

Resumen

Se analiza la evolución creciente de las emisiones de GEI en el sector transporte y la contribución de cada modo. Se constata que, a pesar de los compromisos adquiridos, no se está mejorando de modo suficiente la eficiencia energética del sector y se analizan los desafíos en el horizonte 2050. Se necesitan acciones más decididas, sobre todo para cambiar la distribución de la demanda, mayoritariamente ligada a la carretera, tanto en personas como mercancías. Esta acción de reforma profunda del sector ha de complementarse con las mejoras tecnológicas de motores y combustibles, el cambio de pautas de conducción y la gestión del tráfico y las infraestructuras. Pero cada una de esas medidas no serán suficientes para alcanzar los objetivos de reducción de GEI, si no hay un cambio global del modelo de movilidad y una toma de conciencia individual en las decisiones cotidianas en la realización de viajes.

Palabras clave: GEI del transporte, eficiencia energética sector transporte, modos de transporte, pasajeros y mercancías.

Abstract

The growing trends of GHG in the transport sector are analysed mode by mode. It is clear that, although the international agreements in the horizon 2050 are very clear and very demanding, the present roadmap cannot achieve the assumed challenges. It is necessary more efficient policy actions, mainly to change drastically the demand distribution among modes, reducing the share of road transport. That means a real change of the sector that should be complemented by technological changes in powertrains and fuels efficiency, changes in driving patterns and management of road infrastructures and traffic flows. But all those individual improvements are not enough without a radical change in modal mobility patterns and the awareness that our individual transport decisions have to be revised.

Keywords: transport GHG, energy efficiency of transport sector, transport modes, passenger and goods.

JEL classification: L91, Q49, Q50.

MEDIDAS URGENTES PARA REDUCIR LAS EMISIONES EN EL SECTOR TRANSPORTE

Andrés MONZÓN DE CÁCERES

Natalia SOBRINO VÁZQUEZ

TRANSyT – Centro de Investigación del Transporte
Universidad Politécnica de Madrid

I. EMISIONES DE GEI DEL TRANSPORTE

COMO se ha señalado en los artículos precedentes, la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) son el principal desafío ambiental de tipo global. Entre dichos gases, el de mayor concentración y que más ha crecido en las últimas décadas es el CO₂ emitido en la combustión de combustibles fósiles, que de modo muy relevante y creciente es consecuencia del transporte. Este sector fue el responsable de un 25 por 100 de las emisiones de CO₂ globales en 2016, alrededor de 8 GtCO₂, ocupando el tercer puesto después del sector industrial y el residencial, con el 36 por 100 y 27 por 100 respectivamente (IEA, 2018). Esta preocupación se debe en gran parte al crecimiento acelerado de la emisión de GEI por el transporte, que ha llevado a incrementarse un 71 por 100 desde 1990 a 2016 (IEA, 2018) a nivel global, siendo el transporte por carretera el que más incrementó sus emisiones en más de 2,5 GtCO₂.

Para poner freno a esta tendencia al alza en el crecimiento de emisiones de GEI, se han adoptado diferentes acuerdos internacionales con diferentes objetivos de reducción tomando el año 1990 como referencia, véase el Protocolo de Kioto (Naciones Unidas, 1998). En el último acuerdo adoptado por la comunidad glo-

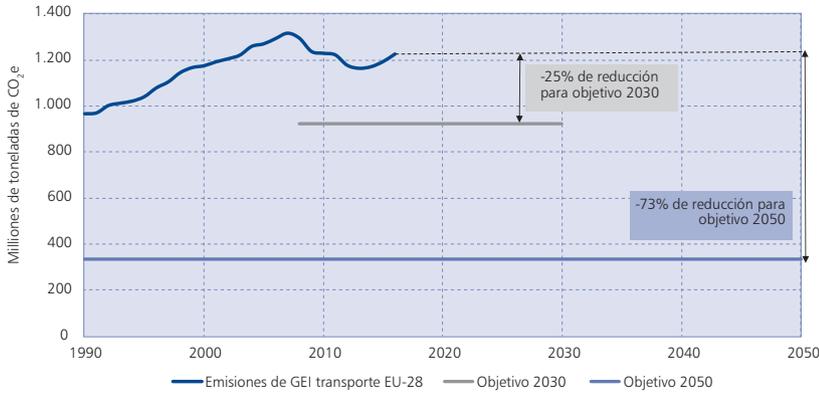
bal, el Acuerdo de París en diciembre de 2015 (UNFCC, 2018), se incluyen acciones de mitigación de los GEI que cubren desde 2020 en adelante para todos los países, tanto desarrollados como en desarrollo. El acuerdo fue ratificado y puesto en práctica en noviembre de 2016, y en agosto de 2018 fueron 180, de 197 países, los que formalmente ratificaron el acuerdo, entre ellos España y parte de la Unión Europea (UNFCC, 2018).

Sin embargo, a pesar de los múltiples acuerdos y declaraciones, las emisiones de GEI del transporte no han hecho sino crecer, salvo el corto período de la crisis económica 2007-2013, para volver a recuperarse inmediatamente después. Por tanto, si se quieren alcanzar los compromisos asumidos (véase gráfico 1), hay que tomar medidas más radicales y eficientes.

1. Emisiones de GEI: mejora general y empeoramiento del sector transporte

A nivel europeo, las emisiones totales de los GEI de 1990 a 2017 se han reducido alrededor de 1.330 millones de toneladas de CO₂eq, que suponen una disminución del 23,5 por 100, llegando a su nivel más bajo en el año 2014. Este resultado positivo está, sin embargo, lejos de los compromisos asumidos.

GRÁFICO 1
OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI EN EL TRANSPORTE EN EUROPA



Fuente: EEA (2019).

En este escenario de reducción de los GEI, el sector transporte ha sido la gran excepción, siendo el principal sector donde han crecido las emisiones: 170 millones de toneladas de CO₂ durante el período de 1990 a 2017 (EEA, 2019). Esta cifra supone un crecimiento del 19 por 100.

Si nos fijamos en la evolución de los últimos quince años, se puede apreciar cómo las emisiones de los GEI del transporte en Europa en 2017 son ligeramente inferiores al 2002 (en un 0,5 por 100) (véase gráfico 2). En la evolución de las emisiones de GEI del transporte, se pueden distinguir tres períodos:

- 2002 a 2007: los GEI aumentan un +4,7 por 100, coincidiendo con un período de expansión económica.
- 2007 a 2013: los GEI descienden un -10,7 por 100. Este período coincide con la recesión económica a nivel europeo y mundial.
- 2013 a 2017: los GEI aumentan un +6,4 por 100, coincidiendo con la recuperación económica.

ciendo con la recuperación económica.

Por tanto, se puede decir que, particularmente en el sector del transporte, el crecimiento económico está ligado al consumo de fuentes energéticas fósiles, que no han sabido mejorar su eficiencia energética, o lo han hecho en mucha menor medida que otros sectores.

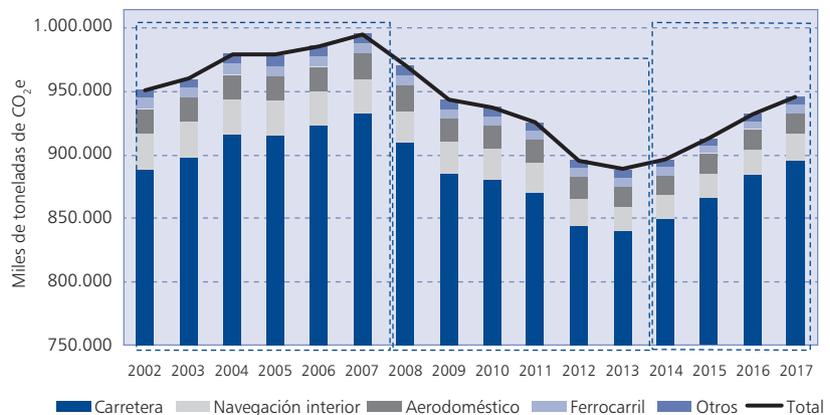
Por otra parte, comprobamos que, tras la crisis económica, el crecimiento se ha debido, sobre todo, al modo carretera, quizá más ágil para el crecimiento de la demanda, marcando la tendencia de la evolución del sector.

Se puede concluir, por tanto, que el sector del transporte claramente no está en la senda establecida en el *Libro Blanco del Transporte de 2011*: reducir el peso porcentual de la carretera, transfiriendo demanda a otros modos, y descarbonizar el sector transporte, haciéndolo más eficiente energéticamente y aumentando el uso de energías limpias (Comisión Europea, 2011).

2. Emisiones de GEI del transporte en Europa vs. España

Pero analicemos si este análisis, realmente negativo, corresponde o no al caso español. Al contrario de los datos a nivel europeo, en el período 1990-2017

GRÁFICO 2
EMISIONES DE GEI DEL TRANSPORTE EN LA UE-28 DESDE 2002 A 2017 POR MODO

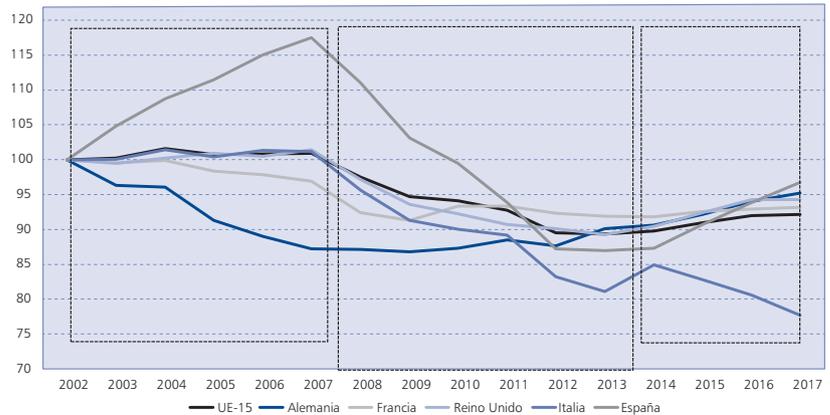


Fuente: EEA (2019).

