

Fedea Policy Papers - 2019/05

## La electrificación del transporte

Miguel Sebastián  
(UCM e ICAE)

fedea

*Las opiniones recogidas en este documento son las de sus autores y no coinciden necesariamente con las de FEDEA.*

# LA ELECTRIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

**Miguel Sebastián**

(UCM e ICAE)

**Resumen:** En este trabajo se analiza la evolución y los retos de la movilidad eléctrica. Tras describir brevemente la situación en el transporte ferroviario y aéreo, el trabajo se focaliza en la movilidad del transporte por carretera, lo que permite poner de manifiesto la oportunidad que este representa no solo desde una perspectiva medio ambiental, sino también energética, industrial y tecnológica. En el artículo se abordan también las falacias más frecuentes sobre la movilidad eléctrica, para concluir analizando cuáles deben ser las políticas más adecuadas para el impulso del vehículo eléctrico.

## Índice

1. Introducción
2. La movilidad eléctrica
3. La oportunidad del vehículo eléctrico
4. Falacias sobre el vehículo eléctrico
5. Políticas para promover el vehículo eléctrico

## **1. Introducción**

El Marco sobre Energía y Clima 2030 de la Unión Europea, aprobado por buena parte de los estados miembros, se fija unos ambiciosos objetivos, para cada país, como contribución europea al proceso de “descarbonización” de la economía global. En particular: (i) al menos un 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a los niveles de 1990, (ii) alcanzar, al menos, un 32% de cuota de energías renovables en el consumo de energía final y (iii) al menos un 32,5% de mejora de la eficiencia energética. En España hemos avanzado notablemente en la generación eléctrica a partir de fuentes renovables. Así, Red Eléctrica de España señala que, en los primeros ocho meses de 2019, las renovables alcanzaron en promedio el 36% del total de la generación eléctrica total. Alguien podría pensar que, con ese dato, cumplimos el segundo de los objetivos señalados. Nada más lejos de la realidad. El objetivo se refiere a consumo de energía “final”, y ese buen dato de generación renovable sólo se refiere a la producción de electricidad. De hecho, nuestro porcentaje de electrificación es muy bajo, apenas un 26% del consumo total de energía final. Por tanto, aunque alcanzásemos un 100% de generación eléctrica renovable, no alcanzaríamos el mencionado objetivo. Cumplirlo requeriría, por tanto, un elevado nivel de electrificación. Algo parecido nos ocurre con las emisiones de CO<sub>2</sub>. Cumplir el objetivo de reducción de las mismas exige un cambio sustancial en el transporte, uno de los sectores más responsables en el volumen de emisiones. Un cambio en el transporte hacia un modelo con bajas emisiones necesita de una fuerte penetración de la movilidad eléctrica. Finalmente, el objetivo de eficiencia energética también será más fácil de alcanzar con los vehículos eléctricos, al ser más eficientes, desde un punto de vista energético, que los vehículos de combustión. Podemos, por tanto, concluir que la movilidad eléctrica va a ser una condición necesaria para cumplir los dos primeros objetivos y conveniente para cumplir el tercero. Pero que sea necesario no quiere decir que sea sencillo. En este artículo repasaremos cuáles son los principales problemas que dificultan la electrificación del transporte, y cómo puede la política económica contribuir a llevar a cabo una transición más rápida y menos costosa.

## **2. La movilidad eléctrica**

Cuando hablamos, en general, de “movilidad eléctrica” nos referimos a todas las modalidades de transporte, tanto de pasajeros como de mercancías. En lo que se refiere

al ferrocarril, el despliegue del tren de alta velocidad (AVE) por buena parte de la geografía peninsular en las dos últimas décadas ha sido espectacular. Desde su inauguración en 1992, con la línea Madrid-Sevilla, se han construido cerca de 3.000km de líneas de ancho internacional (1,44m) electrificadas a 25kV y con diferentes modalidades de velocidad. En el Gráfico 1 se presenta el mapa de líneas de Alta Velocidad en servicio en julio de 2019.

**Gráfico 1. Líneas de Alta Velocidad ferroviaria en servicio (2019)**



Fuente: ADIF

Con 2.852 km en uso, España ocupa el tercer lugar del mundo en alta velocidad ferroviaria, por detrás de China y Japón, que tiene 3.041km construidos, pero pronto adelantará al país nipón, al tener más kilómetros en construcción, 904 frente a 402.<sup>1</sup>

Este gigantesco esfuerzo, dado el tamaño de nuestro PIB, casi la décima parte del de China y la cuarta parte del de Japón, ha generado la sensación de que en materia ferroviaria “ya se ha hecho un esfuerzo más que suficiente”. Es cierto que, en lo que se refiere a transporte de pasajeros a media y larga distancia, la inversión ha sido gigantesca, tanto en términos absolutos como relativos a otros países. Sin embargo, queda mucho por hacer en dos terrenos: (i) el transporte ferroviario de mercancías y (ii) el transporte urbano de pasajeros.

<sup>1</sup> Véase [www.omio.es](http://www.omio.es)



ranking de las ciudades más pobladas del mundo. Pero eso no debe ser motivo de complacencia. En un trabajo reciente de la Universidad Complutense (Villalba, 2018) se demuestra que inversiones relativamente poco costosas de ampliación de algunas líneas de Metro, incluso utilizando estaciones ya existentes, podrían mejorar a millones de usuarios en la ciudad. Lo mismo podría pensarse del Metro (o Metro ligero) en otras ciudades españolas, o del transporte por ferrocarril de Cercanías, que está lejos de alcanzar un nivel óptimo en lo que se refiere a la frecuencia, la puntualidad, la extensión de la red o la disponibilidad de aparcamientos disuasorios en los puntos de origen.

En conclusión, hay mucho margen para continuar profundizando en el transporte ferroviario. El diseño de las infraestructuras ferroviarias no sólo debe seguir criterios de equilibrio territorial, aunque éstos no deban ignorarse. Pero debe primar la mejora de la productividad de la economía, favorecer el comercio interior y exterior y buscar la rentabilidad, medioambiental y social, pero también económica. En particular, y en lo que se refiere al transporte de viajeros, se deberían cubrir, al menos los costes variables generados en su explotación. La segunda ronda de liberalización de los operadores de transporte ferroviario, esta vez para pasajeros, debería servir de impulso a esta modalidad, al mejorar simultáneamente calidad y precios.

