en detrimento del gas natural. Además, supone que se reemplazan los energéticos fósiles y tradicionales por energía eléctrica en los procesos en los que se pueda hacer dicho cambio. Por ejemplo, en el sector transporte se supone que el energético utilizado por toda la flota se reemplaza por electricidad.
- Escenario 3: Parte del escenario base, suponiendo que el energético predominante sería la electricidad, por lo que se reemplaza como energético en todos aquellos usos y sectores donde sea posible. Por ejemplo, en el sector de la Industria, gran aumento de la adopción de los EV, lo anterior debido a la conciencia que se genera por el deterioro en la calidad del aire.

En el Plan Indicativo de Acción 2010-2015 PROURE, el potencial del ahorro que se alcanzaría mediante la reconversión tecnológica de diésel a eléctrico de los sistemas de transporte público colectivo sería cercana al 0.5%. En el caso del potencial de ahorro en el sector transporte considerando solamente mejoras en las prácticas de conducción de los buses y busetas a nivel nacional, se encontró la posibilidad de reducir el consumo de otros energéticos en un 1,06%. La meta asociada a reconversión tecnológica del parque automotor, se calculó considerando la sustitución de vehículos de los sistemas de transporte masivo de las ciudades de Bogotá, Pereira y Cali, que usan diésel, por vehículos eléctricos. Para el efecto, se incluyeron tanto los buses articulados como los alimentadores que hacían parte de los mencionados sistemas al momento de realizar el cálculo (Transmilenio, Megabus, Mio). En ese sentido, la meta hace referencia a la posibilidad de reemplazar dichos vehículos, por cuanto el valor numérico representa la disminución en la cantidad de diésel que usan los mismos. Serían alrededor de 1200 buses y 600 alimentadores.

Conclusiones

La problemática más grande que trae la implementación de los vehículos eléctricos, es la infraestructura de recarga pública, para que proporcione a los propietarios de EV, diferentes alternativas para la recarga de baterías durante el día. Adicionalmente, que toda persona con vehículo eléctrico pueda acceder a un punto de recarga en su propio domicilio, para realizar recargas completas durante la noche, y así, generar un equilibrio en la demanda de potencia de las redes eléctricas.

El EV ya es una realidad que crece significativamente, pero a un ritmo diferente en cada país, debido a que va ligado a los incentivos económicos y/o fiscales que ofrezca cada nación y así aumentar el uso de dichos vehículos. Además, se debe considerar, que una buena promoción y publicidad de los beneficios de los EV, cambiaría algunos factores importantes para la compra de dichos vehículos, como lo son los factores psicológicos, de seguridad, confort y sostenibilidad.

Uno de los elementos más importantes de los EV, son las baterías, ya que cumplen un papel fundamental para expandir este mercado vehicular a nivel mundial, ya que es necesario disminuir su peso, aumentar su capacidad de almacenaje, dando como resultado un vehículo más liviano, más económico y por sobre todo con una mayor autonomía.

Un futuro con una movilidad sostenible es un hecho indiscutible para el mundo, debido a ello, se encuentra en investigaciones el hecho de disminuir los GEI y que mejor alternativa para el medio ambiente que la utilización de EV, siempre y cuando la energía utilizada para su fabricación provenga de energías limpias.

Debido a que el tema de EV se encuentra en constante desarrollo, se hace necesario revisar regularmente la literatura y documentos acerca de las nuevas tecnologías y evoluciones que van teniendo las diferentes problemáticas que aún tiene un EV ante un ICV.

Anexos

1. Resolución 186 de 2012

RESOLUCIÓN 0186 DE 2012

(Febrero 22)

por la cual se adoptan Metas Ambientales, de que trata el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001 y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003.

EL MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

en ejercicio de sus facultades constitucionales y legales, y en especial las conferidas por el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001, el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003,
y

CONSIDERANDO:

Que la Ley 697 de 2001 crea el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energía no Convencionales "Proure", en desarrollo del cual el Gobierno Nacional establecerá incentivos de conformidad con las normas legales vigentes.

Que el Ministerio de Minas y Energía expidió la Resolución 18 0919 del 1° de junio de 2010 por la cual se adopta el Plan de Acción indicativo 2010 - 2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Fuentes no Convencionales de Energía, Proure, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

Que el artículo 3° de dicha resolución, define como uno de sus objetivos específicos, facilitar la aplicación de las normas relacionadas con incentivos, incluyendo los tributarios, que permitan impulsar el desarrollo de subprogramas y proyectos que hacen parte del Proure.

Que los artículos 6° y 7° de la Resolución 18 0919 del 1° de junio de 2010 del Ministerio de Minas y Energía, establecen las metas de eficiencia energética y de fuentes no convencionales del Plan de Acción indicativo 2010 - 2015 para desarrollar el Proure.

Que una vez analizado el Plan de Acción Indicativo 2010 - 2015 para desarrollar el Proure, se encuentra que el cumplimiento de las metas allí establecidas incide de forma directa en un mejoramiento del ambiente debido a la disminución en la cantidad de emisiones reguladas en la normatividad ambiental así como en los gases de efecto invernadero.

Que el subprograma estratégico del Plan de Acción Indicativo 2010 - 2015 para desarrollar el Proure que contribuye al cumplimiento de la meta de participación de las Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE) es el programa de promoción del Uso de Fuentes no Convencionales de Energía.

Que el Plan de Acción Indicativo 2010 - 2015 para desarrollar el Proure incluye, entre otras, las siguientes líneas de acción dentro del Subprograma Estratégico de Promoción del Uso de las Fuentes no Convencionales de Energía:

- Caracterizar el potencial de energía solar y de energía geotérmica con el fin de promover el desarrollo de soluciones energéticas.
- Implementar un programa de medición y registro de vientos en los sitios identificados con un potencial alto con el fin de estimar la energía aprovechable.
- Caracterizar los potenciales de energía de los mares con mayor detalle en las zonas previamente identificadas.
- Caracterizar los potenciales de pequeñas caídas de agua que puedan producir menos de 10 MW en el inventario de potenciales de FNCE.
- Desarrollar proyectos demostrativos considerando variables técnicas, económicas, de mercado, ambientales y sociales.

Que los subprogramas sectoriales y las líneas de acción del Plan de Acción Indicativo 2010 - 2015 para desarrollar el Proure que contribuyen a obtener el beneficio ambiental directo y que se encuentran en concordancia con las directrices del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) son los siguientes:

SUBPROGRAMA	LÍNEA DE ACCIÓN
SECTOR INDUSTRIAL	
Optimización del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz	Promover la sustitución de los motores actuales por motores de alta eficiencia.

Optimización de procesos de combustión	Promover el aprovechamiento del calor residual generado en procesos de combustión.
SECTOR TRANSPORTE	
Reconversión tecnológica del parque automotor	Promover la utilización de vehículos eléctricos e híbridos en los sistemas de transporte masivo.
Modos de transporte	Masificar el uso del tren Masificar sistemas de transporte limpio

Que el artículo 424-5 numeral 4 del Estatuto Tributario, señaló que quedan excluidos del impuesto sobre las venta los equipos y elementos nacionales o importados que se destinen a la construcción, instalación, montaje y operación de sistemas de control y monitoreo, necesarios para el cumplimiento de las disposiciones, regulaciones y estándares ambientales vigentes, para lo cual deberá acreditarse tal condición ante el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Que el Decreto 2532 de 2001 en su artículo 1° señala la obligación del Ministerio de Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de establecer mediante resolución la forma y requisitos como han de presentarse a su consideración, las solicitudes de calificación de que tratan los artículos 424-5 numeral 4 y 428 literal f) del Estatuto Tributario, con miras a obtener la exclusión del impuesto sobre las ventas correspondientes.

Que el Decreto 2532 de 2001, define sistema de monitoreo ambiental como el conjunto sistemático de elementos, equipos o maquinaria nacionales o importados, según sea el caso, destinados a la obtención, verificación o procesamiento de información sobre el estado, calidad o comportamiento de los recursos naturales renovables, variables o parámetros ambientales, vertimientos, residuos y/o emisiones.

Que el Decreto 2532 de 2001 define sistema de control ambiental como el conjunto ordenado de equipos, elementos, o maquinaria nacionales o importados, según sea el caso, que se utilizan para el desarrollo de acciones destinadas al logro de resultados medibles y verificables de disminución de la demanda de recursos naturales renovables, o de prevención y/o reducción del volumen y/o mejoramiento de la calidad de residuos líquidos, emisiones atmosféricas o residuos sólidos. Los sistemas de control pueden darse al interior de un proceso o actividad productiva lo

que se denomina control ambiental en la fuente, y/o al finalizar el proceso productivo, en cuyo caso se hablará de control ambiental al final del proceso.

