



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y  
EMPRESARIALES

# ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN Y EL IMPACTO DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA ECONOMÍA EUROPEA

**Autor: Ignacio Sanz Arnaiz**  
**Director: Raúl González Fabre**

Madrid  
Junio 2015

Ignacio Sanz Arnaiz

*“Electric power is everywhere present in unlimited quantities and can drive the world’s machinery without the need for coal, oil, or gas.”*

*Nikola Tesla*

Ignacio Sanz Arnaiz

## RESUMEN

El vehículo eléctrico presenta indudables ventajas sobre el de combustión interna desde el punto de vista medioambiental. Su eficiencia energética es también mayor. Pero su coste de adquisición es más elevado y su autonomía es muy limitada. Por estos motivos la actitud de los consumidores ante el vehículo eléctrico no es del todo positiva.

En este trabajo se ha analizado el estado actual del mercado del vehículo eléctrico en la Unión Europea. Se ha realizado el estudio económico del coste de operación (precio de adquisición más gasto en energía) para varios modelos disponibles hoy en el mercado español, como caso representativo. Gracias a las subvenciones que ofrece la Administración para la compra de vehículos eléctricos, éstos resultan rentables en plazos de tiempo muy interesantes. Se trata de un sector en constante cambio, por lo que los resultados son muy sensibles a las variaciones de los diversos factores que se detallan en el trabajo.

## ABSTRACT

Electric Vehicles (EV) offer better performances than Internal Combustion Vehicles (ICV) from an energetic efficiency point of view and referred to environmental parameters. Nevertheless its purchase price is considerably higher for the EV and the mileage afforded by electric batteries is lower compared to ICV.

The present work plots the state of art of the EV market across the European Union. As a practical case, an economic analysis has been carried out on the operating cost of EV (the sum of purchase cost plus energy) compared to ICV for a representative sample of the Spanish EV market. The conclusion is that, due to the incentives offered by the Administration, EV is an interesting possibility in a very interesting time delay. However this area is in a very fast changing state so small changes in the different factors explained in the text could lead to different results.

Ignacio Sanz Arnaiz

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.	Justificación del tema.....	5
1.2.	Objetivos.....	6
1.3.	Metodología.....	7
1.4.	Estructura del trabajo.....	7
1.5.	Fuentes de información.....	8
1.6.	Estado de la cuestión.....	9
2.	ANTECEDENTES. HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	11
3.	VISIÓN GLOBAL DEL SECTOR DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	13
3.1.	¿Por qué el vehículo eléctrico?.....	13
3.2.	Tipos de vehículos actuales.....	16
3.3.	Fabricantes.....	21
3.4.	Factores determinantes.....	22
4.	INDUSTRIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EUROPA.....	25
4.1.	Fabricación de motores eléctricos.....	25
4.2.	Fabricación de baterías.....	25
4.2.1.	Rendimiento.....	25
4.2.2.	Reservas de litio.....	28
4.2.3.	Caso Better Place: una iniciativa fracasada.....	29
4.2.4.	Precio de las baterías.....	29
4.3.	Alianzas y “Joint Ventures”.....	31
5.	MERCADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EUROPA.....	33
5.1.	Ventas.....	33
5.2.	Condicionantes del mercado.....	40
5.3.	Importación/exportación en la U.E.....	41
5.4.	Previsiones de futuro del mercado.....	43
6.	CONSECUENCIAS DE LA ELECTROMOVILIDAD.....	45
6.1.	Datos del transporte en la U.E.....	45
6.2.	Comparación del consumo energético en distintos medios de transporte.....	46
6.3.	Influencia en la red eléctrica.....	47
6.4.	Puntos de recarga.....	48
6.5.	Servicios derivados.....	50
7.	ESTRATEGIAS E INICIATIVAS PÚBLICAS. INCENTIVOS.....	51

7.1	En la Unión Europea.....	51
7.2	En España .....	54
8.	EJEMPLO REAL DE VIABILIDAD .....	57
9.	CONCLUSIONES.....	71
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	73
11.	REFERENCIAS .....	77



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Demanda mundial de petróleo crudo .....	14
Figura 2: Demanda europea de petróleo crudo .....	14
Figura 3: Evolución del precio del petróleo crudo .....	15
Figura 4: Evolución del precio de la fabricación de baterías.....	30
Figura 5: Ventas de vehículos eléctricos en la Unión Europea el año 2013.....	33
Figura 6: Ventas de vehículos eléctricos en la Unión Europea el año 2014.....	34
Figura 7: Ventas de vehículos eléctricos en España el año 2013.....	35
Figura 8: Vehículos eléctricos (turismos) vendidos en España el año 2014.....	37
Figura 9: Evolución de las ventas de vehículos híbridos en España 2011 – 2014 ...	40
Figura 10: Coste total en la vida útil de vehículos con distintos sistemas de propulsión.....	57
Figura 11: Comparación del coste de adquisición de los vehículos Eléctrico y de combustión. Sin descuento.....	65
Figura 12: Comparación del coste de adquisición de los vehículos Eléctrico y de combustión. Con descuento.....	66
Figura 13: Coste total de operación (adquisición más gasto de energía) a lo largo de los años para un Smart. Sin descuentos.....	67
Figura 14: Coste total de operación (adquisición más gasto de energía) a lo largo de los años para un Smart. Con descuentos.....	67
Figura 15: Coste total de operación (gasto en energía más adquisición) a lo largo de los años para un BMW. Sin descuento.....	68
Figura 16: Coste total de operación (gasto en energía más adquisición) a lo largo de los años para un BMW. Con descuento.....	68

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación densidad de energía de baterías de distinto tipo y de combustibles derivados del petróleo.....	26
Tabla 2: Evolución de la densidad energética y otros parámetros en distintos tipos de baterías.....	27
Tabla 3: Precio de las baterías.....	30
Tabla 4:Alianzas entre empresas europeas del sector de la automoción eléctrica.....	32
Tabla 5: Vehículos eléctricos vendidos en España el año 2014.....	36
Tabla 6: Vehículos comerciales vendidos en España el año 2014.....	37
Tabla 7: Vehículos híbridos enchufables vendidos en España en 2014.....	38
Tabla 8: Vehículos híbridos puros vendidos en España en 2014.....	39
Tabla 9: Consumo equivalente en litros de gasolina por pasajero y por 100 km....	46
Tabla 10: Límites de emisiones CO2 en Europa y EE.UU.....	52
Tabla 11: Ayudas Plan Movele según autonomía del vehículo.....	55
Tabla 12: Detalles técnicos, precio de adquisición y consumo los vehículos eléctricos estudiados.....	62
Tabla 13: Cálculo del Precio de adquisición y consumo de energía en 1, 5 y 7 años para algunos vehículos eléctricos.....	63
Tabla 14: Cálculo del Precio de adquisición y consumo de energía en 1, 5 y 7 años para vehículos de combustión similares a los eléctricos.....	64
Tabla 15: Años necesarios para que el Coste de Operación de un vehículo eléctrico iguale a uno similar de combustión.....	69

## 1. INTRODUCCIÓN

A través de esta introducción se tratará de plantear dónde radica la importancia del vehículo eléctrico en la sociedad actual y se definirán los objetivos de la investigación. Asimismo se describirán la metodología utilizada y la estructura del trabajo.

### 1.1. Justificación del tema

En la actualidad, tanto la sociedad como la mayor parte de las empresas están concienciadas con la necesidad de cuidar el medioambiente. Por ello tratan de seguir modelos cada vez más sostenibles desde un aspecto ecológico. Sin embargo, la tendencia global del incremento de la movilidad supone un serio impedimento para conservar el entorno. Al ser conscientes de este problema, ya desde principios del siglo XXI, numerosas compañías de todos los sectores y en especial las empresas automovilísticas comenzaron a destinar una importante cantidad de dinero a la investigación y el desarrollo de nuevos vehículos propulsados por fuentes de energía alternativas asociadas a un considerable descenso de las emisiones de gases contaminantes. La sostenibilidad del sector transporte dependerá en gran medida de estas nuevas tecnologías.

Por otro lado, durante la crisis económica, las cifras de ventas de automóviles a nivel global se han visto preocupantemente afectadas. Además su recuperación se está produciendo con gran lentitud.

Paralelamente, el petróleo es un bien escaso del cual la Unión Europea no posee reservas. Y las reservas a nivel mundial acabarán agotándose en un plazo bastante próximo.

De este modo, muchas compañías optan por emprender nuevas estrategias e incluir en sus gamas de vehículos nuevos modelos 'medioambientalmente amigables'. Los objetivos perseguidos son dos: por una parte, mejorar la eficiencia energética respetando el entorno al máximo y por otra, encontrar una fuente de energía alternativa al petróleo.

En el trabajo se pone de manifiesto que, desde la perspectiva actual, la alternativa que parece más viable a los vehículos impulsados por combustibles fósiles es el vehículo eléctrico. Su presencia a gran escala en nuestras sociedades del futuro parece algo irrevocable. Hoy en día, la transición hasta ellos está pasando por los vehículos híbridos, que combinan un motor de combustión interna con otro de tipo eléctrico.

En este momento es la solución por la que optan las empresas automovilísticas para conseguir al mismo tiempo una autonomía similar a la que tienen los coches convencionales y disminuir al máximo el consumo de petróleo y la contaminación. A pesar de su elevado coste, su difusión en los mercados de todo el mundo es considerable, lo que parece indicar que lleva la dirección correcta.

El vehículo puramente eléctrico se recargará únicamente a través de la red eléctrica. En la medida en que esta electricidad se obtenga de fuentes renovables como es la energía eólica o la fotovoltaica, la dependencia del petróleo disminuirá al mismo tiempo que lo hará la contaminación por las emisiones de los vehículos de combustión. Dejando aparte el problema del coste tanto del vehículo como de las energías “limpias”, las ventajas que presenta son muy numerosas. De ahí nace el interés creciente sobre este tema.

## 1.2. Objetivos

El presente trabajo de investigación académica está orientado a tratar de analizar el estado actual y la posible evolución del sector del vehículo eléctrico (limitado a turismos y pequeños vehículos comerciales) en la Unión Europea haciendo especial énfasis en el mercado español. Se tratará de conocer cuáles son las principales características de esta industria, los retos a los que se enfrenta y las previsiones de futuro.

De la misma manera, como resultado del estudio quedarán planteadas las ventajas y posibles inconvenientes de este medio de transporte. Serán evidentes las repercusiones de su uso en la economía tanto a nivel comunitario como a nivel particular del usuario. Se realizará un estudio del mercado actual para analizar su viabilidad económica. Para ello se cuantifica el coste de operación en diversos modelos ofrecidos actualmente en el mercado español proyectado en los próximos años, a partir de las condiciones dadas hoy en día. Finalmente se podrá atisbar el amplio abanico de oportunidades de negocio que surgirán como consecuencia de la introducción de esta tecnología en el mercado.

### 1.3. Metodología

Para llevar a cabo este trabajo se ha realizado una investigación deductiva comenzando por un estudio del sector automovilístico en su vertiente eléctrica y de los suministros de energía de los que se abastece. Con ello se logra alcanzar una visión general del tema de estudio que involucra a la sociedad en general. No se trata de un mero problema de transporte, sino que también implica al medio ambiente y a las fuentes de energía.

En primer lugar se realiza una investigación descriptiva para comprender el funcionamiento de estos vehículos (analizando los distintos tipos) y así entender los problemas técnicos y de mercado a los que se enfrenta. Estos factores juegan un papel decisivo tanto en la competitividad de los precios como en el rendimiento del vehículo eléctrico comparado con uno tradicional.

A través de un estudio cuantitativo de ventas y producción se pretende plantear una visión global del estado del mercado durante los últimos años y en el momento de escribir este trabajo.

Posteriormente, combinando datos cualitativos y cuantitativos se tratará de predecir sus repercusiones económicas en el futuro, partiendo de los datos actuales. Como ejemplo práctico se ha desarrollado una proyección del coste de operación para varios modelos de distintas marcas a través de una hoja de cálculo. En el trabajo se justifican las hipótesis adoptadas para realizar dicho modelo y se señala cuáles serían las posibles mejoras para ampliar este tipo de estudios.

### 1.4. Estructura del trabajo

El trabajo se ha organizado en los siguientes puntos:

- Antecedentes e historia del vehículo eléctrico: se describe su evolución exponiendo cuáles han sido los factores responsables de que no haya alcanzado el éxito que se auguraba su aparición.
- Visión global del sector del vehículo eléctrico: se explican las razones de las que deriva su gran importancia en el presente, describiendo los distintos productores y modelos existentes. También se presentaran los principales factores que influyen en el coste y los condicionantes del mercado.

- Industria del vehículo eléctrico en Europa: estudio del proceso de fabricación de estos vehículos y su posición dentro de la industria mundial, explicando sus distintos componentes así como sus rendimientos.
- Mercado del vehículo eléctrico: en este apartado se realizará un análisis de las cifras actuales de ventas y las previsiones de futuro. También se estudiarán las importaciones y exportaciones de la Unión Europea con el resto del mundo.
- Consecuencias de la electro-movilidad: descripción y comparación de los diferentes medios de transporte y análisis de la influencia que tiene el uso de estos vehículos en la red eléctrica. Importancia de los puntos de recarga y estudio de las industrias o empresas cuyo funcionamiento se pueda ver afectado por la incursión de este nuevo modelo de transporte.
- Estrategias e iniciativas públicas: se presentarán diversos planes a nivel europeo y local que tienen el objetivo de impulsar el desarrollo del vehículo eléctrico usando para ellos distintos incentivos.
- Ejemplo real de viabilidad: comparación del coste total de un vehículo eléctrico frente a un modelo convencional. El estudio cuantitativo se realiza con parámetros reales en el momento de escribir estas líneas.
- Conclusiones: conclusión del trabajo con referencia a las futuras líneas de investigación posibles.

### 1.5. Fuentes de información

Son múltiples los autores que han estudiado la viabilidad y posibles consecuencias que tiene este novedoso medio de transporte. A pesar de ello, los datos acerca de su evolución cambian a medida que pasa el tiempo al estar muy influenciado por la tecnología disponible. Por este motivo se ha tratado de que todas estas fuentes de información fuesen lo más actuales posibles ya que los datos varían año a año y sus previsiones son bastante inciertas.

Para llevar a cabo dicho estudio, se ha recopilado información de distintas fuentes. Por una parte han servido de base informes de todo tipo que han sido elaborados tanto por entidades privadas como por consultoras. Se han tomado también datos de fabricantes de vehículos y de organismos públicos (a nivel europeo o del gobierno de cada país). Otra

fuentes de información han sido algunos artículos de revistas científicas y webs especializadas en el sector automovilístico.

## 1.6. Estado de la cuestión

La reducción de la dependencia de los combustibles fósiles, el aumento de la eficiencia de los motores y el mayor respeto al medio ambiente son algunas de las ventajas que presenta el vehículo eléctrico. Por estos motivos, el tema ha sido fruto de numerosas investigaciones en todo el mundo. Wu, G. analiza en “Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments” la situación del vehículo eléctrico comparada con la del convencional. A nivel europeo, la Universidad de Duisburg-Essen llevó a cabo en 2012 un profundo estudio de la situación en “Competitiveness of the EU Automotive Industry in Electric Vehicles”.

Sin embargo, aunque existan estudios similares, no se ha realizado ningún cálculo comparativo con datos actuales que incluyan por ejemplo las diversas ayudas que ofrecen los gobiernos para su adquisición. Al tratarse de datos que varían con gran rapidez, estos siempre deben estar siempre lo más actualizados posible ya que los resultados obtenidos en el estudio dependerán de ellos. De esta manera surge este trabajo como un punto de vista complementario a la situación del vehículo eléctrico en el mercado.





## 2. ANTECEDENTES. HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Un vehículo eléctrico es aquel automóvil que está propulsado por uno o más motores eléctricos que utilizan la energía eléctrica normalmente almacenada en baterías o extraída de otro dispositivo de almacenamiento. El sistema de generación y acumulación de esta energía eléctrica constituye la clave para su funcionamiento.

En muchas ocasiones pensamos que el coche eléctrico es una creación de nuestra civilización avanzada que lucha contra la contaminación, pero en realidad tiene más de cien años de antigüedad. Es anterior a los vehículos propulsados por gasolina o gasoil. Como muchos otros inventos, su autoría no está muy clara. Al parecer fue el escocés Robert Anderson quien construyó el primer prototipo de vehículo eléctrico en el período comprendido entre 1832-1839. Al mismo tiempo Thomas Davenport instala (1834) en EE.UU. el primer motor eléctrico en un coche sobre raíles electrificados. En 1888 el ingeniero alemán Andreas Flocken construye el primer coche eléctrico con cuatro ruedas. Un poco antes, en la Exposición Internacional de la Electricidad de París en 1881 se había presentado el primer automóvil eléctrico de tres ruedas. En el año 1897 aparecen los taxis eléctricos en ciudades como Nueva York o Filadelfia. Al final del siglo, el año 1899 el coche eléctrico bautizado como “Jamais contente” construido en Francia alcanza por primera vez la velocidad de 100 km/h. Al empezar el siglo XX, los vehículos eléctricos suponían el 28% de mercado total en EE.UU. y en 1912 el total de vehículos eléctricos alcanzó la cifra de 30.000 unidades<sup>1</sup>.

En España la compañía La Cuadra fue pionera en la fabricación de automóviles. Realizó algunos prototipos eléctricos al final del siglo XIX. El alto coste y el bajo rendimiento de las baterías hicieron fracasar el proyecto.

Muy pronto, en la década de 1930 la aparición del vehículo de combustión interna provocó la desaparición casi total de los eléctricos.

Solo las sucesivas crisis del petróleo y el problema de la contaminación hicieron rebrotar esta vieja idea. En Japón ya en el año 1945 Tama fabrica un vehículo eléctrico de 4.5 CV. En 1966 en el Congreso de los EE.UU. se recomienda la vuelta al coche eléctrico como freno a la contaminación y finalmente en 1996 General Motors comienza a fabricar el EV1 como respuesta a la ley “Zero Emission Vehicle Mandatory” del estado de California.

Muy pronto la japonesa Toyota lanza el primer híbrido, Prius, del que se llegaron a vender 18.000 unidades el primer año de su comercialización.

El sector continúa en expansión en el siglo XXI con inmensas inversiones, siendo la crisis económica de 2008 unida al alza del precio del petróleo uno de los factores determinantes del interés actual por este tipo de vehículos. Prueba de ello es que la International Energy Agency estima en 50.000 en número total de vehículos eléctricos en 2011, cifra que superó en 2012 las 180.000 unidades<sup>1</sup>.

La evolución del mercado del vehículo eléctrico sigue una tendencia común a la introducción de las nuevas tecnologías, con altibajos al principio pero con una clara tendencia ascendente a largo plazo como demuestran los estudios realizados por la empresa especializada en este sector Gartner<sup>2</sup>. En su evolución inicial, las expectativas de futuro van creciendo para el vehículo eléctrico hasta alcanzar su máximo hacia el año 2011. Disminuyen después a medida que aparecen las dificultades de mercado, tecnológicas o de financiación<sup>3</sup>. Actualmente nos encontramos en esta fase descendente, con la esperanza de que, una vez superado el bache del proceso, como sucede en otras innovaciones tecnológicas, el vehículo eléctrico acabe por implantarse con firmeza en nuestras sociedades.

### 3. VISIÓN GLOBAL DEL SECTOR DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Una vez conocido el origen de dichos vehículos, pasamos a analizarlos en mayor profundidad, tratando de comprender dónde radica su importancia y cuál es su situación en el mercado.

