

Consumo de energía por el transporte en España y tendencias de emisión

Pedro José PÉREZ MARTÍNEZ*

Universidad Politécnica de Madrid. *pjperez@caminos.upm.es*.

Andrés MONZÓN DE CÁCERES**

Universidad Politécnica de Madrid. *monzon@caminos.upm.es*.

Recibido: 9 de febrero del 2008

Aceptado: 28 de julio del 2008

RESUMEN

En este estudio se analiza la evolución de los indicadores del sector transporte y la comparación con el conjunto de la Unión Europea. Se ponen de manifiesto las debilidades del sector en España: mayor crecimiento de las emisiones de viajeros que mercancías y crecimientos dobles que en la UE.

Este escenario se debe a una distribución modal ineficiente: crecen más los modos menos eficientes.

Las mejoras en eficiencia energética logradas con las mejoras tecnológicas de carburantes y motores, están compensadas por el aumento de recorridos y de potencia de los vehículos. Se presentan los resultados para determinar la evolución de los consumos durante los últimos 15 años. Estos datos permiten identificar los problemas para definir pautas para corregir la tendencia negativa actual.

Finalmente se demuestran como distintas medidas pueden ayudar a reducir las emisiones del transporte por carretera en España en un medio largo plazo. Las medidas tienen relación con las propuestas de la Estrategia Española de Eficiencia Energética – E4.

Palabras clave: emisiones medidas, emisiones de CO₂, escenarios, eficiencia.

Transport energy Consumption in Spain and emission trends

ABSTRACT

This study analyzes the evolution of transport indicators in Spain and compares with other EU countries. The analysis shows the weakness of the transport sector: bigger growth of passengers than freight and doubled growth than in EU.

* Doctor Ingeniero de Montes, Investigador del Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT), Universidad Politécnica de Madrid, C/Profesor Aranguren s/n 28040 Madrid, España; Tel: 34 91 3365234; Fax: 34 91 326 6656.

** Catedrático de Transportes, Director del Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT), Universidad Politécnica de Madrid, C/Profesor Aranguren s/n 28040 Madrid, España; Tel: 34 91 3365373; Fax: 34 91 326 6656.

This scenario is due to the inefficient modal share: there is a bigger growth in the most inefficient transport modes.

The energy efficiency improvements reach by the technological improvements of both fuels and vehicles, are compensated by the increment in the travel distances and the motor size of the vehicles. The research presents results that determine the evolution of the energy consumption during last 15 years. The results allow to identify the main problems in order to define the measures to correct the current negative trend.

Finally, there is a demonstration of how different measures can help to reduce road transport emissions in a medium-long term. The measures are related to the proposals of the Spanish Strategy of Energy Efficiency – E4.

Key words: emissions measures, CO₂ emissions, scenarios, efficiency

1. INTRODUCCIÓN: AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Una de las mayores preocupaciones sobre el medio ambiente y las perspectivas de un desarrollo sostenible es el sector transporte. Este sector ha crecido rápidamente en los últimos 15 años y se prevé que continúe creciendo en los próximos años. Además, las consecuencias medioambientales del transporte parecen difíciles de controlar. En concreto, el sector transporte es la fuente de gases de efecto invernadero (GEI) con mayor crecimiento en España, especialmente a través del crecimiento del transporte por carretera (PÉREZ-MARTÍNEZ, OTERO-PASTOR, 2006; PÉREZ-MARTÍNEZ, 2007). Hay una preocupación creciente sobre las consecuencias del transporte en la salud humana debidas a las emisiones locales de ciertos contaminantes, principalmente óxidos de nitrógeno y partículas (SPERLING, 2004). En esta comunicación, se revisa el impacto del sector en las emisiones de GEI, y se consideran los efectos que distintas medidas alternativas pueden tener en las emisiones y en los consiguientes consumos energéticos.

