

LLORENTE & CUENCA

Una visión sobre la movilidad terrestre sostenible en España

Madrid, enero de 2019



Alberto Carbajo, autor



Ingeniero de Minas y Economista, Máster de Negocio Eléctrico y profesor de la Escuela de negocios del Club Español de la Energía (ENERCLUB) y Máster sobre Comunidades Europeas por la Escuela Diplomática de Madrid. En la actualidad imparte clases de Mercados energéticos en la Universidad Politécnica de Madrid.

Ha sido además exdirector general de operación de Red Eléctrica España y director General de Minas e Industrias de la Construcción del Ministerio de Industria y Energía, consejero de Endesa y Petronor, consejero de la Comisión del Sistema Eléctrico Nacional, asesor de la Unión Europea para la

adecuación del esquema regulatorio del Sistema Eléctrico de Rumanía y consultor del Banco Mundial para el diagnóstico del Sistema Eléctrico de Honduras. Ha desarrollado tareas regulatorias del sector eléctrico en países como Argentina, Chile y Colombia.

Contenido

1. Introducción	4
La evolución de las ciudades	4
2. El problema de la calidad del aire	5
3. La relación entre calidad del aire, cambio climático y modelo energético.	10
Las emisiones del transporte	10
4. La descarbonización del transporte	11
5. Los informes de la Comisión Europea relativos al transporte	12
6. Planes municipales.....	15
7. Tipos de movilidad	18
Movilidad urbana	18
El vehículo eléctrico.....	21
Movilidad urbana a gas	28
Transporte pesado	29
Ferrocarril	31
Transporte marítimo y portuario.....	33
Residencial (calderas y rehabilitación de edificios)	35
8. Conclusiones y Recomendaciones.....	36

1. Introducción

La transición energética está generalmente definida como los cambios estructurales, a largo plazo, en los sistemas energéticos y es, por tanto, el conjunto de políticas y cambios estructurales dirigidos a la descarbonización de la economía. España debe reducir sus emisiones GEI (gases de efecto invernadero) entre un 80 y un 95% hasta 2050 para cumplir con los objetivos de descarbonización establecidos por la Unión Europea. Esta reducción implicará pasar de emitir 329 MtCO₂ equivalentes en el año 2014 a emitir entre 14 y 88 MtCO₂ en 2050 (según se tome como referencia el año 1990 o el año 2005).

La evolución de las ciudades

En todas las regiones del mundo, si bien con diferente tasa, la población crecerá hasta los 9.700 millones de personas en el año 2050 y cerca de 11.000 en el año 2100. La penetración del vehículo, que es diferente en cada una de las regiones producto de la falta de equidad, tenderá a equipararse con la existente en las regiones más desarrolladas, con lo que el mundo se acercará a los 2.500 millones de vehículos en el año 2050.

El problema no es que los países más ricos tengan 700 millones de coches (con un 60% de penetración, 60 coches por cada 100 habitantes), ni que esa penetración suba en el resto de países avanzados y se esté acercando a los estándares norteamericanos (81%), lo que provocará que en 2050 esa penetración sea del 65% y haya 850 millones de coches en los países de la OCDE. El problema es que los 6.500 millones de seres humanos que viven en los países en desarrollo BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica) y **en el resto del mundo en desarrollo también quieren tener coche**, especialmente en las megaciudades de estos países, donde el transporte público es aun extremadamente limitado y de mala calidad. Además, la planificación urbana aleja las viviendas de las ciudades, obligando a viajes más largos cada día para llegar al lugar de trabajo, centros educativos o lugares de ocio.

En relación a las ciudades y su contribución a la transición energética, se debe señalar que las ciudades apenas ocupan un 2% de todo el territorio del planeta Tierra. Sin embargo, producen el 85% del PIB mundial y consumen el 75% de toda la energía producida, siendo responsables de casi todas las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Según la Organización de las Naciones Unidas, el 54 por ciento de la población mundial actual reside en áreas urbanas y se prevé que para 2050 llegará al 66 por ciento, y la cifra ascenderá hasta los 6.500 millones de personas, es decir, dos tercios del total de la humanidad (9.700 millones).

Esto quiere decir que habrá **millones de personas concentradas en superficies relativamente pequeñas** a lo largo y ancho del globo y necesitarán usar a diario cantidades

ingentes de energía para poder satisfacer sus necesidades y sus estilos de vida. Los autores de este estudio de la organización multilateral, resaltan que el crecimiento de población que registrarán numerosas ciudades supondrá numerosos desafíos para ellas, en cuanto a atender las necesidades de sus habitantes tanto en vivienda, como en infraestructura, transporte y la provisión de servicios básicos como es la electricidad.

Por tanto, las ciudades deberían dar ejemplo a la Administración central fijando objetivos unilaterales de reducción de emisiones y regulando en consecuencia, instalando tecnologías eficientes y limpias para la generación y consumo de su propia energía (paneles fotovoltaicos, lámparas *led*, etc.), explorando vías para la **remunicipalización de determinados servicios básicos** como la energía, contratando energía verde para todos sus edificios y ofreciendo bonificaciones fiscales a aquellas personas o negocios que quieran formar parte de la transición energética.

2. El problema de la calidad del aire

Puede definirse la contaminación como la presencia de ciertos compuestos (gaseosos, líquidos o sólidos) que habitualmente no se encuentran en el aire, que se incorporan dispersos en pequeñas cantidades, pero suficientes para afectar a su calidad, y que pueden causar efectos nocivos en los seres humanos, en la fauna y flora. Los efectos de la contaminación en la salud humana varían según el contaminante de que se trate, su concentración o el tiempo de exposición a aquél (o a los contaminantes). Todos éstos tienen en común estar presentes generalmente en el aire, en concentraciones mayores o menores, no ser producidos en un área geográfica específica o por una actividad concreta y ser transportados en el aire por el viento, por lo que resulta muy difícil relacionar su concentración por inmisión con un foco de emisión específico.

El impacto sobre el medioambiente, y en particular sobre la salud, tiene lugar por **efecto de la inmisión**, es decir, por la concentración de contaminantes a niveles próximos al suelo, lo que provoca impactos sobre el medio y sobre las personas por los niveles de concentración y de exposición que resultan nocivos para su salud. Teniendo en cuenta lo anterior, a lo largo del estudio, habitualmente, se hará referencia a las emisiones y no tanto de las inmisiones, a pesar de que el problema respecto a la salud surge a partir de las segundas.

El movimiento de los contaminantes y el efecto sobre estos de los fenómenos atmosféricos hace que sea imposible controlar las inmisiones directamente. Debido a ello, el control de la contaminación debe tener lugar sobre la emisión causada por la actividad humana, que sí puede ser controlable o evitable, por lo que en el trabajo en general, se hablará ampliamente de “emisión” y su control, siendo el objetivo último limitar la “inmisión”, esto es, lo que se recibe en el suelo de la ciudad por las emisiones mencionadas. En dichos índices inciden obviamente las condiciones atmosféricas existentes en cada momento.

Una aclaración preliminar que debe hacerse es que la contaminación tiene importancia por los **efectos sobre el medio** (seres vivos y, por ejemplo, edificios), pero no debe confundirse con los gases de efecto invernadero, cuya importancia reside en su contribución al calentamiento global. Por tanto, es importante separar contaminación, cuyo impacto principal es el de posibles efectos sobre la salud humana, del efecto invernadero, con impacto en el calentamiento global.

La contaminación está producida en gran parte por actividades humanas, tales como la industria, la producción de energía mediante la combustión de combustibles fósiles, y el transporte, que han experimentado un fuerte aumento en el último siglo. Todas ellas contribuyen a reducir la calidad del aire, en particular en grandes ciudades, en donde la acumulación de focos de emisión, en particular los correspondientes al tráfico urbano, unido al número de personas expuestas, causa serios problemas a la salud de los ciudadanos.

Una diferenciación que debe hacerse es sobre el tipo de efecto perjudicial para los seres vivos, por ejemplo, la toxicidad crónica o aguda. La toxicidad crónica es la que tiene lugar con una exposición continuada y a largo plazo, y se manifiesta en los efectos sobre la respiración. La toxicidad aguda, en cambio, provoca la aparición de efectos severos tras periodos de exposición cortos. Esto está relacionado con los valores de alerta y objetivo de calidad del aire, según tenga lugar una exposición a corto o largo plazo.

El colectivo de los niños es uno de los más vulnerables a todas las formas de contaminación, así como el de ancianos y personas con enfermedades respiratorias que también están especialmente expuestas. Por otra parte, las afecciones por contaminación son más graves en los países de rentas bajas y medias del Sudeste Asiático y del Pacífico Occidental.

Según algunas fuentes se estima que anualmente en el mundo nueve millones de personas mueren a causa de circunstancias relacionadas con la contaminación, si se considera tanto la exterior como la de los espacios de trabajo, aunque también hay que incluir en estas cifras la contaminación de agua y suelo. Esto representaría un 16% de las muertes globales, que solo en la UE serían 400.000 personas fallecidas (Health and Environmental Alliance, 2017).

En relación con la contaminación que afecta a las ciudades cobra especial relevancia las emisiones de partículas, de SO₂ y de vapores de NO_x que producen las calefacciones y los motores de combustión interna. El CO₂ es un problema con afección global por la incidencia que tiene en el cambio climático, pero sobre la calidad del aire que respiramos en las ciudades están incidiendo especialmente las emisiones ya citadas de SO₂, NO_x y partículas, que se reflejan en los elevados índices de inmisión. Llama la atención la importancia del transporte por carretera, en cuanto a emisión de NO_x; el sector residencial, comercial e institucional, en

cuanto a partículas; y los procesos industriales y la generación de electricidad en SO_x y en CO tanto el sector residencial, comercial e institucional como el transporte por carretera.

En España en el año 2015, las emisiones de SO_x han tenido lugar sobre todo en la generación eléctrica (50%). Tras esta, la industria (30%) y el sector residencial, comercial e institucional (5%) conforman el bloque con mayor peso para este contaminante.

En cuanto a las **emisiones de NO_x en España**, tienen un origen mayoritario en el transporte por carretera con un 32%. El mayor peso del transporte en el reparto de emisiones, junto con la cercanía a la población en las ciudades, hacen del transporte una prioridad en la reducción de los efectos de los NO_x. La generación de electricidad (17%) sigue en importancia al transporte, junto con la industria (16%), con un peso similar en este contaminante. Sin embargo, estos focos no suelen presentarse en el interior de los grandes núcleos de población. En cualquier caso, los procesos de desnitrificación y la penetración de renovables en el sector eléctrico contribuyen a reducir su intensidad de emisiones. Teniendo en cuenta que el transporte está muy ligado a la evolución de la economía, la crisis financiera experimentada al final de la pasada década puede guardar relación con el descenso experimentado. La entrada de vehículos más eficientes con la mejora de la flota tendría relación con las disminuciones.