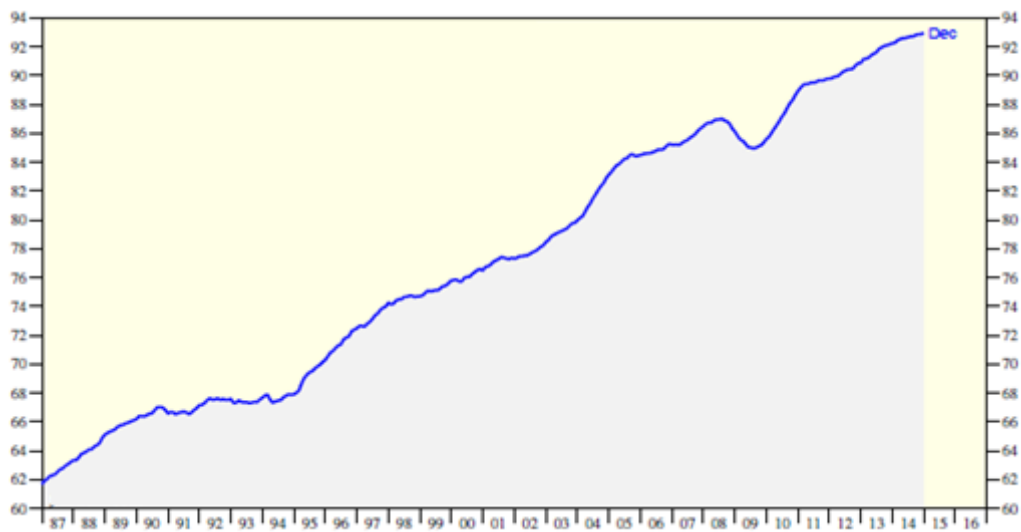
#### 3.1. ¿Por qué el vehículo eléctrico?

Hoy en día vivimos en un mundo completamente dominado por la energía, necesaria para la mayor parte de nuestras actividades cotidianas. Durante los últimos años ha tomado un papel especialmente importante el petróleo. Sin embargo, las sucesivas crisis del mismo hacen presagiar un mal futuro para todos los combustibles fósiles. Bien es cierto que en este año 2015 vivimos un paréntesis en que el precio del barril de crudo ha disminuido considerablemente, en parte debido a las extracciones mediante la técnica denominada “fracking”.

Actualmente, prácticamente el total de la energía consumida en el transporte proviene del petróleo. Según diversos estudios, entre ellos el informe de “Yardeni Research Inc.”<sup>4</sup> se estima que en 2050 serán tan sólo cinco los países que monopolizarán el abastecimiento de petróleo y gas natural (Arabia Saudí, Irán, Irak, Qatar y Rusia).

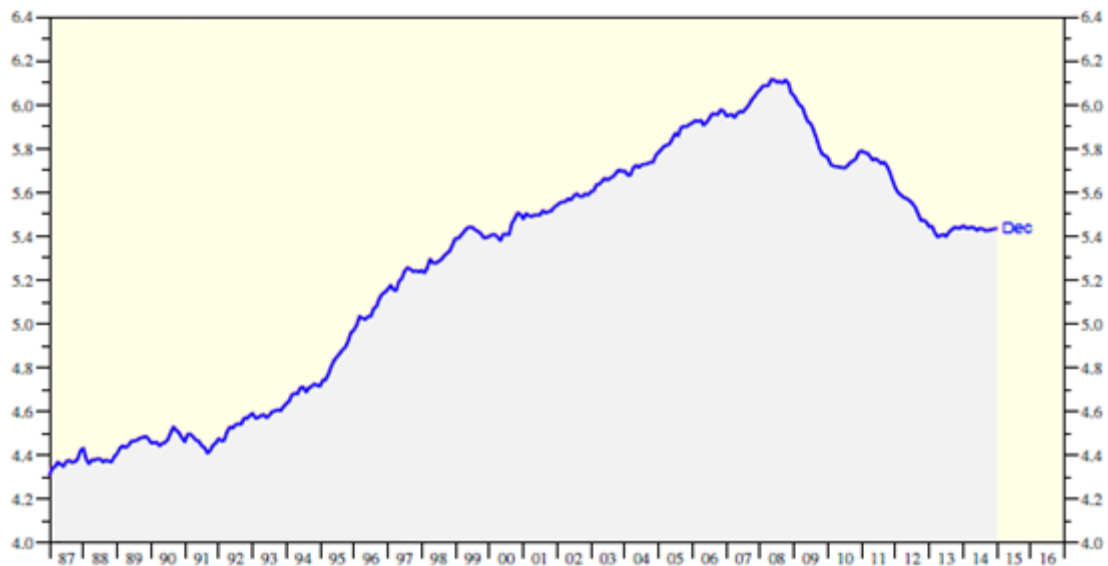
Las consecuencias de esta dependencia de los derivados del petróleo no se limitan exclusivamente al terreno económico, como puede ser el déficit por cuenta corriente a nivel europeo (ya que no se poseen prácticamente reservas) y la inflación, sino que afecta negativamente al medio ambiente, pues aumenta peligrosamente la contaminación por las emisiones de CO<sub>2</sub>. A ello se suman los conflictos militares provocados en su mayor parte por intereses económicos y estratégicos relacionados con el petróleo, como hemos comprobado en las guerras de las últimas décadas. Por estos motivos, muchos países se resisten a esta dependencia y al no poseer fuentes propias de petróleo, tratan de fomentar nuevos modelos de transporte impulsados por distintas fuentes alternativas.

La evolución de la producción y demanda mundiales de petróleo se reflejan en las *Figuras 1, 2 y 3*, extraídas del informe anterior<sup>4</sup>. Tal y como se puede observar, la demanda mundial no ha dejado de aumentar durante los últimos años y las previsiones continúan con esta tendencia.



*Figura 1: Demanda mundial de petróleo crudo  
(Millones de barriles por día, valor medio por año)*

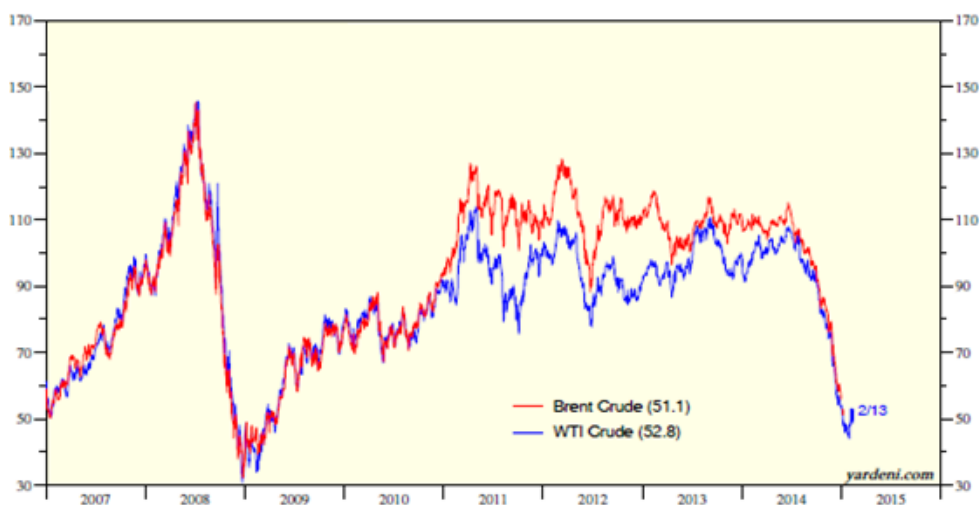
Por su parte, la demanda europea (*Figura 2*) se ha moderado significativamente a partir del año 2008 debido en gran medida a la crisis financiera. De este modo se rompió con la tendencia al alza prolongada durante los últimos treinta años.



*Figura 2: Demanda europea de petróleo crudo  
(Millones de barriles por día, valor medio por año)*

En cuanto a los precios, suelen fluctuar en cierta medida, pero han disminuido significativamente en los últimos seis meses (desde mediados del año 2014). Entre las principales causas se encuentran la irrupción del petróleo procedente del 'fracking' y las

disensiones entre todos los países productores de petróleo. Sin embargo, parece evidente que estos precios no tardarán en volver a subir.



*Figura 3: Evolución del precio del petróleo crudo (Dólares por barril)*

La dependencia energética de la Unión Europea para los próximos 25 años podría alcanzar el 60%, según una estimación de la Comisión Europea<sup>5</sup>. Y como se expone a continuación, esta dependencia tiene una incidencia especial en el transporte.

En “Análisis energético y económico del vehículo eléctrico” de F. Laverón et al.<sup>6</sup> se detallan las cifras concretas. Destacamos entre ellas que el sector transporte consume directa o indirectamente el 65% de la producción anual mundial de petróleo. Este sector ha pasado a ser el principal consumidor energético en Europa. Y el transporte por carretera supone más del 80% del consumo de energía en transporte europeo. A su vez el transporte es responsable de gran parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> y en concordancia con las cifras anteriores más del 90% de estas emisiones proceden de la carretera.

Por tanto, el transporte y en especial si se realiza por carretera tiene una gran incidencia en el deterioro del medio ambiente a la vez que depende totalmente de los combustibles fósiles. Son dos problemas cuya solución preocupa especialmente a la Unión Europea. Y el vehículo eléctrico puede llegar a ser la solución para ambos.

Los fabricantes de vehículos, conscientes del agotamiento del petróleo y de los impactos negativos de su consumo, han impulsado el desarrollo de innovaciones tecnológicas para encontrar una solución antes de que llegue al momento en que la producción mundial de

crudo comience a descender, pues se trata de un recurso no renovable. De este modo, como analizan Van Mierlo y Maggetto en la revista “Energy Conversion and Management”<sup>7</sup>, surge el vehículo eléctrico como la solución óptima para el transporte urbano.

En las grandes urbes, las emisiones de gases nocivos generados por el tráfico degradan peligrosamente la calidad del aire, por lo que la salud de la población se ve afectada. En algunas ciudades como las pertenecientes a la International Association of Public Transport<sup>8</sup> funcionan ya transportes públicos eléctricos, pero no se trata de una práctica tan frecuente como muchos ciudadanos desearían. La penetración de estos vehículos en el mercado desplazará una parte de los coches de combustión interna, lo que implicará una reducción de la demanda de productos petrolíferos, a la vez que posibilitará una oportunidad para optimizar el sistema eléctrico.

La Unión Europea ha adquirido el compromiso (conocido como 20-20-20) de conseguir un triple objetivo en el año 2020. Consiste en ahorrar un 20% en el consumo de energía primaria mediante una mayor eficiencia energética, reducir en un 20% las emisiones de gases con efecto invernadero y aumentar un 20% el uso de energías procedentes de fuentes renovables. La U.E. trata así de mejorar la competitividad de su economía en un contexto de superación de la crisis económica, consolida la seguridad de suministro al reducir la dependencia energética de combustibles fósiles del exterior y mejorar el medioambiente.

### 3.2. Tipos de vehículos actuales

La gama de vehículos de carretera disponibles en este momento se pueden agrupar en los siguientes tipos (R. Aláez et al., Revista de Economía Industrial <sup>9</sup>):

- *Motor de combustión interna.* Son aquellos que utilizan la energía química contenida en los combustibles fósiles y transforman el calor en energía mecánica a través de la combustión. Se distinguen los motores de explosión de gasolina y los de compresión diésel, predominando estos últimos en el mercado europeo. Gracias a las mejoras tecnológicas se ha contribuido favorablemente a reducir las emisiones de gases nocivos,

aunque las perspectivas de un mayor grado de optimización son limitadas. Sin embargo, aunque este tipo de vehículos suponen prácticamente la totalidad del parque automovilístico actual y que las previsiones a medio plazo (10-15 años) señalan su predominio, acabarán siendo desplazados por vehículos basados en otro tipo de tecnologías.

Entre las principales alternativas a los dos combustibles anteriores, citaremos aquellos que usan biocombustibles, gas o hidrógeno.

Los vehículos propulsados por *biocombustibles* utilizan una mezcla de bioalcoholes con combustibles fósiles. Disminuyen las emisiones de CO<sub>2</sub> pero no aportan una solución radical a la dependencia del petróleo. Aquellos con *gas* como combustible reducen las emisiones contaminantes, pero necesitan adaptar el motor del vehículo y crear infraestructura de distribución. Además el gas sigue perteneciendo a los combustibles fósiles por lo que no desaparecerían todos los problemas a ellos asociados.

En los años 70 se emprendieron importantes programas de investigación para introducir una economía basada en el *hidrógeno*. En el trabajo de R. Shinnar, “The hydrogen economy, fuel cells, and electric cars”<sup>10</sup> el análisis económico y técnico llega a la conclusión de que el hidrógeno como combustible presenta varios inconvenientes. En primer lugar destaca su peligrosidad, pues se trata de un gas fácilmente inflamable; además su obtención es costosa y sería necesario crear una nueva red de distribución por no existir infraestructura alguna.

- *Vehículos híbridos*. Son aquellos que disponen de un motor de combustión y otro eléctrico. Este último posee poca potencia y las baterías tan solo le permiten una autonomía de pocos kilómetros. Entre los más populares cabe citar al Toyota Prius y Honda Civic. Existen varias clases. Algunos de ellos recuperan energía aprovechando la frenada (para recargar la batería) mientras que otros modelos recargan la batería a partir del motor de combustión (los llamados “Range Extender”). Por último, lo más frecuente es que su batería sea recargable también conectándola a la red. Son conocidos como “Híbridos enchufables” y en ellos el motor principal

de tracción es el eléctrico mientras que el de combustión se usa para recargar en parte la batería.

Los vehículos con dos motores reducen indudablemente el consumo de combustible, con lo que se reducen las emisiones contaminantes, se facilita la penetración de las fuentes renovables en el sector transporte, y se incrementa la eficiencia energética.

Los híbridos de momento son una solución interesante (pese a duplicar el motor de propulsión y con ello aumentar el precio) que sirven como transición, ya que a largo plazo la alternativa buscada es un vehículo puramente eléctrico. Por ello aparecen citados en numerosas ocasiones en este trabajo al ser la mitad de su motor de tipo eléctrico.

- *Vehículos puramente eléctricos*: obtienen la energía para su funcionamiento de la electricidad suministrada por una batería que se recarga enchufándola a la red eléctrica. Como se verá más adelante, estos últimos son los modelos en los que se va a centrar el trabajo, pues son los que presentan las características más interesantes a medio plazo. Algunos de los modelos más conocidos son el Nissan Leaf, Mitsubishi iMiev, Renault Twizy y Zoe, Volkswagen e-Up y e- Golf o Tesla-S entre otros.

Las principales ventajas que presenta el uso del vehículo eléctrico frente a sus alternativas son:

- Se produce una mejora de la eficiencia energética.
- Disminuye la dependencia del petróleo (puede tener graves repercusiones para el transporte en caso de un conflicto internacional).
- Disminuye la factura energética que paga Europa por el petróleo. Esto debe ir unido a un aumento en la producción de energía renovable.
- Ventajas medioambientales gracias a la reducción de emisiones. Menor contaminación acústica ya que estos motores apenas emiten ruido.
- Supone una ayuda imprescindible para conseguir los objetivos de energías renovables fijados por la UE (20% de energías renovables en 2020).
- Se trata de una tecnología disponible. Ya existen vehículos eléctricos circulando, a diferencia de los propulsados por otras fuentes no



contaminantes, como el hidrógeno. Por esta razón, no es necesario partir de cero.

- El paso de otras fuentes de energía a la eléctrica es escalable. La transición puede ser realizada gradualmente.
- La energía eléctrica puede ser obtenida por diversos métodos, incluyendo fuentes que no polucionan como son la energía solar y la eólica.
- Costes de mantenimiento menores al vehículo convencional (no es necesario cambio de aceites y hay ausencia de transmisiones mecánicas).

En cuanto a los inconvenientes, los más destacables son:

- Al tratarse de una nueva tecnología, requiere una fuerte inversión inicial que dará fruto al cabo de un largo plazo, bastante difícil de estimar.
- La estructura industrial establecida en la actualidad gira en torno al petróleo.
- El precio de un vehículo eléctrico es mayor que el de uno de gasolina o gasoil, debido principalmente al coste de la batería.
- La autonomía, aunque depende del modelo, es muy limitada en comparación con la de un vehículo convencional. Será necesario continuar invirtiendo en I+D.
- El consumo de electricidad se verá incrementado, por lo que será preciso construir nuevas infraestructuras o ampliar las ya existentes.
- Aparece la necesidad de crear una nueva red de instalaciones específicas, como son los puntos de recarga.
- La imagen del vehículo eléctrico que percibe la sociedad está ligada a una cierta falta de seguridad, fiabilidad y de movilidad. Serían necesarias grandes campañas de marketing y de concienciación.

Una vez presentados los tipos de vehículos del mercado vamos a comparar brevemente su eficiencia energética. Según el estudio publicado por la “Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico” <sup>6</sup>, existen grandes diferencias en cuanto a esta eficiencia según el tipo de vehículo puesto que su fuente de energía y ciclo de vida son muy diferentes.

Para los motores de combustión la eficiencia se calcula siguiendo el proceso que va desde el combustible almacenado en la gasolinera hasta la energía mecánica que mueve el

vehículo. La razón técnica es que es el propio vehículo quien realiza la transformación de la energía entre sus distintas formas.

En cambio, en los vehículos eléctricos la eficiencia se calcula siguiendo el proceso que lleva desde la planta donde se genera la energía eléctrica, siguiendo por su transporte, distribución, carga de baterías hasta llegar a su transformación final en la energía mecánica motora. Por ello influye mucho el rendimiento energético de la planta donde se produce la electricidad, pues una central térmica se mueve en torno al 50% mientras que una fuente renovable casi alcanza el 100%.

Los vehículos con motor de combustión interna presentan una eficiencia global del 25%, lo que significa que de la energía del combustible introducido, solamente se obtiene en forma de energía mecánica este porcentaje, mientras que el 75% restante de la energía es desaprovechada. Entre las causas se encontrarían las limitaciones impuestas por las leyes de la física, el rozamiento dentro del motor o las pérdidas en el sistema de tracción. La diferencia entre combustible gasolina o diésel no es significativa, dado que el rendimiento teórico (el máximo permitido por las leyes de la termodinámica) del primero es del orden del 55% mientras que el segundo puede alcanzar casi el 70%.

En cuanto al vehículo puramente eléctrico, la eficiencia estimada es muy superior: en el caso de que la energía de sus baterías tenga un origen plenamente renovable es del 77% mientras que si la energía procede de una mezcla con gas natural sería del 42%.

Por su parte, el híbrido logra alcanzar una eficiencia energética del 30% gracias a la recuperación que hace el motor eléctrico de parte de la energía cinética en frenadas o pendientes. El híbrido enchufable, mezcla de motor de combustión y eléctrico alcanza eficiencias en el rango 30-50%, superiores a los demás híbridos y al convencional.

Estas opciones llevan asociado un ahorro de combustible que depende del tipo de vehículo. En el informe del M.I.T. titulado “On the Road in 2035: Reducing Transportation’s Petroleum Consumption and GHG Emissions”, de A. Bandivadekar et al.<sup>11</sup> se estima el ahorro de combustible para el año 2035 (basándose en las perspectivas ofrecidas por la tecnología disponible) tomando como referencia un vehículo actual de gasolina. Sus estimaciones son que el puramente eléctrico consumirá un 19%, el híbrido un 35% y el enchufable un 25% del consumo referencia.

En este trabajo nos referiremos exclusivamente a los vehículos con baterías recargables por conexión a la red eléctrica, sean híbridos o puramente eléctricos, pues sobre todo estos últimos son los que tienen mayores perspectivas de futuro.

### 3.3. Fabricantes

Para comprender mejor el mercado de este tipo de vehículos, se pueden clasificar los distintos modelos según el área geográfica dónde son fabricados. Para ello se han tomado los datos de un informe de la Universidad de Duisburgo Essen<sup>12</sup>.

