

Bogotá, julio 20 de 2021

Vicepresidenta

MÓNICA LILIANA VALENCIA MONTAÑA

Comisión Sexta Constitucional Permanente, Cámara de Representantes.

Congreso de la República de Colombia.

Ciudad.

Referencia: informe de ponencia para segundo debate al proyecto de ley 170 de 2020, Cámara.

Respetada vicepresidenta:

En cumplimiento de la designación realizada por la Mesa Directiva de la Comisión Sexta de la Cámara de Representantes, por medio del presente escrito se rinde informe de ponencia positiva para segundo al proyecto de ley 170 de 2020 Cámara, *“por medio de la cual se incentiva la movilidad híbrida en todo el territorio nacional y se dictan otras disposiciones”*.

Atentamente,



CS Scanned with CamScanner

RODRIGO ROJAS LARA

Representante a la Cámara

Ponente

Informe de ponencia para segundo debate al proyecto de ley n° 170 de 2020 Cámara, “*por medio de la cual se incentiva la movilidad híbrida en todo el territorio nacional y se dictan otras disposiciones*”

1. Introducción

La presente ponencia tiene la intención de abordar la viabilidad jurídica y técnica del proyecto de ley 170 de 2020 Cámara, con ese objetivo se divide en ocho partes, como siguen: introducción; trámite; objetivo; necesidad y viabilidad; conclusiones; modificaciones hechas en comisión; proposición; y texto propuesto.

2. Trámite del proyecto

La iniciativa que se pone en consideración de la Comisión Sexta de Cámara de Representantes fue radicada el 20 de julio de 2020, en Cámara. Es de autoría del senador Richard Aguilar (Cambio Radical). Mediante la nota interna No. C.S.C.P. 3.6 - 594/2020 fue asignado como ponente el representante Rodrigo Rojas (Boyacá, Liberal).

El proyecto fue discutido y aprobado por unanimidad en la Comisión Sexta de la Cámara de Representantes el día 16 de junio del año en curso. Mediante nota interna No. C.S.C.P. 3.6 – 389/2021 fue designado como ponente el representante Rodrigo Rojas.

3. Objetivo del proyecto

“La presente ley tiene como objeto incentivar la movilidad híbrida en todo el territorio nacional.”¹

4. Necesidad y viabilidad del proyecto

4.1. Contexto general

4.1.1. El desarrollo automotriz y la victoria del motor de combustión interna.

1 Aguilar, R. (2020, julio 20). Proyecto de ley 170 de 2020, Cámara: “*por medio de la cual se incentiva la movilidad híbrida en todo el territorio nacional y se dictan otras disposiciones*”. Bogotá, Colombia: Cámara de Representantes (Formato Word) [pp. 21].

4.1.2. Mercado nacional de vehículos terrestres alternativos a los propulsados por combustión interna.

4.2. Argumentos

4.2.1. Eficiencia: por más de siglo y medio, el petróleo ha sido un recurso estratégico; sin embargo, este no es renovable, así que su explotación y uso, además de la planeación de aquellos, debería hacerse priorizando la utilidad social, algo que el transporte terrestre suele ignorar.

4.2.1.1. El petróleo es un hidrocarburo con propiedades físicas y químicas sorprendentes, cuya importancia es reconocida en diversos aspectos, donde carece de sustitutos, más allá de su uso como combustible.

4.2.1.2. El uso de petróleo como fuente de energía para movilizar el transporte terrestre es ineficiente y físicamente el motor de combustión interna siempre desperdiciará gran parte de la energía que usa, como lo explica el límite de Carnot.

4.2.1.3. El uso de electricidad como fuente total o parcial de energía para movilizar el transporte terrestre posee proporciones de energía perdida menores a los motores de combustión, con los motores eléctricos logrando eficiencias superiores al 90%.

4.2.2. Medio ambiente y sostenibilidad: la explotación de combustibles fósiles y su uso como medio de energía genera varias formas de polución que resulta importante disminuir para conseguir un equilibrio entre algunos de los subproductos del siglo XXI y el medio ambiente.

4.2.2.1. El proceso de producción de trabajo para transporte terrestre de derivados del petróleo genera una buena cantidad de contaminantes del aire, que a largo plazo pueden generar efectos nocivos sobre la salud y la sostenibilidad del sistema de producción.

4.2.2.2. El proceso de producción de trabajo de los medios de transporte terrestre alternativos al motor de combustión interna pueden ser una ayuda para limitar la polución del aire.

4.2.3. Seguridad nacional y seguridad energética: la importancia del petróleo dentro de los aparatos productivos de todos los países significa que es necesario asegurar la mayor cantidad de este; sin embargo, Colombia no es un país petrolero ni tiene reservas suficientes para que el consumo del sector transporte sea sostenible o deseable a largo plazo.

4.2.3.1. La producción y principales reservas de petróleo se encuentran concentradas en un grupo pequeño de países, donde Colombia posee una posición más bien modesta respecto de su capacidad de producción y sus reservas de combustibles fósiles.

4.2.3.2. Una cantidad importante del control sobre el mercado internacional de petróleo, del que Colombia depende y dependerá, se encuentra en países lejanos con importantes diferencias institucionales, organizacionales y de intereses. Factores que crean un problema estratégico de seguridad nacional.

4.2.4. 4.2.4. El desarrollo automotriz en el sector de híbridos, eléctricos y celdas de combustible es el futuro de la industria, con amplias relaciones con otros sectores estratégicos para el desarrollo económico y social en la Cuarta Revolución Industrial, y el Estado colombiano, aprovechando que el reducido tamaño del sector minimiza el costo al erario debe darle un tratamiento similar al de industria infante.

4.3. Aspectos jurídicos

4.3.1. Aspectos nacionales

4.4. Otras consideraciones

4.4.1. Conceptos y derechos de petición.

4.1. Contexto general

4.1.1. Desarrollo automotriz: la victoria del motor de combustión interna.

La mayor parte de la historia, el transporte y la producción fueron dominadas por la fuerza animal. Dicho factor ha sido una de las mayores limitantes para el progreso tecnológico y ha jugado un rol central en mermar la calidad de vida de la mayoría de los humanos, en cuanto esta fuente de energía suele ser escasa, tanto en la cantidad de unidades de producción como por la cantidad de fuerza generada por cada unidad, además de tender hacia crecimientos de productividad insignificantes y al estancamiento económico. La revolución tecnológica de Europa Occidental desde la Edad Moderna empezó a revelar algunas de las claves para superar dicha limitante, con uno de los frentes más importantes de la Ilustración en las islas británicas y, en menor medida, en Francia y el imperio alemán, concretado en una potente revolución en el entendimiento matemático del mundo físico, de las que figuras como Pascal, Leibniz y, sobre todo, Newton son algunas de las más destacadas. A partir de dicho período irrumpen medios de transporte mecanizados cada vez más sofisticados, aunque el proceso de desarrollo necesitó un tiempo considerable y solo se consolidó después de

las revoluciones de química e ingeniería de las dos primeras revoluciones industriales. La primera tecnología que permitió un vehículo motorizado fue el motor de calor, específicamente, un motor de vapor de combustión externa, una de las tecnologías industriales más usadas de su época, que dominó el mundo de la maquinaria por más de un siglo, gracias a mejoras hechas a las calderas mediante la adición de un pistón y un condensador por Thomas Newcomen y, posteriormente, James Watt. Algunos de esos vehículos, con características similares a las de los carros actuales, se construyeron con anterioridad a la invención de la locomotora por Richard Trevithick, en 1805, en Francia, Gran Bretaña y Nueva Inglaterra.²

En principio, los motores de vapor tenían las mejores credenciales para competir como modo de propulsión de los automóviles: para 1810 ya se había establecido el primer barco de vapor comercialmente viable en Estados Unidos y, en 1825, el primer servicio de transporte mediante locomotora sobre rieles en Reino Unido. Aunque muchos eran escépticos y, por ejemplo, la marina de guerra británica, la más sofisticada de su época, se negó a adoptar la tecnología entre otros problemas en el mundo civil; los más tradicionales en Europa, incluyendo aquellos en los gobiernos y aparatos militares, abandonaron las dudas respecto al potencial de la propulsión a vapor durante la Primera Guerra del Opio. Durante la primera guerra entre británicos y los Qing, desde la llegada de *Némesis*, una cañonera, en 1841, que era el buque de metal más grande hecho hasta el momento, el poder del motor a vapor demostró una superioridad que las naves tradicionales no podían igualar en aguas azules, verdes ni grises, concretando un ejemplo de la superioridad de esa tecnología. De hecho, las naves, siete en total, que fueron comisionadas y manejadas por la Compañía Británica de las Indias Orientales, fueron fundamentales para la toma de la Puerta del Tigre, logrando el dominio sobre el estuario del Perla, y, especialmente, la de Chiang Jiang, donde el Yangtsé se une con el Gran Canal, que forzó a la corte de Beijing a negociar. A pesar de esos logros tecnológicos, el tamaño y requerimientos de encendido hacía a los motores de vapor poco amables como medio de propulsión para vehículos pequeños y masivos, hubo carruajes y una especie de camiones motorizados impulsados por vapor prestando servicios de transporte en la segunda mitad del siglo XIX, pero el verdadero uso del motor de vapor para el transporte en automóviles debió esperar al desarrollo del *flash boiler* de Leon Serpollet, en 1889, que representó

2 Curcio, V. (2013). *Henry Ford*. New York (NY), EEUU: Oxford University Press [pp. 22-23]; Mitchell, W. J., Borroni-Bird, C. E. & Burns, L. D. (2010). *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century*. Cambridge (MA), EEUU: The MIT Press [pp. 10]; Simmons, R. A., McFadden, S., Kennedy, D. & Johnson, M. (2014). Transportation and Energy. En Coyle, E. D. & Simmons, R. (Eds.). *Understanding the Global Energy Crisis* (pp. 215-253). West Lafayette (IN), EEUU: Purdue University Press [p. 228]; Weightman, G. (2008). *Los revolucionarios industriales: la creación del mundo moderno*. Barcelona, España: Ariel [pp. 127-146].

una mejora substancial, gracias a la reducción de tamaño y recursos consumidos, al tiempo que estos autos eran capaces de altas velocidades y alto poder subiendo pendientes.³

Cuando la tecnología de las calderas de vapor ya había permitido los primeros vehículos motorizados, Alessandro Volta, en 1800, desarrolló el primer dispositivo que proveía electricidad de manera continua y cuando se necesitase, gracias a láminas de zinc como electrodo negativo, cobre como electrodo positivo y salmuera como electrolito. Por un escrito de Volta en Gran Bretaña, líder de la Primera Revolución Industrial, se aseguró cierta difusión de la tecnología, que fue esencial en los desarrollos posteriores. Las observaciones y leyes formuladas por el francés André Ampère y el británico Michael Faraday, muchas relacionadas directamente al invento de Volta, fijaron los básicos técnicos de la electricidad, parte de su relación con el magnetismo y su capacidad para generar trabajo. Faraday construyó algunos de los primeros generadores y motores eléctricos en los treinta del período decimonónico y Thomas Davenport modeló uno de los primeros vehículos eléctricos, basado en un sistema de corriente directa, poco antes de que Robert Anderson construyera un carruaje eléctrico no recargable. Para la segunda mitad de ese siglo, Gaston Planté logró una batería recargable que sería la base de la industria del auto eléctrico en la *belle époque*. La batería de Planté usó como elemento central un metal industrial cuyas propiedades lo hicieron muy popular en el pasado, el plomo, como electrodo negativo, y su dióxido como electrodo positivo y ácido sulfúrico como electrolito, en 1859, conocida como batería ácido-plomo o de plomo recargable, cuya capacidad en voltios casi duplica a la pila voltaica. Incluso, las baterías de los actuales carros de combustión interna siguen el esquema de aquella. Tecnología mejorada por Camille Faure para uso en vehículos eléctricos en el último quinto del siglo. Los carros eléctricos, tenían la ventaja de ser silenciosos, no emitían material particulado y, para 1897, Darraq demostró los efectos del frenado regenerativo, dos años antes de que el mayor productor del mercado estadounidense, *Columbia Electric*, alcanzará a producir algo así como la mitad de todos los carros vendidos en ese país, apenas unos miles. Por otro lado, aunque los logros en movilidad de la electricidad eran bastante más limitados a los del vapor, en la Alemania Guillermina, la empresa fundada por dos hermanos pioneros del acero, Siemens, desarrolló un sistema de tranvías eléctricos que revolucionó el transporte urbano del país, uno de los mayores constructores de termoeléctricas de la época y el líder europeo de la Segunda Revolución Industrial, dando pruebas tangibles de las posibilidades de la movilidad eléctrica en centros densamente poblados, en un fenómeno que se extendería con rapidez en los países más

3 Curcio, V. (2013). *Henry Ford*. New York (NY), EEUU: Oxford University Press [pp. 23]; Headrick, D. R. (2011). *El poder y el imperio: la tecnología y el imperialismo de 1400 a la actualidad*. Barcelona, España: Crítica [pp. 169-179, 190-200]; Mitchell, W. J., Borroni-Bird, C. E. & Burns, L. D. (2010). *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century*. Cambridge (MA), EEUU: The MIT Press [pp. 10-11].

desarrollados tecnológicamente, que se sumó al furor por las nuevas bombillas de luz y la llegada de los motores y herramientas eléctricas con fuerza al mundo industrial.⁴

El último competidor como sistema de propulsión fue un motor de calor, el de combustión interna, que usa sustancias combustibles al interior del dispositivo para generar energía cinética. Aunque este no fue inventado por los alemanes Nikolaus Otto y Eugene Langen, fue la implementación de un sistema de cuatro tiempos de estos, entre otras mejoras al motor de Lenier, lo que causó los aumentos en eficiencia que sorprendieron a los asistentes a la exposición internacional de París de 1867, de la que el motor ganó la medalla de oro. Durante las siguientes décadas, este motor de combustión interna y sus mejoras se expandieron de manera acelerada por Europa y EEUU. Aunque, aquel no era útil para medios de transporte y algo más de una década debió pasar antes de que versiones para vehículos fueran creadas, para el último quinto de siglo, los motores de combustión interna empezaron a reemplazar a los de vapor en grandes medios de transporte como locomotoras y buques. De manera similar, resulta sorprendente la relación de esta pieza de tecnología con algunos de los desarrolladores clave del motor de combustión para automóviles (lazo compartido con la industria de bicicletas del Atlántico Norte). Gottlob Daimler y Wilhelm Maybach, desarrolladores de algunos de los primeros motores útiles para vehículos propulsados con gasolina, fueron ingenieros prominentes de la compañía Otto-Langen, Émile Levassor y los hermanos Peugeot producían el motor bajo licencia en Francia, y Westinghouse permitió a Henry Ford adquirir destreza como experto de estos, que le fueron muy útiles a través de su carrera; el mismo Karl Benz lo conocía y su trabajo como desarrollador de uno de los primeros vehículos propulsados por motor de combustión interna tuvo como uno de sus retos, por años, fabricar un motor sin violar los derechos intelectuales del Otto-Langen. Los autos de combustión interna tenían como una de sus principales ventajas la rapidez con la que estaban listos desde el encendido, su alta velocidad, la durabilidad de la carga del combustible, el tiempo de la carga del combustible y el costo inferior de este.⁵

4 Barrientos, B. & Alaniz, S. (2013). *De la brújula al motor eléctrico: historia, aplicaciones y experimentos sobre la teoría electromagnética*. México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México [pp. 11, 13, 20-21]; Curcio, V. (2013). *Henry Ford*. New York (NY), EEUU: Oxford University Press [pp. 20, 24]; Pirani, S. (2018). *Burning Up: A Global History of Fossil Fuel Consumption*. Londres, Reino Unido: Pluto Press [pp. 14-23]; Simmons, R. A., McFadden, S., Kennedy, D. & Johnson, M. (2014). Transportation and Energy. En Coyle, E. D. & Simmons, R. (Eds.). *Understanding the Global Energy Crisis*. West Lafayette (IN), EEUU: Purdue University Press [p. 228]; Weightman, G. (2008). *Los revolucionarios industriales: la creación del mundo moderno*. Barcelona, España: Ariel [pp. 347-365].

5 Curcio, V. (2013). *Henry Ford*. New York (NY), EEUU: Oxford University Press [pp. 24-31]; Shafiee, K. (2018). *Machineries of oil: an infrastructural history of BP in Iran*. Cambridge (MA), EEUU: The MIT Press [p. 4]; Simmons, R. A., McFadden, S., Kennedy, D. & Johnson, M. (2014). Transportation and Energy. En Coyle, E. D. & Simmons, R. (Eds.). *Understanding the Global Energy Crisis* (pp. 215-253). West Lafayette (IN), EEUU:

Cuando los motorizados de los tres tipos de propulsión empezaron a tener aspecto reconocible como automóviles modernos, para lo que fue fundamental la adaptación del neumático además de cambios en la posición del motor y la formación de cabinas junto a la imposición de las cuatro ruedas, en el último decenio del siglo XIX, los dos líderes de aquel sector, los carros de vapor y los eléctricos, terminaron desapareciendo del mercado a medida que este se masificaba. Los carros de vapor tenían el problema de requerir hasta media hora o más de esfuerzo previo para que el vapor de agua lograra acumular suficiente presión para que su trabajo moviera el auto y, aun así, la posibilidad de conducir más allá de 50 km no era común, además el fuego derivado de un combustible fósil que calentaba la caldera podía estar más bien expuesto, por otro lado las cantidades de agua necesaria para el uso masivo del sistema serían, en cuando menos, engorrosas. En el caso de los carros eléctricos, estos eran costosos, sus baterías eran grandes a pesar de que los dispositivos de ácido-plomo solo permitían autonomías de viaje bastante limitadas y velocidades máximas que rara vez llegaban a los 20 km/h. Además, las baterías tienen un límite de ciclos de cargado y el proceso de carga solía durar varias horas, con cantidades preocupantes de plomo y ácido sulfúrico si se fuera a masificar el bien, con posibles complicaciones posteriores al uso que habrían causado por sí mismos problemas ambientales que algunos contemporáneos detectaron. Finalmente, la infraestructura de producción y distribución de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de estos vehículos como algo más que juguetes para acaudalados, en realidad, no existía. Para 1890, la producción y distribución de energía eléctrica era una realidad, pero solo estaba a la mano de una pequeña minoría y faltaban todavía decenios para que la electricidad fuera de uso realmente masivo, incluso los países en frontera tecnológica terminaron dicho proceso solo hasta la segunda parte del siglo pasado; por otro lado, hay que aclarar que buena parte de esa energía era generada mediante la quema de combustibles fósiles, sobre todo carbón, en termoeléctricas con motores de combustión externa de vapor.⁶

En contraste con la dificultad de obtener energía eléctrica de manera masiva y rápida más allá de una pequeña minoría urbana o la extendida y laboriosa espera de calentar el motor de vapor para obtener un retorno más bien pobre; los combustibles fósiles tenían una extensa y poderosa red de distribución (relativamente), los autos de combustión interna se cargaban con rapidez y duraban mucho más que cualquier competidor, a pesar de que eran de los más baratos. El negocio del

Purdue University Press [p. 229]; Weightman, G. (2008). *Los revolucionarios industriales: la creación del mundo moderno*. Barcelona, España: Ariel [pp. 321-346].

