

# TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y TRANSPORTE. EL PAPEL DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y LAS CONVENCIONALES

**ELOY ÁLVAREZ PELEGRY**

Real Academia de Ingeniería (1)

En este artículo se abordan los previsibles cambios que tendrán lugar en el transporte de pasajeros por carretera, en relación con la penetración de energías alternativas. Para ello y tras enmarcar la situación y las perspectivas del transporte en el contexto de las transiciones energéticas se pasará revista, brevemente, a las políticas en Europa, relacionadas con el transporte, y se enmarcarán las energías alternativas en los conceptos de movilidad sostenible.

Ya que se pretende examinar las energías alternativas en relación con las convencionales, entre las primeras se analizarán la electricidad (en los vehículos eléctricos, VE), el gas natural (GNC) y los gases licuados del petróleo (GLP). En cuanto a las segundas se encuentran la gasolina y el gasóleo. En este examen se consideran en primer lugar los aspectos medioambientales, claves para entender las tendencias en el transporte y los cambios que se esperan a futuro. Tras ello se aborda la penetración de los vehículos de energías alternativas (VEAs), en el horizonte a 2030, para concluir con unas reflexiones finales.

## TRANSICIONES ENERGÉTICAS. TRANSPORTE Y EMISIONES ▼

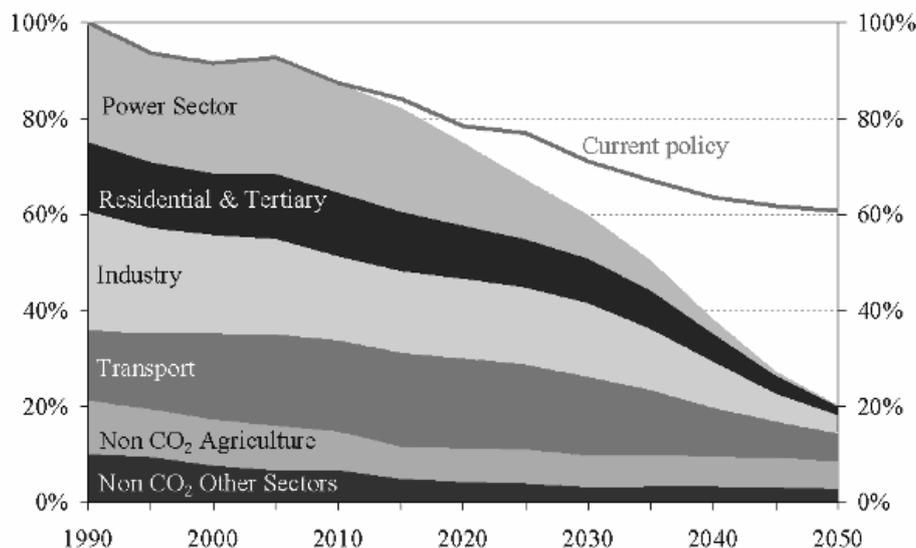
No existe una definición o interpretación única sobre lo que se entiende por transiciones energéticas. Escrito en plural ya indicaría que son varias en el sentido de que dependerán del país o de la región que se considere. En este sentido también hay que tener en cuenta la situación de partida y el pretendido objetivo final.

(Smil, 2010) emplea el término para describir el cambio en la composición o en la estructura del suministro de la energía primaria, o bien el cambio gradual de un modelo específico de aprovisionamiento energético hacia un nuevo estadio. Para (Nordensvard *et al.* 2015) las transiciones son cambios en las actividades económicas de un país en un horizonte a largo plazo sobre la base del paso de unas fuentes de energía a otras.

A lo largo de la historia se han producido varias transiciones energéticas. Los estudios de las mismas muestran que fueron diversos los factores o las causas que las han generado o que han influido sobre ellas; si bien no parecían tener una finalidad predefinida, ni unos plazos de consecución. Esta observación resulta relevante, ya que en la actualidad y en Europa, como posteriormente se verá, sí existe un sentido de finalidad, con metas y plazos.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que los objetivos, aun cuando cuenten con políticas y herramientas para su consecución, dependen de otros factores que afectan e influyen en los cambios, determinando

GRÁFICO 1  
POSIBLE REDUCCIÓN DEL 80% DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) EN LA UE (100%=1990)



Fuente: (Comisión Europea, 2011).

la evolución de los procesos de cambio. En otras palabras y parafraseado a Luis Cernuda, en el título de su libro de poesía hay que considerar «la realidad y el deseo».

En el contexto europeo, las declaraciones de Jean-Claude Juncker y Arias Cañete reflejan la visión de una transición energética enmarcada en una economía y sociedad en las que necesariamente debe incluirse el transporte. Así para el primero «las ciudades europeas, y en primera línea, las empresas innovadoras, están en marcha hacia la eficiencia energética, y el desarrollo de energías renovables. La transición energética dibuja un mundo nuevo, un mundo bajo en carbono y rico en oportunidades».

Arias Cañete al referirse a las consecuencias de la Conferencia de las Partes (COP) de cumbre del clima de París, de finales de 2015, señalaba que «esta COP tiene un mensaje muy claro; todos los países tienen que realizar una transición hacia energías limpias, energías renovables, eficiencia energética y una buena gestión de la agricultura, política forestal, transporte y edificación».

En la hoja de ruta «Hacia una economía baja en carbono», se destacaba que se deberían reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 40% en el año 2030 y en un 80% en 2050 respecto a los niveles de 1990, como muestra el gráfico 1 (Comisión Europea, 2011).

Todos los sectores deben reducir emisiones, siendo el ritmo de reducción más acusado en la electricidad (*power sector*). En lo que al transporte se refiere, la Comisión considera que sus emisiones podrían reducirse en más de un 60% respecto a 1990. Destaca que las reducciones tendrían lugar, en mayor medida, a partir de mediados de la década de 2030, probablemente

porque se prevé un desacoplamiento de la actividad de transporte de pasajeros (que aumentará) con las emisiones (que se reducirán) a partir del año 2020.

Para la Comisión, a corto plazo, el esfuerzo se producirá en la mejora de la eficiencia de los motores de gasolina y gasóleo. A medio y largo plazo en los vehículos enchufables híbridos y eléctricos, centrándose los biocombustibles más en la aviación y en el transporte de mercancías por carretera, ya que según la Comisión no todos los vehículos pesados del futuro serán eléctricos.

No menos importante es el hecho de que el transporte es uno de los sectores difusos no sujetos al comercio de derechos de emisión (ETS, por sus siglas en inglés), al igual que la agricultura y los edificios, que deben reducir las emisiones a 2030 un 30% respecto a 2005 a nivel comunitario. Este objetivo, para España se traduce en un 26% para ese año.

En España, en 2016, de un total 324,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (MtCO<sub>2</sub>-eq) emitidas (2), el transporte supuso el 27%, con un incremento del 3,5% respecto al año anterior, debido al aumento de emisiones del transporte por carretera, representando estas el 25% del total (3).

La evolución de las emisiones del transporte, desde el año 1990, cuando ascendieron a 59,1 millones, ha ido incrementándose hasta un máximo de alrededor de 111 millones en 2007, para descender a 91,1 millones en el año 2010, y a 83,2 en 2015; repuntando en 2016 (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2018)

El transporte y la agricultura, son los sectores difusos que muestran mayor resistencia a la reducción (González,

2018), pero al mismo tiempo su relevancia hace que el énfasis a 2030, lleve a que se monitoricen y a que posiblemente se especifiquen políticas e instrumentos para estos sectores.

También hay referencias al transporte en el paquete de invierno «Energía limpia para todos los ciudadanos». En este sentido debe mencionarse la revisión de la Directiva de renovables, sobre la que existía un acuerdo en «trilogos» en junio de 2018, estando prevista su aprobación formal en otoño de dicho año. La revisión contempla que las renovables en el transporte, representen en 2030, al menos el 14%. La contribución de los biocombustibles avanzados y el biogás, (4) debería ser de al menos el 0,2% en 2022, del 1% en 2025 y del 3,6% en 2030.

En el contexto español hay que tener en cuenta los trabajos en marcha de una ley de cambio climático y transición energética, prevista para 2018, y un plan integrado de energía y clima; del que se espera un borrador a finales de 2018, y un plan definitivo para finales del 2019.