Los principales fabricantes en Asia son:

- Nissan: su modelo Leaf fue lanzado en diciembre de 2010. Fabricado inicialmente en Japón, en 2013 comenzó a producirse en Sunderland (Reino Unido) y Tennessee (EE.UU.). Es el primer vehículo eléctrico producido en grandes cantidades y sigue ocupando una de las posiciones líderes.
- Toyota: el modelo Prius, lanzado en 2012 está fabricado en Japón. Destaca junto con el Auris dentro de la categoría de los híbridos.
- Mitsubishi: lanza el iMiEV en 2010.
- Kia: su modelo Ray, fabricado en Corea, con ventas destinadas principalmente a la flota oficial.

En Estados Unidos:

- Tesla: modelos Roadstar y S, fabricados en California por una empresa de nueva creación. Se trata de un vehículo de gama alta con gran autonomía, lo que hace que su precio sea muy elevado.
- Fisker: empresa nueva con el modelo Karma, producido en Finlandia pero con sede para diseño y desarrollo en EE.UU.

En Europa, los principales fabricantes son:

- Renault, líder europeo en vehículos eléctricos:
  - Kangoo ZE lanzado en 2011, es un vehículo comercial producido en Maubeuge (Francia)

- Twizy ZE, monoplaça fabricado en Valladolid que ha alcanzado un número elevado de ventas.
- Fluence ZE , modelo sedán fabricado en Turquía (Bursa)
- Zoe.
- Grupo PSA, en 2010 lanza dos modelos basados en el iMiEV de Mitsubishi y fabricados en Japón :
  - Citroen C-Zero
  - Peugeot I-On
- Opel:
  - Ampera Range Extender, que aparece en 2012 y es fabricado en Michigan.
- Volkswagen: tiene básicamente dos modelos, adaptados de otros de combustión: el e-Up y el e- Golf.
- BMW: su modelo i3 pertenece a la gama media y está teniendo gran impacto en España. El i8 se incorpora a la gama alta.
- Smart For Two Electric Drive (Daimler): por su pequeño tamaño es un vehículo muy extendido en las ciudades.

### 3.4. Factores determinantes

Los vehículos de combustión interna utilizan componentes de una rama muy desarrollada de la ingeniería, que ha ido evolucionando y perfeccionándose a lo largo de más de un siglo. La introducción de una nueva tecnología depende de numerosos factores, como son la demanda prevista del mercado (que varía en gran medida del segmento de clientes a los que está destinado) y los costes de fabricación, comercialización y mantenimiento.

La evolución del vehículo eléctrico depende de varios parámetros. En primer lugar se encuentra la tecnología disponible. Su mejora es vital para que estos coches penetren en el mercado. Los motores eléctricos actuales son fruto de una tecnología muy desarrollada, pero no sucede lo mismo con las baterías, componente decisivo que condicionan la autonomía y con un precio de fabricación elevado al que acompaña una densidad de energía muy baja. Será analizado más adelante.

Otro factor de influencia es el entorno competitivo. La ampliación del mercado a través de una mayor oferta y demanda creará un ambiente en que coste y comercialización se irán optimizando cada vez más.

Es indudable que las condiciones macroeconómicas modelan la tendencia del mercado. Las previsiones indican que la presión macroeconómica sobre la industria del automóvil será elevada en los próximos años. Las nuevas tecnologías requieren grandes inversiones en Investigación y Desarrollo, en un momento muy convulso para el mercado financiero. La crisis que comenzó en 2008 ha afectado especialmente a los mercados del sur de Europa. España, Grecia e Italia se encuentran en una situación de gran inestabilidad. La Unión Europea espera que el mercado de los vehículos nuevos se recupere en torno al año 2020.

El vehículo eléctrico tiene un coste de adquisición alto frente al de combustión interna por lo que muchos clientes no se han decantado por él a la hora de comprar. Pero este no es el único factor que condiciona la adquisición. La mayor parte de los posibles clientes carecen de información acerca de las ventajas que presenta un vehículo eléctrico. Una manera de introducirlos en el mercado será a través de los incentivos ofrecidos por los organismos públicos: en Francia compañías como Electricité de France, SNCF, Air France o La Poste se han comprometido a adquirir una flota de 50.000 vehículos eléctricos. En España por ejemplo, las bonificaciones ofrecidas a la adquisición del híbrido Toyota Prius hicieron que las flotas de compañías de taxis adquirieran gran número de unidades. Estas políticas de fomento serán tratadas más adelante.

Finalmente, los condicionantes legales y políticos serán determinantes en el devenir de la industria. El marco legal, bien sea nacional o supranacional, es quizá el mayor impulsor de la industria del automóvil eléctrico. Las medidas pueden ser exenciones de impuestos para la adquisición, recargos a los vehículos más contaminantes o incentivos no financieros como acceso libre al centro urbano, carriles especiales o aparcamientos reservados.



## 4. INDUSTRIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EUROPA

Es importante analizar la situación de la producción europea, atendiendo a los componentes característicos del vehículo eléctrico ya que se comprenderán mejor las repercusiones que podría tener una producción masiva.

### 4.1 Fabricación de motores eléctricos

La tecnología necesaria para fabricar motores eléctricos ha sido desarrollada en la Unión Europea desde hace décadas, a diferencia de la referida a las baterías. La posición que ocupa la industria europea es muy competitiva frente a fabricantes asiáticos o estadounidenses tanto en investigación y desarrollo como en producción. Según el informe “Competitiveness of the EU Automotive Industry in Electric Vehicles” realizado por la Universidad de Duisburgo-Essen<sup>12</sup>, Alemania encabeza la producción a nivel europeo con varios fabricantes.

El grupo Bosch lidera la fabricación de motores de corriente continua y al mismo tiempo proporciona componentes para distintos tipos de vehículos eléctricos e híbridos, terreno donde realiza grandes inversiones.

El grupo Continental fabrica motores eléctricos, baterías y electrónica aplicada al sector automovilístico. Con una capacidad de producción de 70.000 motores eléctricos por año, la demanda ha sido inferior a su capacidad. Siemens y el Grupo Volkswagen también destacan en la fabricación de motores aunque con menor producción.

En Francia destacarían empresas como Leroy-Somer y el Grupo Emerson.

En cuanto a la fabricación de componentes electrónicos, la industria europea en este campo es muy competitiva a nivel mundial, en especial la alemana. Las empresas clave son Bosch, Siemens, Continental e Infineon.

### 4.2 Fabricación de baterías

#### 4.2.1 Rendimiento

Con el objetivo de que se produzca un verdadero ‘taking off’ de los vehículos eléctricos, parece condición necesaria que se produzca un desarrollo de una nueva generación de

baterías, con propiedades más ventajosas que las actuales. Para distancias mayores que los recorridos urbanos habituales, la solución eléctrica plantea ciertos problemas relacionados con el tiempo de recarga y la autonomía. La alternativa eléctrica tiene su punto débil en el almacenamiento de la fuente de energía: las baterías.

Como muestra la *Tabla 1*, los derivados del petróleo tienen un contenido energético enormemente superior al de las baterías (medido en kilovatios /hora por kilogramo de peso). Aparecen tres tipos de baterías, de las que la más antigua figura a la izquierda. La evolución es muy positiva pero todavía no puede competir con los combustibles convencionales.

Densidad de energía en (kW·h/kg)				
Baterías			Combustión interna	
Plomo convencional	Ni MH	Litio	Gasolina	Gasoil
0.04	0.07	0.15	13	12.7

*Tabla 1: Comparación densidad de energía de baterías de distinto tipo y de combustibles derivados del petróleo. Fuente: elaboración propia.*

Para traducir la densidad de energía a parámetros más conocidos, la equivalencia aproximada sería la siguiente:

*1 kg de gasolina, que son 1.35 litros, tiene un contenido energético de 12 kW·h.*

En sentido contrario,

*100 kW·h equivalen a 11.25 litros de gasolina.*

En el caso del diésel, el contenido energético es ligeramente superior (1litro de diésel equivale a 1.1 litros de gasolina).

Además, los vehículos con combustión interna presentan la ventaja de proporcionar una gran autonomía y necesitar tan sólo unos minutos para repostar, frente a las horas que necesita un vehículo eléctrico para recargar su batería. Se añade la red de gasolineras existente, frente a la ausencia de una red de infraestructuras de recarga eléctrica.



Aun así, hay que tener en cuenta que la tecnología en la fabricación de baterías avanza rápidamente, como se observa en la *Tabla 2* extraída del artículo de Ceña, A. y Santamarta, J. en la revista “WorldWatch”<sup>13</sup>.

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

*Tabla 2: Evolución de la densidad energética y otros parámetros en distintos tipos de baterías. Tomada de la Referencia<sup>13</sup>, página 43.*

La tabla está ordenada de tal manera que en las primeras posiciones aparecen las baterías fabricadas con componentes más actuales mientras que las últimas son las más antiguas (como es el caso de las de Plomo). Hay que prestar atención a la columna de la Energía (W·h/kg) que pueden almacenar y a las de número de ciclos de recarga (que marcan la vida útil) y su eficiencia energética. Las baterías actuales muestran una clara mejoría en todos los aspectos frente a las antiguas.

La capacidad de almacenamiento de la energía eléctrica está directamente relacionada con la autonomía.

Considerando los valores reales para el Nissan Leaf, el vehículo más vendido en España, su batería tiene una capacidad de 24 kW·h (energía que equivale a la contenida en 2.7 litros de gasolina) que le proporciona una autonomía de 199 km y una potencia de 80kW. Sin entrar en detalles sobre la composición de la batería, se puede tomar una densidad energética media de 140W·h/kg, lo que supone un peso de 171.4kg para la batería.

Comparemos ahora las autonomías: el Nissan Pulsar puede ser el análogo de combustión al Leaf eléctrico, pues su potencia de 110 CV son 80.85 kW. Su consumo es de 3.6 litros a los 100 km. Llenando su depósito con 2.7 litros de gasolina (el mismo contenido energético que la batería cargada del Leaf) tendremos una autonomía de 75 km, inferior a la del eléctrico. Este cálculo deja claro que si bien las densidades energéticas de ambos

vehículos son muy distintas, la mayor eficiencia del motor eléctrico lleva al sorprendente resultado de la mayor autonomía.

Si la capacidad actual de almacenamiento de energía no mejorase, una autonomía de 400 km necesitaría baterías con un peso alrededor de 350 kg, lo que parece algo inviable. Por lo tanto este es uno de los puntos clave que determinarán el éxito del coche eléctrico en el futuro.

La empresa IBM ha iniciado el proyecto “Battery 500” para desarrollar una batería con autonomía de 500 millas gracias a la densidad energética entre 1500 y 2000 W·h/kg que esperan alcanzar para el año 2020. De alcanzarse este valor, que aumenta en un factor superior a 10 los valores actuales, no sólo disminuiría el peso de la batería sino que su autonomía alcanzaría valores muy competitivos.

#### 4.2.2 Reservas de litio

La mayoría de las baterías actuales de los vehículos eléctricos (así como las de otros dispositivos como teléfonos móviles u ordenadores portátiles) se fabrican con litio, aunque la tecnología apunta a nuevos materiales. Si el transporte se electrifica en un porcentaje alto, se plantea el problema de saber si existen suficientes reservas de litio como para satisfacer las demandas de fabricación.

Como se analiza en el trabajo “El coche eléctrico: el futuro del transporte, la energía y el medio ambiente”<sup>13</sup>, los principales yacimientos de este mineral se encuentran en Chile, Bolivia, Argentina y China y las reservas conocidas ascienden a unos 20 millones de toneladas. La batería de un vehículo eléctrico medio necesita actualmente unos 10 kg de litio, con lo que las reservas de mineral conocidas hasta ahora, dedicadas íntegramente a la automoción abastecerían a 2.500 millones de vehículos. A priori no parece suponer una amenaza.

### 4.2.3 Caso Better Place: una iniciativa fracasada

Una interesante iniciativa para conseguir aumentar la autonomía de un vehículo eléctrico se inició y terminó hace ya varios años. No fue la única, pero seguramente el proyecto fue demasiado prematuro. Better Place<sup>13</sup> fue una empresa de Capital-Riesgo fundada en California en 2007. La compañía ofrecía estaciones de recarga y cambio de batería para vehículos eléctricos. Mediante un sistema de suscripciones, los usuarios de vehículos eléctricos podrían cambiar su batería descargada en estaciones de servicio. La gestión del reciclado y mantenimiento de la batería corría a cargo de la empresa. Con ello, la autonomía llegaba a ser comparable a la de un vehículo con motor de explosión. La compañía operó en Israel y Dinamarca, llegando a firmar acuerdos con Renault y con Nissan.

Sin embargo, en 2013 la compañía quebró. Sus problemas financieros fueron consecuencia de una mala gestión que dimensionó mal la penetración en el mercado de vehículos eléctricos, unida a la excesiva inversión necesaria para intentar implementar la red de estaciones en muchos países creando los puntos de apoyo necesarios.

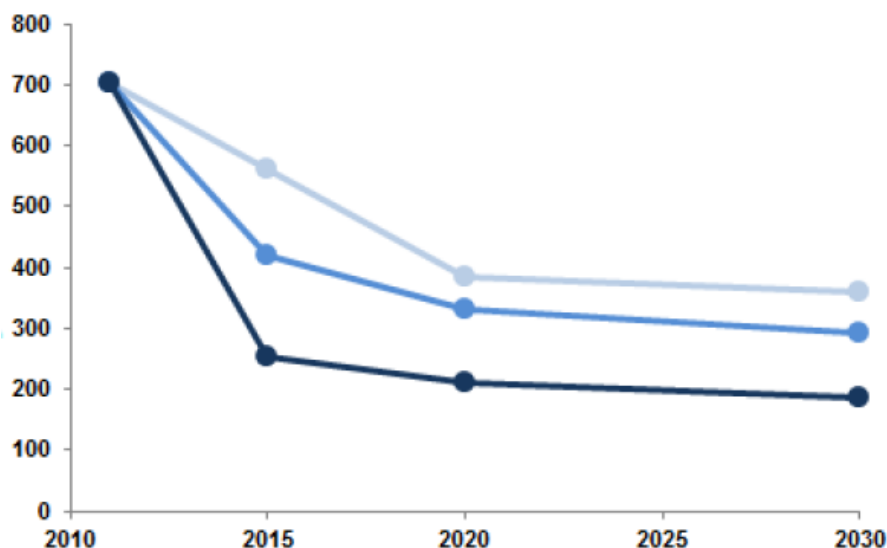
A pesar de ello, en la actualidad son múltiples las empresas similares que están surgiendo, aunque su destino aún es incierto.

### 4.2.4 Precio de las baterías

En este momento la producción de baterías está dominada por los fabricantes japoneses o coreanos, seguidos por los estadounidenses. El 80% del mercado está copado por cinco grandes compañías: AESC, LG Chem, Panasonic/Sanyo, A123 y SB LiMotive. La experiencia que tienen los fabricantes asiáticos en el campo de la tecnología electroquímica está mucho más avanzada que la industria europea. Hay escasos lugares donde se fabriquen baterías en Europa, y siempre se realiza a pequeña escala: en Reino Unido y España opera AESC (alianza entre NEC, Nissan y Renault), en Francia Saft S.A. y en Alemania la unión LiTec (DaimlerAG y Evonik).

La competitividad europea en este campo pasa necesariamente por alianzas, restricciones a la importación en la UE y la ventaja de la proximidad del fabricante, que puede abaratar en gran medida los costes de transporte.

En la *Figura 4* se refleja la evolución del precio de las baterías en el pasado y a lo largo de los próximos años. La dispersión en las previsiones se basa en los estudios de diferentes consultorías utilizados en el análisis realizado en la Universidad de Duisburgo <sup>12</sup> (estas estimaciones coinciden con las de <sup>9</sup>). Las curvas superior e inferior corresponden a las estimaciones más pesimista y optimista respectivamente. La central es la evolución más ajustada por lo que la tomamos como referencia.



*Figura 4: Evolución del precio de la fabricación de baterías en €/kWh. Tomada de la Referencia <sup>12</sup>, página 19.*

En el estudio anteriormente citado, la estimación que hace para la evolución del precio de las baterías basadas en la tecnología Litio-Ion sería en el escenario medio:

	2011	2015	2020	2030
<b>Precio (€/kW·h)</b>	712	419	331	294

*Tabla 3: Precio de las baterías en escenario medio. Tomada de la Referencia <sup>122</sup>, página 20.*

Las previsiones de la *Tabla 3* coinciden con otros estudios como el de Aláez et al. <sup>9</sup> Tomando un precio actual para la batería de 400 €/kW·h, un vehículo medio como el

Nissan Leaf del Apartado 4.2.1, que necesita una capacidad de 24 kW·h para alcanzar una autonomía de 200 km, lo que supone un sobrepeso de unos 9.600€ sobre el mismo coche convencional. Esta estimación sólo pretende comprobar el orden de magnitud, pues en las *Tablas 13 y 14* se aprecia que el Nissan Leaf tiene un sobrepeso de aproximadamente 7.400€ comparado con su análogo Pulsar. No es necesario insistir en que la valoración anterior se refiere únicamente a la batería de exactamente el mismo vehículo y que el precio de otros componentes más baratos puede variar el resultado final. El poco éxito que han tenido los vehículos eléctricos hasta el momento es debido en gran medida al sobrecoste que tienen comparados con los vehículos de combustión interna. Este precio adicional procede en un alto porcentaje del elevado precio de las baterías que en este caso son el depósito de energía del vehículo.

Gracias a la investigación en curso, será posible lograr reducir el precio a menos de la mitad, por lo que este inconveniente dejará a priori de ser una desventaja.

### 4.3 Alianzas y “Joint Ventures”

El vehículo eléctrico se enmarca dentro de un sector donde se producen rápidos cambios tecnológicos. Incluso las empresas de nueva creación pueden llegar a jugar un papel importante. Los fabricantes europeos más asentados están llevando a cabo una estrategia de cooperación para poder hacer frente a los competidores asiáticos.

En la *Tabla 4* se reflejan algunas de las alianzas más relevantes:

Compañías Asociadas	Países	Objetivo	Tipo de colaboración
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSA</li> <li>• General Electric</li> </ul>	Francia EE.UU.	Desarrollar la oferta de movilidad eléctrica para los clientes corporativos	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSA</li> <li>• Bosch</li> </ul>	Francia Alemania	Bosch fabrica elementos motores para el Peugeot híbrido	Producción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renault</li> <li>• Continental</li> </ul>	Francia Alemania	Continental produce los motores y la electrónica de potencia para los vehículos de pasajeros de Renault	Producción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSA</li> <li>• BMW</li> </ul>	Francia Alemania	Joint Venture 50:50 para la electrificación: Baterías, motores, electrónica de potencia, software.	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renault</li> <li>• Daimler</li> </ul>	Francia Alemania	Plataforma conjunta para vehículos compactos (Twingo, Smart)	I + D Producción

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renault-Nissan</li> <li>• NEC</li> </ul>	Francia Japón	Alianza “Automotive Energy Supply Corporation” (50:50 ) para la fabricación de baterías de Li-Ión	I + D Producción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• BMW – SGL</li> <li>• VW - SGL</li> </ul>	Alemania	Participación de las empresas automovilísticas en SGL, fabricante de fibra de carbono	Producción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daimler</li> <li>• Toray</li> </ul>	Alemania Japón	Componentes de fibra de carbono	Producción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bosch</li> <li>• VW-Porsche</li> </ul>	Alemania	Desarrollo de tren motor para híbridos	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• BMW</li> <li>• Siemens</li> </ul>	Alemania	Desarrollo de recarga por inducción	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• VW</li> <li>• Varta</li> </ul>	Alemania	Desarrollo de baterías	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daimler</li> <li>• Bosch</li> </ul>	Alemania	Alianza 50:50 “EM-Motive”: desarrollo, producción venta y distribución de motores eléctricos	I + D Producción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daimler</li> <li>• Enel</li> </ul>	Alemania Italia	Daimler suministra 100 vehículos eléctricos y Enel se encarga de la infraestructura de recarga	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ibil</li> <li>• Opel</li> <li>• PSA</li> <li>• Renault</li> </ul>	Alemania Francia España	Ibil se encarga de los puntos de recarga y la infraestructura eléctrica en colaboración con las empresas automovilísticas	Producción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vattenfall AB</li> <li>• Volvo</li> </ul>	Suecia	Desarrollo de tecnología de recarga	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siemens</li> <li>• Volvo</li> </ul>	Alemania Suecia	Creación de Tecnología electrónica	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samsung</li> <li>• Bosch</li> </ul>	Corea del sur Alemania	Baterías de Li-Ión (hasta 2012)	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toshiba</li> <li>• VW</li> </ul>	Japón Alemania	Baterías, tren y electrónica de potencia	I + D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toyota</li> <li>• BMW</li> </ul>	Japón Alemania	Tren eléctrico, componentes ligeros y motores convencionales	I + D Producción

*Tabla 4: Alianzas entre empresas europeas del sector de la automoción eléctrica. Elaboración propia a partir de los datos que aparecen en<sup>12</sup>.*

Tal y como se puede observar, las alianzas son de todo tipo, con objetivos muy concretos o generales, e implican a empresas de campos muy diversos. El principal fin que persiguen todas ellas es seguir desarrollando la tecnología para lograr obtener una ventaja competitiva que les permita diferenciarse de sus rivales directos.