Las partículas en España provienen **fundamentalmente del sector residencial, comercial e institucional** (32%). Le siguen los **residuos** (21%) y la **industria** (12%), y el resto se reparte entre los otros sectores restantes. La contaminación del aire es, por lo general, resultado de emisiones comunes a cualquier área geográfica, que alcanzan zonas más o menos distantes a los focos de emisión y que pueden ser transfronterizas, es decir, su origen físico puede estar situado total o parcialmente en un área bajo la jurisdicción de un Estado, pero sus efectos adversos pueden tener lugar en áreas bajo la jurisdicción de otros Estados y a distancias tales que no resulta posible distinguir las fuentes o los orígenes individuales de la misma.

La medición de las concentraciones en el aire, en un territorio, se lleva a cabo mediante un número determinado y “limitado” de estaciones de medición. Por tanto, los territorios (en el caso de España las Comunidades Autónomas) pueden dividirse en áreas o zonas (zonificación), de manera que los puntos de medición dentro de cada una de estas zonas presenten características de calidad del aire similares entre sí. Así, la zonificación de un territorio se hace en base a un comportamiento homogéneo de la calidad del aire, y no en base a divisiones políticas o administrativas, por existir una gran diversidad de zonas en cuanto a límites y tamaño.

La evaluación de la calidad del aire dentro de las ciudades actúa como motor que impulsa la transformación energética. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año **mueren en el mundo más de 7 millones de personas por la mala calidad del aire**. Y una parte

de la mala calidad del aire sale de los tubos de escape de esos miles de millones de motores de combustión interna. Según el último informe de la Agencia Europea de Medioambiente, la contaminación del aire fue responsable de la muerte prematura en 2015 de cerca de 400.000 personas como ya se indicó anteriormente. En España, esa cifra se estima en cerca de 23.200 muertes prematuras por las partículas y unas 6.750 por óxidos de nitrógeno, NOx.

En las grandes ciudades españolas, según el Informe de Evaluación de la Calidad del Aire, en ocasiones no se cumple con los niveles adecuados de los principales gases contaminantes para garantizar una buena calidad del aire. Así, las emisiones de gases que corresponde al año 2016 respecto a 2015 del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente han estado del orden del año anterior pero los aumentos de los umbrales emisión de contaminantes que se ha producido, se deben en la mayor parte de las ocasiones al tráfico rodado, según los datos de calidad del aire que España ha trasladado a la Comisión Europea.

En el informe analiza los principales contaminantes y el Ministerio concluye que España “sólo ha mejorado ligeramente” la calidad del aire respecto año 2015 y en el análisis detallado se explica que se han superado puntualmente los valores legislados de dióxido de nitrógeno (NO₂), en ciudades como Madrid, Barcelona, Granada y Valencia, y, por primera vez en 2015, en San Sebastián de la Gomera (Islas Canarias) debido, principalmente, al tráfico rodado. La situación es similar a la de años anteriores, si bien se aprecia un pequeño descenso en el número de zonas que superan el valor objetivo para la protección de la salud respecto a 2015 (que pasa de 46 a 35 en 2016).

Durante años, varias voces han defendido el “derecho” de países como India o China de contaminar para favorecer su desarrollo económico. Coincidiendo con el gran viraje que el Ejecutivo chino intenta dar a su economía para pasar de la exportación al consumo, el país ha hecho de su lucha contra la polución una aliada para implementar el cambio hacia una política económica que permita registrar crecimientos de mayor calidad y no solo centrados en el aumento del PIB.

Pekín, junto a otras ciudades chinas del norte del país, experimentó un deterioro paulatino en la calidad de su aire paralelo al desarrollo de su economía, empujada en gran medida por industrias altamente contaminantes como son la del carbón, el metal o el cemento. El punto álgido de esta tendencia se vivió en 2013, hace ahora cinco años, cuando los medidores de contaminación de la capital, preparados para señalar hasta el nivel 500, se dispararon hasta rozar el 800 y en otras ciudades, caso de Shenyang, en el Noreste del país, se alcanzaron concentraciones superiores a 1.200, una cifra que multiplicó en 120 veces la recomendada por la OMS.

Los niveles hoy son actualizados de manera regular por las autoridades chinas, especialmente los de las partículas de menos de 2,5 micras o PM 2,5, unas cien veces más finas que un cabello humano y con efectos perjudiciales para la salud. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los niveles adecuados de estas partículas están por debajo de 10 y hasta un nivel de 25 se considera que no existe riesgo para la salud de una persona sin patologías previas.

Solo en aquel invierno de 2012 y 2013 se calcula que más de 800 millones de personas se vieron afectadas por la polución en un área, la del norte y noreste chino, que triplica a la de España. La alerta pública creada por aquellos meses de oscuridad llevó al Ejecutivo chino a lanzar un plan específico contra la contaminación del aire que tenía como objetivo principal reducir a menos de 60 los niveles de PM 2,5 en la capital en 2017 y llevar a cabo iniciativas similares en otras 27 ciudades.

Desde la presentación del plan en septiembre de 2013, más de 2.000 fábricas de cemento, muebles y fundiciones han cerrado; se han clausurado plantas generadoras de energía alimentadas por carbón y dos millones de vehículos contaminantes han sido retirados de las calles de la capital. El nivel medio de 58 en 2017 demuestra que el plan, aún con reservas, parece estar funcionando.

Pekín ha logrado lo que hace solo cinco años parecía imposible. La capital de China ha reducido su nivel de contaminación por debajo del objetivo marcado por el Gobierno en 2013, el año en que las imágenes de la metrópolis china devorada por una niebla tóxica dieron la vuelta al mundo. Pekín quiere sacudirse el estigma de ciudad contaminada y los datos de 2017 apuntan a que va en la buena dirección. Sin embargo, mantener esta tendencia sin dañar a una economía amenazada por la crisis de deuda y la burbuja inmobiliaria se considera un reto difícil hasta para un país como China, que ha hecho de la lucha contra la contaminación una cuestión de Estado.

La movilidad es el centro del debate de las principales ciudades del mundo, y ha de dar respuesta a inquietudes sociales, económicas y medioambientales. Las ciudades tendrán que adecuar el tamaño de las infraestructuras al número de los viajes efectuados, reducir el tiempo empleado en los traslados y favorecer el impacto ambiental en las mismas. La movilidad debería ser un proyecto social, un proyecto de transformación de nuestra sociedad. Un proyecto que busque generar otra manera de comprender las ciudades, las relaciones entre municipios y la comunidad, de construir equidad, de ser incluyente e inclusivo.

3. La relación entre calidad del aire, cambio climático y modelo energético.

Serán necesarias un conjunto de iniciativas para la transformación de la economía hacia una más sostenible por sus menores emisiones. Iniciativas que deberán posicionarse en diversos campos de la sociedad, desde la generación y consumo de una energía más limpia y de forma más eficiente, hasta la concepción de los entornos urbanos en los que, en gran medida se desarrollará el 70% de la población mundial en el año 2050. Ello exigirá otra visión del urbanismo y desde luego, de la dimensión del trabajo con la introducción de nuevas visiones como el teletrabajo que minimicen desplazamientos con la consiguiente reducción de emisiones y mejora del bienestar social.

Esta transformación tiene dos *drivers* fundamentales. Por un lado, los compromisos asumidos en los acuerdos del clima con el fin de limitar las emisiones de CO₂ de forma que el cambio climático no nos lleve a un incremento de más de 2° C (a poder ser sólo del 1'5°). Para ello, habrá que utilizar servicios en cuya provisión se haya utilizado tecnologías limpias no emisoras de gas de efecto invernadero. Por otra parte, los avances tecnológicos en materia de generación y consumo de energía y de movilidad nos permiten disponer de tecnologías limpias con costes muy competitivos, de forma tal que, aun sin los compromisos derivados del cambio climático, las transformaciones de los sectores energético y transportes tendrían lugar, aunque evidentemente dichos compromisos hayan impulsado la investigación para que se pueda disponer de tecnologías asequibles económicamente.

Las emisiones del transporte

En lo referente a los combustibles para el transporte según los estudios de diversas organizaciones, el transporte es el responsable de entre un 23 y un 25% de las emisiones (GEI) debido al uso de combustibles en el mundo. Las previsiones para el futuro hablan de que los movimientos de personas y mercancías se duplicarán en el año 2050. Así, la cifra de emisiones podría crecer en el futuro y pasar de 7.500 a más de 15.000 millones de toneladas de CO₂ en un escenario sin cambios (*business as usual*). Resolver el problema que esto plantea pasa por poner los medios tecnológicos, legislativos, de modelo de negocio, fiscales y regulatorios para evitar esos 2.500 millones de tubos de escape y conseguir que, en 2050, más de la mitad de todo ese parque de vehículos deberá ser de emisiones CERO. Y la otra mitad de emisiones reducidas por mejora progresiva de los estándares de emisión.

La reducción de emisiones del transporte debe ser una prioridad, junto con reducciones drásticas de emisiones en la generación de electricidad, edificios e industria (al ser más difíciles de gestionar las derivadas de los usos del suelo, la agricultura y la ganadería). El planeta no va a soportar 2.500 millones de coches, furgonetas, camiones ligeros, motocicletas, camiones, más 200.000 grandes barcos y 50.000 aviones comerciales propulsados por

motores de explosión. Este dato indica con claridad la radical importancia de acometer las acciones necesarias para incrementar la eficiencia energética y la disminución de la huella ambiental de los medios de locomoción.

4. La descarbonización del transporte

Los combustibles son más del 90% de la demanda de energía en el transporte en términos de energía final, pero con diferentes productos combustibles sirviendo a diferentes modos de transporte y con distintas implicaciones en material emisiones. El transporte de carretera es el mayor consumidor de combustible con la gasolina (22 millones de barriles por día) y el diésel (16 barriles/día). El diésel es usado en vehículos pesados como los camiones, pero ambos también se utilizan en la flota ligera con diferencias entre regiones. La gasolina domina la demanda de coches particulares en EEUU, mientras que en Europa más de la mitad de los coches son de diésel.

La firma Deloitte Monitor publicó en marzo de 2017 un riguroso estudio “Un modelo de transporte descarbonizado para España en 2050. Recomendaciones para la transición” en el que figuran determinados datos relevantes para un acercamiento a la realidad del sector del transporte. Así, menciona que el transporte en España, es un sector clave en el proceso de descarbonización del modelo energético ya que es la actividad con mayor volumen de emisiones GEI.

En 2014 emitió en torno a 80 Mt CO₂ equivalentes (el 24% del total de las emisiones de la economía española). De los 80 Mt CO₂ equivalentes que emitió el transporte en el año 2014, el 94% fueron producidas por el transporte terrestre de pasajeros y de mercancías. El transporte de pasajeros (coche, autobús y tren, fundamentalmente) emitió 52 Mt CO₂ (66% del total del sector transporte) y el transporte de mercancías 22 Mt CO₂ (28% del total del sector transporte). Además, de las emisiones GEI, el actual modelo de transporte terrestre genera una concentración de emisiones de elementos contaminantes, tales como NO_x, SO₂, CO y partículas, en los grandes centros urbanos (el 35% de las emisiones de elementos contaminantes se realiza en el 5% de la superficie y afecta directamente al 60% de la población española).