6 Curcio, V. (2013). *Henry Ford*. New York (NY), EEUU: Oxford University Press [pp. 22-23]; Mitchell, W. J., Borroni-Bird, C. E. & Burns, L. D. (2010). *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century*. Cambridge (MA), EEUU: The MIT Press [pp. 10-12]; Pirani, S. (2018). *Burning Up: A Global History of Fossil Fuel Consumption*. Londres, Reino Unido: Pluto Press [pp. 1-10, 14-33]; Simmons, R. A., McFadden, S., Kennedy, D. & Johnson, M. (2014). Transportation and Energy. En Coyle, E. D. & Simmons, R. (Eds.). *Understanding the Global Energy Crisis* (pp. 215-253). West Lafayette (IN), EEUU: Purdue University Press [p. 228-229].

petróleo vio su origen en EEUU, a mediados del siglo XIX, como un pilar de la Segunda Revolución Industrial, su principal frente inició en el mercado de la iluminación, gracias a que, por lo menos, uno de sus refinados resultó ser un sustituto barato del aceite de cachalotes, además de una creciente popularidad como lubricantes para diversas industrias. Durante toda la segunda mitad de ese siglo, un grupo de empresarios, liderados por un neoyorquino, luchó por dominar y expandir el negocio petrolero, a inicio del siglo XX, su *trust*, Standard Oil, era una de las compañías más ricas y poderosas del mundo, uno de los principales orígenes de las *Seven Sister* y las *Supermajors*, con una red amplia y bien establecida a través de Estados Unidos, con extensa experiencia en el transporte y la comercialización al por mayor y al menudeo. Además, a la larga, las ganancias y el poder que conllevó el negocio petrolero significó la destrucción del *trust* y la democratización del negocio al oeste de los ríos Missouri y Mississippi, donde la oposición al avance de Standard fue fiera, algo que repercutió en mejoras y expansión de la red de distribución, en momentos cuando la industria del automóvil estaba a punto de masificarse. A esa formidable red se le sumaban las características especiales de los combustibles fósiles. Las baterías de ácido plomo, frontera tecnológica del período en suministro de poder portátil para motores eléctricos, poseen una densidad eléctrica por litro menor a un megajulio, en contraste, la gasolina y el diésel poseen una densidad energética por litro de alrededor de 35 megajulios. Así que, los combustibles fósiles, como el carbón o el petróleo, eran abundantes y almacenan una alta proporción de energía que puede ser liberada mediante la combustión, factor esencial que permitió a los motores de combustión interna llegar más lejos y a mayor velocidad a un costo mucho más competitivo que cualquier otro.⁷

En 1908, tras varios años de trabajo, Henry Ford, hombre de origen modesto de Illinois, logró sacar a la venta un auto que había deseado por mucho tiempo, un carro sencillo pero resistente y a buen precio, con objeto de alcanzar un mercado más extenso que cualquier modelo anterior y que jugó un rol fundamental en la consolidación de la emergente tecnología del automóvil. El *Modelo T* de combustión interna, una versión mejorada del *Modelo N*, con un motor basado en uno de cuatro tiempos Otto-Langen, con cuatro cilindros y 20 caballos de fuerza, tenía un chasis que se adaptaba a las rupestres carreteras de EEUU, fue de los primeros, sino el primer, auto con timón a la izquierda, lograba un rendimiento de 24 km por galón y podía transportar hasta cinco pasajeros, cuyo éxito en ventas y producción se extendió hasta finales de los años 20. De hecho, a pocos días del lanzamiento el mayor problema de la compañía era la imposibilidad de cubrir la demanda, a pesar de que una parte de su bajo precio se debía a que el auto estaba más en una especie de obra

7 Chernow, R. (2004). *Titan: The Life of John D. Rockefeller, Sr.* Nueva York (NY), EEUU: Vintage [pp. 129-465]; Pirani, S. (2018). *Burning Up: A Global History of Fossil Fuel Consumption.* Londres, Reino Unido: Pluto Press [pp. 9-18]; Simmons, R. A., McFadden, S., Kennedy, D. & Johnson, M. (2014). *Transportation and Energy.* En Coyle, E. D. & Simmons, R. (Eds.). *Understanding the Global Energy Crisis* (pp. 215-253). West Lafayette (IN), EEUU: Purdue University Press [p. 220]; Weightman, G. (2008). *Los revolucionarios industriales: la creación del mundo moderno.* Barcelona, España: Ariel [pp. 269-287].

gris que terminado. A diferencia de los modelos de vapor y eléctricos, el Modelo T se expandió con fuerza también en el campo, donde llegó a ser adaptado para trabajos desde el transporte masivo hasta las labores agropecuarias, y entre las clases medias urbanas. Por otro lado, el modelo de negocio de Henry Ford, quien despreciaba los autos de lujo, incluyendo los propios, como el Modelo B y K, buscó enfocar la mayor parte de su energía en crear un *carro universal* que masificará las ventajas de la movilidad a la mayor cantidad posible de la población, se transformó en el pilar de la industria automotriz estadounidense, tanto para competidores como admiradores de Ford, como William Durant. El último gran problema, desde la perspectiva del modelo inicial de negocio, se resolvió cuando el encendido eléctrico eliminó el peligroso y tradicional sistema de encendido por manivela de los motores de combustión interna, que a muchos clientes habían desincentivado en cuanto podía causar lesiones de gravedad en las manos, brazos y clavícula, entre otros. En últimas, la proporción de población de 15 años o más por carro se contrajo desde 6255 a 8 entre 1900 y 1920, cuando los autos con motores de combustión interna ya dominaban el mercado. Las siguientes décadas vieron mejores motores de combustión interna, carros más diversos y especializados, al tiempo que la expansión del bien se reforzó en Europa y, sobre todo, Estados Unidos, para después extenderse a todos los continentes poblados del mundo hasta nuestros días, en los que resultaría muy difícil imaginar un mundo sin los automóviles.⁸

4.1.2. Mercado nacional de vehículos terrestres alternativos a los propulsados por combustión interna.

En su proyecto, el senador Aguilar expone que:

“La comercialización de vehículos con tecnologías limpias ha mostrado un dinamismo importante en los últimos años en el mundo. En Colombia, por su parte, esto no ha sido la excepción. De hecho, para el año 2018 se vendieron en el mercado local 932 carros entre eléctricos e híbridos. Una cifra que si bien es muy pequeña si se compara con las ventas totales del sector que superaron las 256.000 unidades; si evidencia un crecimiento significativo frente al dato de 2017, año en el

8 Brooke, L. (2008, junio 11). ‘Ford Model T: The Car That Put the World on Wheels’. *The New York Times*; Curcio, V. (2013). *Henry Ford*. Nueva York (NY), EEUU: Oxford University Press [pp. 22-25]; Mitchell, W. J., Borroni-Bird, C. E. & Burns, L. D. (2010). *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century*. Cambridge (MA), EEUU: The MIT Press [pp. 11]; Wells, C. W. (2012). *Car Country: An Environmental History*. Seattle (WA), EEUU: University of Washington Press [p. 61].

cual los colombianos adquirieron cerca de 196 unidades, lo anterior según cifras de la Asociación Colombiana de Vehículos Automotores⁹.

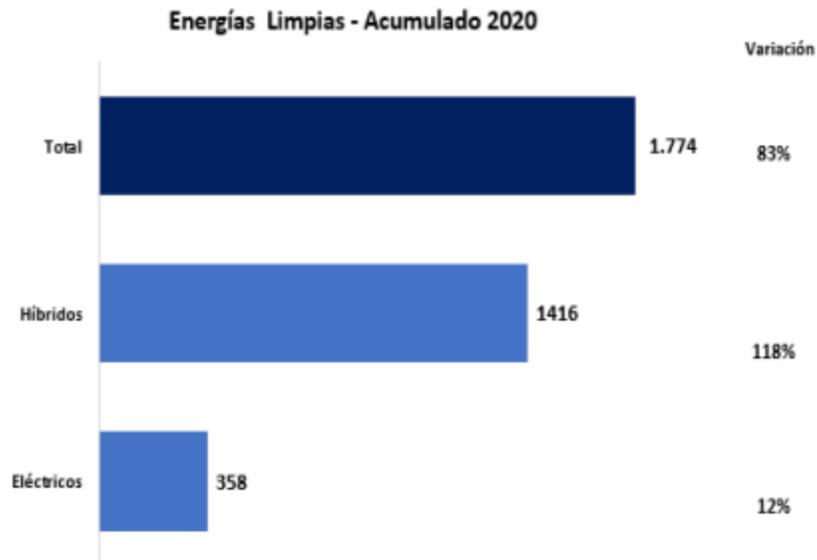
Para el año 2019, “los vehículos con combustibles amigables con el medio ambiente – Híbridos y eléctricos – registraron un crecimiento del 237% (3.135 unidades), siendo los vehículos híbridos los que tienen un mayor efecto cerrando el año con 2.209 unidades con un crecimiento del 310% y los eléctricos con 926 unidades con un crecimiento del 137%; el mayor repunte de los vehículos híbridos representa un paso intermedio para la llegada de los vehículos eléctricos”¹⁰. Las marcas líderes en el mercado fueron Toyota, Kia, BYD, BMW y Stark.

Debido a la pandemia ocasionada por el coronavirus, las ventas durante el año 2020 se han visto seriamente afectadas. Por lo cual, Juliana Rico y Eduardo Visbal, han manifestado que el impuesto al consumo y el impuesto al valor agregado son barreras que impiden la adquisición de los vehículos.¹¹

9 Revista Semana. Sandra Mejía. *Subió la venta de vehículos eléctricos e híbridos en Colombia durante 2018*. 2019. Disponible en: <https://sostenibilidad.semana.com/negocios-verdes/articulo/subio-la-venta-de-vehiculos-electricos-e-hibridos-en-colombia-durante-2018/42618>

10 ANDI. *Informe del sector automotor a diciembre 2019*. Disponible en: <http://www.andi.com.co/Uploads/AUTOMOTORESDECIEMBRE2019.pdf>

11 ANDI. *Informe del sector automotor a junio 2020*. Disponible en: <http://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20automotor%20junio%202020.pdf>



Ahora bien, respecto a las marcas con mayor número de carros vendidos en el país, la empresa BMW se consolida como la marca con mayor número de carros vendidos entre eléctricos e híbridos, con un total de 285 unidades, seguida de Renault que vendió 220 y Kia con 183 vehículos con estas características¹². Lo anterior refleja que cada día es mayor el número de usuarios que toman conciencia de la necesidad de adquirir vehículos que sean amigables con el medio ambiente y que además al seguir existiendo incentivos fiscales importantes, la venta de este tipo de carros continuará en aumento.

De hecho, si consideramos por un momento el mercado latinoamericano, la inversión en vehículos eléctricos e híbridos en Colombia es muy alta. El director de marketing de Nissan para América Latina, Juan Manuel Hoyos, destaca que el mercado está creciendo cada vez más rápido. En efecto, la participación del mercado colombiano es 10 veces superior a la de países como Chile o Brasil¹³.

¹² Periódico La Republica. Alejandra Ruiz. *La venta de vehículos híbridos y eléctricos subió 140% el mes pasado*. 2019. Disponible en: <https://www.larepublica.co/empresas/venta-de-hibridos-y-electricos-subio-140-2881434>

¹³ Revista Diners. Gerardo García. *¿Cuáles son las ventajas de los autos híbridos?* 2019. Disponible en: https://revistadiners.com.co/uncategorized/23261_cuales-son-las-ventajas-de-los-autos-hibridos/

La tendencia es clara y refleja que los ciudadanos quieren ser parte de la solución al problema medioambiental.

Respecto al tema arancelario, actualmente los carros eléctricos no pagan aranceles y tampoco pagan impuesto al consumo, pero si cancelan un 5% de Impuesto al Valor Agregado (IVA). Sin embargo, los autos híbridos cancelan un 5% de arancel y un 5% de IVA, lo cual encarece el valor de estos vehículos¹⁴. En medio del panorama actual descrito, es fundamental generar incentivos que al igual que con los autos eléctricos, brinden beneficios al consumidor y al productor para comercializar y usar este tipo de vehículos, que contribuyen al medio ambiente.

En cuanto a las propuestas por parte de las marcas productoras de vehículos híbridos en el país, la empresa Mitsubishi lanzó al mercado el modelo Outlander PHEV. Un Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable, que puede hacer su carga en cualquier tomacorriente convencional. De igual forma, posee una autonomía de 50 kilómetros en modo eléctrico e incorpora tracción total permanente como atributo adicional¹⁵.

Adicionalmente, dentro de los automóviles híbridos que han realizado pruebas en suelo nacional, se encuentra el Kia Optima, uno de los automóviles de tipo híbrido de mayor comercialización en Europa¹⁶. La empresa Chevrolet lanzó en el mercado colombiano el modelo Volt, un híbrido de autonomía extendida. Esto significa que el auto prioriza el motor eléctrico y solo cuando la batería tenga un nivel de carga bajo, entra en juego el motor de combustión.

Según Cesar Ospina, vicepresidente comercial de Kia Colombia, el mercado colombiano está listo para los vehículos híbridos. Argumenta que este tipo son los vehículos no plug-in, los cuales tienen como característica principal el uso de baterías, permiten a los clientes acceder a las tecnologías limpias, sin las presiones de la autonomía o la falta de electrolineas en algunas ciudades. Es necesario el desarrollo de la infraestructura para los vehículos eléctricos, con el fin de reducir al

14 Op. Cit. Revista Semana. Sandra Mejía. 2019.

15 Autos de Primera. Santiago Álvarez. *Carros híbridos en Colombia: Estos son los modelos que están a la venta*. 2019. Disponible en: <https://autosdeprimera.com/noticias-nacionales/carros-hibridos-colombia-2019>

16 Publimetro. Verónica Gómez. *Ley de Financiamiento: freno a los vehículos híbridos y eléctricos en Colombia*. 2018. Disponible en:

<https://www.publimetro.co/co/tacometro/2018/11/15/vehiculos-hibridos-y-electricos-en-colombia.html>

máximo las limitaciones con productos enchufables, y es en ese punto donde los vehículos de tipo híbrido resultan ser una opción útil y adaptable a la infraestructura disponible en el país¹⁷.”¹⁸

4.2. Argumentos

4.2.1. Eficiencia: por más de siglo y medio, el petróleo ha sido un recurso estratégico; sin embargo, este no es renovable, así que su explotación y uso, además de la planeación de aquellos, debería hacerse priorizando la utilidad social, algo que el transporte terrestre suele ignorar.

- **4.2.1.1.** El petróleo es un hidrocarburo con propiedades físicas y químicas sorprendentes, cuya importancia es reconocida en diversos aspectos, donde carece de sustitutos, más allá de su uso como combustible.

El petróleo, un recurso natural, como los combustibles fósiles en general, se origina en ambientes acuáticos con amplias capas de sedimento, en mares de poca profundidad, se supone que a través de millones de años, restos de plantas y animales son preservados de procesos heterotróficos y con el pasar del tiempo la roca sedimentaria formada, en la que está incrustado el material orgánico, adquiere mayor profundidad, así que los restos son sometidos progresivamente a más temperatura y presión transformándose en hidrocarburos mediante la ruptura de las moléculas de grasas, ceras y aceites de la materia orgánica. La presión creciente además del movimiento de las capas de la tierra significa que la roca sedimentaria sufre fisuras y quebraduras que facilitan el paso del hidrocarburo a rocas porosas, que puede ser explotado donde se hayan formado trampas y piscinas de petróleo. En realidad, el término petróleo suele englobar todos los aceites minerales, conformados por distintas moléculas cuyos compuestos principales son átomos de carbono e hidrógeno, originados desde la materia orgánica por millones de años (en inglés el término también acepta derivados y constructos sintéticos), cuyas características, como la composición química o la densidad, varían, con cantidades menores de algunos metales además de sulfuro, nitrógeno y oxígeno. La mayoría de los compuestos del petróleo cuentan con entre cinco y 20 átomos de carbono, enlazados de manera recta y rodeados de hidrógenos. Desde el punto de vista de la densidad, una de las características centrales, estos recursos suelen considerarse como convencionales cuando la proporción entre carbono e hidrógeno concreta un material de consistencia y viscosidad reconociblemente líquida, donde suelen predominar parafinas con entre

17 Op. Cit. Periódico La República. Alejandra Ruiz. 2019.

18 Aguilar, R. (2020, julio 20). Proyecto de ley 170 de 2020, Cámara: “*por medio de la cual se incentiva la movilidad híbrida en todo el territorio nacional y se dictan otras disposiciones*”. Bogotá, Colombia: Cámara de Representantes (Formato Word) [pp. 10-13].

cinco y 15 átomos de carbono, que siempre hacen más de cuatro quintos del petróleo, con *gravedad API* superior a 38, y no convencionales, donde el contenido de carbono puede ser tan elevado que se forma un material de aspecto arcilloso, como en la franja del Orinoco (Venezuela) o las arenas bituminosas de Alberta (Canadá), con *gravedad API* menores a 20 e incluso menores a 8, que por sus características físicas no puede ser extraído ni procesado de la misma manera que el material convencional, donde las parafinas de más de 16 átomos de carbono son más abundantes, con una relación directamente proporcional entre *API* y el valor del petróleo.¹⁹

A pesar de que el principal uso de los derivados del petróleo se concentra en la producción de diversas formas de energía, este componente ha demostrado ser esencial en muchas más áreas de la vida moderna, cuya producción en el último siglo pasó de algunas decenas de miles de toneladas anuales a varias centenas de millones. El petróleo y sus derivados se han convertido en la sangre de la civilización global e incluso para aquellos que habitan fuera de los Estados en frontera tecnológica, la influencia del petróleo en la calidad de vida de los seres humanos es imposible de ignorar. Durante el siglo XIX, Europa vivió una revolución química, espoleada por desarrollos en la materia de Guy-Lussac, Michael Faraday y Justus Liebig, entre otros, que encontró uno de sus campos más fructíferos hallando usos para subproductos anteriormente indeseables de la producción y consumo de carbón, después de que estudiosos de la química orgánica, en el valle del Rin, detectaran que la estructura del tinte producido del añil también se encuentra como aceite en el alquitrán, compuesto bautizado como anilina por August Hofmann. Poco después, un cercano a Hofmann, William Perkins, en Reino Unido, con menos de 20 años, tras haber desarrollado un tinte malva desde el alquitrán del gas del carbón, con apoyo de su padre, creó un laboratorio y empresa que para 1870 había logrado derivar de hidrocarburos toda la paleta de colores de los tintes elaborados de la rubia y el añil, que dominaban el mercado de los tintes textiles. Para finales del siglo, ya se producían jabones, perfumes, abonos, fármacos y diversos químicos del alquitrán de carbón. A medida que el negocio del petróleo se fue solidificando, de manera similar a como había ocurrido con el carbón, el primer gran combustible fósil de la humanidad, las sustancias no requeridas en la producción, si bien eran un problema importante, también fueron una oportunidad y para 1900 la petroquímica ya jugaba un rol imprescindible en algunos mercados, aunque la petroquímica solo se consolidó en la segunda mitad del siglo XX²⁰, cuando:

19 Fahim, M. A., Alshhaf, T. A. & Elkilani, A. (2010). *Fundamentals of petroleum refining*. Amsterdam, Países Bajos: Elsevier [pp. 11-12]; MacFadyen, A. J. & Watkins, G. C. (2014). *Petropolitics: petroleum development, markets and regulations, Alberta as an illustrative history*. Calgary, Canadá: University of Calgary Press [pp. 3-4]; Radovic, L. (1997, julio). *Energy and the environment. Chapter 8: Petroleum*. Penn State College of Earth and Mineral Sciences [pp. 138-142].