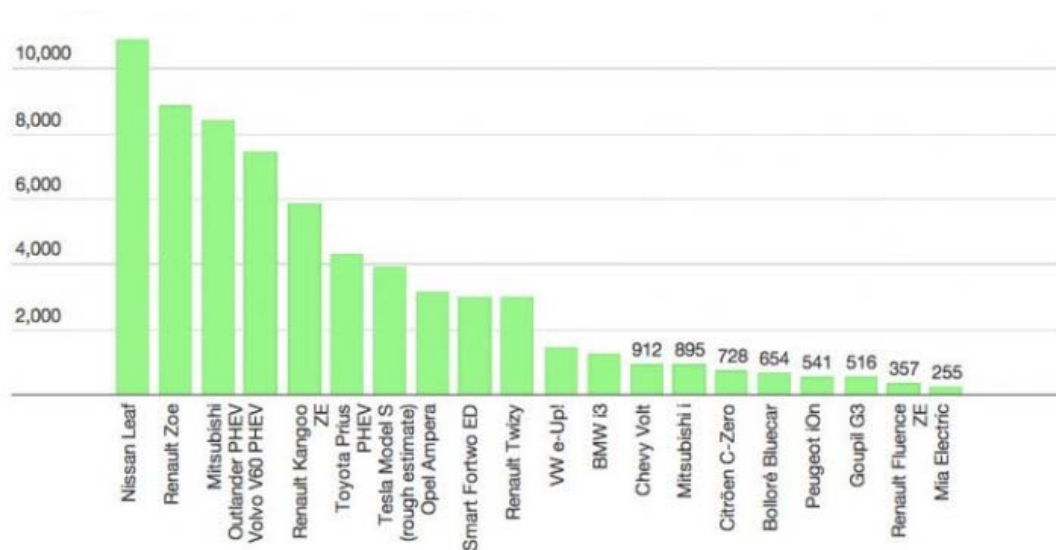
## 5. MERCADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EUROPA

### 5.1. Ventas

Para conocer con mayor profundidad cuál es la situación actual del vehículo eléctrico, es necesario atender a sus ventas.

En primer lugar, se analizará a nivel de la Unión Europea. Las cifras de fabricación y ventas de este tipo de vehículos hasta mediados de 2012 no son demasiado relevantes por lo que en este apartado nos referiremos a las de los años 2013 y 2014.

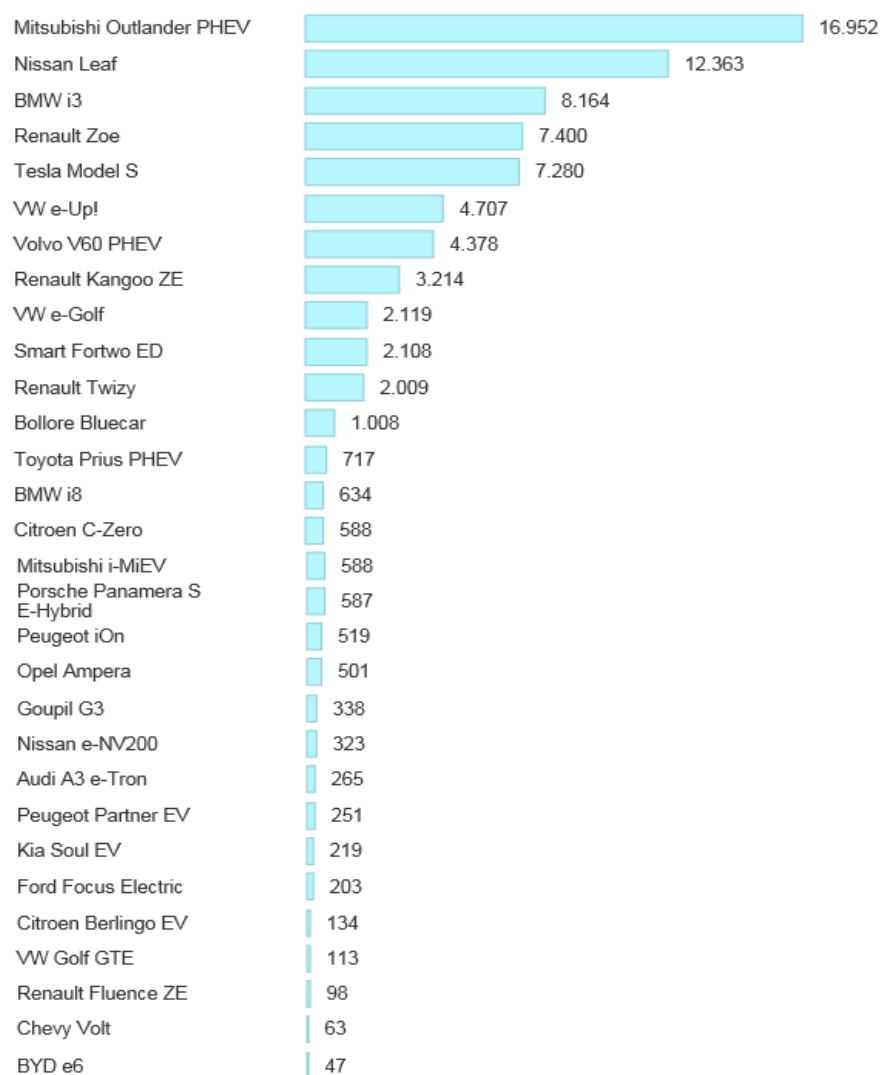
En el año 2013 la aparición de nuevos modelos modificó sustancialmente el mercado, aumentando las ventas considerablemente, como se refleja en la *Figura 5*.



*Figura 5: Ventas de vehículos eléctricos en la Unión Europea el año 2013. Datos tomados de la revista digital “EVObsession”<sup>14</sup>.*

Se aprecia que dentro de Europa, el Nissan Leaf ocupa la primera posición y el segundo lugar pertenece al Renault Zoe. El tercer puesto fue para el Mitsubishi Outlander Plug-in, seguido por el híbrido enchufable de Volvo, el modelo V60, y el Renault Kangoo ZE. Se observa que el mercado en esa época es dominado por productores tanto asiáticos como europeos. A pesar de estos datos globales, los resultados de ventas en cada uno de los países europeos presentan grandes diferencias.

En el año 2014 cambia de nuevo el panorama, como muestra la *Figura 6*. Cada vez, el número de productores que forman parte de este mercado es mayor.



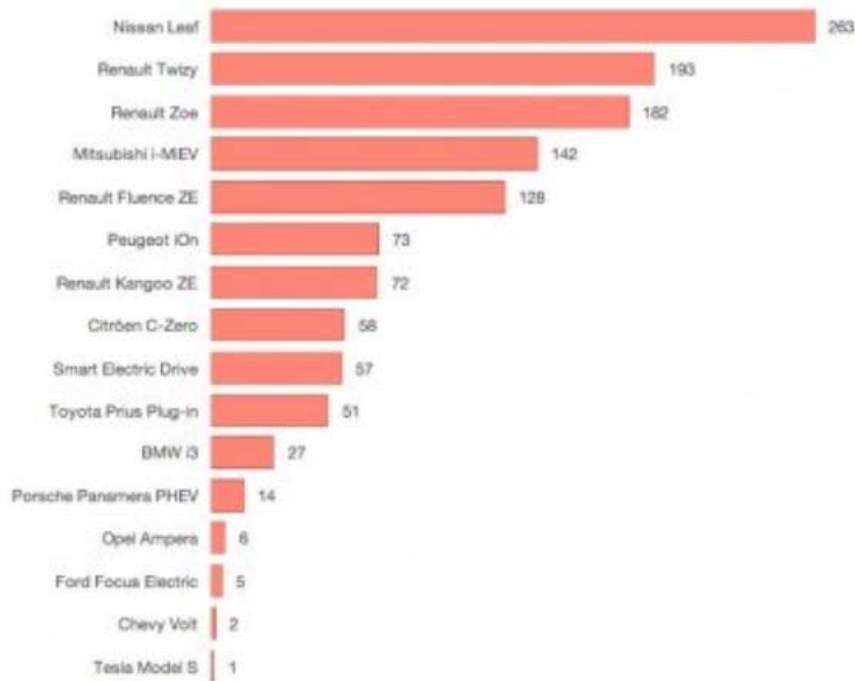
*Figura 6: Ventas de vehículos eléctricos en la Unión Europea el año 2014. Extraído del informe “EVObsession”<sup>14</sup>.*

Pasamos ahora a exponer la situación del mercado en España. Nos limitamos a los dos últimos años, pues en ese período las cifras han tomado valores más significativos. Se incluyen datos de los vehículos híbridos, pues aunque no son puramente eléctricos, resulta significativa su difusión, prueba de su carácter de elemento de transición. Los datos más recientes han sido tomados del medio digital “Híbridos y Eléctricos”<sup>15</sup>.

En 2013, las ventas de coches eléctricos en España fueron las siguientes: el Nissan Leaf supuso el 21% de la cuota de mercado, seguido del Renault Twizy, con el 15%, el Renault



Zoe, el 14%, el Mitsubishi i-MiEV el 11%, y el Renault Fluence ZE con el 10%. El total alcanzó la modesta cifra de 811 unidades.



*Figura 7: Ventas de vehículos eléctricos en España el año 2013.*

Sin embargo en el año 2014 en el mercado español, las matriculaciones de automóviles puramente eléctricos alcanzaron las 1.089 unidades, lo que supone un crecimiento del 34,28% respecto a 2013, cuando se comercializaron 811 unidades. Se trata de cifras esperanzadoras que pueden suponer una gran recuperación del sector.

En cuanto a matriculaciones de automóviles híbridos, fueron en total 12.082 unidades, lo que supone un incremento del 18,2% respecto a las 10.222 unidades del año anterior. El mercado de vehículos híbridos parece sacar una clara ventaja al de los eléctricos, algo lógico ya que el vehículo híbrido parece un eslabón necesario en este proceso.

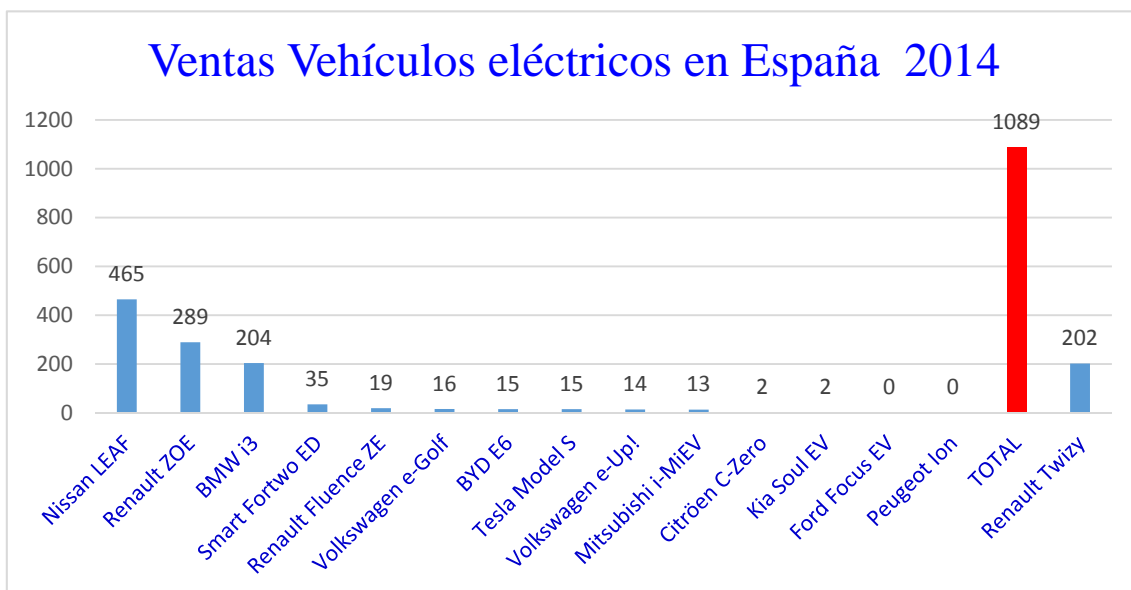
A continuación se detallan las ventas en el último año, pues al ser un mercado muy cambiante los datos más recientes pueden ser significativos para interpretar las tendencias futuras. Detallando por modelo y fabricante, los vehículos eléctricos turismos vendidos

en España el pasado año 2014 fueron los siguientes, tomados también de la publicación digital “Híbridos y eléctricos”<sup>15</sup>:

Posición	Marca	Modelo	Total ventas 2014
1	Nissan	LEAF	465
2	Renault	ZOE	289
3	BMW	i3	204
4	Smart	Fortwo ED	35
5	Renault	Fluence ZE	19
6	Volkswagen	e-Golf	16
7	BYD	E6	15
8	Tesla	Model S	15
9	Volkswagen	e-Up!	14
10	Mitsubishi	i-MiEV	13
11	Citröen	C-Zero	2
12	Kia	Soul EV	2
<b>TOTAL</b>			1.089
	Renault	Twizy	202

*Tabla 5: Vehículos eléctricos vendidos en España el año 2014. Aparecen únicamente turismos. (Al ser un vehículo de categoría especial, el Renault Twizy figura aparte)*

Representando estos datos en forma de gráfico, obtenemos:



*Figura 8: Vehículos eléctricos (turismos) vendidos en España el año 2014. Al ser un vehículo de categoría especial, el Renault Twizy figura aparte. Elaboración propia.*

El mercado español es controlado mayoritariamente por tres fabricantes: Nissan, Renault y BMW mientras que las demás marcas luchan por lograr un aumento de la cuota de mercado.

Las ventas de vehículos comerciales eléctricos también para el año 2014 fueron las que aparecen en la *Tabla 6* (misma fuente). Su importancia es muy significativa comparada con los turismos, y es que este nuevo modelo de transporte supone una gran oportunidad para algunas empresas como podrían ser las dedicadas a la logística. Por este motivo, se citan en este apartado aunque no sean objeto de estudio en este trabajo.

Posición	Marca	Modelo	Total ventas 2014
1	Nissan	e-NV200	184
2	Renault	Kangoo ZE	164
3	Citröen	Berlingo EV	15
4	Peugeot	Partner E	11
<b>TOTAL</b>			374

*Tabla 6: Vehículos comerciales vendidos en España el año 2014.*

Por otro lado, respecto a los turismos híbridos Plug-in (enchufables a la red para recargarlos), los datos para el año 2014 son los siguientes:

Posición	Marca	Modelo	Total ventas 2014
1	Mitsubishi	Outlander PHEV	209
2	Volvo	V60 Plug-in Hybrid	23
3	BMW	I8	22
4	Porsche	Panamera SE-Hybrid	18
5	Toyota	Prius Plug-in	15
6	Opel	Ampera	11
7	Chevrolet	Volt	2
8	Audi	A3e-tron	2
<b>Total</b>			302

*Tabla 7: Vehículos híbridos enchufables vendidos en España en 2014*

Por su parte, en las ventas de turismos híbridos puros intervienen hasta treinta marcas diferentes. Solamente reflejamos las veinte primeras posiciones:

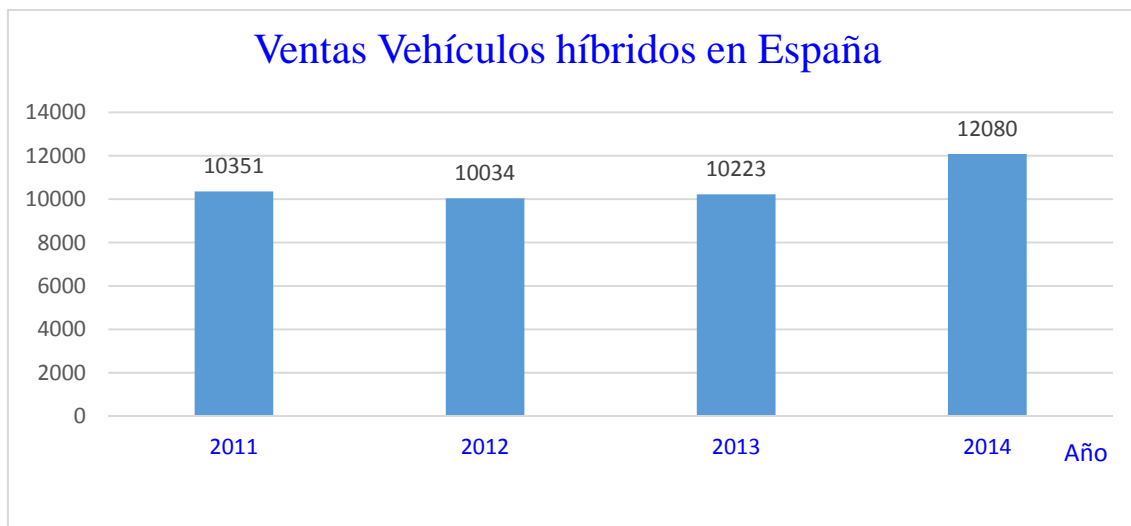
Posición	Marca	Modelo	Total ventas 2014
1	Toyota	Auris HSD	4.573
2	Toyota	Yaris HSD	2.305
3	Lexus	CT 200h	1.343
4	Toyota	Prius	1.216
5	Lexus	IS 300h	883
6	Lexus	NX 300h	580
7	Lexus	RX 450h	300

<b>8</b>	Toyota	Prius+	268
<b>9</b>	Lexus	GS	184
<b>10</b>	Peugeot	3008HYbrid4	115
<b>11</b>	Peugeot	508 RXH	71
<b>12</b>	Honda	Jazz IMA	63
<b>13</b>	Mercedes-Benz	Clase E Hybrid	43
<b>14</b>	Mercedes-Benz	Clase S Hybrid	26
<b>15</b>	Citröen	DS5 HYbrid	25
<b>16</b>	Lexus	LS 600h	17
<b>17</b>	Infinity	Q50 35h	16
<b>18</b>	Audi	Q5 Hybrid	13
<b>19</b>	Ford	Mondeo HEV	9
<b>20</b>	BMW	Active Hybrid 5	5
			12.080

*Tabla 8: Vehículos híbridos puros vendidos en España en 2014*

En esta última categoría las ventas son enormemente más elevadas que en los vehículos puramente eléctricos. Es lógico por encontrarnos en un momento de transición, y el vehículo híbrido es precisamente la solución que permite articular el paso del motor de combustión interna al eléctrico.

En la *Figura 9* se representa la evolución de ventas de vehículos híbridos en España durante los últimos años. Como se puede observar, se trata de un crecimiento lento aunque con leves bajadas.



