

GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

*PROSPECTIVA DE LA
ELECTRIFICACIÓN DEL AUTOMÓVIL
Y CONSECUENCIAS SOBRE LA
INDUSTRIA EUROPEA*

Alumno: Irusta Sáenz, Jon

Director: Sánchez Galindez, José Antonio

Curso: 2018-2019

Fecha: Bilbao, 24 de junio de 2019

RESUMEN

Tras la firma del Protocolo de Kyoto y la posterior del Acuerdo de París, se acordó perseguir la descarbonización del transporte para mitigar los efectos negativos que la emisión de CO₂ y otros gases de efecto invernadero tienen sobre el planeta. De todas las emisiones de CO₂ por consumo de combustibles fósiles a nivel mundial el 24,9% de estas tenían su origen en el transporte en el año 2016, siendo el segundo sector más contaminante tras la industria manufacturera con una representación del 36,5% ⁽¹⁾. Para alcanzar este objetivo la Unión Europea ha apuntado a los vehículos eléctricos como la respuesta a este gran problema, ya que estos no generan emisiones directas de CO₂.

Dejando de lado el aspecto medioambiental del vehículo eléctrico, este trabajo se centrará en las consecuencias económicas que este cambio de modelo de transporte tendría sobre la economía europea. La industria automotriz es de vital importancia para la economía de nuestro continente, y esta sufriría cambios de grandes dimensiones. El sector proporciona trabajo a en torno a 12 millones de personas y supone el 4% del producto interior bruto de la Unión Europea. Además de esto, representa el mayor inversor privado en investigación y desarrollo del continente ⁽²⁾.

Grandes cambios que transformarán de manera radical el sector del automóvil afectarán a la industria en los próximos años. La industria minera cobrará mucho mayor protagonismo debido al gran aumento de la demanda de minerales como el litio, el cobre o el níquel, indispensables para la fabricación de baterías, circuitos eléctricos y pilas de combustible respectivamente. Por otro lado, la demanda de baterías eléctricas, sector en el que China es líder mundial junto al de los motores eléctricos, aumentaría de manera exponencial. Además de esto, el aspecto mecánico del automóvil pierde gran relevancia en el automóvil, simplificando mucho su diseño y abriendo las puertas de este mercado a nuevas empresas con gran músculo financiero y conocimientos de electricidad y electrónica.

Este nuevo paradigma al que se enfrenta una de las industrias de mayor relevancia económica tendría consecuencias en la mayoría de los sectores debido a su efecto multiplicador sobre proveedores (industrias de procesamiento de materiales) e industrias derivadas (reparaciones, servicios de movilidad o tecnologías de la información y la comunicación).

Palabras clave: descarbonización del transporte, vehículo eléctrico, industria automotriz, economía europea.

LABURPENA

Kyoto protokoloaren sinaduraren eta Pariseko hitzarmenaren ondoren, garraioaren deskarbonizazioa jarraitzea adostu zen CO₂-ak eta berotegi efektua eragiten duten bestelako gasen emisioek planetan eragiten dituzten efektu negatiboak gutxitzeko asmoarekin. Mundu osoan erregai fosilen kontsumoa isurtzen duen CO₂ guztiarengandik, % 24,9k garraioan sortu zen 2016an, bigarren sektore kutsatzaileena izanda manufaktura industriaren atzetik (% 36,5) ⁽¹⁾. Ezarritako helburua lortzeko, Europar Batasunak ibilgailu elektrikoak sustatu ditu arazo honi erantzuteko asmoz; izan ere, hauek ez dute CO₂ gasa zuzenean igortzen.

Ibilgailu elektrikoak ingurumenean duen eragina alde batera utzita, ibilgailu motaren aldaketak ekonomia europearrean izango duen ondorio ekonomikoak aztertzea izango da lan honen helburua. Automobilgintza industria oso garrantzitsua da gure kontinenteren ekonomiarentzat eta aldaketa handiak jasango lituzke; hain zuzen ere, sektoreak 12 milioi lanpostu inguru eskaintzen ditu eta Europar Batasunaren Barne Produktu Gordinaren %4 suposatzen du. Gainera, Europa mailan ikerketarako eta garapenerako inbertsio pribatu handiena egiten da sektore honetan ⁽²⁾.

Aldaketa handiek zeharo moldatuko dute automobilgintza hurrengo urteetan eta meatzaritzak garrantzi handiago izango du litioa, kuprea edo nikela bezalako mineralen eskaria nabarmenki handituko delako. Kontuan izan beharreko gaia da, mineral hauek ezinbestekoak direla bateriak, zirkuitu elektrikoak edo erregai-pilak ekoizteko. Bestalde, bateria elektrikoek sektoreak, zeinetan eta motore elektrikoek sektorean ere Txina munduko liderra den, esponentzialki egingo luke gora. Era berean, automobilaren itxura mekanikoak garrantzia galduko luke, diseinua sinplifikatuz eta elektrizitatean zein elektronikan adituak diren eta ahalmen finantzarioa duten enpresei merkatu aukera berriak izango lituzkete.

Paradigma berri honi aurre egin behar dion garrantzi handiko industria honek, aldaketak eragingo ditu gainontzeko sektore gehienetan hornitzaileengan (material eraldatzaile industriak) eta industria deribatuengan (konponketak, mugikortasun zerbitzuak edo informazioaren eta komunikazioaren teknologiak) daukan efektu biderkatzailea dela eta.

Gako-hitzak: garraioaren deskarbonizazioa, ibilgailu elektrikoa, automobilgintza, ekonomia europearra.

ABSTRACT

After the signing of the Kyoto Protocol and the subsequent Paris Agreement, it was agreed to pursue the decarbonisation of transport to mitigate the negative effects that the emission of CO₂ and other greenhouse gases have on the planet. Of all the CO₂ emissions from fossil fuel consumption worldwide, 24.9% of these originated in transportation in 2016, being the second most polluting sector after the manufacturing industry with a representation of 36.5% ⁽¹⁾. To achieve this goal, the European Union has aimed at electric vehicles as the answer to this great problem, since these do not generate direct emissions of CO₂.

Leaving aside the environmental aspect of the electric vehicle, this work will focus on the economic consequences that this change of transport model would have on the European economy. The automotive industry is of vital importance for the economy of our continent, and this would undergo major changes. The sector provides work to around 12 million people and accounts for 4% of the gross domestic product of the European Union. In addition to this, it represents the largest private investor in research and development in the continent ⁽²⁾.

Major changes that will radically transform the automotive sector will affect the industry in the coming years. The mining industry will gain much greater prominence due to the great increase in the demand of minerals such as lithium, copper or platinum, indispensable for the manufacture of batteries, electrical circuits and fuel cells respectively. On the other hand, the demand for electric batteries, a sector in which China is a world leader with that of electric motors, would increase exponentially. In addition to this, the mechanical aspect of the car loses great relevance in it, greatly simplifying its design and opening the doors of this market to new companies with great financial muscle and knowledge of electricity and electronics.

This new paradigm faced by one of the most economically relevant industries would have consequences in most sectors due to its multiplying effect on suppliers (materials processing industries) and derivative industries (repairs, mobility services or information and communication technologies).

Keywords: decarbonisation of transport, electric vehicle, automotive industry, European economy.

ÍNDICE

RESUMEN	i
LABURPENA	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS	ix
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. CONTEXTO	2
CAPÍTULO III. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO	5
III.1. Objetivo general.....	5
III.2. Objetivos específicos	5
III.3. Alcance	5
CAPÍTULO IV. BENEFICIOS DEL PROYECTO	7
CAPÍTULO V. METODOLOGÍA	8
V.1. Planificación y desarrollo de la revisión literaria.....	8
V.2. Estrategia de búsqueda y tratamiento del contenido	8
CAPÍTULO VI. ELECTRIFICACIÓN DEL AUTOMÓVIL	9
VI.1. Automóvil eléctrico	9
VI.1.1. Historia del automóvil eléctrico	9
VI.1.2. Tipos de automóviles eléctricos	14
VI.1.3. Principales diferencias, ventajas y desventajas del VE.....	18
VI.1.4. Previsiones de penetración en el mercado	21
VI.2. Factores impulsores de la adopción del vehículo eléctrico	24
VI.2.1. Precio	24
VI.2.2. Tecnologías de carga rápida y número de cargadores	26
VI.2.3. Nuevos desarrollos en baterías.....	28
VI.2.4. Carsharing	29
CAPÍTULO VII. CONSECUENCIAS DE LA ADOPCIÓN DEL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO	31
VII.1. Consecuencias de la adopción del automóvil eléctrico sobre la industria automotriz	31
VII.1.1. Modificación de la cadena de valor	31

VI.1.2. Modificación de la cadena de suministro.....	33
VI.1.3. Impacto sobre el trabajo	35
VI.1.4. Impacto sobre la red comercial y de concesionarios.....	37
VI.1.5. Impacto sobre los proveedores.....	38
VII.2. Consecuencias de la adopción del automóvil eléctrico sobre otras industrias .	39
CAPÍTULO VIII. ADAPTACIÓN DE LA INDUSTRIA EUROPEA AL NUEVO MODELO.....	45
VIII.1. Investigación y desarrollo	45
VIII.2. Aumento de la oferta de estudios relacionados con las nuevas tecnologías ...	45
VIII.3. Plan estratégico a nivel europeo para las empresas en riesgo de obsolescencia	46
VIII.4. Medidas fiscales.....	46
VIII.5. Alianza Europea de las Baterías.....	47
CAPÍTULO IX. DISTRIBUCIÓN DE TAREAS. DIAGRAMA DE GANTT	50
CAPÍTULO X. CONCLUSIONES	51
CAPÍTULO XI. BIBLIOGRAFÍA.....	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Porcentaje de vehículos motor producidos por regiones. Fuente: ACEA	2
Ilustración 2. Empresas con mayor cuota de mercado en la fabricación de baterías para VEs. Fuente: Merics	3
Ilustración 3. Triciclo de Trouvé. Fuente: Wikipedia	10
Ilustración 4. Anuncio del AMC Amitron. Fuente: Wheelsage	11
Ilustración 5. Territorios ocupados por Israel durante la guerra de los 6 días. Fuente: BBC	12
Ilustración 6. Gasolinera en EEUU con una limitación de 10 galones de gasolina por cliente debido su escasez. Fuente: Wall Street Journal	12
Ilustración 7. Eficiencia energética de distintos tipos de tecnologías aplicadas al automóvil. Fuente: T&E	15
Ilustración 8. Esquema de la alimentación y funcionamiento de un BEV. Fuente: IBIL	15
Ilustración 9. Esquema de la alimentación y funcionamiento de un PHEV. Fuente: IBIL	16
Ilustración 10. Esquema de la alimentación y funcionamiento de un HEV. Fuente: IBIL	16
Ilustración 11. Esquema del funcionamiento de una pila de combustible. Fuente: Wikipedia	17
Ilustración 12. Esquema de la alimentación y funcionamiento de un automóvil con pila de un FCEV. Fuente: ABC	18
Ilustración 13. Comparación entre los componentes del tren de potencia de un vehículo a gasolina y un VE. Fuente: Idaho National Laboratory	18
Ilustración 14. Previsión de ventas de vehículos en función de la tecnología empleada. Fuente: BloombergNEF	21
Ilustración 15. Precios reales y previstos de las baterías de Ion-Litio. Las previsiones comienzan en 2017. Fuente: BloombergNEF	22
Ilustración 16. Porcentaje previsto de VEs por segmento. Fuente: BloombergNEF	22
Ilustración 17. Adopción prevista de VEs por región. Fuente: BloombergNEF	23
Ilustración 18. Previsión de la tecnología empleada por el parque móvil mundial. Fuente: Bloomberg NEF	23
Ilustración 19. Mayores preocupaciones respecto a los VEs en distintos mercados. Fuente: Deloitte	24
Ilustración 20. Cuota de mercado de los eléctricos enchufables en la UE y el mercado común europeo. Fuente: ACEA	25
Ilustración 21. PIB per cápita de los países de la UE y el mercado común europeo. Fuente: ACEA	25
Ilustración 22. Tipos de carga de VEs. Fuente: AEDIVE	26
Ilustración 23. Porcentaje de urbanización de cada país. Fuente: World Bank Group	27
Ilustración 24. Número de cargadores de uso público a nivel global. Fuente: BloombergNEF	28
Ilustración 25. Autonomías de distintos BEVs según lo anunciado. Fuente: Deloitte	29
Ilustración 26. Progreso experimentado por la industria del carsharing entre 2006 y 2016. Fuente: Shaheen 2018 Spring Carsharing Outlook	30

Ilustración 27. Arquitectura actual de la cadena de valor de la industria automotriz. Fuente: Frigant, Vincent. (2011)	32
Ilustración 28. Estructura del coste de los vehículos convencionales y los BEVs. Fuente: An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels and Greenhouse Gas ..	32
Ilustración 29. Proyección de empleos en la fabricación de automóviles en Europa según escenario. Fuente: T&E.....	36
Ilustración 30. Allanamiento del valle nocturno en la curva de carga gracias a la recarga nocturna. Fuente: Red Eléctrica de España	40
Ilustración 31. Crecimiento de la demanda diaria de petróleo en millones de barriles y porcentaje reducido por VEs. Fuente: Bloomberg	41
Ilustración 32. Manifestación en contra de la explotación minera de las Salinas Grandes. Fuente: UNSAM	42
<i>Ilustración 33. Cuadrante que interrelaciona la industria y la tecnología de la que dispone la industria automotriz de cada país en materia de VEs. Fuente: Roland Berger</i>	45
Ilustración 34. Ciclo de las baterías producidas en Europa. Elaboración propia.....	49
Ilustración 35. Diagrama de Gantt describiendo la distribución de tiempos para la realización del trabajo. Elaboración propia.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ingresos nacionales gracias a su industria de electrónica de consumo. Elaboración propia. Fuente: Statista.....	4
Tabla 2. Elementos con funciones similares en el VE y el de motor de combustión. Elaboración propia.....	19
Tabla 3. Dependencia energética porcentual en Europa. Elaboración propia. Fuente: Eurostat.....	44
Tabla 4. Distribución de tareas a lo largo de la realización del trabajo. Elaboración propia.	50

LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACEA: Asociación de Constructoras Europeas de Automóviles

AEDIVE: Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso del Vehículo Eléctrico

AeH2: Asociación del hidrógeno de España

AMC: American Motors Corporation

APA: American Psychological Association

BEI: Banco Europeo de Inversiones

BEV: Battery Electric Vehicle

CA: Corriente Alterna

CC: Corriente Continua

CE: Comisión Europea

EEA: European Energy Agency

EEUU: Estados Unidos

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GM: General Motors

HEV: Hybrid Electric Vehicle

IEA: International Energy Agency

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

OPAEP: Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo

OTA: Over-the-Air

PHEV: Vehículo híbrido enchufable

TI: Tecnologías de la Información

T&E: Transport & Environment

UE: Unión Europea

UFIP: Unión Francesa de Industrias Petroleras

UNSAM: Universidad Nacional de San Martín

VE: Vehículo Eléctrico

WWF: World Wildlife Fund

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Bajo un contexto de aumento de niveles de contaminación, mayor concienciación respecto al cambio climático y ambiciosos objetivos ambientales (acordados en tratados de carácter internacional), la gran mayoría de los mercados están endureciendo sus regulaciones ambientales, impulsando de este modo la producción, compra y uso de VEs.

Todos estos condicionantes han tenido como consecuencia un gran aumento de la demanda de VE y la confirmación de que la electrificación del transporte es una realidad irreversible. El cambio generará incertidumbre y resentirá al mercado, lo que requerirá de nuevas orientaciones estratégicas y políticas de futuro.

La industria automotriz será, junto a instituciones públicas y el propio mercado, uno de los 3 actores principales de esta gran evolución hacia la descarbonización del transporte por carretera. Al cambiar por completo las tecnologías en las que se apoya el automóvil, lógicamente, también cambiará toda la industria. Esto incluye su cadena de valor, de suministro, las materias primas demandadas, los perfiles profesionales requeridos, los procesos productivos empleados... Todos estos cambios tendrán consecuencias las cuales determinarán que empresas y economías son las ganadoras o perdedoras de la metamorfosis experimentada por el sector, redistribuyendo el poder en la industria.

La industria automotriz europea, con un 4% del PIB del continente y más de 12 millones de empleados ⁽²⁾, tiene un papel fundamental en su economía. Es por esto, por lo que es de vital importancia conocer y estudiar los retos que tendrá que afrontar a lo largo de esta transición; las consecuencias, tanto positivas como negativas, que podría tener sobre la economía europea y las medidas tomadas o que se podrían tomar para paliar las consecuencias negativas o maximizar las positivas.

Hasta ahora, la apuesta de la industria europea del automóvil por el VE no ha sido firme, habiendo preferido seguir explotando sus amplios conocimientos de mecánica fabricando motores de combustión interna de gran calidad antes que desarrollar su conocimiento en áreas como la electricidad y la electrónica de potencia, determinantes para la fabricación de VEs competitivos en el mercado.

En la actualidad, el claro dominador de la industria de los VEs, es Asia, con China y Japón como puntas de lanza. Es referencia a nivel productivo y de mercado ⁽¹⁴⁾, por lo que si los fabricantes europeos quieren evitar una crisis como la de Kodak con la llegada de la fotografía digital o la de Nokia al apostar por la tecnología equivocada para los *smartphones*, tienen que dejar de posponer un cambio necesario, el cual han tratado de retrasar todo lo posible, y que tendrá como frutos un mercado mucho más abierto que el actual, lo cual amenaza su posición en el mismo y a la economía europea.

CAPÍTULO II. CONTEXTO

La industria europea, a lo largo de la historia del automóvil, siempre ha sido uno de los actores principales del sector junto a la de EEUU y Japón, otras dos de las economías más desarrolladas del mundo. Es digno de mención también el impresionante crecimiento vivido por la industria del automóvil en Asia, especialmente en China, país el cual en 2002 no representaba ni el 10% de la producción mundial de vehículos a motor y en 2017 era el productor del 30%. Como se ha mencionado anteriormente la transición al VE modificará por completo la industria automotriz, y de no estar preparadas, sacará del mercado a empresas con una larga trayectoria.

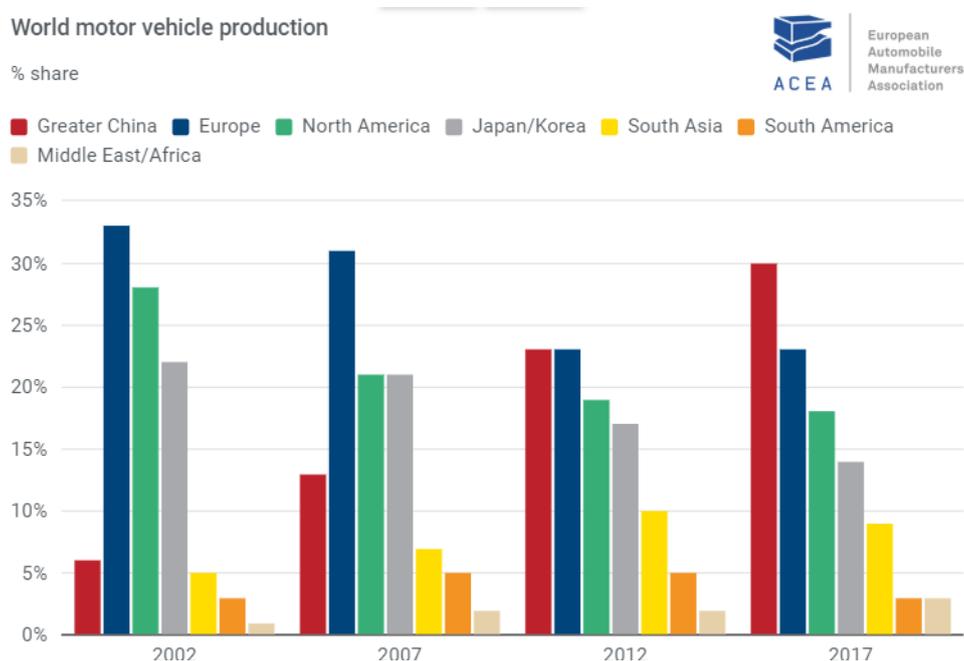


Ilustración 1. Porcentaje de vehículos motor producidos por regiones. Fuente: ACEA

La realidad de la industria automotriz europea es complicada. Los fabricantes de automóviles ya han asumido por completo que el próximo paso que tendrán que dar será el de la electrificación de sus vehículos, pero este paso no es sencillo. Tras más de un siglo desarrollando motores de combustión tienen que asumir la pérdida de valor de ese *know-how* y apostar por una tecnología en la que no son expertos y la cual requiere de materias prima hasta ahora no utilizadas como el litio, el níquel o el cobalto, que además no abundan en Europa, lo que implicaría grandes importaciones de estos.