20 Chernow, R. (2004). *Titan: The Life of John D. Rockefeller, Sr.* Nueva York (NY), EEUU: Vintage [pp. 558]; Pirani, S. (2018). *Burning Up: A Global History of Fossil Fuel Consumption*. Londres, Reino Unido: Pluto Press

“El petróleo y el gas fueron rotos en sus partes constituyentes y reensamblados para hacer lo que necesitáramos. Se descubrió que el petróleo tiene todos los elementos necesarios para hacer cualquier otro compuesto orgánico. Para hacer esto, se usa calor, algunos catalizadores y ciertas propiedades físicas que separarán los elementos y los recombinan en formas más útiles.”²¹

La petroquímica, en la que se estima se concentra casi un tercio del crecimiento total de la demanda de combustibles fósiles, proporción que parece aumentará hasta el 50% del total para 2050, con un crecimiento que no es comparable con cualquier otro sector de la industria, es una fuente de materias primas sin las que, no solo el transporte, sino la electrónica, la agricultura, los textiles, la farmacéutica, entre muchas otras industrias y sectores de la economía, no podrían existir. Tan solo del petróleo, de los gases asociados que se liberan de su manejo, se producen las olefinas etano y propano. Del etano, mediante *steam cracking*, se obtiene el etileno, un plástico de amplio y cotidiano uso, cuyos derivados pueden dividirse en seis grupos, algunos de los más relevantes son: primero, los del etilbenceno, de los que se deriva caucho sintético, poliéster, poliestireno y ABS, que son de uso importante en las industrias de automóviles, electrónicos, equipajes y vidrios reforzados; segundo, el dicloruro de etileno, de los que es posible derivar los plásticos PVC, relevantes en áreas como la construcción y los dispositivos médicos; tercero, el alcohol etílico, del cual se pueden derivar la etilamina, el acrilato y el acetato de etilo, de donde se derivan surfactantes, adhesivos, farmacéuticos, tintas, papel, insumos agrícolas, calzados y neumáticos; tercero, óxidos de etileno, de los que se derivan la etanolamina, dietilenglicol y diversas formas de etilenglicol, de los que se pueden producir la mayor parte de los elementos ya mencionados. En cuanto al propano, de este se obtiene propileno mediante deshidrogenación y del propileno se pueden desprender: el acrilonitrilo del que se obtienen plásticos ABS y SAN, fibra acrílica y caucho sintético, que son útiles en la industria textil, automotriz y de equipos deportivos; el isopropilbenceno, del que provienen la acetona y el fenol, de los que se obtiene, entre otros, la resina fenol-formaldehído, el metacrilato y el policarbonato, prominentes en las industria automotriz, textil, obra civil, farmacéutica, cosméticos, alimentos, electrónicos; óxido de propileno, butanal y el isopropanol pueden ser usados para la producción de solventes, entre otros

[pp. 14]; Weightman, G. (2008). *Los revolucionarios industriales: la creación del mundo moderno*. Barcelona, España: Ariel [pp. 387-409].

21 Srite, W. (2013). Introduction to extraction, refining and processing. En Blacklock, M. (Ed). *World Petroleum Council Guide: Petrochemicals and Refining*. Londres, Reino Unido: World Petroleum Council [p. 20]. Traducción propia de: “Oil and gas were broken down into constituent parts and reassembled to make what we need. It was discovered that oil has every element needed to make any other organic compound. To do this, heat is used, certain catalysts and certain properties of physics will separate the elements and recombine them in more useful ways.”

componentes, que son usados en pinturas, ropa deportiva, construcción, surfactantes, adhesivos, acrílicos y vidrios de alta resistencia.²²

Además, mediante *steam cracking*, desarrollado en las primeras décadas del siglo pasado, el propano no solo puede ser transformado en etileno y propileno, sino en hidrocarburos C4 y gasolina pirolítica. Los C4, olefinas como el propano y el etileno, dan como resultado tres posibles caminos: el del butadieno del que se derivan cauchos sintéticos además de plásticos NBR y SBR, importantes para automóviles e indumentaria de jardinería; el isobutileno para caucho, y polisobutileno metil tert-butil éter para lubricantes de motor, chicles y combustible; y, el del butileno, del que se pueden derivar surfactantes y agroquímicos. De la gasolina pirolítica se pueden extraer tres compuestos aromáticos: el benceno, del que es posible obtener etilbenceno, del que proceden el poliéster insaturado, el caucho SBR y el poliestireno, que son usados en las industrias de empaques, automotriz y de electrónicos; el cumeno, también conocido como isopropilbenceno, que ya se mencionó como base de productos como el policarbonato, dado que puede ser extraído del propano; el ciclohexano, origen del nailon; y el diisocianato de difenilmetano, para fabricar poliuretano. Del tolueno, el segundo aromático, se pueden derivar diversos solventes además del poliuretano. Del xileno, el último de los aromáticos, se puede obtener poliéster y PVC. Fuera de los materiales obtenidos mediante el tratamiento de gases asociados del petróleo, directamente de la sustancia se obtiene nafta por destilación. La nafta, tal vez la más relevante de las olefinas, muy apreciada en el mundo de la química, puede ser transformada mediante *steam cracking* en etileno, propileno, C4 y gasolina pirolítica, así que cualquiera de los derivados ya mencionados puede obtenerse desde esta.²³ Así, queda patente que la “diversificación de recursos puede pagar un doble dividendo mediante no solo moderando la demanda, sino también redirigiendo cantidades significativas de petróleo hacia propósitos de mayor valor [que el transporte terrestre] con menores

22 International Energy Agency & OCDE (2018, octubre). *The Future of Petrochemicals: towards more sustainable plastics and fertilisers* [pp. 69]; Petrochemicals Europe (s.f.) *Petrochemicals make things happen* [p. 1]; Srite, W. (2013). Introduction to extraction, refining and processing. En Blacklock, M. (Ed). *World Petroleum Council Guide: Petrochemicals and Refining*. Londres, Reino Unido: World Petroleum Council [p. 32, 34-35].

23 International Energy Agency & OCDE (2018, octubre). *The Future of Petrochemicals: towards more sustainable plastics and fertilisers* [pp. 11-17]; Pirani, S. (2018). *Burning Up: A Global History of Fossil Fuel Consumption*. Londres, Reino Unido: Pluto Press [pp. 69]; Srite, W. (2013). Introduction to extraction, refining and processing. En Blacklock, M. (Ed). *World Petroleum Council Guide: Petrochemicals and Refining*. Londres, Reino Unido: World Petroleum Council [p. 32, 34-35]; Total Foundation (2015, enero 15). *Planete energies: Petrochemicals, from Naphtha to Plastic*; Weightman, G. (2008). *Los revolucionarios industriales: la creación del mundo moderno*. Barcelona, España: Ariel [pp. 387-409].

alternativas como la aviación, los fertilizantes, plásticos y la producción química”²⁴, algo a que el objeto de este proyecto apunta.

- **4.2.1.2.** 4.2.1.2. El uso de petróleo como fuente de energía para movilizar el transporte terrestre es ineficiente y físicamente el motor de combustión interna siempre desperdiciará gran parte de la energía que usa, como lo explica el límite de Carnot.

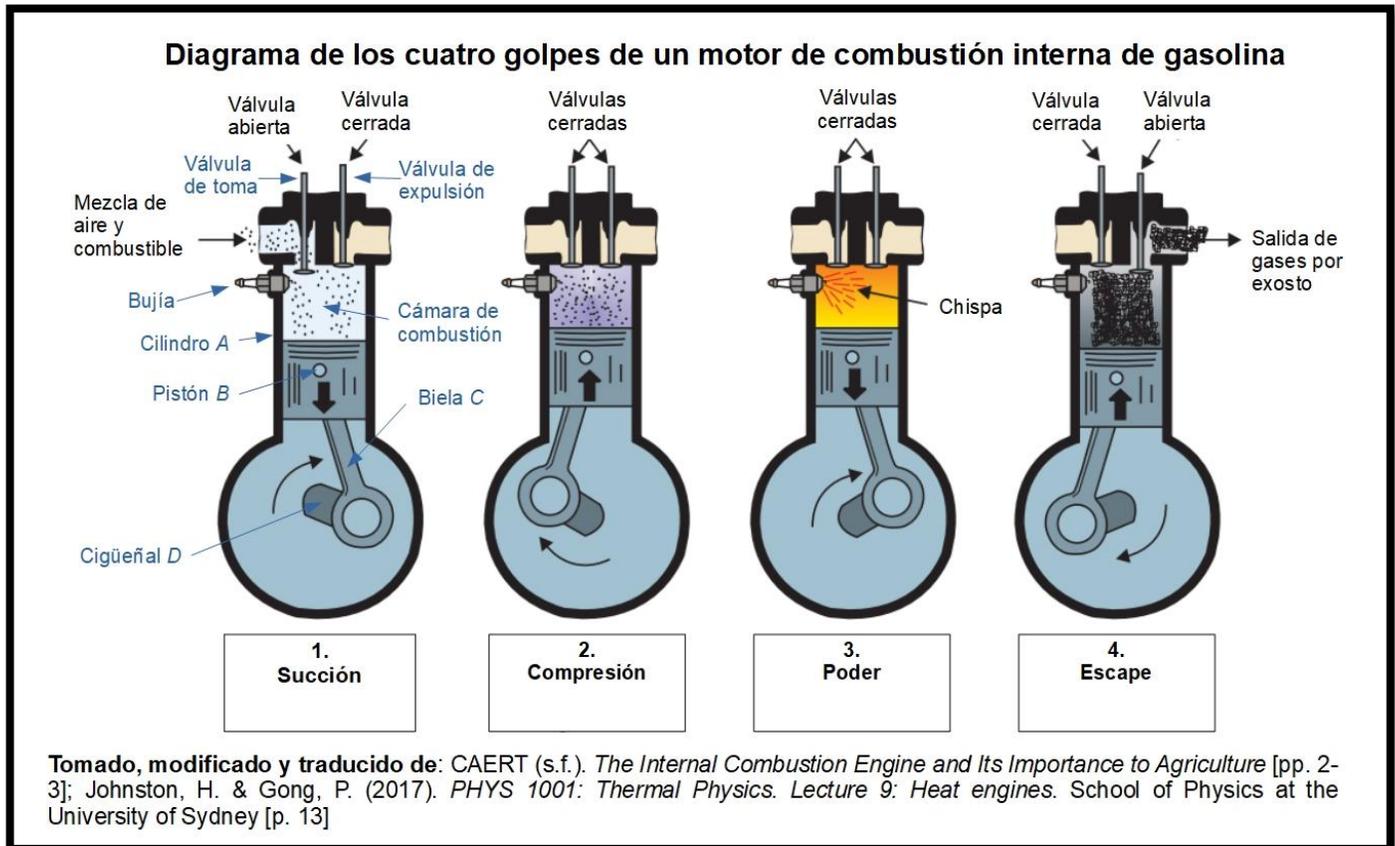
Las propiedades especiales del petróleo han ayudado a movilizar el transporte terrestre por más de un siglo. De hecho, las cualidades de este compuesto son tan impresionantes que el proceso mediante el cual los combustibles fósiles producen la energía cinética y el trabajo necesarios para mover un auto está caracterizado por la ineficiencia y el desperdicio, a pesar de las sorprendentes velocidades y autonomías que algunos carros alcanzan, de toda la energía usada durante el proceso, en los esquemas más ahorrativos, menos de un tercio termina en las ruedas impulsando al carro. El modo de propulsión predominante en la industria automotriz lo proveen los motores de combustión interna, un tipo de motor cíclico de calor, un sistema abierto, en el que la energía química del combustible es quemada dentro de la cámara-cilindro donde la energía calórica y cinética son obtenidas como resultado de la combustión; a diferencia, por ejemplo, de los motores de vapor, donde el combustible se quema fuera de la cámara donde está el agua-gas cuya presión termina generando trabajo. La mayor parte de los autos usa combustibles líquidos en forma de gasolina o diésel, en un sistema de cuatro tiempos/golpes cada dos revoluciones en un ciclo que se repite de manera constante; aunque la forma en que se hace la combustión difiere en estos dos motores, dado que el diésel enciende a presión mientras que la gasolina lo hace por chispa, así que el motor de diésel funciona a mayores temperaturas quemando el combustible de manera gradual y más eficiente, por lo que ha sido empleado para automóviles grandes, barcos y locomotoras.²⁵ A pesar de las diferencias entre los motores diseñados por Otto y Langen con aquel de Rudolf Diesel, el mecanismo básico para transformar energía calórica en trabajo desde la perspectiva mecánica es el mismo en los motores sucesores:

24 Simmons, R. A., McFadden, S., Kennedy, D. & Johnson, M. (2014). Transportation and Energy. En Coyle, E. D. & Simmons, R. (Eds.). *Understanding the Global Energy Crisis* (pp. 215-253). West Lafayette (IN), EEUU: Purdue University Press [p. 217]. Traducción propia de: “*Resource diversification can pay double dividends by not only curbing demand, but also by redirecting significant quantities of oil to higher value purposes with fewer alternatives such as aviation, fertilizer, plastic, and chemical production*”.

25 Johnston, H. & Gong, P. (2017). *PHYS 1001: Thermal Physics. Lecture 9: Heat engines*. School of Physics at the University of Sydney [p. 3-5]; Simmons, R. A., McFadden, S., Kennedy, D. & Johnson, M. (2014). Transportation and Energy. En Coyle, E. D. & Simmons, R. (Eds.). *Understanding the Global Energy Crisis* (pp. 215-253). West Lafayette (IN), EEUU: Purdue University Press [p. 225-226].

“cuando el gas contenido en un recipiente cerrado es calentado su expansión ejerce presión de manera igual en todas direcciones. Estas condiciones existen en el cilindro de un motor de combustión interna después de que la combustión ha tomado lugar. La presión resultante es ejercida sobre las paredes del cilindro *A* y el pistón *B*. El pistón, siendo móvil, bajo la fuerza de los gases que se expanden, se mueve hacia fuera hasta el completo límite de su golpe [...] La fuerza ejercida sobre el pistón *B* es transmitida a través de la biela *C* al cigüeñal *D* que es hecho revolver, rotando a través de media revolución a medida que el pistón se mueve hacia afuera. Conectado al cigüeñal está un volante de inercia, el cual guarda energía y su momento lleva al pistón a través del balance de su movimiento hasta que recibe otro impulso de poder. En esta manera el movimiento reciproco del pistón es transformado en un movimiento rotatorio en el cigüeñal.”²⁶

26 Fraser, E. S. & Jones, R. B. (1922). *Motor vehicles and their engines: a practical handbook on the care, repair and management of motor trucks and automobiles*. Nueva York (NY), EEUU: D. Van Nostrand Company [p. 4]. Traducción y adaptación propia de: “when the gas contained in a closed vessel is heated its expansion exerts a pressure equally in all directions. This condition exists in the cylinder of an internal combustion engine after combustion has taken place. The resulting pressure is exerted on the cylinder walls and piston. The piston, being movable, under the force of the expanding gases, moves outward to the full limit of its stroke [...] The force exerted under the piston *K* is transmitted through the connecting rod *E* to the crankshaft *H* which is made to revolve, turning through one half of a revolution as the piston moves outward. Attached to the crankshaft is a flywheel, which stores up energy and its momentum carries the piston through the balance of its motion until it receives another power impulse. In this way the reciprocating motion of the piston is transformed into a rotary motion at the crankshaft.”



Para que funcione un motor cíclico de calor, mejor dicho, una máquina capaz de transformar combustible en energía calórica y aquella en cinética de manera continua mediante un ciclo para crear trabajo, se deben cumplir una serie de pasos que se retroalimentan, logrando generar y transmitir energía cinética, en forma de movimiento lineal, de manera constante al cigüeñal, donde se transforma en movimiento rotatorio, en el que la temperatura, la presión y el volumen del gas, la posición del pistón y la entropía final e inicial deben ser la misma. En el caso de los motores de combustión interna, este ciclo es de seis pasos: admisión de carga, referente a la entrada de combustible y aire, debido a que en estos motores, como suelen ser los de combustión, son sistemas abiertos, el aire juega un rol fundamental en el proceso; la compresión de la carga, cuando el motor aumenta la presión sobre el combustible y el aire (cuyo oxígeno es esencial como catalizador); ignición de la carga, cuando la gasolina es encendida y el diésel se enciende; combustión de la carga, cuando se lleva a cabo la quema de la mezcla combustible y aire; expansión de gas, resultado de la física y química de la combustión que genera y expande un gas; y, expulsión del gas, cuando el material producto de la combustión es expulsado del motor. Desde, por lo menos, hace 100 años la configuración de motor más importante realiza los seis pasos en cuatro golpes del pistón,

derivados del Otto-Langen. El primer golpe, denominado succión, consiste en que el cigüeñal saca el pistón, bien sea por efecto de una fuente externa o del volante de inercia, el movimiento del pistón genera una diferencia de presión entre la cámara de combustión y la atmósfera que resulta en la succión de una mezcla de combustible y aire, creada por el carburador, a la cámara. En el golpe de compresión, el segundo, el pistón se contrae, aumentando la presión y el calor sobre la mezcla, que se torna más volátil y homogénea, e inicia a quemarse. En el golpe de poder, el tercero, el gas producido por la combustión se expande debido al calor de esta, empujando el pistón hacia afuera. En el cuarto golpe, el de escape, la misma presión generada por la combustión hace escarpar los gases cuando la válvula de escape es abierta y el pistón se contrae, momento cuando se encuentra listo para dar, nuevamente, el primer golpe.²⁷

Estos ciclos dejan ver algo muy interesante: la única manera en que el motor de combustión interna y otros motores cíclicos de calor son capaces de generar energía mecánica es produciendo energía calórica, una parte de ella logra transformarse en trabajo, pero para que el ciclo termine y pueda reiniciar otra parte de la energía debe perderse mediante la disipación de calor. Incluso se puede decir que cada cilindro está “apagado” la mitad del ciclo, debido a que no genera energía, razón por la que los autos que usan este sistema suelen tener, por lo menos, dos cilindros y usarlos en número par, de manera que se pueda generar movimiento constante con un cilindro en el primer golpe y otro en el tercero. Los motores de combustión interna, como todos los motores de calor cíclicos, son incapaces de transformar más del 60% de la energía que usan en energía cinética, en dinámicas explicadas por la ley de eficiencia de Sadi Carnot, con base en las dos primeras leyes de la termodinámica. Para comprender esto es importante tener en cuenta que la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima del motor, también conocida como las reservas de calor y de frío, respectivamente, es fundamental y que la eficiencia máxima de este tipo de máquinas en la transformación de energía es una proporción equivalente a un entero menos el cociente de la división de la temperatura mínima entre la máxima. En teoría, para aumentar la eficiencia basta con jugar con estos valores; sin embargo, en la práctica no es fácil elevar la temperatura del motor hasta 700 kelvin o más ni reducir la mínima hasta 200 kelvin o menos; por otro lado, es importante tener en cuenta que lograr superar esos valores no basta para asegurar eficiencia, en cuanto las medidas para lograrlo pueden causar pérdidas en eficiencia general que terminan haciendo aún menos eficiente el vehículo. La fórmula confirma que la pérdida de energía en forma de calor disipado es central en el funcionamiento del motor de combustión interna, es por ello que si la temperatura mínima y máxima del motor son iguales la ley de Carnot indica que la eficiencia del

27 Fraser, E. S. & Jones, R. B. (1922). *Motor vehicles and their engines: a practical handbook on the care, repair and management of motor trucks and automobiles*. Nueva York (NY), EEUU: D. Van Nostrand Company [pp. 8-10]; Moyer, L. (2012). *GEOS 24705 / ENST 24705: The internal combustion engine and transportation*. Department of the Geophysical Science at the University of Chicago [p. 18-21]; Prentiss, M. (2015). *Energy Revolution: The Physics and the Promise of Efficient Technology*. Cambridge (MA), EEUU: Harvard University Press [pp. 307-316].

motor sería 0: para que el tercer y cuarto golpe del motor pueda ocurrir, una cantidad importante de energía debe perderse en forma de calor, esto solo es posible si la temperatura mínima y máxima son diferentes, para que ese calor sea disipado en el reservorio frío, solo así el tercer y cuarto golpe y, por intermedio de ellos, el retorno al punto inicial y la posibilidad de mantener un ciclo que genere movimiento se puede dar.²⁸

Eficiencia en motores de calor (eficiencia de Carnot)

$$\text{efficiency} = \boxed{\epsilon} = \frac{W}{Q_{in}} = \frac{T_{hot} - T_{cold}}{T_{hot}} = \boxed{1 - \frac{T_{cold}}{T_{hot}}} \quad * T \text{ is measured in K}$$

Tomado de: Moyer, L. (2012). *GEOS 24705 / ENST 24705 Lecture 6 notes*. Department of the Geophysical Science at the University of Chicago [p. 3];

- **4.2.1.3.** El uso de electricidad como fuente total o parcial de energía para movilizar el transporte terrestre posee proporciones de energía perdida menores a los motores de combustión, con los motores eléctricos logrando eficiencias superiores al 90%.