Que el artículo 158-2 del Estatuto Tributario, señala que las personas jurídicas que realicen directamente inversiones en control y mejoramiento del medio ambiente, tendrán derecho a deducir anualmente de su renta el valor de dichas inversiones que hayan realizado en el respectivo año gravable, previa acreditación que efectúe la respectiva autoridad ambiental, en el cual deberán tenerse en cuenta los beneficios ambientales directos asociados a dichas inversiones.

Que el Decreto 3172 de 2003 establece que se considera inversiones en control del medio ambiente, aquellas orientadas a la implementación de sistemas de control ambiental, los cuales tienen por objeto el logro de resultados medibles y verificables de disminución de la demanda de recursos naturales renovables, o de prevención y/o reducción en la generación y/o mejoramiento de la calidad de residuos líquidos, emisiones atmosféricas o residuos sólidos. Las inversiones en control del medio ambiente pueden efectuarse dentro de un proceso productivo, lo que se denomina control ambiental en la fuente, y/o al terminar el proceso productivo, en cuyo caso se tratará de control ambiental al final del proceso. También se consideran inversiones en control ambiental aquellas destinadas con carácter exclusivo y en forma directa a la obtención, verificación, procesamiento, vigilancia, seguimiento o monitoreo del estado, calidad, comportamiento y uso de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, variables o parámetros ambientales, vertimientos, residuos y/o emisiones.

Que el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001, y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003, reglamentarios de la norma tributaria establece que serán beneficiarios de exclusión de IVA y deducción de renta por inversiones en control y mejoramiento del medio ambiente, los bienes, elementos, equipos y maquinaria destinados a proyectos, programas o actividades de reducción en el consumo de energía y/o eficiencia energética, siempre y cuando correspondan a la implementación o logro de metas ambientales concertadas con el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para el desarrollo de las estrategias, planes y programas nacionales de producción más limpia, ahorro y eficiencia energética establecidos por el Ministerio de Minas y Energía.

Que el uso de Fuentes no Convencionales de Energía, el ahorro de energía y la eficiencia energética expresados en unidades energéticas, tiene resultados medibles y verificables en la disminución de la cantidad de emisiones generadas por la disminución de la quema de combustibles fósiles y el uso de otras fuentes convencionales de energía.

Que los equipos, elementos o maquinaria destinados a proyectos, programas o actividades de reducción en el consumo de energía y/o eficiencia energética pueden ser sistemas de control ambiental y/o inversiones en control ambiental de acuerdo con las definiciones establecidas en los Decretos 2532 de 2001 y 3172 de 2003.

Que los equipos, elementos o maquinaria destinados a la caracterización de los potenciales de las energías provenientes de Fuentes no Convencionales son sistemas de monitoreo ambiental de acuerdo con la definición establecida en el Decreto 2532 de 2001.

Que la cantidad y composición de las emisiones que se disminuyen al reducir el consumo de energía varía de acuerdo con el combustible utilizado, la actividad a la que esté vinculada el proceso y el tipo de tecnología empleada.

Que teniendo en cuenta que las solicitudes que se presenten al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible relacionadas con ahorro y/o eficiencia energética tienen en común la disminución en el consumo de energía y que por cada reducción en el consumo de energía se produce una reducción de emisiones contaminantes, se usarán como unidades de medida de las metas ambientales, las siguientes: kWh/año ahorrados, porcentaje de energía dejada de utilizar, kWh generados con la fuente no convencional; de manera que anualmente se pueda determinar la reducción real de las emisiones contaminantes de acuerdo con las solicitudes presentadas.

Que el artículo 4° de la Ley 697 de 2001 señala al Ministerio de Minas y Energía como la entidad responsable de promover, organizar, asegurar el desarrollo y el seguimiento de los programas de uso racional y eficiente de la energía, y cuyo objetivo es: i) Promover y asesorar los proyectos URE, presentados por personas naturales o jurídicas de derecho público o privado, de acuerdo con los lineamientos del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales (Proure), estudiando la viabilidad económica, financiera, tecnológica y ambiental; y ii) Promover el uso de energías no convencionales dentro del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales (Proure), estudiando la viabilidad tecnológica, ambiental y económica.

Que por tratarse de metas ambientales que se fijan con base en las líneas de acción establecidas en el Plan de Acción Indicativo 2010 - 2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Fuentes no Convencionales de Energía, Proure, se hace necesario que el Ministerio de Minas y Energía, a través de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) evalúe y conceptúe que las solicitudes que se presenten para optar por la exclusión o deducción prevista en el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001, y el literal e) del artículo 4° del

Decreto 3172 de 2003, se enmarcan dentro de las metas y líneas de acción previstas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el presente acto administrativo, y que se encuentran establecidas en el "Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales Proure" adoptado por el Ministerio de Minas y Energía mediante Resolución 18 0919 de 2010.

Que teniendo en cuenta el anterior considerando y lo señalado en el artículo 1° del Decreto 70 de 2001, el Ministerio de Minas y Energía suscribe el presente acto administrativo por tener a su cargo la orientación del ejercicio de las funciones asignadas a las entidades adscritas y vinculadas, en el presente caso de la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, quien deberá evaluar y conceptuar que las solicitudes que se presenten en el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para optar por la exclusión o deducción prevista en el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001, y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003, se enmarcan dentro de las metas y líneas de acción previstas en el presente acto administrativo.

En mérito de lo expuesto,

RESUELVE:

Artículo 1°. Adoptar como metas ambientales, las metas de ahorro y eficiencia energética descritas a continuación:

Sector	Meta de ahorro de energía a 2015 (%)	
Industrial	Energía eléctrica	3,43
	Otros energéticos	0,25
Transporte	Otros energéticos	0,33

Parágrafo 1°. Las solicitudes que se presenten al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para optar por la exclusión o deducción prevista en el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001, y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003, deben enmarcarse dentro de los siguientes subprogramas sectoriales y líneas de acción señalados en el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales, Proure:

SUBPROGRAMA	LÍNEA DE ACCIÓN
SECTOR INDUSTRIAL	
Optimización de uso de la energía eléctrica para fuerza motriz.	Promover la sustitución de los motores actuales por motores de alta eficiencia.
Optimización de procesos de combustión.	Promover el aprovechamiento del calor residual generado en procesos de combustión.
SUBPROGRAMA	LÍNEA DE ACCIÓN
SECTOR TRANSPORTE	
Reconversión tecnológica del parque automotor	Promover la utilización eléctricos e híbridos en los sistemas de transporte masivo.
Modos de Transporte	Masificar el uso del tren
	Masificar sistemas de transporte limpio

Parágrafo 2°. Para la línea de acción "Masificar sistemas de transporte limpio" del subprograma "Modos de transporte" del sector transporte, se tendrán en cuenta solamente los vehículos eléctricos, híbridos y dedicados a gas natural que se destinen a la prestación de servicio público.

Artículo 2°. Adoptar como metas ambientales, las metas de participación de las Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE) descritas a continuación:

Participación de las FNCE en el Sistema Interconectado Nacional

2015	3,5%
2020	6,5%
Participación de las FNCE en las Zonas No Interconectadas	
2015	20%
2020	30%

Parágrafo 1°. Las solicitudes que se presenten al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para optar por la exclusión o deducción prevista en el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001, y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003 deben enmarcarse dentro de las siguientes líneas de acción del subprograma estratégico Promoción del Uso de las Fuentes no Convencionales de Energía y líneas de acción del Proure:

- Caracterizar el potencial de energía solar y de energía geotérmica con el fin de promover el desarrollo de soluciones energéticas.
- Implementar un programa de medición y registro de vientos en los sitios identificados con un potencial alto con el fin de estimar la energía aprovechable.
- Caracterizar los potenciales de energía de los mares con mayor detalle en las zonas previamente identificadas.
- Caracterizar los potenciales de pequeñas caídas de agua que puedan producir menos de 10 MW en el inventario de potenciales de FNCE.
- Desarrollar proyectos demostrativos considerando variables técnicas, económicas, de mercado, ambientales y sociales.

Parágrafo 2°. Las solicitudes que se presenten al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para optar por la exclusión o deducción prevista en el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001, y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003, adicionalmente pueden enmarcarse en proyectos de generación y autogeneración de energía a partir de FNCE, incluyendo aquellos que se encuentren en zonas del Sistema Interconectado Nacional.

Parágrafo 3°. En los casos en que la FNCE sea biomasa, se considerarán los equipos, elementos y maquinaria que permiten el uso de biomasa

residual definida como subproductos de las transformaciones naturales o industriales de la biomasa.