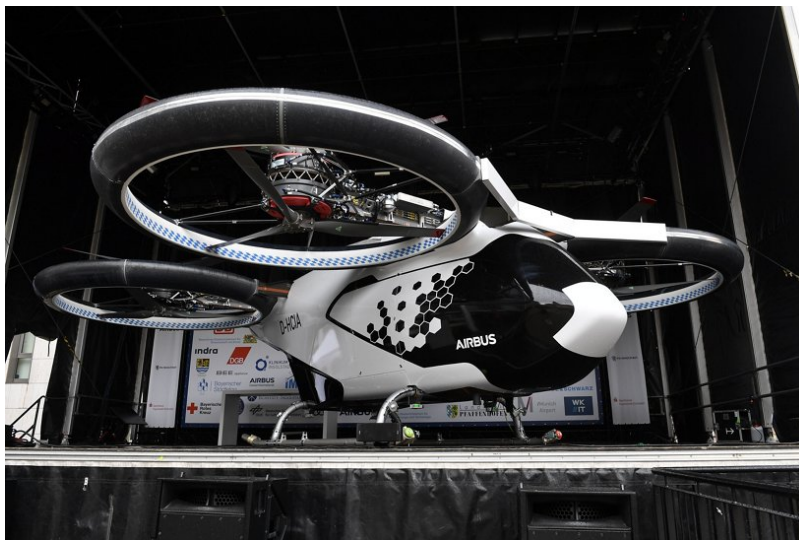
En cuanto a otras modalidades de movilidad eléctrica, más allá del transporte por carretera, al que nos referiremos en la siguiente sección, se encuentran en una fase muy incipiente. En algunos casos, casi experimental. Por ejemplo, en el transporte eléctrico marítimo apenas ha habido avances. El más significativo es el X Shore<sup>2</sup>, lo que se conoce como “el Tesla del Mar”, que puede navegar a 40 nudos y con una autonomía de 100 millas náuticas. Además de sus ventajas en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> y de partículas contaminantes, presenta un enorme ahorro de energía, de cerca del 90% con respecto a una embarcación equivalente. Pero el problema es su elevado coste, fundamentalmente por las baterías. Otros desarrollos que están tomando cuerpo son los de los barcos solares para turismo, con recorridos limitados, y para reservas marinas o zonas protegidas. Pero habrá que esperar bastante tiempo para que haya una electrificación significativa del transporte marítimo. En el transporte aéreo no estamos mucho mejor, pese a la preocupación por las elevadas emisiones de CO<sub>2</sub> y de partículas

---

<sup>2</sup> Véase [www.xshore.com](http://www.xshore.com)

contaminantes del transporte aéreo tradicional. Airbus ha desarrollado su CityAirbus<sup>3</sup>, un taxi aéreo 100% eléctrico con capacidad para 4 pasajeros, pilotado remotamente, que fue presentado en mayo de 2019, y que ha hecho más de 100 vuelos de prueba. Este “*multicóptero*” silencioso, con 8 motores de 100 kW, tiene despegue vertical, alcanza los 120km por hora, una velocidad muy superior a cualquier vehículo urbano, y está pensado para distancias cortas en entornos congestionados, dada su autonomía de vuelo de apenas 15 min (véase Gráfico 3).

### Gráfico 3. City Airbus



También ha habido un notable desarrollo de los drones, pensados para repartos de mercancías y de pasajeros en núcleos urbanos. En un informe reciente de Deloitte<sup>4</sup> se presenta un análisis exhaustivo del estado del arte en lo que se refiere a las fases de desarrollo de drones de pasajeros y vehículos voladores (véase la Tabla1)

<sup>3</sup> Véase <https://www.airbus.com/innovation/urban-air-mobility/vehicle-demonstrators/cityairbus.html>

<sup>4</sup> Véase [www.deloitte.com/insights](http://www.deloitte.com/insights)

**Tabla 1. Fases de desarrollo de drones y coches voladores.**

MANUFACTURER/ Vehicle name	Development start	Current phase			Launch/ delivery
		CONCEPT/ DESIGN	PROTOTYPING	TESTING	
AEROMOBIL/ Flying Car	2010				2020
AIRBUS/PopUp	2016				2020
AIRBUS/Vahana	2016				2020
AURORA (BOEING)/ eVTOL	1989				2020
EHANG/184	2014				2018
E-VOLO/Volocopter	2012				2018
JOBY AVIATION/S2	2009				N/A
LILIUM/Lilium	2014				2019
MOLLER/Skycar	1983				2020
PAL-V	2001				2018
TERRAFUGIA/ Transition	2006				2019
VRCO/NeoXCraft	N/A				2020
ZEE.AERO/Zee	2010				N/A

Source: Deloitte analysis based on data from Drone Industry Insights, company websites, and press releases.

Deloitte Insights | [deloitte.com/insights](https://deloitte.com/insights)

En lo que se refiere a aviones de más largo recorrido, Boeing ha anunciado una asociación con empresas, universidades y el Gobierno de Japón para desarrollar las tecnologías necesarias para la fabricación de una nueva generación de aeronaves con propulsión eléctrica, colaborando con empresas como Mitsubishi o con el fabricante de baterías GS Yuasa para desarrollar sistemas de almacenamiento energético con características apropiadas para su uso en aviones. Por otro lado, Siemens y Airbus también han concluido el diseño de motores para aviones híbridos<sup>5</sup>, centrado en aparatos de más de 20 plazas, con varias modalidades (100 KW, 2 MW y 10 MW). Por su parte, el fabricante israelí Eviation y la compañía noruega Bye Aerospace están desarrollando, por separado, aviones eléctricos comercialmente viables.

El principal reto de hacer funcionar un avión con motores eléctricos en lugar de turbinas a reacción está en el peso de la aeronave. Las baterías son elementos muy pesados y voluminosos. Por ello, es necesario desarrollar una nueva generación de baterías más ligeras y con mayor densidad energética, además de un fuselaje y una estructura más apropiadas para el avión eléctrico.

Todas estas dificultades van a suponer una ralentización en el ritmo de electrificación del transporte, tanto marítimo como aéreo, que en su conjunto representan más del 90%

<sup>5</sup> Véase [www.hibridosyelectricos.com](http://www.hibridosyelectricos.com)

del comercio mundial. Por ello, para cumplir los objetivos medioambientales en un horizonte no muy lejano, se va a hacer imprescindible la apuesta por la movilidad eléctrica en carretera. A ello se dedica la siguiente sección y el resto del artículo.

### **3. La oportunidad del vehículo eléctrico**

Cuando hablamos de vehículos eléctricos de superficie, solemos pensar automáticamente en la transformación de los turismos que millones de personas utilizan a diario para sus desplazamientos, bien de trabajo, bien de ocio. Pero el “vehículo eléctrico” es un concepto mucho más amplio. Incluye, además, las flotas de autobuses, urbanas e interurbanas, los camiones y furgonetas dedicados al transporte y distribución de mercancías, o en atender emergencias, los vehículos logísticos que sirven a la actividad empresarial o municipal, como son los vehículos de apoyo en la gestión de los aeropuertos o la recogida de basuras, la maquinaria agrícola y forestal, así como las motocicletas, bicicletas, patinetes, etc., que vemos en nuestras carreteras o nuestras ciudades. Cuando se trate de abordar el impulso a la movilidad eléctrica se debe considerar todo este conjunto. Sin embargo, en este artículo nos centraremos principalmente en dos modalidades: el “turismo” eléctrico y las furgonetas de reparto urbano de “última milla” (*last mile delivery vans*). En esta sección argumentaremos que el vehículo eléctrico es una oportunidad (i) medio ambiental, (ii) energética, (iii) industrial y (iv) tecnológica.