Sin duda la transición energética es un camino a recorrer, hacia energías más limpias, con más renovables y mayor eficiencia energética, en el que las políticas de transporte y las ciudades tendrán un papel ineludible, y donde la innovación y la propia transición energética deben dibujar «un mundo nuevo».

## EL TRANSPORTE EN EUROPA Y LAS POLÍTICAS RELACIONADAS ↓

«El transporte es el sector de mayor consumo de la Unión Europea (UE) y, a diferencia de los otros sectores, su consumo no ha disminuido en los últimos años (...). Se soporta casi exclusivamente en derivados del petróleo como fuente de energía, cuyo déficit exterior de la UE es cada vez mayor y, dentro de los distintos modos, el transporte por carretera es el de mayor consumo. El consumo de energía de los ciudadanos para la movilidad en sus propios medios personales representa más del 75% del consumo total del transporte por carretera y de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y es el de mayor impacto ambiental. Por ello, los compromisos de la UE respecto al cambio climático de la cumbre de París, y la preocupación sobre la seguridad de suministro de petróleo, determinan que la movilidad en carretera sea un foco de atención prioritario de la estrategia de sostenibilidad de la UE» (Álvarez Pelegry *et alii.*, 2017a).

La legislación europea en este campo es numerosa (5). Así desde el año 2007, un conjunto de Directivas y Reglamentos, regulan la homologación de vehículos a motor en cuanto a emisiones (Euro 5 y Euro 6), la promoción de vehículos de carretera limpios y energéticamente eficientes, las modalidades para alcanzar el objetivo de reducción de emisiones en vehículos nuevos y la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos (Directiva 2014/94/UE, también denominada DAFI).

Asimismo hay un conjunto de documentos europeos relevantes, tales como el Libro verde de la Comisión de 2007 «Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana»; la hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica en 2050, del año 2011; el plan de acción para una industria del automóvil competitiva y sostenible en Europa, de 2012; o las medidas que afectan al transporte del paquete de la Unión de la Energía (Comisión Europea, 2016a).

No menos importantes son las disposiciones relativas a la calidad del aire. La contaminación del aire ha sido un tema relevante para la legislación ambiental de la UE. Conviene recordar el quinto programa de Acción Medioambiental de 1992 que recomendaba el establecimiento de objetivos de calidad del aire a largo plazo para la protección del medioambiente y la protección de la salud humana. Esto impulsó, en 1996, la Directiva Marco de la Calidad del Aire (1996/62/CE), que puso en marcha un marco legal para el análisis y el conocimiento de las relaciones entre contaminantes atmosféricos y sus efectos.

Dicha directiva, ya derogada, dio pie a la adopción de otras cuatro «Directivas hijas» que hacen referencia a objetivos de calidad del aire así como a los sistemas de análisis y evaluación y a la obligación de información, entre otras cuestiones. Es también relevante la Directiva 2008/50/CE sobre la calidad del aire y una atmósfera más limpia en Europa, que también incluye valores límite de concentración en el aire de contaminantes o la posibilidad de descontar la contaminación aportada por fuentes naturales a la hora de evaluar el cumplimiento de los valores límite (6).

Conviene reseñar, por su importancia, la normativa referente a focos móviles y combustibles y, en particular, a los límites de emisión de escape de vehículos de pasajeros que para los estándares Euro 4 a Euro 6, pueden verse en la tabla 1.

La normativa comunitaria sobre calidad del aire es de aplicación en todos los Estados miembros. En España, además, las Comunidades autónomas y las administraciones locales han desarrollado planes de calidad del aire y cambio climático (7).

## MOVILIDAD SOSTENIBLE Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS ↓

La movilidad sostenible desempeña un papel relevante en la mejora de la eficiencia y de la gestión de la demanda energética y, por ende, en el impacto ambiental de la energía.

Cuando se hace referencia a la mejora de la eficiencia, el objetivo es reducir el consumo de energía por unidad de desplazamiento, medido en pasajeros o toneladas por kilómetro. En este ámbito se incluyen aspectos relativos a la eficiencia mecánica, aerodinámica, propulsión y, por tanto, de la eficiencia de los motores. Hay que considerar asimismo otros factores que igualmente afectan a la eficiencia del transporte, como el nivel de ocupación de los vehículos, la in-

TABLA 1  
EVOLUCIÓN DE LOS LÍMITES DE EMISIÓN EN EL ESCAPE DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS, CATEGORÍA M

Estándar	Directiva/Reglamento	Fecha de aplicación	Tipo de ignición	CO (g/km)	HC (g/km)	HCNM	NO <sub>x</sub> (g/km)	HC+NO <sub>x</sub> (g/km)	PM (mg/km)	P. ultrafinas No/km
Euro 4	90/69/EEC 2003/76/EC	Nuevo tipo: Enero 2006 Nuevo vehículo: Enero 2006	PI (gasolina)	1,00	0,10	-	0,09	-	-	-
			CI (diésel)	0,50	-	-	0,25	0,30	25	-
Euro 5	Reglamento 715/2007	Nuevo tipo: septiembre 2009 Nuevo vehículo: Enero 2011	PI (gasolina)	1,00	0,10	0,068	0,06	-	4,5(*)	-
			CI (diésel)	0,50	-	-	0,18	0,23	4,5	4,5*E11
Euro 6	Reglamento 715/2007	Nuevo tipo: septiembre 2014 Nuevo vehículo: Septiembre 2015	PI (gasolina)	1,00	0,10	0,068	0,06	-	4,5	6,0*E11
			CI (diésel)	0,50	-	-	0,08	0,17	4,5	6,0*E11

Nota: la categoría M se refiere a vehículos de motor con al menos cuatro ruedas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros. PI se refiere al encendido por chispa y «CI» al encendido por compresión. «HC» son hidrocarburos y «HCNM» son hidrocarburos no metálicos. Las partículas ultrafinas tienen un diámetro menor de 100 nanómetros.

Fuente: (Álvarez Pelegrí *et alii*, 2018).

tensidad del tráfico o la configuración de la red de carreteras.

En lo que se refiere a la gestión de la demanda energética el objetivo es mejorar la eficiencia, mediante una mayor utilización del transporte público o de una mayor ocupación de los vehículos privados. En estos puntos las tecnologías de la información y las comunicaciones son muy relevantes.

En tercer lugar se trata de gestionar el impacto social y medioambiental, reduciéndolo o mitigándolo. En este sentido, se debe tener en cuenta que se parte de una infraestructura de transporte, de un parque y de una demanda dadas y se busca disminuir los accidentes y las emisiones (GEI y contaminantes).

De alguna manera este enfoque coincide con el de la (Comisión Europea, 2016b) en su comunicación COM (2016) 501 final. Dicho documento fundamenta en tres ejes la estrategia para una movilidad con bajas emisiones: la optimización del sistema de transporte y la mejora de su eficacia; el incremento del uso de energías alternativas de bajas emisiones para el transporte, y el avance hacia los vehículos de emisión cero.

En el primer eje se señalan tres puntos: a) soluciones digitales a la movilidad, b) precios justos y eficientes en el transporte, y c) promoción de la multimodalidad. En el segundo eje se consideran: a) un marco eficaz para las energías alternativas de bajas emisiones, b) el desarrollo de infraestructuras para las energías alternativas de bajas emisiones, y c) la interoperabilidad y normalización de la movilidad eléctrica. Finalmente y en lo que se refiere al tercer eje se destacan: a) las

mejoras en los ensayos de vehículos para recuperar la confianza de los consumidores, b) una estrategia posterior a 2020 para turismos y furgonetas, y c) una estrategia posterior a 2020 para camiones, autobuses y autocares.

Este documento resalta también la necesidad de lograr un entorno propicio para la movilidad de bajas emisiones. Al respecto identifica la relevancia de la relación de los sistemas de transporte con la energía, la investigación, la innovación y la competitividad, así como con las tecnologías digitales, las capacidades, la necesidad de inversiones y de implementar acciones tanto en ciudades como en el transporte internacional.