Artículo 3°. Las metas ambientales establecidas en el presente acto administrativo, podrán ser modificadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Artículo 4°. El Ministerio de Minas y Energía, a través de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) evaluará y conceptuará sobre las solicitudes que se presenten al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para acceder a los incentivos tributarios, con el fin de determinar si las mismas se enmarcan dentro de las metas y líneas de acción previstas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el presente acto administrativo, y que se encuentran establecidas en el "Plan de Acción Indicativo 2010 -2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales" adoptado por el Ministerio de Minas y Energía mediante Resolución 18 0919 de 2010.

Artículo 5°. La presente resolución rige a partir de la fecha de su expedición.

Publíquese y cúmplase.

**Dada en Bogotá, D. C., a los 22 días del mes de febrero del año
2012.**

El Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible,

FRANK PEARL.

El Ministro de Minas y Energía,

MAURICIO CÁRDENAS SANTAMARÍA

2. Decreto 407 de 2012

DECRETO 407 DE 2012

(Agosto 27)

"Por el cual se modifica el Decreto Distrital 677 de 2011 por medio del cual se adoptan medidas para incentivar el uso del vehículo eléctrico en el Distrito Capital, se autoriza una operación piloto y se dictan otras disposiciones"

EL ALCALDE MAYOR DE BOGOTÁ

En uso de sus facultades legales, en especial las conferidas por el numeral 3° del artículo 38 del Decreto Ley 1421 de 1993, en concordancia con los artículos 63 y 65 de la Ley 99 de 1993; los artículos 3° y 6° de la Ley 769 de 2002, y,

CONSIDERANDO

Que el Decreto Distrital 677 de 2011 por medio del cual se adoptan medidas para incentivar el uso del vehículo eléctrico en el Distrito Capital, se autoriza una operación piloto y se dictan otras disposiciones, establece en su artículo 3°: "Disponer la operación piloto, dentro de la jurisdicción del Distrito Capital, de cincuenta (50) vehículos automotores de transporte público individual de propulsión exclusivamente eléctrica, con una temporalidad de tres (3) años contados a partir de la vigencia del presente Decreto."

Que una vez analizadas las condiciones económicas y financieras del proyecto el cual sería financiado 100% por el sector privado sin ningún aporte del Distrito, se determinó que dicho piloto solo es viable financieramente con una operación de cinco (5) años contados a partir de la matrícula del vehículo.

Que los modelos financieros de negocio se determinaron con las tarifas actuales establecidas, por lo cual no es aplicable una tarifa diferencial, con lo que debe derogarse el artículo segundo del Decreto Distrital 677 de 2011.

Que se hace necesario realizar una evaluación al final de la operación de la prueba piloto, para que con base en la misma, se decida sobre la efectividad de los estímulos otorgados y sobre la continuidad de estos, la

adopción de nuevos estímulos u otras medidas que permitan aprovechar las ventajas de los vehículos de motorización eléctrica.

En mérito de lo expuesto,

DECRETA:

Artículo 1°.- Derogar el artículo 2 del Decreto Distrital 677 de 2011.

Artículo 2°.- Modificar el artículo tercero del Decreto Distrital 677 de 2011, el cual quedará de la siguiente manera:

Artículo 3°. Modificado por el art. 1, Decreto Distrital 376 de 2013. Disponer la operación piloto, dentro de la jurisdicción del Distrito Capital, de cincuenta (50) vehículos automotores de transporte público individual de propulsión exclusivamente eléctrica, con una temporalidad de cinco (5) años contados a partir de la matrícula del vehículo.

Las Secretarías Distritales de Ambiente y Movilidad definirán los criterios objetivos para la selección en sorteo público (**Sic**) de las empresas habilitadas en el modo de transporte individual en el Distrito Capital, que estén interesadas en participar en la operación piloto, efecto para el cual se tendrán en cuenta las normas vigentes, los requerimientos y estudios técnicos para la implementación, seguimiento y sistematización de la misma.

Los vehículos vinculados a la operación piloto sólo podrán ser reemplazados durante la duración de la misma y por el tiempo restante de operación piloto, por un vehículo de propulsión exclusivamente eléctrica. El vehículo objeto del replazo (**Sic**) podrá ser habilitado para servicio particular si las condiciones técnicas así lo permiten.

Al finalizar la operación piloto de los vehículos eléctricos sólo podrá efectuarse el cambio de servicio a particular, sin que ello genere derecho a reponer en el servicio público.

La operación piloto servirá para que, con base en la evaluación que las Secretarías Distritales de Ambiente y de Movilidad hagan a la misma, la Administración Distrital decida sobre aspectos relativos a la continuidad de los estímulos o la adopción de nuevas medidas relacionadas con el cambio de servicio a particular.

Artículo 3° .- El presente decreto rige a partir de su publicación, modifica el Decreto Distrital 677 de 2011.

PUBLÍQUESE, COMUNÍQUESE Y CUMPLASE

Dado en Bogotá, D.C., a los 27 días del mes de agosto del año 2012.

GUSTAVO PETRO URREGO

Alcalde Mayor

3. Norma Técnica Colombiana 2050

511-8. Equipo de carga de baterías. Los cargadores de baterías, sus equipos de control y las baterías que se estén cargando, no deben estar ubicados dentro de lugares clasificados en el Artículo 511-3.

511-9. Carga de vehículos eléctricos.

- (a) Generalidades. Todos los equipos y alambrado eléctricos para carga de vehículos deben estar instalados según la Sección 625, excepto lo modificado en los siguientes apartados (b) y (c). Los cordones flexibles deben ser de un tipo aprobado para uso extra pesado.
- (b) Ubicación de los conectores. No debe haber conectores instalados en lugares Clase I tal como los define el Artículo 511-3.
- (c) Conectores de clavija para los vehículos. Cuando haya conectores de clavija para la conexión directa a los vehículos, el punto de conexión no debe estar en un lugar de Clase I tal como lo define el Artículo 511-3 y, si el cordón está suspendido del techo, debe estar colocado de modo que la posición más baja de la punta de la clavija quede como mínimo a 0,15 m por encima del suelo. Cuando exista un dispositivo automático que recoja el cordón y la clavija hasta donde no puedan sufrir daños físicos, no se exige un conector adicional en el cable o en la salida.

625 - Equipos para sistemas de carga de vehículos

A. Generalidades

625.1. Alcance. Las disposiciones de esta Sección cubren a los conductores y equipos eléctricos externos a los vehículos eléctricos y que sirven para conectarlos a una fuente de alimentación por medios conductivos o inductivos y a la instalación de los equipos y dispositivos para la carga de vehículos eléctricos.

625-2. Definiciones.

Batería hermética para vehículos eléctricos: Batería herméticamente sellada compuesta de una o más celdas electroquímicas recargables que no tiene salida de gases, que no permite la adición de agua o electrolito ni tiene medios para medir la densidad del electrolito.

Conector de vehículos eléctricos: Dispositivo que actúa por conducción o inducción y que, conectado a un dispositivo de entrada en el vehículo eléctrico, establece conexión con una fuente de alimentación.

Equipo de suministro para vehículos eléctricos: Los conductores, incluidos los puestos a tierra, los no puestos a tierra y los de puesta a tierra de los equipos, los conectores para vehículos eléctricos, clavijas y otros accesorios, dispositivos, salidas de fuerza o aparatos instalados específicamente para

suministrar energía eléctrica desde las instalaciones de los predios hasta los vehículos eléctricos.

Vehículo eléctrico: Vehículo tipo automotor para uso en carretera, como automóviles para pasajeros, autobuses, camiones, furgones y similares, propulsados fundamentalmente por un motor eléctrico que toma corriente de un sistema recargable de baterías, celda de combustible, montaje fotovoltaico u otra fuente de energía eléctrica. Esta sección no incluye las motocicletas eléctricas y vehículos similares, ni los vehículos eléctricos todo terreno autopropulsados, como las carretillas industriales, elevadoras, grúas, carretillas, carritos de golf, equipo de apoyo en tierra a aeronaves, tractores, yates y similares.

625-3. Otras Secciones. Cuando haya discrepancias en los requisitos de esta sección 625 con otras Secciones de este Código, se debe aplicar lo establecido en la Sección 625.

625-4. Tensiones. Si no se especifica otra cosa, los equipos de los que trata esta Sección se deben alimentar desde sistemas de c.a. con tensión nominal de 120, 120/240, 208Y/120, 240, 480Y/277, 480, 600Y/347 o 600 V.

625-5. Certificados o etiquetados. Todos los materiales eléctricos, dispositivos, accesorios y equipos asociados deben estar certificados o etiquetados.

B. Métodos de alambrado

625-9. Conectores para vehículos eléctricos. Los conectores para vehículos eléctricos deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados (a) hasta (d):

(a) Polaridad. Los conectores para vehículos eléctricos deben tener polaridad y una configuración que no sea intercambiable con tomacorrientes de otros sistemas eléctricos del predio. Los conectores certificados para vehículos eléctricos protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente, que cumpla lo establecido en la Sección 250, no deben ser intercambiables con conectores para vehículo eléctrico del tipo con puesta a tierra.