–reducción de los GEI del 23,5 por 100–, España ha aumentado sus emisiones de GEI globales en un 18 por 100, siendo el sector del transporte uno de los mayores contribuidores de este crecimiento (EEA, 2019).

El cuadro n.º 1 es expresivo por sí mismo y analiza, desde el Protocolo de Kioto, el crecimiento de las emisiones de GEI del transporte en España y en el conjunto de los países europeos. Desde Kioto hasta la actualidad, España ha aumentado en más del 50 por 100 las emisiones de GEI del transporte, muy por encima de la media de la Unión Europea (UE) de los 15 o los 28 con un 12 por 100 y 19 por 100, respectivamente. Se comprueba como España sufre unas fluctuaciones más acusadas en determinados períodos, siendo el de mayor crecimiento la etapa pos-Kioto con un crecimiento del 56 por 100. En el período de la crisis económica impacta más la reducción de emisiones en España con respecto a la media europea. Sin embargo, en la poscrisis económica vuelve a crecer a mayor ritmo que el resto de Europa. El resultado es que el transporte en España continúa aumentando las emisiones de GEI y es necesario tomar medidas para su reducción.

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES GEI DEL TRANSPORTE EN LA UE-15, ALEMANIA, FRANCIA, REINO UNIDO, ITALIA Y ESPAÑA DESDE 2002 A 2017 (En porcentaje)



Fuente: EEA (2019).

El gráfico 3 nos permite analizar más detalladamente la evolución en España en comparación con los países de nuestro entorno y el conjunto de los países más desarrollados industrialmente de la Unión Europea (EU-15). Se puede ver que todos los países han acusado las fluctuaciones debidas a la crisis económica, dentro de una tendencia decreciente generalizada. Todos, salvo Italia, cuya situación económica sigue siendo inestable, han experimentado un repunte de las emisiones con la superación de la crisis económica. Sin embargo, la curva correspondiente a España

es llamativamente la de mayor pendiente; es decir, la más sensible al entorno económico. Tuvo un crecimiento muy acelerado al principio (2002-2007), para caer más rápida y profundamente con la crisis (2007-2013), y ahora repunta más rápida y peligrosamente que el resto de los países analizados y de la EU-15 en su conjunto. Esto pone de manifiesto que el sector del transporte dista mucho de haber avanzado de modo efectivo hacia su descarbonización, por lo que continúa siendo muy sensible a las fluctuaciones de la actividad económica.

La emisión de GEI del transporte en España está muy ligada a la actividad económica, y ha de asumir el desafío de la eficiencia: crecer en lo económico y al tiempo bajar en emisiones de GEI.

3. ¿Se está desacoplando la demanda del crecimiento económico?

No se puede basar la reducción de GEI en la disminución de

CUADRO N.º 1

EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL TRANSPORTE EN ESPAÑA Y EUROPA (En porcentaje)

PERÍODO		UE-28	UE-15	ESPAÑA
1990-2002	Pos-Kioto	+19,9	+21,2	+56,4
2002-2007	Acelerado crecimiento	+4,6	+0,9	+17,5
2007-2013	Crisis económica	-10,7	-11,5	-26,0
2013-2017	Poscrisis	+6,4	+3,2	+11,2
1990-2017	Todo	+19,3	+11,7	+51,4

Fuente: EEA (2019).

la actividad económica. Eso sería condenar al país a la pobreza estructural. De hecho, toda expectativa de mejora económica está ligada al aumento del movimiento de mercancías. La mejora de la calidad de vida, por su parte, va también asociada a la posibilidad de moverse más, no solo para la movilidad obligada (trabajo, estudios), sino por otros motivos menos fijos: ocio, compras, visitas, deporte, etc. Por tanto, más calidad de vida combinado con mayor nivel económico conlleva el aumento de viajes de personas y a distancias mayores.

De hecho, las expectativas de crecimiento, tanto de personas como de mercancías, son claramente al alza, como se puede observar en el gráfico 4, que muestra el escenario tendencial en el conjunto de la UE. En viajeros, el mayor crecimiento se espera en los viajes en auto-

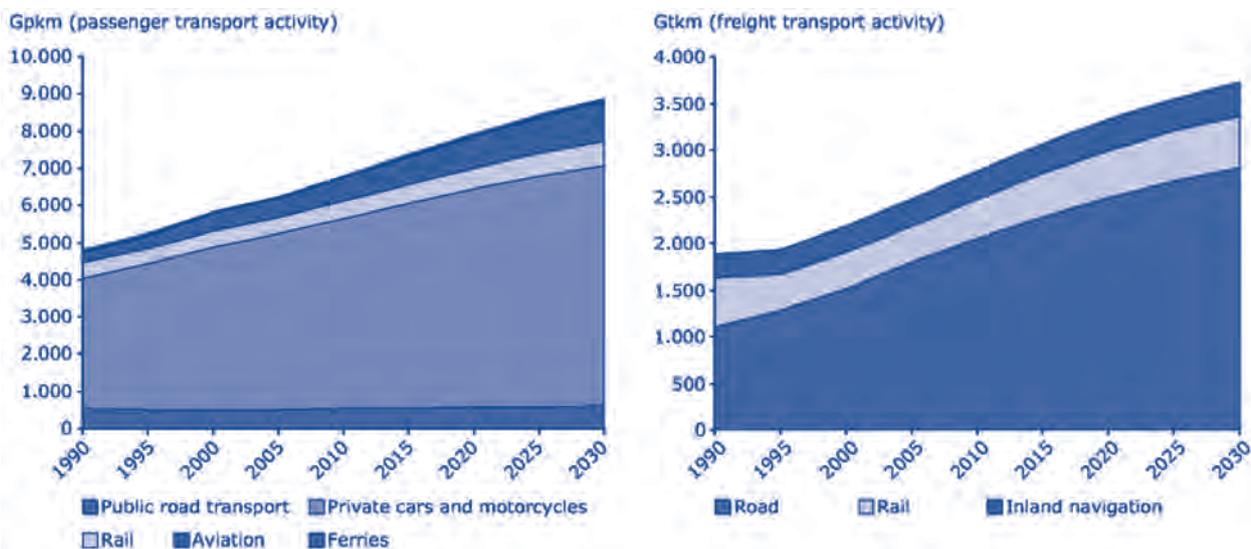
móvil y en el transporte aéreo, con crecimientos superiores al 50 por 100. Son los dos sectores más liberalizados y por tanto con menor nivel de regulación. Claramente, en la UE la asignatura pendiente con los viajeros es lograr que los modos públicos, tanto ferroviarios como por carretera (autobuses y autocares), estén en condiciones de absorber cuotas de mercado significativas, reduciendo las cuotas del automóvil y del avión, sobre todo en las medias distancias donde pueden significar la opción más eficiente y competitiva.

En el ámbito del transporte de mercancías la situación es más simple, pero aún más preocupante. Por un lado la tendencia es que la demanda va a duplicarse en 2030 con respecto a 1990, lo que supone un crecimiento sin precedentes, sin

duda impulsado por la globalización y la progresiva extensión del mercado interior en la UE. Los únicos actores globales son la carretera y el ferrocarril, pero la liberalización de este no acaba de llegar y, por tanto, sus opciones para competir con el modo dominante que es la carretera siguen siendo muy limitadas. Y nuestro país se encuentra en las posiciones menos competitivas y liberalizadas en el contexto de la UE.

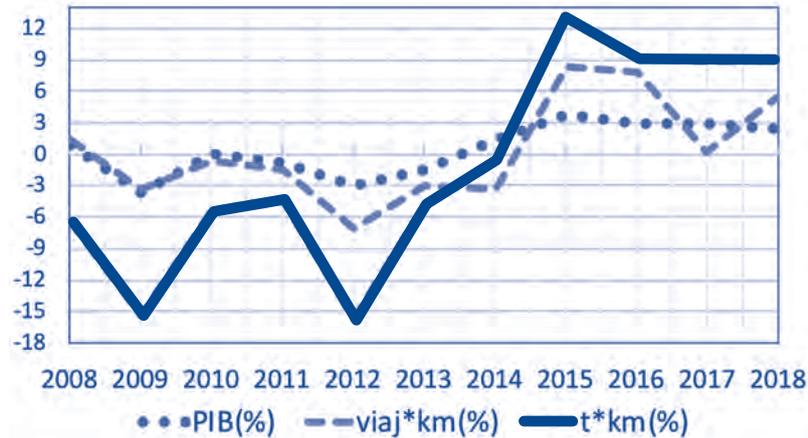
La verdadera alternativa es lograr una actividad económica bien estructurada, de forma que se pueda producir un crecimiento económico con menor movimiento de personas y mercancías; es lo que se llama desacoplar la demanda de transportes y la economía (*decoupling demand*). Si lo que se mueve tiene alto valor añadido, el porcentaje de crecimiento economi-

GRÁFICO 4
EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE VIAJEROS Y MERCANCÍAS EN LA UE-25



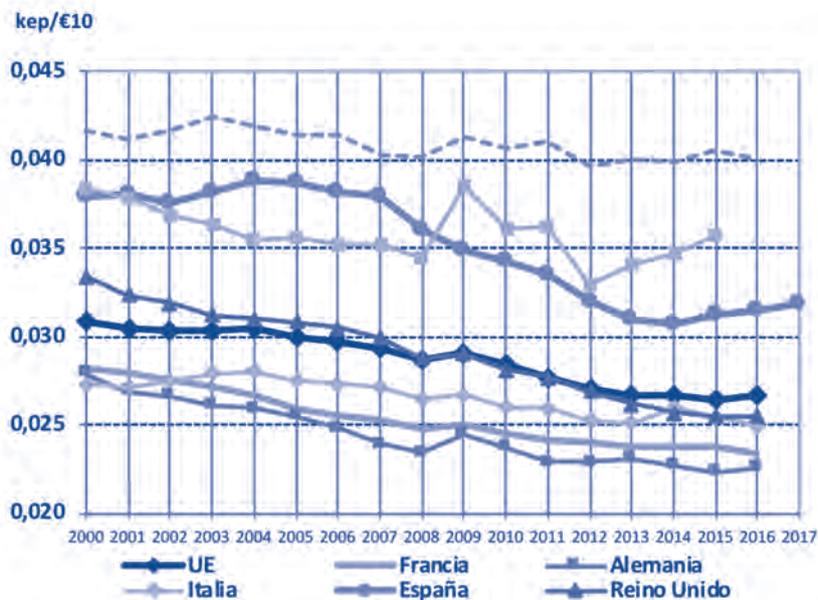
La Unión Europea se ha comprometido a reducir las emisiones de GEI del transporte en un 25 por 100 para 2030 y el 75 por 100 para 2050. Sin embargo, los escenarios tendenciales de la demanda de transporte, tanto de viajeros como de mercancías, indican que lejos de reducirse, la demanda seguirá creciendo en más de un 30 por 100. Es una emergencia climática que exige un cambio del modelo de transporte.
Fuente: EEA (2012).