Durante los últimos 15 años, ha sido uno de los sectores de actividad que menos ha reducido sus emisiones GEI, un 8%, mientras que los otros dos grandes sectores emisores, la generación eléctrica y la industria, han reducido sus emisiones GEI un 31% y un 32% respectivamente, durante el mismo período.

De los análisis realizados en el citado estudio se permite concluir que la aplicación de las medidas adecuadas podría reducir los actuales 80 Mt CO₂ emitidos por el sector transporte a 52-54 Mt CO₂ en 2030 y a 5-8 Mt CO₂ en 2050. Estos valores de emisiones GEI suponen, con

respecto a 1990, una variación de entre -8 y -12% en 2030 y de entre -87 y -92% en 2050, mientras que el objetivo establecido en el Libro Blanco del Transporte de la UE de +8% en 2030 y -60% en 2050. Es decir, el estudio considera de forma más exigente la descarbonización que es necesaria. Para ello, en lo referente a las ciudades, se debería conseguir que la electrificación del transporte de pasajeros: en 2030 alrededor del 25% del parque de coches debería ser eléctrico (coche eléctrico e híbrido enchufable) y para 2050, más del 90%.

La concepción de las infraestructuras como eje de desarrollo ha sido uno de los axiomas que han venido dirigiendo el urbanismo en las ciudades poniendo el foco en el desarrollo del vehículo privado, lo que ha llevado a una reclamación permanente de la ampliación de las redes. Sin embargo, dicha ampliación ha agrandado los límites de la gran ciudad acercando los núcleos periféricos y desarrollando como la única vía posible un modelo poco sostenible y con elevados costes económicos y energéticos que recaen sobre todo en las capas medias de la población.

5. Los informes de la Comisión Europea relativos al transporte

El transporte representa alrededor de **un cuarto de las emisiones de gases de efecto invernadero de Europa** y es la principal causa de contaminación en las ciudades. La respuesta de Europa ante estos retos pasa por un cambio definitivo hacia la movilidad de bajas emisiones de carbono y contaminantes atmosféricos.

Tanto por un motivo medioambiental como por otras externalidades asociadas al transporte por carretera, particularmente las congestiones, el aumento de la cuota modal del ferrocarril ha sido un objetivo constante de la política de movilidad y transporte, tanto europea como española. En el primer caso, el Libro Blanco de la Comisión Europea titulado “Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible” señalaba el objetivo de sustituir el 30% del transporte por carretera a distancias superiores a los 300 km al ferrocarril o barco para 2030 y el 50% para 2050 y estableció unos objetivos de variación de las emisiones GEI para el sector del transporte, respecto a 1990, de un +8% en 2030 y de un -60% en 2050. Sin embargo, a través del paquete de invierno la UE ha establecido para el transporte unos objetivos más ambiciosos.

El **transporte dispone ahora de un potencial mucho mayor** que en el pasado para contribuir a reducir las emisiones de la UE, tal y como nos hemos comprometido a hacer en virtud del Acuerdo de París sobre el cambio climático y de conformidad con la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible.

La estrategia encaminada a la **movilidad de bajas emisiones** debería acelerar su ritmo, al tiempo que se satisfacen las necesidades de movilidad de un mercado interno eficiente y de una conectividad mundial. Las políticas actuales de reducción de emisiones en el transporte

no garantizan la consecución de los objetivos a 2030, ya que las medidas de reducción de emisiones de nuevos vehículos no aseguran una descarbonización efectiva, y el uso de biocombustibles no genera una reducción real de las emisiones, y mucho menos las medidas *well-to-wheel* que ya no son suficientes para alcanzar los objetivos a 2050.

La estrategia de descarbonización del sector transporte en España deriva de la **obligación que impone la normativa europea**. En concreto, el artículo 3.4 de la Directiva 2009/28/CE, fija un porcentaje mínimo de energías renovables en dicho sector del 10% (objetivo que puede cumplirse mezclando biocarburantes o promoviendo la electrificación del transporte). Para el cumplimiento de dicho objetivo, el artículo 2.2 de la Directiva UE 2015/1513 limita al 7% la contribución máxima de los biocombustibles de primera generación; y obliga a unos objetivos indicativos en biocombustibles avanzados, con un objetivo de referencia del 0,5%.

Todos estos objetivos se encuentran en fase de revisión en el contexto del Paquete de Energía Limpia, donde las propuestas que se están discutiendo apuntan a un previsible incremento del porcentaje mínimo de renovables en el sector, a un porcentaje máximo decreciente de mezcla de biocarburantes de primera generación y a un incremento progresivo del porcentaje mínimo de mezcla de biocarburantes avanzados.

Las medidas que ha dispuesto la Comisión Europea abordan cuestiones fundamentales para orientar al sector del transporte en la buena dirección, respetando la neutralidad tecnológica y contribuyendo a la creación de empleos, el crecimiento y la inversión:

- 1) una mayor eficiencia del sistema de transportes.
- 2) energías alternativas de bajas emisiones para el transporte.
- 3) vehículos de bajas emisiones o de emisión cero.

Además, los **instrumentos horizontales** como las estrategias de la Unión de la Energía como la investigación y la innovación, las políticas industriales y de inversión, las del Mercado Único Digital o la Nueva Agenda de Capacidades, servirán de apoyo a esta transformación. A fin de seguir reforzando el transporte público y contribuir a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono procedentes del transporte, la Comisión está preparando medidas encaminadas a permitir un mayor desarrollo de los servicios nacionales de autobús y autocar.

Complementariamente a estos objetivos, la Comisión Europea lanzó en julio de 2016 una ambiciosa estrategia para acelerar el ritmo de la transición hacia una economía baja en emisiones, enumerando un plan de acciones a adoptar que se centra en el transporte por carretera y que comprende:

- Medidas de **optimización del sistema de transporte y mejora de su eficiencia**, lo que incluye soluciones digitales de movilidad, fijación de precios justos y eficientes (avanzando en la tarificación vial basada en kilómetros reales recorridos) o la promoción de la multimodalidad.
- Medidas para el **incremento del uso de energías alternativas** de bajas emisiones en el transporte, lo que incluye incentivos a la innovación en este ámbito, la incorporación de biocombustibles avanzados y sintéticos (limitando el papel de los biocombustibles basados en cultivos alimenticios), el desarrollo de infraestructuras para combustibles alternativos (puntos de recarga) o la interoperabilidad y normalización de la movilidad eléctrica.
- Medidas para avanzar en el **uso de vehículos de bajas o nulas emisiones**, recuperando la confianza de los consumidores con mejoras en los ensayos de emisiones y evaluando distintas medidas de promoción de vehículos de emisión cero, así como una estrategia específica para los camiones, autobuses y autocares.

Más recientemente, en noviembre de 2017, la Comisión Europea ha presentado una nueva propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 2009/33/CE, relativa a la promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficiente, tras reconocer que no se están utilizando adecuadamente los mecanismos de contratación pública para acelerar la aceptación de vehículos limpios, pretende precisamente simplificar, aclarar y hacer más efectivas las medidas que las Administraciones Públicas pueden adoptar.

Es importante que la posterior transposición de la nueva Directiva al ordenamiento español refuerce las **políticas de transformación del parque** (particularmente, flotas de autobuses) por parte de las corporaciones públicas responsables. En esta propuesta se plantea una reducción de las emisiones de CO₂ en los vehículos de pasajeros y comerciales ligeros, con reducciones del 15% (en 2025) y del 30% (en 2030) respecto a los niveles de 2021. Al mismo tiempo, los fabricantes de vehículos que tengan una cuota (por determinar) de producción de vehículos de baja emisión (híbridos) o de emisión cero tendrán límites menos estrictos.

Sin embargo, la Comisión Europea reconoce que buena parte de las decisiones a tomar para el cumplimiento de los objetivos de emisión en los sectores difusos deberán ser diseñadas y adoptadas en cada Estado miembro. En el caso del transporte, ello incluye, entre otras, las medidas de gestión del tráfico (por ejemplo, el acceso al centro de las ciudades), medidas favorecedoras del transporte público, medidas para estimular el transporte de bajas emisiones, fiscalidad o biocombustibles.

6. Planes municipales

En España, la Ley 34/2007 de calidad del aire y protección de la atmósfera habilita al Gobierno en el ámbito de sus competencias, a aprobar los planes y programas de ámbito estatal necesarios para prevenir y reducir la contaminación atmosférica y sus efectos transfronterizos, así como para minimizar sus impactos negativos. En España el Consejo de Ministros ha aprobado el Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera (Plan Aire II), que incluye 52 medidas y que tendrá una dotación presupuestaria de 276 millones de euros para su cumplimiento durante sus dos años de vigencia.

El plan busca garantizar el cumplimiento de la legislación en materia de calidad del aire en todos los ámbitos (nacional, europeo e internacional); reducir las emisiones a la atmósfera de aquellos contaminantes más relevantes y con mayor impacto sobre la salud y los ecosistemas; mejorar la información disponible sobre la calidad del aire y fomentar la concienciación de la ciudadanía para la prevención y abordar a nivel nacional las superaciones del valor objetivo para la protección de la salud de los niveles de ozono troposférico que se producen en muchas ciudades.

Entre las principales medidas destacan, en el sector residencial, la puesta en marcha de incentivos económicos para mejorar la eficiencia energética de los edificios, con un presupuesto de 200 millones de euros. En el sector del transporte, el establecimiento de ayudas que permitan la renovación del parque automovilístico actual y el fomento de los vehículos de energías alternativas y menos contaminantes, con un presupuesto de 50 millones de euros; o el establecimiento de un programa de ayudas para actuaciones de eficiencia energética en el sector ferroviario, con un presupuesto de 13 millones de euros.

En total, el plan contempla 52 medidas de las que 15 son responsabilidad del MITECO y, entre estas, destacan la adopción de un índice de calidad del aire a nivel nacional, homogéneo y comprensible, que elaborará el Ministerio de forma consensuada con las administraciones competentes en materia de calidad del aire (comunidades autónomas y entidades locales) para mejorar la información sobre la calidad del aire.

También se elaborará un protocolo marco en casos de episodios de alta contaminación para compartir índices y escenarios con las administraciones competentes (CCAA y algunas entidades locales). Se trata, según el ministro de un marco general común para la mejor comprensión de los españoles cuando se produzcan sucesos de contaminación atmosférica, independientemente del lugar del país en el que se produzcan.

En su conjunto, el plan contempla 52 medidas con una estimación económica de 276 millones de euros que están en la línea de los acuerdos de la cumbre de París sobre cambio climático. En los últimos años, los ayuntamientos han tomado una mayor conciencia de la gravedad de

la contaminación en las ciudades españolas y se han lanzado a buscar soluciones para combatir el problema y se están aplicando medidas, como la creación de zonas verdes, la peatonalización de los centros urbanos, las restricciones de tráfico o la potenciación del transporte público, los vehículos eléctricos y las bicicletas.