*Figura 9: Evolución de las ventas de vehículos híbridos en España entre los años 2011 y 2014. Elaboración propia a partir de datos en <sup>14</sup>.*

Tras el análisis de los datos de ventas de estos dos últimos años a nivel tanto europeo como español, se puede apreciar que entre otras causas, al aumentar el número de productores que participan en el mercado y ser más amplia la gama de vehículos ofrecidos, las ventas han ido en aumento. Las cifras del pasado años son acogidas como esperanzadoras, y el sector espera que esta vez sí, se produzca su despegue en cuanto a ventas.

## 5.2. Condicionantes del mercado

A pesar de las campañas mediáticas llevadas a cabo por gobiernos y empresas privadas, el público en general sigue desconociendo en su mayor parte las posibilidades reales que ofrece este medio de transporte. Lo cierto es que el mercado de vehículos eléctricos no ha alcanzado a nivel global y sobre todo en el europeo las previsiones de ventas. Para hacernos una idea, en 2011 se vendieron un total de 51.1 millones de vehículos en los mercados de EE.UU., Asia y Europa. De esta cifra, tan solo un 0.06% correspondía a vehículos eléctricos. Además, los principales países a los que se destinan estos vehículos son EE.UU. (41%) y Japón (18%), mientras que a la Unión Europea le corresponde un 27%. Como indica el 'Global EV Outlook' elaborado por la International Energy Agency<sup>1</sup>, en 2012 el stock acumulado de vehículos eléctricos se distribuía de la siguiente manera: 38% en EE.UU., 24% en Asia y 11% en Europa.

Es evidente que para lograr implantar los vehículos eléctricos en nuestra sociedad, es necesario un mayor conocimiento sobre ellos entre la población. Los ciudadanos europeos presentan un nivel de conocimiento sobre el vehículo eléctrico que se sitúa en la media respecto al de otros países no europeos. Suecia lidera este ranking con un 36% de los encuestados que aseguran conocer los suficiente esta clase de vehículos como para tenerlos en cuenta a la hora de adquirir un nuevo coche. Por su parte, en el Reino Unido esta tasa es del 32%, en España un 24% e Italia un 21%. Estos datos son fruto de un estudio realizado por la consultora Accenture en 2011<sup>16</sup>.

Por otro lado, los factores que influyen en la decisión de compra de un vehículo eléctrico son varios. El coste de la carga de combustible en comparación con el de un coche convencional es la principal razón que justificaría la compra (en un 26% para los encuestados españoles). También influye el tiempo de carga rápida de la batería así como el coste total de la inversión comparado con el de un vehículo convencional (teniendo en cuenta la adquisición y el mantenimiento). Analizando estos factores se puede comprender mejor cuales son las razones que mueven al comprador de automóviles a la hora de tomar una decisión sobre vehículos eléctricos.

Sin embargo, a la hora de cambiar de un coche convencional a uno eléctrico, muchos compradores no se decantan por esta última opción. Algunos de los incentivos que más impulsarían a decidirse por estos vehículos serían: una exención de impuestos, el aparcamiento gratuito, creación de carriles prioritarios para ellos, descuentos en peajes y concesiones sobre la ubicación del aparcamiento.

Por tanto, siguiendo las recomendaciones de este estudio, muchos gobiernos europeos pueden elaborar una guía de decisiones específicas para seguir promoviendo la compra de estos vehículos. Más adelante serán analizadas las políticas que ya han sido llevadas a cabo.

### 5.3. Importación/exportación en la U.E.

Una gran parte de los vehículos eléctricos que encontramos en las carreteras europeas han sido producidos en otros continentes.

La mayor parte de estos intercambios de vehículos se producen con el continente asiático, especialmente con Japón. Otros países como China o Corea del Sur, con importantes

ventas en vehículos de combustión (Kia) tienen unas cifras de exportación irrelevantes en los eléctricos. La balanza de exportaciones de vehículos entre Japón y la Unión Europea se inclina favorablemente hacia el país asiático.

Así, en el año 2010 los ocho principales fabricantes japoneses exportaron más de 4 millones de turismos de todo tipo. De ellos, más de 900.000 llegaron a la Unión Europea, la cual exportó a Japón 145.000 vehículos según el estudio de la Universidad de Duisburg-Essen<sup>12</sup>.

En el terreno de los vehículos eléctricos, tres son las empresas japonesas líderes:

- Nissan, que acumula ventas de 150.000 unidades en todo el mundo de su modelo Leaf, de los cuales hasta 2014 unos 30.000 tuvieron como destino la U.E. Todos fueron fabricados en Japón hasta que en 2013 inauguró su planta en el Reino Unido con una capacidad de producción de 50.000 coches año. Esta planta cuenta con otra cercana de fabricación de baterías.
- Mitsubishi es el segundo exportador de vehículos eléctricos de Japón hacia la U.E. donde acumula unas ventas hasta 2014 (incluyendo los modelos i-MiEV, C-Zero y i-On que fabrica respectivamente para Citroën y Peugeot) de unas 30.000 unidades. Los produce o ensambla en Japón.
- Toyota es líder mundial en vehículos híbridos con su modelo Prius, del que ha vendido 3 millones desde que fuera lanzado en 1997. de ellas más de 600.000 llegaron a la U.E. Los modelos híbridos enchufables siguen muy de lejos estas cifras, que alcanzan los 9.000 en Europa. Esta compañía ha llegado a acuerdos con el importante fabricante estadounidense Tesla.

En el sentido contrario, Europa no vende vehículos eléctricos a Japón, si bien las previsiones indican que marcas como BMW, Daimler o Audi, ya introducidas en aquel mercado, podrán comercializar sus modelos eléctricos con facilidad.

Japón no impone tarifa alguna a la importación de coches europeos, mientras que al contrario el comercio está gravado con un 10%. Las restricciones japonesas se refieren a especificaciones técnicas como pueden ser el control de las emisiones o las condiciones de seguridad.



#### 5.4. Previsiones de futuro del mercado

Siguiendo con el informe de la Universidad de Duisburg-Essen <sup>12</sup>, las previsiones de futuro estiman que en 2020 en la Unión Europea (UE-27) se registrarán unos 15 millones de vehículos (turismos y comerciales pequeños) nuevos, de los que tan solo el 7% serán eléctricos. Para el año 2030 se prevé que la cifra total permanezca estable, pero el 30% de los vehículos nuevos serán eléctricos.

Se espera que para 2020 y 2030, la industria europea de automoción será capaz de exportar no sólo vehículos de combustión interna sino también eléctricos.

La penetración en el mercado mundial dependerá de que el índice coste - utilidad de los eléctricos mejore sustancialmente comparado con el de los vehículos de combustión interna. Si el índice de estos últimos es 100, se espera que el valor actual de 45 para los eléctricos de batería pase a 65 en 2020 y a 131 en 2030. Para los híbridos enchufables, el valor actual es de 67 y se espera que mejore a 83 en 2020 y a 128 en 2030. En cambio para los de célula de combustible las mejoras estimadas son casi inapreciables.

La mejora en estos índices será principalmente consecuencia de la disminución del sobre coste que actualmente tiene el vehículo eléctrico sobre el de combustión. Las previsiones indican que este sobre coste disminuirá en un 50% para 2020 y hasta en un 70% en 2030. A ello contribuirá en gran medida la disminución del precio de fabricación de baterías, acompañada de una mayor eficiencia en todos los procesos así como de las mejoras tecnológicas derivadas de la optimización en el diseño y ensamblaje al aumentar la escala de producción. Sin duda, de cumplirse estas previsiones nos encontraríamos ante un gran éxito del vehículo eléctrico.



## 6. CONSECUENCIAS DE LA ELECTROMOVILIDAD.

### 6.1 Datos del transporte en la U.E.

Estos son algunos datos previos para comprender mejor el efecto que podría tener la incorporación a gran escala del vehículo eléctrico en la Unión Europea. Han sido tomados de las estadísticas sobre transporte publicadas por la Comisión Europea “Statistical Pocketbook 2014”<sup>17</sup>.

Actualmente en los 28 países miembros de la UE, habitan más de 500 millones de personas. La media recorrida por cualquier medio de transporte motorizado por año es de 12.652km por persona, lo que equivale a unos 35 kilómetros al día. Los medios de transporte de pasajeros dentro de la Unión Europea se distribuyen de la siguiente manera: el 72.2% en coche, el 2% en motocicleta, el 8.2% en autobús, el 6.5% en tren, el 1.5% en metro y tranvía, el 9% en avión y el 0.6% en barco. Las previsiones de la OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development, compuesta por 34 países) para la flota automovilística reflejan que se mantendrán las proporciones en los próximos años aunque sin duda el parque automovilístico aumentará considerablemente.

Los hogares gastaron el pasado 2012 un total de 967 miles de millones de euros en actividades relacionadas con el transporte, lo que representa el 13% de sus gastos totales. De esa cifra el 26% fue destinado a la adquisición de vehículos, el 55% a equipamiento para el transporte como son los carburantes, y el restante 19% a servicios de transporte (billetes de autobús o tren entre otros).

Por otro lado, el sector del transporte emplea a alrededor de 11.2 millones de personas, es decir el 5% del total de trabajadores. De ellos el 55% están dedicados al transporte por tierra.

A través de estos datos se demuestra que claramente el transporte es una actividad de gran importancia en la economía nivel europeo, y dentro de ella, el papel de los vehículos de tierra es fundamental. Además, las previsiones siguen con esta supremacía del transporte por carretera por lo que el vehículo eléctrico será un elemento clave.

## 6.2 Comparación del consumo energético en distintos medios de transporte

La dependencia del sector transporte de los combustibles fósiles para cubrir sus necesidades energéticas es tal que solo este sector consume directa o indirectamente el 65% de la producción mundial de petróleo. Como indica un informe de la Comisión Europea<sup>17</sup>, el fuerte crecimiento del consumo energético del transporte ha consolidado su posición como principal consumidor de energía a nivel europeo, pasando de suponer el 26,3% del consumo de energía en 1990 al 31.8% en la actualidad. Este consumo de energía tan solo es superado por los hogares y otros servicios que suponen el 40.3%. Estos valores ponen de manifiesto la importancia que tiene el consumo energético del automóvil en la factura energética personal y europea.

Según un estudio realizado en Alemania, Francia y España<sup>18</sup>, el consumo energético de los distintos medios de transporte es el siguiente:

Medio de transporte	Ocupación media	Consumo (litros)	
		ocupación media	ocupación al 100%
Metro / Tranvía	21%	1.7	0.4
Autobús	21%	2.7	0.6
Tren cercanías	30%	2.3	0.7
Tren AVE	65%	1.7 – 2.2	1.1 – 1.4
Avión (250 / 750 km)	66%	10.5 / 6.7	6.9 / 4.4
Automóvil	1.7 personas	6.0	2.4

*Tabla 9: Consumo equivalente en litros de gasolina por pasajero y por 100 km. Elaboración propia a partir de datos tomados de <sup>18</sup>.*

Los valores se expresan en equivalente en litros de gasolina contando el consumo energético a partir de la estación de servicio. En el caso de la gasolina, el balance completo contando la energía necesaria para su producción incrementa el consumo equivalente en un 30%. En el caso de la electricidad, el consumo equivalente aumenta en un 300% al incluir la producción y distribución de la energía eléctrica. La gran eficiencia de los motores eléctricos unida a la posibilidad de disminuir las pérdidas en distribución y producción con una red eficiente llegan a compensar dicho incremento.

### 6.3 Influencia en la red eléctrica

Como nuevo consumidor de electricidad, el vehículo eléctrico puede convertirse en un aliado del sistema eléctrico. Existirían multitud de consecuencias de la inmersión de este tipo de vehículos en la sociedad, sin embargo una de las principales sería la mejora de la eficiencia del sistema aplanando la curva de demanda. En el caso de que los usuarios decidiesen recargar las baterías en los momentos de menor consumo (entre la una y las siete de la madrugada según el Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España)<sup>19</sup> se lograría aplanar la curva al disminuir las diferencias entre las horas punta y las de menor consumo eléctrico. Este es uno de los grandes objetivos perseguidos por los gobiernos. Por el contrario, en el caso de que la recarga se produjese sobre todo a las horas punta, el impacto sobre la red sería muy perjudicial ya que entre otros efectos negativos, se sobredimensionaría el sistema de transporte y generación.

Además, con su uso, se facilitaría la integración de las energías renovables en el sistema con unas ciertas condiciones de seguridad. Es decir, al distribuirse más durante las horas del día la demanda de energía, se reducirían los casos en los que los parques eólicos deben ser desconectados ya que su producción excede los límites de producción en el sistema eléctrico. Así se convertiría en una gestión mucho más eficiente.

De este modo, es evidente que la demanda de energía eléctrica aumentará. Estimamos cuánto lo haría, con los consumos debidos a la tecnología actual.

- Un vehículo totalmente eléctrico consume unos 0.15 kW·h por cada km. En el caso de que recorriese 20.000km/ año, en un año necesitaría 3.000 kW·h de energía eléctrica. Este valor es comparable al consumo medio de electricidad por hogar en España que es 3.487 kWh según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía<sup>20</sup>.
- Suponiendo un parque móvil de un millón de vehículos eléctricos, su consumo total anual sería de 3 TW·h (3.000 millones de kW·h), por lo que las infraestructuras existentes cubrirían toda la demanda. Evidentemente si los vehículos fueran híbridos las necesidades disminuirían a la mitad aproximadamente.

- En datos de 2008 la energía eléctrica demandada en España ascendió a 290 TW·h, de los cuales 31 TW·h fueron de energía eólica<sup>18</sup>.

Estos valores aumentan rápidamente, puesto que la energía eólica producida en España <sup>21</sup> en el año 2014 fue de 51,138 TW·h, lo que supone una cobertura del 20.4% de la demanda total de energía.

- Es decir, el consumo de energía eléctrica en España para un parque de un millón de vehículos eléctricos no llegaría a alcanzar a fecha de hoy el 6 % de la producción eólica.

El parque total de vehículos en España en Septiembre de 2014 <sup>22</sup> según los últimos datos disponibles en la Dirección General de Tráfico asciende a 31.019.948, de ellos 22.076.247 son turismos y 2.945.102 motocicletas.

- Con las previsiones de aumento en la producción de energía eólica, solar termoeléctrica y fotovoltaica, podrán hacerse cargo de una gran parte del consumo eléctrico demandado por la electrificación del transporte. El pronóstico para las energías renovables según la web “energías renovables” es que experimenten un incremento promedio anual en torno a 1,9% desde el año 2000 hasta el 2030<sup>23</sup>.
- Las redes de distribución actuales deben adaptarse a la nueva situación para conseguir que la recarga se realice principalmente en las horas valle, o utilizando tecnologías nuevas.

En este estado, la transición al vehículo eléctrico necesita de un gran apoyo institucional a nivel europeo acompañado de un enfoque efectivo en el marketing.

## 6.4 Puntos de recarga

Un aspecto fundamental a la hora de impulsar el vehículo eléctrico resulta el poder responder a la pregunta que se plantean muchas personas: ‘¿Dónde es posible recargar su batería?’. Además, muchos de los potenciales compradores se preguntan si el modelo actual sería capaz de ofrecer suficientes puntos de suministro de energía para todos los vehículos. Respuestas claras a dichas cuestiones parecen necesarias para que finalmente

se produzca el cambio en el modelo del transporte a nivel europeo. Es decir, de existir una falta de infraestructuras, parece muy complicado que el vehículo eléctrico logre consolidarse.

Lo cierto es que los puntos de recarga presentan algunas ventajas frente a los de los convencionales vehículos de combustión interna. La principal es la existencia de unas redes eléctricas ya implantadas por todo el territorio europeo, por lo que se posibilita un abastecimiento de energía distribuido por toda la geografía. Esto se traduce en que la recarga no se produce únicamente en puntos específicos de la ciudad o la carretera (como ocurre con los vehículos convencionales al ser necesario acudir a gasolineras), sino que es posible en cualquier lugar donde exista electricidad. De esta manera, los propietarios de vehículos eléctricos podrían beneficiarse de la implantación de puntos de suministro de energía en vías públicas, parkings públicos de las ciudades e incluso en sus propios hogares. Por lo tanto, supone una menor dependencia al no tener que acudir siempre al mismo lugar.

Existen sistemas convencionales, que requieren entre seis y ocho horas para una recarga completa de la batería (según el modelo) y también sistemas rápidos. La rapidez depende del tipo de corriente eléctrica (alterna o continua) por lo que se pueden obtener distintos niveles de potencia. Los puntos de recarga rápida siguen en desarrollo pero se calcula que en tan sólo diez minutos serían capaces de recuperar aproximadamente unos 60 kilómetros de autonomía. Para su uso los vehículos deben contar con la interfaz de carga rápida. Es importante que exista variedad de equipos de distinta clase según la localización del punto de recarga. Además, para una mayor facilidad en cuanto a su uso es necesaria la estandarización de los conectores.

Otra cuestión relevante es el tramo horario en que se conecta a la red. Los gobiernos fomentan con bonificaciones las llamadas `horas valle`, momentos durante los cuales la demanda eléctrica es menor, en este caso durante la noche. Se trata de una manera de optimizar el cambio de modelo a través de un cambio en los hábitos y costumbres de sus usuarios.

En todo caso, habría que decir que para evitar que las infraestructuras de recarga constituyan un obstáculo al cambio de modelo, deberían de implantarse en forma de un proceso más o menos rápido y previo a la aparición de manera generalizada del vehículo

eléctrico. Además estos sistemas deberían de funcionar de manera autónoma y su mantenimiento no debería de suponer ningún problema. Disponer de un sistema de medida de energía eléctrica y de un sistema de pago fiable serían otros aspectos a tener en cuenta. Hay que decir que cada punto de recarga cuesta de media alrededor de los 750€ (precio medio que ofrecen empresas como LuGEnerGy o Charging Box)<sup>24</sup>.

Como conclusión, si realmente se desea realizar este cambio en el sector del transporte (algo que parece irreversible), deben implantarse a gran escala estos sistemas de recarga ya que se trata de una condición necesaria.

## 6.5 Servicios derivados

Ante este cambio en el modelo de transporte, es evidente que se perderán numerosos puestos de trabajo en la industria del petróleo. Aun así, se espera que la balanza de empleo sea positiva, ya que vehículos más eficientes requieren una mejor tecnología, lo que se consigue con un mayor número de empleados dedicados a la investigación en este campo.

Además los ahorros que proporcionará este tipo de vehículos harán que el poder adquisitivo de las familias se incremente y este dinero se destine a otros sectores no necesariamente relacionados con el transporte.

Por otro lado sería necesario el desarrollo de una serie de empresas que proporcionasen el soporte requerido por los vehículos eléctricos como serían aquellas dedicadas al mantenimiento, la recarga de baterías y su reciclado. Se trata de empleos creados de forma indirecta ya que no participan directamente en el proceso de producción. Estas irán adquiriendo mayor importancia a mayores volúmenes de ventas.

Aunque lo cierto es que la sociedad en general será la gran beneficiada de la inclusión de los vehículos eléctricos, existen algunos nichos en el mercado que se convertirán en los grandes privilegiados de este cambio. Entre ellos se encuentran el sector de la logística y distribución de mercancías los cuales precisan de una gama de vehículos (tanto coches como furgonetas, motocicletas o camiones) que se adaptan a la perfección a las características que presentan los vehículos eléctricos. Otros ejemplos de servicios o empresas que saldrían beneficiados serían entre otros las de alquiler de vehículos en las ciudades y los taxis.