(b) Construcción e instalación. Los conectores para vehículos eléctricos deben estar contruidos e instalados de modo que se evite el contacto accidental de las personas con partes del equipo de suministro del vehículo sus baterías que puedan estar energizadas.

(c) Acople. El acople entre el conector para vehículos eléctricos y el dispositivo de entrada debe tener un medio adecuado que evite su desconexión accidental.

(d) Polo de puesta a tierra. El conector de suministro para los vehículos eléctricos debe tener un polo de puesta a tierra que sea el primero que se conecte y el último que se desconecte con el dispositivo de entrada del vehículo. Excepción: Los conectores certificados para vehículos eléctricos

protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente que cumpla lo establecido en la Sección 250.

C. Construcción del equipo

625-13. Equipo de suministro para vehículos eléctricos. Se permite que este equipo esté sujeto o se pueda conectar mediante cordón y clavija. El equipo no debe tener partes energizadas expuestas.

625-14. Capacidad nominal. El equipo de suministro para vehículos eléctricos debe tener una capacidad nominal suficiente para la carga que deba servir. A efectos de esta Sección, se considera que la operación para la recarga de un vehículo eléctrico supone una carga continua.

625-15. Rótulos. El equipo de suministro para vehículos eléctricos debe llevar un rótulo que indique "Para uso con vehículos eléctricos" ("For Use with Electric Vehicles").

625-16. Medios de acople. Los medios de acople con el vehículo deben ser de tipo conductivo o inductivo. Las clavijas, conectores de cordón, acoplamientos y dispositivos de entrada deben estar certificados o etiquetados para ese uso.

625-17. Cables. Los cables de los equipos de suministro para vehículos eléctricos deben ser de Tipo EV, EVJ, EVE, EVJE, EVT o cable flexible de Tipo EVJT, según se especifica en la Sección 400 y la Tabla 400-4. La capacidad de corriente de los cables debe cumplir lo establecido en la Tabla 400-5(A) para los cables con sección transversal de 5,25 mm² (10 AWG) y menor y en la Tabla 400-5(B) para los con sección transversal de 8,36 mm² (8 AWG) y mayor. La longitud total del cable no debe superar los 7,6 m. Se permite otro tipo de cables y conjuntos certificados como adecuados para ese fin, incluyendo conjuntos híbridos con cables opcionales de comunicaciones, señales y de fibra óptica.

625-18. Enclavamiento. Los equipos de suministro para vehículos eléctricos deben estar dotados con un medio de enclavamiento que desenergice el conector para vehículo y su cable del vehículo eléctrico siempre que el conector se desacople del vehículo. Excepción: Los equipos de suministro portátiles conectados con cordón y clavija a salidas de tomacorriente monofásicas de 125 V y 15 o 20 A.

625-19. Desenergización automática del cable. El equipo de suministro para vehículos eléctricos o la combinación cable - conector del equipo debe estar dotado de un medio automático que desenergice los conductores del cable y el conector del vehículo eléctrico si se produce alguna tensión mecánica que pudiera llevar a la rotura del cable o a la separación del cable del conector, con la consiguiente exposición de partes energizadas. Excepción: Los equipos de

suministro portátiles conectados con cordón y clavija a salidas de tomacorriente monofásicas de 125 V y 15 o 20 A.

D. Control y protección

625-21. Protección contra sobrecorriente. El dispositivo de protección contra sobrecorriente de los alimentadores y circuitos ramales de los equipos de suministro para vehículos eléctricos, debe ser para uso continuo y tener una capacidad nominal no menor al 125 % de la carga máxima del equipo de suministro. Cuando haya conectadas al mismo alimentador o secundario cargas no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor a la suma de todas las cargas no continuas más el 125 % de las continuas.

625-22. Protección de las personas contra falla a tierra. El equipo de suministro para los vehículos eléctricos debe tener un sistema certificado que proteja a las personas contra descargas eléctricas. Cuando la corriente a tierra supere cierto valor preestablecido, que debe ser menor a la corriente necesaria para que se active el dispositivo de protección de sobrecorriente del circuito de suministro, el sistema debe desenergizar el equipo de suministro dentro de un periodo preestablecido. Si se utiliza un equipo de carga de vehículos eléctricos conectado con cordón y clavija, el interruptor de circuito por falla a tierra para protección de las personas debe formar parte integral de la clavija o estar ubicado en el cable de alimentación y a una distancia no mayor de 30 cm de la clavija..

625-23. Medios de desconexión. Los equipos de suministro para vehículos eléctricos de más de 60 A o más de 150 V a tierra, nominales, deben tener un medio de desconexión instalado en un lugar fácilmente accesible y que se pueda bloquear en posición de abierto.

625-24. Puesta a tierra. Todos los equipos e instalaciones eléctricas deben estar conectados equipotencialmente y puestos a tierra según lo establecido en la Sección 250.

625-25. Pérdida de la fuente primaria. Se debe instalar un medio que evite que, cuando haya pérdida de tensión desde la red pública de energía u otro sistema o sistemas eléctricos, la energía eléctrica no pueda volver desde el equipo del vehículo hasta el sistema de alambrado de la propiedad. No se permite utilizar un vehículo eléctrico como fuente para suministro de reserva.

E. Ubicación de los equipos de alimentación para vehículos eléctricos

625-28. En lugares peligrosos (clasificados). Cuando haya instalado un equipo de alimentación para vehículos eléctricos en un lugar peligroso (clasificado), se deben aplicar las disposiciones de las Secciones 500 a 516.

625-29. Locales cubiertos. Se entiende por locales cubiertos, entre otros, los garajes integrados, anexos o separados de las viviendas, los aparcamientos cerrados y subterráneos, los garajes públicos con o sin taller de reparación y edificaciones agrícolas.

(a) Ubicación. El equipo de alimentación para vehículos eléctricos debe estar ubicado de modo que se pueda conectar directamente al vehículo.

(b) Altura. Si no está específicamente certificado para ese uso y lugar, el medio de conexión del equipo de alimentación para vehículos eléctricos debe estar ubicado o guardado a una altura no menor a 0,5 m y no mayor a 1,2 m sobre el nivel del piso.

(c) Ventilación necesaria. Cuando se requiera, se debe instalar ventilación mecánica. La ventilación debe incluir tanto el equipo de alimentación como el equipo mecánico de salida de aire, debe estar permanentemente instalada y comprende desde la toma de aire hasta la salida al exterior. La ventilación mecánica debe tener un tamaño adecuado para suministrar el caudal mínimo, en metros cúbicos por minuto, por cada plaza de aparcamiento equipada para cargar un vehículo eléctrico. Esto permite una ventilación suficiente para cualquier tipo de configuración del equipo de suministro para vehículos eléctricos y de los espacios para carga de los vehículos. La ventilación mecánica debe estar enclavada eléctricamente con el equipo de carga de modo que funcione durante todo el ciclo de carga. El equipo de suministro para vehículos eléctricos, los tomacorrientes y las salidas de fuerza, deben estar claramente rotulados con un aviso que indique "Para usar con todos los vehículos eléctricos" ("For Use with All Electric Vehicles"). Excepción: Los tomacorrientes monofásicos de 125 V y 15 o 20 A, ubicados en los espacios de carga de vehículos eléctricos que estén identificados con el rótulo "Para usar con todos los vehículos eléctricos" ("For Use with All Electric Vehicles"), deben tener un interruptor y estar enclavadas eléctricamente con el sistema de ventilación mecánica a través del interruptor del circuito de suministro del tomacorriente.

(d) Ventilación no necesaria. Cuando el vehículo eléctrico tenga baterías herméticas o esté certificado o etiquetado como apto para cargarlo en locales cerrados, no es necesaria ventilación mecánica. El equipo de suministro para vehículos eléctricos, los tomacorrientes y las salidas de fuerza deben estar claramente rotulados con el aviso "Para usar sólo con vehículos eléctricos que no requieran ventilación" ("For Use Only with Electric Vehicles Not Requiring Ventilation").

625-30. Lugares exteriores. Los lugares exteriores para carga de vehículos eléctricos son, entre otros, los estacionamientos y vías residenciales, estructuras de estacionamiento abiertas, bahías y plazas de estacionamiento e instalaciones comerciales de carga.

(a) Ubicación. El equipo de suministro para vehículos eléctricos debe estar ubicado de modo que se pueda conectar directamente al vehículo.

(b) Altura. Si no está específicamente certificado para ese uso y lugar, el medio de acople (conexión) del equipo de suministro para vehículos eléctricos debe estar ubicado o guardado a una altura no menor a 0,6 m y no mayor a 1,2 m sobre la superficie de parqueo.