Las restricciones al tráfico son ya patentes en Madrid y Barcelona, pero otras urbes, como Palma de Mallorca o Vitoria, también impiden la circulación de vehículos no autorizados en el centro.

El Ayuntamiento de Madrid aprobó el pasado septiembre **el Plan A**, que recoge “30 medidas para conseguir una ciudad sostenible y que reduzca las emisiones”. El plan cuenta con un presupuesto de 543,9 millones de euros y tiene cuatro ejes: movilidad sostenible, gestión urbana baja en emisiones, adaptación al cambio climático y sensibilización ciudadana. Por primera vez se identifica con nitidez al principal responsable de la mala calidad del aire y de la pérdida de calidad de vida en la ciudad: el tráfico rodado. Y consecuentemente también se diseñan medidas ambiciosas para reducir la circulación de automóviles, en especial de los más contaminantes.

Por tanto, para mejorar la calidad del aire se plantean una serie de medidas que van orientadas a reducir el tránsito de vehículos a motor al tiempo que se promueve el cambio modal, intentando trasvasar desplazamientos en coche al transporte público o la marcha en bicicleta y a pie.

El plan se fija el objetivo no solo de cumplir con la legislación europea de calidad del aire, algo inexcusable, sino de cumplir con los valores recomendados por la OMS para partículas, el contaminante más peligroso para la salud, algo inédito en una gran ciudad del Estado español. Entre las medidas, las que resultarán más positivas si se llevan a cabo con decisión están:

- La creación de una gran **área de prioridad residencial** en todo el centro de la ciudad, que permitirá una notable reducción del tráfico y una mejora de la habitabilidad de esos barrios, como ya ocurre en las APR existentes.
- El **rediseño de los principales ejes viarios** para evitar que funcionen como vías rápidas para atravesar la ciudad, tal y como sucede en la actualidad.
- La **regulación de aparcamiento** con criterios de calidad del aire, lo que incluye que los coches sin etiqueta de la DGT no podrán aparcar en el SER a partir de 2020.
- La **limitación de velocidad a 70 km/h** en los accesos y en la M-30, que lanza un mensaje claro a los automovilistas de que una moderación de la velocidad supone

también una reducción de las emisiones, y que esto es prioritario cuando la mala calidad del aire provoca los problemas de salud pública ya conocidos.

Además de estas medidas, hay otra serie de actuaciones más convencionales –como las orientadas a mejorar la movilidad peatonal, ciclista o el transporte público– que, siendo positivas en su filosofía general, pueden adolecer de cierta falta de concreción en algunos casos.

El Ayuntamiento de Madrid ha aprobado definitivamente en Junta de Gobierno la revisión del protocolo para episodios de alta contaminación para aumentar la protección de la salud de la ciudadanía cuando el dióxido de nitrógeno (NO₂) alcance niveles nocivos. Entre las novedades se incorpora un nuevo criterio para activar los niveles de preaviso y aviso cuando se superen los umbrales correspondientes en tres estaciones cualesquiera de la red para que tengan más peso los distritos exteriores a la M-30, además de en dos estaciones de la misma zona como hasta ahora.

Con el nuevo protocolo se pasa del criterio par/impar en las matrículas al sistema de distintivos ambientales de la DGT. Los vehículos más afectados serán los que no tienen etiqueta, es decir, los de gasolina anteriores al año 2000 y los diésel anteriores a 2006. Estos representan un 17% del parque circulante en la ciudad. El nuevo protocolo tendrá cinco escenarios en los que se pondrán en marcha diversas limitaciones en función de la calificación ambiental de los vehículos.

- En el **escenario 2**, además de la limitación del aparcamiento en la zona SER a los vehículos que no sean CERO o ECO, se introducen medidas de limitación del tráfico, con la limitación de la circulación de los vehículos sin distintivo ambiental, los más contaminantes, en la M-30 y su interior.
- En el **escenario 3**, la restricción de circulación a los vehículos más contaminantes se extenderá a toda la ciudad.
- En el **escenario 4** para cuando el nivel de aviso se mantenga durante cuatro días consecutivos, la limitación de circulación se extenderá también a los vehículos con clasificación ambiental B en la M-30 y su interior.
- El **escenario 5** se corresponde con el nivel de alerta definido por la Unión Europea. En esta situación sólo se permitirá en toda la ciudad, la circulación de vehículos CERO y ECO, y el aparcamiento en el SER de los CERO emisiones, sin incluir los ECO.

Durante la aplicación de las medidas del Protocolo de contaminación se consideran diversas excepciones relativas a la posibilidad de seguir estacionando en las plazas del SER los residentes, pero exclusivamente en su barrio y plazas. También los vehículos de las personas con movilidad reducida, los autorizados como comerciales e industriales del SER con calificación ambiental CERO, ECO y C, y los B hasta el 31 de diciembre de 2020, los vehículos estacionados en zonas reservadas para su actividad y los autotaxis y vehículos de alquiler de servicio público con conductor que estén en servicio y su conductor esté presente, entre otras. Así como excepciones a la limitación de circulación para el transporte público colectivo, los servicios de emergencias, los vehículos de profesionales según su horario los vehículos para limpieza y gestión de arbolado urbano.

También se permitirá la circulación a los vehículos comerciales e industriales de distribución urbana de mercancías (igual o inferior a 3.500 kg hasta diciembre de 2019 y superior a 3.500 kg hasta diciembre de 2022), y algunos vehículos especiales, como grúas, servicios funerarios, adaptados para la retransmisión de radio o televisión o vehículos blindados.

El Ayuntamiento de Barcelona ha implantado políticas en favor del peatón, las bicis y el transporte público. Este consistorio apuesta por incrementar los espacios pacificados al tráfico mediante la implantación de supermanzanas y zonas para el peatón. Además, se ha creado una zona de bajas emisiones y, si se producen casos de episodios graves, llegando a los 200 microgramos/m³ de dióxido de nitrógeno, toda la ciudad sería una zona de protección atmosférica y, por tanto, se tomarían decisiones de restricción de tráfico.

Por último, cabe señalar que la efectividad de todo plan radica en la voluntad política que impulsa la puesta en marcha de las medidas, lo dota de presupuesto y se preocupa por llevar a cabo un correcto proceso de evaluación y seguimiento a medida que se va ejecutando.

7. Tipos de movilidad

Movilidad urbana

El sector de transporte forma parte de los denominados sectores difusos, esto es, de aquellas actividades que emitiendo gases de efecto invernadero no están sujetas al comercio de derechos de emisión. El transporte emitió en 2015 un total de 83,4 millones de toneladas equivalentes de CO₂, lo que representó un 24,8% de las emisiones brutas. La práctica totalidad (99,6%) provienen del uso de fuel líquido, pues las contribuciones de gas y biomasa son marginales. La siguiente tabla desglosa los principales datos para 2015, último año disponible.

Tabla 1. Emisiones de gases de efecto invernadero en España (año 2015, en miles de toneladas).

Tipo	Nº		Tipo	Nº		Tipo	Nº
Transporte	83.386	→	Por carretera²	78.084	→	Automóviles	53.005
Industrias de la Energía	86.224		Aviación doméstica	2.504		Camiones ligeros	6.053
Industria y construcción (combustión)	41.173		Ferrocarril	245		Camiones pesados y autobuses	17.426
Otros ¹	44.670		Navegación doméstica	1.366		Motocicletas	1.600
Procesos industriales y uso de productos	30.760		Por tubería	265			
Agricultura	35.979						
Residuos	13.471						
Total emisiones brutas	335.662						

Al elevado peso relativo del transporte en el conjunto de las emisiones globales de gases de efecto invernadero hay que añadirle el hecho de que esta actividad sea la gran responsable del incremento en las emisiones globales de gases de efecto invernadero en España entre 1990 y 2015. Específicamente, el transporte contribuyó con 8,5 puntos porcentuales del incremento del 16,6% en las emisiones globales entre 1990 y 2015¹.

Como referencia, la contribución relativa de la combustión de combustibles en la energía y en la industria fue de 2,5 y -1,4 puntos porcentuales, respectivamente. Si bien el máximo de emisiones en el transporte se alcanzó en 2007 (108,3 MtCO₂ equivalentes), para registrar descensos a partir de entonces debido a la crisis económica, las emisiones de 2014 y 2015

¹ Las emisiones brutas pasaron de 287.828 ktCO₂ equivalentes en 1990 a 335.663 en 2015. En ese mismo periodo, las emisiones provenientes del transporte pasaron de 58.967 a 83.386 MtCO₂ equivalentes.

vuelven a mostrar una variación positiva, que en el caso del último año es del 4%. En comparación con otros países de nuestro entorno, el consumo de energía final del sector transporte por unidad de PIB es en España 8 puntos porcentuales superior al porcentaje medio que supone el sector en la Unión Europea (Observatorio del Transporte y la Logística de España).

España tiene como compromiso para 2020 la reducción del 10% de emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores difusos (Decisión 406/2009/CE). La propuesta de la Comisión² para el periodo 2021-2030 es de una reducción del 30% respecto a los niveles de 2005 para el conjunto de la Unión Europea; objetivo que para España sería del 26% e implicaría unas emisiones en el transporte de 76,3 MtCO₂ equivalentes. Este valor, ya de por sí sustancialmente más reducido que el actual (83,4 MtCO₂ equivalentes), es más exigente cuando se aplica la propuesta del Libro Blanco del Transporte (2011), en que se planteaban objetivos a 2030 de un aumento de 8% respecto a los valores de 1990, lo que resultaría en un objetivo de 64 MtCO₂.

Tabla 2. Número de vehículos en España según distintivos medioambientales.

Distintivo	Características	Nº de vehículos
0	Cero emisiones. Vehículos eléctricos de batería (BEV), vehículo eléctrico de autonomía extendida (REEV) y vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV) con una autonomía mínima de 40 kilómetros o vehículos de pila de combustible.	31.741
ECO	Vehículos híbridos enchufables con autonomía <40km, vehículos híbridos no enchufables (HEV), vehículos propulsados por gas natural, vehículos propulsados por gas natural comprimido (GNC), gas natural licuado (GNL) o gas licuado del petróleo (GLP). En todo caso, deberán cumplir los criterios de la etiqueta C.	180.491
C	Vehículos gasolina EURO 4/IV, 5/V o 6/VI o diésel EURO 6/VI.	7.102.064
B	Vehículos gasolina EURO 3/III o Diésel EURO 4/IV o 5/V.	11.325.594
TOTAL		18.639.890

² Véase https://ec.europa.eu/clima/policies/effort/proposal_en



Dado el menor consumo de los motores diésel, las emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido son menores. Sin embargo, las emisiones de partículas y de NOx, pese a los avances de los nuevos motores, son más altas que en los motores de gasolina. Este tipo de contaminación afecta sobre todo en el ámbito urbano. Por otra parte, el problema inmediato de la anunciada subida de los impuestos al diésel es su incidencia en los costes de transporte de mercancías. Una aproximación posible si se tienen en cuenta ambas circunstancias sería penalizar a los automóviles diésel que circulan en las ciudades a través de los impuestos de matriculación y circulación, sin tocar la carga fiscal al combustible.