Las tendencias que se apuntan desde diferentes instancias señalan a los vehículos autónomos conectados y compartidos y otros que afectarán al transporte en el futuro. Estas tendencias coinciden con las señaladas en otros estudios como que el coche del futuro será electrificado, autónomo, compartido, conectado y actualizado anualmente (EASCY por sus siglas en inglés) (PWC, 2018). De esta manera la movilidad del futuro será más fácil, flexible y a medida de los usuarios (8).

Como se ha señalado un elemento básico para las energías alternativas en el transporte es la Directiva 2014/94/UE o Directiva DAFI (9), que establece la implantación de las infraestructuras para los combustibles alternativos en el marco de la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T). Las energías alternativas que contempla son la electricidad, el gas natural comprimido (GNC) y licuado (GNL), los GLP, el biogás, los biocombustibles y el hidrógeno.

La Directiva 2009/28/CE sobre las energías renovables obligaba a que, en 2020, un 10 % de la energía utilizada en el sector del transporte fuera renovable. Además, establecía que la limitación de un 5 % el volumen de biocombustibles y biolíquidos producidos a partir de cultivos alimenticios que puede contabilizarse en el porcentaje anterior. Con posterioridad, la Directiva 2015/1513/UE, estableció que la cuota de energía procedente de biocombustibles producidos a partir de cereales y otros cultivos con fines energéticos no rebasa el 7 % del consumo final de energía en transporte en 2020 en los Estados miembros (10).

Los biocombustibles cuentan con normativa propia (11) y la relativa a las fuentes renovables (electricidad renovable e hidrógeno renovable). Además, son los «que mejor se adecuan para utilizarlos en los motores de combustión interna alternativos actuales sin grandes modificaciones» (Wolff Elósegui, 2013); y no requieren infraestructuras específicas diferentes a las estaciones de servicio de combustibles convencionales.

En lo que al hidrógeno se refiere, se estima un desarrollo tecnológico y una penetración a más largo plazo (Álvarez Pelegrí et. al., 2017b). Por lo anterior al examinar las energías alternativas en el transporte se tratarán básicamente, los vehículos eléctricos, el gas natural y los GLP, y entre los convencionales los que utilizan gasolinas y gasóleos.

Con todo, lo que resulta claro es que las energías alternativas serán un factor muy relevante en la contribución del transporte a la movilidad sostenible y a la transición energética, si bien con diferentes grados de penetración y de contribución en el futuro, según el tipo de energía.

## ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES ¶

Tal como se ha señalado anteriormente, hay dos grandes factores en el entorno, social y regulatorio, que están promoviendo o induciendo cambios en los sistemas de transporte. Estos son las emisiones de GEI y de contaminantes. En ambos casos los objetivos son la reducción, en valores absolutos de los GEI (incluso con una mayor actividad de transporte, en términos de pasajeros-kilómetro o de toneladas-kilómetro), y la disminución de las emisiones contaminantes en términos específicos y en la concentración de contaminantes en el aire en los ámbitos local y regional.

Los GEI tienen impacto sobre el calentamiento global y, por su naturaleza, el enfoque es de carácter global. Los GEI más relevantes son el CO<sub>2</sub> y el metano (CH<sub>4</sub>). Las emisiones contaminantes, con un impacto más local, son de varios tipos. En este documento se centrará la atención en los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y en las partículas (PM) (12).

En ambos casos (GEI y contaminantes) hay que considerar, en particular si se pretende comparar alternativas de energías o de vehículos; las emisiones del tanque a la rueda, es decir «*in situ*», y las que se producen

desde el momento que los combustibles o las energías entran o se producen en el sistema energético español (i.e. derivados del petróleo, gasolinas o los gasóleos o en generación eléctrica).

Un tercer elemento de comparación es ir aguas arriba. Es decir, en la producción de crudo o de gas ir al pozo de producción en los países exportadores, y en el caso de la electricidad, a las energías primarias que se utilizan en el mix de generación. Lo anterior lleva a distinguir, tanto en el caso de los GEI como del NO<sub>x</sub> y de las partículas, entre emisiones del tanque a la rueda (TTW, por sus siglas en inglés), del sistema energético español a la rueda (STW(13)) y del pozo a la rueda (WTW).

Si se trata de evaluar las diferentes energías en los distintos tipos de vehículos, y estimar la penetración o el mantenimiento de algunas de ellas a futuro, se deberían considerar las emisiones ahora, y las que se pueden tener a futuro, por el cumplimiento de la normativa o la previsible evolución de las implantaciones de mejoras tecnológicas (por ejemplo por el cumplimiento del Euro 6 o por la disminución de emisiones de NO<sub>x</sub> en el mix de generación).

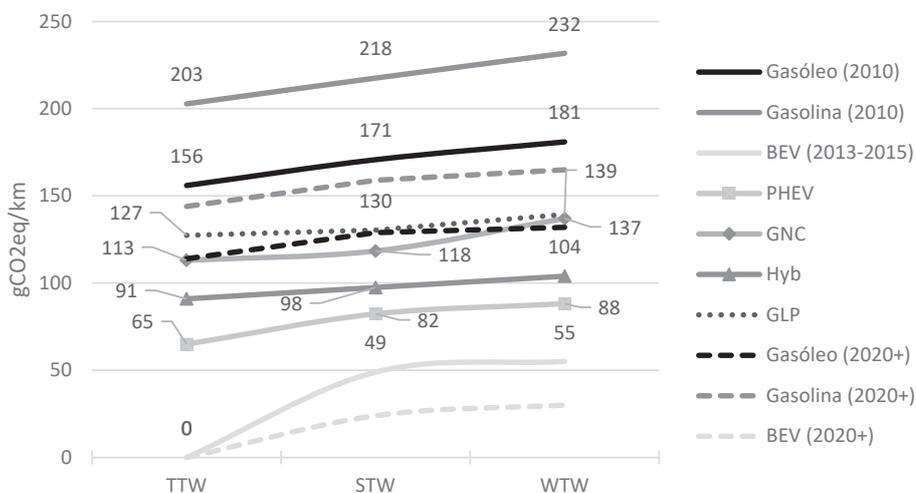
En los gráficos 2 y 3, se comparan los vehículos de gasolina, gasóleo (en 2010 y a partir de 2020), GLP, GNC, híbridos «convencionales» (es decir no enchufables o no recargables), eléctricos enchufables (PHEV) y los eléctricos puros (BEV).

El análisis básico de reducción de emisiones contaminantes requiere que previamente se haya examinado el grado de cumplimiento para los principales contaminantes en España en el año 2016 (Álvarez Pelegrí et. alii, 2018). Un resumen de dicho análisis se refleja en la tabla 2, donde se distinguen los límites de la UE y los valores guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Dado que los incumplimientos de los niveles de concentración de los contaminantes que más afectan a la salud se localizan en varios casos en zonas urbanas con alta intensidad de tráfico, cobra sentido estudiar el impacto que puede tener la actuación sobre el transporte por carretera, en particular sobre los vehículos. En este sentido los autores del estudio citado analizan dos escenarios de renovación del parque automovilístico: el escenario «Euro 6» y el «BEV» cuyo resumen literal se recoge a continuación.

«El escenario «Euro 6» contempla la introducción de los estándares más exigentes de emisiones a raíz de la norma Euro 6 para emisiones de vehículos ligeros, requerida para los vehículos nuevos a partir 2015, bajo los criterios previstos de renovación del parque actual. El parque actual español, debido a su antigüedad, está compuesto mayoritariamente por vehículos en cumplimiento de la norma Euro 4; la sustitución de estos vehículos por otros nuevos conllevaría reducciones significativas de emisiones de NO<sub>2</sub> y PM<sub>2,5</sub>. El parque actual se renovará por estos nuevos vehículos, incluyendo los de energías alternativas como el gas natural o el GLP, y vehículos eléctricos, en las condiciones