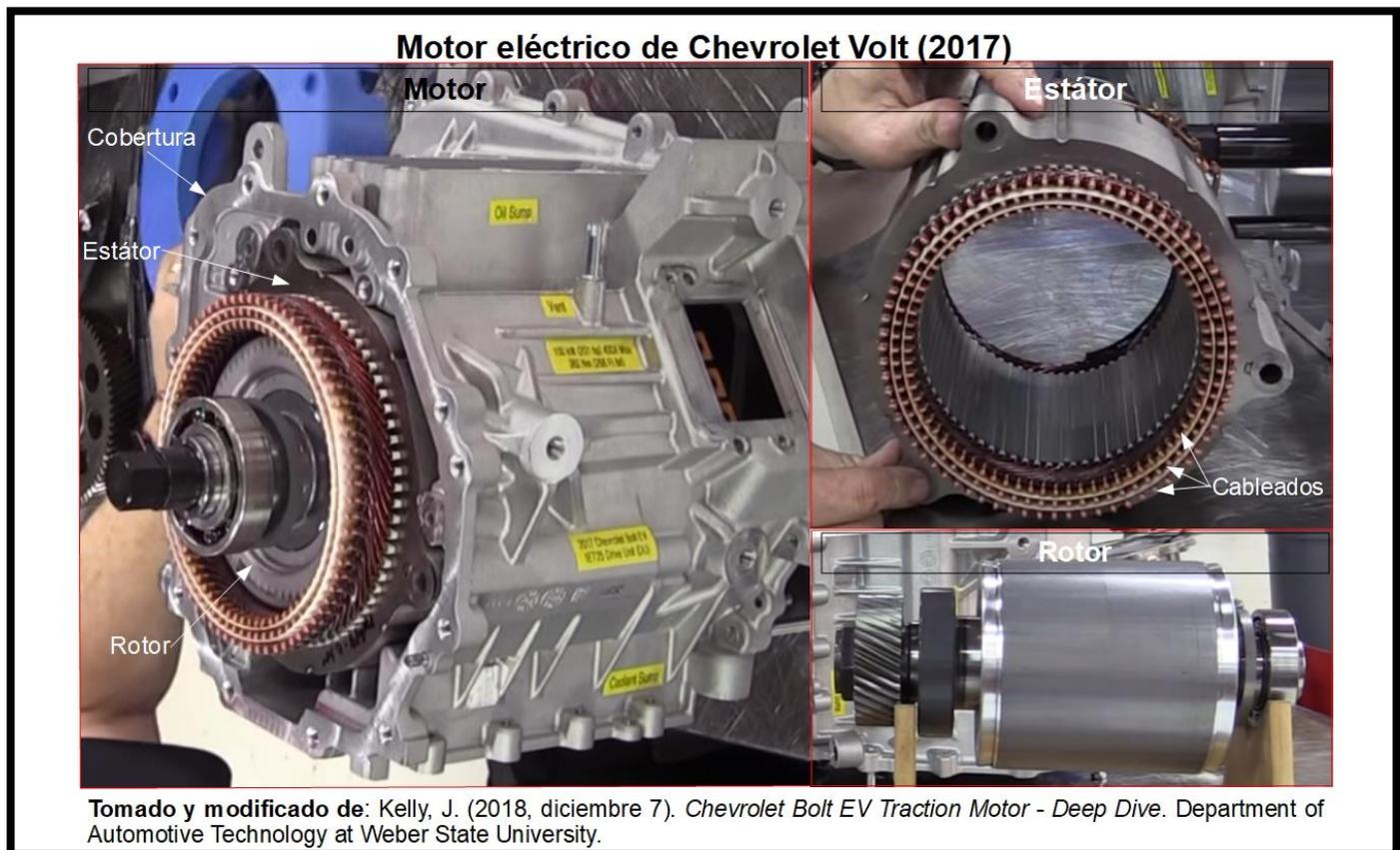
Los medios de transporte terrestres propulsados por alternativas al motor de combustión interna suelen tener base en algún tipo de motor eléctrico, cuyo tamaño es bastante reducido comparado a los de combustión interna. A diferencia de los motores más tradicionales, los eléctricos no se rigen por las leyes de la termodinámica y, por ello, no son sujetos al teorema de Carnot ni su límite, en cuanto la creación de energía calórica a partir de química, que se transforma en cinética y trabajo no ocurre en los eléctricos, que no son motores cíclicos de calor. Estos motores, que son sistemas cerrados, se basan en la íntima relación física entre magnetismo y electricidad para la generación de trabajo, de hecho, en física es común considerar que estos son, en realidad, un mismo fenómeno, el electromagnetismo, proceso sintetizado en las cuatro ecuaciones del británico James Maxwell, base teórica del estudio de gran parte del mundo natural y de los desarrollos tecnológicos

28 Johnston, H. & Gong, P. (2017). *PHYS 1001: Thermal Physics. Lecture 9: Heat engines*. School of Physics at the University of Sydney [p. 5-12]; Moyer, L. (2012). *GEOS 24705 / ENST 24705: The internal combustion engine and transportation*. Department of the Geophysical Science at the University of Chicago [p. 19-20]; Prentiss, M. (2015). *Energy Revolution: The Physics and the Promise of Efficient Technology*. Cambridge (MA), EEUU: Harvard University Press [pp. 189-196; 317-318].

posteriores más importantes, derivadas como una interrelación de las ideas y ecuación desarrolladas por Michael Faraday, André Ampere y, el prominente matemático de las Alemanias, Carl Gauss. En términos físicos, son las mismas cargas eléctricas capaces de generar electricidad las que generan magnetismo cuando estas están en movimiento, que se traducen en ondas que transitan a la velocidad de la luz, en línea con los planteamientos de Faraday.²⁹ El efecto más básico de la acumulación de energía y la producción de trabajo, que también rige las dinámicas de las bombillas o los altavoces, entre otros, mediante electricidad, puede ser explicado de la siguiente manera:

29 Barrientos, B. & Alaniz, S. (2013). *De la brújula al motor eléctrico: historia, aplicaciones y experimentos sobre la teoría electromagnética*. México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México [pp. 7-11, 18]; Bracho, J., Marquina, M. & Rajsbaum, S. (Coor). (2010). *Enciclopedia de conocimientos fundamentales: volumen 5. Matemáticas / Física / Computación*. México, D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México & Siglo XXI [pp. 158-160].

“Si un objeto eléctricamente neutro se pone en contacto con otro previamente cargado, el neutro recibe una transferencia de cargas, las cuales al irse acumulando comienzan a repelerse entre sí y a repeler a las que van llegando. Entonces, a medida que se van acumulando, se requiere aplicar más fuerza (o realizar más trabajo). De esta forma, las cargas adquieren una cierta forma de energía que van almacenando. A esa energía se le conoce como energía potencial eléctrica. Esta energía



se manifestará en forma de otra transferencia de cargas, si se pone al objeto cargado con otro objeto neutro. De esta situación proviene el adjetivo “potencial”, es decir la energía almacenada tiene el potencial de hacer fluir las cargas cuando se le permite hacerlo, o sea, de realizar algún tipo de trabajo como encender un foco o poner en funcionamiento un motor.”³⁰

30 Barrientos, B. & Alaniz, S. (2013). *De la brújula al motor eléctrico: historia, aplicaciones y experimentos sobre la teoría electromagnética*. México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México [pp. 17].

El origen de esa mecánica es una fuente de energía automotriz, cuya capacidad para acumular y mover cargas es conocida como voltaje. Más voltaje, siguiendo el planteamiento expresado en el párrafo anterior, significa que, al conectar la fuente electromotriz, como pueden ser las pilas o baterías, a un dispositivo u objeto cuya carga de electrones sea menor se transmitirá electricidad desde la batería y entre mayor sea la diferencia de cargas mayor será la transmisión de energía. Las cargas que se encuentran estáticas tienen capacidad de hacer trabajo, dicha energía cinética se produce con el movimiento de los electrones que genera un campo magnético capaz de causar movimiento por su interacción con otros campos magnéticos. La simplicidad del mecanismo hace que sea posible generar un rupestre motor eléctrico con alambre dulce, una pila y un imán. En motores más sofisticados, como los usados por autos o batidoras, los principios generales no cambian mucho y, en general, las partes son pocas. Por ejemplo, en un motor de inducción de tres fases, como los que se suelen usar en los carros, de corriente alterna, en el que la relación electromagnética entre el estátor, con tres cableados independientes, distribuidos de forma simétrica, crea un campo magnético rotatorio y uniforme gracias a los cableados cuyas corrientes independientes con una diferencia de 120° aunque de igual magnitud, con el rotor, generando trabajo en forma de movimiento circular. Por otro lado, al ser el sistema de electrificación el que regula directamente el trabajo y la dirección del carro, mediante la generación de movimiento rotatorio, la necesidad de transmisión, su túnel además de la caja de cambios no existe, lo que también disminuye las pérdidas de energía por fricción comparado con los sistemas de combustión interna. De esta manera, a pesar de que este tipo de autos también sufre pérdidas de energía, como las relacionadas con el calentamiento de cableado y del material ferromagnético o por fricción en cojinetes, la transformación de energía química en trabajo es mucho más eficiente que la transformación de energía calórica en trabajo de los motores de combustión interna.³¹

De hecho, mientras que el límite de Carnot explica cómo es imposible que los motores cíclicos de calor puedan tener una eficiencia superior al 60%, límite al que muy pocos de ellos son capaces de llegar, los eléctricos de más de 10 caballos de fuerzas, a 1200 revoluciones por minuto, generan eficiencias superiores al 90%, proporción que aumenta con la potencia del motor. Es más, no hay límite de eficiencia estructural en los motores eléctricos. Por otro lado, la eficiencia fáctica de la conversión de energías a trabajo de los autos depende de cómo se desarrollan los trayectos por recorrer, en cuanto ligeras diferencias pueden generar importantes resultados respecto del uso de

31 Baghzouz, Y. (s.f.). *EE 340 - Introduction to Electrical Power Engineering: 3-Phase induction motors*. University of Nevada Las Vegas [p. 3-8]; Barrientos, B. & Alaniz, S. (2013). *De la brújula al motor eléctrico: historia, aplicaciones y experimentos sobre la teoría electromagnética*. México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México [pp. 18, 80-81]; Bracho, J., Marquina, M. & Rajsbaum, S. (Coor). (2010). *Enciclopedia de conocimientos fundamentales: volumen 5. Matemáticas / Física / Computación*. México, D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México & Siglo XXI [pp. 359]; Prentiss, M. (2015). *Energy Revolution: The Physics and the Promise of Efficient Technology*. Cambridge (MA), EEUU: Harvard University Press [pp. 196-200];

energía. Desde la invención del primer auto híbrido, el *Lohner-Porsche Elektromobil*, en 1901, en Austria, por el prominente ingeniero automotriz Ferdinand Porsche, estos suelen combinar un motor eléctrico junto a un motor de combustión interna por gasolina de reducido tamaño. La eficiencia de este tipo de vehículos, que en gran parte del mundo son la avanzadilla de la electrificación total, es entre un quinto y un medio mejor de la de aquellos enteramente de combustión interna en kilómetros equivalentes por galón. Aprovechando su motor eléctrico, algunos de híbridos pueden apagar su motor combustión interna cuando están estáticos y de encenderlo cuando el auto necesita impulso fuerte y va en movimiento continuo, usando el eléctrico para los arranques, así que cuando los de combustión desperdician toda la energía mientras están estáticos, por ejemplo, en un atasco, tanto híbridos como eléctricos tienen mejores resultados.³²

En otros casos, como en algunos híbridos, el motor de combustión no se apaga sino es usado como un generador eléctrico para cargar la batería con la energía cinética generada para mantener el ciclo, por lo que el consumo energético también es mejor al de los carros de combustión interna, que simplemente desperdiciarían esa energía. De hecho, por estas razones, los híbridos resultan especialmente eficientes en contexto urbanos donde la densidad del tránsito es alta y los atascos son comunes, donde la eficiencia de los motores de combustión interna es de alrededor del 15%, con los híbridos rindiendo hasta un medio más por galón de gasolina equivalente. Finalmente, todos los carros con motores eléctricos tienen la capacidad de usar un sistema frenado regenerativo. Básicamente, en el caso de los motores de combustión interna, de manera similar a la producción de trabajo, el frenado se encuentra regido por la termodinámica. Los frenos convencionales, un sistema de frenado por fricción, están compuestos por un disco de metal pegado a la rueda y que se mueve de manera simétrica a esta, sobre dicho disco se encuentra unas pastillas de frenado estáticas que solo tocan el disco cuando el pedal del freno se oprime. De esta manera, el frenado convencional se logra mediante la fricción creada por las pastillas sobre el disco, dicha fricción convierte la energía cinética que impulsa la rueda en energía calórica que se disipa en forma de calor en las pastillas de frenado y el medio ambiente y que, por ello, resulta imposible de reusar o almacenar. Así que el auto necesita utilizar energía adicional cuando vaya a reiniciar el movimiento. El frenado regenerativo funciona porque las ruedas se encuentran, a través del eje, directamente conectadas con el motor y cuando el frenado es activado y/o cuando se desactiva el acelerador, la rotación de la rueda y el eje terminan haciendo de generador eléctrico que, bajo la ley de Faraday, transforma la energía cinética del movimiento del auto en energía potencial que puede transferirse a una fuente electromotriz para ser almacenada en la energía química de la

32 Cheng, W. (2008, primavera). *2.61 Internal Combustion Engines: Bio-fuels and hybrids*. Sloan Automotive Lab at MIT [pp. 38-44]; Gallman, P. G. (2011). *Green Alternatives and National Energy Strategy: The Facts Behind the Headlines*. Baltimore (MD), EEUU: Johns Hopkins University Press [pp. 78-81]; Prentiss, M. (2015). *Energy Revolution: The Physics and the Promise of Efficient Technology*. Cambridge (MA), EEUU: Harvard University Press [pp. 204-207, 226-229, 299].

batería. Este medio también es un instrumento mediante el cual los carros híbridos transfieren energía cinética producida por el motor de combustión en energía potencial en la batería que puede ser transformada en cinética por el motor eléctrico.³³

4.2.2. Medio ambiente y sostenibilidad: la explotación de combustibles fósiles y su uso como medio de energía genera varias formas de polución que resulta importante disminuir para conseguir un equilibrio entre algunos de los subproductos del siglo XXI y el medio ambiente.

- **4.2.2.1.** El proceso de producción de trabajo para transporte terrestre de derivados del petróleo genera una buena cantidad de contaminantes del aire, que a largo plazo pueden generar efectos nocivos sobre la salud y la sostenibilidad del sistema de producción.

El uso del petróleo como fuente de energía, para lo que se usa más de 4/5 del mismo, puede ser evaluado desde la ley de la conservación, la cual implica que la energía depositada en el petróleo no se crea ni se destruye, sino que cambia de forma, en los casos de los motores de combustión interna, como se vio en el numeral anterior, este proceso significa la emisión de materia y energía al entorno, que carecen de utilidad para los usuarios. Desde el punto de vista de la sostenibilidad medio ambiental, la primera ley de la termodinámica genera procesos que deben ser tenidos en cuenta si se espera mantener a largo plazo el uso de los medios de transporte terrestre modernos. En principio, cuando la gasolina o diésel se queman, para lo que deben tener al oxígeno como catalizador, los hidrocarburos se mezclan con el octavo elemento de la tabla periódica y forman dióxido de carbono (CO₂), calor y agua que corresponden a la emisión de materia que implica la primera ley de la termodinámica. La cantidad de dióxidos de carbono depende de la intensidad de carbono de cada combustible, así que, por regla general, la combustión de gas es menos contaminante que la de petróleo y la de este último es menor a la del carbón. En el caso del motor de combustión interna de cuatro golpes, la cantidad de dióxido de carbono dependen de la proporción de aire y combustible que ingresan al sistema durante el primer golpe. Si la cantidad de oxígeno es baja, se forman monóxidos de carbono e hidrocarburos no quemados, repercutiendo en menor emisión de óxidos de nitrógeno por menores temperaturas; con una mayor proporción de oxígeno, la mezcla es más ligera y genera menores subproductos nocivos, así que el combustible

33 Cheng, W. (2008, primavera). *2.61 Internal Combustion Engines: Bio-fuels and hybrids*. Sloan Automotive Lab at MIT [pp. 38-44]; Gallman, P. G. (2011). *Green Alternatives and National Energy Strategy: The Facts Behind the Headlines*. Baltimore (MD), EEUU: Johns Hopkins University Press [pp. 78-81]; Prentiss, M. (2015). *Energy Revolution: The Physics and the Promise of Efficient Technology*. Cambridge (MA), EEUU: Harvard University Press [pp. 204-207, 226-229].