Haciendo referencia a la balanza comercial, también es importante destacar la reducción de importaciones de petróleo que supondría para Europa la mayor penetración del VE en el mercado. Pudiendo paliar o incluso mejorar el resultado de la balanza comercial a pesar del aumento de importaciones de estas nuevas materias primas.

Además de esto, el cambio de tecnología que supone la adopción de VE da mayor relevancia, como es lógico, al aspecto eléctrico de los vehículos y al electrónico,

empleado para el control y monitorización del vehículo. Esta segunda industria, junto a la producción de baterías (elemento más costoso y con mayor valor añadido del VE en la actualidad), pasaría a tener un papel protagonista en el proceso de fabricación de los nuevos vehículos. Analizando cada una de estas industrias se puede comprobar cómo la situación actual de la industria europea no es la que fue a principios de siglo, la cual era líder indiscutible del mercado.

Empezando por la fabricación de baterías para VEs, como se puede comprobar en la *Ilustración 2*, las 10 empresas con mayor cuota de mercado en la fabricación de baterías para los VE todas se encuentran en Asia (dejando únicamente un 20% de cuota de mercado para compañías de otros continentes), 7 de ellas en China. Una de las claves para entender la situación actual de la industria es el control del gobierno sobre la economía. Conscientes de la irreversibilidad del paso dado por la industria automotriz y el gran aumento de la dimensión del mercado del automóvil nacional, el propio gobierno estableció en 2012 la necesidad de disponer de 3 fábricas de baterías con una capacidad de 10 GWh para el año 2020. Estos objetivos fueron revisados en 2017 y aumentados hasta los 40GWh para empresas líderes de competitividad internacional.



Ilustración 2. Empresas con mayor cuota de mercado en la fabricación de baterías para VEs. Fuente: Merics

Por otro lado, partiendo del hecho de que el coche eléctrico es también un gran ordenador, tenemos la industria de la electrónica de consumo, donde por ingresos al menos, China también es líder. Los dos grandes polos de esta industria se encuentran en China y EEUU, aunque haciendo un análisis algo más minucioso dividiendo esos ingresos entre el número de habitantes de cada uno de estos países (*Tabla 1*) queda claro que el valor añadido por los dos países europeos del top 5 es muy considerable, solo algo por detrás de EEUU.

	Ingresos (millones de USD)	Millones de habitantes	USD/habitante
China	127269	1386	91,82467532
EEUU	76998	327,2	235,3239609
Alemania	17621	82,79	212,8397149
Reino Unido	13238	66,04	200,4542701
Japón	11031	126,8	86,99526814
España	2919	46,72	62,47859589

Tabla 1. Ingresos nacionales gracias a su industria de electrónica de consumo. Elaboración propia. Fuente: Statista

Habiendo comprobado la situación de la industria europea en los dos sectores que mayor desarrollo van a tener a lo largo de la transición que vive la industria, unido a la disminución de la demanda que se espera en los mercados de los países más desarrollados debido a la saturación de su parque móvil, parece claro que los próximos años supondrán un reto para las empresas que la componen y todo el continente, debido a su importancia a nivel económico.

CAPÍTULO III. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

En este capítulo se definen los objetivos principales que se han tenido en cuenta para la realización de este proyecto, así como su alcance para delimitar los propósitos del mismo.

III.1. Objetivo general

El objetivo general que se pretende conseguir en este trabajo de fin de grado es exponer una amplia visión de la situación actual y previsible de la transición hacia el automóvil eléctrico que vive y vivirá la industria automotriz, en busca de la descarbonización del transporte, y razonar y exponer las consecuencias sobre la industria europea. Siendo destacables las consecuencias sobre la, muy relevante para la economía europea, industria automotriz.

III.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que se tratan de alcanzar en este proyecto son:

1. Analizar la situación actual del proceso de electrificación del automóvil.
2. Prever la evolución del proceso de electrificación y, por ende, el de las industrias directamente dependientes de estos.
3. Analizar como ciertos modelos de negocio y tecnologías pueden impulsar la adopción del vehículo eléctrico.
4. Estudiar el grado de preparación ante la electrificación del transporte de la economía europea.
5. Estudiar las consecuencias de la electrificación del transporte sobre la economía europea.
6. Analizar las medidas tomadas y plausibles para adaptar la industria europea a la nueva realidad de la industria automotriz.

III.3. Alcance

El alcance de este trabajo de fin de Grado se ha delimitado teniendo en cuenta las siguientes premisas en su realización:

1. Dado el carácter estudiantil de la investigación, el estudio de las tecnologías existentes se desarrolla dentro de ciertas restricciones de acceso a información detallada como pueden ser el grado de desarrollo de ciertas tecnologías en investigaciones privadas o las políticas comerciales en fase de desarrollo en diferentes entidades tanto públicas como privadas.
2. Dado que este trabajo tiene por objetivo el estudio de las consecuencias económicas de la transición hacia el vehículo eléctrico sobre la industria europea no se profundizará en aspectos técnicos relativos al funcionamiento de las baterías, los cargadores o el desarrollo de nuevos materiales.
3. Debido al nulo presupuesto para la realización del trabajo, se trabajará a partir de la información tratada por terceros mencionando informes de consultoras de gran prestigio y cuya adquisición suele exigir un importante desembolso económico.

CAPÍTULO IV. BENEFICIOS DEL PROYECTO

La consecución de los objetivos de este proyecto puede reportar tanto a empresas como a particulares los siguientes beneficios:

1. Ahorrar tiempo y costes relativos tanto a la investigación de la posible adopción del vehículo eléctrico, como a la contratación de servicios de consultoría para consultar temas ya desarrollados en este proyecto.
2. Invitar a una reflexión crítica respecto a las consecuencias de la electrificación del transporte sobre la economía europea.
3. Estudiar la viabilidad a largo plazo del modelo actual de la industria automotriz y las medidas que podrían tomar para adaptarse a la nueva realidad del sector e incluso aumentar su competitividad.

CAPÍTULO V. METODOLOGÍA

En este capítulo explico la metodología seguida para la realización de este trabajo y sus diferentes fases de principio a fin, permitiendo el desarrollo de los objetivos planteados.

V.1. Planificación y desarrollo de la revisión literaria

En lo relativo a la planificación y el desarrollo de la revisión literaria en este trabajo, al disponer inicialmente de un conocimiento muy básico y limitado sobre la materia, en las primeras investigaciones se busca adquirir una visión general sobre la realidad del automóvil eléctrico en la actualidad y las tecnologías en vía de desarrollo, lo que permitirá determinar las pautas sobre las que se va a desarrollar el trabajo, conocer los temas a abordar más importantes y ser consciente del estado de adopción y desarrollo tecnológico actual de estos y estas. De este modo, a medida que se encuentra información de interés, se guardan los enlaces de las páginas web y los archivos, catalogándolos por temas para su posterior revisión a la hora de tratar el tema en cuestión específicamente.

Según se descubren elementos específicos relevantes a lo largo de la exploración, se incide más a fondo en estos temas por separado, realizando a su vez comparaciones entre autores para identificar qué textos disponen de una información más completa y de mayor credibilidad. Por lo general lo primero a analizar en dichos textos es su índice de contenidos, persiguiendo el objetivo de localizar los apartados de mayor interés para el proyecto.

V.2. Estrategia de búsqueda y tratamiento del contenido

Por una parte, en lo que respecta a la estrategia de búsqueda de información, se ha hecho uso de motores de búsqueda oficiales como la Biblioteca online de la UPV (dónde se han alquilado libros y se han consultado artículos y revistas científicas), Rebiun (Red de Bibliotecas Universitarias), Dialnet, ResearchGate o Recolecta. Además, también se ha extraído información del motor de búsqueda de internet Google, seleccionando únicamente las páginas web de contrastada fiabilidad.

Igualmente, se ha tratado de buscar artículos recientes, en especial para conocer la situación en la que se encuentran tecnologías en fase de desarrollo, de las cuales por el momento no han hecho publicaciones, pero sí se conoce el grado de desarrollo alcanzado en la investigación y las expectativas a largo plazo de estos proyectos.

Por otra parte, en relación al tratamiento del contenido, se ha hecho uso del gestor bibliográfico Zotero, dónde se han exportado y almacenado un total de 35 referencias bibliográficas. Asimismo, se ha descargado una extensión de dicho gestor, instalable en Microsoft Word, la cual permite importar las referencias desde Zotero al documento y generar automáticamente una lista bibliográfica en el formato APA 5th Edition.

CAPÍTULO VI. ELECTRIFICACIÓN DEL AUTOMÓVIL

VI.1. Automóvil eléctrico

VI.1.1. Historia del automóvil eléctrico

Para entender la historia del automóvil eléctrico es necesario ponerla dentro del contexto del desarrollo de los vehículos en general, siendo destacable el de los vehículos personales.

Aunque a comienzos del siglo XX el modo predominante de transporte seguía siendo el caballo, la revolución industrial trajo consigo un aumento de tecnologías disponibles junto a mayores ingresos tras años de lucha sindical. Estas dos consecuencias de la revolución industrial fueron las que permitieron que se comenzara a experimentar con nuevas formas de transporte.

Los coches eléctricos no son nuevos, su historia es, de hecho, mucho más larga que la de los coches con motor de combustión interna. A principios de 1834, el inventor estadounidense Thomas Davenport (1802-1851) creó el primer vehículo eléctrico de corriente continua alimentado por un conjunto de baterías no recargables. Aunque este vehículo solo pudiera realizar distancias muy cortas, había comenzado la historia de los vehículos eléctricos ⁽³⁾.

En 1837, el inventor escocés Robert Davidson (1804-1894) inventó el primer vehículo eléctrico disponible para su uso. Esto ocurrió casi medio siglo antes de que el motor de gasolina fuera inventado en 1886 por Gottlieb Daimler (1834-1900) y Karl Benz (1844-1929). El vehículo de Davidson disponía de una batería de aleación de hierro, zinc y mercurio que reaccionaban con ácido sulfúrico. Esta batería no era recargable, por lo que su practicidad quedaba muy reducida ⁽³⁾.

Todo esto cambió a partir de 1859, cuando la primera batería eléctrica recargable, la batería de plomo-ácido, fue desarrollada por el físico francés Gastón Planté ⁽⁵⁾. A pesar del desarrollo de la primera batería recargable, esta no se consideró suficientemente fiable y eficiente como para emplearla en un vehículo eléctrico hasta 1880, cuando el ingeniero químico Camille Alphonse Faure (1840-1898) mejoró el diseño y eficiencia de dicho tipo de batería recubriendo las placas de plomo con una pasta de óxidos de plomo, ácido sulfúrico y agua. Además, esto también permitió la industrialización de la fabricación de las baterías ⁽⁴⁾.

Consciente del potencial que esta batería tenía, en 1881, Gustave Trouvé (1839-1902) creó un triciclo eléctrico empleándola junto a un motor Siemens que él mismo había mejorado y montándolo todo sobre un triciclo convencional. Este es generalmente considerado el primer vehículo eléctrico de la historia ⁽³⁾.

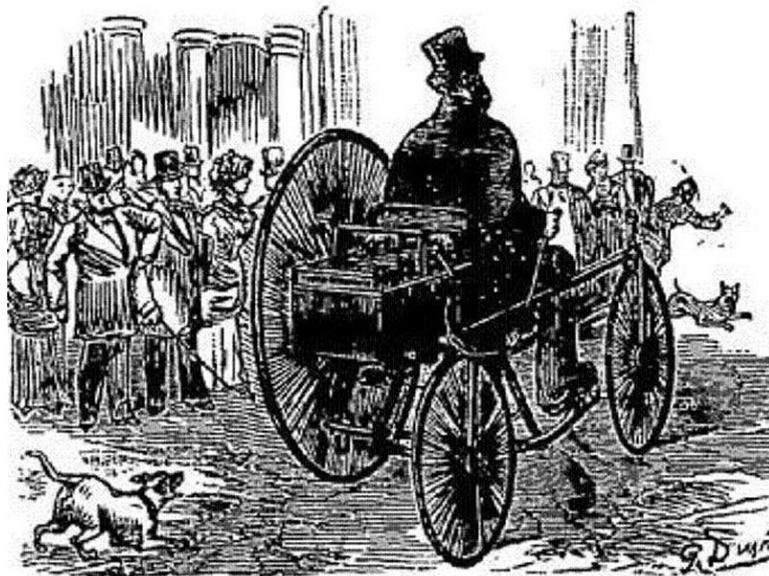


Ilustración 3. Triciclo de Trouvé. Fuente: Wikipedia

Los años posteriores, el crecimiento del vehículo eléctrico en el mercado fue enorme, siendo de 1890 a 1900 el tipo de tecnología con mayor número de ventas de automóviles.

En los primeros años del siglo XX. existían versiones de automóviles de vapor, eléctricos y de gasolina, compitiendo unos con otros por el dominio del mercado. Tanto es así, que en 1910, en EEUU la cuota de mercado por tecnologías era del 40% para los automóviles a vapor, el 38% para los eléctricos y el resto, el 22%, para los diesel y gasolina ⁽³⁾.

La tecnología del vapor estaba bien establecida, era entendida y generaba confianza en el público general. Esto se debía a su más que probada eficacia en la industria, las minas, el sistema ferroviario y los barcos, por lo que parecía parte de la progresión natural construir modos de transporte más pequeños empleando el mismo tipo de motor. Los principales problemas de esta tecnología para el desarrollo de vehículos particulares pasaban por la necesidad de largo periodos de encendido (en torno a 1h), su peso y su limitada autonomía, ya que necesitaban ser constantemente alimentados con agua ⁽⁴⁾.

El automóvil eléctrico entró en el nuevo siglo como un producto maduro, bien posicionado en el mercado y con todavía mucho mercado potencial. Tenían como ventaja distintiva frente al motor de gasolina el hecho de que no tuvieran vibraciones, no fueran muy ruidosos y no requirieran cajas de cambios, haciendo su conducción mucho más sencilla. Además, al contrario que el automóvil a vapor, se podía disponer de él desde el mismo momento del encendido del motor. Un inconveniente con el que se encontró en su época de mayor éxito comercial (1890-1900), y el cual no permitió su adopción masiva, fue la falta de infraestructuras eléctricas de la época ⁽⁴⁾. Cabe añadir, que la baja autonomía del automóvil eléctrico no suponía grandes problemas, ya que las únicas carreteras en suficientemente buen estado para el uso del automóvil eran, en su gran mayoría, urbanas ⁽³⁾.

Como todos bien sabemos, el motor de combustión interna, fuera diesel o gasolina, acabó por imponerse. Este proceso comenzó en 1908 con el lanzamiento al mercado del Ford T, primer automóvil fabricado en cadena, el cual tenía un precio realmente accesible, al contrario que los coches eléctricos. En 1912, un Model T costaba en torno a 650\$, mientras que un vehículo eléctrico rondaba los 1.750\$, casi el triple ⁽⁴⁾. Además de esto, en 1911 otro desarrollo en los motores de gasolina, como motor de arranque, inventado por Charles F. Kettering (1876-1958), hicieron desaparecer uno de los principales inconvenientes del motores de combustión de la época, la manivela de arranque. Los vehículos eléctricos recibieron su golpe de gracia cuando las carreteras interurbanas, hasta el momento muy deficientes, fueron mejoradas, valorándose aún más la autonomía que los motores de combustión interna ofrecían y con el descubrimiento de abundantes yacimientos de petróleo en los años 20 y 30.

Estos y otros factores contribuyeron a la desaparición casi total de los vehículos eléctricos a mediados de la década de los 30. La batalla parecía ganada y durante los próximos 30 años no habría discusión sobre que tecnología emplear. Esta situación cambiaría en 1973, con la llegada de la Crisis del Petróleo ⁽⁴⁾.

Pocos años antes de la llegada de esta, el primero de los grandes pasos del automóvil eléctrico moderno fue dado por la American Motors Corporation y Gulton Industries ⁽⁸⁾. En 1967 presentaron el Amitron, primer automóvil de la historia en emplear la frenada regenerativa, la cual hoy en día es un estándar de todos los vehículos eléctricos. Este nunca llegó a producirse en serie por el alto costo de las baterías ⁽¹⁰⁾.



Ilustración 4. Anuncio del AMC Amitron. Fuente: Wheelsage

El 16 de Octubre de 1973 la OPAEP tomó la decisión de cesar las exportaciones de crudo a aquellos países que hubieran apoyado a Israel en la guerra de Yom Kippur, conflicto que enfrentó a Israel con una coalición de países árabes, con Egipto y Siria a la cabeza, por los Altos del Golán y la Península del Sinaí, ocupados por Israel tras la guerra de los Seis Días (junio de 1967) ⁽⁶⁾⁽⁷⁾.

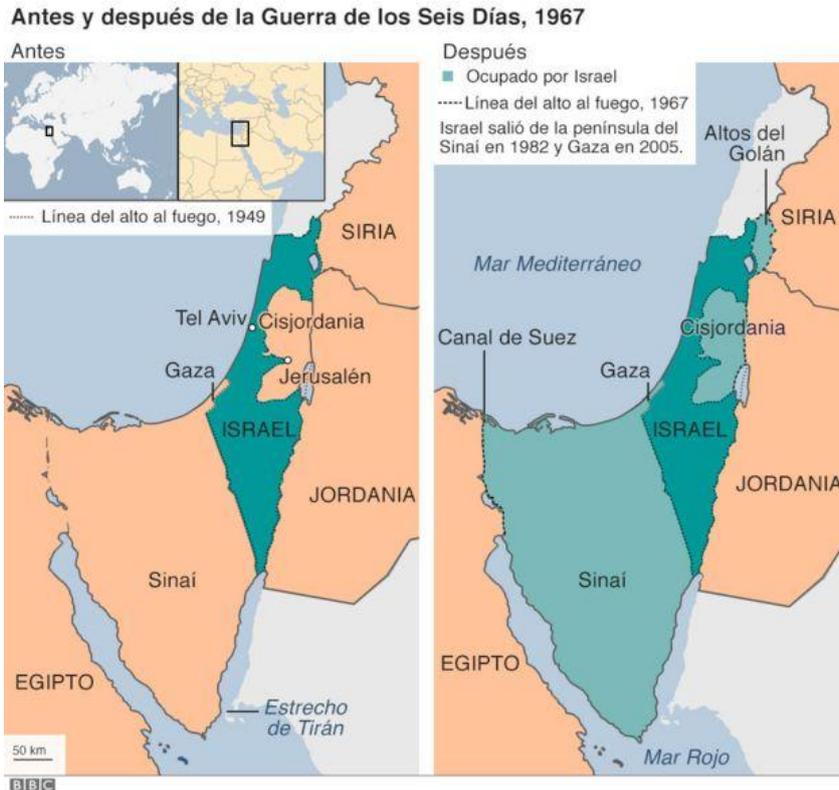


Ilustración 5. Territorios ocupados por Israel durante la guerra de los 6 días. Fuente: BBC

Este conflicto tuvo grandes consecuencias para las economías occidentales, altamente dependientes del petróleo, generadas por la drástica subida del precio del crudo. El embargo, fue especialmente duro para EEUU, socio estratégico del estado judío desde su creación, y su economía, ya que por aquella época, con un 6% de la población mundial, consumía el 33% de la energía. También supuso el inicio del empleo del petróleo como elemento de presión en el conflicto árabe israelí y sobre las economías occidentales, demostrando el potencial económico de los países productores ⁽⁶⁾.



Ilustración 6. Gasolinera en EEUU con una limitación de 10 galones de gasolina por cliente debido su escasez. Fuente: Wall Street Journal

Una vez probada la dependencia de occidente sobre un recurso natural del que prácticamente no disponían, el concepto de eficiencia energética empezó a ganar protagonismo por una cuestión económica. Además, esta situación coincidió con el auge del movimiento ecologista en Europa y EEUU en los años 70, tras la creación de asociaciones como WWF en 1968 y Greenpeace en 1971. Bajo este contexto, la

viabilidad a largo plazo del automóvil de motor de combustión interna comenzó a ponerse en duda. Y persiguiendo dos objetivos: reducir la dependencia energética (económico) y las emisiones de CO₂ a la atmósfera (medioambiental).