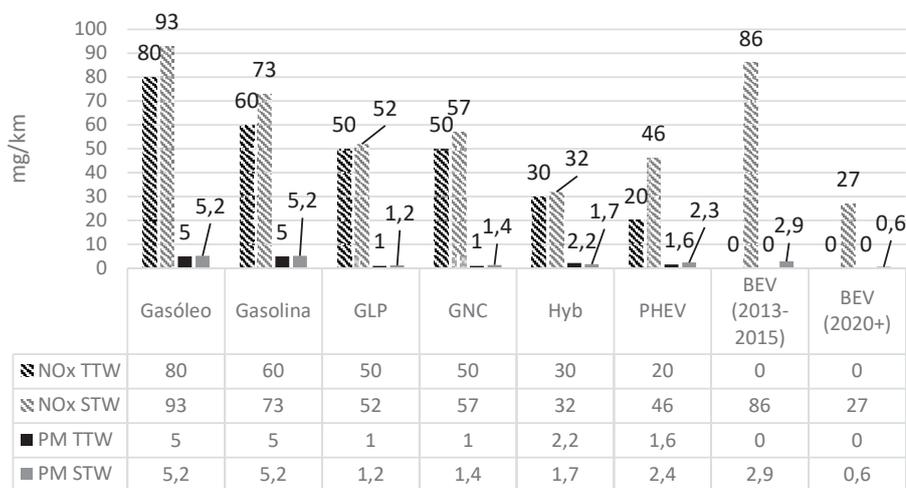
**GRÁFICO 2**  
EMISIONES DE CO<sub>2EQ</sub>, TTW, STW Y WTW POR TIPO DE VEHÍCULO



Nota: Para mejorar la visibilidad de los valores, las emisiones de gasóleo, gasolina y BEV 2020+ se indican aquí. Gasóleo (gCO<sub>2eq</sub>/km): TTW 114, STW 129, WTW 132. Gasolina (gCO<sub>2eq</sub>/km): TTW 144, STW 159, WTW 165. BEV (gCO<sub>2eq</sub>/km): STW 24, WTW 30.

Fuente: (Álvarez Pelegry et. al., 2017b).

**GRÁFICO 3**  
EMISIONES CONTAMINANTES POR TIPO DE VEHÍCULO (TTW Y STW)



Nota: Las emisiones de partículas debidas al consumo eléctrico son PM<sub>10</sub>. Los números de TTW reflejan las emisiones de relevancia a nivel local/zonal

Fuente: (Álvarez Pelegry et. al., 2017b).

previstas de acuerdo con las tendencias actuales. Manteniendo constante las emisiones de los restantes sectores, la renovación reduciría los niveles de concentración actuales de NO<sub>2</sub> en las ciudades de Madrid y Barcelona a niveles por debajo de los límites vigentes de la UE, aunque, de acuerdo con los resultados de este estudio, con efectos más limitados en las estaciones de mayor intensidad de tráfico

El escenario «BEV» atiende a la renovación del parque actual exclusivamente con el vehículo eléctrico, en concreto vehículo eléctrico de batería (BEV). Al igual que en el escenario anterior, se considera un parque mayoritariamente Euro 4 sustituido por este tipo de vehículos, sin otra reducción adicional. En esta situación se podrían alcanzar, in situ (14), la mayor reducción de las emisiones de tráfico, e igualmente el cumplimiento de los parámetros de

**TABLA 2**  
**GRADO DE CUMPLIMIENTO PARA LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES EN ESPAÑA EN EL AÑO 2016**

	Límites UE	Guía OMS
<b>NO<sub>2</sub></b>	Límite horario: 200 µg/m <sup>3</sup> . Máximo 18 superaciones al año.	Límite horario: 200 µ/m <sup>3</sup> .
	Límite anual: 40 µg/m <sup>3</sup> .	Límite anual: 40 µg/m <sup>3</sup> .
	Cumplimiento general, pero con excepciones en:	Mismos límites, y por tanto misma situación general y excepciones, entre límites UE y guía OMS.
	- Ciudades de Madrid y Barcelona y sus áreas metropolitanas.	
	- L'Horta (Comunidad Valenciana).	
	- Granada.	
	- Islas de La Palma, La Gomera y El Hierro en Canarias.	
<b>PM<sub>10</sub></b>	Límite diario: 50 µg/m <sup>3</sup> . Máximo 35 superaciones al año.	Límite diario: 50 µg/m <sup>3</sup> .
	Límite anual: 40 µg/m <sup>3</sup> .	Límite anual: 20 µg/m <sup>3</sup> .
		En general valores inferiores a la guía de la OMS, pero excepciones en:
	Cumplimiento general, pero excepciones en:	- Área central de Asturias.
	- Área central de Asturias.	- Canarias.
	- Plana de Vic (Cataluña).	- Andalucía.
	- Villanueva del Arzobispo (Andalucía).	- Bahía de Santander.
		- Ceuta.
	- Arteixo (Galicia).	
	- Murcia.	
	- Partes de Cataluña, Comunidad de Madrid, Castilla – La Mancha, Comunidad Valenciana.	
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	Límite anual: 25 µg/m <sup>3</sup> .	Límite diario: 15 µg/m <sup>3</sup> .
		Límite anual: 10 µg/m <sup>3</sup> .
	Cumplimiento general.	En general valores inferiores a la guía de la OMS, pero excepciones en:
		- Asturias occidental y central.
		- Norte e interior de Aragón.
		- Interior de Cataluña.
		- Madrid.
		- Torrelavega.
	- Cartagena.	
	- Partes de Galicia, Comunidad Valenciana, Castilla - La Mancha y Andalucía, CAPV y Gran Canaria.	
<b>O<sub>3</sub></b>	Máximo diario de las medias móviles de ocho horas: 120 µg/m <sup>3</sup> . 25 días por año promediados en un periodo de 3 años.	Máximo diario de las medias móviles de ocho horas: 100 µg/m <sup>3</sup> .
		Lugares concretos con valores inferiores a la guía de la OMS en:
	Cumplimiento general, pero excepciones en:	- Norte de Galicia.
	- Comunidad de Madrid.	- Asturias central.
	- Castilla – La Mancha.	- Cantabria.
	- Sur de la CAPV.	- Norte de la CAPV.
	- Partes de Cataluña y Comunidad Valenciana, Islas Baleares y Extremadura, Andalucía.	- Partes de Canarias, Aragón, Navarra y Valencia.

Fuente: (Álvarez Pelegry *et alii*, 2018).

calidad del aire para el NO<sub>2</sub> en todas la zonas que actualmente las superan».

**SOBRE LA PENETRACIÓN DE VEHÍCULOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS (VEA) ↓**

Ya se ha visto que en el entorno y en la regulación la disminución de emisiones es un factor inductor de

cambio de primer orden. Ahora bien, las energías alternativas: electricidad, gas natural, GLP y otras no tienen, en general, un camino fácil para una penetración rápida y «masiva».

Los obstáculos para su despliegue «masivo» obedecen a razones de diferente índole: económicas, de necesidad de despliegue de infraestructura de recar-

**TABLA 3**  
**ESTIMACIÓN, SEGÚN DIVERSAS FUENTES, DEL PARQUE MUNDIAL Y VENTAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**  
**2017-2030 EN MILLONES**

Fuente		2017	2020	2025	2030	Referencia
IEA Escenario NPS	Parque	3,1	13	-	125	IEA (2018)
	Ventas	1,1	4	-	21,5	
IEA Escenario EV30@30	Parque	3,1	25	-	220	
	Ventas	-	-	-	30	
IRENA	Parque	-	5	30	160	IRENA (2016)
	Ventas	-	3	10	40	
BCG	Parque	4,5	-	-	-	BCG (2018)
	Ventas	1,8	2	8,4	21,8	
UBS	Parque	-	-	-	-	UBS(2018)
	Ventas	-	3,1	14,2	-	
BNEF	Parque	-	-	-	-	BNEF (2018)
	Ventas	1,1	-	11	30	
Glencore	Parque	-	-	-	-	Glencore (2018)
	Ventas	-	-	10	30	
McKinsey	Parque	-	9	-	138	McKinsey (Engel et. al. 2018a)
	Ventas	-	-	-	-	
CEPSA	Parque	-	-	-	80	CEPSA (2017)
	Ventas	-	2,8	-	16	
BP	Parque	-	-	-	100 (en 2035)	BP (2017)
	Ventas	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia

ga, o de conveniencia y aceptación por los consumidores. Por otra parte, suele olvidarse que las energías denominadas convencionales, es decir, gasolina y gasóleo debido a los requerimientos de la normativa y a la innovación han mejorado en rendimiento y han disminuido las emisiones, sobre lo que se aportarán datos más adelante.