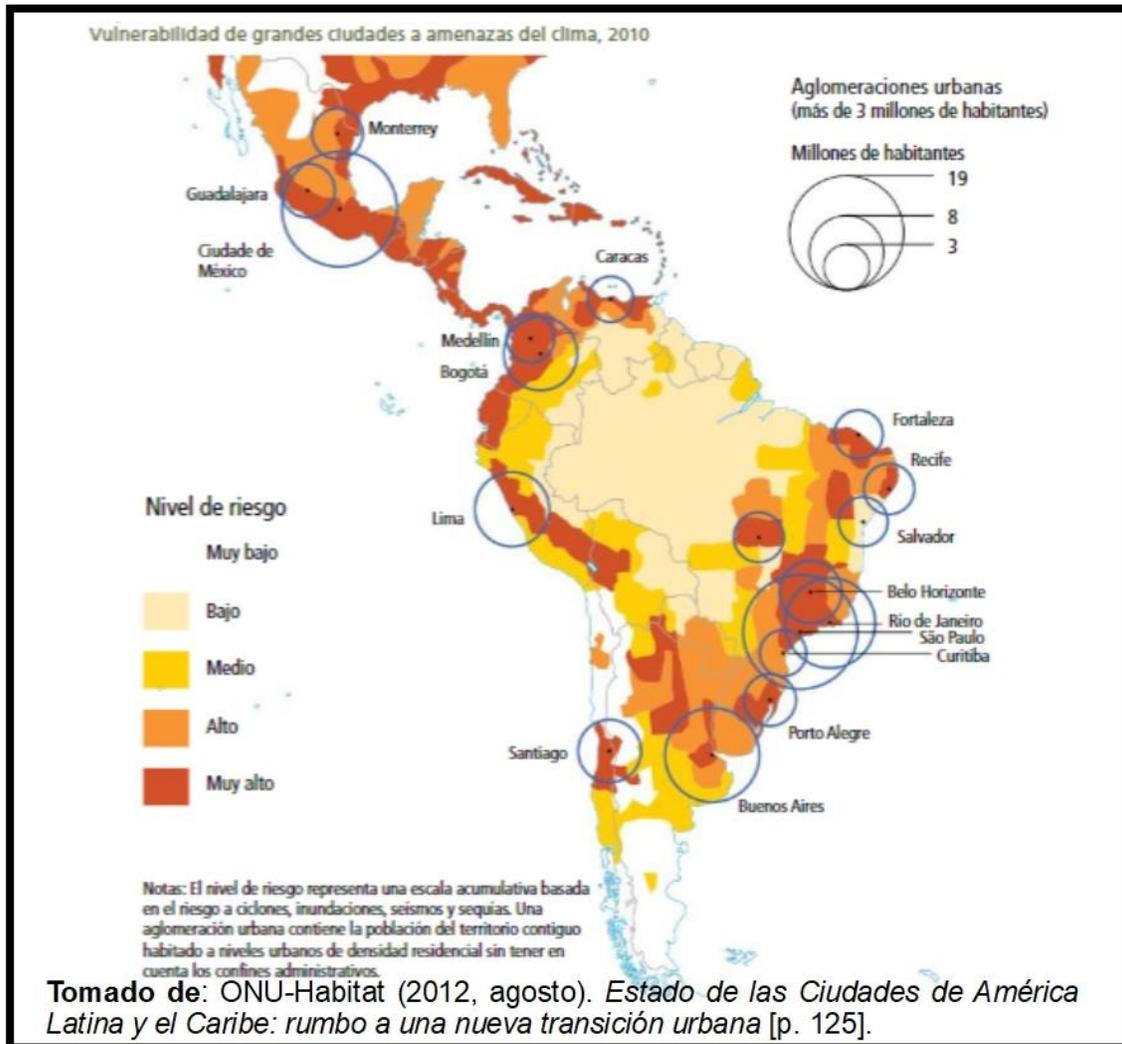
cumple el rol de un reactivo limitante a diferencia de cuando la mezcla es baja en aire. Aunque mezclas demasiado ligeras también causan problemas de combustión.³⁴

Se estima que las condiciones ideales en la composición de la atmosfera están en un poco más de tres cuartos por el gas inerte nitrógeno (N_2) y un poco más de un quinto en el oxígeno (O_2), en los otros casos, salvo el del argón, que tiene un 1% de la atmosfera, las concentraciones son menores a una de cada 100 partes. En dichas condiciones, otros elementos y compuestos se encuentran en cantidades bastante reducidas, que por practicidad se miden en partes por millón: en el caso de los óxidos de nitrógeno y el ozono estos poseen, respectivamente, 0.52 y 0.02 partes por millón. Las situaciones que excedan dichos parámetros configuran polución del aire, que puede ser por gases o por partículas, de manera que la polución del aire hace referencia a cualquier componente, en cualquiera de los tres estados ordinarios de la materia, más cuando su concentración sea un problema para los seres humanos, otros seres vivos y/o propiedades a nivel atmosférico. Algunos de los compuestos contaminantes antropogénicos más comunes son el monóxido y dióxido de carbono, el plomo, óxidos de nitrógeno, material particulado y el ozono, entre otros. El monóxido de carbono, un contaminante primario de tipo gaseoso se forma por combustión incompleta de hidrocarburos, con los autos como uno de sus principales contribuidores, en este caso los principales afectados son los seres vivos, debido a que el monóxido es venoso por su reactividad con la hemoglobina además de inestabilidad de su estructura química. Al ser respirado no solo evita que el oxígeno llegue al sistema circulatorio, sino que una vez dentro de él el monóxido, de mano de la hemoglobina, captura el oxígeno en el torrente sanguíneo pudiendo causar la muerte. Los dióxidos, con un rol prominente en el calentamiento global además de procesos biológicas diversos, son subproducto del proceso de combustión, así que también son contaminantes primarios de tipo gaseoso, aunque en términos generales es benigno, el aumento vertiginoso de este hasta 380 partes por millón genera problemas debido a las propiedades calóricas de este compuesto, que sigue aumentando. Los óxidos de nitrógeno, contaminante primario de tipo gaseoso, en su mayoría dióxido y monóxido, interactúan bajo la luz del sol con componentes orgánicos volátiles que generan polución secundaria de tipo fotoquímica por la creación de ozono; en el caso del dióxido, que en términos proporcionales es más tóxicos que el NO, genera problemas

34 MacFadyen, A. J. & Watkins, G. C. (2014). *Petropolitics: petroleum development, markets and regulations, Alberta as an illustrative history*. Calgary, Canadá: University of Calgary Press [pp. 3-4]; Meikap, B. C. et al. (2012). Air Pollution and Its Control. En Hung. W., Wang, L. & Shammas, N. (Eds.). *Handbook of environment and waste management*. Singapur: World Scientific Publishing Co [pp. 2-6]; Mitchell, W. J., Borroni-Bird, C. E. & Burns, L. D. (2010). *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century*. Cambridge (MA), EEUU: The MIT Press [pp. 86]; Plitnik, G. (2010). Air pollution and pollutants: anthropogenic. En Dutch, S. (Ed.). *Encyclopedia of global warming*. Pasadena (CA), EEUU: Salem Press [pp. 22-26]; Simmons, R. A., McFadden, S., Kennedy, D. & Johnson, M. (2014). Transportation and Energy. En Coyle, E. D. & Simmons, R. (Eds.). *Understanding the Global Energy Crisis*. West Lafayette (IN), EEUU: Purdue University Press [p. 220-222].

respiratorios que pueden resultar en EPOC y son la fuente más importante de ozono, por otro lado mediante interacción con oxígeno pueden formar ácido nítrico (N_3), que compone lluvias ácidas. El smog, una castellanización de un concepto que etimológicamente es una mezcla de las palabras humo (*smoke*) y niebla (*fog*) en inglés, se produce cuando la atmósfera local se estanca, sobre todo por inversión térmica; este también puede ser un fenómeno fotoquímico, en que los rayos solares catalizan reacciones sobre hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno.³⁵

35 MacFadyen, A. J. & Watkins, G. C. (2014). *Petropolitics: petroleum development, markets and regulations, Alberta as an illustrative history*. Calgary, Canadá: University of Calgary Press [pp. 3-4]; Meikap, B. C. et al. (2012). Air Pollution and Its Control. En Hung, W., Wang, L. & Shamma, N. (Eds.). *Handbook of environment and waste management*. Singapur: World Scientific Publishing Co [pp. 2-6]; Mitchell, W. J., Borroni-Bird, C. E. & Burns, L. D. (2010). *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century*. Cambridge (MA), EEUU: The MIT Press [pp. 86]; Plitnik, G. (2010). Air pollution and pollutants: anthropogenic. En Dutch, S. (Ed.). *Encyclopedia of global warming*. Pasadena (CA), EEUU: Salem Press [pp. 22-26]; Simmons, R. A., McFadden, S., Kennedy, D. & Johnson, M. (2014). Transportation and Energy. En Coyle, E. D. & Simmons, R. (Eds.). *Understanding the Global Energy Crisis* (pp. 215-253). West Lafayette (IN), EEUU: Purdue University Press [p. 220-222].



El material particulado es un grupo variado de compuestos sólidos o líquidos, que pueden ser respirados o ingeridos, que suelen mantenerse suspendidos en el aire, con un tamaño que va de las partículas que se pueden ver a simple vista, como el hollín, hasta aquellas de unos pocos micrómetros, se relacionan con diversas formas de cáncer. Por otro lado, esta es una fuente tanto de contaminantes primarios como secundarios. En la nariz se pueden filtrar compuestos mayores a 10 micrómetros, las partículas entre 2 y 10 micrómetros suelen quedar fuera de los alveolos y son retirados del sistema mediante diversas estrategias del sistema respiratorio, de manera similar las partículas inferiores a 0.3 micrómetros suelen no asentarse sino que permanecen suspendidas en el aire y se retiran cuando son exhaladas; sin embargo, para las partículas entre 0.3 y 2

micrómetros no parece existir ningún mecanismo corporal de defensa importante. Son las partículas de entre 0.3 y 2, que han aumentado de manera vertiginosa con la quema de combustibles fósiles, las que mayores problemas causan y se asocian a enfisemas, neumoconiosis y cáncer. En general, este tipo de combustos puede tener efectos nocivos importantes sobre el medio ambiente y las personas. Por ejemplo, entre 1970 y 2009, en América Latina casi un tercio de todos los muertos en desastres naturales se debieron a eventos climáticos y Colombia fue el tercer mayor afectado de la región. De hecho, se estima que la vulnerabilidad por clima en la mitad más poblada del país es *muy alta*. Así que para Colombia es esencial que se tome medidas para alivianar esta problemática, en la cual el sector transporte produjo más de 10 millones de toneladas de CO₂ (c. 10% del total). En el caso del material particulado, puede entrar a los pulmones y causar daños en el aparato respiratorio, los carros de gasolina y diésel son uno de los principales emisores, razón por la que grandes centros urbanos, como Bogotá y, especialmente, Medellín, suelen tener importantes problemas de material particulado, con efectos que pueden ser importantes. Así en Bogotá, por ejemplo, los niños expuestos a altas tasas de material particulado tienen una tasa de ausentismo escolar de casi el doble de los que no expuesto.³⁶

- **4.2.2.2.** El proceso de producción de trabajo de los medios de transporte terrestre alternativos al motor de combustión interna pueden ser una ayuda para limitar la polución del aire.

Los motores eléctricos no generan emisión de material particulado ni de gases de efecto invernadero como producto de la transformación de energía química en trabajo, por lo que son una alternativa viable y atractiva para la disminución de algunos derivados riesgosos del proceso de la combustión interna, en especial del material particulado en centros urbanos densamente poblados. En el caso de los híbridos, aunque es correcto que poseen un motor de combustión interna que genera material particulado y gases de efecto invernadero, como se pudo apreciar en el numeral

36 Environmental Protection Agency (2012, abril). *Air Quality Communication Workshop* [p. 5]; García Arbeláez, C., G. Vallejo, M. L. Higgins & E. M. Escobar (2016). *El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático*. WWF-Colombia & Ministerio de Ambiente [p. 28]; IDEAM (2016). Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2011-2015 [pp. 6-8, 33-35]; MacFadyen, A. J. & Watkins, G. C. (2014). *Petropolitics: petroleum development, markets and regulations, Alberta as an illustrative history*. Calgary, Canadá: University of Calgary Press [pp. 3-4]; Meikap, B. C. et al. (2012). Air Pollution and Its Control. En Hung, W., Wang, L. & Shamma, N. (Eds.). *Handbook of environment and waste management*. Singapur: World Scientific Publishing Co [pp. 2-6]; Ministerio de Ambiente (2010). *Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire*; ONU-Habitat (2012, agosto). Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe: rumbo a una nueva transición urbana [pp. 124-125]; ONU Medio Ambiente & Unión Europea (2016). *Movilidad eléctrica: oportunidades para Latinoamérica* [p. 34]; Plitnik, G. (2010). Air pollution and pollutants: anthropogenic. En Dutch, S. (Ed.). *Encyclopedia of global warming*. Pasadena (CA), EEUU: Salem Press [pp. 22-26]

4.2.1.2, estos motores se rigen por dinámicas y características ligeramente distintas a las de los carros tradicionales, que repercuten en que las emisiones contaminantes primarias y secundarias ocurran a niveles inferiores. La existencia de un motor o generador eléctrico que acompaña al de combustión significa que el de combustión es de un tamaño y capacidad inferior al de la media, que también puede reutilizar parte de la energía que normalmente desperdiciaría un auto solo con motor de combustión interna. Esto resulta en un menor consumo de combustibles y, a su vez, en ciclos de producción transformación de energía calórica y cinética menores, de esta manera generando una menor cantidad de material particulado y emisiones con efecto invernadero, como se explicó en numeral 4.2.1.3.³⁷

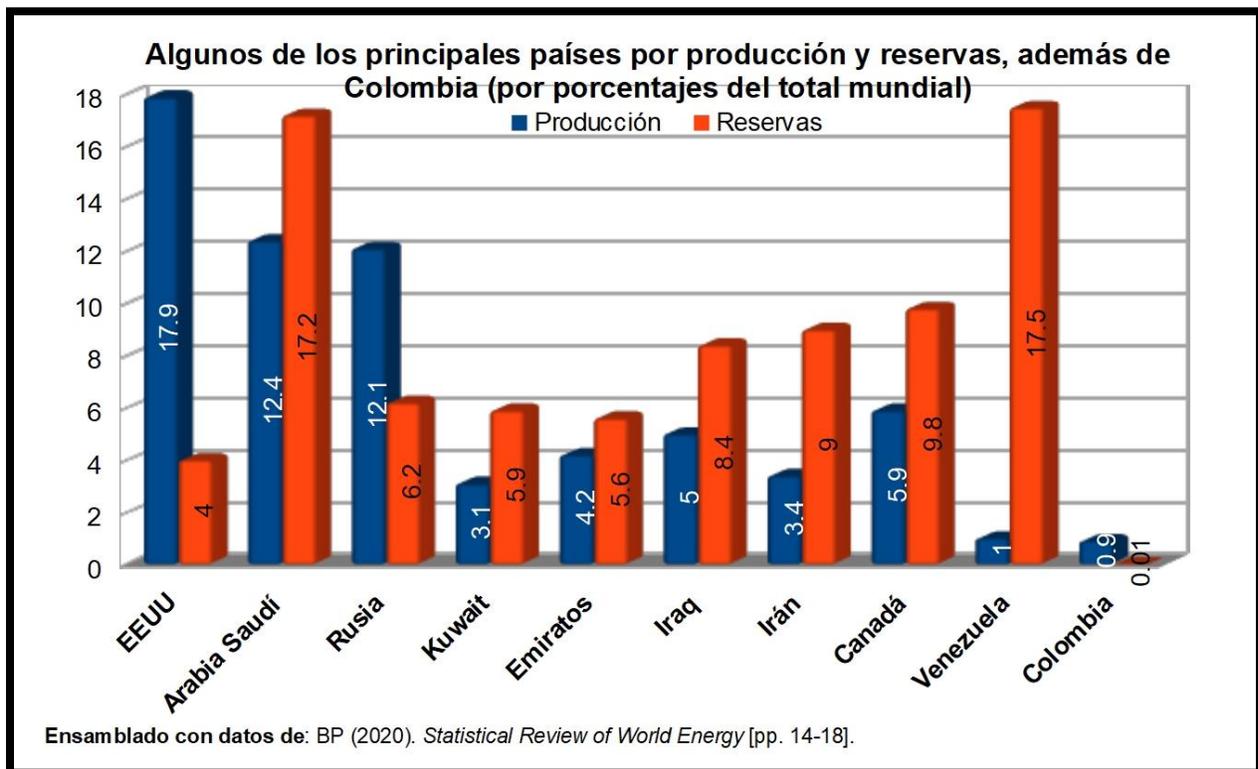
4.2.3. Seguridad nacional y seguridad energética: la importancia del petróleo dentro de los aparatos productivos de todos los países significa que es importante asegurar la mayor cantidad de este; sin embargo, Colombia no es un país petrolero ni tiene reservas suficientes para que el nivel de consumo del sector transporte sea sostenible o deseable a largo plazo.

- **4.2.3.1.** La producción y principales reservas de petróleo se encuentran concentradas en un grupo pequeño de países, donde Colombia posee una posición más bien modesta respecto de su capacidad de producción y sus reservas de combustibles fósiles.

A finales del 2019, las reservas petroleras mundiales ascendieron a 1.7 billones de barriles, las cuales se encuentran sobre todo en el Medio Oriente, donde está casi la mitad del total, con un marcado liderazgo de Arabia Saudí, que posee un más del 17% del total mundial, representadas en petróleos ligeros de reconocida calidad, y, un poco de lejos, por Irán, Irak y Kuwait quienes suman casi un quinto del total mundial. En América se encuentran casi el 35% de las reservas mundiales probadas, con un claro liderazgo de Venezuela, que posee un poco más del 17% del total mundial, aunque alrededor de dos tercios están en petróleos extrapesados en el Cinturón del Orinoco, seguido de lejos, primero, por Canadá, que posee como un 10% del total casi todo en arenas bituminosas, y por Estados Unidos, que roza el 5%. En el caso de África y la Comunidad de Estados Independientes poseen alrededor de 8% de las reservas mundiales, cada uno: en África, los líderes son Nigeria y Libia cuentan entre los dos con poco menos del 5%; y en el caso de la Comunidad, Rusia cuenta con el 6.2%. En cuanto a la producción, Estados Unidos de América, por una revolución en no convencionales que revivió la industria en lugares donde había desaparecido, produce c. 17% del total mundial (en una producción total diaria de un poco menos de 100 millones de barriles). Junto a Estados Unidos, Arabia Saudí y Rusia son los únicos países

37 European Environment Agency (2018, noviembre 22). *EEA report confirms: electric cars are better for climate and air quality*; Sperling, D., & Gordon, D. (2009). *Two Billion Cars: Driving Toward Sustainability*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press [pp. 24-26].

que producen más de 10 millones de barriles al día. A ese 42% del total del mercado, se adiciona Canadá, el único país fuera de los mencionados, que produce más de cinco millones, aunque Irak no está muy lejos de la marca, con producciones sumadas del 10% del total. A esa lista, que completa unos tres cuartos de la producción mundial, se suman China, Nigeria, Emiratos, Kuwait y Brasil, quienes superan cada uno los dos millones de barriles, marca a la que Qatar pisa el talón.³⁸



En el caso de Colombia, durante los últimos años, el sector de la industria extractiva ha tenido un papel de gran importancia dentro del conjunto de la economía, la más importante de estas industrias, sin duda alguna, es la petrolera. De hecho, la importancia del sector es tal, que parte importante de la financiación estatal depende de los dividendos e impuestos dados por Ecopetrol. Sin embargo, a pesar de los grandes avances en este campo, la inestabilidad de los precios del petróleo y la incapacidad para encontrar nuevas reservas, ensombrecen el futuro de este vital sector de la economía nacional. Aunque, por lo menos desde mediados del decenio pasado, la producción petrolera en Colombia inició una gran expansión. En 2005 la producción de crudo nacional sobrepasaba a penas el medio millón de barriles diarios, pero para finales del 2013 dicha

38 BP (2020). *Statistical Review of World Energy* [pp. 14-18]; Jacobs, T. (2019, abril 16). Ghawar vs. Permian Basin: Is There Even a Comparison?. *Journal of Petroleum Technology*.

producción había pasado a rondar el millón de barriles cada día; durante los últimos 10 años, la producción se estabilizó en esa cifra. En cuanto al consumo, este crecimiento fue bastante más reducido, pasando de 230 mil barriles al día en 2005 a 297 mil en 2013, por lo que la exportación de este recurso ha sido muy importante para el país. Aunque en el campo de las reservas el panorama es menos esperanzador, así en 1993 estas se situaban en unos tres mil 200 millones de barriles y para 2012 se habían reducido a dos mil 200 millones. La situación se torna más compleja, dado que todas las alternativas a los no convencionales en industria extractiva requieren una alta inversión y unos precios relativamente altos de los recursos para que el margen entre gastos e ingresos resulten en ganancias, por no hablar de sus efectos medioambientales que no están del todo claros. Colombia ocupa un puesto muy modesto en cuanto a reservas con uno de cada 1000 barriles del total, aunque su producción es menos modesta y está muy cerca a 1 de cada 100 barriles producidos en el mundo. Esto se traduce en que Colombia tiene reservas probadas para menos de 10 años. De hecho, por cada año que con la actual producción alcanzarían las reservas de Colombia: Brasil, EEUU, Argentina, Noruega, tienen 2; Perú tiene 3; Rusia y Qatar tienen 6; Canadá 9, Arabia Saudí y Emiratos 11, entre otros.³⁹

- **4.2.3.2.** Una cantidad importante del control sobre el mercado internacional de petróleo, del que Colombia dependerá, se encuentra en países lejanos con diferencias institucionales, organizacionales y de intereses importantes. Factores que crean un problema estratégico de seguridad nacional.