El vehículo eléctrico

Según el mencionado estudio de Deloitte Monitor, garantizar el cumplimiento de los objetivos de descarbonización requiere una elevada penetración del coche eléctrico: en 2025 debería haber un parque de 1,6-2 millones de coches eléctricos y estos deberían suponer un 30-35% en ventas, en 2030 se necesita un parque de 4,4-6 millones y que estos representen un 50-60% de las ventas. Si bien los diferentes tipos de vehículos (gasolina, diésel, gas natural, eléctricos y GLP) convivirán en 2030, no debería venderse ningún vehículo con motor de combustión interna a partir de 2040.

Aunque el transporte colectivo de pasajeros cubra únicamente un 14% de la demanda de movilidad, debe participar activamente en el proceso de descarbonización, así, entre el 30 y el 35% de la flota de autobuses debería ser eléctrica antes de 2030, y prácticamente el 100% en 2050. En esta línea y como ejemplo, el Ayuntamiento de Madrid, que concienciado por los días en los que la calidad del aire ha impulsado la activación de limitaciones de velocidad, cuenta ya con minibuses eléctricos para las líneas M1 y M2 y ha empezado a renovar su flota de autobuses, para ello ha subastado la adquisición de 15 unidades de 12 metros cuya autonomía

es suficiente para el 80% de las líneas. La adjudicación ha recaído en una empresa española Irizar y el precio resultante ha sido superior en un 66% a un autobús convencional de diésel. Estos autobuses se van a recargar con enchufes de 100 KW en cocheras, con recargas lentas nocturnas, para salir con toda la energía embarcada, aunque en algunas líneas haya que proceder a una carga de oportunidad. El mayor ahorro de costes por milla, justifica que el negocio de los autobuses eléctricos sea superior al de todas las otras aplicaciones, y que el mercado del transporte público será el primero en hacer la transición completa a los vehículos eléctricos.

Con relación a las **distintas tecnologías** que presentan los distintos vehículos eléctricos, éstas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- **Vehículos híbridos** (HV en la literatura inglesa). Combinan un motor térmico a gasolina o gasóleo y otro eléctrico alimentado por baterías que se cargan por tecnología de freno regenerativo (el motor eléctrico se usa como freno y genera electricidad que se almacena en las baterías).

Entre las desventajas de esta tecnología a menudo se menciona el mayor costo que la convencional y sus más altos consumos en tráfico interurbano (no sin embargo en tráfico urbano). Por estas razones puede considerarse como una solución de transición que tendrá un desarrollo mayor muy limitado.

- **Vehículos híbridos enchufables** (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV en inglés). Los inconvenientes de esta tecnología son similares a la de los vehículos eléctrico. Solo pueden considerarse sostenibles ambientalmente si se enchufan siempre funcionando todo el tiempo posible como eléctricos y sólo una parte menor del tiempo de funcionamiento como híbridos, durante tráfico urbano. Desgraciadamente, es la tecnología más cara, pues tiene las tres tecnologías: motor térmico, motor eléctrico y baterías enchufables, lo que se traduce en tres fuentes de averías. El precio por definición el más alto, y el consumo solo mejora si se enchufa siempre, lo que prácticamente no ocurre nunca.
- **Vehículos eléctricos a pila de combustible de hidrógeno** (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV o FEV en literatura inglesa). Estos coches cargan un depósito de hidrógeno comprimido (a 700 atmósferas). Este hidrógeno alimenta una célula que produce electricidad y vapor de agua. El vapor sale por el tubo de escape y la electricidad alimenta un motor eléctrico. La tecnología está desarrollada desde hace años. Su sostenibilidad es del 100%: El hidrógeno se obtiene por electrolisis y puede hacerse con electricidad excedente de sus turbinas eólicas o paneles solares fotovoltaicos. Es

una fuente de almacenamiento de electricidad renovable que puede ser usada en automoción, en camiones, en barcos y en aviones. en calefacción y en otros usos industriales y residenciales. Tiene tremendas posibilidades.

Pero tiene que superar determinados problemas. El principal es la seguridad percibida de los depósitos de combustible, otros son el precio y la comercialización. Japón ha declarado su apoyo Toyota y Honda tienen sendos modelos que no acaban de tener éxito comercial por un conjunto de razones que esperan superar en los próximos meses ya que en los Juegos Olímpicos de 2020 todos los coches oficiales de los JJOO van a ser Toyota y Honda con propulsión a hidrógeno. Japón ha firmado contratos con plantas fotovoltaicas en Australia para comprar ingentes cantidades de hidrógeno de origen renovable. La firma Kawasaki está construyendo para el contrato de compra de hidrógeno en Australia. Esta tecnología tiene un espacio en el futuro siempre que se resuelven todas esas dificultades.

- **Vehículo eléctrico a baterías** (Battery Electric Vehicle, BEV o simplemente EV). Es la tecnología más fiable y con mayor capacidad de crecimiento en el futuro. Su propulsión es por uno o varios motores eléctricos que obtienen electricidad de baterías que se cargan en casa, en redes comerciales o urbanas. Su mecánica es cien veces más sencilla que la del motor de explosión. No tienen partes alternativas y no están sometidas ni a elevadas presiones (turbo) ni a elevadísimas temperaturas.

Si nos remontamos en el tiempo, a principios del siglo pasado, los coches eléctricos suponían un tercio del total de los automóviles en Estados Unidos. Silenciosos y fáciles de conducir, se convirtieron en protagonistas hasta 1910. Fue en ese momento cuando el asequible Ford T, que se vendía a un precio un 40 por ciento por debajo del coche eléctrico, sacó a éstos del mercado.

Sin embargo, hoy el coche particular es el medio de transporte de pasajeros más contaminante. En el año 2014 el tráfico de pasajeros por medios terrestres ascendió en España a aproximadamente 525 mil millones de pasajeros-km, que supusieron la emisión de 52 Mt CO₂. El 86% de esta demanda de movilidad fue satisfecha por coches, que causaron el 94% de estas emisiones (49 Mt CO₂). El 14% restante de los pasajeros-km fue transportado por autobuses y trenes que emitieron el 6% de las emisiones GEI del transporte terrestre de pasajeros.

Actualmente se está produciendo una **revolución en el transporte de pasajeros**. El paradigma del vehículo de combustión interna, en propiedad, no conectado y conducido por

una persona está evolucionando hacia el vehículo eléctrico, compartido, conectado y conducido de modo autónomo gracias a sistemas basados en inteligencia artificial.

La introducción del *car-sharing* en noviembre de 2015, la remunicipalización del servicio de bicicletas, nuevos carriles reservados para el transporte público o más recientemente, la licitación de aparcamientos disuasorios, el plan del carril BUS-VAO para la A6 o el plan de peatonalización de varias zonas de Madrid, ponen de manifiesto que la movilidad está efectivamente en el centro de la agenda política y cada vez más ciudadanos y ciudadanas perciben el interés por lo que afecta a su vida.

La necesidad social de estar conectados llevará a la **hiperconectividad** hasta los vehículos, que contarán con 'wi-fi' y con tecnologías y sistemas que garanticen que el conductor controle las funcionalidades del vehículo sin retirar las manos del volante ni los ojos de la carretera.

La digitalización y la penetración del **transporte colectivo** determinarán los escenarios futuros de la movilidad de pasajeros y son las dos principales incertidumbres que definirán el futuro de la movilidad de pasajeros. La preocupación ambiental, así como el cambio de mentalidad y la urbanización, llevará al uso de vehículos eléctricos, lo que exigirá una adecuada gestión del almacenamiento energético, o a vehículos que empleen combustibles alternativos como el gas natural vehicular, para lo que será necesario infraestructuras y nuevas normativas.

Entre las **ventajas del vehículo eléctrico respecto al de combustión interna** se pueden enumerar las siguientes:

- Tiene mejores prestaciones, mayor velocidad, mucha mayor aceleración y además es silencioso. Su rendimiento energético total es entre tres y cuatro veces superior a los de motor convencional, por lo que consumen el 30% de energía primaria, lo que supone que 2.500 millones de coches eléctricos consumirán lo que hoy consumen 750 millones de coches convencionales.
- Con la adecuada tarifa eléctrica pueden consumir cerca de 2 € a los 100 km, comparados con su equivalente de 6-7 € a precios actuales de gasóleo y gasolina. Si se hiciera una comparación de costes de "combustible" entre el vehículo eléctrico y el de motor de explosión, con independencia de las variaciones que en el futuro pudieran producirse en materia fiscal sobre los combustibles, cabe señalar que la batería de un coche eléctrico tiene un consumo aproximado cada 100 km (aunque depende no solo del tamaño del vehículo sino del estilo de conducción, de la velocidad

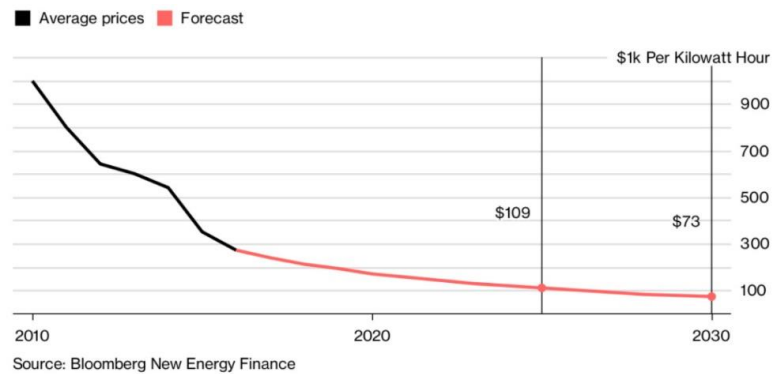
y de la carga) situado en la horquilla entre los 12 kWh cada 100km para un utilitario urbano y los 30 kWh cada 100 km de un microbús.

Utilizando el simulador de la factura de la luz de la CNMC, para el Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC) se ha calculado cuánto saldría el consumo anual de un vehículo eléctrico que recorriera 1.500 km al mes (18.000 km al año), con un consumo de 12 kWh, y una factura acogida a la tarifa del Vehículo Eléctrico, que comprende un total de 6 horas, desde la 1h a las 7h, y es precisamente en ese horario cuando más barata es la electricidad y cuando se recomienda recargar el vehículo, con una potencia contratada de 3,45 kW, costaría al año 372,55 euros, es decir 2,07 € por cada 100 km. Mientras que en el caso de un coche diésel con un consumo de 6 l/100 km, y con un precio medio en el último año de 1,0767 €/l, el coste es de 6,46 euros. Y en el caso del de gasolina, el precio medio del último año es de 1,201 €/l, por lo que saldría 7,206 euros, casi 4 veces más.