Existen notables expectativas respecto a la penetración de los VEA y en particular de los eléctricos (VE), por lo que una forma de abordar el asunto es revisar diferentes estimaciones o análisis respecto al grado de penetración de los vehículos eléctricos en un horizonte temporal razonable, por ejemplo 2030, que es lo que se realiza a continuación.

### Sobre la demanda de los vehículos eléctricos ↓

Para realizar las estimaciones/proyecciones del número total de VE en la bibliografía revisada, en primer lugar, se identifican algunos factores que afectan al nivel de la electrificación en el transporte. El primer factor es el número de vehículos en el mundo en diferentes horizontes temporales, lo que depende de la demanda de pasajeros-kilómetro y de toneladas-kilómetro de mercancías. A su vez estos parámetros dependerán entre otros del crecimiento económico así como del número total de vehículos existentes (i.e. ligeros, pesados, dos ruedas, etc.).

Entre los factores que afectan y afectarán a la demanda de VE se pueden citar tres, a saber: las políticas de los Gobiernos sobre movilidad y para la incentivación de los VEA; las innovaciones tecnológicas en baterías y la economía de la industria, entendiendo como tal, tanto los costes, como los precios de las baterías y de los automóviles (eléctricos vs. convencionales), desde el lado del consumidor (cuyos precios incluyen impuestos) y de los fabricantes de automóviles. En la tabla 3, se recogen los datos de diferentes publicaciones y autores.

Del examen de la tabla anterior puede concluirse que todas las proyecciones suponen un crecimiento progresivo, con notables o fuertes gradientes en ventas a 2030. Las ventas mundiales se sitúan entre los dos y los cinco millones de vehículos en 2020. Es decir, se observa una gran variabilidad en las estimaciones.

También se observa que cuando se facilitan datos a 2030, en general, se multiplica por diez o más el parque de VE respecto a 2020. Las cifras del parque total en el año 2030, podrían estar entre los 80 y los 220 millones de unidades (15).

En 2014, había 1.200 millones de vehículos (16). Para (CEPSA, 2017), en el año 2030 habrá 1.600 millones de vehículos y en ese año la flota de eléctricos, incluyendo eléctricos puros e híbridos enchufables, sería del 5% de la flota, con unas ventas, en ese año, de

ese tipo de vehículos del 15% de un total de 106 millones.

Para (BP, 2017) en el año 2035 habría unos 100 millones de VE, que representaría el 6% de la flota total de vehículos (1.666 millones), de los cuales un tercio serían PHEV, y el resto BEV.

Estas cifras son muy relevantes, y ponen de relieve un «consenso» de fuertes crecimientos en las ventas de VE. Teniendo en cuenta lo anterior, conviene realizar algunas consideraciones sobre las estimaciones a futuro. Pueden señalarse varios temas fundamentales: las políticas gubernamentales, las innovaciones tecnológicas, la economía de la industria, la aceptación o conveniencia para el consumidor y el despliegue de infraestructuras de recarga.

Así, la necesidad de políticas sistemáticas y continuadas es obvia, existiendo en las tres regiones relevantes, pioneras en la penetración «eléctrica» (China, Europa y EE.UU. donde la penetración en el horizonte de 2030 podría ser entre el 10 y el 30%). Hay que distinguir las políticas de ámbito local, las regionales y las nacionales; así como las que son de incentivos o penalizaciones de las estrictamente normativas (IEA, 2018).

En este sentido, hay que resaltar el papel de las ciudades como «punta de lanza» en el despliegue del VE. Para (Hall et. alii, 2017) el 40% de los VE se encuentran en veinte ciudades del mundo, de las cuales siete son chinas, cuatro de los Países Bajos, cuatro de los EEUU, dos de Noruega, así como Tokio, París y Londres.

En el ámbito de las innovaciones tecnológicas no serán menores las modificaciones de las baterías sobre la batería de ion-litio, u otras que pueden facilitar la disponibilidad a precios más asequibles de los VE.

En que se refiere a la economía de la industria, quizás el primer reto sea facilitar los beneficios a los fabricantes de vehículos (OEM). El caso del Chevy Bolt es claro al reflejar que, en este momento, no resulta rentable (UBS, 2017). Por ello resulta clave en qué momento del futuro resultará competitiva la fabricación de VE frente a los convencionales de gasolina y gasóleo, tanto en términos de precio de compra como del TCO (*total cost of ownership*) (17).

En cualquier caso, hay que destacar que, en los próximos tres años, los OEM pondrán en el mercado del orden de 340 modelos de VE (BEV y PHEV), lo que pone de relieve la tendencia a ampliar la disponibilidad y la gama de VE respecto a los existentes en la actualidad (Hertzke et. al., 2018).

Como ya se ha señalado, un elemento decisivo, tanto para la penetración efectiva como para determinar el ritmo de penetración de los VE es el despliegue de infraestructuras de recarga (EURELECTRIC, 2018), y relacionado con ello, la estandarización, la normativa y los modelos de negocio.

De acuerdo con EURELECTRIC, en 2030 se acelerará el despliegue de infraestructuras de recarga y las ventas

de VE se situarán en porcentajes del orden del 12% y hasta del 30% en el escenario más ambicioso. En el escenario de electrificación menos ambicioso, en el año 2050 habría 88 millones de VE que representarían el 65% de la flota y 80 millones de puntos de recarga (18). Además, con anterioridad, en 2025, se lograría la igualación del TCO de los VE y de los convencionales.

Por su parte, tanto (IEA 2018), como (UBS, 2018) y (Engel et. al, 2018a) ponen de relieve la ineludible necesidad de desplegar a nivel mundial millones de puntos de recarga, las cuantiosas inversiones necesarias y las estrategias diversas sobre puntos y tipos de carga.

Finalmente y no menos importante, es la respuesta o el comportamiento del consumidor en sus decisiones de compra (i.e. las expectativas en el lanzamiento en la India del coche Tata, que no satisfizo las expectativas de ventas [BNEF, 2018]). Para (Engel et al., 2018b) la disponibilidad de puntos de recarga es la tercera barrera, en orden de importancia que ven los consumidores a la hora de comprar un nuevo vehículo; siendo la primera el precio y la segunda la autonomía de los VE.

De este análisis se pueden extraer algunas conclusiones relevantes para España. El impulso de países como China, EEUU y Europa, llevará a que desde el lado de la oferta, en el horizonte de mediados de la próxima década, exista una disponibilidad de modelos con costes de adquisición que para ciertos segmentos de consumo serán atractivos. A ello no serán ajenas las economías de escala en la fabricación de baterías, si bien estas podrían en parte estar mitigadas o frenadas por el posible incremento de los precios de minerales y metales (19).

Así, en el informe de la Comisión de Expertos sobre la Transición Energética en España de 2018, se señalaba que el número de VE en España en 2030 estaría entre un millón y los 2,4 millones, según las estimaciones. Para (CEPSA, 2017) habrá un millón de VE, lo que supondrá una cuota del 4% del parque (20).

Para (KPMG, 2018), en 2030 en España podría haber un parque de unos 21 millones de vehículos, con una estructura en la que los eléctricos puros supondrían un 2% (lo que supondría del orden de medio millón de VE); los híbridos enchufables el 5%, los híbridos un 20%, los de GLP un 4% y los de GNC un 1%. Los convencionales serían el resto, con un 27% de diésel con las características actuales, un 19% de diésel con las nuevas normativas euro, un 13% sería de gasolina con las características actuales y un 9% de gasolina con las nuevas normativas euro.

Así, en la transición energética no solo los VE estarán presentes. Desde el punto de vista de las energías alternativas: el gas natural y los GLP, ampliarán su presencia y competirán por cuotas de mercado crecientes. Al mismo tiempo, y en el horizonte a 2030 los vehículos de gasolina y gasóleo seguirán teniendo una fuerte presencia en el mercado. Las mejoras en eficiencia energética y en nivel de emisiones (21), así como el atractivo y la competencia en precios de adquisición

y en el TCO, llevará a que el futuro parque de automóviles vaya cambiando su composición a lo largo de los años, y para ello hay que contar también con la vida media de los vehículos que, por ejemplo en España, en los últimos años se situaba, como promedio en unos doce años (ANFAC, 2017)

## SOBRE OTROS VEA (GNC, GLP) Y CONVENCIONALES (GASOLINA Y GASÓLEO) (22) ↓

### Vea: gnc y glp ↓

Este trabajo tiene como alcance básico el transporte de pasajeros por carretera, por lo que aquí se hace referencia al GNC. No obstante el GNL también resulta relevante, en particular en el transporte marítimo (Álvarez Pelegry et. al. 2017 a) (23).