## 7. ESTRATEGIAS E INICIATIVAS PÚBLICAS. INCENTIVOS

### 7.1 En la Unión Europea

La Unión Europea ha impulsado una serie de propuestas enfocadas a desarrollar el mercado de vehículos limpios y eficientes y especialmente los eléctricos. De este modo, la Comisión Europea estableció una estrategia sobre los vehículos limpios y eficientes desde el punto de vista energético con tres propósitos:

- Establecer objetivos a medio y largo plazo con el fin de promocionar una nueva línea industrial para la creación de vehículos limpios y más eficientes capaz de impulsar la competitividad de la industria europea, reestructurándola y creando simultáneamente puestos de trabajo. Al mismo tiempo se debe preservar el correcto funcionamiento del mercado actual.
- Impulsar a la industria europea para que adquiriera un papel de liderazgo en el desarrollo de las tecnologías alternativas de propulsión. La competitividad futura de Europa en este campo dependerá de su permanencia en los puestos de cabeza, donde estarán sin duda Estados Unidos, Japón y China.
- Establecer una economía ecológica y sostenible basada en un transporte no impulsado por combustibles de Carbono.

Las iniciativas deberán ser tanto privadas, por parte de la industria, como públicas, llevadas a cabo por las diversas administraciones. Ejemplo de ello es la alianza de Renault-Nissan con diversos gobiernos (como es el caso de Portugal, Irlanda o Dinamarca) para el desarrollo de infraestructuras y la implantación de los vehículos eléctricos. Otro ejemplo significativo es el de Daimler AG con los gobiernos de Alemania e Italia.

Estas medidas han favorecido además a la creación de una red pública europea de estaciones de recarga de alto voltaje así como de las normas técnicas y de seguridad que se aplicarán a dichas estaciones. Se trata así de cumplir con el objetivo del Protocolo de Kyoto, según el cual debe de haber una reducción de las emisiones de gases que provocan el calentamiento global.

Todo ello afectará de manera directa al sector de la automoción, ya que los fabricantes deberán cumplir con la regulación de emisiones de CO<sub>2</sub> para lograr ciertas mejoras en la eficiencia energética en términos de CO<sub>2</sub>/Combustible. En un informe acerca de las repercusiones del transporte en el medio ambiente elaborado por la Comisión Europea<sup>15</sup>, se analiza la procedencia de los gases de efecto invernadero (que incluyen el CO<sub>2</sub>, metano, ozono, óxidos de nitrógeno y el vapor de agua) que son liberados a la atmósfera. El transporte supone el 19.7%, tan solo superado por las emisiones de las industrias (31%). Dentro del transporte, el 72% se deben a los vehículos que circulan por tierra.

En cuanto a las emisiones totales de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, el 24% se deben al sector transporte, de ahí la necesidad de una mayor regulación. Como muestra la *Tabla 10*, en Europa y en EE.UU. los vehículos con pasajeros deben respetar unos límites de emisiones bastante diferentes:

	Europa	EE.UU.
2012	130g/km	190g/km
2015	115g/km	180g/km
2020	100g/km	160g/km

*Tabla 10: Límites de emisiones de CO<sub>2</sub> en Europa y EE.UU.  
Elaboración propia a partir de datos tomados de “La Guía del Vehículo Eléctrico- Comunidad de Madrid”<sup>25</sup>*

Tal y como se puede observar, Europa se muestra mucho más respetuosa con el medio ambiente, a través de una regulación más exigente. Para lograrlo, existe un amplio abanico de políticas pero que pueden clasificarse en dos bloques. Por un lado están las políticas de demanda que son aquellas que apuestan por desarrollar diseños urbanísticos que minimicen las necesidades de movilidad de los ciudadanos o las que incentivan modalidades de transporte más sostenible como el transporte público o la bicicleta. Por el otro lado se encuentran las políticas de oferta, que son en las que nos hemos centrado, consistentes en fomentar nuevas tecnologías más eficientes en el transporte.

La demanda creciente de coches limpios y eficaces representa una oportunidad enorme para una industria que empieza a salir de su peor crisis en décadas. No obstante, los

responsables políticos y los expertos industriales coinciden en que sin un planteamiento coherente y coordinado entre las partes interesadas, los vehículos ecológicos podrían enfrentarse a importantes dificultades de implantación en Europa.

Varios países de la UE —como Francia, España, Alemania, Portugal y Dinamarca— tienen proyectos de transporte eléctrico a gran escala, que en ocasiones prevén primas y desgravaciones fiscales para incentivar a los consumidores. Sin embargo, esos mismos consumidores podrían mostrarse reticentes si no se generalizara un estándar único europeo, por ejemplo para las tomas de corriente utilizadas en la recarga de las baterías.

Otros programas e iniciativas de la UE son los que se citan a continuación.

El “Acuerdo de Implementación para Vehículos Híbridos y Eléctricos” de la IEA (International Energy Agency) comenzó en 1993 con la finalidad de generar y difundir información relacionada con el vehículo eléctrico, híbrido y el de pila de combustible. Es un grupo de trabajo en el que colaboran gobiernos y centros de investigación de los países integrantes, entre los que se encuentra España. Entre sus principales objetivos se encuentran mejorar la calidad del aire, disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y aumentar la eficiencia energética del sector.

AVERE (“European Association for Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicles”) es una asociación europea fundada en 1978 que agrupa a usuarios, ONGs, fabricantes, grupos de interés, instituciones públicas y de investigación y empresas eléctricas. Sus principales actividades son la promoción y networking, monitorización, participación en proyectos de I + D. En estrecha colaboración con las instituciones europeas ha llevado a cabo proyectos como Cost 302, EDS, Joule-Cities o MERGE.

EVI “Electric Vehicle Initiative”, ofrece un foro para la cooperación mundial en el desarrollo y despliegue de energías limpias, donde se incluyen todo tipo de vehículos eléctricos. Sus países miembros abarcaban en 2012 el 90% del total de vehículos eléctricos del mundo. Uno de sus objetivos es alcanzar la cifra de 20 millones de vehículos eléctricos en el mundo en 2020.

“European Green Cars Initiative” es una colaboración público-privada dedicada a promocionar vehículos verdes y a encontrar soluciones de movilidad basadas en energías limpias. La iniciativa se creó dentro del 7º Programa Marco (FP7) de la UE (2009-2013) en respuesta a la crisis económica global de 2008 con el fin de mejorar las tecnologías

convencionales (tanto de vehículos como de sistemas de transporte público) desarrollando al mismo tiempo nuevas tecnologías, donde quedan incluidos tanto los vehículos eléctricos como los híbridos, de hidrógeno o biocombustibles. Aquellas actividades de I+D+I que se ajusten a los objetivos del Programa Marco de la UE para la Innovación e Investigación en el período 2014-2020 (“Horizon 2020”) podrán optar a financiación europea.

## 7.2 En España

El Plan MOVELE es el nombre que recibe al Plan de Acción 2010-2012, incluido dentro de la Estrategia Integral 2010-2014 de Impulso al Vehículo Eléctrico. Está gestionado por el IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Su objetivo general fue promocionar a través de una serie de actuaciones la utilización de vehículos eléctricos en España. Incluía a todo tipo de vehículos cuya energía motora procediese total o parcialmente de sus baterías, cargadas a través de la red eléctrica. Para ello contaba con líneas de apoyo a la industrialización e investigación en este campo, a la adaptación de la red eléctrica para gestionar la recarga, así como otros programas destinados a promover la demanda de este tipo de vehículos, como puede ser la información, o formación de técnicos.

Terminado el plazo inicial en 2012, las ayudas a la adquisición de vehículos eléctricos de los años 2013 y 2014 se han seguido denominando planes MOVELE y han dispuesto de un presupuesto anual de 10 millones de euros. Su principal finalidad es paliar en parte el sobrepeso de un vehículo eléctrico comparado con uno de combustión interna.

A título ilustrativo, en el último Plan MOVELE 2014 <sup>26</sup> las ayudas a la adquisición de un vehículo dentro de la categoría turismo, que dependen de su autonomía en el modo exclusivamente eléctrico son las reflejadas en la *Tabla 11*:

Autonomía A	15 km < A < 40 km	40 km < A < 90 km	A > 90 km
Ayuda	3.000 €	4.500 €	6.500 €

*Tabla 11: Ayudas Plan Movele según autonomía del vehículo. Elaboración propia.*

Para recibir dichas cuantías es necesario cumplir con una serie de requisitos entre los cuales se encuentra abonar la totalidad del importe en el momento de su adquisición. Muestra del éxito de este plan es el hecho de que en noviembre de 2014, el presupuesto destinado a ayudas se agotó.

Los Presupuestos Generales del Estado para 2015 incluyen una dotación de 7 millones de euros para el fomento de la demanda de vehículos limpios y energéticamente eficientes. Otros 8 millones de euros se destinan al cuarto Plan PIMA Aire, que incentiva la compra de vehículos comerciales.

Dentro de la infraestructura de puntos de recarga MOVELE, algunos de los resultados son entre otros la creación en Madrid de 24 puntos de recarga en vía pública y 151 en aparcamientos municipales de acceso público, en Barcelona de 60 puntos de recarga en superficie y 131 en aparcamientos.

Por tanto este es un buen ejemplo de medidas dirigidas a facilitar y fomentar el desarrollo de la movilidad eléctrica, lo que ayuda a reducir la dependencia energética del petróleo y mejorar el sector del transporte.



## 8. EJEMPLO REAL DE VIABILIDAD

Una vez analizados los distintos aspectos relativos al vehículo eléctrico así como sus beneficios a nivel global, es momento de analizarlo desde la perspectiva del propio consumidor. Es decir, a nivel microeconómico. Se analizará si se trata de una opción ventajosa frente al vehículo convencional en cuanto a costes. Para ello sin embargo, es necesario realizar diversas simplificaciones y suposiciones ya que el perfil del conductor (distancias recorridas, frecuencia de utilización entre otros) determinará en gran medida los costes en los que se incurren.

Desde hace varios años, se vienen realizando trabajos sobre el coste total en la vida útil de un vehículo. En `Eficiencia energética en la automoción. El vehículo eléctrico, un reto del presente'<sup>27</sup> publicado en la Revista Economía Industrial, fruto de la colaboración del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y diversas Universidades se analizan los datos referidos a vehículos urbanos pequeños con diferentes fuentes de energía, estimando una vida útil de unos 12 años y considerando únicamente el coste de adquisición y carburante. La conclusión es que las tecnologías más ecológicas, en especial el vehículo eléctrico, son rentables a partir del sexto año de vida.

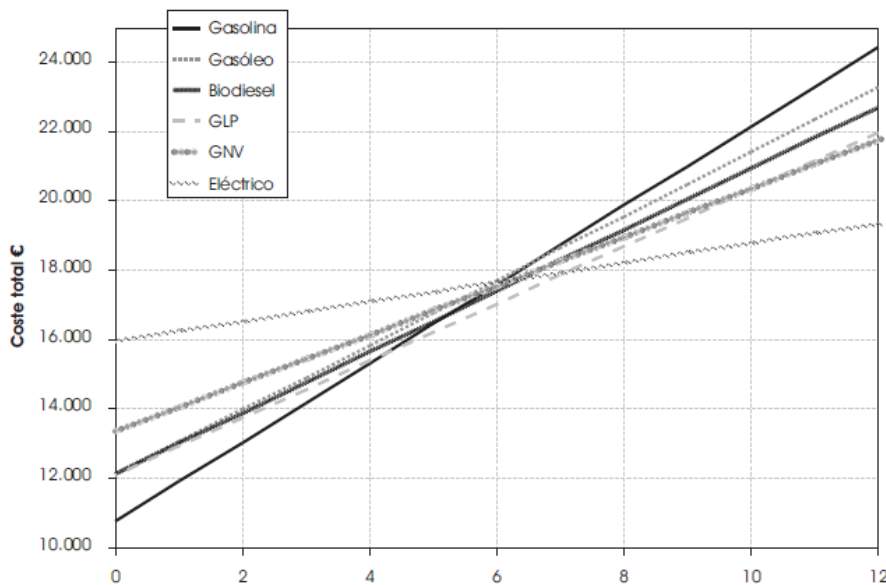


Figura 10: Coste total en la vida útil de vehículos con distintos sistemas de propulsión. Fuente: Blázquez J., Martín J.M, Revista Economía Industrial, 2010).<sup>27</sup>

El estudio<sup>28</sup> realizado este mismo año 2015 por Wu, Inderbitzin y Bening del Instituto Politécnico Federal (ETH) de Zurich titulado “Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments” supone un completo análisis de todos los factores que influyen en el coste de operación de los vehículos eléctricos y unas fundamentadas previsiones mirando al futuro.

Como caso práctico, a continuación se presenta un estudio comparativo del coste que supone para un usuario en España el vehículo eléctrico frente al de combustión. Para ello se han elegido algunos de los modelos presentes en dicho mercado.

La elección intenta representar tanto a vehículos pequeños como a los de gama media o alta. Los vehículos de combustión han sido elegidos lo más parecidos posible a los eléctricos. En algunos casos son exactamente el mismo modelo, como el Smart For Two y los dos Volkswagen: Up! y Golf. En otros casos son modelos muy similares en dimensiones y potencia. Uno de los vehículos eléctricos, el Tesla-S, muy extendido en EE.UU. y poco en Europa, ha sido incluido como representativo de un vehículo del segmento más alto que, aun siendo eléctrico, posee una gran autonomía, a la que acompaña un precio muy elevado.

Los modelos seleccionados son los que aparecen en la revista digital “Xataka”<sup>29</sup> referida a 2014. Sea o no esta selección la más acertada, en ella aparecen los modelos más vendidos en España. En cualquier caso el trabajo no pretende realizar un estudio exhaustivo del mercado sino que se limita a analizar las tendencias previsibles para el futuro.

Los modelos considerados aparecen en la *Tabla 12*. La potencia de sus motores es variada. Para el cálculo, los datos más relevantes son los siguientes:

- Los precios de venta están tomados de las páginas de las marcas y de revistas de automóviles.
- Estos precios suelen permitir elegir entre la opción de batería incluida y batería en alquiler. En uno de los casos (Renault Zoe) sólo puede ser en alquiler. El precio de alquiler de la batería se incluye en el gasto anual de combustible.
- Los posibles descuentos son el plan PIVE 7 y el MOVELE. El primero de ellos está en vigor en el momento de escribir estas líneas. Supone un descuento de



2.000€ si al adquirir un vehículo nuevo se entrega uno con antigüedad mayor de 10 años. Se aplica a todos los vehículos de combustión y a los eléctricos cuyo precio no exceda los 40.000€ (por tanto, no es válido para el Tesla-S). El descuento asciende a 3.000€ para familias numerosas o personas con movilidad reducida. Esta posibilidad no ha sido contemplada en los cálculos.

Por su parte, el plan MOVELE ha sido impulsado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo español. Para los vehículos eléctricos con autonomía mayor de 90 km ofrecía en 2014 un descuento en el precio de 6.500€ Este es el valor considerado en los cálculos por ser el más reciente. Para el año 2015 el Plan no ha sido aprobado todavía, pero los Presupuestos Generales del Estado 2015 incluyen una dotación de 7 millones de euros para fomentar vehículos limpios. (Ver nota<sup>1</sup>)

- El precio de la energía eléctrica ha sido un valor medio calculado en función de las tarifas de un hogar particular con una potencia de 4,4kW, haciendo un promedio donde se incluye potencia contratada, energía consumida e impuestos. El resultado es 0.3 €/kWh.

En este momento no está claro qué tarifa valdría para disfrutar una recarga eléctrica, por lo que el cálculo ha sido realizado en el peor de los escenarios posibles para el usuario particular. Cualquier situación futura dentro de una incentivación del vehículo eléctrico irá a favor del propietario.

El consumo que se cita es el declarado por las distintas marcas. Estos valores se realizan en circuitos especiales de prueba con condiciones difícilmente alcanzables para el usuario particular. Por ello los consumos se aumentan en un 24% a la hora de calcular el coste de energía para 100 km. Este valor, que posiblemente se queda corto, es el que estima el trabajo de Wu G., et al.<sup>28</sup> en la revista Energy Policy (2015).

- Para la gasolina o gasoil se ha tomado un precio de 1,3€/litro fijo para todo el periodo.
- A la hora de calcular el gasto anual de energía se considera que todos los vehículos recorren 20.000 km al año.

---

NOTA 1: Una vez realizados los cálculos para el ejemplo práctico se aprobó el plan MOVELE 2015 (R.D. 287/2015 de 17 de Abril) y casi en el momento de entregar el trabajo se ha aprobado el nuevo plan PIVE 8 (R.D. 380/2015 de 14 de Mayo). El trabajo no ha sido modificado.

Los cálculos han sido realizados en una hoja Excel, por lo que cualquiera de los parámetros se puede variar caso de que sea interesante ampliar el trabajo. El objetivo perseguido es valorar la incidencia en el presupuesto de un conductor particular de los dos tipos de vehículos.

Para estimar el beneficio que supone el uso generalizado de un vehículo eléctrico comparado con los de combustión sería necesario estimar todos los pasos: fabricación, distribución, mantenimiento, carburante y algunos apartados más como puede ser su desguace y reciclaje o bien venta en el mercado de segunda mano. Para los vehículos con nuevas tecnologías es difícil estimar todos estos gastos por no disponer de estadísticas en suficiente número de años.

En los cálculos no han sido tenidos en cuenta una serie de factores como son los gastos de seguro o de matriculación. Se han consultado diferentes compañías de seguros para los siete modelos de vehículo, en versión eléctrica y de combustión y no hay diferencias apreciables. Este apartado varía mucho en función de las condiciones del conductor pero su impacto está fuera del objetivo perseguido.

Tampoco han sido tenidos en cuenta los gastos de mantenimiento que para el vehículo eléctrico serán mucho menores que para el de combustión, pues desaparecen los cambios de aceite y de numerosas piezas relacionadas con el motor de gasolina o gasoil. No se han considerado por no disponer de datos fiables a largo plazo. En cualquier caso, cuando se puedan valorar irán a favor de la alternativa eléctrica. Lo mismo sucede con la instalación del punto de recarga. Este sobrecoste irá en contra del usuario. Su precio ya ha sido mencionado anteriormente. Sin embargo, si el uso del vehículo eléctrico se generaliza, entrará dentro de las instalaciones habituales de los hogares individuales, comunidades de vecinos y aparcamientos públicos.

Se prevé que el precio de la energía eléctrica aumente, así como el del carburante, en torno al 5% anual (Wu G., et al., 2015, trabajo citado) sin tener en cuenta el crecimiento de las energías alternativas que impulsará sin duda en la dirección de abaratamiento de la electricidad. No se han tenido en cuenta las ventajas de las tarifas valle de las compañías eléctricas para recargas nocturnas ni tampoco los beneficios ofrecidos por algunos ayuntamientos para recarga gratuita en puntos de aparcamientos públicos.

En cuanto a los costes de fabricación, para el vehículo de combustión las mejoras previsibles son muy limitadas, pues es una tecnología muy desarrollada. En cambio, en el caso del vehículo eléctrico las previsiones del mismo artículo apuntan a un abaratamiento entre el 5% y el 8% para la fabricación de baterías hasta el período 2020/2025 y de un 4% en los motores eléctricos.