#### **3.1 Oportunidad medioambiental**

Como hemos señalado en la Introducción, la movilidad eléctrica en superficie es una oportunidad medioambiental. O, mejor dicho, una necesidad. El avance del Inventario de Emisiones GEI para España<sup>6</sup> señala que, pese a que en 2018 dichas emisiones se redujeron un 2,2% con respecto al año anterior, la mejora se debe fundamentalmente a los avances en la generación eléctrica de origen renovable. Por el contrario, en el sector del transporte, las emisiones crecieron un 2,7%, por encima del crecimiento del PIB, y dicho sector es el mayor responsable del total de emisiones. El tráfico rodado, por sí solo, supone un 25% del total de las emisiones GEI, y un tercio de ellas se generan en aglomeraciones urbanas. Dado el crecimiento previsto para el transporte aéreo y marítimo y las dificultades de electrificación rápida para estas modalidades, la

---

<sup>6</sup> Véase [www.miteco.gob.es](http://www.miteco.gob.es)

electrificación del tráfico rodado se convierte en una necesidad si se quieren cumplir los objetivos medioambientales en 2030.

Muchas veces se argumenta que el vehículo eléctrico podría emitir más CO<sub>2</sub> que uno de combustión, dependiendo del mix con el que se genere la electricidad que lo alimenta. Se trata de una afirmación que no se sostiene en el caso español. Incluso con el actual mix eléctrico, que en media alcanza un 45% de energía renovable, un vehículo de combustión eficiente emitiría 130 gramos de CO<sub>2</sub> por km, mientras que un eléctrico puro apenas emitiría 32 gramos, la cuarta parte (véase Gómez, 2019). Y, a medida que en el mix eléctrico vaya aumentando el peso de las energías renovables, estas emisiones se irán reduciendo en el vehículo eléctrico, mientras que será difícil que se reduzcan más en el vehículo de combustión. Un grupo de investigadores<sup>7</sup> liderados por el economista Lindsay Wilson estudia la huella de carbono de diferentes actividades, entre ellas el vehículo eléctrico, incluyendo todos los materiales que se utilizan en su fabricación, además de la emisión de CO<sub>2</sub> con su uso, dependiendo del mix de generación eléctrica. Solamente en los países cuya generación de electricidad esté basada en carbón o fuel tendrán un balance negativo, pues hay que recordar que el vehículo eléctrico es más eficiente energéticamente, como veremos más adelante. En cualquier caso, el proceso de fabricación de los componentes del vehículo eléctrico tendrá que innovar en nuevos materiales que, además de ser más ligeros para compensar el peso de las baterías, generen una menor huella de carbono que los actuales.

Además de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el argumento medioambiental más favorable para la movilidad eléctrica es el de la emisión de partículas contaminantes en los grandes núcleos urbanos. Un buen resumen de los impactos de los vehículos de combustión interna sobre la salud en las grandes ciudades se encuentra en Kowal *et al* (2019). En su artículo presentan evidencia del impacto de estas partículas no sólo sobre las enfermedades respiratorias, sino sobre el sistema nervioso, la hipertensión y enfermedades cardiovasculares. Los gases contaminantes que expulsan los motores de combustión interna son: dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y óxido de nitrógeno (NOx). Las emisiones contaminantes de gases producidas por el motor de combustión interna son responsables de un 5 % de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), del 25% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), del 87 % de las de monóxido de carbono (CO) y del 66 % de las de óxidos de

---

<sup>7</sup> Véase [www.shrinkthatfootprint.com](http://www.shrinkthatfootprint.com)

nitrógeno (NOx). En las zonas urbanas, los vehículos son responsables de nada menos que el 90% del monóxido de carbono del aire. En este punto hay una cierta confusión. No todos los vehículos emiten los distintos tipos de contaminantes en la misma proporción, ya que depende del tipo de motor que lleven y si consumen gasolina o diésel. Los vehículos de gasolina emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y compuestos de plomo. Los vehículos que usan diésel emiten partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible. Mucha gente se pregunta: si los vehículos diésel son más “contaminantes” que los de gasolina, ¿por qué tienen una fiscalidad más favorable? La respuesta es doble. En primer lugar, porque son más eficientes desde un punto de vista energético. Cualquiera que haya conducido los dos tipos de vehículos se habrá percatado de que el diésel recorre más kilómetros, para un mismo depósito en litros y una misma velocidad. En segundo lugar, porque emiten menos gramos de CO<sub>2</sub> por km que los de gasolina. Combinando ambos argumentos es fácil llegar a la conclusión de que, por cada 100 km recorridos, el vehículo diésel emite bastante menos emisiones de gases de efecto invernadero que los de gasolina. Pero el problema está en el resto de las emisiones, que sobre todo se concentran en las grandes ciudades, poniendo en riesgo la salud de sus habitantes si la concentración es excesiva. Por tanto, cuando el objetivo son las emisiones de CO<sub>2</sub>, algo que ocurre a escala nacional, es lógico que el diésel tenga un cierto tratamiento favorable sobre la gasolina. Y cuando se trata de la emisión de partículas contaminantes a la atmósfera, lo contrario. Buena parte de las limitaciones a la circulación de los vehículos de combustión por parte de las ciudades se refiere al segundo tipo de emisiones, aunque esas limitaciones también ayudan al objetivo de descarbonización.

### **3.2 Oportunidad energética**

El vehículo eléctrico es, desde un punto de vista técnico, más eficiente por km recorrido. La eficiencia energética, medida por el cociente de la cantidad de energía mecánica aprovechada en el movimiento del vehículo en comparación con la energía total almacenada en el combustible, es muy baja en un automóvil de combustión interna. Por el contrario, un motor eléctrico desarrolla una energía mecánica que puede llegar a ser el 80% de la energía almacenada por la batería. Y teniendo en cuenta todo el conjunto del motor, la transmisión y las ruedas, se añaden más ventajas energéticas. La

eficiencia energética del motor eléctrico es, por tanto, muy superior a la del motor de combustión. Si el vehículo eléctrico se recarga con paneles fotovoltaicos cercanos (auto consumo), el diferencial de eficiencia energética aumentaría, por el ahorro en el transporte y la distribución de electricidad. Todo ello en lo que se refiere a un punto de vista técnico. Pero, desde un punto de vista económico, el valor de la energía consumida es también inferior. Sin contar con los costes fijos asociados a la inversión, el transporte y la distribución, el coste marginal de la producción de electricidad es prácticamente cero, mientras que el coste de los combustibles fósiles, gas y electricidad, dependerá de la situación de los mercados internacionales. En la actualidad, el precio del barril del petróleo Brent, nuestro benchmark, se sitúa en torno a los 60\$/barril. Pero en 2008 llegó a los 140\$ y nadie asegura que no pueda volver a alcanzar ese valor o incluso superior en algún momento del futuro.