El gas natural se utiliza en motores de combustión interna con ciclo Otto de gasolina, con ignición por chispa, o encendido provocado, y en los diésel con ignición por compresión. Los vehículos a gas natural pueden ser monofuel (o monovalentes), bifuel que tienen dos depósitos diferentes para el gas natural y para el combustible convencional y dual fuel que permiten utilizar gas natural en motores diésel, sustituyendo parte del combustible diésel por gas natural (24).

Existe ya, una relativamente amplia, gama de estos vehículos así como transformaciones de vehículos convencionales. Las autonomías son menores que en los vehículos convencionales o de GLP, si bien los tipo bifuel dan una mayor autonomía al funcionar con combustibles convencionales. Las infraestructuras de recarga parecen ser el punto débil para una penetración más amplia del GNC en el transporte de pasajeros privado; ya que los primeros segmentos de actuación han sido las flotas de taxis o de autobuses (25). Las estaciones de carga pública en España a finales de 2017, eran 55, de las cuales 49 suministraban GNC y 26 GNL. Se prevé la próxima apertura de 13 estaciones de GNC, 20 de GNC-GNL y una de GNL. (Domínguez et al., 2017) (26). El precio y el nivel impositivo resultan ser una ventaja para la penetración de este combustible en la automoción (27).

En Europa el país más destacado en uso de gas natural en vehículos de pasajeros es Italia, siguiéndole a cierta distancia Alemania.

En Italia, se cuenta con una experiencia de más de treinta años, a raíz de su estrategia para promover el consumo de un combustible de producción doméstica y una industria de talleres especializados para la conversión de vehículos, conversión que hasta 2010, contaba con incentivos. Con cerca de 900.000 vehículos a gas natural, la demanda de gas para el transporte supone el 3% del total del consumo de gas del país y ha mantenido una tasa de crecimiento anual del 9%.

Alemania es también de interés, con crecimientos en los últimos años alrededor del 2-3%. Su estrategia se enmarca en la reducción de la dependencia del

petróleo, pero no ha contado con incentivos a la compra de vehículos y las ventas parecen ser bastante elásticas en función de los precios tanto del gas natural como de los combustibles convencionales (Álvarez Pelegry et al., 2017a).

En España, a finales de 2017, la flota de vehículos a gas natural era de 8.471 de los que autobuses y camiones (GNC y GNL) suponían el 70%. Los taxis y ligeros ascendían a 2.419 y el resto eran furgonetas y carretillas. Las matriculaciones en ese año fueron de 2.332 unidades, con un fuerte incremento desde el año 2010, en el que solo se matricularon 97 unidades.

No abundan las estimaciones de penetración de vehículos a gas natural. Con todo se pueden citar las de Gasnam (28) y las recogidas, para el caso del País Vasco en (Álvarez Pelegry et al., 2017b).

Para estos últimos, en el horizonte a 2030, en el escenario inferior, las ventas crecerían a tasas del 8% anual y en el superior entre el 20 y el 30%. Hay que tener en cuenta que aquí se consideran únicamente los vehículos solo de gas natural, estando el uso del gas natural en los bifuel o dual fuel considerado en los vehículos convencionales.

Por su parte, en (GASNAM, 2014) se plantean tres escenarios (optimista, base y pesimista). Para el año 2030 y para vehículos ligeros las cifras estimadas, en 2014, eran de 627.063, 348.100, y 127.383. En dicho documento, también se señalaban barreras para el desarrollo, como la incertidumbre en la regulación, la falta de infraestructuras de repostaje, la limitada oferta de vehículos, la falta de información y el mayor coste inicial del vehículo.

El GLP, también denominado autogas, consta de una mezcla de propano y butano por lo que está estrechamente relacionado con la producción de petróleo y de gas natural.

Los méritos de esta energía son su elevado nivel de autonomía y el importante número de puntos de recarga. No menos relevante es el precio del combustible y la estabilidad del mismo, lo que unido a precios de vehículos en línea con los convencionales, presenta atractivos comerciales.

Su uso ha estado limitado, en parte, a las transformaciones de vehículos convencionales en talleres autorizados, si bien presentan problemas de garantías por los fabricantes originales. Los fabricantes de automóviles disponen en la actualidad, de una cierta gama de vehículos, que se va ampliando, y que a la salida de fábrica ya están diseñados y fabricados para el consumo de GLP. El número de vehículos a finales del año 2015 era de 50.000 con 553 estaciones de recarga (29). A finales de agosto de 2018, el acumulado del año en matriculaciones fue de casi 13.000 vehículos, siendo en su mayoría vehículos privados, seguidos de vehículos de alquiler y taxis. El porcentaje matriculaciones de vehículos de GLP respecto al total es del 1%, porcentaje superior a los de GNC y eléctricos.

Al igual que en el gas natural, los operadores en este tipo de combustible desde hace algunos años llevan a cabo campañas de marketing para dar a conocer y posicionar el producto, en este caso mediante los atributos de precio, autonomía y ventajas medioambientales, junto con promociones e incentivos a la compra de vehículos de GLP (30).

En cuanto al papel de los VEA en el futuro, un caso de interés es el análisis realizado para el País Vasco de su penetración en el transporte de pasajeros, donde se observa a 2030-2035 un «cruce» entre la penetración de VEA junto con los híbridos (ya que estos tienen un peso significativo) y los convencionales cuyas ventas van disminuyendo progresivamente.

### Vehículos convencionales

La progresiva implantación de los límites de emisión para CO, HC +NO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y PM, han supuesto reducciones, para los vehículos diésel ligeros del 99% en los dos primeros, desde el año 1970. Del 84% desde el año 2000 para el NO<sub>x</sub> y del 96% para las partículas, desde mediados del primer lustro de la década de los noventa. Las técnicas, han ido dando respuesta a límites cada vez más estrictos, como la recirculación de los gases de escape, los catalizadores de tres vías y de oxidación, el selectivo de reducción, el almacenamiento de NO<sub>x</sub> y los filtros de partículas (Payri González, 2018).

Además existen tecnologías prometedoras que en lo referente a nuevos modos de combustión como la ignición por compresión de mezcla homogénea (HCCI por sus siglas en inglés) (31), pueden llevar a lograr reducciones del 15-30% en el consumo de combustibles emitiendo menos óxidos de nitrógeno.

Estas técnicas no están exentas de dificultades, pero su eventual desarrollo comercial podría llevar a cambios en las especificaciones de combustible en el futuro o en las pautas de consumo. Estas mejoras supondrán un mayor coste, lo que posiblemente acerque las emisiones y los TCO para el usuario a algunos de los VEA.

La gran ventaja de los vehículos convencionales sobre los VE radica en la conveniencia, tanto por su autonomía, no en vano, los combustibles (gasolina y gasóleo) tienen una densidad específica energética (32) elevada, como por el número y la capilaridad de las estaciones de suministro (11.188 en 2016 (33)), así como por el precio que tienen, y previsiblemente, tendrán hasta mediados de la próxima década. Respecto al GNG y el GLP, ya se ha señalado que la situación es diferente al igual que se ha indicado que se trata de vehículos similares (34).

### REFLEXIONES FINALES SOBRE EL PAPEL DE LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y LAS CONVENCIONALES

Resulta evidente, tras el repaso realizado en este trabajo, que las condiciones del entorno medioambiental, social y regulatorio/normativo lleva a la necesidad

de cambios en el sistema de transporte para lograr que este sea más sostenible.

En el contexto de lo que se entiende por sostenibilidad; la incorporación de mayores eficiencias en los vehículos y la disminución de emisiones son tendencias ineludibles, si bien es necesario abordar estos cambios en un amplio marco del transporte como sistema con una visión holística.