	Smart For Two Electric Drive	Volkswagen e-Up!	Renault Zoe	BMW i3	Nissan Leaf	Volkswagen e-Golf	Tesla-S	Volkswagen Golf TDI
Potencia (CV)	75	82	88	170	109	116	306	105
Aceleración 0-100km/h (s)	11.5	12.4	13.5	7.2	11.5	10.4		10.7
Velocidad máxima(km/h)	125	130	135	150	145	140		190
Autonomía(km)	145	160	210	190 (340)(*)	199	190	375	---
Tipo de Recarga	L, SR	L, R	L, R	R (+1.000€)	L, R	L, R	L, R, SSR	---
Precio con Batería de alquiler (€)	19.432 €		21.500		24.000			---
Precio alquiler baterías (€/mes)	67		79		79			---
Precio con batería en propiedad (€)	23.482 €	27.370		35.500	30.008	35.090	66.659	27.068
Descuento MOVELE (€)	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	
Descuento Plan PIVE 7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000		
Precio final descontado MOVELE y PIVE (Batería en alquiler) (€)	10.932		13.000		15.500			
Precio final descontado MOVELE y PIVE (Batería en propiedad) (€)	14.982€	18.870		27.000	21.508	26.590		25.068
Consumo (kW h/100 km)	15,1	11,7	14,6	12,9	12,1	12,7	17,0	4l/100km

*Tabla 12: Detalles técnicos, precio de adquisición y consumo los vehículos eléctricos estudiados. Como referencia aparece en la columna de la derecha un vehículo de combustión. (Elaboración propia)*

- Recarga: L. Lenta (7h) , SR: Semirápida (<1h), R: Rápida (<0.5h), SSR: super rápida
- (\*) Con Autonomía extendida por motor adicional de gasolina (+4.500€)
- Las ayudas del Plan Movele para vehículos con autonomía superior a 90 km en modo puramente eléctrico ascienden a 6.500€ Las correspondientes al año 2015 no están fijadas en este momento. Los Presupuestos Generales del Estado 2015 incluyen una dotación de 7 millones de euros para fomentar vehículos limpios.
- El plan PIVE 7 (para el momento actual) concede una ayuda de 2.000€(para familia numerosa o personas con movilidad reducida esta cantidad asciende a 3.000€). Para ello se debe entregar un vehículo con antigüedad superior a 10 años. Es compatible con el Plan Movele e incluye vehículos eléctricos con precio inferior a 40.000€

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS										
	PRECIO ADQUISICIÓN (€)		CONSUMO (kWh/100km)	Coste energía consumida en 100 km (€/100km)	Coste anual energía (€)	PRECIO ADQUISICIÓN CON DESCUENTOS + COSTE ANUAL ENERGÍA		PRECIO ADQUISICIÓN SIN DESCUENTOS + COSTE ANUAL ENERGÍA		
		(con Descuento)				Año 1	Año 5	Año 1	Año 5	Año 7
Smart For Two Electric Drive	23.482	14.982	15,1	5,6172	1.123,44	16.105,4	20.599,2	24.605,4	29.099,2	31.346,1
Volkswagen e-Up!	27.370	18.870	11,7	4,3524	870,48	19.740,5	23.222,4	28.240,5	31.722,4	33.463,4
Renault Zoe	21.500(*)	13.000	14,6	5,4312	2.034,24	15.034,2	23.171,2	23.534,2	31.671,2	35.739,7
Nissan Leaf	30.008	21.508	12,1	4,5012	900,24	22.408,2	26.009,2	30.908,2	34.509,2	36.309,7
Volkswagen e-Golf	35.090	26.590	12,7	4,7244	944,88	27.534,9	31.314,4	36.034,9	39.814,4	41.704,2
BMW i3	35.500	27.000	12,9	4,7988	959,76	27.959,8	31.798,8	36.459,8	40.298,8	42.218,3
Tesla-S	66.659	64.659	17	6,324	1.264,80	65.923,8	70.983,0	67.923,8	72.983,0	75.512,6

Tabla 13: Cálculo del Precio de adquisición y consumo de energía en 1, 5 y 7 años para algunos vehículos eléctricos. (Elaboración propia)

(\*) En venta sólo con batería en alquiler, 79€/mes. Se incluye este gasto en la columna de coste anual de energía

- DESCUENTOS: Plan PIVE 7 y Plan MOVELE. Ambos son compatibles.
- PRECIO ELECTRICIDAD: Se ha estimado en 0,3€/Kw.h.
- CONSUMO: datos oficiales de las marcas. Para adecuarlos al consumo real se aplica un incremento del 24%, como se explica en el texto.
- Se ha calculado con un recorrido de 20.000 km/año para todos los modelos
- Los precios son de la página oficial de cada marca. Tomados el 10 de Marzo de 2015.

## VEHÍCULOS COMBUSTIÓN

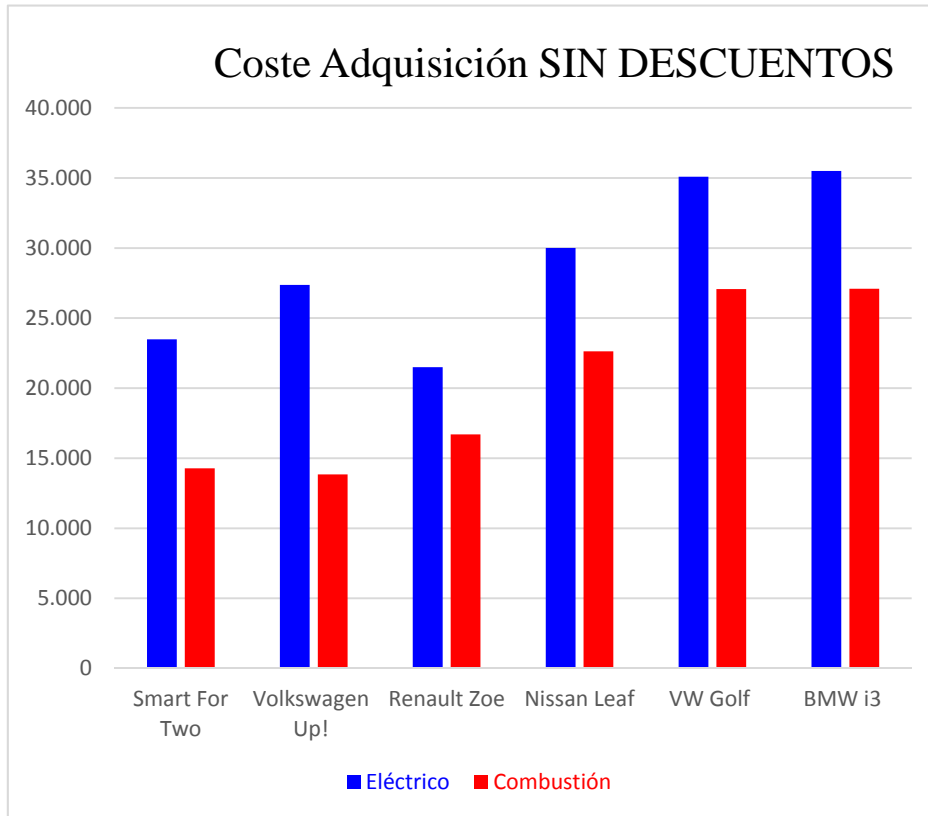
	PRECIO ADQUISICIÓN (€)		CONSUMO (litros/ 100km)	Coste energía consumida en 100 km (€/100km)	Coste anual energía (€)	PRECIO ADQUISICIÓN CON DESCUENTOS + COSTE ANUAL ENERGÍA		PRECIO ADQUISICIÓN SIN DESCUENTOS + COSTE ANUAL ENERGÍA		
		(con Descuento)				Año 1	Año 5	Año 1	Año 5	Año 7
Smart For Two (52kW)	14.278	12.278	4,1	6,6092	1.321,84	13.599,8	18.887,2	15.599,8	20.887,2	23.530,9
Volkswagen Up! (75CV)	13.842	11.842	4,7	7,5764	1.515,28	13.357,3	19.418,4	15.357,3	21.418,4	24.449,0
Renault Clio (90CV)	16.698	14.698	4,5	7,254	1.450,80	16.148,8	21.952,0	18.148,8	23.952,0	26.853,6
Nissan Pulsar (110CV)	22.627	20.627	3,6	5,8032	1.160,64	21.787,6	26.430,2	23.787,6	28.430,2	30.751,5
VW Golf TDI Gasoil	27.068	25.068	4	6,448	1.289,60	26.357,6	31.516,0	28.357,6	33.516,0	36.095,2
BMW 118i (170CV)	27.100	25.100	4,1	6,6092	1.321,84	26.421,8	31.709,2	28.421,8	33.709,2	36.352,9

Tabla 14: Cálculo del Precio de adquisición y consumo de energía en 1, 5 y 7 años para vehículos de combustión similares a los eléctricos de la Tabla anterior. (Elaboración propia)

- DESCUENTOS: Plan PIVE 7: 2.000€
- PRECIO COMBUSTIBLE: Se ha estimado en 1,3€/litro. El consumo oficial de la marca se incrementa en un 24%.
- Se ha calculado con un recorrido de 20.000 km/año para todos los modelos

Los vehículos considerados son muy similares a los de la tabla de eléctricos. Cuando ha sido posible es exactamente el mismo modelo. No se considera el equivalente al Tesla-S por pertenecer a una gama alta y tener escasa difusión en Europa.

En la *Figura 11* se representan en una misma gráfica los precios de adquisición en el concesionario para modelos de características similares con propulsión eléctrica y de combustión. Están agrupados por parejas de la misma marca y potencia muy similar para asegurar que la diferencia de precio deriva exclusivamente de la tecnología utilizada.

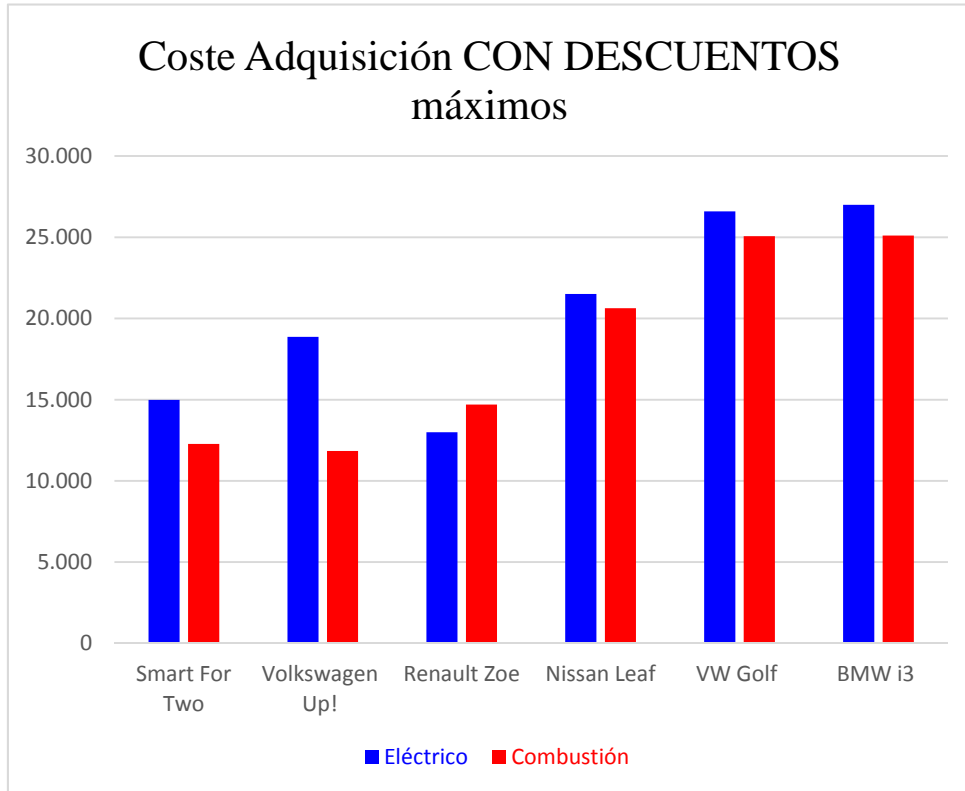


*Figura 11: Comparación del coste de adquisición de los vehículos Eléctrico y de combustión. Aparecen agrupados por parejas en categorías similares. Los modelos concretos en cada caso se detallan en el texto. (Elaboración propia partir de los datos de las marcas)*

En todos los modelos estudiados las diferencias en el precio de adquisición son muy significativas. Queda claro que en el momento inicial de decisión, el usuario no se decantaría por la opción eléctrica siguiendo un criterio únicamente económico.

En la *Figura 12* se comparan los mismos modelos con todos los descuentos posibles. El Plan PREVER sería el mismo para los dos tipos de vehículos. Los eléctricos se benefician en exclusividad del Plan MOVELE.

Como resultado las diferencias en el coste de adquisición disminuyen sensiblemente. Queda claro que para incentivar el uso del vehículo eléctrico es muy positiva la ayuda económica de las administraciones.



*Figura 12: Comparación del coste de adquisición de los vehículos eléctrico y de combustión. Aparecen agrupados por parejas en categorías similares. Los modelos concretos en cada caso se detallan en el texto. (Elaboración propia)*

El precio de adquisición del Renault Zoe aplicados los descuentos es el único inferior al modelo de combustión. Se debe a que en este caso la única opción disponible es con batería de alquiler, lo que abarata el coste inicial. Sumando el gasto de alquiler de la batería al anual en energía da un gasto anual muy superior a todos los demás.

Para comparar la evolución en el tiempo del coste que supone al usuario el vehículo eléctrico se han elegido dos modelos, Smart como representante de un vehículo pequeño urbano y BMW como representante de un segmento superior.

Ambos se encuentran entre los más vendidos en España el año pasado. En el caso del Smart el ahorro que supone el menor consumo de energía no llega a compensar la pequeña



diferencia en el precio de venta en un período de 15 años que excede la vida media de un vehículo.

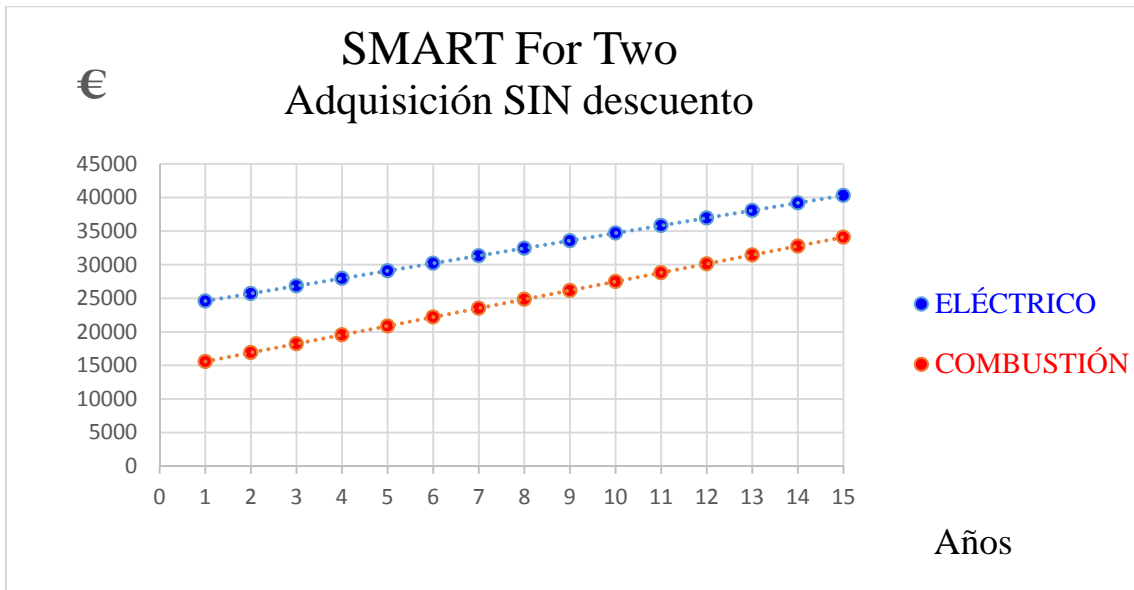


Figura 13: Coste total de operación (adquisición más gasto de energía) a lo largo de los años para un vehículo eminentemente urbano. Elaboración propia.

Partiendo de un precio de adquisición subvencionado con todas las opciones disponibles, el coste de operación sumado al de adquisición se iguala en torno a los doce años para los dos tipos, lo que representa la vida útil del vehículo.

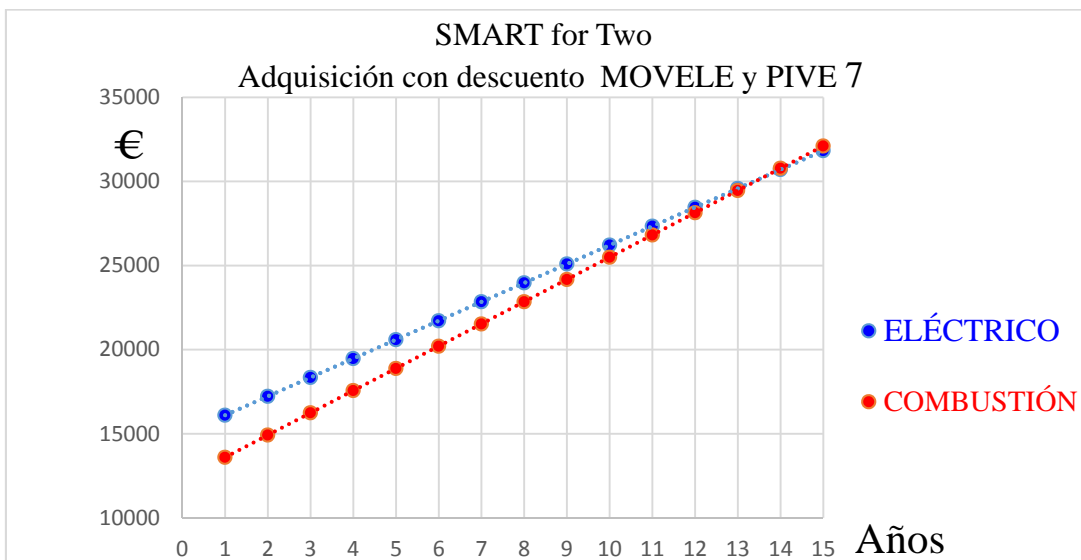


Figura 14: Coste total de operación (adquisición más gasto de energía) a lo largo de los años para un vehículo eléctrico pequeño acogido al Plan Movele comparado con uno similar de combustión. Elaboración propia.

Para los dos modelos de BMW considerados, sin ayudas a la adquisición el eléctrico tendrá un coste de operación mayor siempre.

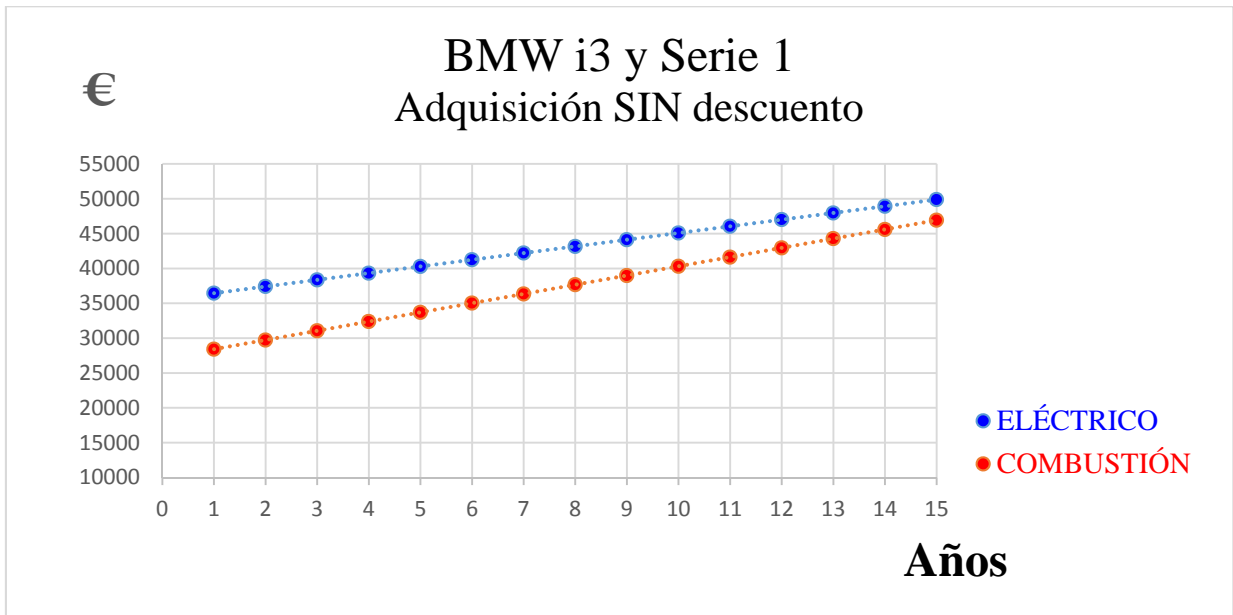


Figura 15: Coste total de operación (gasto en energía más adquisición) a lo largo de los años para un vehículo de gama media – alta con precio de mercado sin descuentos.