En la Tabla 2 se presenta un ejemplo para ilustrar estos ahorros. Consideremos dos modelos de la misma marca (Renault) muy parecidos en sus prestaciones: el Renault CLIO y el Renault ZOE. Para recorrer 100 km el primero, que es bastante eficiente, necesita 6 litros de combustible. Y, para esa misma distancia, el segundo necesita unos 15 kWh (la mitad de una batería con una autonomía de 200 km). Suponiendo un coste medio de combustible de 1,5 euros por litro en el primer caso, y de 0,1 euros por kWh, aunque este precio podría ser menor si la recarga fuera lenta y hecha en período valle.

**Tabla 2. Coste de la energía consumida**

<b>Vehículo de combustión (CLIO)</b>	<b>Vehículo eléctrico (ZOE)</b>
6 litros/100 km	15kWh/100 km
1,5 euros por litro	0,1 euros por kWh
<b>TOTAL: 7,5 euros/100 km</b>	<b>TOTAL: 1,5 euros/100 km</b>

Fuente: Gómez (2019).

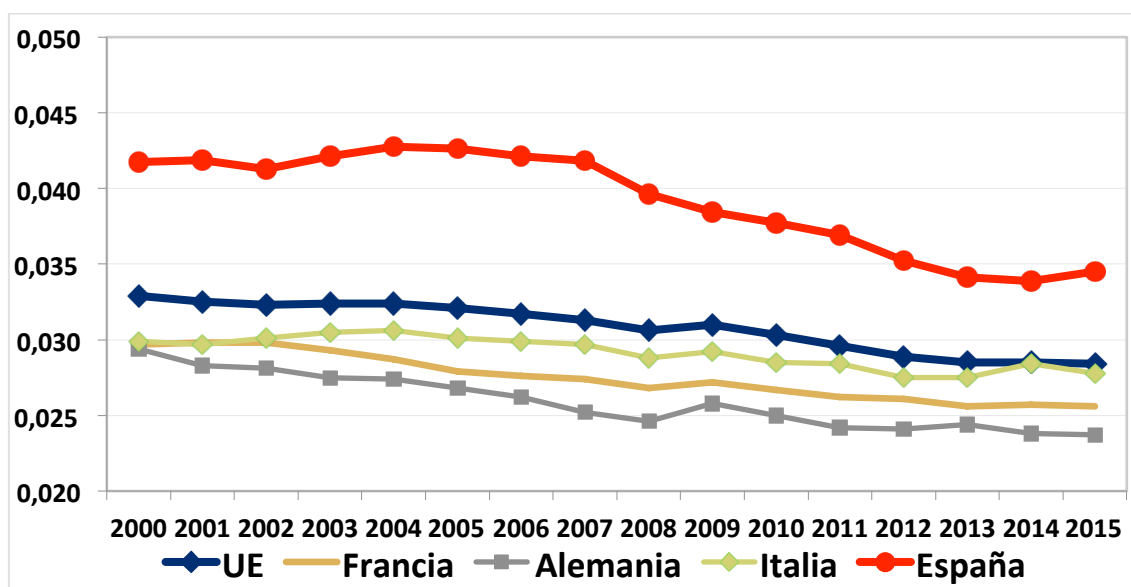
Teniendo en cuenta ambos factores, el técnico y el económico, el coste energético de recorrer 100 km será de 7,5 euros para el modelo de combustión y 1,5 euros para el vehículo eléctrico, es decir la quinta parte o, si se prefiere, un ahorro de 6 euros por cada

100km. Eso quiere decir que, para una vida útil de 100.000-150.000 km, el ahorro en costes energéticos del vehículo eléctrico será de unos 6.000-9.000 euros.

Por tanto, el vehículo eléctrico, además de las ventajas medioambientales, contribuye a otro de los objetivos 2030, el del ahorro y la eficiencia energética.

En el sector del transporte existe un amplio margen de mejora en el ahorro energético. En el Gráfico 4 se presenta la evolución temporal de la “intensidad energética” (energía consumida por unidad de producto) en el sector del transporte para España, el conjunto de los países de la UE y los grandes países europeos. Del gráfico se deducen varias conclusiones relevantes. La primera, que nuestra intensidad energética en el transporte es un 40-50% más elevada que en otros países europeos, lo que ofrece una oportunidad de mejora significativa.

**Gráfico 4. Intensidad energética del sector transporte**



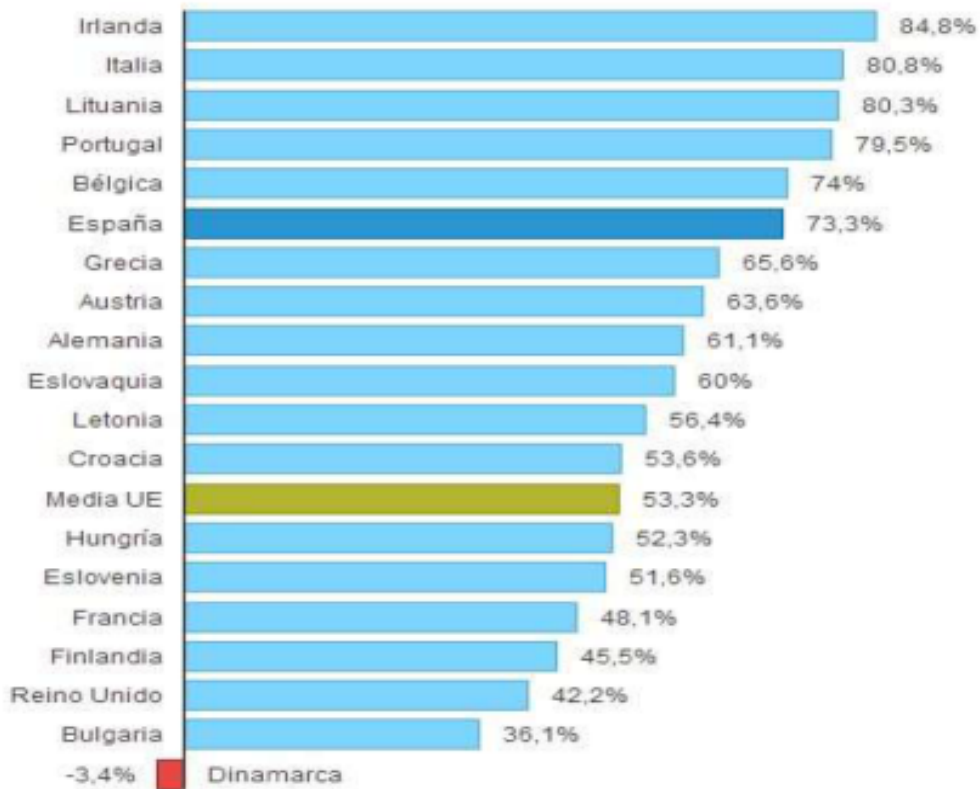
Fuente: IDAE

La segunda, que ha habido avances en los últimos años, pero en buena parte se deben a la recesión económica, por lo que la intensidad energética vuelve a repuntar con la recuperación. Y tercero, que la introducción de la movilidad eléctrica generaría mayores ventajas competitivas para España, y más facilidades para cumplir el objetivo de 20% de reducción del consumo energético final

Esto en lo que se refiere al enfoque microeconómico. Pero también hay una dimensión macroeconómica que con frecuencia se olvida cuando se analizan los costes y beneficios del vehículo eléctrico: su impacto sobre la balanza de pagos. España es uno de los países europeos que más energía importa (petróleo y gas, fundamentalmente). En

el Gráfico 5 se recoge el ranking de países europeos según la proporción de energía importada.