- Pero, además, si la electricidad con la que se carguen las baterías es 80% libre de emisiones, las emisiones en origen serían el 20%. Si en el año 2050 se consigue una generación de electricidad totalmente libre de emisiones, entonces las emisiones de 2.500 millones de coches eléctricos serán CERO en las ciudades y carreteras.
- Además, se pone el énfasis en el valor sus bajos costes de mantenimiento y se puede llegar a ofrecer un ahorro total de hasta 237.000 dólares en la vida útil del vehículo. Tiene un 30% menos de piezas móviles, sin transmisión ni caja de cambios ni un sinfín de piezas. Sus partes móviles son rotativas, no alternativas y no están sometidas ni a elevadas presiones ni temperaturas y por tanto se averían mucho menos. No necesita cambios de aceite ni de otros líquidos, requiere un 75% menos de reparaciones en el sistema de frenado y, obviamente, no necesita sistemas de tratamiento de gases de escape.

Los coches eléctricos puros de alta gama ya son más baratos que los que queman combustibles fósiles. Los Tesla S y X son mejores que sus equivalentes de Mercedes, BMW, Lexus o Audi. Y son más baratos. En las gamas media y baja, eso todavía no ha ocurrido, pero ocurrirá en breve, pues los costes de las baterías descienden exponencialmente. Entre tanto, es conveniente ayudar a su penetración con subvenciones y ayudas a la compra.

Tabla 3. *Evolución prevista de los costes de las baterías de ion-litio entre 2010 y 2030 en \$/kWh.*



Bloomberg ha realizado una **proyección de la evolución de los precios de las baterías** de estos coches desde 2010 a 2016 y una proyección de los niveles que pueden alcanzar en los próximos años. Entre 2010 y 2016 los precios han caído desde los 1000 hasta por debajo de los 300 USD/kWh. En unos años los precios serán inferiores a 100 USD/kWh. La tendencia es de abaratamiento de los coches eléctricos a medida que se abaratan las baterías, y esta firma realiza la comparación con el coste de un SUV mediano (30.000-40.000 US\$), con el promedio de los coches norteamericanos (unos 31.000 US\$) y con la media del segmento de utilitarios (unos 22.000 US\$). La disrupción por arriba ya ha comenzado.

En cuanto a **la autonomía los vehículos eléctricos** ya se alcanzan autonomías de 300-500 km en los modelos de alta gama, pero sigue siendo percibido por algunos consumidores como insuficiente. Este sesgo psicológico se podría compensar con una red más amplia de puntos de recarga. Además, el 90% de los viajes del 90% de los coches están muy por debajo de esas distancias. En algunas zonas turísticas como Canarias y Baleares las distancias a recorrer son bastante menores de las autonomías actuales que ofrecen los vehículos eléctricos y podría constituir una imagen de marca de calidad turística el hecho de que la movilidad en las islas fuera libre de emisiones.

Además, para nuestra economía tiene las ventajas de ayudar a los objetivos de reducción de emisiones y alcanzar los objetivos europeos e internacionales vinculados al Acuerdo de París, mejorar la independencia energética y de la Balanza de Pagos del país y la capacidad de creación de cientos de miles de empleos estables.

En España, volviendo a lo contenido en el citado estudio de Deloitte Monitor, los diversos escenarios tienen un impacto significativo en el número de vehículos del parque que van desde 23-24 millones hasta los 6-8 millones en 2050 para cubrir las necesidades de la movilidad de pasajeros en el año 2050, dado que en el escenario más extremo la utilización de cada vehículo se incrementa significativamente, lo que reduce el parque necesario. En todos los escenarios analizados, la penetración de la movilidad eléctrica es un elemento imprescindible si se desea conseguir la descarbonización del transporte de pasajeros en 2050.

En España con niveles de penetración de movilidad eléctrica exigentes, el transporte terrestre de pasajeros conseguiría reducir sus emisiones GEI entre 30 y 33 Mt CO₂ en 2030 y hasta menos de 4 Mt CO₂ en 2050.

Lo más aconsejable es que estos coches se carguen en la vivienda del propietario. En segundo lugar, en preferencia, en su puesto de trabajo, en centros comerciales y en la red de concesionarios. Es importante que haya redes de recarga tanto comerciales como públicas, que faciliten la recarga de estos coches cuando realicen viajes fuera de su rutina (de casa al trabajo, viajes de fin de semana, etc). Para las viviendas futuras hay legislación de la UE para todas las viviendas nuevas a partir de 2019 que deberán contar con tantos puntos de carga como viviendas. Para viviendas existentes hay obligación a las comunidades para que faciliten la instalación de puntos de carga a los vecinos que lo deseen.

En gran medida, la minimización del impacto medioambiental que supone esta nueva movilidad eléctrica está en manos de los gestores de cargas. Más allá de la simple reventa de energía, los gestores de carga aportan la gestión en el momento de la recarga con un doble objetivo: reducir el impacto de la recarga en el sistema eléctrico y optimizar el coste del suministro, tanto en energía consumida como en potencia contratada.

Pero necesariamente, se deberá disponer de 90.000 puntos de recarga de acceso público en 2025 y 145.000 en 2030. Para conseguir el nivel necesario de penetración de la movilidad eléctrica, es fundamental que exista una infraestructura de recarga adecuada en términos de prestaciones (tiempo de repostaje) y disponibilidad. Los puntos de recarga pueden clasificarse en cuatro tipos en función de su utilización:

- Puntos particulares que **son puntos de recarga situados en un garaje o vivienda privada**, y que permiten la carga del coche durante la noche para las necesidades de uso diario. Se estima que serían necesarios unos 230.000 puntos en 2020, entre 1,2 y 1,6 millones en 2025 y entre 2,4 y 3,4 millones en 2030.
- **Postes en vía pública normales o semirrápidos**, que son puntos de recarga situados en estacionamientos en la vía pública o en aparcamientos públicos, disponibles especialmente para aquellos usuarios que no disponen de un espacio privado para la recarga. Serían necesarios unos 4.000 puntos en 2020, entre 40 y 50.000 en 2025 y entre 65 y 95.000 en 2030.
- **Electrolineras semirrápidas y rápidas** con puntos de recarga situados en centros comerciales o de ocio, gasolineras, garajes públicos, autopistas y otras zonas de alta afluencia o circulación de vehículos, utilizadas principalmente para una recarga de

ocasión o de emergencia. Las electrolinerías rápidas consiguen recargar el 80% de la batería en 20 minutos, mientras que las semirrápidas llegan a ese nivel de carga en 2-3 horas. Serían necesarias unas 11.000 electrolinerías en el año 2020, entre 40 y 50.000 en 2025 y entre 35 y 50.000 electrolinerías en 2030.

- **Puntos de recarga en instalaciones para flotas de vehículos:** serían necesarios unos 300 puntos en 2020, entre 400 y 1.700 en 2025 y entre 800 y 4.800 en 2030, en función de la penetración de transporte compartido en los escenarios analizados. Estos puntos de recarga darían servicio a flotas de vehículos compartidos y/o autónomos (tipo Car2Go, Emov, etc.).

Movilidad urbana a gas

La principal vía utilizada hasta ahora para apoyar el proceso de descarbonización en el transporte ha sido la obligación de mezclas de biocombustibles. El mecanismo actual se basa en el cumplimiento de un objetivo mínimo obligatorio de biocarburantes en el total de carburantes de automoción comercializados, que en la actualidad es del 5%³, si bien con una senda creciente para el periodo 2016 a 2020.

El marco normativo, establecido en el Real Decreto 1085/2015, de 4 de diciembre, incorpora parcialmente al ordenamiento jurídico español la Directiva (UE) 2015/1513, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de septiembre de 2015, por la que se modifican la Directiva 98/70/CE, relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo, y la Directiva 2009/28/CE, relativa al fomento del uso de energía renovable procedente de fuentes renovables.

Los tipos de biocombustibles que se contemplan, producidos siempre a partir de biomasa, son numerosos (bioetanol, biodiésel, biogás, biometanol, biocarburantes sintéticos, etc.). Los sujetos obligados son los operadores al por mayor, distribuidores al por menor y consumidores de productos petrolíferos. Estos solicitan certificados a la CNMC, como entidad designada para expedir los certificados y gestionar el mecanismo de certificación de biocarburantes, por las cantidades vendidas o consumidas con el fin de acreditar la titularidad de la cantidad mínima de certificados de biocarburantes exigida.

En caso de que el número de certificados no permita el cumplimiento del objetivo obligatorio mínimo, el déficit resultante implica un abono, aunque ese pago compensatorio no puede ser superior al 50% de la obligación. En 2016, el fondo de pagos compensatorios a que dieron lugar

³ Actualmente este objetivo es único, de modo que los sujetos obligados pueden alcanzarlo a través de certificados de biocarburantes en diésel o en gasolina. Los sujetos obligados pueden traspasar, con el límite del 30% de la obligación, certificados de un periodo al siguiente.

los déficits incurridos asciende a algo más de 28 millones de euros. Ese fondo se reparte posteriormente entre aquellos sujetos obligados que cuentan con exceso de Certificados en relación con sus obligaciones.

Aunque el análisis anterior se ha centrado en la electrificación del parque de vehículos, debe hacerse referencia al uso de **gas natural comprimido o licuado en el transporte**. En algunos países, de hecho, una parte del parque de automóviles se ha reconvertido al gas, bien por adaptación de modelos de gasolina/diésel o bien por la adquisición de unidades ya fabricadas con ese tipo de propulsión. El caso más significativo es el de Italia.

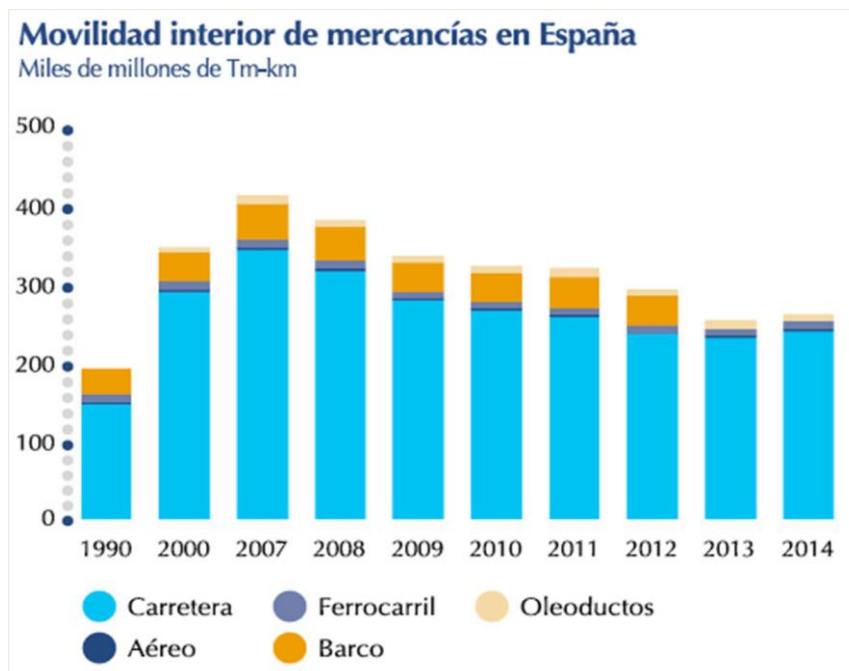
En un escenario previsible sobre la evolución de los costes y capacidades de las baterías, **el gas natural es ya una tecnología de transición** en el transporte pesado de mercancías, en el transporte por autobuses, en el transporte marítimo e incluso en parte del transporte ferroviario en el que puede haber restricciones técnicas o económicas para la electrificación, como posteriormente se referirá. La Estrategia de Impulso del vehículo con energías alternativas (VEA) en España (2014-2020) recoge ya un conjunto de líneas estratégicas y medidas.