Así es como comenzó la era moderna del automóvil eléctrico. En 1976, dos años después de la finalización de la crisis del petróleo, el congreso de EEUU aprobó la Ley de Investigación, Desarrollo y Demostración de Vehículos Eléctricos e Híbridos, la cual supuso un impulso tremendo para la investigación y desarrollo de motores eléctricos, baterías y otros componentes de estos modelos ⁽⁸⁾.

Impulsada por la recién aprobada ley, AMC y Gulton Industries trató de adelantarse al resto de empresas del sector presentando en 1977 el AMC Electron, un coche eléctrico de ciudad basado en el Amitron de 10 años atrás. Al igual que su predecesor, tampoco llegó a comercializarse ⁽¹¹⁾.

Durante la década de los 80 se llevaron a cabo varias demostraciones de la viabilidad de los automóviles eléctricos. Siendo las más destacables los 161km recorridos por varios vehículos en 1983 y los 370km en 1985 con una única carga ⁽⁸⁾.

En 1990, en busca de una solución para la mala calidad del aire, el Gobierno de California aprobó el Mandato sobre Vehículos de Emisiones Cero, el cual exigía que el 2% de los vehículos del estado no emitieran GEI para el año 1998 y el 10% para el 2003. Como resultado, los fabricantes desarrollan diversos vehículos eléctricos los años siguientes. Además, en 1992 se aprueba la primera ayuda para la adquisición de un vehículo eléctrico y 2 años más tarde este mandato es adoptado por otros 12 estados. El coche eléctrico iba en buen camino.

El primer gran fabricante en responder a la nueva legislación fue GM, presentando en 1990 el Impact en la Feria del Automóvil de Los Ángeles, un modelo conceptual de su primer coche eléctrico. Además de esto, también anuncia que GM producirá coches eléctricos para el mercado de consumo (lo cual ocurre finalmente en 1997) ⁽⁸⁾.

4 años después de presentar su primer VE, GM comienza su programa PrEView, donde 50 Impacts construidos a mano serían prestados a conductores durante periodos de 1 a 2 semanas. Este mismo modelo siguió produciéndose hasta 2003 bajo el nombre de EV1, pero sin posibilidad de compra, siendo el arrendamiento el único modelo de adquisición aceptado por la compañía. Esto tenía por objetivo que GM fuera siempre quien decidiera sobre el destino de esos vehículos, y así fue. En 2003, tras las presiones recibidas por los lobbies de la industria automotriz, la industria petrolera y el gobierno nacional (liderado por el republicano George W. Bush), el Estado de California modifica su Mandato sobre Vehículos de Emisiones Cero, con una ley mucho más laxa y permisiva. GM reclama y destruye todos Impacts excepto los donados a escuelas de ingeniería y museos (los cuales desactiva, excepto el donado al Smithsonian), no permitiendo a sus satisfechos usuarios adquirirlos definitivamente. El último de los EV1 es recogido por GM en el año 2004.

Otras marcas como Honda, Nissan o Toyota también ofrecieron arrendamientos similares y optaron por la destrucción de los vehículos al final del periodo de arrendamiento ⁽⁸⁾.

Estas acciones, que tenían por objetivo detener la electrificación del transporte, generaron un gran descontento entre sus antiguos usuarios, los cuales se manifestaron, organizaron funerales y crearon diversas organizaciones a favor del uso de VE. Tal fue el alcance del escándalo, que en 2006 se estrenó a nivel mundial el documental “¿Quién mató al coche eléctrico?”, el cual explica lo ocurrido ⁽⁸⁾.

Desde entonces, el papel del VE en el mercado no ha dejado de aumentar. En especial desde la creación de Tesla en el año 2003, empresa dedicada únicamente a la producción de VE, lo cual, tras lo ocurrido, les coloca en una mejor posición respecto a empresas que también se dedican a la fabricación de vehículos con motor de combustión interna.

En 2006 Tesla presenta su primer VE en la Feria Internacional del Automóvil de San Francisco, Tesla Roadster. Producido entre 2008 y 2012, es un coche eléctrico de batería y fue el primer coche completamente eléctrico producido en serie en utilizar una batería de ion-litio como fuente de energía. También fue el primer coche eléctrico puro capaz de realizar más de 320 km con una única carga ⁽⁴⁾. Este anuncio cambió por completo la visión de muchos consumidores respecto del VE, lo que obligó a muchos fabricantes tradicionales a hacerlo también. La transformación de la industria, aunque lenta, se vuelve irreversible.

En 2010, el número de VEs en el mundo alcanza los 25.000, siendo, aún, menos que los que circulaban por EEUU en 1912, pero muchos más que los que había pocos años antes. En 2011 el Mitsubishi i-MiEV (incluyendo los modelos comercializados bajo otras marcas Citroën C-Zero and Peugeot iOn) se convierte en el primer coche eléctrico en superar las 10.000 ventas. Ese mismo año el número de coches eléctricos en las carreteras a nivel global pasa a ser 3 veces más grande que el anterior alcanzando las 80.000 unidades ⁽⁸⁾. El próximo año el número de coches en las carreteras a nivel mundial alcanza los 200.000 y más de 400.000 en 2014.

Según el último Análisis del Panorama del los VE llevado a cabo por la IEA y considerando únicamente vehículos eléctricos aquellos enchufables a la red eléctrica (BEVs y PHEVs) en 2017 había en circulación 3.109.050 VE en el mundo.

VI.1.2. Tipos de automóviles eléctricos

A lo largo del trabajo se harán referencias a los distintos tipos de vehículos existentes, por lo que es de vital importancia conocerlos y distinguir sus características. Se considera un vehículo eléctrico todo aquel que de manera habitual o puntual emplea un

motor eléctrico alimentado por una batería para generar el movimiento de las ruedas y del propio vehículo.

Existen 4 tipos principales de vehículos considerados eléctricos y son los siguientes:

Vehículo eléctrico a batería (BEV)

Se trata de un vehículo traccionado únicamente por un motor eléctrico (dos en el caso de disponer de tracción a las 4 ruedas) y alimentado por una batería la cual, en parado, se recarga conectada a la red eléctrica o, en movimiento, mediante el sistema de frenada regenerativa. Es la más eficiente de las alternativas existentes actualmente según T&E con 73% eficiencia global de todo el proceso (*Ilustración 7*).

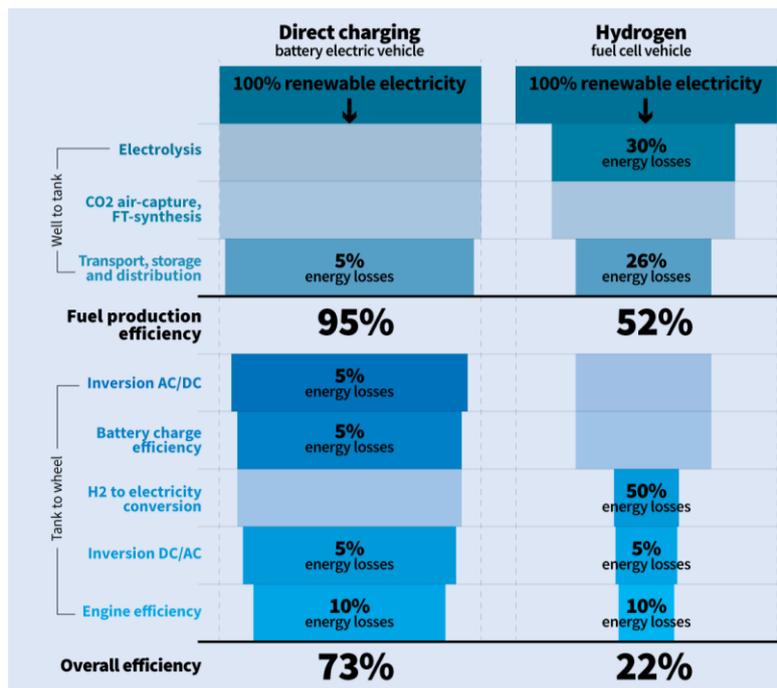


Ilustración 7. Eficiencia energética de distintos tipos de tecnologías aplicadas al automóvil. Fuente: T&E

Aunque su autonomía es más limitada que el de otros vehículos también considerados eléctricos, 322 km de media según Wisdom Tree ⁽⁹⁾, este tipo de vehículos tiene cero emisiones de GEI durante su uso.



Ilustración 8. Esquema de la alimentación y funcionamiento de un BEV. Fuente: IBIL

Vehículo híbrido enchufable (PHEV)

Se trata de un vehículo impulsado, de forma conjunta o independiente, por dos fuentes diferentes de energía: por un lado, la electricidad almacenada en su pequeña batería, y

por otro, la proporcionada por el combustible (ya sea diesel, gasolina o cualquier otro). Esto implica que también disponga de dos motores distintos y de todos los sistemas necesarios para ambos tipos de vehículos, lo que hace de este un vehículo más complejo.

Por otro lado, al contrario que un BEV, este dispone de una gran autonomía gracias a su depósito de combustible y su motor de combustión, permitiendo de todos modos poder realizar recorridos cortos (al menos 40km) con cero emisiones de GEI gracias a la posibilidad de recargar su batería de la red eléctrica. Además, debido al reducido tamaño de su batería (elemento más costoso de un VE), tienen un precio mucho más accesible que un BEV con las mismas características, por lo que muchos apuntan a este tipo de vehículos como vehículos de transición.

Como aspecto negativo es destacable el hecho de no poder recorrer grandes distancias sin emitir GEI, a parte, su mantenimiento es también más complicado y costoso que el de un BEV o el de un vehículo con motor de combustión interna.

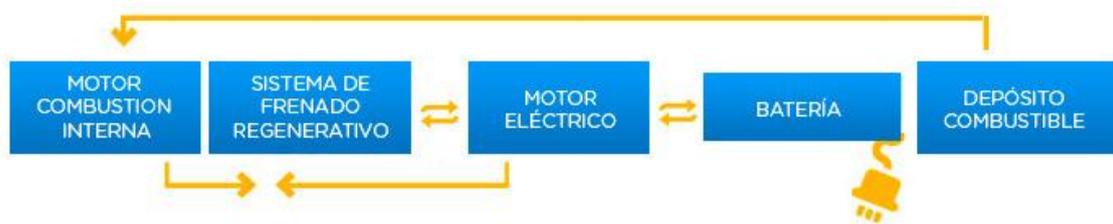


Ilustración 9. Esquema de la alimentación y funcionamiento de un PHEV. Fuente: IBIL

Vehículo híbrido no enchufable (HEV)

Este vehículo dispone de los mismos sistemas que un PHEV solo que sin poder recargar su batería conectándola a la corriente. Por ello, aunque esté considerado un vehículo eléctrico no puede circular sin generar emisiones directas de GEI, lo que implica que su penetración en el mercado no supone una solución a largo plazo para el reto ambiental al que el mundo se enfrenta.

La ventaja que aporta la batería es el aumento de eficiencia que implica aprovechar la energía generada por la frenada regenerativa y el consecuente ahorro de combustible, reduciendo ligeramente sus emisiones de GEI.



Ilustración 10. Esquema de la alimentación y funcionamiento de un HEV. Fuente: IBIL

Vehículo eléctrico de pila de combustible (FCEV)

Este vehículo, aunque eléctrico, tiene un funcionamiento muy distinto a los otros 3 modelos mencionados anteriormente. La electricidad empleada por su motor, a parte de la pequeña porción recuperada a través de la frenada regenerativa, es generada dentro del propio vehículo en una reacción de oxidación de H₂, la cual genera electricidad y agua, como residuo.

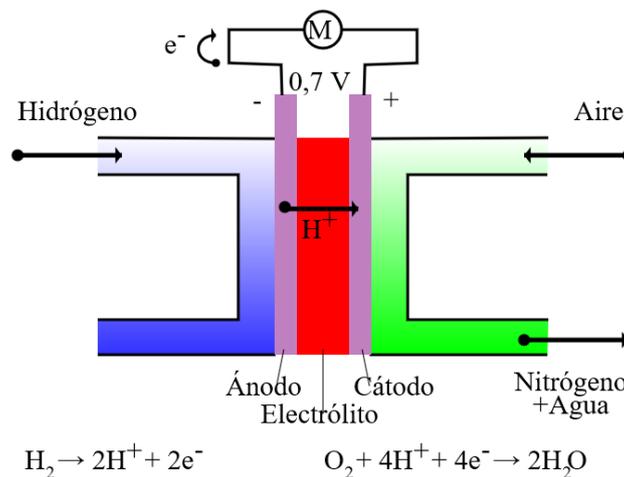


Ilustración 11. Esquema del funcionamiento de una pila de combustible. Fuente: Wikipedia

Su principal ventaja ante el resto de automóviles eléctricos en la rapidez de recarga de su depósito, siendo su repostaje igual de rápido que el de un vehículo diesel o de gasolina. En la práctica los conductores no tendríamos que cambiar nuestros hábitos, y utilizaríamos un coche casi idéntico al actual, que iríamos a repostar cada cierto tiempo a una estación de servicio, en este caso una hidrogenera, en lugar de una gasolinera. Además, su autonomía acostumbra a ser mayor que la de otros vehículos eléctricos, llegando a alcanzar los 700km algunos modelos.

Como desventaja, caben destacar sus altos precios de adquisición, el reducido número de hidrogeneras (369 en todo el mundo, siendo únicamente 273 de acceso público ⁽¹²⁾) y el gran gasto en combustible, unos 8,5€ cada 100km según cálculos de la AeH₂ ⁽¹³⁾, debido a su baja eficiencia en la transformación de energía en comparación con los BEV (*Ilustración 7*). Además también existe bastante preocupación respecto su seguridad debido a la volatilidad de un gas tan ligero como el hidrógeno. Recelo que no ha hecho más que aumentar tras la reciente explosión de una hidrogenera a las afueras de Oslo el pasado 10 de Junio. Hecho que ha llevado a Hyundai y Toyota a detener de forma temporal sus vehículos equipados con esta tecnología.

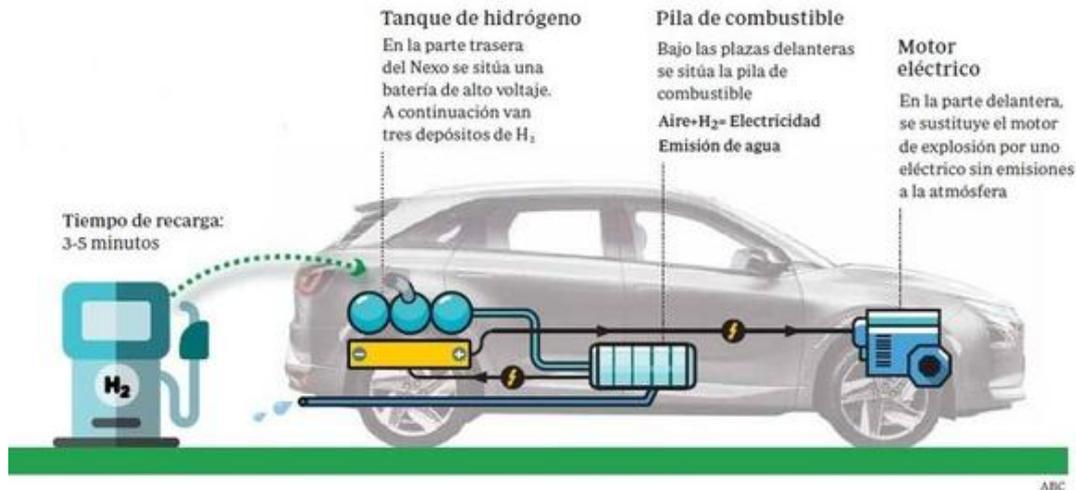


Ilustración 12. Esquema de la alimentación y funcionamiento de un automóvil con pila de un FCEV. Fuente: ABC

En el aspecto medioambiental, sus emisiones directas de CO₂ son nulas, ya que el único desecho que genera es agua. Aunque, por otro lado, también hay que valorar el origen de la electricidad empleada para la producción de H₂. Existe la posibilidad de obtener el H₂, a partir de una reacción de electrólisis alimentada por energía completamente renovable, por lo que la circulación de estos vehículos con cero emisiones de GEI sería perfectamente posible.

VI.1.3. Principales diferencias, ventajas y desventajas del VE

Las diferencias entre los vehículos con motor de combustión interna y los eléctricos serán las razones de las enormes modificaciones que vivirá la industria a lo largo de la transición hacia la electrificación del transporte, todas vinculadas al cambio de tecnología del tren de potencia.

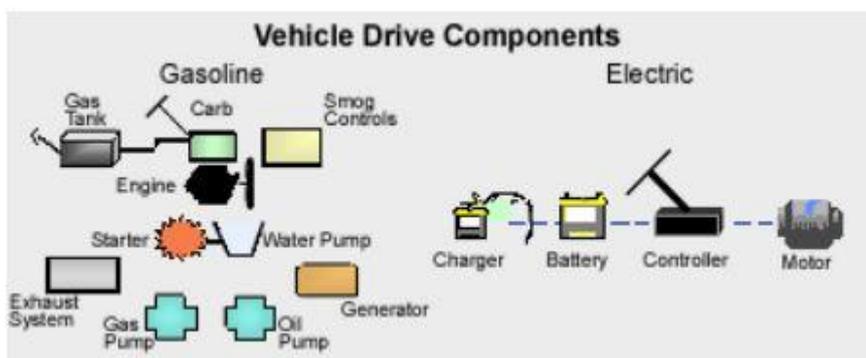


Ilustración 13. Comparación entre los componentes del tren de potencia de un vehículo a gasolina y un VE. Fuente: Idaho National Laboratory

Desde el exterior, el vehículo eléctrico parece un vehículo de gasolina con la excepción de que el vehículo eléctrico no tiene un tubo de escape puesto que no emite ningún tipo de GEI durante su uso. Internamente, es una historia muy diferente. Según CALSTART, el consorcio de transporte avanzado en California, el 70% de los componentes de un vehículo eléctrico podrían ser diferentes de los de un vehículo de

gasolina. El VE tiene varios componentes únicos que cumplen la misma función que los componentes más comunes en un vehículo de gasolina.

MOTOR DE COMBUSTIÓN	FUNCIÓN	VEHÍCULO ELÉCTRICO
Depósito de combustible	Almacena la energía para alimentar el motor.	Batería
Bomba de gasolina	Alimenta de energía al vehículo.	Cargador
Motor de combustión	Proporciona la fuerza para desplazar el vehículo.	Motor eléctrico
Caja de cambios	Controla las revoluciones a las que gira el motor.	
Carburador	Controla la aceleración y la velocidad.	Controlador
Alternador	Varía la tensión de la corriente para alimentar los accesorios.	Convertidor CC/CC
	Convierte la CC en CA para alimentar el motor.	Convertidor CC/CA
Sistema de control de emisiones	Disminuye la toxicidad de gases producidos por el vehículo.	-

Tabla 2. Elementos con funciones similares en el VE y el de motor de combustión. Elaboración propia.

Gran cantidad de elementos mecánicos desaparecerán, empezando por el motor de combustión. El motor, producido tradicionalmente por el propio fabricante, representa para los estos una de las mayores partes de su cadena de valor, ya que es el elemento más determinante para el desempeño del vehículo. Con la irrupción del coche eléctrico, este sería sustituido por un motor eléctrico, el cual es mucho más sencillo y barato de producir.

Otros elementos mecánicos que perderían protagonismo, serían la caja de cambios y la transmisión, ya que los motores eléctricos disponen de un rango de velocidad de giro muy amplio (desde 0 hasta 12.000 rpm). Esta característica de los motores eléctricos permite cubrir un gran rango de velocidades sin necesidad de cambiar marchas. Cabe añadir, que para la marcha atrás se emplea un inversor de corriente que invierte también el sentido de giro del motor.

Por otro lado, los VE requieren de muchos más elementos eléctricos y electrónicos, los cuales para su control necesitan de software que hasta hoy ha tenido un papel mucho menor en los vehículos con motor de combustión interna. Es por esto por lo que el desarrollo de programas para monitorizar y controlar el funcionamiento de cada elemento del vehículo cobra mucha mayor importancia en el coche eléctrico, ya que su funcionamiento y seguridad depende en gran medida de una buena programación de sus componentes.