GRÁFICO 5
EVOLUCIÓN DEL PIB Y LA DEMANDA DE VIAJEROS Y MERCANCÍAS EN ESPAÑA, 2008-2018
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos del INE y el OTLE.

GRÁFICO 6
COMPARACIÓN DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA EN EL SECTOR DEL TRANSPORTE 2000-2017 EN ESPAÑA Y LA UE



Fuente: IDAE.

co será mayor que el del aumento de la demanda.

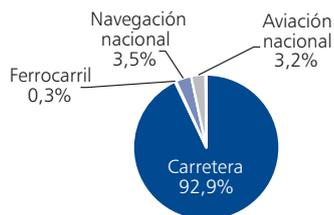
Sin embargo, lamentablemente, la situación en España es justo la contraria, para conseguir crecimientos económicos necesitamos mover en mayor proporción a las personas, y en mucha mayor medida las mercancías. El gráfico 5 pone claramente de manifiesto esta debilidad estructural de la economía de nuestro país. No se produce crecimiento económico sin aumentos superiores de viajeros y mucho mayores los de mercancías. Esta situación es solo positiva ambientalmente en los períodos de crisis, pues la demanda baja aún más que la economía, pero es triste que reducir emisiones suponga un escenario de pobreza económica. Se habla de potenciar la economía baja en carbono, pero la realidad española es, por ahora, muy diferente.

El análisis comparativo de nuestra intensidad energética (consumo energético por unidad económica producida) muestra que nuestra economía es mucho menos eficiente que otras de nuestro entorno, aunque hay una tendencia a mejorar, como se puede comprobar en el gráfico 6.

4. Contribución de cada modo de transporte

Como hemos visto anteriormente, el transporte por carretera es el que más contribuye a las emisiones de GEI totales del sector debido a que es el tipo de transporte más utilizado tanto para transportar viajeros como mercancías. A continuación se encuentran la aviación y la navegación y, en último lugar, el ferrocarril. En el caso de España, el 93 por 100 de las emisiones de GEI

GRÁFICO 7
EMISIONES DE GEI DEL
TRANSPORTE EN ESPAÑA POR
MODO DE TRANSPORTE
EN 2017



Fuente: EEA (2019).

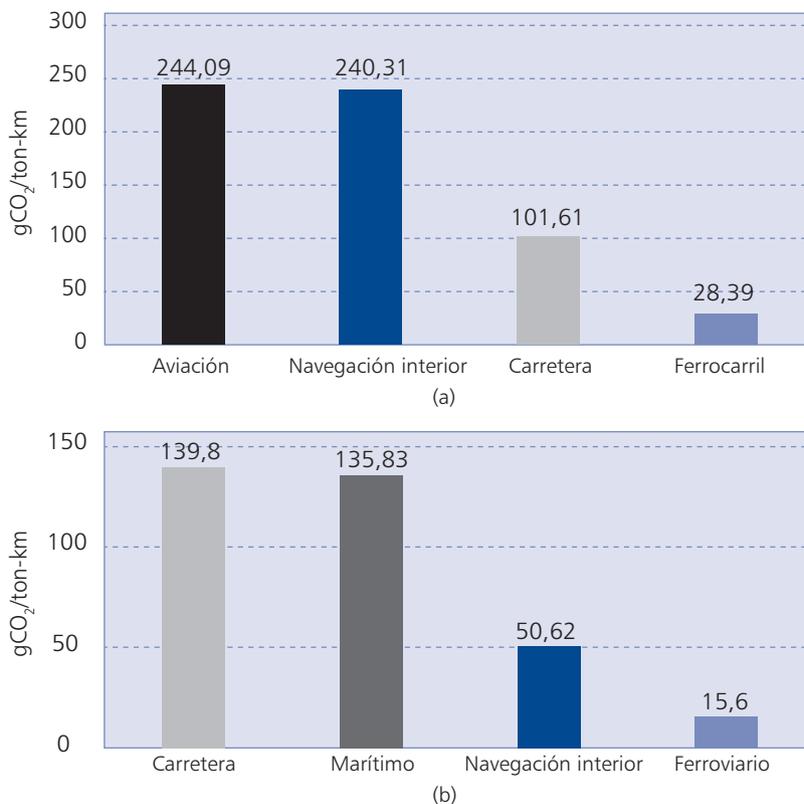
en 2017 fueron debidas al transporte por carretera (gráfico 7). Por tanto, si hay que tomar medidas en algún sector ese es, sin duda, el de carreteras. Distintas políticas son necesarias, tanto para el transporte de viajeros como mercancías, y para cada uno de los segmentos de demanda.

Però lo que resulta más relevante para diseñar políticas de transporte es conocer cuál es el modo más eficiente energéticamente; en otras palabras, analizar las emisiones unitarias, por unidad de transporte de viajeros (pasajero/km) y de mercancías (tonelada/km). El gráfico 8 es claramente expresivo en este punto.

II. POLÍTICAS Y ACCIONES DE MITIGACIÓN EN TRANSPORTES

España, en las últimas décadas, ha implementado diferentes planes de acción y estrategias de cambio climático y energía limpia que se han complementado con planes de calidad del aire, estrategias y planes de eficiencia energética. En estos planes, el sector del transporte ha ido adquiriendo más peso, tanto en

GRÁFICO 8
EMISIONES UNITARIAS POR MODO DE TRANSPORTE EN LA UNIÓN EUROPEA (2014)



Emisiones de CO₂ por pasajero-km (a) y tonelada-km (b) y por modo de transporte.

Fuente: EEA (2017a, b).

Se observa cómo en el transporte de pasajeros, la aviación y navegación interior son los modos menos eficientes, alcanzando los 244 g CO₂/pas-km en el transporte aéreo. Para el caso del transporte de mercancías, el transporte por carretera es el que tiene emisiones unitarias más altas con 135,8 g CO₂/ton-km. Destaca el transporte ferroviario cuyas emisiones unitarias, tanto en viajeros como en mercancías, son casi la décima parte de los modos de mayor emisión, en cada caso. Por tanto, el transporte por ferrocarril es el más sostenible, y de menos emisiones de GEI; cualquier acción para mejorar su cuota de demanda será una clara apuesta por la sostenibilidad.

el número de acciones como en los objetivos de reducción de emisiones.

Así, en la *Estrategia Española de Eficiencia Energética 2004-2012 (E4)* (IDAE, 2003), se fijó un escenario denominado «eficiente», que suponía reducciones importantes sobre el tendencial, estableciéndose, para ello, tres medidas de mitigación en el sector del transporte:

1. Cambio modal hacia los modos más eficientes, planteando como herramienta los planes de movilidad en ciudades y empresas.
2. Conducción eficiente; optimización logística de mercancías así como potenciar el uso compartido de los vehículos.
3. Flota más eficiente y nuevos combustibles, con ayu-

das para la modernización del parque.

Estas medidas supusieron un gran paso adelante, por varias razones. Por un lado, se superó la política anterior que confiaba toda mejora a la tecnología (grupo 3), introduciendo el cambio de hábitos y comportamientos de movilidad: elección de modo (grupo 1) y uso más eficiente de los vehículos, tanto de personas como de mercancías (grupo 2).

El subsiguiente Plan de Acción 2011-2020 de la E4 continúa con las acciones anteriores, pero pone cada vez más el énfasis en el cambio del modelo de movilidad. Hay tres acciones a las que se asigna un objetivo de reducción de emisiones superior al 20 por 100, que son el transvase modal de demanda de la carretera al ferrocarril, la gestión del tráfico y las infraestructuras, y la renovación de flotas. Otros dos grupos de medidas complementan las anteriores, con objetivos de reducción superiores al 10 por 100: los PMUS (planes de movilidad urbana sostenibles), junto con los PTT (planes de transporte al trabajo), y la generalización del *eco-driving*, tanto para vehículos pesados como para automóviles.

La aprobación de la Directiva 2012/27/UE, exigiendo a los países miembros presentar planes trienales, llevó a la aprobación del Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020, y a su actualización posterior para el período 2017-2020, orientado a los compromisos comunitarios para el año horizonte 2030.

Lo que tienen en común la mayor parte de estas medidas es su focalización en el modo dominante y que concentra el

90 por 100 de las emisiones de GEI del sector: el transporte por carretera. Cualquier mejora en ese ámbito tiene impactos importantes, por su elevada cuota de demanda, tanto en viajeros como en mercancías.

Entre las medidas adoptadas por diversos departamentos del Gobierno español cabe señalar algunas de claro impacto sobre el sector transportes, y también sobre la eficiencia energética.