Transporte pesado

La descarbonización del transporte de mercancías por vías terrestres se enfrenta a retos específicos, distintos de los relativos al transporte vehicular de personas. Tres son los escenarios que permitirían reducir considerablemente los niveles de emisión de CO₂ en el transporte de mercancías: el uso de camiones eléctricos para el tráfico ligero de mercancías, el uso de camiones propulsados por gas para tráfico más pesado⁴ y el traspaso de parte de la carga al medio ferroviario. La primera cuestión está totalmente conectada con el avance en la electrificación del parque de vehículos que se analizó anteriormente. De igual modo, **el uso de gas natural como complemento al vehículo eléctrico tiene más sentido en el caso del transporte de mercancías por camiones pesados**, en los que la conjunción de peso y largas distancias hace más compleja y lejana la electrificación.

Adicionalmente, resultan de crucial importancia las iniciativas que la Comisión ha puesto en marcha, basadas en el cálculo y reporte de las emisiones de vehículos de transporte pesado como paso previo a una próxima regulación de estándares de emisión para este tipo de vehículos.

4 Hasta ahora se ha supuesto que existen dificultades para la penetración de la electrificación en el transporte pesado de mercancías, si bien también en este aspecto se están produciendo novedades por parte de los principales fabricantes que permiten adelantar un ritmo de expansión más rápido que el previsto hasta hace poco tiempo.



Respecto al transporte de mercancías cabe señalar que en el año 2014 se transportaron en el territorio español alrededor de 211.000 millones de t-km, que supusieron la emisión de 22 Mt CO₂ equivalentes. De este volumen, el 95% fue transportado por carretera, tanto mediante vehículos de transporte pesado de cargas mayores a 3,5 toneladas (174.000 millones de t-km³) como por vehículos de transporte ligero (27.000 millones de t-km), que emitieron 16,7 y 5,2 Mt CO₂, respectivamente.

Hay diversos factores que están **transformando el sistema logístico actual** y las soluciones de transporte que lo integran. Sin embargo, estas tendencias no aseguran la casi completa descarbonización del transporte de mercancías, por lo que es necesario, además, un cambio de vector energético (de derivados del petróleo a electricidad o gas) para conseguir la descarbonización efectiva y completa del transporte de mercancías. Este cambio requerirá tres elementos principales:

- **Cambio modal a transporte ferroviario.**
- **Camiones eléctricos:** podrían permitir la eliminación del 100% de las emisiones, pero tienen diferente grado de madurez dependiendo de su capacidad de carga. Por un lado, ya se comercializan en España vehículos eléctricos para el transporte ligero de mercancías (cargas entre 600 y 1.000 kg) y varias compañías están adoptando este tipo de vehículos para sus flotas. Por el otro, el transporte pesado de mercancías mediante camión eléctrico está todavía en las fases iniciales de su desarrollo.

- **Camión de gas natural:** es una solución comercialmente viable hoy día, cuya principal ventaja es que reduce, hasta eliminar completamente, las emisiones de SOx y de partículas, y en gran medida, las de NOx, lo que lo hace especialmente atractivo para su uso en zonas urbanas. Sin embargo, esta tecnología solo consigue reducir entre un 10 y 20% las emisiones de CO2, por lo que, a efectos de la descarbonización del sistema energético español, se trataría de una tecnología de transición, mientras el resto de soluciones descritas se deberán desplegar completamente.

No parece que en 2030 el camión eléctrico sea una opción tecnológicamente disponible de forma generalizada, ni que el transporte ferroviario electrificado de mercancías sea una opción real en ese plazo, por las elevadas inversiones en infraestructuras que requiere y su menor competitividad. Con estas premisas en mente, **la solución pasa por la gasificación del transporte pesado**. En 2030, necesitaríamos que el 30% de nuestros camiones y autobuses, unos dos millones, se moviera gracias a motores alimentados con gas.

Las previsiones para el futuro hablan de que los movimientos de personas y mercancías se duplicarán en el año 2050. Esta información nos señala la radical importancia de acometer las acciones necesarias para incrementar la eficiencia energética y la disminución del impacto ambiental de los medios de locomoción. En todos los escenarios que se contemplaron en el estudio de Deloitte Monitor se consideró la misma evolución de la demanda total de movilidad de pasajeros (proyectada en función de la evolución estimada del PIB).

Teniendo en cuenta que el coche de motor de combustión interna genera de media unas emisiones de 65 kilogramos de CO₂, más de cuatro veces de las que se generarían con el tren y si el trayecto se hace en avión se multiplicarían por siete las emisiones del tren. Los distintos escenarios utilizados en el estudio se diferencian entre sí en función de la penetración del transporte público y de los modelos de transporte autónomo y compartido para cubrir esta demanda de movilidad.

Ferrocarril

Cambio modal a transporte ferroviario ya que el ferrocarril tiene una elevada madurez tecnológica y permite un abatimiento completo de las emisiones (con tracción eléctrica y generación eléctrica 100% renovable), así como un incremento relevante de la eficiencia energética (x5 con respecto al camión convencional). En España, su nivel de desarrollo es muy inferior al de otros países europeos (representa el 5% del transporte de mercancías, frente al 20% en Alemania).

Hay que considerar, además, el **menor impacto ambiental** por la introducción de sistemas de ayuda a la conducción eficiente, y los de aprovechamiento de la energía procedente del

frenado regenerativo, que como se ha indicado anteriormente ambos producen individualmente ahorros de energía, y por tanto menos contaminación, que se sitúan entre el 10 y el 20 por ciento. Para reducir el 50% de las emisiones es necesario multiplicar por cuatro el porcentaje de mercancías transportadas por ferrocarril en 2030 (y por ocho en 2050) y pasar a vehículo eléctrico la práctica totalidad del transporte ligero de mercancías.

Para el año 2050, el ferrocarril de mercancías y el camión ligero eléctrico permitirían la descarbonización de aproximadamente del 50% del transporte de mercancías (llegando a unas emisiones de 15-18 Mt CO₂). La reducida cuota del ferrocarril en el transporte de mercancías en España es fundamentalmente consecuencia de las siguientes barreras: el ancho de vía ibérico, la ausencia de infraestructuras clave y de sistemas de planificación y gestión especializados y la alta competitividad de la carretera que han frenado el desarrollo del transporte ferroviario de mercancías en España.

La **dotación presupuestaria destinada al transporte de mercancías ha sido muy reducida e** insuficiente para adaptar la red ferroviaria (diseñada a principios del siglo XX) a la realidad actual del transporte de mercancías y de las necesidades de los clientes. En los últimos 4 años el presupuesto anual destinado específicamente al desarrollo del transporte de mercancías ha sido de 50-150 millones de euros, de acuerdo a la información facilitada por Ministerio de Fomento. Esto ha provocado una carencia de infraestructuras ferroviarias necesarias, así como la falta de accesos adecuados a puertos marítimos, que impide en muchos de ellos un trasvase eficiente de la mercancía desde el buque o zona de almacenamiento hasta el ferrocarril. Además, la insuficiencia de apartaderos en grandes polígonos industriales y de terminales logísticas intermodales con la ubicación, las conexiones y la capacidad adecuadas, así como la inexistencia de vías suficientes en las circunvalaciones de los principales centros urbanos que permitan compatibilizar el tráfico ferroviario de pasajeros con el de mercancías y la ausencia de alimentación eléctrica en aproximadamente un 30% de la red ferroviaria utilizada por los trenes de mercancías y los gálibos existentes en la gran parte de la red, no permiten la circulación de trenes con contenedores de gran tamaño.

Existe una **falta de consenso en el desarrollo de dos actuaciones** clave para el fomento del transporte de mercancías por ferrocarril: el **Corredor Mediterráneo** (desde Algeciras hasta la frontera francesa con Cataluña pasando por la zona de Levante) y el **Corredor Atlántico** (desde Algeciras o Portugal hasta la frontera francesa con el País Vasco). Se han realizado numerosos estudios técnicos y económicos sobre estas infraestructuras, con soluciones técnicas, alcances y estimaciones económicas muy diferentes, y no se ha conseguido alcanzar un consenso técnico ni político que permita el efectivo desarrollo de estos dos corredores. Para algunas actuaciones clave, cuya inversión ya ha sido aprobada, existen importantes retrasos en la ejecución de las obras (por ejemplo, algunos tramos en el Corredor Mediterráneo). Todo ello a pesar de los beneficios del corredor para la economía española,

para el turismo y la movilidad tanto de pasajeros como de mercancías, así como el efecto del corredor mediterráneo en la vertebración del territorio nacional y en la competitividad de la industria.

Como consecuencia de esta falta de infraestructura y de los sistemas de planificación y gestión existentes, así como de la sobrecapacidad existente en el sector (lo que condiciona su explotación eficiente), y que la gestión de las terminales logísticas no está adaptada al negocio del transporte por mercancías (ni en sus horarios de funcionamiento, ni en las condiciones del servicio ofrecido a los operadores ferroviarios), explica que, por todo ello, exista una evidente **falta de competitividad del ferrocarril para el transporte de mercancía**. Por ejemplo, en otros países europeos, los km anuales recorridos por una locomotora son prácticamente el doble y la carga neta por tren un 15-60% superior.

Las **medidas que habría que tomar en el transporte de mercancías** más relevantes sería el aumentar la red de recarga de vehículos y fomentar las autopistas eléctricas para camiones (ya existen tramos en Alemania y Suecia) e impulsar la propulsión por hidrógeno, biocombustibles certificados y eléctrico puro. En los aspectos regulatorios se debería penalizar el transporte de mercancías por carretera y fomentar la cuota del transporte por ferrocarril, así como hacer obligatorio el vehículo eléctrico en furgonetas de reparto y camiones de corta distancia (la última milla).

Transporte marítimo y portuario

En las ciudades costeras en áreas densamente pobladas con puerto de carga o pasajeros es importante poner de manifiesto que otra **fuentes relevante de contaminación** es el consumo de combustible de los buques mientras están atracados en los puertos, el importantísimo impacto en términos de emisiones de NOx, partículas y, sobre todo, de SOx asociadas a los tiempos de atraque de los buques en los puertos, en los que se mantienen funcionando motores auxiliares. Esto, obviamente, tiene notables consecuencias sobre la calidad atmosférica, y consecuentemente la salud, de las zonas cercanas.