Finalizando la primera mitad del siglo XX, cuando los británicos ya habían asegurado el control sobre los campos de Juzestán y Basora, la Standard Oil de California llegó a Arabia Saudí, un reino nuevo que vivía en un mundo de tribus nómadas pastoriles, quienes jugaron un rol central en la conquista del país, junto a unos pequeños y desperdigados centros urbanos, debido a las agrestes condiciones medioambientales del territorio. En 1933 se fundó la *Arabian American Oil Company* (Aramco), uno de los hechos más simbólicos una de las alianzas más peculiares del mundo contemporáneo, a la que se podría sumar aquella en Irán tras el golpe de 1953. La riqueza provista por la explotación del petróleo permitió a los países del Golfo invertir cantidades importantes de dinero en diversos procesos de modernización que, en algunos casos, han logrado transformaciones radicales: adquiriendo las armas más modernas, la mejor educación para sus elites y una arquitectura en frontera tecnológica, sobre todo en la parte occidental del Golfo. Sin embargo, dicho empoderamiento necesariamente reacomodó la balanza de poder y llevó a los países más exitosos a actuar de manera más independiente a la de su principal aliado externo. Estos países han llegado a usar su poder de mercado sobre el petróleo para conseguir fines tanto políticos como

39 BP (2020). *Statistical Review of World Energy* [pp. 14-18]; Pricewaterhouse Coopers (2014). *Colombia Oil & Gas Industry*; OPEC (2015, abril 16). *Monthly Oil Market Report*; Perkins, R. (2014, diciembre). “Colombia’s Oil Boom Stalls”. En Bowles, A. (Ed.), *Global Energy Outlook 2015* (pp. 48-53). Denver (CO), EEUU: Insight.

económicos. En los años 70, la molestia de los países del Golfo con la política exterior de su aliado más importante respecto de los conflictos en el Levante llevó a los principales productos de la región a boicotear el suministro a gran parte del mundo al tiempo que una ola de nacionalizaciones en la industria sacudió la región.⁴⁰ La estrategia causó carestía del petróleo, cuyo precio se multiplicó por cuadro, al rededor del mundo. Algunos años después del embargo de 1973, Richard Nixon, en un capítulo que sugestivamente tituló “la yugular del petróleo” (*The oil jugular*), relató de manera breve y acertada la situación de los países que se ven sometidos al mercado internacional del petróleo:

“Fue hecho transparentemente claro que las economías de Europa Occidental y Japón podrían ser devastadas casi tan completamente por un corte del suministro de petróleo como lo podrían ser por un ataque nuclear. Se volvió embarazosamente obvio que los países consumidores se habían vuelto tan dependiente de la OPEP—y los gobiernos de la OPEP habían asumido una posición tan dominante en las decisiones sobre petróleo— que en el corto plazo, por lo menos, Occidente era virtualmente indefensa frente a cualquier demanda que esos gobiernos decidieran hacer [...] Lo mejor que podían hacer las naciones occidentales era tratar de persuadir a las naciones productoras que sus propios intereses a largo plazo se encontraban atados a aquellos de Occidente: que si esas naciones destrozaban las economías occidentales, o destruían el dólar, o debilitaban a Occidente tanto que podría no ser capaz de proteger sus intereses como los de ellos, entonces esas acciones sería, en últimas, autodestructivas [...] Occidente había descubierto su talón de Aquiles. El petróleo, tan barato de producir y tan versátil para usar, había reemplazado tan profundamente otras fuentes de energía que las economías industriales se habían vuelto dependientes de él; y ahora las fuentes del petróleo no eran seguras por más tiempo [...] a medida que las empresas en Occidente se apagaban, que las filas aumentaban en las estaciones de gasolina de Estados Unidos y que los precios aumentaban en todo el mundo, la mayoría vio el problema como algo primordialmente económico. Aunque, el impacto económico fue serio no fue, sin embargo, por ningún medio la totalidad de él.”⁴¹

40 Hinnebusch, R. (2003). *The international politics of the Middle East*. Manchester, Reino Unido: Manchester University Press [pp. 36-45]; Shafiee, K. (2018). *Machineries of oil: an infrastructural history of BP in Iran*. Cambridge (MA), EEUU: The MIT Press [p. 4-7, 49-52].

41 Nixon, R. (1980). *The real war*. Nueva York (NY), EEUU: Warner [p. 81]. Traducción propia de: “*It was made transparently clear that the economies of Western Europe and Japan could be devastated almost as completely by an oil cutoff as they could be by a nuclear attack. It became embarrassingly obvious that the consuming countries had become so dependent on OPEC—and the OPEC governments had assumed so commanding a position in oil decisions—that in the short run, at least, the West was virtually helpless in the face of whatever demands those governments might choose to make [...] The best the Western nations could do was try to persuade the producing nations that their own long-term interests were tied up with those of the West; that if their actions wrecked the Western economies, or destroyed the dollar, or so weakened the West that it could no longer protect*”

Así que al recordar las cifras sobre reservas y producción es claro que el principal campo batalla continua en el Medio Oriente, específicamente hacia el Golfo, donde los regímenes más poderosos luchan guerras de baja intensidad en el occidente de Asia y el norte de África, situaciones que aumentan la volatilidad del precio. Por las estructuras políticas de dichos Estados, la mayor parte de esas dinámicas, por lo menos a corto y medio plazo, continuaran, también influenciadas por el contexto internacional.⁴² La realidad del mercado del petróleo es que un grupo más bien pequeño de Estados autoritarios domina en los exportadores. Esto suele significar que las industrias de esos países siguen, por sobre cualquier cosa, los intereses estratégicos de las pequeñas elites que los gobiernan, por eso es que también deciden con facilidad embarcarse en sendas operaciones militares por toda la región. De esta manera, frente a la situación frágil del país en relación con su suministro de petróleo, esencial para la sociedad actual, tener en cuenta que Colombia más temprano que tarde está condenada a adquirir la mayor parte de su futuro petróleo de otros países por intermedio del mercado internacional, por lo que es un imperativo que el uso del petróleo tenga el uso más útil y eficiente posible; de lo contrario, la dependencia y su profundidad en un mercado de un bien estratégico, tal vez el más importante de nuestra época, generará importantes riesgos.

4.2.4. El desarrollo automotriz en el sector de híbridos, eléctricos y celdas de combustible es el futuro de la industria, con amplias relaciones con otros sectores estratégicos para el desarrollo económico y social en la Cuarta Revolución Industrial, y el Estado colombiano, aprovechando que el reducido tamaño del sector minimiza el costo al erario debe darle un tratamiento similar al de industria infante.

Es importante que el Estado, tanto el Gobierno como el Congreso, reconozca que el desarrollo automotriz, como suele ocurrir con los procesos de transporte, será un pilar de la presente revolución industrial y que, por ello, resulta esencial fomentar dinámicas que permitan al país adaptarse de la mejor manera posible a estos cambios, en especial cuando pueden representar ventajas desde el punto de vista de la eficiencia, la utilidad y el medio ambiente, como se explicó en los numerales 4.2.1 y 4.2.2. Es más, el Estado colombiano tiene el deber de hacer cuanto esté en sus manos para facilitar la transición, que es como se aprecia en el numeral 4.2.3 un motivo de

their interests as well as its own, then those actions would be ultimately self-defeating [...] the West had discovered its Achilles' heel. Oil, being so cheap to produce and so versatile to use, had so widely re-placed other energy sources that the industrial economies had become dependent on it; and now the sources of oil were no longer secure [...] as factories went dark in Europe, as lines lengthened at gas stations in America. and as prices soared worldwide, most people saw the problem as primarily an economic one. Although the economic impact was serious, however, this was by no means the whole of it."

42 Amnesty International (2015). "Nowhere Safe for Civilians": Airstrikes and Ground Attacks in Yemen; Chivers, C. J. & Schmitt, E. (2013, febrero 25). "Saudis Step Up Help for Rebels in Syria With Croatian Arms". *The New York Times*; Conflict Armament Research (2014, septiembre). *Dispatch from the Field: Islamic State Weapons in Iraq and Syria. Analysis of Weapons and Ammunition Captured from Islamic State Forces in Iraq and Syria.*

seguridad nacional, por el simple efecto revolucionario que esta tecnología tendrá en el transporte de este siglo. Recordando que:

“El transporte tiene repercusiones directas e indirectas en la reducción de la pobreza. Por ejemplo, incrementa la eficiencia a través de una más estratégica localización de los recursos, así como también permite la generación directa de empleo, logrando una mayor posibilidad de acceso a la educación y demás servicios sociales.”⁴³

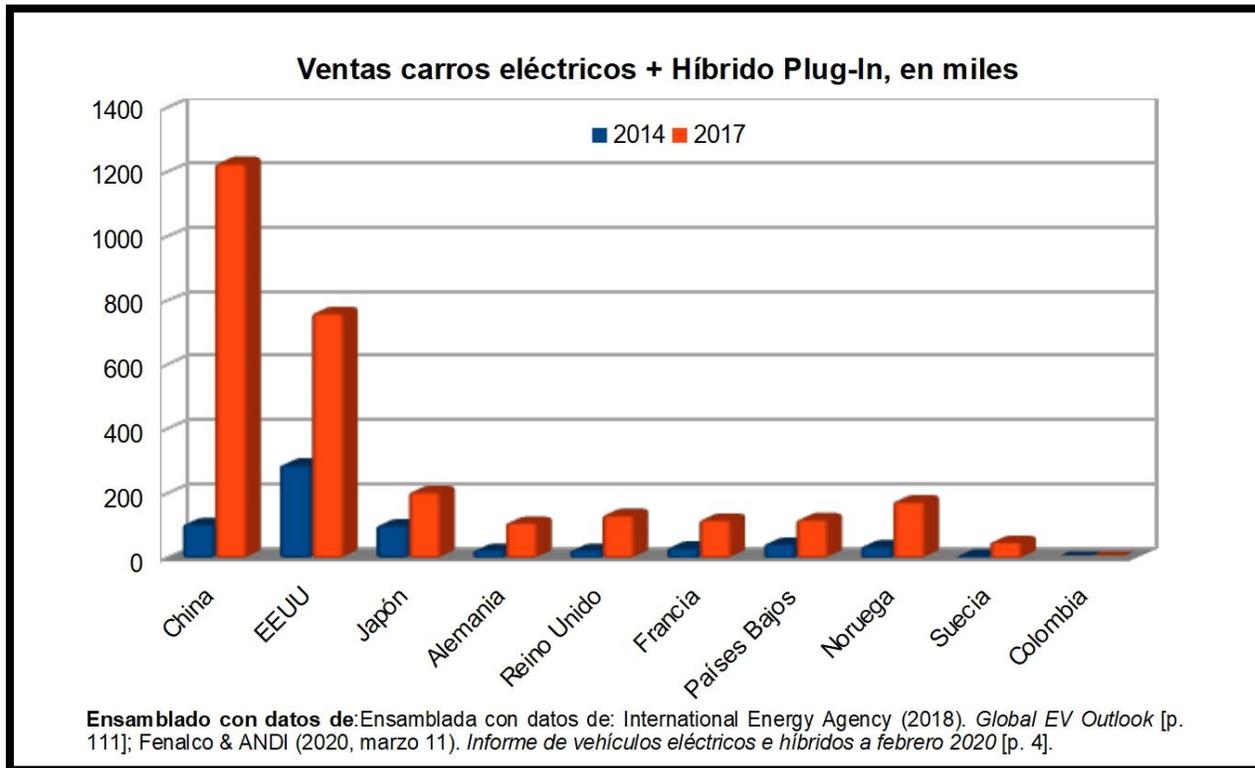
La tecnología del sector transporte, aquella destinada a la movilidad de bienes y personas, ha sido siempre un frente prominente de todas las grandes revoluciones tecnológicas y sociales de la especie humana. La irrupción de la historia y la edad del bronce habría dependió con fuerza de la domesticación del caballo, de hecho, los primeros humanos que lo domesticaron adquirieron tal ventaja que su lengua es una de las bases de los idiomas hablados por la mitad de los humanos modernos, gracias a que usaron sus ventajas de movilidad para, literalmente, colonizar la mitad de Eurasia. La primera época de los descubrimientos y expansión comercial se dio gracias a innovaciones que crearon sistemáticamente las primeras naves de aguas azules. La primera revolución industrial se construyó sobre la explosión de canales y sistema férreos de tracción animal además de rupestres motores de vapor. La segunda revolución industrial se consolidó gracias a las mejores en los motores de vapor, que permitieron la irrupción de navíos de tamaños, velocidades y habilidades nunca vistas, además de la explosión del sistema férreos de locomotoras de vapor. La tercera revolución industrial vio la llegada y consolidación de los autos de combustión interna y el dominio de ese motor, superior técnicamente al de vapor, que se adueñó de barcos y locomotoras, además de los vuelos en modalidad más pesado que el aire. La cuarta revolución industrial, que corresponde a la coyuntura en que nos encontramos, pasa por el debilitamiento de los ineficientes motores de combustión interna y su reemplazo por los sistemas eléctricos e híbridos, que mitigan las externalidades negativas en forma de polución y desperdicio de energía que son impajaritables en los actuales autos. En el caso de los híbridos, incluso si a priori se podría considerar que deberían ser ignorados en favor de los eléctricos porque no eliminan del todo los problemas de los motores cilios de calor, no solo, como ya se ha visto en el numeral 4.2.1.3, estos son más eficientes y amigables con el medio ambiente, sino que estos jugarán un rol prominente en el desarrollo y expansión del conocimiento requerido para hacer la transición hacia medios de transporte terrestres completamente eléctricos, en especial para países que no se encuentran en frontera tecnológica, como es el caso de Colombia. De esta manera:

“En relación con los países en desarrollo, se debe hacer énfasis que los componentes, particularmente las baterías, serán cruciales en el desarrollo de vehículos eléctricos en general, incluyendo vehículos híbridos y de células de combustible, y en consecuencia la relación con los

43 Pérez, G. (2005, octubre). *La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia*. Banco de la República [pp. 3].

proveedores se convertirá en mucho más importante que produciendo vehículos convencionales de gasolina. Distinto de los vehículos convencionales, los híbridos dependen de baterías, motores, inversores y sistemas de control, y por lo tanto nuevos tipos de conocimiento en tecnologías eléctricas y electrónicas son requeridos para producir vehículos híbridos. Mientras la proporción de componentes electrónicos en vehículos es ahora aproximadamente 20-30 por ciento en términos monetarios, se espera que aumente al 50-60 por ciento a medida que las tecnologías electrónicas son más usadas para los sistemas de propulsión en vehículos híbridos (Okubo, 2006). Los productores de carros están ahora tratando de desarrollar tecnologías “*drive-by-wire*”, en las cuales la mecánica de los automóviles es enteramente contralada electrónicamente. Con esto, el software integrado se volverá mucho más complicado en el control de sistemas y esto es algo que requiere coordinación cercana con proveedores externos (Yarime and Baba, 2005) [...] Por lo tanto, los autores argumentan que es deseable para países en vías de desarrollo que entren en la producción de híbridos como oportunidad de aprendizaje, a pesar de estos pueden enfrentar más dificultades entrando en este sector que produciendo vehículos convencionales, debido a que el nivel de conocimiento requerido es mayor y abarca mayor extensión. Lo que es críticamente importante es encontrar un buen proveedor de componentes y establecer una relación de colaboración cercana con ellos para aprender y acumular conocimiento sobre nuevas series de experiencias. Una experiencia rica de trabajo en vehículos híbridos también será valiosa en producir híbridos *plug-in*, que podrían prevalecer en el futuro cercano porque no requieren la costosa infraestructura del hidrogeno, incluso si los vehículos de células de combustible son el nivel superior de vehículos limpios en el largo plazo.”⁴⁴

44 Masaru, Y., Hideaki, S. & Yusuke, K. (2008). The strategies of the Japanese auto industry in developing hybrid and fuel-cell vehicles. En Mytelka, L. K. & Boyke, G. (Eds.). *Making choices about hydrogen: transport issues for developing countries*. Tokio, Japón: United Nations University & International Development Research Centre [pp. 209-210]. Traducción propia de: “*In relation to developing countries, it should be emphasized that components, particularly batteries, will be crucial in developing electric vehicles in general, including hybrids as well as fuel-cell vehicles, and accordingly the relationship with suppliers will become much more important than in producing conventional gasoline vehicles. Distinct from conventional vehicles, hybrids depend on batteries, motors, inverters and control systems, and thus new types of knowledge on electric and electronic technologies are required in producing hybrid vehicles. While the proportion of electronic components in a vehicle is now approximately 20–30 per cent on a monetary basis, it is expected to increase to 50–60 per cent as electronic technologies are increasingly used for power-trains in hybrid vehicles (Okubo, 2006). Auto makers are now trying to develop “drive-by-wire” technologies, in which the mechanics of automobiles are entirely controlled electronically. Along with that, embedded software will become much more complicated in control systems, and this also requires close coordination with outside suppliers (Yarime and Baba, 2005) [...] Therefore, the authors argue that it is desirable for developing countries to get into the production of hybrids as learning opportunities, although they might face more difficulties in entering this sector than in the case of producing conventional gasoline vehicles, as the level of required knowledge is higher and its scope more extensive. What is critically important is to find good suppliers of components and to establish a close collaboration with them for learning and accumulating knowledge on new sets of expertise. Rich experience of working on hybrid vehicles will also be*



De esta manera, el objeto de este proyecto de ley es un paso adelante, no solo desde la perspectiva del acceso a este tipo de medios de transporte, sino desde la capacidad de generar riqueza económica y social mediante la adquisición de estos conocimientos, no solo en el campo automotriz sino también de la electrónica, la informática, la mecánica y la química. Acá, de hecho, vale recalcar algunos de los puntos tratados en el numeral 4.1.1, un mecánico marginal puede usar sus conocimientos sobre un motor que en principio ni siquiera era útil para autos y buena parte de los grandes nombres de mundo de las bicicletas construyeron lo que sería la industria automotriz que por más de un siglo ha sido, de manera revolucionaria, uno de los medios de transporte más importantes. Dicha adquisición de conocimiento requiere de gran esfuerzo y la actividad tiene un carácter progresivo, así que entre mayor es el retraso de la política de *catch up* en el Estado fuera de frontera tecnológica más difícil será lograr llegar a ella en ese sector, dado que el conocimiento se sigue desarrollando y adquiere cada vez más sofisticación y especialización haciendo aún más difícil la paridad, por ello es que resulta de vital importancia aprovechar la actual coyuntura, cuando este tipo de tecnologías de transporte ya se han consolidado desde la perspectiva

valuable in producing plug-in hybrids, which could prevail in the near future as they do not require the costly infrastructure of hydrogen, even if fuel-cell vehicles turn out to be the ultimate clean vehicles in the long run.”