1. Límites de velocidad: reducción de accidentes y eficiencia energética

Durante la crisis del petróleo de los años setenta y ochenta, una de las medidas para reducir la dependencia exterior y el coste de las importaciones fue poner un límite de velocidad en las carreteras de alta capacidad, reduciéndola, en su mayor parte, a 120 km/hora. Esta medida, adoptada inicialmente para reducir la factura del petróleo, se demostró muy eficaz en la reducción de accidentes, cuando la seguridad vial pasó ser el objetivo prioritario. Por tanto, hay una sinergia entre ambos objetivos, por lo que el control del tráfico y su velocidad ha sido probablemente la medida más efectiva para reducir el consumo. Cuando, después de Kioto, la eficiencia energética volvió a ser prioridad, el límite de velocidad regresó a ser un objetivo compartido –energía y seguridad vial–, tanto en la red principal como en la de segundo nivel. Se llegó incluso, en 2011, a reducir aún más la velocidad, a 110 km/hora. Fue una decisión rápida, tomada, principalmente por motivos económicos, ante la subida del barril del petróleo,

y quizá no suficientemente estudiada, que fue revocada por el Gobierno subsiguiente. En el mismo paquete se aplicaron reducciones del 5 por 100 en las tarifas ferroviarias, entre otras medidas para evitar impactos sobre la demanda global.

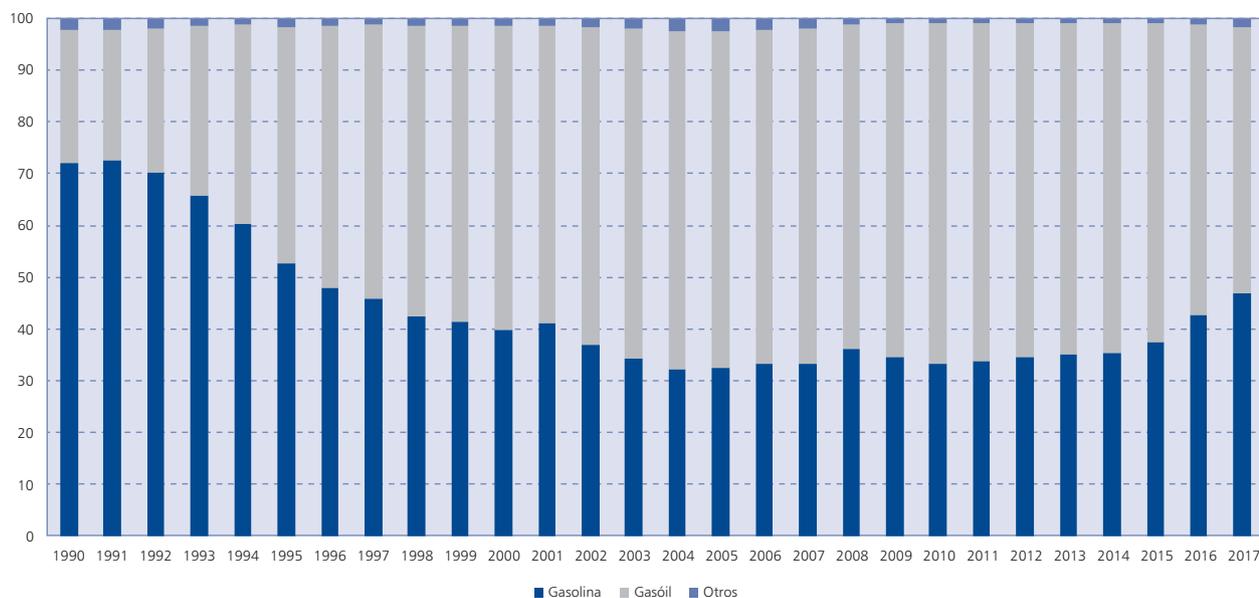
Más recientemente, en enero de 2019, se redujo la velocidad límite en los 11.000 km de carreteras convencionales, de 100 a 90 km/h, igualando el límite de coches, motos y autobuses. El motivo fue luchar contra el repunte de accidentes en estas vías, pero tiene un efecto asociado a la reducción del consumo.

Estamos, por tanto, ante medidas sinérgicas, pues son beneficiosas tanto para la seguridad vial como para los objetivos de reducción de emisiones de GEI.

2. La ilógica dicotomía diésel versus gasolina

Otra acción de doble efecto son los cambios en la proporción de la flota de vehículos ligeros, entre motores diésel y de gasolina. La penetración de vehículos diésel para la movilidad privada desde 1990 fue impulsada por diferentes planes de incentivación del Gobierno, para reducir consumos, ayudando a combatir el cambio climático (los llamados planes PIVE de subvenciones para la compra de vehículos eficientes). El efecto fue la «dieselización» del parque de vehículos, tal como se puede apreciar en el gráfico 9. Los vehículos ligeros diésel que suponían en 1990 el 20 por 100 de la flota, aumentaron hasta llegar al 62 por 100 en 2007, reduciéndose a partir de 2015 con las medidas del Gobierno, igualando los precios de ambos, y las restricciones de

GRÁFICO 9
DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA POR TIPO DE COMBUSTIBLE
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGT (2019).

algunos ayuntamientos, por lo que situación actual es que los ligeros de gasolina vuelven a superar a la flota diésel.

La penetración de turismos diésel en España ha supuesto el ahorro de energía y de emisiones; así, en 1990 el factor de emisión de un turismo diésel era de 187 g de CO₂/km y en 2008 se redujo hasta 177 g de CO₂/km. En el caso de los turismos de gasolina la evolución fue de 201 g CO₂/km en 1990 y 187 g CO₂/km en 2008 (Mendiluce y Schipper, 2011). Por tanto, las emisiones unitarias de GEI son mayores en la flota de gasolina, lo que supone una medida antimitigación. Con el aumento de los recorridos, debido al aumento de movilidad y a la dispersión urbana, se ha producido un incremento del uso del vehículo privado, causando un efecto

indirecto de crecimiento de los GEI (Mendiluce y Del Río, 2010).

Durante la crisis económica, la proporción de vehículos diésel del parque español se ha mantenido estable hasta 2014, lo que ha permitido una mejora de la eficiencia energética y la eficiencia de los combustibles, reduciendo los GEI (Sobrinó y Monzón, 2014). A partir de 2016, el gráfico 9 muestra un aumento de la proporción de vehículos ligeros de gasolina, que coincide con la puesta en marcha del etiquetado de los vehículos de la Dirección General de Tráfico (DGT) en función de su impacto ambiental (BOE, 2016), lo que induce un aumento de los GEI, aunque puede ser beneficioso para la calidad del aire en zonas urbanas, o donde

hay población cercana a las carreteras. Se debe buscar, por tanto, el doble objetivo *clean and green* en las políticas de movilidad (Pérez-Prada, Monzón y Valdés, 2017).

3. La renovación del parque, una medida *win-win*

Otra línea de acción es modernizar el parque, ya que los vehículos que hay en el mercado son cada vez más eficientes –en consumos y emisiones– y también más seguros. A este objetivo se orientan las ayudas para la renovación de flotas, ya mencionadas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), pero aún más eficaces con las acciones coercitivas: pago o restricción de acceso o aparcamiento. En este sentido, se ha dado un gran

Etiquetado de vehículos de carretera: reducción de contaminantes y aumento de los GEI

La categorización de los vehículos realizada por la DGT tiene su origen en el *Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016 y 2017-2019* –Plan AIRE I y II, respectivamente– (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013) en el que se afirma que, tanto las partículas, como el dióxido de nitrógeno del tráfico rodado son la principal fuente de emisión de contaminantes en las ciudades, mermando la calidad del aire. El distintivo ambiental refleja las emisiones locales de NO_x y partículas de cada vehículo, permitiendo que los municipios lo utilicen como un instrumento para las medidas de restricción del tráfico por alta contaminación, beneficios fiscales, etc.

La introducción del etiquetado, junto con las políticas municipales para mejorar la calidad del aire (véase el ejemplo del *Plan A* en Madrid de calidad del aire) son una causa indirecta del aumento del parque de vehículos de gasolina a partir de 2016. Sin embargo, aunque la renovación del parque hacia la gasolina mejora la calidad del aire respirado en las grandes ciudades, supone un riesgo en la lucha del cambio climático ya que aumenta las emisiones de CO₂ (Serrano *et al.* 2019).

Esto lleva a plantear que *los etiquetados o categorizaciones de la flota* han de considerar la mejora ambiental, que debe incluir tanto el efecto local como el global, es decir, *la contaminación del aire y el cambio climático*.