**Gráfico 5. Proporción de energía que importa cada país**



Fuente: Agencia Internacional de la Energía

Aunque el impacto de esta dependencia energética sobre el PIB y la Renta Nacional depende de los precios internacionales de la energía, en muchos años el valor de esas importaciones ha sido equivalente al valor de todo lo ingresado por el turismo internacional, la principal actividad económica del país. En la actualidad, con la reducción de los precios internacionales del petróleo y gas, dicha factura se ha reducido. Pero aun así su valor supera con creces el valor de las exportaciones de automóviles, pese a ser el primer exportador europeo. La introducción masiva del vehículo eléctrico reduciría notablemente esta dependencia energética, lo que elevaría el PIB, la Renta Nacional y el empleo. Nótese que, incluso si estos vehículos eléctricos se importasen, el balance neto sobre nuestro sector exterior sería positivo. Pero, sin duda, el verdadero

impacto positivo sobre la balanza de pagos, se obtendría de producirse los vehículos eléctricos en el interior de nuestro país. Y ello enlaza con la oportunidad industrial.

### **3.3 Oportunidad industrial**

El sector del automóvil es su conjunto, incluyendo fabricantes, concesionarios, componentes, talleres y servicios asociados, es el segundo más importante de nuestro país, sólo por detrás del turismo. Algunos datos que explican esta relevancia se enumeran a continuación:

- España es el noveno productor de automóviles del mundo, con cerca de 3 millones de unidades al año, y el segundo de Europa, sólo por detrás de Alemania, y por delante de Francia, Reino Unido o Italia.
- Somos el primer país de Europa en producción de automóviles comerciales (furgonetas y camionetas).
- España exporta unos 2,5 millones de vehículos, más del 80% del total, lo que nos convierte en el primer país europeo en el acceso al mercado exterior.
- Tenemos dos de las principales empresas del mundo en la industria auxiliar, equipos y componentes y que, además, realizan una fuerte inversión en I+D.
- España es el país de Europa con más infraestructuras de transporte por carretera, medida por la longitud de las vías de alta capacidad (más de 15.000 Km frente a los 12.000 km de Alemania, que ocupa el segundo lugar) o en infraestructuras urbanas.

Los anuncios de que en 2040 no se permitirá la matriculación de vehículos que no sean de emisiones cero (eléctricos puros o de pila de hidrógeno) y que, a partir de 2050, no se permitirá la circulación de dichos vehículos en nuestro país ha causado una gran alarma mediática porque algunos piensan que pone en riesgo toda nuestra industria. Muchos actores relevantes (fabricantes, concesionarios, talleres, sindicatos) afirman que anunciar una fecha de desaparición de los vehículos de combustión crea una enorme inquietud, tanto en la oferta como en la demanda. Hay muchos argumentos que ponen en cuestión esta inquietud. La primera, es que se trata de un largo período de transición, en el que la economía se moverá de un “equilibrio malo” (poca producción y pocas ventas) a un “equilibrio bueno” (con mucha oferta y mucha demanda). Pretender que el mercado por sí solo va a realizar esa transición es muy ingenuo. En los últimos años, el crecimiento del mercado ha sido ridículo, excepto en los países en que ha habido una

iniciativa pública muy decidida, como Noruega, en el que la mitad de los nuevos vehículos matriculados son eléctricos, pese a tratarse de un país petrolero. Más adelante trataremos esta cuestión. Y, en segundo lugar, es ridículo pensar que las medidas impuestas a la demanda en nuestro país, sean para 2040 o 2050 o cualquier otra fecha, van a ser determinantes para la producción automovilística de nuestro país. No estamos en una economía cerrada, donde consumimos los vehículos que fabricamos. Cerca del 85% de los automóviles que producimos los vendemos en el exterior. Por tanto, son las medidas que se impongan en otros países las que afectarán a la demanda de nuestros vehículos y, por tanto, esos 2,5 millones de vehículos dejarán de venderse en el exterior, independientemente de lo que decidamos nosotros. Así, Francia y Reino Unido han aprobado un calendario a largo plazo similar al español y Alemania, Dinamarca, Irlanda y Holanda, han adelantado en 10 años la fecha de desaparición de los modelos de combustión, con respecto a nuestro país.

Estos anuncios con un horizonte de largo plazo deberían suponer un incentivo para llevar a cabo la transformación del sector, involucrando a todos los agentes implicados: los fabricantes, la formación de los trabajadores, la fabricación de baterías, la conversión de la industria de componentes, las infraestructuras de recarga, la adaptación de los talleres y los concesionarios. En España el camino para recorrer es muy amplio. Como lo es nuestra oportunidad industrial. Nos hallamos ante una auténtica revolución, no sólo medioambiental (las emisiones de CO<sub>2</sub> y las partículas contaminantes) sino energética (ahorro de petróleo y gas importados), industrial y tecnológica. Y los países que estén en primera línea de esta revolución serán exitosos. España debe presentar sus cartas de potencia industrial y exportadora en el sector del automóvil (la competitividad de las plantas, la logística destinada a la exportación, canales de distribución, el capital humano, la potente industria auxiliar, el apoyo sindical e institucional a este sector) para atraer inversión en el sector de la movilidad eléctrica, no para ahuyentarla.

### **3.4 Oportunidad tecnológica**

El desarrollo e implantación a gran escala del vehículo eléctrico supone abordar también un conjunto de retos tecnológicos, que podemos agrupar en dos bloques:

- (i) Reto de I+D+i. En este bloque incluiríamos el desarrollo de nuevas baterías, más baratas, más ligeras, con más capacidad, que doten al vehículo de una mayor autonomía y que se recarguen más rápidamente que las actuales de litio. Asimismo, se debe investigar en la reconversión de las baterías usadas, que ya

no cumplan su función en la movilidad eléctrica, para ser readaptadas a los hogares como acumuladores que faciliten la gestión del autoconsumo. En el apartado de I+D+i debemos incluir también el desarrollo de nuevos materiales (grafeno, fibra de carbono, etc.) que aligeren el vehículo tradicional basado en el acero. Asimismo, se debería innovar en la tecnología de recarga, para hacerla más asequible y más rápida, sobre todo en para las paradas interurbanas.