Una de las diferencias más significativas entre los vehículos eléctricos y los que funcionan con motores de combustión es el número de piezas móviles. El vehículo eléctrico tiene una parte móvil, el motor, mientras que el vehículo de gasolina tiene cientos de partes móviles. Menos partes móviles en el vehículo eléctrico conducen a otra diferencia importante. El vehículo eléctrico requiere menos mantenimiento

periódico y es más confiable. El vehículo con motor de combustión requiere una amplia gama de operaciones de mantenimiento, desde frecuentes cambios de aceite, reemplazos de filtros, ajustes periódicos y reparaciones del sistema de escape, hasta el reemplazo de componentes menos frecuente, como la bomba de agua, la bomba de combustible, el alternador, etc.

Los requisitos de mantenimiento del vehículo eléctrico son menores y, por lo tanto, los costos de mantenimiento también. El motor eléctrico tiene una parte móvil, el eje, que es muy confiable y requiere poco o ningún mantenimiento. El controlador y el cargador son dispositivos electrónicos sin partes móviles, y requieren poco o ningún mantenimiento. Las baterías de ion-litio utilizadas en los vehículos eléctricos actuales están selladas y no requieren mantenimiento. Sin embargo, la vida útil de estas baterías es limitada y requerirá un reemplazo periódico. Se están desarrollando nuevas baterías que no solo ampliarán la gama de vehículos eléctricos, sino que también prolongarán la vida útil de la batería, lo que puede eliminar la necesidad de reemplazar la batería durante la vida útil del vehículo.

Los vehículos eléctricos no solo son más fáciles y más baratos de mantener, sino que también son más eficientes que el motor de gasolina y, por lo tanto, son más baratos de operar, especialmente realizando la carga en casa y a lo largo de la noche. Mientras que la eficiencia del motor eléctrico es superior al 90%, la de del motor de combustión interna está en torno al 20%, lo que unido a las pérdidas en la transmisión dota al vehículo con este motor de una eficiencia energética global de en torno al 15%.

Si bien el vehículo eléctrico será más barato de operar y mantener, todavía existen varios desafíos para el propietario de un VE.

Lo primero y más importante es el rango limitado disponible con las tecnologías de batería actuales, una de las mayores preocupaciones de los compradores potenciales. El rango de conducción entre la recarga con las baterías existentes es de hasta 540 km en el caso del Tesla Model S 100D (modelo de más de 100.000€ de precio), aunque de media la autonomía actual de los VEs ronda los 320km. Se están desarrollando nuevos sistemas de baterías que aumentarán este segundo rango manteniendo un precio más accesible que el mencionado anteriormente.

Otro desafío al que se enfrentan los propietarios de VEs es la disponibilidad de técnicos de servicio calificados para reparar y mantener los mismos. Se están desarrollando y ofreciendo programas de capacitación para actualizar al técnico automotriz convencional con las habilidades necesarias para mantener un vehículo eléctrico, y se ha desarrollado un programa de grado asociado de dos años para capacitar a los graduados de la escuela secundaria para que se conviertan en técnicos especializados en VEs.

También se necesita la infraestructura para recargar las baterías. El elemento más importante de la infraestructura de recarga ya existe: la energía eléctrica está disponible en casi todos los lugares, especialmente en los países más motorizados. El elemento restante necesario es garantizar que las estaciones de carga, con los tipos de servicio adecuados (es decir, la tensión y la corriente máximas), estén disponibles en ubicaciones estratégicas.

También se deben hacer arreglos para garantizar una carga fuera de las horas punta para obtener las tarifas de servicios más bajas y no generar grandes picos de demanda de electricidad.

En lo que respecta a la economía personal, los coches eléctricos suponen un mayor desembolso inicial, pero a pesar de ello también hay que ser consciente de que debido las crecientes políticas en contra de los vehículos más contaminantes el valor de segunda mano de los VE deberían decaer de manera más lenta y aumentar su velocidad de venta respecto a los de motor de combustión interna.

Por último, a nivel macroeconómico, un mayor número de VEs permitiría reducir el gran déficit que genera en la balanza comercial de Europa la importación de petróleo, recurso muy escaso en el continente.

VI.1.4. Previsiones de penetración en el mercado

La velocidad a la que el VE vaya ganando protagonismo en el mercado será la que determine el impacto que este tendrá sobre la industria automotriz y otras con intereses en juego en esta transición. Las previsiones son dispares y en muchas ocasiones pueden tener intereses personales por detrás, lo que reduce su credibilidad a la mínima expresión. Es por esto por lo que es de vital importancia emplear previsiones de organizaciones de reconocido prestigio y, de ser posible, sin intereses en el sector.

Considerando que la consultora Bloomberg cumple estas condiciones me basaré en las previsiones publicadas por la misma en el “Electric Vehicle Outlook 2019” de acceso público ⁽³⁵⁾.

No solo es digno de análisis la penetración en el mercado esperada de los VEs en general, sino también que tipo de tecnologías se espera que se adopten en mayor medida o antes en el tiempo o qué tipo de vehículos serán electrificados antes.

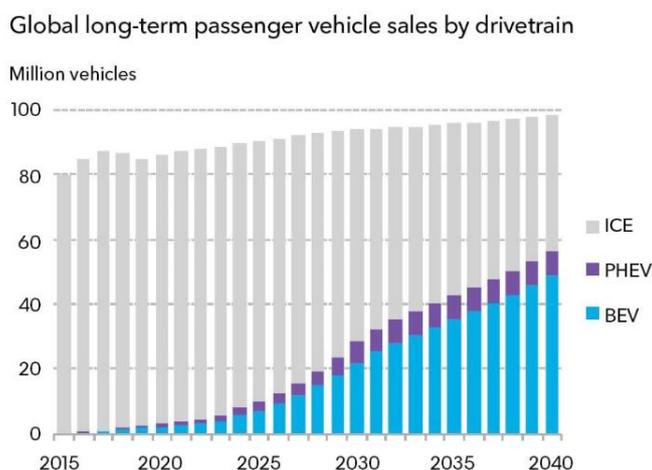


Ilustración 14. Previsión de ventas de vehículos en función de la tecnología empleada. Fuente: BloombergNEF

Como se puede apreciar en la *Ilustración 14*, se espera que para el año 2040 los VEs enchufables representen más del 50% de las ventas a nivel global, alcanzando los 56

millones de unidades vendidas. Esta previsión parte de que los precios de las baterías seguirán bajando, aunque no al ritmo que lo han hecho los últimos años, y de que las medidas regulatorias respecto al uso de vehículos con motor de combustión interna seguirán aumentando, especialmente en las grandes ciudades donde los niveles de contaminación son más altos. Se espera que el kWh de batería de ion-litio baje de los 100 dólares estadounidenses en torno a 2025, aspecto en el que está de acuerdo todas las fuentes consultadas.

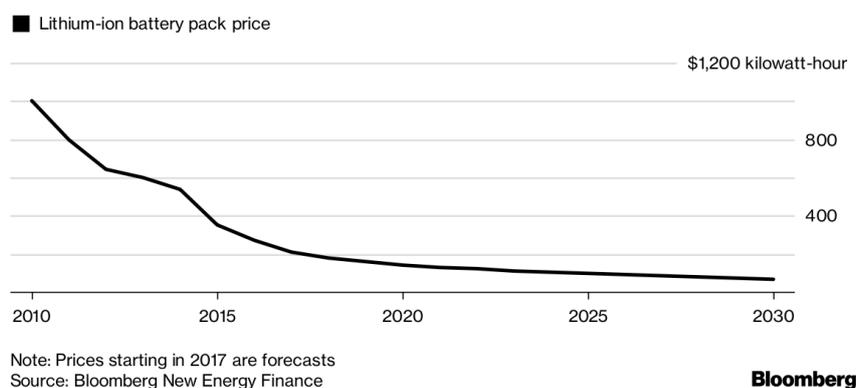


Ilustración 15. Precios reales y previstos de las baterías de Ion-Litio. Las previsiones comienzan en 2017. Fuente: BloombergNEF

Llevando a cabo el análisis por segmentos, destaca el ritmo de electrificación que se espera para los autobuses. Se estima que para el año 2040 algo menos del 70% de los autobuses del mundo serán eléctricos. Esta mayor aceptación de la nueva tecnología en este segmento tiene su origen fundamentalmente en dos aspectos. El primero es los cortos recorridos que realizan los autobuses públicos, lo que hace que la limitada autonomía no suponga un inconveniente. El segundo es la predictibilidad del recorrido que también tienen los de largo recorrido, pudiendo prever en qué puntos se realizarán las recargas y de qué manera.

Por el contrario, el tipo de vehículos cuya electrificación se espera más lenta son los vehículos comerciales pesados, que requieren de enormes baterías, las cuales seguirán suponiendo un gran gasto. Es por esto por lo que en la actualidad se está trabajando en diversos camiones híbridos los cuales incorporarían en su techo un contacto como el de los tranvías, el cual permitiría su circulación en modo eléctrico en las vías en la que hubiera infraestructuras habilitadas para ello.

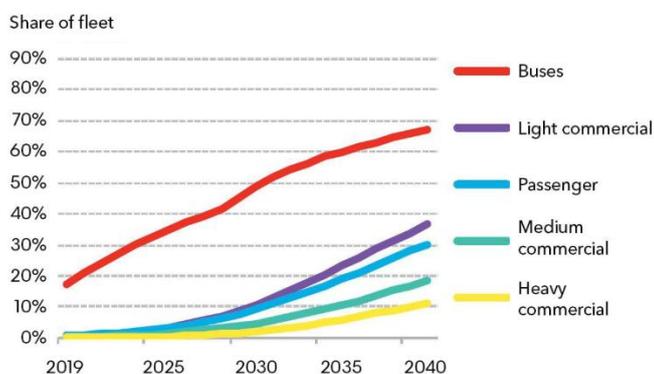


Ilustración 16. Porcentaje previsto de VEs por segmento. Fuente: BloombergNEF

Si analizamos las previsiones de adopción del VE a nivel geográfico, se puede comprobar cómo China está a la cabeza tanto en las previsiones a corto como a largo plazo. Si nos fijamos únicamente en las previsiones a largo plazo, se puede apreciar como entre 2025 y 2030 se espera un gran crecimiento del porcentaje de VEs vendidos en el mundo, especialmente en EEUU y Europa. Por el contrario, la adopción de VEs en India se espera mucho más lenta, rondando el 30% de las ventas en 2040.

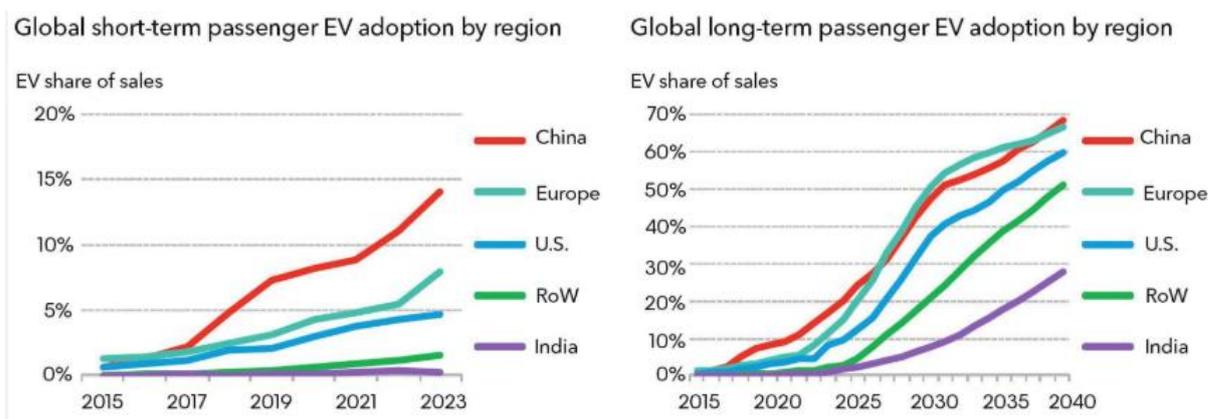


Ilustración 17. Adopción prevista de VEs por región. Fuente: BloombergNEF

Digno de mención es también la evolución esperada del parque móvil mundial, el cual a pesar de la gran cantidad de ventas de VEs aumentaría también el número de vehículos con motor de combustión. El gran crecimiento demográfico mundial esperado, especialmente en África y otras regiones con bajo poder adquisitivo, y el descenso de los precios de los vehículos no eléctricos serían las principales razones de este aumento.

Desde un punto de vista positivo, se espera que los motores de combustión sean cada vez más eficientes (en parte por imperativo legal) y que la mayor presencia de vehículos eléctricos en las carreteras reduzca el rechazo que genera en algunos consumidores, aumentando aún más su demanda.

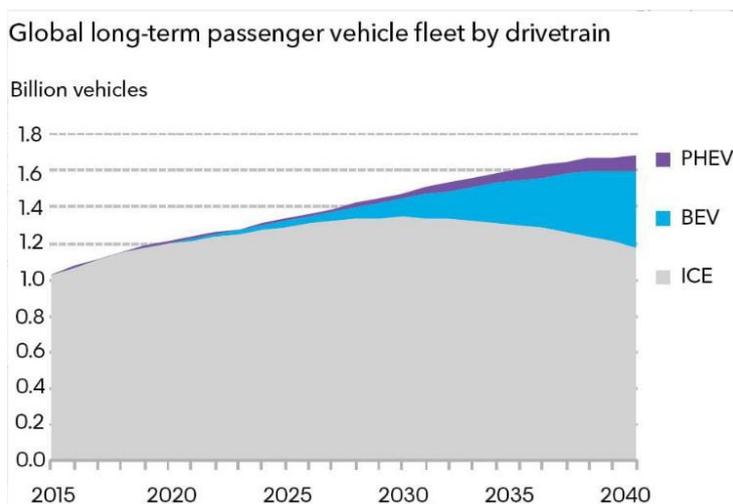


Ilustración 18. Previsión de la tecnología empleada por el parque móvil mundial. Fuente: Bloomberg NEF

VI.2. Factores impulsores de la adopción del vehículo eléctrico

Como se ha mencionado anteriormente en el apartado VI.1.3., a pesar de sus ventajas los VEs en la actualidad también tienen diversas respecto a los automóviles con motores de combustión. Estas desventajas constituyen los retos que la industria del automóvil tendrá que afrontar y superar los próximos años.

Según la encuesta realizada a los consumidores de grandes mercados automovilísticos por parte de Deloitte el pasado año 2018, las principales preocupaciones respecto a los VEs son su autonomía, su precio y la falta de infraestructuras de carga. Es por esto por lo que los pasos a dar para acelerar la adopción del VE son la mejora de las baterías, la de los procesos de producción de las mismas y facilitar e incentivar la instalación de puntos de carga.

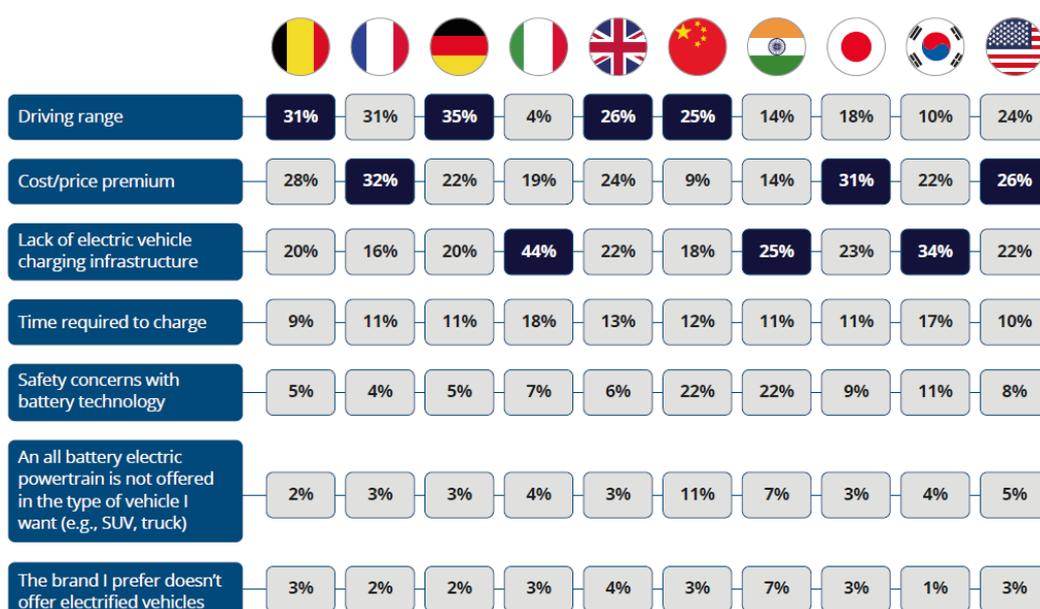


Ilustración 19. Mayores preocupaciones respecto a los VEs en distintos mercados. Fuente: Deloitte

VI.2.1. Precio

Actualmente el precio de compra de los VEs enchufables sigue siendo considerablemente superior a los de motor de combustión interna, y esto tiene claras consecuencias sobre la adopción mismo. Este hecho es fácilmente comprobable comparando el PIB per cápita de los países europeos junto a la cuota de mercado que los VE enchufables en esos mismo países. La correlación es clara, a mayor PIB per cápita mayor es la cuota de VE enchufables.

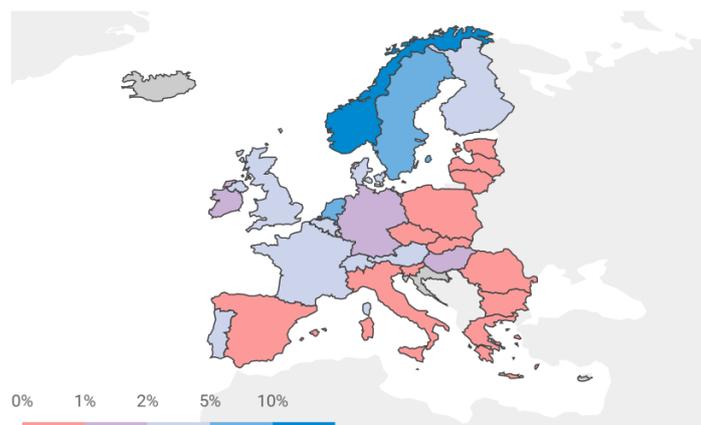


Ilustración 20. Cuota de mercado de los eléctricos enchufables en la UE y el mercado común europeo. Fuente: ACEA

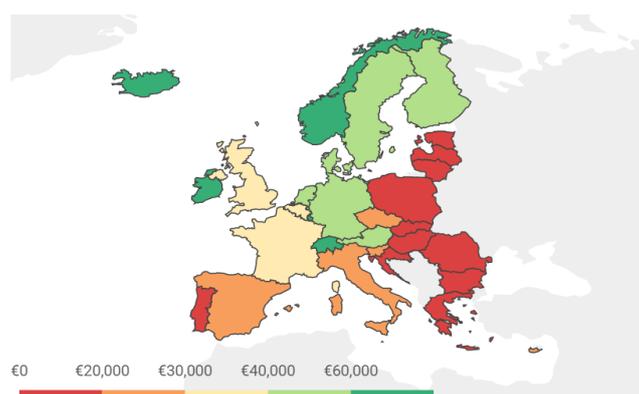


Ilustración 21. PIB per cápita de los países de la UE y el mercado común europeo. Fuente: ACEA

Al comparar ambos mapas, se puede comprobar como en todos los países con una cuota de mercado de los VE enchufables inferior al 1% el PIB per cápita no supera los 29.000€, siendo destacable la presencia de Italia y España entre ellos, 4º y 5º mercado automotriz dentro de la UE respectivamente. Como contraste, la cuota de mercado de los VE enchufables solo supera el 3,5% en países donde su PIB per cápita es superior a los 42.000€.

Aunque muchos traten de estudiar y emplear el mercado noruego como un ejemplo de electrificación del parque vehicular, debido al 49,1% que suponen los VE enchufables en el país, hay que tener presente el hecho de que su PIB per cápita es de 73.200€, más del doble de la media europea (30.600€). Por detrás de Noruega, encontramos a Suecia (8%) y los Países Bajos (6,7%) con un PIB per cápita de 47.900€ y 44.600 respectivamente, los cuales se encuentran también entre los más altos del continente.