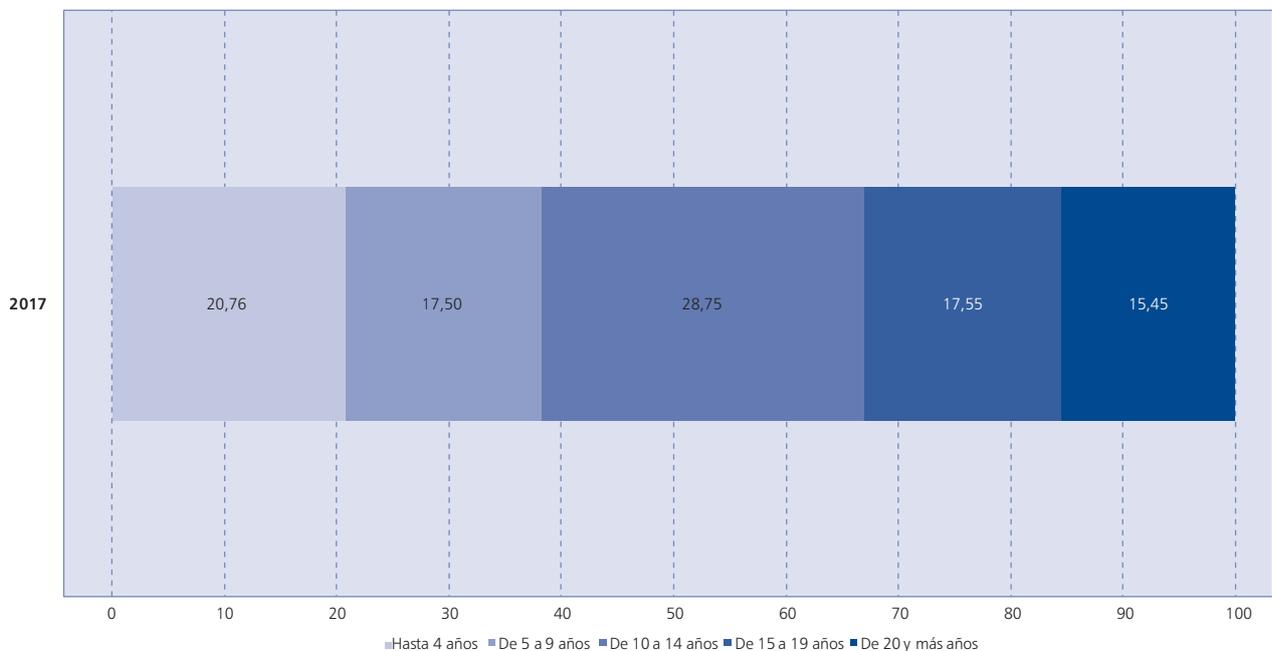
En cuanto a los efectos de la renovación del parque, hay que tener en cuenta el peso de los turismos, que representan el 71 por 100 del parque en España, y son los que más kilómetros recorren en nuestras carreteras. Por tanto, las características referidas a la potencia y antigüedad tienen un efecto directo sobre las emisiones del transporte. Si analizamos la antigüedad del parque de turismos en España se ve claramente que más del 60 por 100 del mismo tiene una antigüedad de más de diez años (gráfico 10). Toda política orientada a renovar el parque tendrá inmediatos efectos sobre la mitigación de los GEI.

paso con el etiquetado de vehículos, que permite, de modo homogéneo, asignar una calificación ambiental a cada tipo de

vehículo y, por ende, impulsar el cambio de los vehículos más antiguos por vehículos nuevos más eficientes.

Por otro lado, la potencia del motor es otra variable clave para el consumo. En el gráfico 11 se representa la distribución del

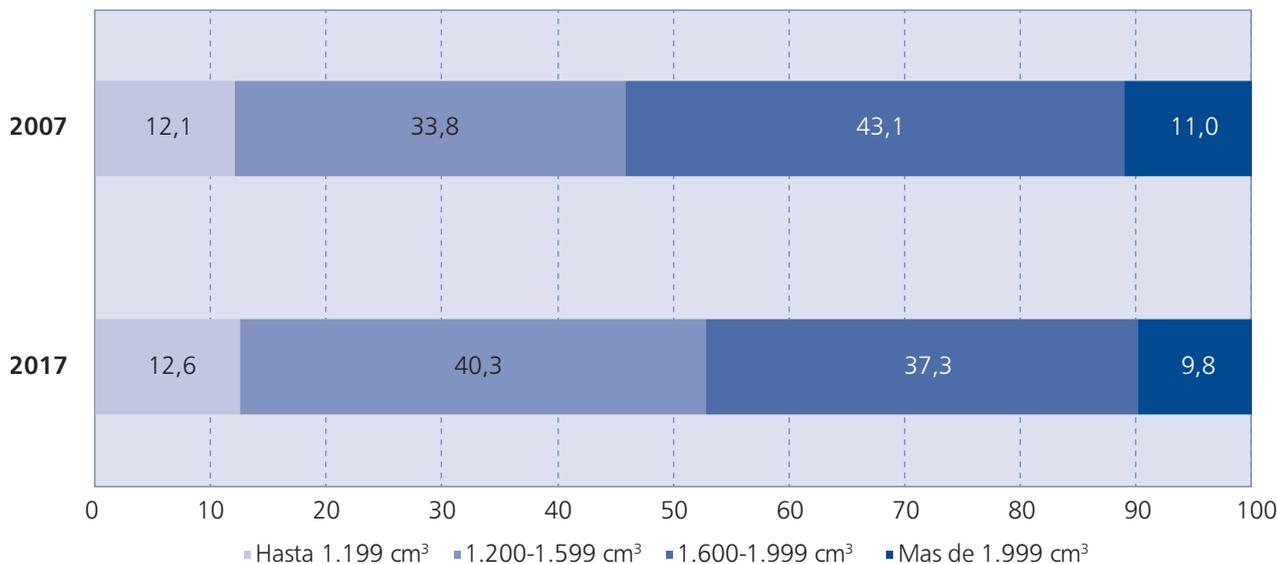
GRÁFICO 10
DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE TURISMOS EN ESPAÑA SEGÚN ANTIGÜEDAD EN 2017
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGT (2019).

GRÁFICO 11
DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE TURISMOS SEGÚN MOTOR (CM³)
 (En porcentaje)

Tamaño del motor del parque de turismos en España



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGT (2019).

parque de turismos por cilindrada en 2007 y 2017. Cabe destacar que durante los últimos diez años se ha reducido el parque de vehículos con más de 1.600 cm³, los llamados todoterrenos (en 2007 representaban más del 50 por 100 del parque de turismos y en el 2017 menos del 50 por 100). Esta tendencia ha sido propiciada por el impacto de la crisis económica y el menor poder adquisitivo de la población española. Si bien, dicho impacto se podría haber aprovechado para aumentar los vehículos de pequeño tamaño más eficientes, los de menos de 1.199 cm³, este hecho no ha ocurrido. Lo que se ha producido es un aumento de los turismos con cilindradas entre 1.200 cm³ y 1.599 cm³, constándose un aumento de los llamados «SUV» (vehículo utilitario deportivo) más ineficientes energéticamente que los de pequeño tamaño.

En conclusión, se deben plantear políticas de renovación del parque de turismos de más de diez años, incentivando la compra de vehículos de pequeño tamaño y con combustibles alternativos al diésel o gasolina.

III. ACCIONES FOCALIZADAS EN EL TRANSPORTE POR CARRETERA

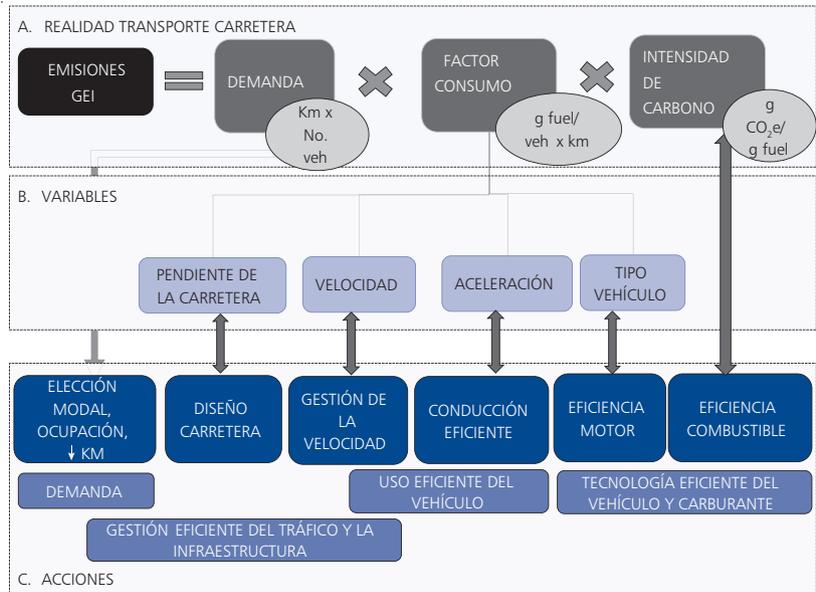
Ya se ha señalado que la carretera es el principal modo responsable de los GEI (93 por 100) por lo que es prioritario intensificar acciones para mitigar el cambio climático en el transporte por carretera. Antes de pasar a enumerar las diferentes acciones, se deben identificar cuáles son las principales variables que condicionan las emisiones de GEI. En el gráfico 12 se resumen de forma esquemática tres líneas de concepto (A, B, C), que repre-

sentan respectivamente: cómo se producen las emisiones, sus principales variables y las acciones sobre las que hay que apoyarse para reducir esos impactos globales al cambio climático, y que se presentan en la tesis de Sobrino (2015).

La producción de las emisiones de GEI (A) dependen, de derecha a izquierda:

1. de la demanda, es decir del número de total de los kilómetros recorridos por los vehículos de motor. En este caso se podrían proponer acciones para reducir la demanda.
2. Del factor de consumo, que mide el consumo medio unitario (por km recorrido), que depende de la velocidad, las aceleraciones, la pendiente de la carretera y del tipo de vehículo.

GRÁFICO 12
VARIABLES EXPLICATIVAS DE LAS EMISIONES GEI DEL TRANSPORTE
POR CARRETERA Y ACCIONES PARA SU MITIGACIÓN



Fuente: Sobrino (2015).

3. De la intensidad en carbono del carburante; es decir, del CO₂ emitido por unidad de consumo, que dependerá de la calidad del combustible.

El diseño eficiente de políticas y acciones (parte C) permitirán reducir la influencia de las variables (parte B) para llegar a reducir los factores explicativos de las emisiones de GEI (parte A). Analicemos algunas de ellas.