Las emisiones, de GEI (CO<sub>2</sub> y otros) y de contaminantes (i.e. NO<sub>x</sub> y partículas) son de naturaleza diferente. Fundamentalmente las implicaciones de las primeras son de alcance global y las segundas locales, zonales o regionales. Esto ya determina que las soluciones, también deben tener adecuaciones a la naturaleza de los problemas. En este sentido la solución a la contaminación local o zonal, por ejemplo, podría abordarse desde la movilidad, compaginando las situaciones relativas a los sistemas de transporte junto con la penetración de los VEA.

En los VEA, se incluyen, energías potencialmente rompedoras, como la electricidad en las baterías de los VE (35), y otras que son hidrocarburos como el GLP o el gas natural. Estos combustibles se utilizan en vehículos que tiene una considerable similitud con los convencionales de gasolinas y gasóleos, (36) pero sus puntos de suministro son muy inferiores en número y presentan igualmente autonomías inferiores en el caso del gas natural como combustible único. Los precios son también fundamentales a la hora de tomar las decisiones de compra.

Las ventajas e inconvenientes de los vehículos convencionales y los VEA no son «unívocas» ya que por ejemplo, los que tienen menores emisiones de GEI, las tienen superiores en NO<sub>x</sub>.

Por otra parte la normativa y la innovación tecnológica muestran que tecnologías que presentaban notables inconvenientes en el pasado, a futuro presentarán soluciones aceptables (i.e. euro 6 para pasajeros a partir de 2020).

El VE, con un mix de generación eléctrica bajo en emisiones GEI y de contaminantes, es decir en las emisiones del STW o del WTW tiene medioambientalmente ventajas evidentes. La gran cuestión está en el modo y gradiente de penetración y, en particular, si a mediados de la próxima década la evolución tecnológica, los precios de los vehículos y el desarrollo de infraestructuras de recarga, supondrá, más que una evolución, una revolución en los medios de transporte de pasajeros. (37) En este sentido las estimaciones o previsiones en el horizonte 2030, reflejan sustanciales diferencias, a las que no son ajenas las incertidumbres y las diferentes hipótesis que se han recogido en este artículo.

Las estimaciones a nivel global y otras como las realizadas para el País Vasco (Alvarez Pelegry *et al.*, 2017b); ponen de manifiesto que hacia mediados de la década de 2030, las ventas crecientes de VEA e híbridos, igualarían las ventas decrecientes de los convenciona-

les (gasolina y gasóleo) y los parques automovilísticos seguirían manteniendo una proporción de vehículos convencionales, con cuotas crecientes tanto de los de GLP y GNC, como de los híbridos. Asimismo no se debe olvidar el peso creciente, de los biocombustibles.

Las combinaciones de distintos tipos de VEA y de vehículos convencionales más eficientes facilitarán beneficios ambientales, lo que implica que hay espacio para la convivencia de distintas tecnologías.

Lo que resulta claro, es que habrá mayores posibilidades de elección, y previsiblemente mayor competencia, con mayores esfuerzos de marketing, tanto por los agentes tradicionales como por los «nuevos» entrantes, que irán en beneficio de las personas; tanto en su rol de consumidores/compradores/usuarios, como de ciudadanos, que tendrán un aire más limpio y con menos emisiones de GEI.

## NOTAS

- [1] El autor agradece a Macarena Larrea la revisión y comentarios al último borrador de este trabajo, así como los comentarios de Manuel Bravo.
- [2] De estas 244,1 millones de toneladas se relacionan con la energía.
- [3] El transporte aéreo supuso el 1% del total; la navegación doméstica el 0,6% y el ferrocarril el 0,1%.
- [4] No se trata aquí el tema del biogás. Su relevancia en algunos países europeos i.e. Suecia y Alemania como complementario al gas natural puede verse en (Álvarez Pelegry *et al.* 2017 b), (Fernández, *et al.*, 2017) y en (IRENA, 2018).
- [5] Para más detalle ver (Álvarez Pelegry *et al.* 2017b).
- [6] Los estándares de calidad de la legislación europea no recogen exactamente los valores guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- [7] Véase (Álvarez Pelegry, *et. alii.*, 2018).
- [8] Puede verse también (BCG, 2015).
- [9] Se traspuso a la legislación española mediante Real Decreto 639/2016 en el Marco de Acción Nacional (MAN).
- [10] Los objetivos orientativos a 2030 apuntan a una disminución del porcentaje de biocombustibles procedentes de cultivos y a un incremento de energía renovable avanzada, de tal manera que dicho año, los porcentajes fuesen del 1,5 % y del 6,8% respectivamente (KPMG, 2018). Hasta el 14% del objetivo de renovables en el transporte se entiende que se cubriría con electricidad de origen renovable que se estima emplearán los vehículos eléctricos.
- [11] Para más información ver (Álvarez Pelegry *et al.*, 2017b) y (Bravo, 2015).
- [12] Para más información ver (Álvarez Pelegry *et. alii.*, 2018).
- [13] Para más información ver (Álvarez Pelegry *et. al.*, 2017b).
- [14] Estas estimaciones deberían hacerse comparando las emisiones del sistema energético, lo que incluye la generación de electricidad y el suministro de gas y de productos petrolíferos (STW), ya que si bien no habría emisiones in situ, estas tendrían lugar en otros lugares de España.

- [15] En cualquier caso, no se debe perder de vista que el crecimiento será muy diferente según regiones o países (BCG, 2018).
- [16] En España, en 2017, se matricularon 3.920 BEV, 3.342 PHEV, 186 eléctricos de autonomía extendida (E-REV) y 55.420 híbridos no enchufables de gasolina y 132 híbridos no enchufables diésel. El resto han sido convencionales de gasolina (574.926) y diésel (597.000). Por tanto, el porcentaje de ventas de eléctricos no llega al 1% (0,6%) (ANFAC, 2017).
- [17] Para más información ver (Álvarez Pelegry *et. al.* 2017b) y (UBS, 2018).
- [18] De los cuales 5% de recarga rápida, un 10% en oficinas y lugares públicos con recarga normal y 85% de recarga normal en edificios.
- [19] Esto se analiza en otro artículo de este monográfico.
- [20] Los vehículos de gasolina serán el 59%, y los de diésel el 37%.
- [21] Entre 2000 y 2015, los vehículos convencionales han mejorado un 2,5% anual la eficiencia en el consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub>. En 2030 el consumo podría estar para nuevos vehículos, en 2,7l/100 km y las emisiones en 60gCO<sub>2</sub>/km (CEPSA, 2017).
- [22] En este apartado no se tratan específicamente los biocombustibles, dado que por su naturaleza, como se ha señalado, se incorporan en los vehículos convencionales.
- [23] Más detalle en (Castro *et al.*, 2017).
- [24] También existen los trifuel que combinan de manera flexible gasolina o etanol con gas natural.
- [25] Naturgy anunció que invertiría 18 millones de euros en 2018 para duplicar el número de estaciones de carga de GNC y llegar a 100 a finales de ese año. Con ello aumentará su presencia en Madrid y Barcelona y prevé estrenarse en Alicante Córdoba, Valencia, Bilbao, Málaga, Sevilla, Zaragoza, Murcia, Vigo, Gijón, Valladolid y Santander (Ok, 2018).
- [26] Para cumplir con la exigencia de la Directiva DAFI, la estrategia de impulso de los VEA en España estima que en 2020, se debería proceder a la instalación de 119 puntos de suministro de GNC en el ámbito urbano, dando prioridad a las ciudades con más de 100.000 habitantes. Asimismo, considerando la recomendación de 150 km de separación máxima entre estaciones, en 2025 deberían instalarse 199 nuevos puntos de suministro de GNC en carreteras (Álvarez Pelegry *et al.*, 2017b).
- [27] No obstante, no sería de extrañar que estas ventajas estén sujetas a revisión, en un futuro, cuando la penetración de los VEA (incluyendo los VE) alcance un volumen que afecte significativamente al conjunto de la recaudación impositiva de los combustibles consumidos en todo tipo de vehículos de transporte privado de pasajeros por carretera.
- [28] (GASNAM, 2014).
- [29] En la actualidad 55.000 turismos, 1.000 furgonetas y 8.000 taxis (Blanco, 2018). Según el MAN deberían alcanzarse 2.765 puntos de suministro si se utiliza la proporción actual de vehículos a puntos de suministro y 200.000-250.000 vehículos a 2020 (Gobierno de España, 2016).
- [30] Véase por ejemplo las promociones de Repsol.