Como excepción, tras comprobar que existe una innegable correlación entre los ingresos medios de cada ciudadano y el porcentaje de VEs enchufables en ese mismo país, llama la atención el caso de Suiza, que con un PIB per cápita de 74.300€, 1.100€ superior al

de Noruega, tiene una cuota de mercado de VEs enchufables del 3,2%, 45,9 puntos inferior. Esta comparación, demuestra lo importantes que son el resto de factores que afectan a la penetración en el mercado de esta tecnología ⁽¹⁷⁾.

Tratar de cuantificar hasta que punto un abaratamiento de los VEs implicaría un aumento de su demanda es realmente difícil, aunque según un estudio de la Universidad de Sevilla, publicado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, un abaratamiento del 10% del precio de la batería (previsto en torno a 2020) impulsaría un 15% la compra de VE a nivel nacional ⁽¹⁸⁾.

VI.2.2. Tecnologías de carga rápida y número de cargadores

Con el vehículo de motor de combustión interna como estándar, el tiempo habitual de repostaje de este ronda los 10 minutos. Por el contrario, todos los VEs excepto los FCEVs requieren de varios minutos u horas, en función de la potencia del cargador, para recargar su batería. Esto implica un cambio de costumbres y de infraestructura.

La primera aclaración que hay que hacer es distinguir los tipos de carga. Según AEDIVE, existen tres principales: la vinculada, la de oportunidad y la rápida, las cuales son brevemente explicadas en la *Ilustración 22*.

TIPOS DE CARGA	UBICACIÓN	POTENCIA	PRECIO
 VINCULADA	En una plaza de garaje privada	Hasta 7,5 kW	Entre 20 y 23 euros al mes (en función de la tarifa)
 DE OPORTUNIDAD	En el punto de destino (lugar de trabajo, sector terciario y vía pública)	2,3 kW - 22 kW	Gratuita o de pago si la opera un gestor de carga
 CARGA RÁPIDA	En gasolineras, aparcamientos y en la vía pública	A partir de 50kW	Por tiempo de carga o kW consumido. En torno a 5 ó 6 euros los 100 kilómetros

Ilustración 22. Tipos de carga de VEs. Fuente: AEDIVE

La falta de infraestructuras de carga supone uno de los mayores inconvenientes para los compradores potenciales de VEs. El primer impedimento que se encuentran tantos de estos posibles compradores es la necesidad de un punto de recarga durante las noches, cuando la demanda de electricidad es más baja y su precio mínimo, por lo que este tipo de recarga representa la opción más interesante para las eléctricas y para los bolsillos del consumidor final. Además de esto, el realizar la recarga de la batería a menor potencia también alarga a vida útil de la misma. La realidad es que la instalación de este tipo de puntos de recarga es bastante sencilla a nivel técnico y su precio no debería superar los 2000€ en ninguno de los casos. Lo más determinante para la instalación de este tipo de cargador es el tipo de plaza de aparcamiento de la que se disponga.

En un caso ideal, residiendo en una vivienda unifamiliar la instalación del punto de carga es la más sencilla de todas y no superaría los 1000€. No requiere de ningún tipo

de permiso ni de necesidad de notificar a nadie, simplemente exigirá un aumento más que probable de la potencia contratada. El problema en este caso es el alto grado de urbanización que hay en los países más desarrollados (*Ilustración 23*), ya que en las ciudades las viviendas unifamiliares son realmente escasas.



Ilustración 23. Porcentaje de urbanización de cada país. Fuente: World Bank Group

En caso de disponer de una plaza en un garaje comunitario, la regulación varía en cada país, pero en España, tras la renovación a finales de 2017 del Real Decreto que regula la instalación de estos puntos, únicamente es necesario notificar formalmente al presidente de la comunidad tu intención de instalar un punto de recarga, no es necesario que la comunidad lo apruebe en junta. Con estas condiciones y costo de instalación que puede superar ligeramente los 1000€ tampoco parece la más complicada de las opciones.

Los mayores problemas para disponer de un punto de recarga vienen cuando el propietario del vehículo no es propietario de la plaza de garaje donde aparca o, en el peor de los casos, aparca en la calle. Estos casos son muchos y es uno de los motivos de la no adopción del mismo.

Las otras tecnologías de carga se acercan más al modelo actual de repostaje de vehículos, por el contrario, acortan más la vida útil del vehículo y son más caras. Parecen la alternativa más útil para realizar trayectos de largo recorrido o para propietarios de vehículos eléctricos que no disponen de un punto de carga en su domicilio (siendo una gran opción el disponer de él en su puesto de trabajo).

Tratando de cuantificar en qué medida la instalación de puntos de carga incentivarían la adopción de los VEs, según el mismo estudio mencionado en el apartado anterior, por cada 10% de incremento de puntos de carga rápida las matriculaciones de VEs aumentarían en torno a un 3% a nivel nacional.

A nivel mundial, el número de puntos de recarga públicos no deja aumentar y entre 2015 y 2018 llegó a multiplicarse por más de 3, multiplicándose casi por 6 en el país líder en la producción y venta de VEs, China.

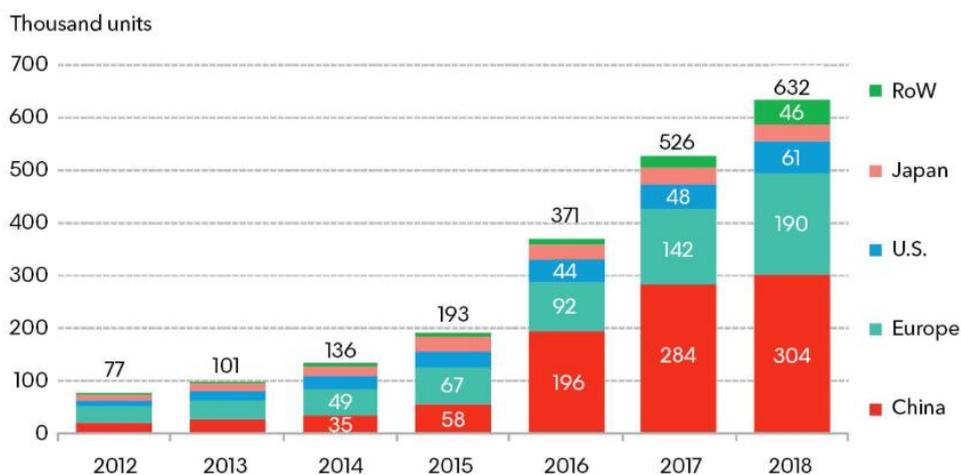


Ilustración 24. Número de cargadores de uso público a nivel global. Fuente: BloombergNEF

VI.2.3. Nuevos desarrollos en baterías

Los VE tienen en su autonomía uno de sus principales inconvenientes, y partiendo de la gran eficiencia de la que ya disponen los motores eléctricos (*Ilustración 7*), todo hace indicar que la mejora de la autonomía será a través de la mejora de la capacidad de las baterías. Para no aumentar el peso de las mismas también será necesario un aumento de la densidad energética de estas, siendo la actual de en torno a 300Wh/kg. Además, los nuevos desarrollos llevados a cabo también tendrán por objetivo el alargamiento de la vida útil de las baterías, lo cual sería tremendamente positivo para el medio ambiente en especial.

Según el informe realizado por Wisdom Tree sobre la evolución de las ventas de los coches eléctricos ⁽¹⁹⁾, uno de los principales causantes de la multiplicación por 6 del mercado de los VEs es el hecho de que su autonomía media haya aumentado un 135%, pasando de 137km a 322 en el año 2018.

La investigación en este ámbito es de especial interés para la industria del automóvil europea, ya que no dispone de los principales minerales empleados en la fabricación de baterías de ion-litio actuales.

La principal alternativa al litio que se baraja en la actualidad es el uso de grafeno, material cuya característica más interesante para esta aplicación es su muy alta densidad energética, de alrededor de 600Wh/kg, además también la vida útil de la batería que permite este material también viene a ser el doble que la de las baterías de litio actuales. Lo que impide su uso generalizado es la gran dificultad que entraña su fabricación en masa, además de que a pesar de pesar en torno a la mitad que las de litio, las baterías de grafeno ocuparían algo más de volumen que las baterías actuales.

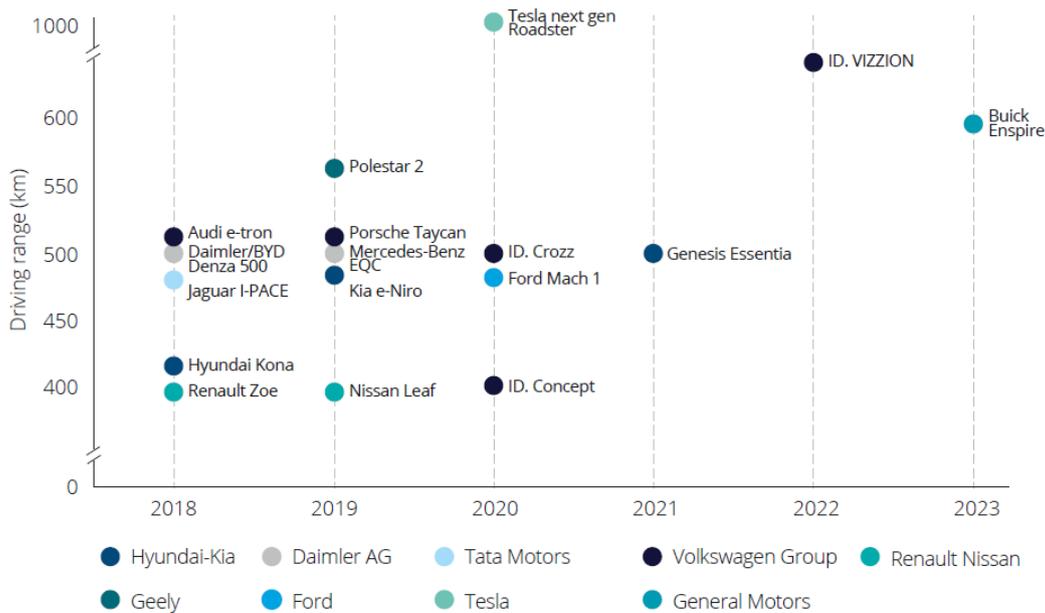


Ilustración 25. Autonomías de distintos BEVs según lo anunciado. Fuente: Deloitte

Por el momento, los fabricantes prevén seguir fabricando VEs con mayor autonomía (Ilustración 25) a base de aumentar las baterías empleadas, pero siendo plenamente conscientes de que el futuro VE requiere del desarrollo de nuevas tecnologías en baterías e invirtiendo en este campo.

VI.2.4. Carsharing

El *carsharing* es un modelo de negocio en el cual los clientes alquilan vehículos durante minutos u horas para recorridos, generalmente, cortos y en áreas urbanas. Se trata de un modelo de movilidad en el únicamente se paga por el uso del vehículo. Con el importe abonado este incluye tanto el seguro, como el combustible o la energía eléctrica empleada y los gastos de aparcamiento en las zonas habilitadas para ello.

Se estima que en los países desarrollados, de media los vehículos personales se pasan más del 90% del tiempo estacionados. Esto implica que la velocidad de amortización del mismo sea menor y en consecuencia que la compra de un vehículo que supone una inversión inicial mayor merezca menos la pena. De no ser así, y aumentar considerablemente el tiempo de uso del vehículo el precio de adquisición del mismo se amortizará más rápido y los gastos derivados de su uso, como son el mantenimiento y el gasto realizado por distancia recorrida, ganarán mayor protagonismo en la decisión de compra.

Es por esta razón por la que la gran mayoría de empresas de *carsharing* han decidido apostar por el uso de VEs en los últimos años. De este modo dan la posibilidad de probar esta tecnología a más de 4 millones de usuarios que no se atreven a adquirir un VE en propiedad por motivos como la falta de infraestructuras de recarga, desconocimiento de la tecnología empleada o el mayor coste de adquisición, o que simplemente no necesitan un vehículo personal. El *carsharing* crea potenciales

compradores de VEs y acerca la tecnología a todas las ciudades donde se ofrecen modelos eléctricos.

Además, este modelo de negocio se ha visto impulsado por la incertidumbre que existe en torno al futuro del automóvil y de las regulaciones al respecto. Esto, unido a un menor interés por la propiedad de los más jóvenes, acostumbrados a tarifas planas como las ofrecidas por empresas de música en *streaming* o de contenido multimedia bajo demanda por Internet, ha reducido considerablemente la intención de compra.

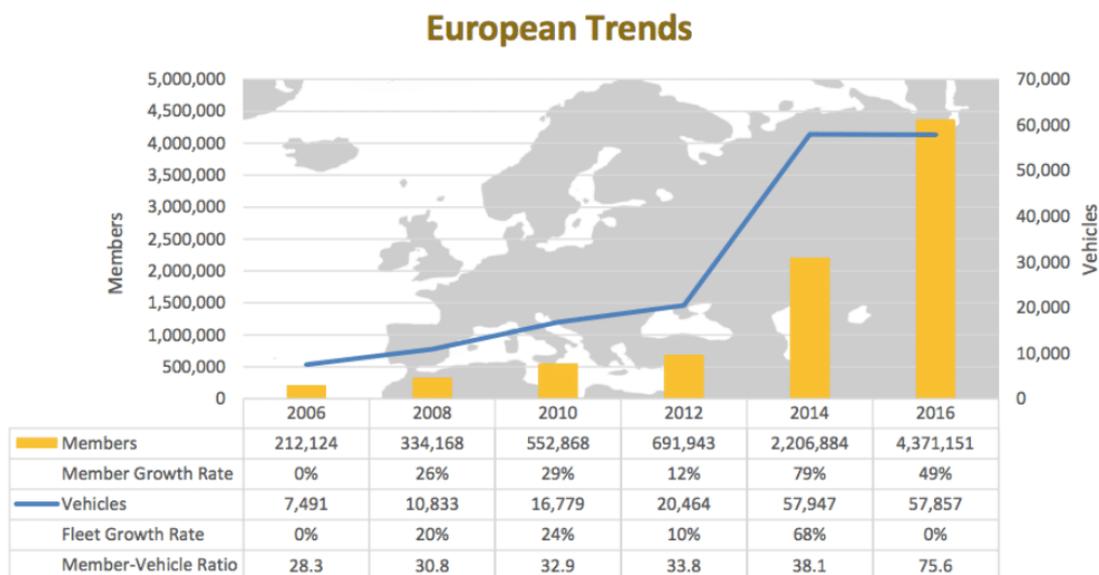


Ilustración 26. Progreso experimentado por la industria del carsharing entre 2006 y 2016. Fuente: Shaheen 2018 Spring Carsharing Outlook

Como se puede apreciar el aumento del volumen de negocio del sector ha sido muy considerable los últimos años, y se prevé que siga aumentando tras la buena acogida que ha tenido. Cabe añadir, que aunque el uso compartido de vehículos compartidos reduzca, como parece lógico, el número de ventas en las zonas donde se oferte, tampoco supondrá grandes problemas para la industria automotriz. Las razones son 2 principalmente. Por un lado, el desarrollo económico que están experimentando varios países en vías de desarrollo traerá consigo un aumento de la clase media en el país, y de manera consecuente un aumento de la demanda de vehículos, tanto para uso personal como compartido (situación que vive en la actualidad China). Por otro lado, las empresas mejor posicionadas en este mercado son propiedad de importantes fabricantes de automóviles, por lo que, simplemente, supondría una forma más de generar valor para sus corporaciones y no una amenaza más para sus modelos de negocio.

CAPÍTULO VII. CONSECUENCIAS DE LA ADOPCIÓN DEL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO

VII.1. Consecuencias de la adopción del automóvil eléctrico sobre la industria automotriz

VI.1.1. Modificación de la cadena de valor

La noción de arquitectura industrial dentro de una cadena de valor se refiere a la composición estructural de la red de compañías que intervienen en ella y la forma en que se interconectan. Desde fines de la década de 1980, la arquitectura industrial del automóvil se ha transformado profundamente a raíz del movimiento de desintegración vertical muy amplio de los fabricantes. Desde entonces y dependiendo del fabricante o modelo en cuestión, se estima que entre el 70 y el 80% de los costos de devolución de los vehículos tienen que ver con proveedores de equipos, proveedores y subcontratistas. Este aumento cuantitativo en la subcontratación también es un factor cualitativo, ya que se ha ampliado para incluir funciones de diseño y se ha delegado una serie de componentes estratégicos a los proveedores. Este doble movimiento ha culminó con el cambio de una arquitectura industrial llamada "jerarquía plana" (que había existido desde la Segunda Guerra Mundial) a una arquitectura en forma de pirámide desde finales de los años 80 en adelante. Aunque el objetivo inicial era "imitar" a los fabricantes de automóviles japoneses, los desarrollos en la modularidad desde finales de los años 90 han exacerbado esta tendencia al allanar el camino para los mega-proveedores ⁽²¹⁾.

En la visión piramidal de las cadenas de valor tan extendida hoy en día, el primer nivel está ocupado por mega-proveedores cuya función es desarrollar, producir y entregar herramientas complejas en bruto a los fabricantes de automóviles que actúan como verdaderos integradores de sistemas de cadena de suministro. El segundo nivel cuenta con proveedores más pequeños que trabajan en nombre de los proveedores de primer nivel y, a veces, son responsables de entregar elementos directamente a los fabricantes. Por último, el tercer nivel de esta pirámide de suministro involucrará a las pymes que suministran empresas de segundo nivel, principalmente a través de acuerdos de subcontratación ⁽²¹⁾.

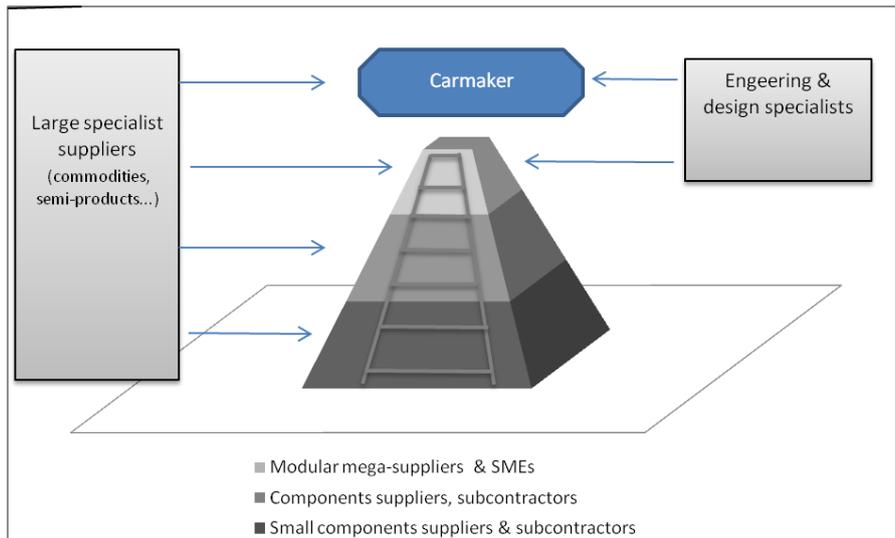


Ilustración 27. Arquitectura actual de la cadena de valor de la industria automotriz. Fuente: Frigant, Vincent. (2011)

Toda esta externalización de la producción tiene como consecuencia la pérdida de conocimiento respecto a las tecnologías que emplea tu propio producto. Con el automóvil de motor de combustión interna este hecho supone un riesgo menor, ya que el número de piezas es muy grande y cada proveedor es experto en elementos de alguno de los diversos subsistemas empleados. Esto hace del fabricante un actor necesario el cual se encarga del diseño de la integración de todos esos subsistemas. En el VE el número de subsistemas se reduce, lo que simplifica notablemente la integración de estos en el vehículo y de manera consecuente reduce el protagonismo del fabricante.

Como se ha mencionado en repetidas ocasiones a lo largo del trabajo, la batería es el elemento más costoso y de mayor valor añadido en el VE, llegando a alcanzar el 50% del coste como se puede apreciar en la *Ilustración 28*. Este valor se vería aumentado en parte por un gran descenso del costo proporcional de los elementos del tren de potencia, muchos de ellos tradicionalmente manufacturados por el propio fabricante (motor, dirección...). Además, los proveedores de TI y equipos electrónicos desempeñarán un papel más importante⁽²²⁾.