1. Transferencia de demanda a modos más eficientes

La medida más efectiva para mejorar la eficiencia energética es transferir la demanda a los modos más eficientes (cfr. gráfico 8). Supondría de hecho, ser coherentes con la política

de reducción de externalidades, traspasando el peso del transporte a los modos con menos

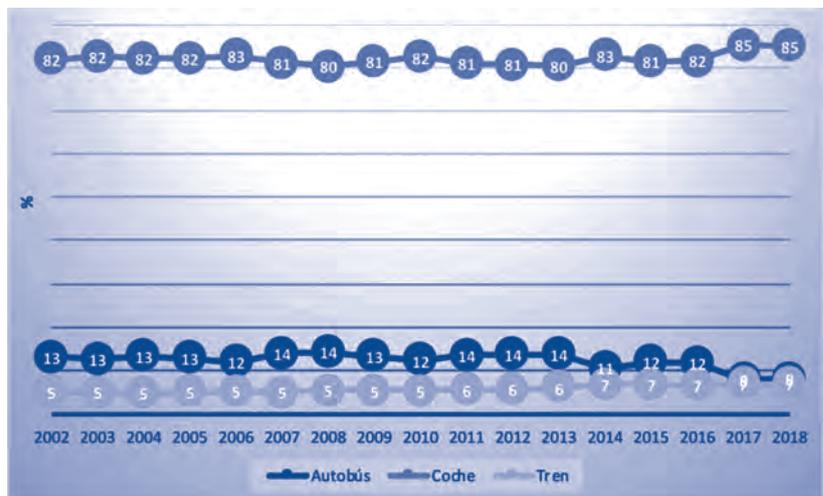
emisiones de contaminantes, ruido, accidentes, y también emisiones de GEI.

Sin embargo, en lo que se refiere a los viajeros, como se puede apreciar en el gráfico 13, en nuestro país el crecimiento de la demanda de ferrocarril es muy lenta, y más bien a costa del autobús y no del automóvil, que es el modo más eficiente.

Y en mercancías, la situación es aún peor, donde el ferrocarril –única alternativa a la carretera– todavía no ha recuperado la reducción de toneladas/km transportadas durante los años de la crisis económica.

Las medidas indirectas para, mediante el sistema de precios, hacer más atractivos los modos con menos externalidades, no ha sido puesta en marcha. Más bien al contrario, los peajes de carretera están siendo suprimidos por el actual Gobierno, lo que no favorece el deseado tras-

GRÁFICO 13
EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VIAJEROS DE MEDIA-LARGA DISTANCIA, 2002-2018
(Viajeros/km)



Fuente: OTLE.

vase de viajeros y mercancías al ferrocarril.

2. Uso eficiente del vehículo

Otro grupo de medidas pasa por mejorar la eficiencia del uso del vehículo, controlando la velocidad, poniendo límites variables según el nivel de congestión de la vía, conducción con pautas de *eco-driving* y control de flujos del conjunto de vehículos en la vía, para maximizar la eficiencia energética. Todo ello puede producir, como se puede ver en el cuadro n.º 2 que recoge resultados del proyecto europeo ICT-Emissions (1), un ahorro significativo del consumo, y también ser beneficioso reduciendo la congestión y el tiempo de viaje, en el conjunto de los usuarios.

Las técnicas de *eco-driving* resultan las más eficientes en cuanto al ahorro de combustible, la reducción de emisiones, y además, suponen una reducción del tiempo de viaje en vías de alta capacidad, mientras que en la calles de un solo carril alargan el tiempo de recorrido. Las medidas de control de la velocidad son efectivas si se diseñan de acuerdo con el flujo vehicular de cada tramo, aunque se trate de simples recomendaciones: velocidad recomendada variable.

Por último, las medidas de tipo *cruise-control*, fijan la velocidad óptima, manteniendo las distancias con el vehículo precedente, según la variabilidad del tráfico, según el tipo de vía y el nivel de congestión. En el futuro, esta medida vendrá asociada a los sistemas de ayuda a la conducción (*ADAS*, por sus siglas en inglés). Podemos afirmar que los problemas complejos requieren de soluciones complejas, donde se conjuguen todas las posibilidades para mejorar la eficiencia. Estas soluciones deben considerar de modo integrado el comportamiento del conductor, la gestión del tráfico de la vía y los sistemas de comunicación e información *ICT* (por sus siglas en inglés), que actuarán como catalizador del resto, en una visión sistémica de la vía, como señalan en su trabajo *Lois et al.* (2019).

3. Tecnología eficiente del vehículo y el carburante

En las dos últimas décadas hemos asistido a la mejora del rendimiento de los motores, a la reducción del peso y diseño más aerodinámico de los vehículos, al empleo de motores híbridos o eléctricos, que han dado como resultado una reducción del consumo medio de los vehículos y las emisiones de

GEI. Todo ello mediante diferentes acuerdos adoptados por los fabricantes de vehículos (por ejemplo, los acuerdos ACEA de los fabricantes de vehículos europeos). Por otro lado, se ha producido una mejora de la calidad de los combustibles (por ejemplo, los programas *Auto-Oil* en Europa), y la aparición de biocombustibles u otras fuentes energéticas como la electricidad o la pila de hidrógeno.

Desde la Administración Pública se debe seguir impulsando medidas para que los fabricantes de vehículos y combustibles continúen trabajando en la mejora de la eficiencia de sus productos. Por otro lado, la Administración Pública debe incentivar al usuario la compra de vehículos con combustibles alternativos más eficientes, vehículo de menor potencia, así como planes de renovación de los vehículos de más de diez años. Por último, para incentivar la compra de vehículos mejorados en relación con el medio ambiente, se deben aplicar tasas fiscales que también tengan en cuenta el etiquetado ambiental del vehículo desde el punto de vista local, pero también global y no solo la potencia de su motor.

4. Gestión eficiente del tráfico y la infraestructura

Otro de los puntos clave en la reducción de los impactos en el cambio climático del transporte por carretera es el fomento de estrategias de gestión eficiente del tráfico y la infraestructura, haciendo uso de las tecnologías de la información y la comunicación.

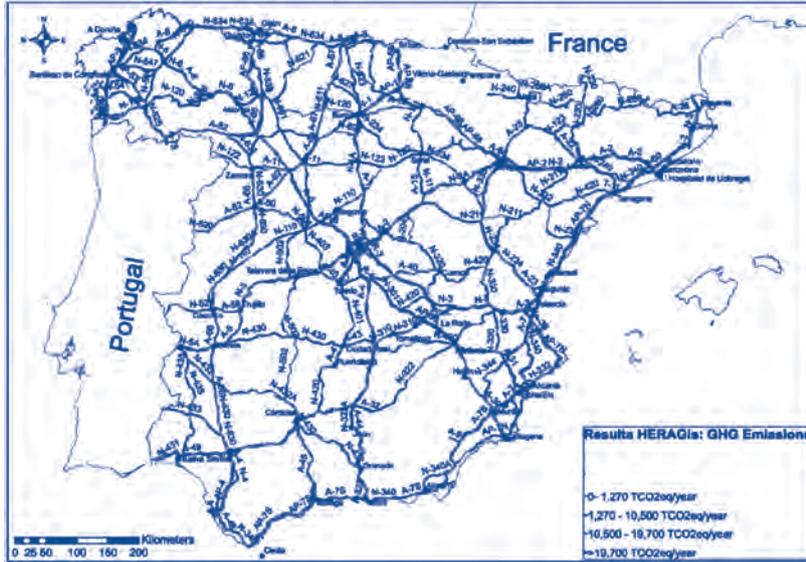
Los factores clave que más influyen en las emisiones de GEI del tráfico por carretera son las

CUADRO N.º 2

AHORRO DE CONSUMO Y TIEMPO APLICANDO DIFERENTES MEDIDAS DE CONDUCCIÓN
(En porcentaje)

MEDIDA ICT (INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN)	AHORRO CONSUMO	AHORRO TIEMPO
Control de velocidad por tramos	3,78	3,26
Limite variable de velocidad según nivel de congestión	3,01	6,94
<i>Eco-driving</i> en vía de alta capacidad	8,85	5,17
<i>Eco-driving</i> en tramo urbano	9,10	1,85
<i>Cruise Control</i>	1,47	1,25

MAPA 1
EMISIONES DE GEI EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO (2012)



Corredores prioritarios para la aplicación de estrategias de reducción de emisiones de GEI

Una estrategia baja en carbono para el tráfico de carreteras, precisa, en primer lugar, metodologías para clasificar y priorizar aquellos tramos o corredores de la red menos eficientes y de mayores emisiones de GEI. Un ejemplo es la herramienta HERA «Huella Energética de Operación de Autopistas» (Sobrino, Monzón y Hernández, 2014). Su aplicación a la Red de Carreteras del Estado, permitió identificar los siete corredores menos eficientes, prioritarios para reducir sus emisiones (Sobrino y Monzón, 2018). Estos tramos suponen el 25 por 100 de la red, pero son responsables del 51 por 100 de las emisiones de GEI. El conocimiento detallado permite aplicar estrategias de gestión del tráfico, como la reducción de la velocidad en los turismos; una reducción de 10 km/h en los turismos en el corredor del Mediterráneo supondría reducir un 3,5 por 100 las emisiones. Otra estrategia identificada sería diseñar itinerarios eficientes para camiones, evitando los de más pendiente.

En azul oscuro los tramos que más GEI emiten.
Fuente: Sobrino y Monzón (2018).

vea obligado a parar (Hernández, Monzón y Sobrino, 2013).