tecnológica pero cuya extensión es baja y a la que relativamente pocos tienen acceso. Remarcando que el direccionamiento y ritmo de la adquisición de estos conocimientos suele estar relacionado con las acciones de los Gobiernos. Algunas medidas para concretar estas dinámicas pueden ser facilitando la importación de este tipo de bienes o, en general, abaratando los costos de la adquisición en alguna parte de la cadena, tanto de vehículos enteros como de sus partes, esto generará importantes incentivos para que aparezcan servicios de, por ejemplo, reparación, los cuales serán demandados cada vez más, y cuyos procesos permiten la adquisición y desarrollo de conocimiento sobre la batería de tecnologías que hacen posibles los autos alternativos a los propulsados por combustión interna. Tomando en cuenta:

“Como las economías de Europa continental y el Extremo Oriente han mostrado, desarrolladores tardíos pueden lograr *catch up* a través de su aprendizaje mediante el hacer, aproximación práctica, imitación y emulación, con políticas industriales activas y con un rol líder del Estado (Amsden, 1989, 2001; Amsden and Chu, 2003; Reinert, 2009; Wade, 1990). También hay un corriente de literatura que vincula el *catch-up* y el desarrollo económico con el desarrollo de capacidades tecnológicas, educación e innovación (Abramovitz, 1986; Lall, 1996; Nelson, 1996; Kim and Nelson, 2000) [...] El aprendizaje también requiera hacer decisiones estratégicas y mantener un ojo en el futuro, yendo más allá del aprendizaje mediante el hacer y en algunas ocasiones mediante la *pídola*. La experiencia muestra que el nexo entre aprendizaje y *catch up* está influenciado por decisiones estratégicas, acciones de política pública y el ambiente económico general, así que el Estado es un agente clave del aprendizaje y el *catch up* (Mazzucato, 2011, 2018).”⁴⁵

45 Oqubay, A. & Ohno, K. (2019). Technological Learning, Industrial Policy, and Catch-up. En Oqubay, A. & Ohno, K. (Eds.). *How Nations Learn Technological: Learning, Industrial Policy, and Catch-up*. Oxford, RU: Oxford University Press [pp. 4-5]. Traducción propia de: “As continental European and East Asian economies have shown, late developers can catch up through learning by doing, pragmatic approach, imitation and emulation, with active industrial policies and a leading role for the state (Amsden, 1989, 2001; Amsden and Chu, 2003; Reinert, 2009; Wade, 1990). There is also a stream of literature that links catch-up and economic development with the development of technological capabilities, learning, and innovation (Abramovitz, 1986; Lall, 1996; Nelson, 1996; Kim and Nelson, 2000) [...] Learning also requires making strategic choices and keeping an eye on the future, going beyond learning by doing, and in some cases leapfrogging. Experience shows that the nexus between learning and catch-up is influenced by strategic choices, policy actions, and the broad economic environment, so the state is a key agent of learning and catch-up (Mazzucato, 2011, 2018).”

Ventas de autos, 2014-2019			
Año	Motores de combustión interna (MCI)	Híbridos+E eléctricos	MCI por cada no MCI
2014	326,100	244	1,337
2015	283,109	271	1,046
2016	253,423	275	923
2017	238,040	198	1,203
2018	255,125	929	276
2019	256,381	3,135	83
Promedio	268,696	842	811
Con datos de: DANE (2020, septiembre). <i>Encuesta Mensual de Comercio - EMC 1.4. Serie Unidades vendidas de vehículos automotores</i> ; Fenalco & ANDI (2019, marzo). <i>Informe del sector automotor</i> [p. 5]; Fenalco & ANDI (2020, marzo 11). <i>Informe de vehículos eléctricos e híbridos a febrero 2020</i> [p. 4]			

Por estas razones, es importante que el Estado colombiano dé un tratamiento de industria infante al sector automotriz de propulsión alternativas a la combustión interna. En el marco de una industria infante, se puede argumentar que un país en vía de desarrollo posee una ventaja comparativa en el sector de las manufacturas; sin embargo, desarrollar nuevos sectores industriales requiere de grandes cantidades de capital, en sus diversas formas, así que para lograr el *catch up* es necesario no dejar la materia, únicamente, a las fuerzas de mercado. Aunque en este caso, resulta más importante el factor de la apropiabilidad que el del fallo de mercado en sentido estricto. Las industrias infantiles generan, a medida que se desarrollan, diversas formas de capital, como financiero, físico, humano o social, que producen mayor riqueza y valor agregado, buena parte de las cuales son, en realidad, externalidades positivas, por lo que el mercado suele ser defectuoso para retribuir e incentivarlas. De esta manera, por problemas de apropiabilidad, quienes innovan en estos sectores suelen incurrir en gastos para adaptar el entorno, que pueden generar grandes beneficios sociales, pero que pocos están dispuestos a incurrir porque no proveerán retornos claros a quienes los implementen. Una de las maneras en que se puede paliar ese problema es mediante un esquema tributario sencillo que abarate los costos para quienes pertenezcan al sector. En este caso, es importante tener en cuenta que este sector es pequeño y, aunque se espera que las tasas de crecimiento de este sean importantes, la realidad es que con las actuales cifras el motor de

combustión interna superará la primera mitad de este siglo como el medio de propulsión predilecto de la humanidad. Al fin y al cabo, buena parte de las regulaciones ambientales más estrictas suelen ser replanteadas algunos años después de su implementación, normalmente, mediante el reajuste de cronogramas.⁴⁶

Parque automotor, marzo 2019		
Total		14,671,694
Eléctricos		
Total		5,425
Autos, buses, busetas y camiones	Ciclomotores	Motos
2,257	1,794	1,374
Principales lugares de registro		
Antioquia	Bogotá	Cundinamarca
1329	1146	1067
Valle	Bolívar	Santander
743	236	198
Ratio MCI por no MCI		
Total		2,703
<small>Con datos de: RUNT (2019). <i>Parque automotor vehículos eléctricos matriculados por departamento</i>; RUNT (2019, abril 9). <i>Boletín de Prensa 003 de 2019 Mercado de eléctricos en aumento.</i></small>		

En el caso de Colombia, hay que tener en cuenta que, para marzo de 2019, el parque automotor del país contaba con un poco más de 14.5 millones de unidades. Las unidades eléctricas fueron alrededor de 5500, de las cuales 2257 correspondían a autos, buses, busetas y camiones; mientras que unos 3200 eran motos y ciclomotores. Cifras modestas, comparadas con los líderes internacionales en la materia. Concentrados en un 75%, en Antioquia, Bogotá, Cundinamarca,

46 Gallman, P. G. (2011). *Green Alternatives and National Energy Strategy: The Facts Behind the Headlines*. Baltimore (MD), EEUU: Johns Hopkins University Press [pp. 45-46]; Krugman, P. R. & Obstfeld, M. (2003). *International Economy: Theory and Policy*. Boston (MA), EEUU: Pearson Education [pp. 256-258].

Valle, Bolívar y Santander. Solo un tercio de los departamentos tenían registrados más de 50 vehículos eléctricos. Lo que significa que, por cada vehículo eléctrico, en Colombia, había unos 2700 propulsados por motores de combustión interna. Por otro lado, la transición entre los vehículos de combustión interna sigue bastante limitada, con los carros híbridos y eléctricos constituyendo una fracción del mercado. Así, entre 2014 y 2019, en promedio, cada año, se vendieron menos de 850 unidades en un mercado donde se comercializaron de media unos 270 mil vehículos anuales. De hecho, por cada unidad híbrida o eléctrica comercializada, en promedio, se vendieron unas 800 de combustión interna; aunque esta cifra debería evolucionar con rapidez, para que se vendan la misma cantidad de unidades alternativas a la combustión como de combustión, *ceteris paribus*, la demanda de 2019 debe crecer 5500%, una proporción que difícilmente se logrará en el corto plazo, y aquello, en realidad, no puede ser tomado como una verdadera transición, en cuanto ya hay varios millones de unidades de combustión interna y el crecimiento mencionado solo bastaría para poner los nuevos autos 1:1.⁴⁷ Así se ha estimado que “2025, se comercializarán en Colombia alrededor de 2,800 unidades híbridas (incluyendo PHEV), y 2,700 vehículos eléctricos, para un total de 5,500 unidades, lo que representa una penetración de 1.6% del mercado total.”⁴⁸

4.3. Aspectos jurídicos

4.3.1. Aspectos nacionales

El senador Aguilar argumenta que:

“La protección del medio ambiente es un derecho colectivo consagrado en la Constitución Política de Colombia en sus artículos 8, 79, 80 y 95, los cuales se transcriben a continuación:

“ARTICULO 8o. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación”.

47 DANE (2020, septiembre). *Encuesta Mensual de Comercio - EMC 1.4. Serie Unidades vendidas de vehículos automotores*; Fenalco & ANDI (2019, marzo). *Informe del sector automotor* [p. 5]; Fenalco & ANDI (2020, marzo 11). *Informe de vehículos eléctricos e híbridos a febrero 2020* [p. 4]; RUNT (2019). *Parque automotor vehículos eléctricos matriculados por departamento*; RUNT (2019, abril 9). *Boletín de Prensa 003 de 2019 Mercado de eléctricos en aumento*.

48 Isla, L. et al. (2019, marzo). *Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo [p. 57].

“ARTICULO 79. 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”.

“ARTICULO 80. 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”.

“ARTICULO 95. La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución implica responsabilidades.

“Toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las leyes.

“Son deberes de la persona y del ciudadano:

(...)

“8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano;”⁴⁹.

(...)

Además, la Ley 472 de 1998, *“por la cual se desarrolla el artículo 88 de la Constitución Política de Colombia en relación con el ejercicio de las acciones populares y de grupo y se dictan otras disposiciones”*, determina que el goce de un ambiente sano es un derecho e interés colectivo,

49 Constitución Política de Colombia. 1991.

susceptible de las acciones orientadas a garantizar la defensa y protección de los derechos e intereses colectivos, así como los de grupo o de un número plural de personas.

Es deber del Estado colombiano propender por un medio ambiente sano, procurar que quienes habitan el territorio puedan gozar de los recursos naturales de manera sostenible, propendiendo por su conservación para futuras generaciones, así mismo, las personas tienen la obligación de proteger las riquezas naturales de la Nación. La Corte Constitucional, como salvaguarda de la Constitución y de los derechos de los colombianos, en Sentencia C- 431 de 2000, se pronunció frente a este tema, en los siguientes términos: “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”⁵⁰.

En la Sentencia C - 032 de 2019, el Alto Tribunal destaca que, “de conformidad con el mencionado artículo 79 de la Constitución, la protección del medio ambiente se enmarca en tres obligaciones concretas para el Estado. La primera, de carácter general, que establece el deber de proteger la diversidad e integridad del medio ambiente. La segunda y la tercera, a su turno, son de carácter específico, en tanto que establecen deberes de: (i) conservar las áreas de especial importancia ecológica; y (ii) fomentar la educación para el logro de los precitados fines. La jurisprudencia ha precisado que el alcance de estos compromisos se concreta en obligaciones para el Estado 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”⁵¹.

Dicha obligación de velar por la protección del medio ambiente en cabeza del Estado, establece deberes correlativos como proteger su diversidad e integridad, salvaguardar las riquezas culturales de la Nación, conservar las áreas de importancia ecológica, fomentar la educación ambiental,

50 Corte Constitucional. Sentencia C – 431 de 2000. Magistrado Ponente: Vladimiro Naranjo Mesa. 2000. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2000/c-431-00.htm>

51 Corte Constitucional. Sentencia C- 032 de 2019. Magistrado Ponente: Gloria Stella Ortiz Delgado. 2019. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2019/C-032-19.htm>

planificar el manejo del medio ambiente, prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, entre otros⁵².

En la agenda política actual es prioridad el tema medio ambiental, el Estado a través de sus dignatarios ha asumido compromisos con este tema; tales como, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el número once que vela por las ciudades sostenibles y especialmente por la importancia de tener aire limpio en ellas. También, el Acuerdo de París, cuyo compromiso principal es la reducción de emisiones, entre otros.

De igual manera, en el nivel nacional, se han adquirido compromisos liderados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible⁵³. El Gobierno, en cabeza de la cartera de Ambiente diseñó una hoja de ruta con el fin de materializar el derecho a un medio ambiente sano y contribuir con los compromisos internacionales en esta materia. La referida hoja de ruta consta de: el establecimiento de la Política Nacional de Cambio Climático, el Sistema Nacional de Cambio Climático e instrumentos económicos como el impuesto al carbono y sus mecanismos de carbono neutral, entre otros.

La necesidad de impulsar y promover la venta y comercialización de los vehículos híbridos en Colombia, surge de la problemática medioambiental que enfrenta el país. La realidad de la calidad del aire no representa el derecho de los colombianos a un aire limpio. Las ciudades principales han presentado niveles altos de contaminación que se comparan con los niveles de las ciudades más industrializadas y contaminadas del mundo. La Resolución 2254 de 2017, del Ministerio de Ambiente, fija los elementos básicos de la calidad del aire, el plan de contingencia para mitigar los efectos de la contaminación y los límites de contaminación⁵⁴.

La masificación de los vehículos eléctricos e híbridos está dentro de los intereses de la política medioambiental del Gobierno, tan es así que el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, destaca la importancia de la protección del medio ambiente, con: la creación del Consejo contra la deforestación y otros crímenes y más recursos económicos para las Corporaciones Autónomas

52 Corte Constitucional. Sentencia C – 123 de 2014. Magistrado Ponente: Alberto Rojas Ríos. 2014. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2014/c-123-14.htm>

53 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Hoy Colombia está más preparada frente a la lucha contra el cambio climático*. 2019. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/3805-hoy-colombia-esta-mas-preparada-frente-a-lucha-contr-el-cambio-climatico>

54 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Resolución 2204 de 2017 “Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones”*. 2017. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf>

Regionales. El año pasado se sancionó la Ley 1964 del 2019 que favorece la comercialización de los vehículos eléctricos otorgándoles incentivos a sus compradores. Esta misma medida se buscará implementar con los vehículos híbridos, para que mediante incentivos se incrementen las compras de este tipo de vehículos. En esta iniciativa, que hoy se somete a consideración del Congreso, se plantea una modificación tributaria, en la que a los vehículos híbridos se le excluye del 5% del IVA y se incluyen en la lista de artículos exentos del mismo según el Estatuto Tributario⁵⁵. Tal modificación propuesta no es más que una decisión política y económica, que además favorecerá la comercialización de vehículos híbridos en el país.”⁵⁶

5. Conclusiones

- Los medios de transporte terrestre propulsados por motores de combustión interna han dominado el último siglo del transporte gracias a las ventajas que los motores cíclicos de calor, sobre todo los de gasolina, han gozado. Como puede verse en el numeral 4.1.1.
- En los últimos años, medios de transportes alternativos a los propulsados por motores de combustión interna, como distintos tipos de autos eléctricos e híbridos, han sufrido una considerable expansión de su mercado, incluso en Colombia. Como puede verse en los numerales 4.1.2 y 4.2.4.
- El petróleo es un recurso no renovable cuya disponibilidad no conviene dar por hecho, en cuanto su rol es de vital importancia dentro de las dinámicas cotidianas de la humanidad. Rol en el que resulta tener aún menos substitutos que como medio de energía en el área del transporte terrestre. Como puede verse en el numeral 4.2.1.1.
- A pesar de su uso amplió como fuente esencial de combustible para el transporte terrestre, el uso de motores de combustión interna se encuentra sometido a pérdidas de energía estructural bastante altas como contraprestación a la capacidad de generar trabajo. Como puede verse en el numeral 4.2.1.2.

55 Presidente de la República. *Decreto 624 de 1989, "Por el cual se expide el Estatuto Tributario de los Impuestos Administrados por la Dirección General de Impuestos Nacionales"*. 1989. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/estatuto_tributario.html

56 Aguilar, R. (2020, julio 20). Proyecto de ley 170 de 2020, Cámara: “por medio de la cual se incentiva la movilidad híbrida en todo el territorio nacional y se dictan otras disposiciones”. Bogotá, Colombia: Cámara de Representantes (Formato Word) [pp. 6-10].

- El uso de motores eléctricos, cuyas dinámicas de generación de trabajo no están sometidas a las dos primeras leyes de la termodinámica ni al límite de Carnot, permite transformar de manera mucho más eficiente su fuente de energía en trabajo. Como puede verse en el numeral 4.2.1.3.
- El uso de combustión para el transporte terrestre también significa que cantidades importantes de polución, especialmente en forma de gases de efecto invernadero y de material particulado, se emiten como parte de los procesos termodinámicos necesarios para la producción de trabajo con combustión. Como puede verse en el numeral 4.2.2.1.
- La producción de trabajo mediante los motores eléctricos suele no generar polución primaria; en el caso de los híbridos, aunque hay motor o generador de combustión interna, estos suelen ser bastante menos potentes que los de sus equivalentes que solo funcionan con motor de combustión interna, además sus dinámicas de funcionamiento tienen diferencias fácticas que hacen a los híbridos una buena opción. Como puede verse en el numeral 4.2.2.2.
- La importancia del petróleo hace de este un recurso estratégico cuya explotación debería seguir normas de eficiencia, debido a la importancia de este recurso no renovable como parte de la seguridad energética y la seguridad nacional. Sin embargo, Colombia no tiene una posición favorable en el área. Como puede verse en el numeral 4.2.3.
- Como en todos los contextos de revoluciones tecnológicas, el transporte resultará tener un rol protagónico en la Cuarta Revolución Industrial, en especial, los carros eléctricos y los híbridos serán parte prominente de esta, con mercados altamente especializados donde cada vez mayor conocimiento será necesario para comprender la química, mecánica, informática y electrónica de los autos. Como puede verse en el numeral 4.2.4.
- Los híbridos, como un intermedio entre los tradicionales carros de combustión interna y las opciones eléctricas más recientes, resultan ser un buen punto de partida para la adquisición de conocimiento y tecnología que podría facilitar procesos de *catch-up*. En especial, porque el limitado tamaño del sector permite hacerlo con bajo costo fiscal. Como puede verse en los numerales 4.2.1.2, 4.2.1.3 y 4.2.4.
- A pesar de las grandes tasas de crecimiento de este mercado, los vehículos eléctricos e híbridos en Colombia son pocos, con uno por cada 2700 vehículos de combustión interna en el parque automotor, y la posición del país parece alejarse más de los líderes del sector. Además, las ventas, entre 2014 y 2019, de media fueron de menos de mil autos anuales en un mercado de un cuarto de millón de unidades. Como puede verse en el numeral 4.2.4.

6. Modificaciones hechas en comisión

En Comisión Sexta se aprobaron proposiciones presentadas por la Representante María José Pizarro y el Representante Milton Angulo.