- (ii) Reto TIC. La movilidad eléctrica también supone una gran oportunidad para el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación y para la digitalización. El despliegue futuro de la nueva tecnología de comunicación para móviles, 5G, facilitará dicho despliegue. El vehículo eléctrico puede aportar ventajas incluso cuando está parado. Se puede convertir en un acumulador de energía eléctrica en horas valle que vuelque a la red en horas punta, contribuyendo a dotar de mayor estabilidad a la red. Ello requiere que, además de estar conectados, se desarrolle un sistema inteligente para modular los horarios en los que pueden cumplir algunas de estas funciones, y establecer un sistema de precios inteligentes para incentivar al usuario a utilizar dicha red. Un primer paso en esta dirección lo da el “simulador de recarga del vehículo eléctrico” de Red Eléctrica de España<sup>8</sup>. Dentro del apartado tecnológico se debería incluir la innovación en las mejoras en la eficiencia en la conducción (señalización, gestión del tráfico) y en el aparcamiento, mediante una monitorización inteligente. También en los avances en la conducción autónoma y semiautónoma que mejoren la congestión de tráfico y el uso racional del vehículo compartido en un marco de seguridad para el pasajero. Todos estos desarrollos requieren, además de investigación de base, de un desarrollo de electrónica, de software y de nuevas aplicaciones para usuarios y gestores de red.

#### **4. Falacias sobre el vehículo eléctrico**

El vehículo eléctrico tiene muchos “detractores”. Algunos son evidentes: los defensores del modelo energético basado en los combustibles fósiles, o los partidarios de conservar la actual industria de automoción, que nació de la alianza entre el petróleo y el automóvil (los primeros vehículos fueron eléctricos). También contemplan con temor su

---

<sup>8</sup> Véase <https://www.ree.es/sites/all/SimuladorVE/>

implantación los representantes de los trabajadores que temen que esta disrupción tecnológica termine con muchos empleos, los fabricantes de piezas y componentes de automoción o los talleres de reparación, que verán amenazado su negocio, dado que el vehículo eléctrico (no así el híbrido) tendrá menos averías por no tener motor de combustión, ni correas de distribución, ni bujías, etc. También hay muchos que ven con temor la pérdida de recursos para las Haciendas Públicas de la reducción del consumo de carburantes, vía los impuestos sobre los hidrocarburos, los futuros impuestos sobre el CO<sub>2</sub>, las tasas de acceso a las ciudades o la recaudación por aparcamiento en espacios públicos. En este ambiente de hostilidad, es lógico que surjan falacias que traten de desprestigiar o difundir temor a la opción de la movilidad. Sin pretender ser exhaustivo, voy a referirme a las 3 falacias más extendidas sobre el vehículo eléctrico.

### **1. “El vehículo eléctrico contamina más y emite más GEI que muchos vehículos de combustión”**

Como vimos en la sección anterior, esto sólo sería cierto si la generación eléctrica fuera casi 100% de carbón. Para el mix español, con renovables, nuclear y ciclos combinados, la frase es rotundamente falsa. Y lo mismo para casi todos los países del mundo.

### **2. “Los biocombustibles son una opción más ecológica que el vehículo eléctrico”.**

Es decir, ¿para qué queremos meternos en toda la complicación de la revolución tecnológica?, en vez de sustituir los vehículos, ¿no deberíamos sustituir solamente el combustible? El problema es que la afirmación inicial es rotundamente falsa. Una parcela de 100 m<sup>2</sup> puede producir agricultura de la que se obtienen biocombustibles que permitirían recorrer entre 750Km y 2.000km al año (dependiendo de la productividad de la y la eficiencia del vehículo). En esa misma parcela, suponiendo que caben 40m<sup>2</sup> de placas (una ocupación del 40%, pues tiene que haber espacios) se genera electricidad como para que un vehículo eléctrico recorra 65.000 km al año.

### **3. “El coche eléctrico siempre será más caro que el de combustión y no podrá ser vendido sin ayudas públicas” (“es un lujo para ricos”)**

Además del coste de las baterías, que se ha reducido en más de un 70% en los últimos años y lo seguirá haciendo, y del probable encarecimiento del coste de la energía con impuestos (incluyendo el de CO<sub>2</sub>), hoy en día el VE ya puede ser más barato que el de combustión, en función de los Km recorridos al día, sin ayudas públicas. En la Tabla 3 se presentan los cálculos que hemos elaborado desde la plataforma eStreetVan para

demostrar que el vehículo ya puede ser más barato que el de combustión, en la medida en que recorra un número suficiente de Km al día. Supongamos que el vehículo recorre 100 km al día, es decir unos 30.000 km al año. Con un supuesto razonable sobre el coste de la energía eléctrica, tendría un coste energético anual de unos 360 €. Un vehículo de combustión que recorriera esa misma distancia pagaría 3.240 € al año (unos 60 euros a la semana). Suponiendo que el diferencial de precios entre el vehículo eléctrico y el de combustión es de unos 9.000 €, se alcanzaría el “break even” en apenas 3 años y, a partir de ese horizonte, el usuario tiene ingresos netos por haber adquirido el vehículo eléctrico.

**Tabla 3. Coste energético del uso en función del kilometraje**

usage	Km   day	100	150	200	250	300
		Km   year (300 d/y)	30.000	45.000	60.000	75.000
electric	kWh   100 km (urban)	15	15	15	15	15
	price kWh (€c)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
	cost   100 Km (€)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	<b>annual cost (€)</b>	<b>360</b>	<b>540</b>	<b>720</b>	<b>900</b>	<b>1.080</b>
diesel	lit   100 km (urban)	10	10	10	10	10
	price lit (€c)	120	120	120	120	120
	cost   100 Km (€)	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	<b>annual cost (€)</b>	<b>3.600</b>	<b>5.400</b>	<b>7.200</b>	<b>9.000</b>	<b>10.800</b>
<b>€</b>	<b>annual energy savings (€)</b>	<b>3.240</b>	<b>4.860</b>	<b>6.480</b>	<b>8.100</b>	<b>9.720</b>

Fuente: eStreetVan (2018)

Es importante resaltar que, los mencionados ahorros sólo incluyen el componente energético. No se incluyen los ahorros en el aparcamiento (pueden ser otros 1.000 euros al año), impuestos de circulación o matriculación, y los costes asociados a la restricción al tráfico de vehículos contaminantes. Evidentemente, tal y como recoge la Tabla 3, los ahorros se multiplicarían a medida que aumentara el kilometraje. Si el vehículo recorre 300km al día, los ahorros netos empiezan desde el primer año. Es evidente que no muchos usuarios recorren 100km al día. Pero tampoco son pocos. Los taxis y VTC, por ejemplo. Pero hay un grupo más claro todavía. En España hay 500.000 furgonetas de reparto urbanas o de “última milla” (*last mile delivery*) que recorren más de 100 km al día y, en muchas ocasiones, 200km. Suponiendo que en media recorren 150 km al día, estamos hablando de un potencial de ahorro energético de 2.400 millones de euros al año, dos décimas del PIB, que no sólo irían a las cuentas de resultados de las empresas,