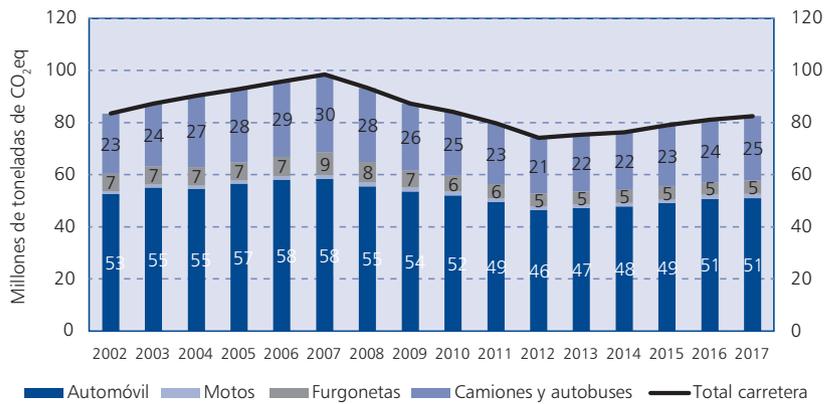
5. Viajeros vs. mercancías

En el transporte por carretera, los turismos son los que más contribuyen a las emisiones de GEI, seguido de los camiones, autobuses y furgonetas. En el gráfico 14 se representa la evolución de las emisiones de GEI del transporte por carretera en España de 2002 a 2017 por tipo de vehículo. Se observan los tres períodos con tendencias opuestas. Desde 2002 a 2007 se observa un aumento del 18 por 100 de emisiones de GEI ligado, sobre todo, a vehículos de mercancías –camiones y furgonetas–. De 2007 a 2013 se observa un descenso de las emisiones en un 23,4 por 100 con respecto a 2007. Y de 2013 a 2017 se observa un aumento del 9 por 100 con respecto a 2013.

Por otro lado, si tenemos en cuenta el factor de emisión de GEI por pasajero y kilómetro recorrido en cada modalidad del transporte por carretera, se obtiene que, en España y para el año 2006, los turismos y motocicletas son los que tienen un factor de emisión más

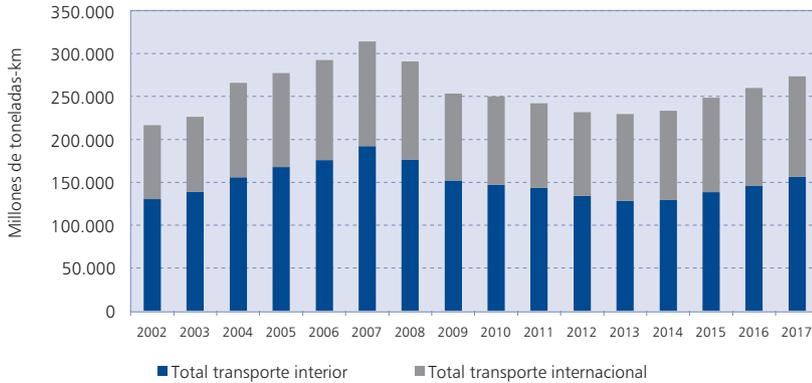
pendientes pronunciadas, el tráfico de vehículos pesados, las altas velocidades, y las bajas velocidades cuando se está en congestión (Sobrino y Monzón, 2018). Para ello se propone mejorar la eficiencia del tráfico de la carretera mediante estrategias de gestión del mismo desde el punto de vista energético y ambiental: gestión de la velocidad, gestión del tráfico de vehículos pesados, y estrategias en la planificación y diseño de la carretera que mejoren la traza de la carretera para reducir las pendientes o gestión de áreas de peaje eliminando barreras de tal forma que el vehículo no se

GRÁFICO 14
EMISIONES DE GEI DEL TRANSPORTE POR CARRETERA EN ESPAÑA DE 2002 A 2017



Fuente: Eurostat (2019).

GRÁFICO 15
DEMANDA DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR CARRETERA EN ESPAÑA
(Toneladas-km)



Fuente: OTLE (2019a).

alto, alrededor de 140 gramos de CO₂ por pasajero y kilómetro recorrido en un entorno urbano, frente a los 40 g CO₂/pasajero-km y 25 g CO₂/pasajero-km del autobús interurbano y del tren respectivamente (Sobrino y Monzón, 2013).

En conclusión, las acciones urgentes en la carretera para reducir las emisiones de GEI deben ir encaminadas hacia el vehículo privado en el transporte de viajeros, y a los camiones y furgonetas en el transporte de mercancías, todo con el objetivo de conseguir un transporte de carretera bajo en carbono.

La evolución del transporte de mercancías por carretera está significativamente ligada al desarrollo económico. En el gráfico 15 se observa cómo la demanda de transporte de mercancías por carretera está creciendo en los últimos años, después de la recesión económica, aunque aún dista de la alcanzada anteriormente. Por lo que, tal como se ha apuntado antes, deben tomarse medidas para que el crecimiento que se espera si evoluciona positivamente la economía, no vuelva a la carretera,

sino que se produzca el necesario desacoplamiento entre la economía y la demanda de transporte de mercancías por carretera, y por ende de las emisiones de GEI.

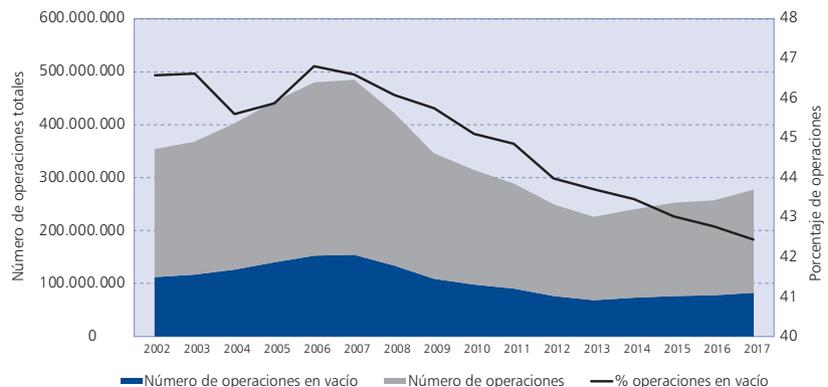
6. Eficiencia logística del transporte de mercancías por carretera

Otro elemento de gestión de la demanda es reducir los re-

corridos de transporte de mercancías por carretera en vacío. Desde 1992, el Ministerio de Fomento, elabora la *Encuesta permanente de mercancías por carretera (EPMC)* que se actualiza cada año y se publica en un informe anual. La *EPMC* recoge un indicador de operaciones en vacío sobre el transporte de mercancías por carretera en España. Tal como se observa en el gráfico 16, con la llegada de la crisis económica se ha visto reducido el porcentaje de operaciones en vacío con respecto al total en el transporte de mercancías por carretera, pasando del 47 por 100 en 2006 al 42,5 por 100 en 2017. Sin embargo, dicha proporción sigue siendo bastante alta y este factor tiene un alto potencial de mejora.

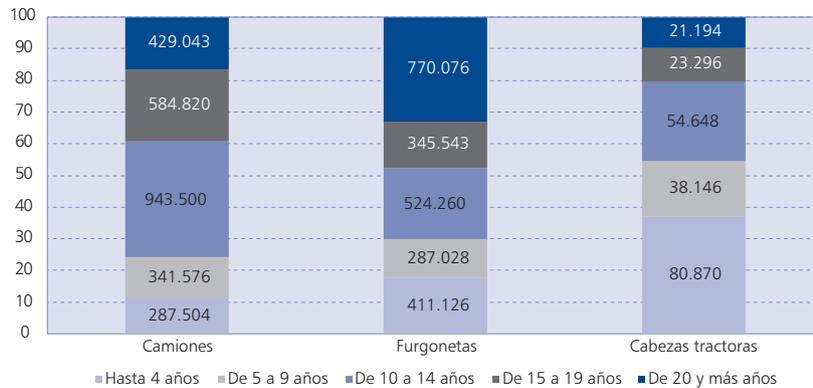
Con respecto al parque de vehículos de transporte de mercancías por carretera, únicamente un 28,1 por 100 tienen una antigüedad menor a diez años (véase gráfico 17). Esta es una de las consecuencias más graves del período de recesión económica, acompañado de la falta de incentivos o legislación que favorezca la renovación de las flotas.

GRÁFICO 16
NÚMERO DE OPERACIONES TOTALES Y EN VACÍO



Fuente: OTLE (2019b).

GRÁFICO 17
ANTIGÜEDAD DEL PARQUE DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE
MERCANCÍAS POR CARRETERA (2017)



Fuente: DGT (2019).

Las furgonetas y los camiones son los que tienen mayor porcentaje de vehículos antiguos, con más del 70 por 100 con más de diez años. Por otra parte, es un parque de vehículos de carga esencialmente de tracción diésel (más del 90 por 100 de los vehículos).

Como consecuencia, es necesaria una política de renovación del parque de vehículos de transporte de mercancías y una apuesta por los vehículos de combustibles alternativos, furgonetas híbridas enchufables o eléctricas, y camiones propulsados a gas.

IV. ACCIONES EN EL SECTOR AÉREO, MARÍTIMO Y FERROVIARIO

En las últimas décadas, el transporte aéreo y el marítimo está creciendo rápidamente debido en gran medida a la globalización. Este crecimiento también repercute en el medio ambiente, concretamente en las emisiones. Aunque ocupan

una porción pequeña del global de transporte, no dejan de seguir aumentando anualmente. Por ejemplo, el número de pasajeros en la aviación a nivel mundial se ha triplicado desde 1990 recorriendo distancias más largas, lo que tiene una repercusión directa en el crecimiento de emisiones de GEI. Como se ha visto en la sección primera, el transporte ferroviario es el que menos emisiones unitarias aporta, tanto en viajeros como en mercancías, siendo el modo más sostenible desde el punto de vista ambiental (gráfico 8).

En el sector aéreo, recientemente, se han puesto en marcha algunas acciones para reducir las emisiones de GEI del sector. Un ejemplo a nivel europeo es que desde 2012 las emisiones procedentes de la aviación están incluidas en el régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (EU ETS), aunque no se tienen en cuenta aquellas emisiones de vuelos que salen o llegan de países que no forman parte del área económica europea (EASA,

EEA y Eurocontrol, 2016). Otro ejemplo reciente es la iniciativa CORSIA (Plan de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional) puesta en marcha por la OACI (Consejo de la Organización de Aviación Civil Internacional) cuyo objetivo es compensar las emisiones de CO₂ generadas por las actividades de la aviación internacional exigiendo a las aerolíneas emisiones que compren y entreguen «unidades emisión» generadas por proyectos en la aviación (ICAO, 2016).