Artículo	Autor	Avalada / No avalada
Título	<p>MARÍA JOSÉ. Agrega una palabra el título.</p> <p>“Proyecto de Ley No. 170 de 2020 Cámara, “por medio de la cual se incentiva la movilidad eléctrica e híbrida en todo el territorio nacional y se dictan otras disposiciones”</p>	Avalada
3	<p>MARÍA JOSÉ. Ajusta la definición de vehículo híbrido</p> <p><u>“Vehículo Híbrido: Es aquel que utiliza un motor eléctrico y otro de combustión, ambos conectados a las ruedas del vehículo, de tal manera que ambos le pueden transmitir la potencia al vehículo. Por ende, el vehículo híbrido puede funcionar con combustible o con energía eléctrica”.</u></p>	Avalada
5	<p>MARÍA JOSÉ. Ajuste de redacción y % de parqueaderos para los vehículos eléctricos o híbridos.</p> <p>“(…) deberán destinar un porcentaje mínimo del tres por ciento (3%) del total de plazas de parqueo habilitados, para el uso preferencial de vehículos eléctricos o híbridos.”</p> <p>MILTON ANGULO</p> <p><u>“(…) del total de plazas de parque habilitadas, para el uso de vehículos híbridos”</u></p>	Avalada

7. Proposición

Bajo las consideraciones expuestas, el ponente rinde ponencia positiva al proyecto de ley No. 170 de 2020 Cámara “*por medio de la cual se incentiva la movilidad híbrida en todo el territorio nacional y se dictan otras disposiciones*” sin modificaciones al texto aprobado por la Comisión Sexta de la Cámara de Representantes; y se solicita a la Plenaria de la Cámara de Representantes dar debate y aprobar el texto propuesto.

Atentamente,



CS Scanned with CamScanner

RODRIGO ROJAS LARA
Representante a la Cámara
Ponente

8. Texto propuesto para segundo debate

Proyecto de ley 170 de 2020 Cámara,

“Por medio de la cual se incentiva la movilidad híbrida en todo el territorio nacional y se dictan otras disposiciones”,

EL CONGRESO DE COLOMBIA,

DECRETA

Capítulo I. Disposiciones generales

Artículo 1. Objeto: La presente ley tiene como objeto incentivar la movilidad híbrida y de otros medios alternativos para el transporte terrestre en todo el territorio nacional.

Artículo 2. Modifíquese el artículo primero de la ley 1964 de 2019, para que quedé de la siguiente manera:

“Artículo 1. Objeto. La presente Ley tiene como objeto generar esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos, híbridos y de cero emisiones contaminantes.”

Artículo 3. Modifíquese el artículo segundo de la ley 1964 de 2019, para que quedé de la siguiente manera:

“Artículo 2. Definiciones. Para la interpretación y aplicación de la presente Ley, se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

Movilidad Sostenible: se entenderá por movilidad sostenible aquella que es capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, acceder, comunicarse, comercializar o establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos ecológicos básicos actuales o futuros. Es decir, debe incluir principios básicos de eficiencia, seguridad, equidad, bienestar (calidad de vida), competitividad y salud de conformidad a lo dispuesto por el World Business Council for Sustainable Development.

Vehículo eléctrico: un vehículo impulsado exclusivamente por uno o más motores eléctricos, que obtienen corriente de un sistema de almacenamiento de energía recargable, como baterías, u otros dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica, incluyendo celdas de combustible de hidrógeno o que obtienen la corriente a través de catenarias. Estos vehículos no cuentan con

motores de combustión interna o sistemas de generación eléctrica a bordo como medio para suministrar energía eléctrica.

Vehículo Híbrido: Es aquel que utiliza un motor eléctrico y otro de combustión, ambos conectados a las ruedas del vehículo, de tal manera que ambos le pueden transmitir la potencia al vehículo. Por ende, el vehículo híbrido puede funcionar con combustible o con energía eléctrica.

Vehículo de cero emisiones: vehículo automotor impulsado por cualquier tecnología de motorización que, en virtud de la generación de su energía para propulsión, no emite emisiones contaminantes al aire ni gases de efecto invernadero.

Estación de carga rápida: sistema que provee energía para la carga rápida de las baterías de vehículos eléctricos y que cuenta con una potencia de salida superior a 50 kilovatios.

Estación de carga lenta: equipo que provee energía para la carga lenta de baterías de vehículos eléctricos y que tiene una potencia de salida entre 7 kilovatios y 49 kilovatios.

Zona de Parquímetro: zonas debidamente demarcadas y señalizadas, destinadas para el estacionamiento de vehículos en las vías públicas, previo pago de una tasa de uso a la administración distrital o municipal.”

Artículo 4. Transporte público. Con el fin de procurar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en especial el número 11, será prioridad nacional la utilización de vehículos que utilicen la energía eléctrica para el transporte público, sean automóviles, buses, camiones, motocicletas o cualquier otro sistema de movilidad pública.

Artículo 5. Modifíquese el artículo séptimo de la ley 1964 de 2019, para que quedé de la siguiente manera:

“Las entidades públicas y los establecimientos comerciales que ofrezcan al público sitios de parqueo, en los municipios de categoría especial y los de primera y segunda categoría de acuerdo con lo establecido en la Ley 617 de 2000, deberán destinar un porcentaje mínimo del tres por ciento (3%) del total de plazas de parqueo habilitados, para el uso preferencial de vehículos eléctricos o híbridos.

El Gobierno nacional, a través del Ministerio de Transporte, dentro de los doce (12) meses siguientes a la entrada en vigencia de la presente Ley, deberá reglamentar vía decreto, la identificación de los parqueaderos preferenciales a los que se refiere el presente artículo, incluyendo un logotipo y color para los mismos.

En ningún caso, el inciso anterior podrá atentar contra las plazas de parqueo para personas de movilidad reducida que consagra la Ley 1287 de 2009 ni la prioridad a los cicloparqueaderos que contempla la Ley 1811 de 2016.”

Artículo 6. Adiciónese un artículo nuevo a la Ley 1964 de 2019, que diga:

“Tarifas especiales en parqueaderos. Las autoridades competentes para definir los precios del servicio de parqueo deberán tener en cuenta los beneficios sociales, ambientales y económicos que producen este tipo de tecnologías, y podrán definir tarifas especiales para el pago de parqueaderos públicos y privados para los vehículos híbridos y eléctricos.”

Artículo 7. Modifíquese el artículo cuarto de la ley 1964 de 2019, para que quede de la siguiente manera:

“Artículo 4. Descuentos sobre la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes y SOAT. Dentro de los seis meses (6) siguientes a la entrada en vigencia de la presente Ley, el Gobierno nacional, en cabeza del Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, reglamentará los lineamientos técnicos necesarios para la Revisión Técnico-Mecánica y de emisiones contaminantes en el caso de vehículos eléctricos; así mismo establecerán un descuento en el valor de la Revisión Técnico-Mecánica y de emisiones contaminantes consagrada en la Ley 1383 de 2010, a los vehículos eléctricos y de cero emisiones contaminantes. La tarifa de descuento se establecerá teniendo en cuenta que estos vehículos tienen un equipamiento tecnológico diferente y no generan emisiones de gases contaminantes.

Las compañías aseguradoras del sector financiero y cooperativo establecerán un descuento del diez (10%) en las primas de los seguros SOAT (Seguro Obligatorio de Accidente de Tránsito) de los vehículos eléctricos y a los de cero emisiones contaminantes y del cinco por ciento (5%) para los híbridos objeto de esta Ley.”

Artículo 8. Modifíquese el artículo quinto de la ley 1964 de 2019, para que quedé de la siguiente manera:

“Artículo 5. Incentivos al uso de vehículos eléctricos, híbridos y de cero emisiones otorgados por parte de las entidades territoriales.

Las entidades territoriales podrán desarrollar, promover y ofertar la adopción de esquemas de incentivos económicos para impulsar la movilidad eléctrica, híbrida y de cero emisiones a nivel territorial tales como, descuentos sobre el registro o impuesto vehicular o exenciones tributarias, de acuerdo con su aporte con la sostenibilidad ambiental, social y económica.”

Artículo 9. Modifíquese el artículo sexto de la ley 1964 de 2019, para que quedé de la siguiente manera:

“Artículo 6. Restricción a la circulación vehicular. Los vehículos eléctricos, híbridos y de cero emisiones estarán exentos de las medidas de restricción a la circulación vehicular en cualquiera de sus modalidades que la autoridad de tránsito local disponga (como: pico y placa, día sin carro, restricciones por materia ambiental, entre otras), excluyendo aquellas que se establezcan por razones de seguridad.”

Artículo 10. Adicionase un artículo nuevo a la ley 1964 de 2019, que quedará así:

“Pago de peajes. Los contratos de concesión para proyectos carreteros deberán contemplar como una de sus condiciones, el cobro de tarifas preferenciales para vehículos eléctricos, híbridos y de cero emisiones.

Parágrafo. El Ministerio de Transporte se encargará de fijar las pautas necesarias para dar cumplimiento a esta norma en un máximo de seis (6) meses después de la entrada en vigor de esta norma.”

Artículo 11. Modifíquese el artículo decimoprimer de la ley 1964 de 2019, para que quedé de la siguiente manera:

“Artículo 11. Obligación de importadores. Todas las empresas importadoras de vehículos eléctricos e híbridos deben garantizar el importe de autopartes y repuestos para los vehículos de estas características. Además, deberán garantizar la capacitación del personal encargado de realizar el mantenimiento.

El Gobierno nacional a través del Ministerio de Transporte y el Ministerio de Comercio reglamentarán la medida.”

Capítulo II. Aspectos tributarios

Artículo 12. Elimínese las nomenclaturas arancelarias andinas vigentes: 85.01, 85.07, 85.04, 87.02, 87.03, 87.04, 87.05, 87.06, 87.07, 87.11, 87.12, 90.31, 90.32, 96.19, del artículo 468-1 del Estatuto Tributario. De la siguiente manera:

~~85.01 Motores y generadores eléctricos para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas.~~

~~85.07 Acumuladores eléctricos, incluidos sus separadores, aunque sean cuadrados o rectangulares para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas.~~

~~85.04 Cargadores de baterías de vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas incluso aquellos que vienen incluidos en los vehículos, los de carga rápida (electrolíneas) y los de recarga domiciliaria.~~

~~85.04 Inversores de carga eléctrica para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables.~~

~~87.02 Vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para el transporte de 10 o más personas, incluido el conductor.~~

~~87.03 Vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables concebidos principalmente para el transporte de personas (excepto la partida 87.02), incluidos los vehículos de tipo familiar ("break" o station wagon) y los de carreras.~~

~~87.04 Vehículos automóviles eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para el transporte de mercancías.~~

~~87.05 Vehículos automóviles eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para usos especiales excepto los concebidos principalmente para el transporte de personas o mercancías.~~

~~87.06 Chasis de vehículos automotores eléctricos de las partidas 87.02 y 87.03, únicamente para los de transporte público.~~

~~87.07 Carrocerías de vehículos automotores eléctricos de las partidas 87.02 y 87.03, incluidas las cabinas, únicamente para los de transporte público.~~

~~87.11 <Partida modificada por el artículo 9 de la Ley 2010 de 2019. El nuevo texto es el siguiente:> Motocicletas eléctricas (incluidos los ciclomotores) cuyo valor exceda de 50 UVT.~~

~~87.12 <Partida modificada por el artículo 9 de la Ley 2010 de 2019. El nuevo texto es el siguiente:> Bicicletas y Bicicletas eléctricas (incluidos los triciclos de reparto) cuyo valor exceda de 50 UVT.~~

Artículo 13. Adiciónese las nomenclatura arancelarias andinas vigentes: 85.01, 85.07, 80.04, 87.02, 87.02.20.10.00, 87.02.30.10.00, 87.02.90.10.00, 87.02.40.90.90, 87.03, 87.03.40.10.00, 87.03.40.90.00, 87.03.50.10.00, 87.03.50.90.00, 87.03.60.10.00, 87.03.60.90.00, 87.03.70.10.00, 87.03.70.90.00, 87.03.80.10.00, 87.03.80.90, 87.04, 87.04.90.11.00, 87.04.90.21.00, 87.04.90.31.00, 87.04.90.41.00, 87.04.90.51.00, 87.04.90.59.00, 87.05, 87.06, 87.07, 87.11, 87.12, 90.31, 90.32, del artículo 424, Bienes que no causan el impuesto, del Estatuto Tributario. De la siguiente manera:

85.01 Motores y generadores eléctricos para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas.

85.07 Acumuladores eléctricos, incluidos sus separadores, aunque sean cuadrados o rectangulares para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas.

80.04 Cargadores de baterías de vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas incluso aquellos que vienen incluidos en los vehículos, los de carga rápida (electrolineras) y los de recarga domiciliaria.

87.02 Vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para el transporte de 10 o más personas, incluido el conductor.

87.02.20.10.00 Para el transporte de un máximo de 16 personas incluyendo al conductor

87.02.30.10.00 Para el transporte de un máximo de 16 personas incluyendo al conductor

87.02.90.10.00 Para el transporte de un máximo de 16 personas incluyendo al conductor

87.02.40.90.90 Los demás

87.03 Vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables concebidos principalmente para el transporte de personas (excepto la partida 87.02), incluidos los vehículos de tipo familiar ("break" o station wagon) y los de carreras.

87.03.40.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.40.90.00 Los demás

87.03.50.10.000 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.50.90.00 Los demás

87.03.60.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.60.90.00 Los demás

87.03.70.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.70.90.00 Los demás

87.03.80.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.80.90 Los demás

87.04 Vehículos automóviles eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para el transporte de mercancías

87.04.90.11.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.21.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.31.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.41.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.51.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.59.00 Los demás

87.05 Vehículos automóviles eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para usos especiales excepto los concebidos principalmente para el transporte de personas o mercancías.

87.06 Chasis de vehículos automotores eléctricos de las partidas 87.02 y 87.03, únicamente para los de transporte público.

87.07 Carrocerías de vehículos automotores eléctricos de las partidas 87.01.20, 87.02, 87.03, 87.04, 87.05 y 87.06, incluidas las cabinas, únicamente para los de transporte público.

87.11 Motocicletas eléctricas (incluidos los ciclomotores).

87.12 Bicicletas eléctricas (incluidos los triciclos de reparto). Bicicletas y demás velocípedos (incluidos los triciclos de reparto), sin motor cuyo valor no exceda los 50 UVT.

90.31 Unidades de control para motores eléctricos de uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables.

90.32 Unidades de control de las baterías y del sistema de enfriamiento de las baterías para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables.

Artículo 14. Adiciónese el literal k), al artículo 428 del Estatuto tributario:

k) Las importaciones de los bienes incluidos en las siguientes partidas arancelarias:

85.01 Motores y generadores eléctricos para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas.

85.07 Acumuladores eléctricos, incluidos sus separadores, aunque sean cuadrados o rectangulares para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas.

85.04 Cargadores de baterías de vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas incluso aquéllos que vienen incluidos en los vehículos, los de carga rápida (electrolineras) y los de recarga domiciliaria.

87.02 Vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para el transporte de 10 o más personas, incluido el conductor.

87.02.20.10.00 Para el transporte de un máximo de 16 personas incluyendo al conductor

87.02.30.10.00 Para el transporte de un máximo de 16 personas incluyendo al conductor

87.02.90.10.00 Para el transporte de un máximo de 16 personas incluyendo al conductor

87.02.40.90.90 Los demás

87.03 Vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables concebidos principalmente para el transporte de personas (excepto la partida 87.02), incluidos los vehículos de tipo familiar ("break" o station wagon) y los de carreras.

87.03.40.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.40.90.00 Los demás

87.03.50.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.50.90.00 Los demás

87.03.60.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.60.90.00 Los demás

87.03.70.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.70.90.00 Los demás

87.03.80.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.80.90 Los demás

87.04 Vehículos automóviles eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para el transporte de mercancías

87.04.90.11.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.21.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.31.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.41.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.51.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.59.00 Los demás

87.05 Vehículos automóviles eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para usos especiales excepto los concebidos principalmente para el transporte de personas o mercancías.

87.06 Chasis de vehículos automotores eléctricos de las partidas 87.02 y 87.03, únicamente para los de transporte público.

87.07 Carrocerías de vehículos automotores eléctricos de las partidas 87.02 y 87.03, incluidas las cabinas, únicamente para los de transporte público.

87.11 Motocicletas eléctricas (incluidos los ciclomotores).

87.12 Bicicletas eléctricas (incluidos los triciclos de reparto). Bicicletas y demás velocípedos (incluidos los triciclos de reparto), sin motor cuyo valor no exceda los 50 UVT.

90.31 Unidades de control para motores eléctricos de uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables.

90.32 Unidades de control de las baterías y del sistema de enfriamiento de las baterías para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables.

Artículo 15. Modifíquese el numeral 8 del artículo 512-5 del Estatuto Tributario el cual quedará así:

85.01 Motores y generadores eléctricos para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas.

85.07 Acumuladores eléctricos, incluidos sus separadores, aunque sean cuadrados o rectangulares para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas.

85.04 Cargadores de baterías de vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables, motocicletas eléctricas y bicicletas eléctricas incluso aquellos que vienen incluidos en los vehículos, los de carga rápida (electrolineras) y los de recarga domiciliaria.

87.02 Vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para el transporte de 10 o más personas, incluido el conductor.

87.02.20.10.00 Para el transporte de un máximo de 16 personas incluyendo al conductor

87.02.30.10.00 Para el transporte de un máximo de 16 personas incluyendo al conductor

87.02.90.10.00 Para el transporte de un máximo de 16 personas incluyendo al conductor

87.02.40.90.90 Los demás

87.03 Vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables concebidos principalmente para el transporte de personas (excepto la partida 87.02), incluidos los vehículos de tipo familiar ("break" o station wagon) y los de carreras.

87.03.40.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.40.90.00 Los demás

87.03.50.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.50.90.00 Los demás

87.03.60.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.60.90.00 Los demás

87.03.70.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.70.90.00 Los demás

87.03.80.10.00 Con tracción en las cuatro ruedas

87.03.80.90 Los demás

87.04 Vehículos automóbiles eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para el transporte de mercancías

87.04.90.11.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.21.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.31.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.41.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.51.00 De peso total con carga máxima inferior a 4.537 t

87.04.90.59.00 Los demás

87.05 Vehículos automóviles eléctricos, híbridos e híbridos enchufables para usos especiales excepto los concebidos principalmente para el transporte de personas o mercancías.

87.06 Chasis de vehículos automotores eléctricos de las partidas 87.01.20, 87.02, y 87.03, 87.04 y 87.05.

87.07 Carrocerías de vehículos automotores eléctricos de las partidas 87.01.20, 87.02, 87.03, 87.04, 87.05 y 87.06, incluidas las cabinas.

87.11 Motocicletas eléctricas (incluidos los ciclomotores).

87.12 Bicicletas eléctricas (incluidos los triciclos de reparto). Bicicletas y demás velocípedos (incluidos los triciclos de reparto), sin motor cuyo valor no exceda los 50 UVT.

90.31 Unidades de control para motores eléctricos de uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables.

90.32 Unidades de control de las baterías y del sistema de enfriamiento de las baterías para uso en vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables.

Capítulo III. Disposiciones varias

Artículo 16. El Ministerio de Transporte vigilará el desarrollo de la movilidad sostenible en el país, además del cumplimiento de lo establecido en la presente Ley.

Parágrafo: el Ministerio de Transporte deberá realizar un informe a las Comisiones Sextas de la Cámara y el Senado de República, al final de cada legislatura, sobre la materia.

Artículo 17. Vigencia y derogatorias. La presente ley entrará en vigor a partir de su promulgación y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.

Atentamente,



CS Scanned with CamScanner

RODRIGO ROJAS LARA
Representante a la Cámara
Ponente