Los descuentos hacen que el modelo eléctrico compense económicamente mucho más pronto, en unos cinco años.

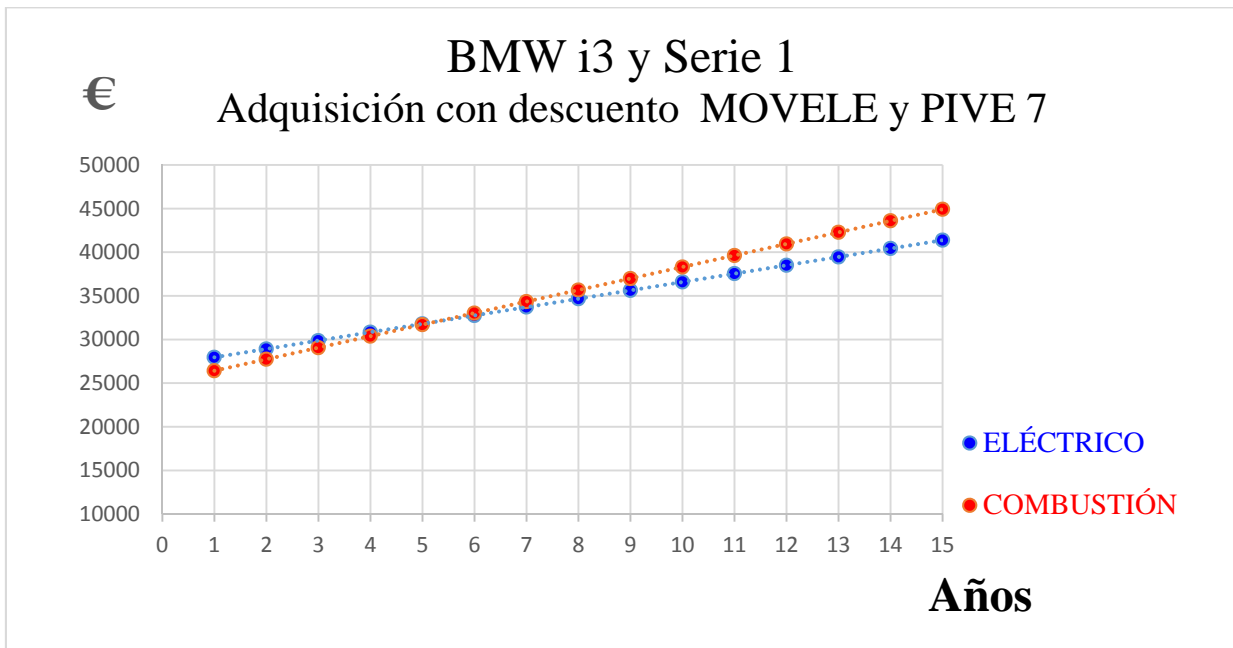


Figura 16: Coste total de operación (gasto en energía más adquisición) a lo largo de los años para un vehículo de gama media - alta acogido al Plan Movele.

Es interesante resaltar que a partir del momento en que el coste de operación de los dos tipos se iguala, el eléctrico será siempre más rentable.

Se ha calculado la evolución temporal del coste de operación para todos los pares de vehículos considerados. No se incluyen las gráficas pero sí la tabla que refleja el momento en que se produce el corte entre las dos rectas.

	<b>Años</b>
<b>Smart For Two</b>	13
<b>Volkswagen Up!</b>	11
<b>Renault Zoe</b>	>15
<b>Nissan Leaf</b>	4
<b>Volkswagen e-Golf</b>	5
<b>BMW i3</b>	5

*Tabla 14: Años necesarios para que el Coste de Operación (precio de adquisición con descuentos más gasto anual de energía) de un vehículo eléctrico iguale a uno similar de combustión.*

En el caso de mantenerse los precios actuales de adquisición sin descuentos, con los consumos actuales (lo que sin duda será la situación más desfavorable para el apartado eléctrico) y atendiendo únicamente al precio de compra y gasto de energía, el vehículo eléctrico nunca llega a ser rentable.

El Plan PIVE 7 es aplicable tanto a los eléctricos como a los de combustión. No varía la pendiente en las gráficas de la evolución temporal, desplazando únicamente la ordenada en el origen.

Cuando hay ayudas estatales como el Plan Movele (6.500€ para los casos estudiados) el plazo en que el vehículo eléctrico es más rentable varía sustancialmente de unos a otros. El caso de los modelos Renault no es significativo porque la batería en alquiler acaba penalizando el gasto en energía al mantenerse a lo largo de los años.

El plazo de referencia es muy largo para los vehículos más pequeños, donde las diferencias de partida son muy reducidas y (excluyendo a Renault por las razones indicadas más arriba) tiene valores muy interesantes (4 o 5 años) para vehículos medios.

Como resultado del estudio, en el momento actual el vehículo eléctrico solo puede resultar atractivo económicamente si las administraciones subvencionan su compra.

Sin embargo, hay muchos otros factores que en este estudio no han sido tenidos en cuenta.

Algunos son:

- El precio de fabricación del vehículo eléctrico sin duda disminuirá en el tiempo. Sus componentes ahora son materiales muy ligeros que se abaratarán con mayores cifras de producción.
- Como se ha analizado ya en el texto, todas las previsiones indican que la fabricación de baterías será cada vez más barata. A ello contribuyen las innovaciones en los materiales utilizados y en la tecnología, que está en sus primeras fases de desarrollo. Se trata del componente más caro del vehículo eléctrico.
- La energía eléctrica puede abarataarse con fuentes sostenibles.
- La contaminación por gases de efecto invernadero producida por los vehículos eléctricos es nula. Sólo puede contribuir a ello la generación de electricidad.
- La disminución de la contaminación en el aire y la escasa contaminación acústica son factores no sólo valorables en el plano económico.
- Los beneficios en la salud de la población impulsarán a los gobiernos y administraciones locales a incentivar los vehículos eléctricos, con descuentos económicos, la exención de impuestos o bien con otro tipo de incentivos como puede ser recarga gratuita en aparcamientos municipales o la posibilidad de circular por el centro de las ciudades donde están prohibidos otro tipo de vehículos.
- Para impulsar este nuevo medio de transporte será necesario sin duda concienciar al ciudadano de sus ventajas, ya que en el momento actual la información es escasa. Será ésta una misión que deberán llevar a cabo tanto las administraciones públicas como la iniciativa privada.

## 9. CONCLUSIONES

El propósito fundamental de este trabajo ha sido analizar la evolución del vehículo eléctrico en los recientes años así como las ventajas que presenta. Se hace especial énfasis sobre las ventajas económicas que puede suponer frente a los modelos de combustión.

Se ha mostrado una perspectiva general del estado actual del sector, haciendo referencia explícita a cada uno de los problemas que se plantean.

Las cifras de ventas ponen de manifiesto que el vehículo eléctrico es una realidad en este momento. A pesar de ello, su futuro depende de varios factores de distinta índole. Es previsible que algunos de ellos mejoren durante el futuro más próximo, como es el caso del precio y autonomía de las baterías. El vehículo híbrido es un paso intermedio en esta transición y su éxito es muestra de la aceptación que se está produciendo en torno al nuevo modelo de transporte. A pesar de ello, no supone una solución radical al problema por lo que la alternativa definitiva sería el vehículo puramente eléctrico y recargable con energías procedentes de fuentes no contaminantes.

Como ejemplo cuantitativo de las ventajas que supone este nuevo medio de transporte, se han seleccionado varios de los modelos más conocidos ofrecidos actualmente en España. De los diversos factores que pueden incidir en su rentabilidad a lo largo de su vida útil, se han seleccionado los más relevantes: precio de adquisición, coste de la energía consumida. El estudio comparativo del coste de operación indica que sin ayudas de las administraciones el vehículo eléctrico en la muestra seleccionada y con las condiciones establecidas, no es rentable económicamente. Por ello su aceptación a día de hoy es muy complicada. Al contrario, teniendo en cuenta las subvenciones oficiales ofrecidas por el Estado (en este caso España) su rentabilidad es mucho mayor. Aun así factores decisivos como el tipo de vehículo que se trate y la distancia recorrida pueden conducir a resultados muy diferentes. Como futuras líneas de investigación, se podrían incluir en este estudio entre otros la incidencia de la evolución previsible del precio de la energía, del coste de fabricación, de los métodos de financiación, del mercado de segunda mano y de los gastos de mantenimiento. Algunos de estos factores son difíciles de evaluar en este momento.

Para impulsar su implantación, hay que contemplar multitud de iniciativas tanto privadas como públicas. Una de ellas sería informar al usuario de las ventajas que puede presentar

planteándolas dentro de cada uno de los tipos de automóviles (pequeños de uso urbano, medios con uso mixto y grandes para viajes largos) y del perfil del usuario. De este modo, el cliente podrá valorar si se trata de una alternativa interesante para la utilización que vaya a realizar.

Las inversiones públicas y privadas en I + D y la colaboración entre los países miembros de la U.E. y de los productores pueden conseguir rebajar el precio de fabricación de los vehículos, especialmente el de las baterías que como se ha visto, es un factor esencial en su coste. Los ejemplos de Joint-ventures presentados, son un claro exponente de que la industria se mueve en esta dirección.

Por otro lado, será necesario implementar una red de infraestructuras de recarga uniforme en las distintas comunidades. Será esta labor de las administraciones en colaboración con los distribuidores de energía, a las que se sumarán iniciativas privadas para conseguir tanto redes eléctricas inteligentes como nuevas fuentes de energía no contaminantes y más económicas.

En cualquier caso, no se deberá valorar únicamente el aspecto económico, ya que sus beneficios van mucho más allá como ha quedado reflejado en este estudio.

Hasta que sus limitaciones no encuentren una solución, el vehículo eléctrico puro no será una alternativa real para la mayor parte de los ciudadanos. Pero este momento parece estar cada vez más próximo. Siguiendo con la tendencia actual, parece indudable que tanto el vehículo híbrido como el puramente eléctrico irán aumentando su presencia en nuestras sociedades de manera exponencial.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

**Accenture.** “Vehículos eléctricos: cómo cambiar las percepciones y aceptar los desafíos. Estudio en España”. (2011).

<http://www.accenture.com/es-es/Documents/PDF/Accenture-Coche-El%C3%A9ctrico.pdf>

**Aláez, R., Barneto, M., Gil, C., Longás, J.C., Lucea, J., Ullívarri, M.** (Universidad Pública de Navarra) **Bilbao, J., Camino, V., Intxaurburu, G.** (Universidad del País Vasco) “Del motor de combustión interna al vehículo eléctrico”. *Revista de Economía Industrial*, 377. (2010)

<http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial>

**Arias-Paz Guitian, M.** “Manual de automóviles”, Ed. Dossat, 56ª edición, 2006.

**Asociación Empresarial Eólica.** “La eólica en España” (2014).

<http://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/la-eolica-en-espana/>

**Bandivadekar, A., Bodek, K., Cheah, L., Evans, C., Groode, T., Heywood, J., Kasseris, E., Kromer, M., Weis, M.** “On the Road in 2035: Reducing Transportation’s Petroleum Consumption and GHG Emissions”

Laboratory for Energy and the Environment Report No. LFEE 2008-05 RP. Massachusetts Institute of Technology, Julio 2008.

<http://web.mit.edu/sloan-auto-lab/research/beforeh2/otr2035/>

**Blázquez, J., Martín, J.M.** “Eficiencia energética en la automoción. El vehículo eléctrico, un reto del presente”. *Revista Economía Industrial*, 377 (2010)

<http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/>

**Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)** “Situación de la energía en el mundo, Europa y España” (Febrero 2006)

<http://www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/energia/europa.htm#5>

**Ceña, A., Santamarta, J.** “El coche eléctrico: el futuro del transporte, la energía y el medio ambiente”, *Revista WorldWatch* (2009).

[www.nodo50.org/worldwatch/ww/pdf/cocheelectrico.pdf](http://www.nodo50.org/worldwatch/ww/pdf/cocheelectrico.pdf)

**Charging Box** [www.charging-box.com](http://www.charging-box.com)

**Comisión Europea** “Statistical Pocketbook 2014”

<http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/doc/2014/pocketbook2014.pdf>

**Dirección General de Tráfico.**

<https://sedeapl.dgt.gob.es/IEST2/tabla.do>

**European Commission Green Paper** “Towards a European strategy for the security of energy supply”, COM 2000, p.769.

<http://aei.pitt.edu/1184/>

**EVObsession**, Revista digital (<http://evobsession.com/>)

Ventas en Europa <http://evobsession.com/europe-ev-sales-update-october-sales/>

**Ferropedia** “Consumo de energía del tren y de otros medios de transporte”

[http://www.ferropedia.es/wiki/Consumo de energ%EDa del tren y de otros medios de transporte](http://www.ferropedia.es/wiki/Consumo_de_energ%EDa_del_tren_y_de_otros_medios_de_transporte)

**Gartner** “Research Methodologies”

<http://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp>.

**Heike, Prof. Dr., Dominik, Prof., Kilian, M.Sc.** “Competitiveness of the EU Automotive Industry in Electric Vehicles”(2012) Framework Contract ENTR/2009/030. University of Duisburg-Essen (Chair of General Business Administration & International Automotive Management).

[http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/files/projects/report-duisburg-essen-electric-vehicles\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/files/projects/report-duisburg-essen-electric-vehicles_en.pdf)

**Híbridos y Eléctricos**, Revista digital (<http://www.hibridosyelectricos.com/>)

Matriculaciones:<http://www.hibridosyelectricos.com/seccion/matriculaciones-hibridos-y-electricos/>

**Instituto para la Diversificación y Ahorro en la Energía** (Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España)

- Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica (2012).

[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Movilidad\\_Electrica\\_ACC\\_c603f868.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Movilidad_Electrica_ACC_c603f868.pdf)

- “Consumos del sector Residencial en España”.

[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Documentacion\\_Basica\\_Residencial\\_Unido\\_c93da537.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf)

– Plan Movele 2014.

<http://www.idae.es/INDEX.PHP/index.php/relcategoria.3993/id.799/relmenu.428/mod.pags/mem.detalle> Consultado: Enero 2015

**International Energy Agency** <http://www.iea.org/>

- EV City Casebook

[http://www.iea.org/topics/transport/subtopics/electricvehiclesinitiative/EVI\\_2014\\_Casebook.pdf](http://www.iea.org/topics/transport/subtopics/electricvehiclesinitiative/EVI_2014_Casebook.pdf)

- Global EV Outlook „Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020”. Abril 2013. Clean Energy Ministerial. Electric Vehicles Initiative

[.https://www.iea.org/publications/globalevoutlook\\_2013.pdf](https://www.iea.org/publications/globalevoutlook_2013.pdf)

**Laverón Simavilla, F., Muñoz Rodríguez, M.A., Saenz de Miera, G.** “Análisis energético y económico del vehículo eléctrico”. Revista digital REVE (Wind Energy and the Electric Vehicle). Marzo de 2010.



<http://www.evwind.es/2010/03/15/analisis-energetico-y-economico-del-vehiculo-electrico/4595>

**Martín, A.** (Coordinación) “Guía del Vehículo Eléctrico”. Comunidad de Madrid.  
<http://www.cleanvehicle.eu/fileadmin/downloads/Spain/Guida%20del%20vehiculo%20Electrico.pdf>  
<http://www.cleanvehicle.eu/info-per-country-and-eu-policy/member-states/spain/national-level/>

**Shinnar R.** “The hydrogen economy, fuel cells, and electric cars” *Technology in Society* 25 (2003).

**Tipler, P. A. y Mosca, G.** “Física para la ciencia y la tecnología” (Vols. I y II). Ed. Reverté, 6ª ed. 2010.

**Van Mierlo J., Maggetto G., Lataire Ph.** “Which energy source for road transport in the future? A comparison of battery, hybrid and fuel cell vehicle”. *Energy Conversion and Management* 47(2006) 2748–2760.

**Wu, G., Inderbitzin A., Bening C.,** (ETH Zurich) “Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments”. *Revista Energy Policy*, nº 80 (2015).

**Yardeni E., Johnson D.** “Energy Briefing: Global Crude Oil Demand & Supply”. Yardeni Research, Inc. (February 2015)  
<http://www.yardeni.com/Pub/globaldemsup.pdf>.

**Young, H. D. y Freedman, R. A.** “Física universitaria” (Vols. 1 y 2). Ed. Prentice Hall (12ª Edición), 2009.

**Xataka,** Revista digital “Si quieres un coche eléctrico estos son los 7 mejores que se pueden comprar a día de hoy”.  
<http://www.xataka.com>



## 11.REFERENCIAS

- 
- <sup>1</sup> International Energy Agency. “Global EV Outlook”. Consultado: Enero 2015.
- <sup>2</sup> Gartner (Compañía dedicada a la asesoría en el campo de la tecnología). Consultado: Enero de 2015.
- <sup>3</sup> International Energy Agency “EV City Casebook” (pag 7). Consultado: Marzo 2015
- <sup>4</sup> Yardeni E., et al. (2015). Consultado: Febrero de 2015.
- <sup>5</sup> European Commission. Green Paper, p. 769. Consultado: Marzo 2015
- <sup>6</sup> Laverón Simavilla F.,et al. (2010). Consultado: Febrero 2015.
- <sup>7</sup> Van Mierlo J., et al. (2006) 2748–2760.
- <sup>8</sup> Existen organizaciones internacionales europeas dedicadas a promover el transporte sostenible, como UITP <http://www.uitp.org/> pero se ocupan del transporte público, y en este trabajo nos centramos en el privado.
- <sup>9</sup> R. Aláez, et al. (2010) pág. 95.
- <sup>10</sup> Shinnar R. (2003) p. 455.
- <sup>11</sup> A. Bandivadekar, et al., (2008).
- <sup>12</sup> Heike, Prof. Dr. et al. (2012)
- <sup>13</sup> Ceña A, Santamarta J. (2009). Consultado: Enero 2015
- <sup>14</sup> La revista digital EVObsession (<http://evobsession.com/>) ofrece numerosos datos muy actualizados sobre todo tipo de vehículos eléctricos, del mercado y de las novedades tecnológicas. Consultado: Febrero de 2015.
- <sup>15</sup> “Híbridos y Eléctricos” (<http://www.hibridosyelectricos.com/>) es un medio digital de información sobre Movilidad, Ecotecnología y Sostenibilidad donde se encuentran noticias, informes técnicos y datos actualizados sobre la industria del automóvil eléctrico. Consultado: Febrero 2015.
- <sup>16</sup> Accenture. (2011).
- <sup>17</sup> Comisión Europea – “Statistical Pocketbook 2014”. Consultado: Febrero 2015.
- <sup>18</sup> Ferropedia. Consultado Mayo 2015.
- <sup>19</sup> I.D.A.E “Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica” (2012, pág 42). Consultado: Marzo 2015.

<sup>20</sup> I.D.A.E “Consumos del sector Residencial en España”. Consultado: Marzo 2015.

<sup>21</sup> Asociación Empresarial Eólica (2014). Consultado: Enero 2015

<sup>22</sup> Dirección General de Tráfico. Consultado: Marzo 2015

<sup>23</sup> (CIEMAT) (2006). Consultado: Diciembre 2014.

<sup>24</sup> [www.charging-box.com](http://www.charging-box.com) Consultado: Enero 2015.

<sup>25</sup> Martín, A. (2014). Consultado: Enero 2015.

<sup>26</sup> I.D.A. Plan Movele 2014. Consultado: Enero 2015

<sup>27</sup> Blázquez J., et al. (2010, pág 76). Consultado: Enero 2015

<sup>28</sup> Wu G., et al. (2015)

<sup>29</sup> Xataka. Consultado: Marzo 2015