En el sector marítimo, la Comisión Europea publicó una estrategia en 2013 para mitigar las emisiones marítimas y reducir las emisiones nacionales de GEI (Comisión Europea, 2013) basado en el monitoreo, verificación de emisiones de CO₂ de grandes buques, objetivos de reducción de los GEI y medidas adicionales.

Para reducir las emisiones GEI del sector aéreo y marítimo, las administraciones públicas y organizaciones a nivel internacional de dichos sectores desarrollan una función fundamental en la inversión en investigación, la adopción de normativa a sus productos y la subvención de nuevas tecnologías emergentes. Sin embargo, no será suficiente con, por ejemplo, la mejora de la eficiencia de los carburantes mediante la introducción de materiales más ligeros u otras opciones técnicas, y se deberá actuar sobre la demanda.

Pero el modo más eficiente energéticamente es el ferrocarril, tanto para viajeros como mercancías. Sin embargo, por razones múltiples, que escapan del objetivo de este artículo, no está creciendo al ritmo deseado,

COMODALIDAD, CLAVE EN EL MEDIO PLAZO PARA UN TRANSPORTE

El cambio modal hacia modos o cadenas intermodales más sostenibles pasa por añadir al ferrocarril a la cadena de transporte, combinado con otros modos, en etapas donde resulta menos competitivo. El transporte internacional de pasajeros por ferrocarril dentro de un mismo continente tiene que posicionarse para competir con el sector aéreo. El ferrocarril ya lo hace en rutas nacionales, donde la alta velocidad crece en cuota de mercado. En el caso del transporte de mercancías, la intermodalidad marítima-ferroviaria y carretera-ferrocarril es clave para una reducción de los GEI. Acciones que favorezcan dicha intermodalidad deben ser prioritarias, hasta producir un cambio del modelo de movilidad.

como pretendían las políticas de transporte nacionales y europeas. Se trata, por tanto de ayudar a que se produzcan ese trasvase de demanda, de modo que se produzca un círculo virtuoso: más transporte por ferrocarril abaratará costes y mejorará la oferta, y eso producirá mayor transvase de viajeros y mercancías, lo que favorecerá ese ciclo ganador a medio-largo plazo.

V. ACCIONES URGENTES PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

De todo lo dicho anteriormente, cabe concluir que el diagnóstico de la eficiencia energética del sector del transporte es claramente negativo. Los esfuerzos no han sido suficientes para producir el cambio tendencial que están logrado otros sectores. Hay un claro desafío que afrontar si se quieren cumplir los acuerdos de reducción de GEI en los horizontes 2030 y, sobre todo, 2050.

Como se resume en el esquema, hay que seguir haciendo un esfuerzo tecnológico en los vehículos y carburantes, en un marco de políticas conjuntas de energía y transporte, que afectan a otros sectores, como la ordenación urbanística, los modos de vida y, sobre todo, el reparto equilibrado de la demanda de transporte.

Para ello hay que gestionar la demanda, no solo la oferta, como se ha hecho mayoritariamente hasta ahora, con múltiples medidas de gestión del espacio y de las formas de movilidad no motorizada. Todo ello supone un cambio de cultura en la movilidad, que ha de involucrar a los ciudadanos para que tomen sus decisiones cotidianas de modo sostenible y eficiente.

Ninguna medida por sí sola tiene el potencial de resolver el problema, por lo que se necesita una integración horizontal del

sector del transporte, que atienda a criterios sistémicos, incluyendo los elementos tecnológicos, la gestión de la demanda, la gobernanza del sistema, y, sobre todo, el cambio de paradigma de movilidad, involucrando a los decisores responsables, las empresas del sector y a todos los ciudadanos, para tomar decisiones de movilidad que cambien el modelo actual.

NOTA

(1) Más información del proyecto ICT-Emissions en www.ict-emissions.eu

BIBLIOGRAFÍA

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (2016). Resolución de 13 de abril de 2016, de la Dirección General de Tráfico, por la que se modifica el apartado C.1 del punto primero y los anexos I, II y III de la de 8 de enero de 2016, por la que se establecen medidas especiales de regulación del tráfico durante el año 2016. *BOE*, Núm. 96, Sec. I, p. 26896. Disponible en: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/distintivo-ambiental/BOE-A-2016-3828.pdf>



<p>COMISIÓN EUROPEA (2011). Libro Blanco del Transporte 2011: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible. <i>COM (2011) 144 final</i>. Bruselas: Comisión Europea.</p> <p>— (2013). <i>European ports: an engine for growth</i>. Comisión Europea. Disponible en: https://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/infographics_en</p> <p>DGT (2019). <i>Parque de vehículos. Tablas estadísticas</i>. Disponible en: http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/tablas-estadisticas/</p> <p>EASA, EEA y Eurocontrol (2016). <i>European aviation environmental report 2016</i>. European Aviation Safety Agency, European Environment Agency and Eurocontrol. Disponible en: https://www.easa.europa.eu/eaer/</p> <p>EEA (2012). <i>Passenger and freight demand projections for the EU-25</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/passenger-and-freight-demand-projections</p> <p>— (2017a). <i>Specific CO₂ emissions per pas-km and per mode of transport in Europe</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/specific-co2-emissions-per-passenger-3#tab-chart_1</p> <p>— (2017b). <i>Specific CO₂ emissions per tonne-km and per mode of transport in Europe</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/specific-co2-emissions-per-tonne-2#tab-chart_1</p> <p>— (2019). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2017 and inventory report 2019. <i>EEA/PUBL/2019/051</i>. Disponible en: https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2019</p> <p>EUROSTAT (2019). <i>Greenhouse gas emissions by source sector</i>. Disponible en: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do</p> <p>HERNÁNDEZ, S., MONZÓN, A. y SOBRINO, N. (2013). Decarbonization of toll plazas: impact assessment of toll collection system management. <i>92th Annual Meeting of the Transportation Research Board</i>, at Washington D.C.</p>	<p>ICAO (2016). Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection – climate change. Resolution A39-2, ICAO 39 Triennial Assembly, International Civil Aviation Organization, Montreal. Disponible en: https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/Resolutions/a39_res_prov_en.pdf</p> <p>IDAE (2003). <i>Estrategia Española de Eficiencia Energética 2004-2012 (E4)</i>. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.</p> <p>IEA (2018). <i>CO₂ emissions from fuel combustion: Overview</i>. IEA Statistics. Disponible en: https://webstore.iea.org/download/direct/1082?fileName=CO2_Emissions_from_Fuel_Combustion_2018_Overview.pdf</p> <p>LOIS, D., WANG, Y., BOGGIO-MARZET, A. y MONZÓN, A. (2019). Multivariate analysis of fuel consumption related to eco-driving: Interaction of driving patterns and external factors. <i>Transportation Research Part D</i> 72 (2019), pp. 232-242. doi: org/10.1016/j.trd.2019.05.001</p> <p>MENDILUCE, M. y DEL RÍO, P. (2010). Energía y transporte. <i>Cuadernos Económicos de ICE</i>, 79, pp. 213-236.</p> <p>MENDILUCE, M. y SCHIPPER, L. (2011). Trends in passenger transport and freight energy use in Spain. <i>Energy Policy</i>, 39(10), pp. 6466-6475. doi: 10.1016/j.enpol.2011.07.048</p> <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2013). Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016, Plan AIRE. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/PLAN_por_10020AIRE_por_100202013-2016_tcm30-187963.pdf</p> <p>NACIONES UNIDAS (1998). <i>Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático</i>. Disponible en: https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf</p> <p>OTLE (2019a). <i>Transporte nacional e internacional de mercancías por carretera (toneladas y toneladas-kilómetro) por tipo de desplazamiento y nacionalidad del transportista</i>. Observatorio del Transporte y la Logística en España.</p>	<p>Disponible en: http://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=540</p> <p>— (2019b). <i>Transporte de mercancías por carretera de vehículos españoles (número de operaciones totales, número y porcentaje de operaciones en vacío) por tipo de desplazamiento (nacional e internacional)</i>. Observatorio del Transporte y la Logística en España. Disponible en: http://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=284</p> <p>PÉREZ-PRADA, F., MONZÓN, A. y VALDÉS, C. (2017). Managing Traffic Flows for Cleaner Cities: The Role of Green Navigation Systems. <i>Energies</i>, 10(6), p. 791. doi:10.3390/en10060791</p> <p>SERRANO, J. R., PIQUERAS, P., ABBAD, A., TABEL, R., BENDER, S. y GÓMEZ, J. (2019). Impact on Reduction of Pollutant Emissions from Passenger Cars when Replacing Euro 4 with Euro 6d Diesel Engines Considering the Altitude Influence. <i>Energies</i>, 12, p. 1278. doi: 10.3390/en12071278</p> <p>SOBRINO, N. (2015). <i>Methodologies to measure and to manage the decarbonisation of road transport: the case of Spain</i>. Tesis (Doctoral), ETSI. Caminos, Canales y Puertos (UPM). Disponible en: http://oa.upm.es/35376/.</p> <p>SOBRINO, N. y MONZÓN, A. (2013). Management of Urban Mobility to Control Climate Change in Cities in Spain. <i>Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board</i>, 2375(1), pp. 55-61. doi: 10.3141/2375-07</p> <p>— (2018). Towards Low-Carbon Interurban Road Strategies: Identifying Hot Spots Road Corridors in Spain. <i>Sustainability</i>, 10, p. 3963. doi: 10.3390/su10113963</p> <p>SOBRINO, N., MONZÓN, A. y HERNÁNDEZ, S. (2014). Reduced Carbon and Energy Footprint in Highway Operations: The High Energy Assessment (HERA) Methodology. <i>Network and Spatial Economics</i>, 16, pp. 395-414. doi: 10.1007/s11067-014-9225-y</p> <p>UNFCCC (2018). Paris Agreement – Status of Ratification. <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>. Disponible en: https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification</p>
--	--	---