4. Proyecto de Ley 023 de 2010

PROYECTO DE LEY 023 DE 2010 CÁMARA.

por medio de la cual se establecen medidas para la promoción e implementación de modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica

El Congreso de Colombia

DECRETA:

Artículo 1°. *Objetivo.* La presente ley busca contribuir a la diversificación de la matriz energética, mediante la promoción e implementación de modos de transporte que incorporen tecnologías de tracción eléctrica, como medida de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

Artículo 2°. *Reglamento técnico.* Los Ministerios de Transporte y de Minas y Energía expedirán un reglamento técnico donde se señalen las condiciones de habilitación, operación y de infraestructura necesarias para la adopción de los diferentes modos de transporte que incorporen tecnologías de tracción eléctrica.

Parágrafo. El Ministerio de Minas y Energía, por medio de la Comisión de Regulación de Energía Eléctrica y Gas (CREG) determinará la regulación, planeación, coordinación y seguimiento de todas las actividades relacionadas con la prestación del servicio de energía eléctrica para los modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica.

Artículo 3°. *Criterios de calificación preferente.* A partir de la expedición del reglamento técnico del que habla el artículo anterior, los procesos licitatorios que adelanten las entidades públicas en relación con el servicio de transporte masivo, adoptarán dentro de los criterios de calificación preferente, el que los vehículos ofertados para la prestación del servicio incorporen tecnología de tracción eléctrica.

Artículo 4°. *Incentivo empresarial.* Los Ministerios de Hacienda y Crédito Público y el de Comercio, Industria y Turismo, establecerán medidas arancelarias que reduzcan el gravamen para la importación de la tecnología, equipos y vehículos asociados al sistema de transporte que utilice para su tracción energía eléctrica, el cual estará comprendido entre el cero por ciento (0%) y el cinco por ciento (5%).

Artículo 5°. *Exenciones en el impuesto sobre vehículos.* Las asambleas departamentales y los concejos municipales y distritales, podrán fijar exenciones comprendidas entre el diez por ciento (10%) y el cuarenta por ciento (40%) en el impuesto sobre vehículos automotores, cuando estos vinculen o incorporen tecnologías de tracción eléctrica.

Artículo 6°. *Estímulos al uso.* Los Alcaldes Municipales y Distritales, adoptarán medidas que incentiven el uso de vehículos que incorporen tecnología de tracción eléctrica, entre las cuales podrán contemplar la eliminación de

restricciones de circulación o pico y placa y la creación de zonas de estacionamiento.

Artículo 7°. *Promoción de investigación, desarrollo e implementación.* Los Ministerios de Minas y Energía, Transporte y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, fomentarán la vinculación de las universidades, las empresas generadoras, transportadoras y comercializadoras de energía eléctrica, los gremios y la industria asociada al sector automotriz del país, a la investigación e implementación de proyectos e iniciativas que propicien el desarrollo de diferentes modos de transporte con tecnología de tracción eléctrica.

Parágrafo. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, brindará acompañamiento técnico a los proyectos e iniciativas referidos en el presente artículo y los inscribirá en el banco de proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), a fin de que sean susceptibles de financiación, en el marco del Protocolo de Kyoto.

Artículo 8°. *Renovación del parque automotor de las entidades estatales.* Las condiciones de adquisición de vehículos por parte de entidades públicas, deberán admitir ofertas que utilicen fuentes de energía eléctrica y les asignarán puntajes de evaluación superior.

Artículo 9°. *De las bicicletas con motores eléctricos.* El artículo 2° del Código Nacional de Tránsito incorporará una definición adicional, así:

Bicicleta Eléctrica: Vehículo con motor eléctrico de dos (2) o más ruedas en línea, el cual se desplaza, además, por el esfuerzo de su conductor, accionando por medio de pedales.

A las bicicletas eléctricas se les aplicarán los mismos requisitos y condiciones de desplazamiento que a las Bicicletas.

Artículo 10. *Vigencia.* La presente ley rige a partir de su promulgación y deroga las disposiciones que le sean contrarias.

De los honorables Congresistas,

Senadores de la República,

Alexandra Moreno Piraquive, Manuel Virgüez P., Carlos Alberto Baena López.

Representante a la Cámara,

Gloria Stella Díaz Ortiz.

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

I. OBJETO DE LA LEY

La presente ley tiene por objeto diversificar la matriz energética del transporte. Para lograrlo se pretende incentivar la implementación de modos de transportes que incorporen tecnologías de tracción eléctrica, para mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la calidad de vida de los colombianos a través de un ambiente más sano.

ÁMBITO INTERNACIONAL

En el Mundo, diversas compañías productoras de vehículos han incursionado en el campo de la investigación de tecnologías y adaptación de autos impulsados con tracción eléctrica. El uso de energías renovables y la investigación tendiente al desarrollo de tecnologías que permitan un desarrollo sostenible, que no atente contra la naturaleza y que propenda por el mejoramiento de las condiciones del aire ha sido prioridad de diversas instituciones.

La Organización Mundial de la Salud ha advertido sobre los riesgos de la contaminación del aire y distintas naciones han permitido el uso de vehículos impulsados con energía eléctrica: España, Alemania, Italia, Japón e Inglaterra son algunos de los países que han permitido la circulación de vehículos de esta clase; incluso España^[1]^[1], es pionera en la instalación de infraestructura para la recarga de vehículos y motos eléctricas, dando incentivos y facilidades para su uso.

En Europa existe la Green Car Iniciativa, como componente del Plan de Recuperación Económica, que determinó asignar 500.000 millones de Euros, por medio de la Participación Público- Privada para reafirmar la innovación y el progreso del medio ambiente.

En América Latina, Brasil ha iniciado con la instalación de estaciones de recarga^[2]^[2] y junto con Chile permite la circulación de vehículos eléctricos^[3]^[3]. Por su parte, Ecuador y Perú estudian legislaciones para facilitar la importación de estos vehículos^[4]^[4].

Las investigaciones científicas para mejorar el desempeño de los vehículos eléctricos no se detienen, el ejemplo es el Plan Agassi, apoyado por Israel, Dinamarca, Australia y localidades de California del Norte y Hawaii, que junto con la Universidad de Técnica de Delf, en Holanda, han creado *¿Awesome Mobility¿*, un proyecto que permitirá optimizar los procesos de carga de los vehículos ecológicos^[5]^[5].

Si bien el uso de tecnologías relacionadas con los vehículos eléctricos no es nuevo, ahora se busca cualificarlas junto con sus diseños. La apuesta mundial es la masificación en el uso de estos medios de transporte para mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos y detener el daño al medio ambiente.

SITUACIÓN ACTUAL EN COLOMBIA

En los años 2008 y 2009, 100 vehículos entraron al país con arancel cero, tras la aprobación del Decreto 358 de 2009. Esa norma significó un paso para la comercialización de los vehículos eléctricos o que utilizan energías distintas a las proporcionadas por los combustibles derivados del petróleo y los recursos naturales no renovables. Esta reglamentación permitió que esos vehículos se comercializaran entre treinta y dos y treinta y cinco (32 y 35) millones de pesos^[6]^[6].

Los carros eléctricos traídos al país no utilizan ninguna clase de combustible y se cargan desde cualquier terminal eléctrica (según el modelo) desde 120 a 240

voltios[7][7]. Estos vehículos promueven el ahorro y el desarrollo sostenible, por ejemplo: con un galón de gasolina un carro pequeño puede recorrer 40 kilómetros, mientras los carros eléctricos recorren 80 con la carga realizada en dos horas[8][8].

Actualmente los carros eléctricos se encuentran funcionando en ciudades como, Cali, Medellín, Bogotá y Cartagena, que además cuenta con busetas eléctricas que transportan pasajeros en el centro histórico de la ciudad. Este ejemplo evidencia que las autoridades de los municipios y ciudades pueden, con la autorización explícita del Congreso, promover e incentivar el uso de estos vehículos, premiando a los ciudadanos que contribuyen a la disminución de emisiones contaminantes.

Colombia ha mostrado interés por los temas que contribuyen al mejoramiento del ambiente, de ahí que una de las principales preocupaciones sea el tema del calentamiento global y el compromiso de las autoridades y de los ciudadanos para contribuir a su reducción. Un ejemplo de esta preocupación es el foro realizado en el Congreso de la República el 27 de febrero del presente año, denominado ¿Contaminación Ambiental en Colombia¿ y el foro ¿Calentamiento Global y su Impacto en Bogotá¿, celebrado entre el 24 de septiembre de 2008 y el 6 de octubre de 2008 en el Concejo de Bogotá[9][9].