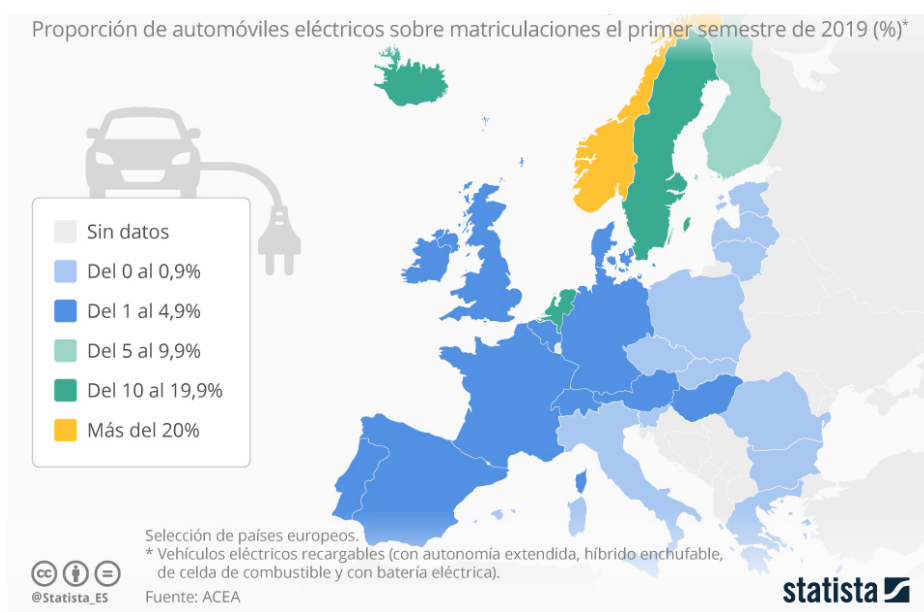
sino al conjunto de la economía nacional, de su balanza de pagos y de sus objetivos de emisiones. ¿No merece la pena ese esfuerzo?

## 5. Políticas para promover el vehículo eléctrico

### 5.1 La situación de partida

Pese a la mencionada lista de ventajas que tendría la introducción del vehículo eléctrico en un área económica dependiente de los combustibles y con ambiciosos objetivos medioambientales, como es Europa, lo cierto es que la penetración del VE es muy escasa en el Viejo Continente. En el Gráfico 6 se presenta el mapa de las ventas de VE como porcentaje del flujo de matriculaciones anuales, a partir de los datos de ACEA<sup>9</sup>. El mapa, elaborado por Statista para los seis primeros meses de 2019, presenta un panorama desolador

#### Gráfico 6. Venta de coches eléctricos en Europa



Exceptuando el caso de Noruega, que, curiosamente, es un país productor de petróleo, algunos países nórdicos y Holanda, en el resto de los países europeos el porcentaje de matriculaciones no llega al 5%, y en muchos de ellos se sitúa por debajo del 1% (Italia, Grecia, Polonia...). En España apenas se supera ese valor (en 2018 estábamos en un 0,9%). Está claro que la iniciativa privada por sí sola no va a poder llevar a cabo semejante revolución tecnológica. El problema es que hay que transitar desde un “mal equilibrio” (poca oferta, poca demanda y precios altos) a un “buen equilibrio” (abundante oferta y precios asequibles). Pero ello requiere una decidida intervención del sector público.

<sup>9</sup> European Automobile Manufacturers' Association <https://www.acea.be>

## 5.2 De un “mal” equilibrio a un “buen” equilibrio

En el Gráfico 7 se presenta de forma sencilla la situación actual del mercado del vehículo eléctrico, en la parte izquierda del gráfico, así como la situación a la que se desea converger, en la parte derecha. En el eje horizontal se representa la cantidad de vehículos eléctricos (VE) vendidos, tal y como recogía el mapa anterior, y en el eje vertical, el precio de los mismos. La situación de partida, representada por S-D, es la de una oferta escasa y rígida (muy vertical) y escasas ventas. Es decir, un precio muy elevado y una cantidad producida y vendida muy pequeña. La situación deseable se recoge en el diagrama S'-D', en la que el precio se reduce significativamente y la cantidad producida y vendida es elevada. El motivo por el que el mercado por sí solo tardara en moverse de un equilibrio a otro es que hay numerosos “cuellos de botella” que impiden el crecimiento de la oferta y la demanda. La tentación más fácil es actuar por el lado de la demanda (ayudas a la compra del VE, que abaraten el gap de precios con el coche de combustión). Sin embargo, estas medidas por sí solas no resuelven el problema. En el gráfico de la izquierda, si estimulamos la demanda, se elevaría aún más el precio pero, dada la rigidez de la oferta, apenas aumentaría la producción de vehículos eléctricos. Por tanto, hay que actuar por el lado de la oferta, elevándola y haciéndola más flexible. ¿Cuáles son los cuellos de botella que impiden el desarrollo del mercado? Los consumidores presentan dos objeciones: (i) su coste y (ii) la autonomía o, si se prefiere, la “ansiedad de la recarga”.

Para lo primero, es mejor favorecer que el precio caiga por un aumento de la oferta, aunque también hay que educar al potencial comprador (particular o empresa) en el concepto de TCO (“*total cost of ownership*”), es decir, una medida de coste total para el usuario, que también incluya el ahorro energético, los menores costes de mantenimiento, seguros más baratos, el aparcamiento en las ciudades, las restricciones al acceso a las ciudades. Para muchas empresas de distribución, los VE contribuirán a su imagen de marca y poder llegar a los ciudadanos más sensibilizados con la huella de carbono de sus compras.

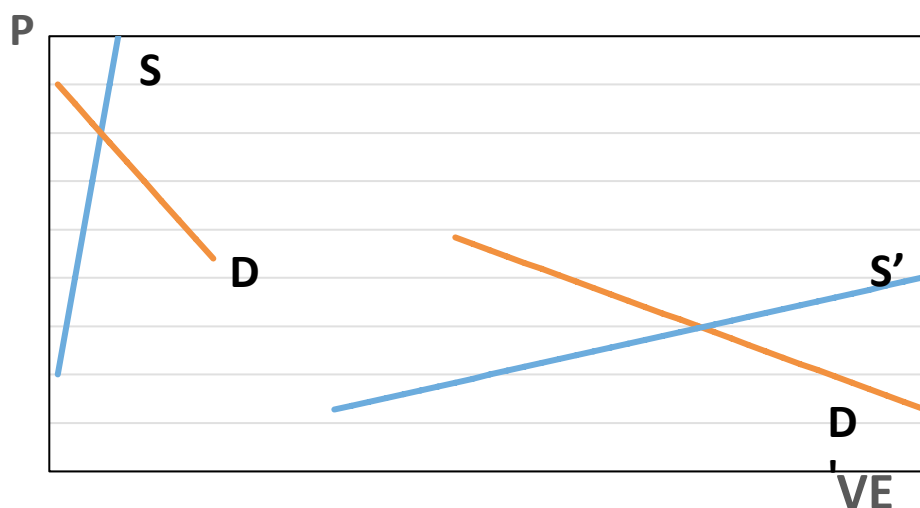
Para lo segundo hay que facilitar los postes de recarga en el espacio público, pero también favorecer el despliegue de esta infraestructura por parte del sector privado. Esto último probablemente requeriría una modificación de la tarifa eléctrica, de modo que se elimine el término de potencia (lo que se paga, aunque no haya consumo de electricidad) para los propietarios de estas infraestructuras de recarga. También hay que

facilitar el despliegue en los garajes de las comunidades de vecinos, para favorecer la recarga nocturna en el domicilio y optimizar el uso de la red.