Estas emisiones equivalen a las de varios millones de vehículos (por ejemplo, en el caso del SO₂, las emisiones en los puertos españoles equivalen a la circulación de más de 30 millones de coches, equivalentes en antigüedad, tipología y uso a coches medios del parque español). Los estándares de emisión son cada vez más estrictos, especialmente en las zonas ECA (Emission Control Areas), donde se aplican los límites denominados TIER III. En el resto de zonas económicas exclusivas y aguas territoriales de los miembros de la Unión Europea (UE) (entre las que se encuentran las que afectan a España) los límites de SOx también se reducirán sustancialmente a partir de 2020 en aplicación de la Directiva (UE) 2016/802 del

Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, relativa a la reducción del contenido de azufre de determinados combustibles líquidos.

A pesar de estos límites más estrictos, lo cierto es que la reducción de las emisiones, y la eliminación en el caso de partículas y SOx, debe pasar a **medio y largo plazo por la sustitución del fueloil marino por gas natural y electrificación**, y en cualquier caso por el uso de combustibles menos contaminantes. En el caso del gas natural, además de las limitaciones derivadas del diseño de los buques (dado el mayor volumen del gas en relación al fuel), la principal limitación está en la **escasez actual de buques propulsados por GNL y de puntos de abastecimiento en los puertos**, así como por la falta de conexiones de éstos a la red gasista.

Es evidente que la apuesta de los grupos navieros por esta opción vendrá determinada por las exigencias regulatorias y la disponibilidad de infraestructuras. La Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2014, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos⁵ señala que a más tardar en 2025 debe estar disponible una **red básica de puntos de repostaje de GNL** (incluyendo terminales de GNL, cisternas, contenedores móviles, buques cisterna y gabarras) en los puertos marítimos. Pero también señala que la decisión sobre la ubicación de los puntos de repostaje de GNL en los puertos debe basarse siempre en un análisis coste-beneficio que incluya un examen de los beneficios medioambientales.

En el caso de la electrificación asociada a la estancia en puertos, un problema importante es la eventual falta de capacidad de la red cuando se desea, por ejemplo, suministrar a grandes cruceros atracados. Además, el diseño tarifario no contempla la especificidad del suministro a buques, lo que dificulta la rentabilidad del cambio de fuente energética. La Directiva 2014/94/UE también señala (art. 4.5) que “dicho suministro eléctrico en puerto se instalará prioritariamente en puertos de la red básica de la RTE-T y en otros puertos a más tardar para el 31 de diciembre de 2025, salvo que no existiera demanda y los costes fueran desproporcionados en relación con los beneficios, incluidos los beneficios ambientales”.

En cuanto a las actuaciones que deberían abordarse para mitigar estas emisiones son las siguientes:

- En primer lugar, la aplicación del **marco de reforma fiscal medioambiental** al transporte marítimo doméstico, con una fiscalidad más adecuada de las emisiones contaminantes permitirá también aumentar la rentabilidad relativa de la necesaria

reconversión desde los combustibles marítimos tradicionales hacia el gas natural licuado.

- En segundo lugar, la **evaluación de un diseño tarifario** que tenga en cuenta las características del atraque y suministro a buques, al tiempo que se evalúe de modo específico esta problemática en la planificación eléctrica y de gas, para dirigir las inversiones que prudentemente sean necesarias.
- En tercer lugar, debería exigirse la **extensión de la compra de derechos ETS** a las emisiones producidas por los buques en los puertos o, dado que esta opción no es posible adoptarla de modo autónomo, que estén sometidas a fiscalidad medioambiental.

Residencial (calderas y rehabilitación de edificios)

El objeto del presente documento es la calidad del aire relacionada con la movilidad, pero no se debe olvidar el impacto que los sistemas de calefacción y los edificios en general tiene sobre ésta y que deberían ser objeto de otro informe monográfico.

Las emisiones que se producen en **instalaciones de calefacción y en edificios en general** tienen una especial afición a la calidad del aire y exige que las Administraciones municipales adopten medidas que incorporan actuaciones para conseguir una gestión urbana baja en emisiones y medidas en el impulso de la eficiencia energética, medidas que van desde la intervención en la regeneración de barrios y mejora de edificios de vivienda, hasta la gestión de los residuos, pasando por las dirigidas a las fuentes energéticas, para lo que es preciso desarrollar estrategias de regeneración urbana yendo desde la rehabilitación del parque edificado hasta la remodelación de espacios públicos, junto con intervenciones en la producción energética local.

Así, los ayuntamientos deberán impulsar la **sustitución de combustibles de calefacción contaminantes** (carbón y gasóleo) **por otras formas de energía menos contaminante** con la implementación de mejoras tecnológicas de instalaciones de calor, climatización y agua caliente sanitaria, incluyendo la eliminación del carbón y la regulación de la biomasa. Además, deberá desarrollarse la generación distribuida y uso de energías renovables y para ello habrá que fomentar la eficiencia energética y la autosuficiencia, junto con un desarrollo de energías renovables con medidas de fomento para las instalaciones de energía solar, o para impulsar la exploración y explotación del subsuelo en términos energéticos.

Por último, se deberá **reducir las emisiones en la gestión de residuos urbanos** y en este sentido se deberá optimizar de procesos de gestión de residuos en los complejos tecnológicos

para reducir las emisiones de su funcionamiento. También se deberá abordar acciones para promover una gestión energética eficiente de edificación e instalaciones municipales. Para ello, debiera existir una **monitorización energética** y una gestión de los consumos y una Intervenciones en edificios e instalaciones de titularidad municipal y en instalaciones con consumo energético en vía pública, con mejora de instalaciones de climatización, implantación de sistemas fotovoltaicos, plataformas tecnológicas de comunicación, implantación de sistemas de gestión ambiental y gestión energética.

Asimismo, debieran incorporarse **criterios de sostenibilidad en la contratación municipal** con la elaboración de instrucciones específicas de obligado cumplimiento en los procedimientos de contratación.

8. Conclusiones y Recomendaciones

Esta transformación en materia de movilidad se deberá traducir en una **descarbonización del transporte ligero** que supone el 70% de la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI), en un fuerte impulso en la electrificación (a largo plazo), en mejoras de eficiencia en los motores de combustión, en incremento del uso de los biofueles, en un desarrollo de la gestión de demanda, y en una renovación de la flota de vehículos.

Para todo ello, serán necesarias señales efectivas de precios a los costes de las emisiones y nuevos objetivos de CO₂ para vehículos. En cuanto a la **descarbonización del transporte pesado** (cuyo peso en las emisiones asciende al 29% GEI) habrá que acometer un cambio modal en ferrocarriles e incorporar el gas natural (LNG) en vehículos de carga.

Las tareas que habrá que abordar en el diseño de la transición del transporte deben dirigirse hacia **el futuro en la demanda de movilidad**, cuánto serán los impactos de las emisiones de GEI presentes y futuras en relación con sí mismas y con otros sectores económicos, a cómo de significativos serán los efectos de la polución en la calidad del aire, cual es la contribución del transporte y cuáles son sus implicaciones para la movilidad urbana.

Para ello, se deberán **explorar los aspectos tecnológicos** para saber cómo puede salvarnos la tecnología, el I+D, los combustibles, y los cambios intra-modales, así como la evolución que se espera de los vehículos eléctricos. En cuanto a los aspectos regulatorios más relevantes a considerar son los que tienen más sentido ambiental, económico y social y todo lo relativo con los potenciales mercados de emisiones y el posible uso de la fiscalidad con la eventual aplicación de estándares y/o limitaciones. En cuanto a los aspectos orientados al consumidor destacan los centrados en las nuevas formas de movilidad que están apareciendo y como éstas pueden impactar en la demanda de movilidad y en tecnologías de éxito.

En comparación con la industria y la edificación, la **descarbonización del transporte presenta mayores posibilidades dado que existen soluciones técnicas más desarrolladas** y exhibe una mayor homogeneidad en las tipologías de activos. Además, los ciclos de renovación de los mismos son más cortos. Por ello, son necesarios y posibles unos objetivos más ambiciosos de reducción de emisiones GEI en el sector del transporte, para compensar las barreras o dificultades a la descarbonización que se pueden presentar en otros sectores y posibilitar así la consecución de los objetivos nacionales de reducción de emisiones.

En los aspectos normativos habría que elaborar y anunciar con preaviso suficiente, **un plan para ir eliminando los vehículos contaminantes vía ITV**, progresivamente más exigentes con las emisiones en función de la edad y aplicar impuestos crecientes con el nivel de contaminación tanto a la circulación, como al aparcamiento en suelo público. Proceder a una masiva instalación de zonas de recarga para vehículos eléctricos y dictar, asimismo, normas que faciliten la instalación de puntos de carga en casas, edificios de viviendas, de oficinas, centros comerciales y establecer planes de ayudas a vehículos eléctricos, de biocombustibles certificados, o de pila de combustible de hidrógeno.

En cuanto a los transportes de pasajeros por carretera hay que **fomentar el ferrocarril (eléctrico renovable) y el bus eléctrico** y desplegar en carretera redes de recarga, tanto de electricidad como de hidrógeno.

En las ciudades costeras en áreas densamente pobladas con puerto de carga o pasajeros es importante poner de manifiesto que otra fuente relevante de contaminación es **el consumo de combustible de los buques mientras están atracados en los puertos**,

Las medidas más relevantes que habría que tomar en el transporte de mercancías por las ciudades sería el **augmentar la red de recarga de vehículos** e impulsar la propulsión del vehículo eléctrico puro y el accionado por pilas de combustible de hidrógeno cuando estén comercialmente disponibles, biocombustibles certificados y en todo caso, para el periodo transitorio, los vehículos de carga accionados por gas natural. En los aspectos regulatorios se debería hacer **obligatorio el vehículo eléctrico o de las tecnologías citadas anteriormente, en furgonetas de reparto y camiones de corta distancia (última milla)**. También se debería penalizar el transporte de mercancías por carretera y **fomentar la cuota del transporte por ferrocarril**.

Para conseguir la efectiva implantación de todas estas medidas sería necesario una inversión anual de entre 1.100 y 2.000 millones de euros hasta 2030 (en incentivos a la compra de coches eléctricos, instalación de infraestructura de recarga y desarrollo de la infraestructura ferroviaria para el desarrollo del ferrocarril de mercancías). Descarbonizar el transporte de pasajeros necesita un programa eficaz de incentivos y una red de infraestructura de recarga de acceso público.

Como se ve el coste es bastante inferior al necesario para la descarbonización del sector eléctrico y ofrece unas mayores eficiencias, por euro invertido, en cuanto a la mencionada descarbonización. Por ello, dada la urgente necesidad de acometer la transición energética hacia un modelo más sostenible, ésta no se debe centrar exclusivamente en el sector eléctrico y debe acometer también, las medidas ya citadas para ir avanzando en la transformación hacia sistemas de transporte, tanto de vehículos particulares como los de mercancías, más sostenibles.