II. CONVENIENCIA DE LA INICIATIVA

La garantía de un aire y un ambiente limpios son condiciones para la salud, el bienestar humano y la calidad de vida. De allí que los gobiernos deban asumir compromisos y tomar medidas que hagan posible el mejoramiento del aire y el ambiente en general.

La aspiración de los países en vía de desarrollo, es la consecución del mismo de forma sostenible. En ese contexto, Colombia está llamada a facilitar que los ciudadanos contribuyan al mejoramiento de las condiciones ambientales. En ese sentido, esta iniciativa contempla la implementación de medidas que protejan el medio ambiente, aporten a la disminución de los gases con efecto invernadero, mejoren la calidad del aire y reduzcan las emisiones contaminantes nocivas para la salud.

La contaminación atmosférica afecta a todos los países desarrollados y en vía de desarrollo[10][10]. Desde el 2005, la Organización Mundial de la Salud estableció directrices sobre la calidad del aire y en ellas explica las consecuencias de las emisiones contaminantes que han sido causantes de muertes y diversos problemas respiratorios[11][11].

Las emisiones de partículas en suspensión (PM) compuestas por los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales y el agua, son derivadas de la combustión de combustibles sólidos y aumentan los riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares y respiratorias, cáncer de pulmón, infección aguda en las vías respiratorias inferiores y enfermedad pulmonar obstructiva crónica. El ozono (O₃) se produce por la reacción de la luz solar con contaminantes como los óxidos de nitrógeno y los Compuestos

Orgánicos Volátiles (COV) emitidos por los vehículos, los disolventes y la industria. Su presencia causa problemas respiratorios como el asma, reduce la función pulmonar y origina varias cardiopatías[12][12].

El Dióxido de Nitrógeno (NO₂), es causante de producir partículas en suspensión en concentración 2,5, que al ser inhaladas pueden alcanzar los bronquiolos, alterar el intercambio pulmonar de gases, aumentar los síntomas de bronquitis en niños asmáticos y disminuir la función pulmonar. El Dióxido de azufre (SO₂) se produce por la combustión de fósiles usados para la calefacción doméstica, la generación de electricidad y los vehículos a motor; afecta el sistema respiratorio y las funciones pulmonares, causa irritación ocular, agrava el asma y la bronquitis crónica y aumenta la propensión a contraer infecciones pulmonares. Al combinarse con agua, el SO₂ produce ácido sulfúrico, que es el causante de la deforestación producida por la lluvia ácida[13][13].

En Colombia, Bogotá es actualmente la tercera ciudad más contaminada en América Latina, solo superada por ciudad de México y Santiago de Chile (Vallejo & Baena. 2007). A pesar de esto, en Bogotá sólo se cuenta con cinco estaciones de monitoreo que no contemplan datos de gases efecto invernadero como el CO₂ y del cual se han implementado a nivel internacional mecanismos para su reducción, como lo son los incentivos para el fomento de plantaciones forestales. Sin embargo, estos se encuentran fuera del área foco de contaminación: las urbes donde se han establecido las grandes industrias.

Las ciudades en sus procesos de planificación urbana tienen la oportunidad de contrarrestar este efecto y el efecto del cambio climático a nivel local, aun cuando no se tiene la responsabilidad a nivel mundial de reducir la contaminación, esta sí existe con sus habitantes y las futuras generaciones.

De otra parte, más del 80% de los costos estimados en que se incurre por los impactos causados por la contaminación del aire en la salud en Colombia, se concentra únicamente en cuatro departamentos y en la ciudad de Bogotá. Solo en Bogotá el costo anual equivale casi al 2% del PIB de la ciudad (Banco Mundial Prioridades ambientales para la reducción de la pobreza en Colombia. 2007).

La contaminación del aire en las ciudades es un problema ambiental de mayor preocupación para los colombianos y el generador de los mayores costos sociales después de la contaminación del agua y de los desastres naturales. Estos costos han sido estimados en 1,5 billones de pesos anuales (Bjorn Larsen, 2004. Citado en el Conpes 3344), y están relacionados con efectos sobre la salud pública, mortalidad y morbilidad: se estima una ocurrencia al año de 6.000 muertes prematuras, 7.400 nuevos casos de bronquitis crónica, 13.000 hospitalizaciones y 255.000 visitas a salas de emergencia (Conpes 3344).

Entre los efectos negativos de la contaminación del aire sobre la salud y la productividad de las personas están: cáncer, asma, bronquitis crónica y desórdenes respiratorios. La frecuencia de muertes prematuras aumenta con la contaminación, siendo por lo general los grupos sociales pobres los más expuestos a la contaminación del aire y los más afectados por ella (Conpes 3344).

Estas consecuencias de la contaminación atmosférica pueden reducirse al implementar y fomentar el uso de tecnologías limpias y dar facilidades para que Colombia esté a la vanguardia, junto con varias naciones industrializadas, quienes en sus calles permiten el tránsito de vehículos ecológicos y garantizan las condiciones para su funcionamiento.

El sector del transporte afronta una perspectiva compleja, cuando se ubica en el contexto del desarrollo sostenible, por cuanto debe superar críticas asociadas con factores como la mala calidad del aire, los problemas de calentamiento global y el deterioro de los recursos naturales no renovables. Lo anterior estimula que muchas empresas y diversos gobiernos en el Mundo, inviertan en la investigación, la creación y el uso de energías alternativas que contribuyan a la conservación ambiental y que además permitan el cuidado de la salud humana.

La implementación de energías alternativas en la empresa automotriz ha sido objeto de múltiples investigaciones y de varios proyectos. La Federación de Industria y el Observatorio Industrial del Sector de Fabricantes de Automóviles y Camiones de España, destaca la importancia creciente del desarrollo de nuevos productos ambientales para la industria automotriz en el mundo[14][14]. La tabla extraída de dicho informe, muestra las estrategias futuras de varias empresas automotrices. En ellas, los primeros lugares corresponden al uso de energías alternativas y al desarrollo de vehículos respetuosos del ambiente.

Estrategias futuras de las empresas[15][15]

Respuestas %

La producción de coches fuel-eficientes 29%

El cambio a vehículos de energías alternativas 23%

La producción de coches respetuosos con el medio ambiente 22%

Utilización de las últimas tecnologías (*fuel cell, Irbid systems, etc.*) 12%

Reducción de costes 10%

Fabricación de coches pequeños 7%

Enfrentarse con la crisis 6%

Asegurar la seguridad 4%

El crecimiento de los costes energéticos 3%

Competencia 3%

Otros 12%.

El uso de energía producida a partir de recursos renovables reduce la utilización de los combustibles fósiles, una medida fundamental para mejorar la calidad del aire en el país y optimizar el uso de los recursos, tendiendo a la consecución de desarrollo sostenible.

Los vehículos ecológicos son funcionales y pueden competir perfectamente con modelos tradicionales. Lo más importante es que las emisiones de estos autos son casi nulas y que contribuyen a la disminución de la contaminación auditiva al no generar ruidos en su encendido y desplazamiento[16][16].

No obstante las ventajas señaladas, este mercado es de precario desarrollo en Colombia, pues, entre otros factores, las cuotas arancelarias los hacen muy

costosos. De allí que los esfuerzos del Gobierno Nacional y del Congreso, deban tender a la reducción de las cuotas. Adicionalmente, son necesarias medidas que faciliten e incentiven el uso de estos vehículos, así como el fomento de la investigación, para que Colombia lidere procesos de construcción y uso de tecnologías limpias.

III. MARCO CONSTITUCIONAL Y LEGAL

La Constitución Política de Colombia establece en el artículo 79, que:

¿Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines¿.

Por su parte, el artículo 80 indica que:

¿El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas¿.

El artículo 95 destaca como responsabilidad estatal:

(...)

8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

Estos artículos ilustran el compromiso del país con el mejoramiento de las condiciones ambientales y demuestran que todo esfuerzo que se haga para reducir los gases de invernadero, el calentamiento global y eliminar las emisiones contaminantes, debe recibir el apoyo del Congreso y de la ciudadanía.

En el artículo 150, numeral 19, literal c), la Constitución Política autoriza al Congreso para dictar las normas generales, y señalar en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno para

¿c) Modificar, por razones de política comercial los aranceles, tarifas y demás disposiciones concernientes al régimen de aduanas¿.

A partir de esta disposición, el proyecto prevé una tarifa preferencial para el arancel de importación de vehículos (autos, bicicletas, etc.) que usen fuentes de energías alternativas, limpias o amigables con el ambiente.

Dadas las condiciones constitucionales, el Estado colombiano debe garantizar y facilitar las condiciones para que el ambiente sea protegido y mejorado. En este sentido Colombia debe adoptar una política comercial ambientalmente sostenible, que beneficie el comercio de bienes y servicios que contribuyan al mejoramiento ambiental.