La ansiedad por la recarga también se combate de dos formas. La primera, enseñando que la autonomía que ya ofrecen muchas marcas es más que suficiente para el recorrido diario que hacen los vehículos en el entorno urbano. La segunda, apoyar una red de “vehículos de sustitución” para largos recorridos, para aquellos usuarios que no tengan clara la adquisición del VE pensando solamente en ese puñado de viajes que hagan en el año, con una distancia superior a la autonomía de su VE. En España los vehículos de “car sharing” sólo pueden ser eléctricos. Creo que este es un enfoque miope. La existencia de una red de “car sharing” de coches de combustión para largos recorridos (no para el entorno urbano) podría actuar de impulso a la demanda de VE.

Sin embargo, como decía al principio, la clave es actuar por el lado de la oferta, la cantidad demandada hará su trabajo a medida que se reduzca el precio. Es decir, nos moveremos a lo largo de la curva de demanda. Abaratar las baterías, favorecer la inversión en innovación y la adaptación de las plataformas a la fabricación de VE deben ser los ejes de las políticas de oferta.

**Gráfico7. Mercado del vehículo eléctrico**



Fuente: elaboración propia

### 5.3 Políticas de Impulso al VE: los pioneros

En España, el Gobierno del que formé parte fue pionero en el lanzamiento de una Estrategia Integral para el Impulso de Vehículo Eléctrico, en 2009 (véase Gráfico 8).

#### Gráfico 8: Los pioneros



Además, aprovechando la Presidencia española de la Unión Europea lanzamos, con el apoyo de Francia, Reino Unido y Portugal, los primeros pasos de la estrategia europea (2010). Nuestro enfoque se basaba tanto en la Demanda (Plan Movele) como en la Oferta: industrialización, atracción de nuevos modelos, adaptación de plataformas convencionales, apoyo a la inversión en I+D+i. También establecimos los primeros postes de recarga y las condiciones para que la red se adaptara a una demanda potencial en periodo valle. Hicimos cambios normativos en la Ley de Propiedad Horizontal, de forma que las comunidades de vecinos no pudieran bloquear la decisión de un vecino de instalarse su propia infraestructura. También creamos la figura del gestor de recarga, que luego resultó ser más un impedimento que una ventaja, aunque hasta esa fecha sólo las compañías eléctricas podían vender electricidad a los usuarios. En el ámbito europeo conseguimos que se aprobara una única tecnología de recarga para toda la Unión.

El balance de estas políticas fue desigual. Conseguimos atraer 3 modelos eléctricos: la furgoneta Nissan eNV200, el Renault Twizy y la furgoneta Mercedes eVito. En el lado negativo, tuvimos un escaso impacto cuantitativo, por la crisis económica y la brusca caída de los precios del petróleo, las dificultades presupuestarias, la falta de complicidad

tanto política como sindical, así como de los principales actores: el propio sector del automóvil e incluso las eléctricas, que sólo recientemente han decidido apoyarlo de forma decisiva.

#### **5.4 Políticas de Impulso al VE: Decálogo**

Ahora nos encontramos en una situación diferente. Se ha superado la crisis económica, al menos desde una perspectiva macroeconómica, y se han recuperado los precios del petróleo. En la industria de automoción han tenido lugar importantes escándalos, como el “*diésel-gate*” del grupo VW. Hay una mayor sensibilidad social por el cambio climático y la contaminación de las ciudades. En más de 200 ciudades europeas se han impuesto restricciones al tráfico. Se han abaratado las baterías. Ha mejorado la oferta de vehículos eléctricos, tanto en sus prestaciones (autonomía) como en su coste. El “*car sharing*” en las grandes ciudades ha tenido un efecto demostración, sobre todo para las generaciones jóvenes. Y se detecta un apoyo decidido del sector eléctrico e incluso un incipiente apoyo del sector petrolero.

Por todo ello no es exagerado decir que, ahora sí, ha llegado la hora del vehículo eléctrico. En la lista a continuación se resumen, a modo de decálogo, el conjunto de medidas de política económica que deberían utilizarse para favorecer dicho impulso.

1. Apoyar más la oferta que la demanda (del “mal equilibrio” al “buen equilibrio”)
2. Atraer producción nuevos modelos de la industria ya establecida, modelos de nuevos fabricantes y apoyar la adaptación de las plataformas existentes a la producción de VE
3. Favorecer las infraestructuras de recarga tanto urbanas como interurbanas, pero empezando por las primeras
4. Favorecer el *car sharing* de combustión para largos recorridos
5. Nueva regulación eléctrica que elimine el término de potencia para los contratos de recarga y la acumulación y volcado de electricidad desde los VE a la red
6. Cambios regulatorios para favorecer la adaptación de recarga en comunidades de vecinos
7. Avanzar en la discriminación positiva hacia el VE (fiscalidad verde, gratuidad de aparcamiento y de peajes)
8. Extender restricciones al tráfico contaminante en grandes ciudades
9. Renovar flotas públicas (transporte, vehículos municipales, Correos, AENA, FCSE)

## 10. Inversión en I+D+i en movilidad eléctrica (Smart cities, recarga, vehículo autónomo)

Hemos perdido 10 años y nuestra industria del automóvil pelagra si no se empieza pronto una larga transición en la que se vayan solucionando los cuellos de botella y en la que nunca se pierda de vista a los posibles perdedores.

### REFERENCIAS

Club Español de la Energía (2011), La innovación energética en el transporte, Biblioteca de la Energía.

CNMC (2017): Informe de Supervisión del mercado de transporte ferroviario de mercancías.

Eickelman, J. (2017): La electromovilidad como impulso del cambio, Phoenix Contact.

Gómez, A. (2019): Vehículo eléctrico: eficiencia e impacto en la red, presentación en “*Los retos del coche eléctrico*”, 11 de julio 2019.

Kowal, S., Dhand, A., Khurana, H., Ahmad, A. y Emadi, A. (2019): The Missing Health Link, *IEEE Electrification Magazine*, September.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2010): Estrategia Integral para el impulso del Vehículo Eléctrico en España.

Mitchell, W., Borroni-Bird, C. y Burns, L. (2010): Reinventing the Automobile, the MIT Press.

Villalba, D. (2018): Análisis descriptivo y predictivo del uso de la red de Metro de Madrid, mimeo.