- [31] (Benaje, 2013). En esta referencia puede verse un análisis de las perspectivas de mejora en optimización del ciclo termodinámico y otras.
- [32] Diésel 0,840 kg/l; PCI del diésel, 42,6 MJ/kg; densidad de la gasolina, 0,75 kg/l; PCI de la gasolina, 44MJ/kg; PCI del gas natural, 49 MJ/kg; densidad del GLP, 0,54 kg/l; PCI del GLP, 46 MJ/kg (Edwards *et alii.*, 2014).
- [33] (AEESCAM, 2017).
- [34] Véase Arias Paz (2008). »Manual de Automóviles«, 56 edición, Apéndice V; y/o (Garrido *et alii.*, 2017).
- [35] Aunque en los orígenes del automóvil ya se fabricaron y pusieron en circulación VE y estos tuvieron su revival en los setenta del pasado siglo. desde hace años el despliegue de VE, se ve más como una tendencia irreversible.
- [36] Véase, por ejemplo, (Lage Marco, 2013) o (Garrido, *et al.*, 2017)
- [37] (Hertzke, P. *et al.* 2018) distingue cuatro etapas en las tendencias disruptivas: la fase «detectable» en la que se sienten las primeras señales pero con mucho ruido. La fase «clara», en la que emerge la validez de un modelo, la «inevitable», en la que se logra una masa crítica, y la última que sería una «nueva normalidad», en la que se logra una escala correspondiente a una industria madura.

## BIBLIOGRAFÍA

- AEESCAM (2017). Informe AOP sobre gasolineras. <http://www.aeescam.com/informe-aop-sobre-gasolineras>
- Álvarez Pelegrí, E., Menéndez Sánchez, J., Bravo López, M. (2017a) «Movilidad sostenible. El papel de la electricidad y el gas en varios países europeos». Cuadernos Orkestra
- Álvarez Pelegrí, E., Menéndez Sánchez, J. (2017b). «Energías alternativas para el transporte de pasajeros. El caso de la CAPV: análisis y recomendaciones para un transporte limpio y sostenible». Cuadernos Orkestra.
- Álvarez Pelegrí, E., Menéndez Sánchez, J., Bravo López, M. (2018) «Calidad del aire. Situación en España y escenarios a futuro para la CAPV, Madrid y Barcelona». Cuadernos Orkestra.
- ANFAC (2017). Memoria anual.
- Benaje, J. (2013). «Avances tecnológicos en motores de automoción para afrontar desafíos futuros» En «los motores de combustión interna en la movilidad sostenible del futuro». Asepa
- BCG (2015). «Revolution in the driver's seat. The road to autonomous vehicles».
- BCG (2018). «The electric car tipping point».
- Bitdwal, I and Nelsen, E. (2017). »The gas stations digital future is around the corner«. The Oliver Wyman Energy Journal. Vol.3
- Blanco, J.L. (2018). ¿Por qué el autogás hoy? ¿Y mañana? Segundo Foro de autogás. Junio de 2018.
- BNEF (2018). «Annual long term forecast of global electric vehicle adoption to 2040. Darton Commodities Limited.2018. [www.dartoncommodities.co.uk](http://www.dartoncommodities.co.uk)
- BP (2017).»BP Energy Outlook«. 2017 edition.
- Bravo, M. (2015). *Biofuels and the Atlantic*, en Isbell, P. y Álvarez Pelegrí, E. »The future of Energy in the Atlantic Basin« Center for Transatlantic Relations».
- Castro, M.A., Poblet, J., Rodríguez, R., y Seco, E. (2017). *El GNL como combustible en el transporte marítimo*. En «El gas natural en la movilidad». Gas marítimo. Gasnam.

- CEPSA (2017). «Energy Outlook 2030».
- Comisión de Expertos de transición Energética. (2018). Análisis y propuestas para la des carbonización.
- Comisión Europea (2011). «Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050». [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_es)
- Comisión Europea (2016a). Clean energy for all Europeans. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>
- Comisión Europea (2016b) 501 final. «Comunicación al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de Regiones sobre la estrategia europea a favor de la movilidad de bajas emisiones».
- Comunicación a la Secretaría de la Convención Marco de NNUU sobre Cambio Climático. España. Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2016. Edición 2018. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Dominguez, A., Gómez, S. y González, R. (2017). «NGVs en el mundo y estaciones en la península Ibérica», en «El Gas Natural en la movilidad sostenible». Gasnam.
- Edwards, R., Hass, H., Larivé, J., Lonza, L., Maas, H., Rickard, D. (2014). WELL-TO-WHEELS  
Report Version 4.a. JEC WELL-TO-WHEELS ANALYSIS. JRC Research
- Engel, H.; Hensley, R.; Knupfer, S.; Shader, S. (2018a). «Charging ahead: understanding the EV infrastructure challenge», McKinsey.
- Engel, H.; Hensley, R.; Knupfer, S.; Shader, S. (2018 b). «The potential impact of EV on global energy systems», McKinsey.
- EURELECTRIC (2018). «Decarbonization Pathways. European economy electrification and decarbonization scenario modelling. Synthesis of key findings».
- Fernandez, D. Garrido, S. (2017). «GNC en el entorno urbano e interurbano». En «El gas natural en la movilidad». Gasnam.
- Garrido, S., Gologana, J., Marcos, F. y Tínavt, F. (2017). «tecnología de motores». En «El gas natural en la Movilidad. Gasnam.
- Gasnam (2014). «Desarrollo del gas natural vehicular en España: análisis de beneficios y potencial contribución a la economía nacional».
- Glencore (2018). «The EV revolution and its impacts on raw materials». Disponible en [www.iea.org/media/Workshops/2018/session3Glencore.pdf](http://www.iea.org/media/Workshops/2018/session3Glencore.pdf)
- Gobierno de España (2016). Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas en el Transporte. Desarrollo del mercado e implantación de la infraestructura de suministro. En cumplimiento de la Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014.
- González, E. (2018). «Cambio climático y Energía: Tendencias y Objetivos». Cursos de verano de La Granda. 13 agosto 2018.
- Hall, D., Young Cui, H., Lustey, N. (2017). »Electric Vehicles Capitals of the World: What markets are leading the transition to electric«. Brief Briefing. ICCT.
- Hertzke, P. Müller, N. Schenk, S. Wu, T. (2018).» The global electric-vehicle market is amped up and on the rise«. McKinsey.
- IEA (2018). «Global EV Outlook 2018. Towards cross-modal electrification». [www.iea.org](http://www.iea.org)

IRENA (2017). «Electric Vehicles. Technology Brief». [www.irena.org](http://www.irena.org)

IRENA (2018). «Biogas for road vehicles. Technology brief».

KPMG (2018). «Perspectiva para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en España a 2030. El papel de los productos petrolíferos».

Lage Marco, M. (2013). «Tecnología de los motores de gas natural. En «Los motores de combustión interna en la movilidad sostenible del futuro». Asepa.

Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2018). «Comunicación al secretariado de la Convención Marco de NNUU sobre cambio climático. España. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2016».

Nordensvard, J. and Urban, F. (2015). «The stuttering energy transition in Germany: wind energy policy and feed-in tariff lock in». Elsevier.

Ok. Diario 22 marzo 2018.

Payri Gonzalez, F. (2018). «Técnicas para reducir las emisiones contaminantes de los vehículos convencionales». El automóvil en la movilidad sostenible. Informe Asepa.

PWC (2018). «Five trends transforming the automotive industry».

Smil, V. (2010). «Energy transitions: History, requirements, prospects. Santa Barbara, California: Praeger.

UBS (2018). «Coche eléctrico: disrupción en ciernes». Wealth management. Powered by Evidence Lab.

UBS (2018). «Electric Car Teardown-Disruption ahead?». Q-Series. UBS Evidence Lab.

Warner, J. (2015). «The handbook of lithium-Ion Battery Pack Design». Amsterdam, Oxford, Waltham; Elsevier Science.

Wolff Elósegui, G. (2013). *Adaptabilidad de los motores de combustión interna a las nuevas fuentes de energía renovables* en Asepa «Los motores de combustión interna en la movilidad sostenible del futuro».