Encontramos algunas leyes sobre esta materia:

Ley 99 de 1993.

Artículo 1º. Principios Generales Ambientales.

7. El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables.

8. El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido.

Ley 164 de 1994, ¿por medio de la cual se aprueba la ¿Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático¿, hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992¿.

Artículo 2º. Objetivos. El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Artículo 4º. Compromisos.

a) Elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes;

b) Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, tomando en cuenta las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático.

Por otro lado la Ley 697 de 2001, reglamenta el uso racional de la energía; en esta ley el Estado muestra su intención por el uso racional de la energía y el manejo sostenible de los recursos ambientales.

El año anterior, los Ministerios de Hacienda y Crédito Público y Comercio, Industria y Turismo, aprobaron el Decreto 358 de 2009, por medio del cual se autorizó la importación de un contingente de cien (100) autos eléctricos a un arancel del 0%. Esta medida permitió que Colombia diera facilidades para la comercialización de vehículos que utilizan energías que no atenten contra el ambiente, ahora es necesario que la legislación permanente incorpore medidas que permitan y promuevan el uso de vehículos que no contaminen el ambiente.

Asimismo, en Sentencia C-431 de 2000 expresa (La conservación del medio ambiente como garantía constitucional) ¿La defensa del medio ambiente constituye un objetivo de principio dentro de la actual estructura de nuestro

Estado Social de Derecho. En cuanto hace parte del entorno vital del hombre, indispensable para su supervivencia y la de las generaciones futuras, el medio ambiente se encuentra al amparo de lo que la jurisprudencia ha denominado ¿Constitución Ecológica¿, conformada por el conjunto de disposiciones superiores que fijan los presupuestos a partir de los cuales deben regularse las relaciones de la comunidad con la naturaleza y que, en gran medida, propugnan por su conservación y protección¹. Siguiendo lo dicho por esta Corporación en anterior pronunciamiento.

El tema ambiental constituyó, sin lugar a dudas, una seria preocupación para la Asamblea Nacional Constituyente, pues ninguna Constitución moderna puede sustraer de su normatividad el manejo de un problema vital, no solo para la comunidad nacional, sino para toda la humanidad; por ello, se ha afirmado con toda razón, que el ambiente es un patrimonio común de la humanidad y que su protección asegura la supervivencia de las generaciones presentes y futuras.

¿La protección al medio ambiente es uno de los fines del Estado Moderno, por lo tanto toda la estructura de este debe estar iluminada por este fin, y debe tender a su realización.

¿La crisis ambiental es, por igual, crisis de la civilización y replantea la manera de entender las relaciones entre los hombres. Las injusticias sociales se traducen en desajustes ambientales y estos a su vez reproducen las condiciones de miseria¿ (1 Bis) (Sentencia T-254/93, M.P. Antonio Barrera Carbonell).

... Así, mientras por una parte se reconoce el medio ambiente sano como un derecho del cual son titulares todas las personas –quienes a su vez están legitimadas para participar en las decisiones que puedan afectarlo y deben colaborar en su conservación–, por la otra se le impone al Estado los deberes correlativos de:

- 1. Proteger su diversidad e integridad.*
- 2. Salvaguardar las riquezas naturales de la Nación.*
- 3. Conservar las áreas de especial importancia ecológica.*
- 4. Fomentar la educación ambiental.*
- 5. Planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para así garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.*
- 6. Prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental.*
- 7. Imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados al ambiente, y*
- 8. Cooperar con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas de frontera.*

Cabe destacar que los derechos y las obligaciones ecológicas definidas por la Constitución Política giran, en gran medida, en torno al concepto de desarrollo sostenible, el cual, en palabras de esta Corporación, pretende ¿superar una perspectiva puramente conservacionista en la protección del medio ambiente, al intentar armonizar el derecho al desarrollo –indispensable para la satisfacción de

las necesidades humanas- con las restricciones derivadas de la protección al medio ambiente¿2. Así, es evidente que el desarrollo social y la protección del medio ambiente imponen un tratamiento unívoco e indisoluble que progresivamente permita mejorar las condiciones de vida de las personas y el bienestar social, pero sin afectar ni disminuir irracionalmente la diversidad biológica de los ecosistemas pues estos, además de servir de base a la actividad productiva, contribuyen en forma decidida a la conservación de la especie humana. Sobre este particular la Corte tuvo oportunidad de señalar que:

El crecimiento económico, fruto de la dinámica de la libertad económica, puede tener un alto costo ecológico y proyectarse en una desenfrenada e irreversible destrucción del medio ambiente, con las secuelas negativas que ello puede aparejar para la vida social. La tensión desarrollo económico -conservación y preservación del medio ambiente, que en otro sentido corresponde a la tensión bienestar económico- calidad de vida, ha sido decidida por el Constituyente en una síntesis equilibradora que subyace a la idea de desarrollo económico sostenible consagrada de diversas maneras en el texto constitucional (CP artículos 80, 268-7, 334, 339 y 340). (Sentencia T-251/93, M.P. Eduardo Cifuentes Muñoz).

Por eso, conforme a las normas de la Carta que regulan la materia ecológica, a su vez inscritas en el marco del derecho a la vida cuya protección consagra el artículo 11 del mismo ordenamiento, esta Corte ha entendido que el medio ambiente es un derecho constitucional fundamental para el hombre y que el Estado, con la participación de la comunidad, es el llamado a velar por su conservación y debida protección, procurando que el desarrollo económico y social sea compatible con las políticas que buscan salvaguardar las riquezas naturales de la Nación.

IV. PROPUESTAS DEL ARTICULADO

El proyecto plantea en su artículo 2°, dejar en cabeza de los Ministerios de Transporte y el de Minas y Energía la expedición de un reglamento técnico que permita señalar las condiciones de habilitación, operación y de infraestructura necesaria para la adopción de los diferentes modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica, así mismo que este último Ministerio, por medio de la Comisión de Regulación de Energía Eléctrica y Gas (CREG), regule, planee y coordine las actividades relacionadas con la prestación del servicio de energía eléctrica para todos los modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica.

El artículo 3° contempla criterios de evaluación preferente en los procesos licitatorios de servicios de transporte masivo, cuando se ofrecen vehículos que incorporen tecnología de tracción eléctrica.

En el artículo 4° se insertan incentivos empresariales, consistentes en un arancel comprendido entre cero (0) y cinco (5) para la importación de la tecnología, equipos y vehículos asociados al sistema de transporte que utilice para su tracción energía eléctrica.

El artículo 5° autoriza a las asambleas y los concejos municipales a conceder exenciones en el impuesto a vehículos cuando estos vinculen o incorporen tecnologías de tracción eléctrica, que pueden estar comprendidas entre el diez por ciento (10%) y el cuarenta por ciento (40%).

El artículo 6° del presente proyecto hace referencia a los estímulos que los alcaldes municipales establecerán directamente por el uso de los vehículos que vinculen o incorporen tecnología de tracción eléctrica. Dentro de ellas se consideran el levantamiento de restricciones de circulación o de pico y placa y zonas de estacionamiento.

El artículo 7° contiene medidas que deben adelantar los Ministerios de Minas y Energía, Transporte, y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, para el fomento de la vinculación de las universidades, las empresas generadoras, transportadoras y comercializadoras de energía eléctrica, los gremios y la industria asociada al sector automotriz del país, en la promoción de la investigación, desarrollo e implementación de proyectos e iniciativas que propicien el avance de los diferentes modos de transportes que incorporen tecnología de tracción eléctrica.

De otra parte se señala, por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el acompañamiento técnico a los proyectos que se presenten en el sentido antes indicado, así como también la inscripción de los mismos en el banco de proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL); buscando este proyecto de ley que sean susceptibles de financiación, en el marco del Protocolo de Kyoto.

Por último, el artículo 9°, confirma que la implementación de sistemas de tracción eléctrica como compromiso con el mejoramiento del ambiente, debe ser un compromiso liderado por el Estado, de ahí que el proyecto determine el uso de estas tecnologías en el parque automotor de las entidades públicas.

V. IMPACTO FISCAL

El presente proyecto no genera impacto fiscal, por cuanto no ordena gasto ni otorga beneficios tributarios directamente. Adicionalmente, el Estado colombiano cuenta con objetivos compatibles con el proyecto, definidos en la Ley 1151 de 2007 por medio de la cual se adopta el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, cuando dispone como prioridad:

¿...Una gestión ambiental y del riesgo que promueva el desarrollo sostenible, sustentado en la articulación adecuada de las dimensiones económica, social y ambiental. Así mismo, una gestión de riesgo orientada no solo a la atención, sino prioritariamente a la prevención...¿.