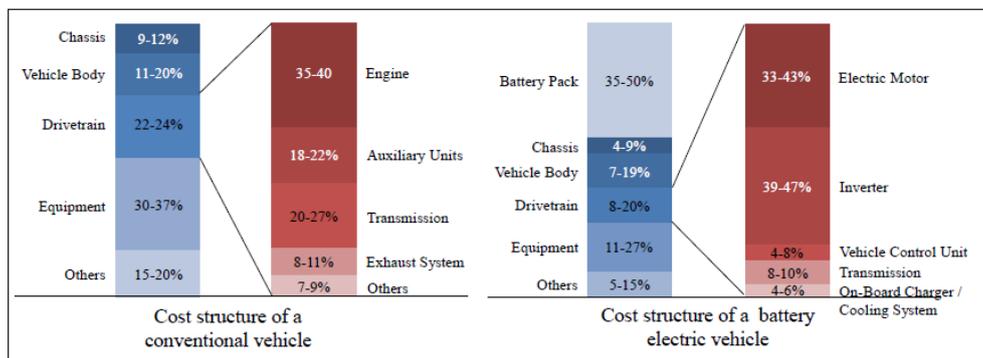


Ilustración 28. Estructura del coste de los vehículos convencionales y los BEVs. Fuente: An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels and Greenhouse Gas

Este hecho, obliga a los fabricantes a analizar su relación con los fabricantes de baterías, ya que esta situación podría abrir la puerta a que fabricantes de baterías tratarán de crear sus propias marcas de VEs. Por supuesto, esto les exigiría grandes inversiones.

Además, el descenso progresivo del precio del kWh en el que ellos mismos están trabajando, dificulta cada vez más el dar ese paso. Las opciones más plausibles parecen las siguientes:

- Integración vertical hacia atrás por parte fabricantes de VEs de un productor de baterías: crea una empresa subsidiaria que le proporcione las baterías que requiere, de esta manera se asegura la calidad y el coste de las mismas.
- Compra de una empresa fabricante de baterías. Las ventajas son similares a la opción anterior.
- Integración vertical hacia delante por parte de fabricantes de baterías: creación de una empresa cliente la cual produce VEs y le garantiza la demanda de su producción.
- Cooperación entre fabricantes de EVs y de baterías.

Desde el punto de vista económico, siempre parece más interesante para la propia empresa, que produzca las baterías de poder hacerlo a un coste competitivo, aunque esto no es tan sencillo ya que eso implicaría una producción a gran escala y el disponer de los conocimientos sobre almacenamiento eléctrico necesarios, los cuales nunca han sido necesarios en la industria hasta ahora. Una de las opciones más viables e interesantes para los fabricantes pasa por realizar ellos el diseño de las baterías y subcontratar únicamente su producción.

Sea el que sea el modelo de relación con los fabricantes de baterías escogido por los fabricantes de automóviles en Europa, siempre sería más interesante que apostaran por empresas erradicadas en Europa y con capital europeo (para generar empleo y riqueza respectivamente), o al menos una de las dos condiciones. Actualmente compañías en países asiáticos como China, Corea y Japón muestran ventajas comparativas en la producción de baterías para vehículos eléctricos. Producen aproximadamente el 95% de las baterías avanzadas en el mundo y poseen minas o tienen relaciones a largo plazo con proveedores de minerales ⁽²²⁾.

Otra consecuencia que tendrá la electrificación del transporte sobre la cadena de valor será el mayor valor de cada pieza o elemento suministrado debido a la menor cantidad de piezas en este tipo de vehículos. Esto también tendrá consecuencias sobre los procesos productivos, los cuales deberán ser más precisos y exigentes en materia de calidad.

Para terminar, el mayor uso de la electrónica dará lugar a cambios en el proceso de producción y la cadena de valor. Por ejemplo, Apple y Google han entrado en el mercado de vehículos eléctricos. Desarrollan automóviles, al tiempo que aprovechan su experiencia en electrónica y TI. La experiencia con teléfonos inteligentes, como baterías, pantallas, sensores y cámaras, probablemente sea importante en la cadena de suministro de los VEs ⁽²²⁾.

VI.1.2. Modificación de la cadena de suministro

La electrificación del automóvil trae consigo el cambio y la desaparición de tantos elementos que los vehículos con motor de combustión requieren. El primer gran cambio

que sufrirá la cadena de suministro en la industria es la simplificación de la misma, ya que el VE tiene muchas menos piezas, lo que limita el número de proveedores con el que será necesario tratar. Por otro lado, la introducción de diversos elementos nuevos no empleados hasta ahora en el motor de combustión también obligará a las empresas del sector a realizar multitud de nuevos acuerdos de suministro.

Para el sector automotriz, la escala de los cambios en la demanda de materiales para baterías EV requiere de gran atención para poder garantizar el suministro de materias primas. Debe anticipar y gestionar los desafíos potenciales y garantizar también la sostenibilidad de las cadenas de suministro. Además de cobalto, litio, manganeso y níquel, otros materiales afectados incluyen aluminio, grafito y cobre.

Los principales desafíos asociados con el suministro de materia prima incluyen:

- Incremento de la producción, vinculado a la disponibilidad de materias primas, posibles picos de precios, como el desequilibrio entre la demanda y la oferta y la concentración geográfica de la extracción y / o refinación.
- Impactos ambientales, por ej. Contaminación local, cadena de suministro de emisiones de CO₂, paisaje, destrucción, e impactos en los ecosistemas locales y recursos hídricos.
- Problemas sociales, incluido el trabajo infantil y elementos que influyen en el bienestar de comunidades afectadas por las operaciones mineras.

Gracias a las experiencias desarrolladas con “minerales de conflicto” (estaño, tantalio, tungsteno y oro), la trazabilidad y transparencia de las cadenas de suministro de materias primas surgió como un instrumento para ayudar a resolver algunos de los problemas y fomentar el abastecimiento sostenible de minerales.

La OCDE estableció los principios de la Guía de Debida Diligencia para las cadenas de suministro de minerales responsables, que son un importante recurso para fortalecer la acción en este sentido. Recomendaciones para ayudar a las empresas a respetar los derechos humanos y evitar contribuir al conflicto a través de sus decisiones y prácticas de compra de minerales.

La gestión del final de la vida útil de la batería es una práctica importante para reducir la necesidad de materias primas críticas y para limitar los riesgos de escasez. Las opciones caen dentro del marco 3R (reducir, reutilizar, reciclar), que, para baterías, es específicamente para reutilizar y reciclar. Respecto a la reutilización, es importante asegurar que las regulaciones sobre el final de la vida útil de las baterías de automóviles permitan un segundo uso (en lugar de eliminación y como alternativa al reciclaje).

Partiendo de la alta demanda que se prevé de todos los minerales necesarios para la fabricación de baterías (litio, cobalto, níquel) y circuitos eléctricos (cobre) existen diversos estudios que alertan respecto a la escasez de muchos de estos. Es por ello, por lo que muchas empresas del sector, tanto fabricantes de VEs como de baterías, están tratando de asegurarse la disponibilidad de los preciados minerales con contratos a largo plazo con empresas mineras, compras en el mercado de futuros e incluso invirtiendo capital en la propia industria.

Por otro lado, en el aspecto logístico del VE, es de gran interés para los fabricantes de VEs europeos disponer de fabricas de baterías en el propio continente, industria prácticamente inexistente en la actualidad. La razón de ser de esto radica en el gran volumen y peso de las mismas, lo que dificulta y encarece su transporte hasta las plantas de montaje, habitualmente localizadas cerca del mercado objetivo del vehículo, a pesar de ser una tendencia que se ha visto reducida los últimos años.

VI.1.3. Impacto sobre el trabajo

Como es lógico, la metamorfosis de la industria también tendrá consecuencias sobre el trabajo y las habilidades y competencias requeridas por las empresas del sector.

En general, se espera que la fabricación de vehículos eléctricos cause un impacto menor en los procesos de trabajo dentro de la industria automotriz. Como se mencionó anteriormente, los vehículos eléctricos requieren menos componentes que los vehículos con un motor de combustión interna. Puede haber menos componentes, pero la fabricación de componentes individuales (como el tren motriz y las interfaces de usuario, incluidos la electrónica y el software) requieren procesos tecnológicos complejos y diversos. Estos procesos son altamente automatizados. Habrá menos pasos de ensamblaje tradicionales (como soldadura y pegado), lo que implica que el volumen de actividades mecánicas disminuirá.

Esto significa que la fuerza de trabajo tiene que adquirir nuevos conocimientos relacionados con la robótica y la automatización. El número de empleos en líneas de montaje, mano de obra no cualificada, descenderá debido a la automatización. Esto es aplicable a los fabricantes pero no necesariamente a los proveedores de equipos electrónicos, sistemas de comunicación...⁽²²⁾

La transición a los vehículos eléctricos estabilizará o reducirá la demanda de ingenieros mecánicos y otros trabajadores que se centran en los componentes mecánicos de los automóviles. Este efecto no aparecerá (aún) cuando los autos híbridos continúen siendo un tipo importante de vehículos eléctricos. Cabe aclarar que en los automóviles siempre habrá componentes mecánicos, con el consecuente impacto en las necesidades de habilidades según el grado de automatización de las líneas de producción y los mecanismos de control de calidad.

Además de lo mencionado, los expertos están de acuerdo en la importancia que tendrá en la industria automotriz futura la capacidad de adquirir nuevas habilidades, ya que como toda tecnología de reciente implantación se espera que evolucione mucho sus primeros años⁽²²⁾.

La experiencia en electrónica y TI es una parte importante de las habilidades que la industria requerirá. Cuando los VEs también sean autónomos, la demanda de electrónica y habilidades relacionadas con las TI será aún mayor. Es probable que la transferencia de conocimiento de los componentes y sistemas de los *smartphones* sea un activo en la fabricación de futuros vehículos eléctricos. Lo que implicará una mayor demanda de

personal cualificado en tecnologías de la información, electrónica y electricidad, tanto para diseño y producción como mantenimiento.

La adopción de VEs también afectará a los requisitos de habilidades para la venta de estos, siendo necesaria la capacidad explicar (y vender) los diversos tipos de VEs.

Tratando de cuantificar el impacto sobre el empleo, un informe de la Comisión Europea indica que la producción de vehículos más limpios creará 461.000 empleos, los cuales la mitad requerirán de calificaciones alto nivel ⁽²³⁾. Esta creación de empleo afectaría a todos los sectores, y no a la industria automotriz en particular.

Yendo más allá, según un informe de T&E ⁽²⁵⁾, la creación de empleo de los fabricantes de automóviles dependería mayormente del porcentaje de VEs eléctricos comprados en el continente y fabricados en el mismo. En un escenario en el que en 2030 el 35% de las ventas fueran VEs, T&E estima que de no haber producción de VEs en Europa se destruirían el 32% de los empleos existentes en la manufactura. Sin suponer una gran diferencia, de llevarse a cabo la producción del 10% de los VEs vendidos en el continente se cree que la destrucción de empleo sería del 28%.

Por el contrario, cabe recordar que en la actualidad Europa es un exportador neto de vehículos y que la transición hacia el VE será muy progresiva, por lo que cabe esperar que la destrucción de empleo en la fabricación de vehículos no alcanzara dichas cotas. En situaciones más cercanas a la realidad actual del mercado el informe prevé un impacto muy pequeño sobre el número de empleos e incluso la creación de los mismos. T&E defiende que la fabricación en Europa del 90% de los vehículos vendidos en el continente implicaría una destrucción de empleo del 1%. Por último, de seguir siendo un exportador neto de vehículos y exportar un 20% de los VEs fabricados en el continente el informe augura un aumento del 8% en los empleos generados por la industria manufacturera ⁽²⁵⁾.

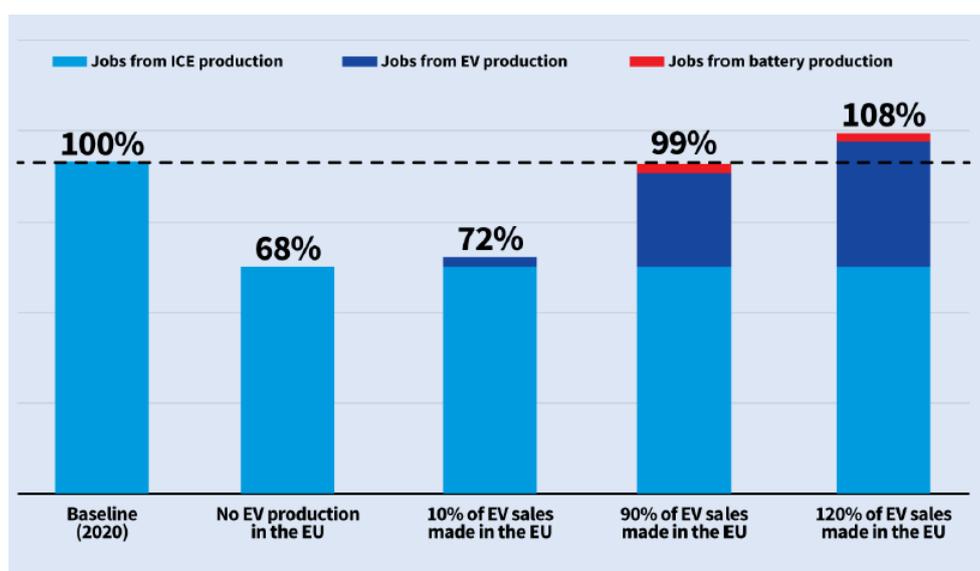


Ilustración 29. Proyección de empleos en la fabricación de automóviles en Europa según escenario. Fuente: T&E

Cabe destacar que según ese mismo informe la creación neta de empleo para el año 2030 sería de entre 500.000 y 800.000 empleos y de en torno a 2 millones para el año 2050 ⁽²⁵⁾.

Otro modo de analizar el futuro del sector puede ser basándose en las predicciones de las empresas líderes. Por ejemplo, Herbert Diess, CEO del grupo Volkswagen, el cual tiene prevista una inversión de 44.000 millones de euros en electromovilidad, nuevos servicios de movilidad y conducción autónoma, confirmó en la presentación de los resultados de 2018 el esperado impacto sobre el empleo de este cambio:

"La realidad es que fabricar un automóvil eléctrico implica un 30 % menos de recursos que un motor de combustión interna. Eso significa que tendremos que hacer recortes de empleos"

En ese mismo evento la compañía hizo público que estima que la automatización de las tareas más rutinarias resultará en la destrucción de entre 5.000 y 7.000 empleos de aquí al 2023. Por otro lado, también aseguran que en las áreas de software y arquitectura electrónica se crearán en torno a 2.000 puestos de trabajo.

Partiendo de que el Grupo Volkswagen tiene en la actualidad, según Statista, 656.000 empleados a nivel mundial, según sus propias predicciones la electrificación de la producción supondría, en los próximos 5 años, la destrucción de en torno a 4.000 puestos de trabajo, el 0.61% del total de la compañía. Basándonos en este dato y partiendo del hecho de que la manufactura de vehículos da empleo a 3 millones de personas en Europa ⁽²⁾, se puede considerar que de actuar el resto de las compañías del mismo modo que Volkswagen se destruirían en torno a 18.300 empleos en la industria manufacturera europea. Este número podría verse disminuido teniendo en cuenta la mayor proporción de empleados no cualificados que tienen las empresas del sector en países en vías de desarrollo. Por el contrario, también podría verse aumentado por el descenso de la demanda de automóviles que se prevé en Europa los próximos años.

VI.1.4. Impacto sobre la red comercial y de concesionarios

La irrupción de VE, como todo gran cambio sufrido por una industria es lento y genera incertidumbre sobre los posibles compradores. Esta incertidumbre tendrá como consecuencia una menor intención de compra, reduciendo el volumen de negocio por ventas de vehículos y aumentando el volumen de negocio mediante *renting* o *leasing*, ambas modalidades de alquiler a medio/largo plazo.

Se espera también que los concesionarios sufran una disminución de los ingresos por servicios. Hoy en día obtienen la mayor parte de los ingresos (44%, según Forbes) de partes y servicios. Cuando se trata de vehículos eléctricos, ese es un problema real, ya que requieren de muy poco mantenimiento en comparación con los automóviles tradicionales. Sus motores eléctricos y trenes de transmisión de una sola velocidad eliminan muchos servicios que generan ingresos que los concesionarios ahora dan por sentados. A medida que el cambio a la electricidad se acelera, los concesionarios estarán

bajo una presión cada vez mayor para compensar los ingresos de mantenimiento perdidos ⁽²⁴⁾.

Otro reto al que se enfrentarán los concesionarios será la dualidad de tecnologías. Los VEs no desplazarán completamente los automóviles con motor de combustión durante muchas décadas. Por lo tanto, en el futuro inmediato, los concesionarios de automóviles deberán ser expertos en la venta y el mantenimiento de ambos tipos de vehículos. El desafío con los EV es que, si bien son relativamente simples desde un punto de vista mecánico, electrónicamente son increíblemente complejos. Sus sistemas de baterías dependen en gran medida del software, los sensores inteligentes y las computadoras a bordo para que todo funcione correctamente. Solucionar problemas cuando las cosas van mal requiere técnicas especializadas, lo que obligaría a los concesionarios a soportar dos departamentos de servicio paralelos ⁽²⁴⁾. Esta situación podría llevar a la desaparición de los pequeños concesionarios y a la creación de superconcesionarios con distintos departamentos de venta y mantenimiento para cada tecnología, pudiendo crear un tercer departamento para los FCEVs.

Por último, cabe la posibilidad de que, siguiendo el ejemplo de Tesla y debido a la disminución de sus márgenes, muchos fabricantes opten por la venta directa. Tesla ha llevado el concepto de automóvil conectado a un nivel completamente nuevo. Debido a que sus automóviles tienen trenes de transmisión tan simplificados, se pueden agregar nuevas características a un automóvil existente a través de una descarga de software enviada por aire (OTA). No hay necesidad de entrar en un concesionario. De hecho, con Tesla, no hay distribuidores en absoluto. Sus coches se venden directamente. A medida que otros fabricantes de automóviles desplieguen sus propios vehículos eléctricos junto con los avances de OTA el número de servicios de los concesionarios disminuirá.

VI.1.5. Impacto sobre los proveedores

A lo largo de la transición hacia el VE, entre los proveedores, habrá vencedores, vencidos y empresas que verán su modelo de negocio mantenerse prácticamente intacto.

Los vencidos serán aquellas empresas especialistas únicamente en piezas que solo existen en los automóviles de motor de combustión interna. La transición al vehículo eléctrico las obligará o a cesar su actividad o a modificar su negocio por completo, paso realmente complicado y que por normal general exige grandes inversiones. La buena noticia para estas empresas es que la transición será progresiva y que dispondrán de tiempo para estudiar la posible adaptación de su empresa a la nueva realidad del sector.

Cabe esperar que los fabricantes de elementos del motor de combustión o de elementos para los circuitos auxiliares que estos requieren vayan reduciendo su actividad productiva a medida que el uso y producción de este tipo de motores disminuye. A menor tamaño del proveedor, mayores serán las posibilidades de que este desaparezca a lo largo de la transición al VE.

Entre las empresas beneficiadas por la transición se encuentran las desarrolladoras de software, las dedicadas al plástico para automoción y, por supuesto, las fabricantes de elementos eléctricos y electrónicos para automoción.

Junto al coche eléctrico también se espera que la demanda de servicios digitales asociados a la movilidad aumente exponencialmente, lo que abriría la puerta a grandes acuerdos comerciales con fabricantes de vehículos a empresas establecidas en el sector como Google, Huawei, Apple, IBM... Además, todo el sistema electrónico del vehículo, el cual controla prácticamente todos los elementos del VE menos la dirección, requiere de programación del mismo. Este es un mundo en el que hasta ahora los fabricantes se han desarrollado muy poco y un gran mercado de nueva creación para empresas tecnológicas, por lo que parece muy probable que se alcancen amplios acuerdos entre ambos sectores.

Otra industria la cual confía en crecer a través de la transición al VE es la de los plásticos para automoción. La principal razón es el gran interés mostrado por los fabricantes de EVs en reducir al máximo el peso del vehículo. De este modo muchos fabricantes están estudiando que piezas de los automóviles del futuro podrían estar fabricadas con materiales mucho más ligeros como el plástico. Además este impulso supone un soplo de aire fresco para una industria siempre amenazada por las implicaciones medioambientales que el uso de plásticos tiene debido a la dificultad de su reciclaje.