Adicionalmente, el Presupuesto Nacional y el Plan Operativo Anual de Inversiones, contemplan recursos específicos para:

¿[...] Prevención y control de la degradación ambiental, fortaleciendo los instrumentos que atiendan de manera directa sus principales causas y

promuevan una cultura de prevención y control del medio ambiente urbano y rural, como son la contaminación del aire [...]¿.

De hecho, numerosos proyectos de inversión en ejecución por parte del Gobierno Nacional, resultan concordantes con el articulado del presente proyecto, dentro de los que se destacan los siguientes:

Esta referencia a algunos de los proyectos de inversión derivados del Presupuesto General de la Nación, confirman la existencia de fuentes suficientes para el desarrollo del presente proyecto de ley. Adicionalmente, el bajo nivel de comercialización de vehículos eléctricos, implica que la modificación del arancel no significa necesariamente una reducción de los ingresos de la Nación.

Finalmente, el presente proyecto tiene parte de su sustento en el numeral 7 de los objetivos del Milenio, concerniente a:

¿Garantizar la sostenibilidad ambiental¿ por cuanto se enfoca en Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales, y propender por la reducción del agotamiento de los recursos naturales y de la degradación de la calidad del medio ambiente. En particular, en [...]la eliminación del consumo de Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO)¿.

En razón a las anteriores consideraciones nos permitimos presentar ante los honorables Congresistas la presente iniciativa para su discusión y aprobación.

De los honorables Congresistas,

Senadores de la República,

Alexandra Moreno Piraquive, Manuel Virgüez P., Carlos Alberto Baena López.

Representante a la Cámara,

Bibliografía

- [1] H. Shareef, M. M. Islam, and A. Mohamed, "A review of the stage-of-the-art charging technologies, placement methodologies, and impacts of electric vehicles," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 64, pp. 403–420, 2016.
- [2] I. E. Agency, "Key world energy statistics," 2016.
- [3] J. M. Herrero, "Impacto del vehiculo electrico sobre las redes de distribución," *Esc. Técnica Super. Ing. Minas*, 2013.
- [4] G. López and S. Galarza, "Movilidad eléctrica. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente," pp. 1–84, 2016.
- [5] C. Andrea and P. García, "Programación Óptima para la Recarga de Vehículos Eléctricos Enchufables y su Impacto en las Redes Eléctricas Inteligentes Programación Óptima para la Recarga de Vehículos Eléctricos Enchufables y su Impacto en las Redes Eléctricas Inteligentes," 2014.
- [6] O. Egbue and S. Long, "Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions," *Energy Policy*, vol. 48, no. 2012, pp. 717–729, 2012.
- [7] H. S. Das, C. W. Tan, and A. H. M. Yatim, "Fuel cell hybrid electric vehicles: A review on power conditioning units and topologies," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, no. January 2016, pp. 268–291, 2017.
- [8] www.motorpasionfuturo.com, "Freno regenerativo: recuperando energía," *Internet*.
- [9] "Coches eléctricos y ecológicos, el futuro del automóvil." [Online]. Available: <http://www.automovileselectricos.net/>. [Accessed: 01-Mar-2017].
- [10] International Energy Agency, "Technology Roadmap. Hydrogen and Fuel Cells," 2015.
- [11] M. G. Ruíz, "Pasado, presente y futuro de vehiculos electricos," *Univ. Tecnológica Pereira. Programa Ing. Eléctrica*, pp. 4–54, 2015.
- [12] D. Newbery and G. Strbac, "What is needed for battery electric vehicles to become socially cost competitive?," *Econ. Transp.*, vol. 5, pp. 1–11, 2016.
- [13] G. A. Giraldo Gutiérrez, "Estudio del impacto de los vehiculos eléctricos en las redes de distribución de energía eléctrica," *Univ. Tecnológica Pereira. Programa Ing. Eléctrica*, pp. 3–64, 2015.
- [14] www.tesla.com/blog, "Tesla Motors blog oficial."
- [15] J. Morel and J. Alée, "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS BATERÍAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS / HÍBRIDOS AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL , REQUERIMIENTOS DE LOS VEHÍCULO ELÉCTRICO Y VEHÍCULO HÍBRIDO " - Gestión y tratamiento de baterías.," pp. 17–37, 2012.

- [16] P. S. K Naomi, "New materials and new configurations for advanced electrochemical capacitors.," *J Electrochem Soc*, 17, pp. 34–37, 2008.
- [17] S. Brown, D. Pyke, and P. Steenhof, "Electric vehicles: The role and importance of standards in an emerging market," *Energy Policy*, vol. 38, no. 7, pp. 3797–3806, 2010.
- [18] International Energy Agency, "Energy and Climate Change," *Spec. Report.*, 2015.
- [19] J. M. Santos., "Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental," *República Colomb. Minist. Ambient. y Desarro. Sosten.*, 2012.
- [20] K. Van Dijck, "Guía del Vehículo Eléctrico.," *Fund. la Energía la Comunidad Madrid. Conserjería Econ. y Hacienda la Comunidad Madrid, Espana.*, pp. 70–95, 2009.
- [21] M. R. Rodríguez, "Impacto de un parque vehicular eléctrico en los requerimientos de reconfiguración de la red de distribución de la ciudad de Santiago. Tesis de Maestría. Universidad de Chile, Santiago de Chile.," pp. 12–20, 2013.
- [22] C. C. CHAN, "The state of the art of electric hybrid, and fuel cell vehicles. Proceedings of the IEEE.," *Transp. Res. Part D*, pp. 704–718.
- [23] C. CHAN and Y. WONG, "Electric Vehicles Charge Forward. IEEE Power & Energy Magazine," vol. 24, pp. 25–33, 2004.
- [24] A. MATEO Rosso, "Evaluación del impacto de los vehículos eléctricos en las redes de distribución. Tesis (Ingeniería Industrial).," *Univ. Pontificia Comillas, Esc. Tec. Super. Ing.*, p. 8,31-42, 2010.
- [25] C. B. Wisdom Enang, "Modelling and control of hybrid electric vehicles (A comprehensive review)," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 74, pp. 1210–1239, 2017.
- [26] L. Ni, D. Patterson, and J. L. Hudgins, "Preliminary Design, Simulation and Modeling of a Series Hybrid Commuter Vehicle with a Minimal IC Engine.," 2007.
- [27] ICONTEC, "NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050," *Código eléctrico Colomb.*
- [28] C. A. A. Alvarez, "Normatividad sobre Vehículos Eléctricos," *Unidad Intel. Estratégica Tecnológica, CIDET.*, 2012.
- [29] M. Antonio and C. Camargo, "PLAN ENERGETICO NACIONAL COLOMBIA : IDEARIO ENERGÉTICO 2050," *UPME*, 2015.
- [30] UPME, "Plan De Acción Indicativo, Una realidad y oportunidad para Colombia," 2017.
- [31] E. Behrentz, "Productos analíticos para apoyar la toma de decisiones sobre acciones de mitigación a nivel sectorial.," *Univ. los Andes.*, 2014.
- [32] S. J. Bell MI, Peng R, Dominici F, "Emergency hospital admissions for cardiovascular diseases and ambient levels of carbon monoxide: results for

- 126 United States urban countries, 1999-2005.," vol. 120, no. 9, pp. 49–55, 2009.
- [33] P. A. Steenhof and B. C. McInnis, "A comparison of alternative technologies to de-carbonize Canada's passenger transportation sector," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 75, no. 8, pp. 1260–1278, 2008.
- [34] UPME, "Programa De Uso Racional Y Eficiente De Energía Y Fuentes No Convencionales – Proure Plan De Acción Indicativo 2010-2015 Resumen Ejecutivo," pp. 1–49, 2010.
- [35] Z. Y. She, Qing Sun, J. J. Ma, and B. C. Xie, "What are the barriers to widespread adoption of battery electric vehicles? A survey of public perception in Tianjin, China," *Transp. Policy*, vol. 56, no. February, pp. 29–40, 2017.
- [36] "Incentivos tributarios," *Unidad de Planeación Minero-energética*, 2012.
- [37] W. Li, R. Long, H. Chen, and J. Geng, "A review of factors influencing consumer intentions to adopt battery electric vehicles," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 78, no. December 2016, pp. 318–328, 2017.
- [38] N. Adnan, S. M. Nordin, and I. Rahman, "Adoption of PHEV/EV in Malaysia: A critical review on predicting consumer behaviour," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 72, no. November 2016, pp. 849–862, 2017.
- [39] F. Millo, L. Rolando, R. Fuso, and F. Mallamo, "Real CO2 emissions benefits and end user's operating costs of a plug-in Hybrid Electric Vehicle," *Appl. Energy*, vol. 114, pp. 563–571, 2014.
- [40] "Digital Age Transportation: The Future of Urban Mobility. Deloitte University Press."
-