Como es obvio, y se ha mencionado en repetidas ocasiones a lo del trabajo, los fabricantes de baterías verían su negocio aumentado hasta unas cotas nunca vistas antes el sector. Lo que no está tan claro, como se menciona en el apartado VI.1.1., es cuál será la relación establecida entre fabricantes de baterías y los propios fabricantes.

Otros proveedores sin riesgo de quedar fuera del mercado debido a esta transformación de la industria, como los de la carrocería, podrían ver aumentadas sus exigencias tratando de buscar métodos de aligerar el vehículo para aumentar la autonomía del mismo.

VII.2. Consecuencias de la adopción del automóvil eléctrico sobre otras industrias

El sector eléctrico será uno de los más afectados por la electrificación del transporte, ya que son los productores de la energía que este emplea. Como se ha mencionado anteriormente, uno de los factores que más ayudan en la penetración en el mercado del VE es la disponibilidad de puntos de recarga. Puntos de recarga que en la actualidad son instalados principalmente por los fabricantes de los VE y las empresas energéticas. Lógicamente esto supone inversiones, y de gran dimensión, pero también facilita el acceso a su propia red y el aumento de la demanda del bien que ofrecen, abriendo un nuevo mercado el cual no dejará de crecer los próximos años.

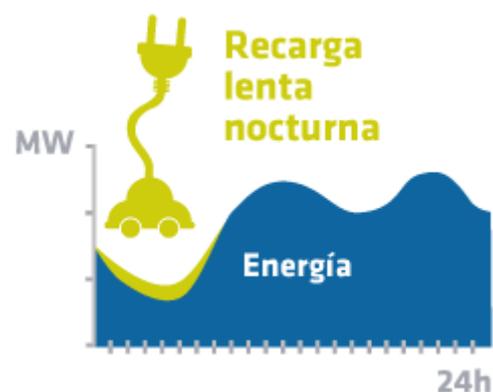
Un aumento de la demanda excesivo podría llegar a ser un gran problema tanto para los consumidores, esta implicaría un aumento de precio, como para las eléctricas, que

requerirían de más potencia instalada que la actual. Este hecho no debería suponer ningún inconveniente, ya que todos los estudios al respecto están de acuerdo en que la demanda aumentaría pero no se dispararía. Según la consultora McKinsey, el impacto sobre la red eléctrica de la normalización del VE sería mínimo ⁽¹⁶⁾. Según apuntan, en Alemania, con un 40% del parque móvil compuesto por BEVs, la demanda del transporte por carretera únicamente supondría un 6,46% de la demanda nacional total. Por poner otro ejemplo, según predicciones de la EEA, partiendo de un parque móvil compuesto al 80% por VEs en 2050, la demanda media de la UE no superaría el 10% de la demanda total ⁽²⁹⁾. Este aumento no supondría un problema para el sector, llegando incluso a poder suponer la solución a dos grandes problemas de la industria: la dificultad para integrar las energías renovables en la red eléctrica y la gran diferencia entre la demanda diurna y nocturna.

El primero de estos problemas tiene su origen en la falta de estabilidad que ofrecen las energías renovables debido a su dependencia sobre las condiciones ambientales. El coste de almacenaje de la energía eléctrica es muy alto y es por esto por lo que las eléctricas siempre persiguen producir la misma cantidad de energía que se vaya a emplear. El disponer de vehículos con grandes baterías supondría la posibilidad de disponer de puntos de almacenaje de energía eléctrica todo el tiempo que estos se pasaran aparcados (más del 90% de media), sistema conocido como *Vehicle-to-Grid* (del vehículo a la red en castellano) el cual facilitaría tremendamente la introducción de las energías renovables en el sistema eléctrico. Además, una vez no son válidas para los VEs, esas baterías también pueden ser reutilizadas para almacenar los excedentes de electricidad. Marcas como Nissan, Renault o Audi ya han realizado proyectos de este tipo ⁽²⁸⁾.

El segundo de los problemas a los que los VEs podrían dar respuesta es a la gran bajada de la demanda de energía habitual en horario nocturno. Con esta solución ganarían tanto el consumidor, con un menor costo por recarga, como las eléctricas, pudiendo reducir menos la producción de electricidad reduciendo al mismo tiempo los altos costos de puesta en marcha de los centros de generación (*Ilustración 30*).

Ilustración 30. Allanamiento del valle nocturno en la curva de carga gracias a la recarga nocturna.
Fuente: Red Eléctrica de España



Por último, la industria eléctrica podría verse beneficiada por el aumento de inversiones en investigación y desarrollo, por parte de la industria automotriz, en métodos de almacenamiento de energía, campo hasta ahora de muy poco interés para el automovilismo. Esta nueva situación podría incluso llevar a alianzas para proyectos de investigación entre eléctricas y fabricantes de VEs.

Otra industria que sufriría, y mucho, las consecuencias de la electrificación del transporte sería la del *Oil&Gas*. En Europa, el transporte es el principal cliente del petróleo, impulsando dos tercios de la demanda de productos petrolíferos finales ⁽²⁵⁾. Los VEs no consumen ningún tipo de combustible, por lo que la demanda de la gasolina y el diesel se desplomaría en aquellos países donde el porcentaje de VEs fuera considerable.

Empezando por las gasolineras, estas verían su negocio disminuir cada vez a mayor velocidad. Es por esto, por lo que grandes petroleras como BP o Shell han apostado por la tecnología de hidrógeno, ya que este modelo es muy similar, en lo que respecta al repostaje, a los combustibles hasta ahora empleados. Además, este modelo no permite a los conductores repostar en su propia casa, lo que le reportaría un beneficio mayor. De todas maneras, parece lógico que todas las actuales gasolineras instalen puntos de recarga, ya sea por imperativo legal, o por el interés en distribuir sus fuentes de ingresos.

En lo que respecta a las refinerías, al menos en Europa, las previsiones no son las mejores, ya que la disminución de la demanda de combustibles supondría el cierre de varias de las mismas. Un experto en la materia como Francis Duseux, presidente de la UFIP, estimó en 2015 que para 2040 entre un 25 y un 30% de las refinerías europeas echarán el cierre debido a la falta de rentabilidad. Esto supondría el cierre de entre 20 y 25 refinerías de las 79 que había activas en dicho momento ⁽³⁰⁾.

A nivel global, a pesar del gran aumento de las ventas de VEs, la demanda de petróleo no ha parado de aumentar (*Ilustración 31*), y esto tiene su origen en la vertiginosa motorización que están viviendo las economías en desarrollo. A pesar de que la demanda aumenta, varios estudios afirman que la demanda máxima de petróleo se alcanzará en la de década de 2020. Entre estos, se encuentra el realizado por Carbon Tracker, en cual lo sitúa en el mismo 2020 ⁽³¹⁾. El hecho de que el aumento de la demanda llegue desde países con menor poder adquisitivo, podría en un futuro en el que estas economías fueran su principal mercado, obligar a las extractoras de crudo a reducir sus precios.

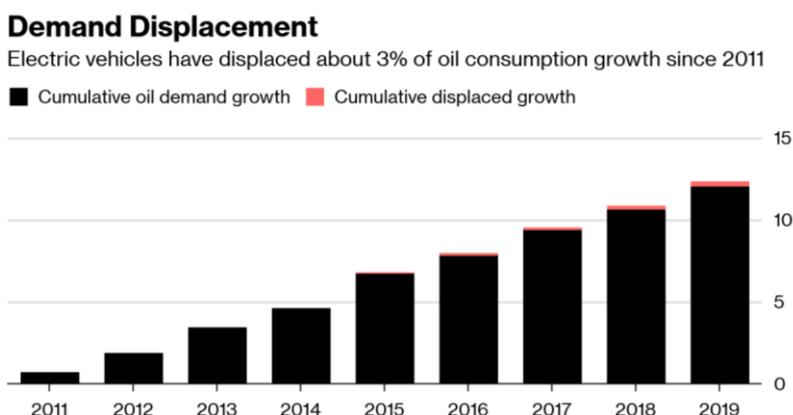


Ilustración 31. Crecimiento de la demanda diaria de petróleo en millones de barriles y porcentaje reducido por VEs. Fuente: Bloomberg

La adopción del VE también tendría importantes consecuencias para la industria minera. Esta se verá mucho más exigida por la alta demanda de minerales para la fabricación de baterías (níquel, litio y cobalto), carrocería más ligera (aluminio) y mayor cantidad de

cableado (cobre). El aumento de esta demanda tendrá como consecuencias el aumento del precio de estos minerales e, incluso, posibles desabastecimientos de alguno de los mismos (el níquel y el cobalto parecen los más plausibles).

Partiendo del hecho de que Europa no dispone de grandes cantidades de ninguno de los minerales mencionados, la necesidad de importarlos será negativa para la balanza comercial del continente.

Teniendo en cuenta que el objetivo perseguido a través de la electrificación del automóvil es el cuidado del planeta, también cabe esperar que las exigencias ambientales en la industria se endurezcan, lo que en más de un caso obligaría también al desarrollo de nuevos procesos productivos. Desde el punto de vista medioambiental, el litio, mineral actualmente vital para la fabricación de baterías para VE, es el que más preocupa, ya que cada tonelada del mismo implica la evaporación de alrededor de 2 millones de litros de agua ⁽³²⁾. Lo que ha generado grandes conflictos en países productores como Chile y Argentina.



Ilustración 32. Manifestación en contra de la explotación minera de las Salinas Grandes. Fuente: UNSAM

En lo que respecta a minería responsable también preocupa mucho la situación geopolítica de la República Democrática del Congo, principal productor mundial de cobalto del mundo (realizó el 53,66% de la producción mundial en 2016 ⁽³³⁾) y uno de los países con menor índice de desarrollo del mundo. El cobalto, que tiene como función el incrementar el rendimiento y vida útil de las baterías, es un metal muy escaso en la corteza terrestre (apenas un 0,001%), lo que a muchos fabricantes de baterías les sirve de excusa para comprarlo a un país donde el trabajo infantil es tónica habitual.

Por lo demás, también se puede esperar que la minería, un sector que los últimos años no se ha automatizado ni ha innovado prácticamente en sus procesos, pudiera vivir una revolución debido al aumento de la exigencia de sus clientes y la disponibilidad de nuevos ingresos que le permitieran afrontar importantes inversiones. Ante la posibilidad de no poder abastecer la demanda derivada del auge del VE, también se espera que el número de prospecciones en busca de nuevos yacimientos de los minerales mencionados anteriormente aumente.

Las empresas tecnológicas también podrían obtener parte de un pastel del que hasta el momento no han llegado a formar parte. La electrificación del automóvil traerá consigo un aumento inmenso de la importancia de la electrónica del vehículo. Esto incluye la monitorización del desempeño del vehículo para posteriores actualizaciones del software que emplea o para detectar posibles averías. El hecho de convertir el automóvil en un ordenador con ruedas abre un mundo de posibilidades para el desarrollo de nuevos servicios relacionados con la electrónica de consumo como asistentes virtuales, servicios de publicidad basados en la localización, el desarrollo de sistemas operativos específicos para automóviles, actualizaciones OTA, mejoras mediante software... Todos estos campos son campos desconocidos para la mayoría de fabricantes actuales, lo que permitiría a grandes empresas tecnológicas entrar en ese mercado a través de acuerdos estratégicos con empresas afianzadas en el sector.

Además, la reducción de la relevancia del aspecto mecánico de los VE llegaría a abrir la posibilidad de que las empresas tecnológicas más grandes del mundo (como por ejemplo Google o Apple) pudieran plantearse la posibilidad de fabricar ellos mismos su propio VE, aunque por el momento no parece que sea una opción a corto plazo. Con la llegada del coche autónomo esta situación podría cambiar al reforzar aún más la posición de las empresas tecnológicas.

Para terminar y sin corresponder esta consecuencia a ningún sector en particular, uno de los beneficios clave de un cambio a la movilidad eléctrica es que reduce la dependencia energética de Europa (del 53,6% de media en 2016 ⁽¹⁵⁾), particularmente sobre el petróleo. La dependencia de Europa de las importaciones de crudo ha aumentado considerablemente en los últimos 15 años, ya que las reservas de petróleo del Mar del Norte han disminuido drásticamente, de manera que el 88% de todo el petróleo crudo se importa y, en 2015, Europa gastó en total alrededor de € 215 mil millones en importaciones de petróleo crudo y diesel. Este dinero sale de la economía de la UE: solo hay una empresa de la UE (Shell) entre los 10 principales proveedores de petróleo de la UE (en el décimo lugar) ⁽²⁵⁾.

A pesar de que esta reducción no es una consecuencia directa del aumento del parque móvil eléctrico, el VE es, en este aspecto, una herramienta fundamental, ya que abre la posibilidad de circular por carretera con energía nacional, la cual tendrá que ser, al menos en su mayoría, renovable, ya que en Europa el único país con reservas considerables de petróleo es Noruega, como se puede intuir en *Tabla 3*.

Dependencia energética en Europa (2016)

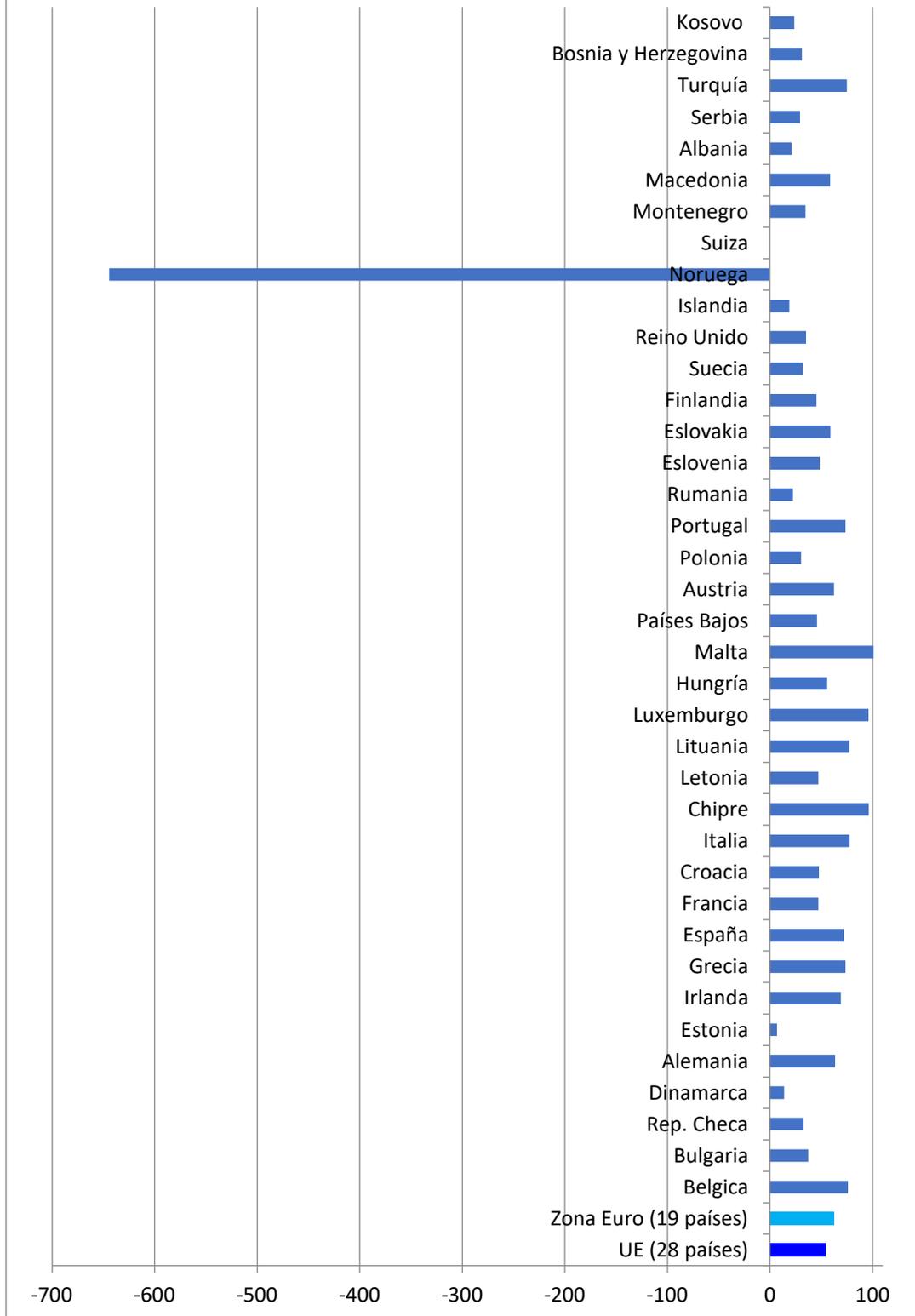


Tabla 3. Dependencia energética porcentual en Europa. Elaboración propia. Fuente: Eurostat

CAPÍTULO VIII. ADAPTACIÓN DE LA INDUSTRIA EUROPEA AL NUEVO MODELO

En este capítulo se plantean una serie de medidas que ayudarían a la industria europea a mantener su posición en el mercado e incluso mejorarla durante la transición al VE.

VIII.1. Investigación y desarrollo

Ante la falta de materias primas como el litio, el cobre o el platino, metales cuya demanda por parte de la industria automotriz parece que aumentará hasta cotas nunca antes conocidas, parece de vital importancia para la industria europea la inversión en investigación en desarrollo de nuevas baterías o métodos eficaces de reciclaje de las mismas.

Dejando de lado los materiales empleados también se hace necesario el desarrollo de nuevos procesos o tecnologías, que aunque no llegaran a reducir la dependencia sobre esos materiales harían de la UE un mercado más competitivo en la fabricación de VEs, ayudando a mantener la posición de liderazgo tecnológico de la dispone en estos momentos según el informe sobre la realidad del VE realizado por Roland Berger ⁽¹⁴⁾.

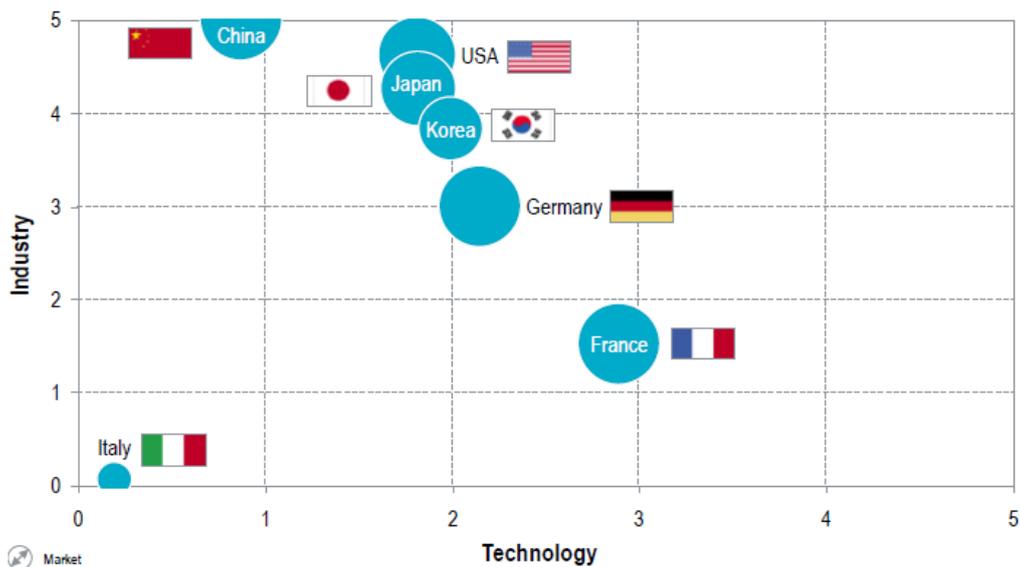


Ilustración 33. Cuadrante que interrelaciona la industria y la tecnología de la que dispone la industria automotriz de cada país en materia de VEs. Fuente: Roland Berger

VIII.2. Aumento de la oferta de estudios relacionados con las nuevas tecnologías

El objetivo de Europa, según la propia CE es ser referencia tecnológica en busca de la descarbonización, lo que requiere de una reconversión de la oferta de titulaciones actual, especialmente en regiones donde la automoción es uno de los motores económicos.

La industria del automóvil va a cambiar y en consecuencia los conocimientos demandados por el sector, lo que exige la adecuación de la oferta formativa a las necesidades de la industria del futuro.

Como se ha mencionado en repetidas ocasiones, el futuro del automóvil pasa por la electrónica, la informática y el desarrollo de baterías cada vez más energéticamente densas. Por esta misma razón, el ofrecer más plazas e incentivar a los jóvenes del futuro a realizar estudios relacionados con estos campos dotaría a las empresas europeas del sector de los conocimientos necesarios para mantener su posición privilegiada en el mercado.

VIII.3. Plan estratégico a nivel europeo para las empresas en riesgo de obsolescencia

Con la desaparición del vehículo con motor de combustión, muchos proveedores de la industria automotriz, fabricantes de elementos para ese tipo de vehículos, se quedarían completamente fuera del mercado, desapareciendo y destruyendo gran cantidad de puestos de trabajo. Es por esto por lo que aquellas regiones altamente dependientes del sector del automóvil, como lo es el País Vasco, podrían crear un plan de transición hacia el VE que diera apoyo a aquellas empresas competitivas en la actualidad y en riesgo de disrupción.

Tras realizar un plan de viabilidad de la planta, de no considerarse posible una reconversión de la misma se pasaría a realizar un plan de desmantelamiento ordenado y progresivo de la misma tratando de minimizar los daños a todas las partes.

Este tipo de medidas tendría por objetivo mantener las distintas regiones como polos de la industria automotriz y evitar que grandes fabricantes ya instalados se vieran obligados a trasladar una planta productiva a otro enclave debido a la falta de proveedores con la capacidad de dar respuesta rápida y de calidad a sus necesidades.

Esto implicaría la creación de planes de formación adaptativa para los trabajadores que llevan años en la industria relacionados con la electrónica, la electricidad y la programación, ya fuera para aquellas plantas reconvertidas o las abocadas al cierre.

Un plan de estas características ayudaría a la industria y todos sus componentes a realizar la transición de manera organizada y minimizando el impacto sobre la economía de la región, llegando incluso a poder suponer un impulso a la misma.

VIII.4. Medidas fiscales

En la actualidad se aplican multitud de ventajas fiscales a los VEs buscando que la demanda de estos aumente y las emisiones a la atmósfera de GEI disminuya. Como ejemplo, de los 28 países que conforman la UE 25 de ellos tienen incentivos fiscales para los VEs, siendo las únicas excepciones los casos de Croacia, Estonia y Lituania ⁽²⁷⁾. Partiendo de la destrucción de empleos que supondría la importación de los VEs, además de a nivel macroeconómico, sería de gran interés para la UE la aplicación de

impuestos mayores que a los fabricados en la UE a aquellos modelos fabricados fuera de la Unión, siguiendo el ejemplo de EEUU. Esto incentivaría la creación de plantas productivas a lo largo del continente.

Por otro lado, con la actual política fiscal, la adopción del VE supondría un agujero cada vez más grande para los gobiernos europeos. Por un lado están los impuestos de matriculación y de circulación, reducidos o incluso exentos en algunos países para VEs, los cuales tras la transición podrían restablecerse para los VEs en los valores actuales, o incluso superiores, aplicados a los vehículos con motor de combustión. El problema que no parece tener tan fácil solución es el de la recaudación llevada a cabo a través del impuesto sobre los carburantes, ya que con el VE la fuente de energía empleada es la misma que se emplea para la iluminación de los colegios o hacer funcionar los ascensores, lo que la hace un bien de primera necesidad.

Siguiendo las políticas de los últimos años, se espera que la presión fiscal sobre los carburantes siga aumentando a medida que el VE se vuelve más asequible y más habitual. Cubriendo inicialmente el agujero que supondría la baja presión fiscal sobre el VE.

A largo plazo, la recaudación perdida debería ser reemplazada por el ahorro generado en la sanidad pública gracias a la mejor calidad del aire, por los impuestos a la mayor electricidad demandada y por los impuestos recaudados gracias a los puestos de nueva creación generados por el auge de las energías renovables.

VIII.5. Alianza Europea de las Baterías

Las baterías serán tan esenciales para la industria automotriz del siglo XXI como lo fueron los motores de combustión en el siglo XX. Si la UE pretende mantener su posición de liderazgo en el sector, pero también en sistemas de energía limpia, tiene que tener independencia para desarrollar y producir baterías. Para Europa, la producción de baterías es un imperativo estratégico para la transición hacia la energía limpia y la modernización y competitividad de su industria, incluyendo el sector del automóvil. Esto generará, al mismo tiempo, empleos y crecimiento, estimular la investigación e innovación y preparar a la industria europea para apoyar los compromisos climáticos establecidos por la UE bajo el contexto del Acuerdo de París. Además, el objetivo de la "Nueva Estrategia de Política Industrial" de la Comisión Europea es convertir a la UE en el líder mundial en innovación, digitalización y descarbonización ⁽²⁶⁾.

Es por todo esto, por lo que la AEB fue creada promovida por la UE. Su principal objetivo es la creación de una industria productora de baterías competitiva, sostenible e innovadora. Hasta el momento, desde su creación en Octubre de 2017, su mayor logro ha sido la redacción y aprobación de un plan estratégico de acción para las baterías.

Con el plan estratégico de acción para las baterías, la Comisión adoptó una serie de medidas concretas para desarrollar un "ecosistema" de baterías innovador, sostenible y competitivo en Europa ⁽²⁶⁾. El plan tiene por objetivos:

- Asegurar el acceso a materias prima para la fabricación de baterías desde países ricos en recursos fuera de la UE y facilitar el acceso las materias primas europeas, incluyendo aquellas provenientes del reciclaje de las baterías.
- Apoyar las economías de escala en la fabricación de células de batería europeas y una cadena de valor competitiva completa en Europa. La Alianza reúne a actores clave de la industria y autoridades nacionales y trabaja en asociación con los países de la UE y el BEI para apoyar proyectos de fabricación transfronterizos.
- Fortalecer el liderazgo industrial a través de investigación e innovación aceleradas que apoyen tecnologías ya avanzadas (baterías de ion-litio) y disruptivas (baterías de estado sólido).
- Desarrollar y fortalecer una fuerza de trabajo altamente cualificada a lo largo de toda la cadena de valor en Europa. Esto incluye proporcionar formación adecuada a nivel nacional y continental, incentivar la formación para empleados del sector y hacer de Europa un destino atractivo para expertos en la materia a nivel mundial.
- Apoyar la sostenibilidad de la industria europea de baterías con la menor huella ecológica posible a través de un ciclo de vida circular (*Ilustración 34*). Esto implica establecer requerimientos de seguridad y sostenibilidad para la producción de baterías en Europa.
- Garantizar la coherencia con el marco regulador y habilitador más amplio de la UE (estrategia de energía limpia, políticas comerciales, estrategia de movilidad, etc.).

Como resultado al gran trabajo desarrollado por al AEB, entre 2018 y 2022, van a construirse 6 nuevas fábricas de baterías para VEs. Lo que permitiría al Viejo Continente representar entre el 15 y el 20% de la producción mundial en el año 2025. De estas nuevas fábricas la más destacable es la de Northvolt en Suecia, donde la propia compañía espera escalar su producción hasta los 32GWh anuales para el año 2023. Esa cifra productiva la situaría entre las 10 mayores productoras de baterías a nivel mundial ⁽³⁴⁾.



Ilustración 34. Ciclo de las baterías producidas en Europa. Elaboración propia.

CAPÍTULO IX. DISTRIBUCIÓN DE TAREAS. DIAGRAMA DE GANTT

En este capítulo se muestra la *Tabla 4* con la distribución de las tareas llevadas a cabo a lo largo del proyecto y en la *Ilustración 35* un diagrama de Gantt con el reparto gráfico de sus tiempos.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1		Búsqueda información	75 días	jue 14/02/19	mié 29/05/19	
2		Reunión tutor TFG	0 días	mar 26/02/19	mar 26/02/19	
3		Elaboración índice provisional	4 días	mar 26/02/19	vie 01/03/19	2
4		Replanteamiento del TFG	4 días	mar 26/03/19	vie 29/03/19	
5		Reunión tutor TFG	0 días	lun 01/04/19	lun 01/04/19	4
6		Redacción índice	2 días	lun 01/04/19	mar 02/04/19	5
7		Redacción introducción, contexto, objetivos, beneficios y metodología	14 días	mié 03/04/19	lun 22/04/19	6
8		Reunión tutor TFG	0 días	mar 23/04/19	mar 23/04/19	
9		Elaboración estado del arte	38 días	mar 23/04/19	jue 13/06/19	8
10		Elaboración conclusiones	8 días	vie 14/06/19	mar 25/06/19	9
11		Reunión tutor TFG	0 días	lun 17/06/19	lun 17/06/19	
12		Elaboración Diagrama de Gantt	1 día	lun 24/06/19	lun 24/06/19	

Tabla 4. Distribución de tareas a lo largo de la realización del trabajo. Elaboración propia.

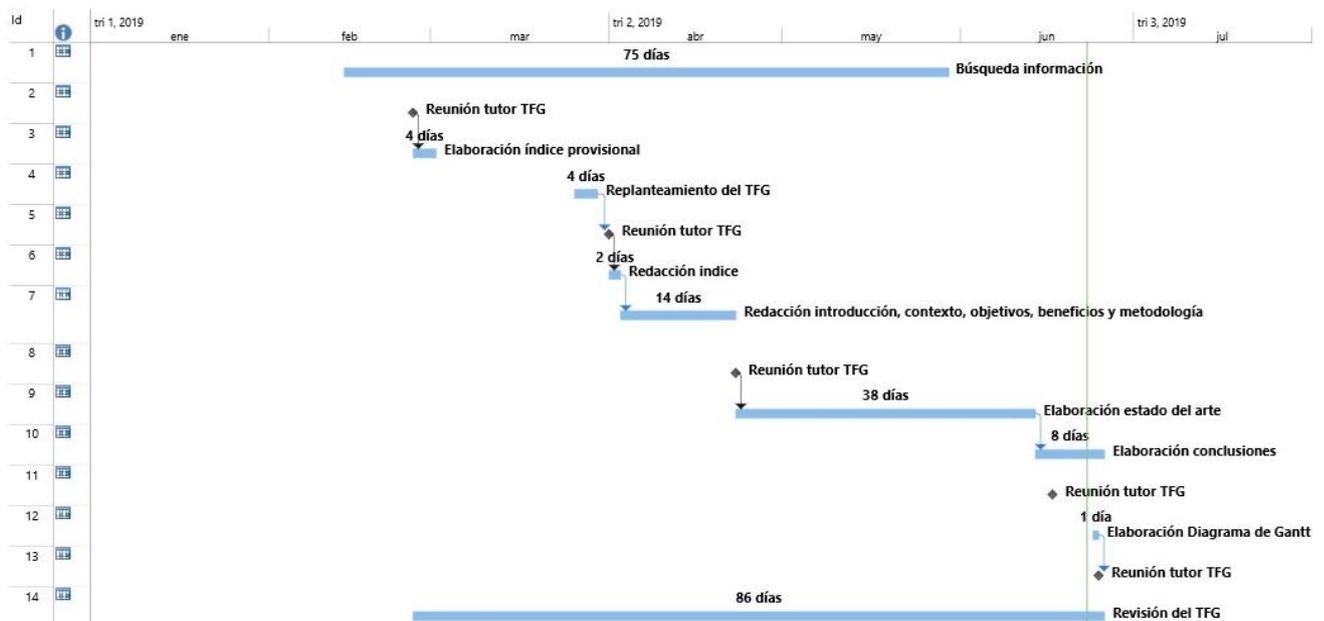


Ilustración 35. Diagrama de Gantt describiendo la distribución de tiempos para la realización del trabajo. Elaboración propia.

CAPÍTULO X. CONCLUSIONES

En este capítulo se tratan las conclusiones que se han extraído a lo largo del proyecto.

En primer lugar, se concluye que la nueva realidad de la industria del automóvil va a ser muy distinta a la actual: con un mercado mucho más abierto donde las empresas tradicionales podrían perder parte de su peso actual y con el desplazamiento de la demanda a países cuya economía está en vías de desarrollo como China e India.

En segundo lugar, hay que resaltar que aunque la industria europea en la actualidad no sea una referencia en la manufactura de VEs, dispone de las herramientas necesarias para situarse en una posición privilegiada en el mercado del VE a través del liderazgo tecnológico del que ya dispone la industria del automóvil de Francia y Alemania, y la inversión continuada en investigación y desarrollo que ayude a generar ventajas competitivas.

Por otro lado, se subraya la necesidad de minerales de los que Europa no dispone que tendrá la industria automotriz. Hecho que obliga a los fabricantes a generar acuerdos confiables de suministro de los mismos que doten de estabilidad a la actividad productiva y en consecuencia al sector.

Asimismo, se puede esperar que la electrificación del transporte también suponga la destrucción de empleos en algunos sectores, tanto en refinerías de toda Europa como en la propia industria con la disrupción que experimentarán gran cantidad de proveedores actuales. Estos proveedores darán paso a profesionales con alto grado formativo en materias como la electrónica, la electricidad y la informática. Por otro lado, también se espera que junto a la mayor implantación de las energías renovables, las cuales se ven beneficiadas por la electrificación del transporte, se generen gran cantidad de puestos de trabajo vinculados a las mismas además de reducir la dependencia energética que sufre Europa.

Finalmente, se puede afirmar que en cómputo global no se espera que la industria europea vea afectada de manera significativa su competitividad debido a la transición al VE. Cabe esperar que la industria a nivel mundial viva una época de transición donde la inestabilidad laboral y económica en el sector será tónica habitual, pero de la mano de un buen planteamiento estratégico y el desarrollo tecnológico continuo esto no debería suponer un gran problema para la importante industria automotriz europea.

CAPÍTULO XI. BIBLIOGRAFÍA

1. International Energy Agency. *CO₂ Emmissions Statistics*. URL: <https://www.iea.org/statistics/co2emissions/>
2. European Commission. *Automotive Industry*. URL: https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive_en
3. Zhao, G. (2017). *Reuse and Recycling of Lithium-Ion Power Batteries*. URL: https://books.google.es/books?id=1U8nDwAAQBAJ&pg=PA1&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false
4. McFadden, Christopher. (2018). *A brief history and evolution of electric cars*. URL: <https://interestingengineering.com/a-brief-history-and-evolution-of-electric-cars>
5. Wikipedia. (2019). *Batería de ácido y plomo*. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_plomo_y_%C3%A1cido
6. Wikipedia. (2019). *Crisis del petróleo de 1973*. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_del_petr%C3%B3leo_de_1973
7. Wikipedia. (2019). *Guerra de Yom Kipur*. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Guerra_de_Yom_Kipur
8. Shahan, Zachary. (2015) *.Electric car evolution*. URL: <https://cleantechnica.com/2015/04/26/electric-car-history/>
9. Europa Press. (2019). *La autonomía del vehículo eléctrico aumenta un 135% en los últimos seis años, según Wisdom* . URL: <https://www.economista.es/ecomotor/motor-ecologico/noticias/9815070/04/19/La-autonomia-del-vehiculo-electrico-aumenta-un-135-en-los-ultimos-seis-anos-segun-Wisdom-Tree.html>
10. Wikipedia. (2019). *AMC Amitron*. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/AMC_Amitron
11. Wikipedia (2019). *AMC Electron*.URL: https://es.wikipedia.org/wiki/AMC_Electron
12. Fuentes, Victoria. (2019). *Este es el mapa que explica por qué en Japón y Alemania el coche de hidrógeno es una realidad viable*. URL: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/este-mapa-que-explica-que-japon-alemania-coche-hidrogeno-realidad-viable>
13. ABC Reportajes. (2019). *Qué cuesta más: un coche eléctrico, un gasolina, uno de gas, un diésel o uno de hidrógeno*. URL: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-cuesta-mas-coche-electrico-gasolina-diesel-o-hidrogeno-201811141406_noticia.html
14. Roland Berger & FKA. (2018). *E-mobility Index 2018*. URL: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/Roland-Berger-E-Mobility-Index-2018-E-final-2.pdf
15. Eurostat. (2016). *Energy dependence*. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&language=en&pcode=t2020_rd320&toolbox=type
16. Engel, Hauke & Hensley, Rusell & Knupfer, Stefan & Sahdev, Shivika. (2018). *The potential impact of electric vehicles on global energy systems*.

- URL: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-potential-impact-of-electric-vehicles-on-global-energy-systems>
17. ACEA. (2019). *Interactive Map: Correlation between uptake of electric cars and GDP in the EU*. URL: <https://www.acea.be/statistics/article/interactive-map-correlation-between-uptake-of-electric-cars-and-gdp-in-EU>
 18. Europa Press. (2019). *Un abaratamiento del 10% del precio de la batería impulsaría un 15% la compra de coches eléctricos*. URL: <https://www.elmundo.es/motor/2019/05/28/5cefc3efc6c83d8708b4577.html>
 19. López Redondo, Noelia. (2019). *Así ha aumentado la autonomía de los coches eléctricos en los últimos seis años*. URL: <https://movilidadelectrica.com/asi-ha-aumentado-la-autonomia-de-los-coches-electricos-en-los-ultimos-seis-anos/>
 20. Kochhan, Robert & Fuchs, Stephan & Reuter, Benjamin & Burda, Peter & Matz, Stephan & Lienkamp, Markus. (2014). *An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels and Greenhouse Gas Emissions*. URL: https://www.researchgate.net/publication/260339436_An_Overview_of_Costs_for_Vehicle_Components_Fuels_and_Greenhouse_Gas_Emissions
 21. Frigant, Vincent. (2011). *The three major uncertainties facing the European automotive industry*. European Review of Industrial Economics and Policy. URL: https://www.researchgate.net/publication/250916532_The_three_major_uncertainties_facing_the_European_automotive_industry
 22. Lindström, Markus & Heimer, Thomas. (2017). *Electric vehicles: Shifting gear or changing direction?* URL: <https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/wpfomeef18004.pdf>
 23. European Commission (2014), *Focus on Automotive sector and clean vehicles*, Brussels: European Commission. URL: https://skillspanorama.cedefop.europa.eu/sites/default/files/EUSP_AH_Automotive_0.pdf
 24. O'Brien, Brendan. *Will Car Dealerships Survive the EV Revolution?* URL: <https://www.ariasystems.com/blog/do-evs-mean-the-end-of-the-road-for-car-dealers/>
 25. Transport & Environment (2017). *How will electric vehicle transition impact EU jobs?* URL: <https://www.transportenvironment.org/publications/how-will-electric-vehicle-transition-impact-eu-jobs>
 26. European Commission. *European Battery Alliance*. URL: https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance_en
 27. ACEA. (2018). *Overview on tax incentives for electric vehicles in the EU*. URL: https://www.acea.be/uploads/publications/EV_incentives_overview_2018_v2.pdf
 28. ABC Reportajes. (2018). *Cómo se reciclan las baterías de los coches eléctricos*. URL: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-como-reciclan-baterias-coches-electricos-201811140246_noticia.html
 29. European Energy Agency. (2016). *Electric vehicle energy demand as a fraction of total electricity demand per country in 2050*. URL:

https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/ev-share-of-total-electricity#tab-chart_1

30. Estrategia y Negocios. (2015). *Crisis petrolera golpeará a Europa: cerrarán 25% de sus refinerías a 2040*. URL: <https://www.estrategiaynegocios.net/lasclavesdeldia/820960-330/crisis-petrolera-golpeará-a-europa-cerrarán-25-de-sus-refinerías-a-2040>
31. Carbon Tracker. (2017) *Margin Call: Refining Capacity in a 2°C World*. URL: <https://www.carbontracker.org/reports/margin-call-refining-capacity-2-degree-world/>
32. Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina. (2019). *Litio*. URL: <https://www.ocmal.org/category/litio/>
33. Mining. (2018). *Why cobalt will struggle to free itself from the DRC: Andy Home*. URL: <https://www.mining.com/web/cobalt-will-struggle-free-drc-andy-home/>
34. Castells, Jorge J. (2019). *Europa fabricará hasta un 20% de las baterías de coches eléctricos en 6 nuevas fábricas*. URL: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/europa-fabricara-20-baterias-coches-electricos-6-nuevas-fabricas/20190405122255026803.html>
35. BloombergNEF. (2019). *Electric Vehicle Outlook 2019*. URL: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/#toc-viewreport>