Una de las líneas de actuación para reducir las emisiones de GEI y consumo energético en el transporte consiste en desvincular la demanda de transporte y el crecimiento económico, mediante nuevas tecnologías y programas de ahorro y mejora de la eficiencia energética, con la aprobación y la cooperación consciente de la sociedad (CAID, 2003). La reducción de las emisiones de GEI en el transporte se puede lograr: reduciendo la actividad, mejorando la eficiencia energética de los distintos modos de transporte y combustibles y cambiando la distribución modal (LAKSHMANAN, HAN, 1997; SCHIPPER, SCHOLL, PRICE, 1997; STEENHOF, WOUDSMA, SPARLING, 2006). Se deben considerar tanto las acciones encaminadas a reducir la actividad y servicios de transporte como las que tienen por objeto reducir el consumo específico de energía para realizar esa actividad u obtener un servicio dado (e.g., mediante la utilización del vehículo privado a las horas en las que existan menores congestiones y con vehículos menos pesados y de menor consumo).

Las medidas que pueden aplicarse en el sector transporte desde el ahorro y la mejora de la eficiencia energética son bien conocidas en términos generales, y están estrechamente asociadas a la naturaleza del sector (JOHANSSON, 1995; EURITT, MARTELLO, QIN, WEISMANN, BERNOW, FULMER, PETERS, 1996; BOSE,

SRINIVASACHARY. 1997; DECICCO, MARK. 1998; RODENBURG, UBBELS, NIJKAMP. 2002; CUDDIHY, KENNEDY, BYER. 2005). Estas medidas contienen la aplicación correcta de precios de la energía que reflejen la totalidad de los costes incluidos los externos (e.g., impuesto especial de hidrocarburos), los incentivos financieros y fiscales que favorecen los modos de transporte de menor intensidad energética (e.g., para procurar cambios modales de transporte del vehículo privado al transporte público y del transporte de mercancías por carretera al ferrocarril), la planificación de los viajes al trabajo (e.g., desarrollo de planes de movilidad para procurar alternativas al transporte privado por carretera), la planificación de las infraestructuras de transporte y de los usos del suelo (e.g., desarrollo de modelos compactos de ciudades con menor gasto energético en transporte por habitante), el desarrollo de nuevos combustibles bajos en carbono sustitutos de los combustibles fósiles (e.g., biocombustibles de segunda generación: biodiesel y bioetanol) y el mayor uso de las tecnologías de las comunicaciones (e.g., comercio y trabajo a distancia por internet).

La disminución de la actividad del transporte y el aumento de la eficiencia es un elemento fundamental en la estrategia global para mejorar la sostenibilidad del sistema de transporte actual disminuyendo las emisiones de GEI. En este sentido, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas y otras instituciones solventes en el mundo de las emisiones de GEI, ahorro energético y lucha contra el cambio climático, consideran que el ahorro y la eficiencia energética constituyen un elemento esencial, y ciertamente la baza principal durante las próximas décadas, hasta que las innovaciones tecnológicas en desarrollo y aún por desarrollar puedan llegar a implantarse de forma masiva (KAHN RIBEIRO, KOBAYASHI, BEUTHE, GASCA, GREENE, LEE, MUROMACHI, NEWTON, PLOTKIN, SPERLING, WIT, ZHOU. 2007). El desarrollo y despliegue de las nuevas tecnologías requieren de un cierto tiempo debido en parte a la lenta renovación de la flota de vehículos (GREENE, PLOTKIN. 2001). En este sentido, la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático destaca las principales tecnologías y prácticas comerciales de las que dispone el sector para mitigar las emisiones de GEI: vehículos energéticamente eficientes, vehículos híbridos, vehículos diesel limpios, biocombustibles, cambio modal de la carretera al ferrocarril y al transporte público y transporte no motorizado (UN-FCCC. 2007). Del mismo modo se reflejan las tecnologías y prácticas que pretenden ser comercializadas antes de 2030: biocombustibles de segunda generación, aviones energéticamente más eficientes, vehículos híbridos y eléctricos más avanzados con baterías más potentes y fiables.

La Comisión Europea en el Libro Blanco del año 2000 (posteriormente revisado en 2006), dice que la sostenibilidad del modelo energético del transporte pasa por el control de la demanda de transporte y la mejora de la eficiencia de los modos de transporte. Es aquí donde existe un mayor potencial para establecer una estrategia eficaz de actuación. Para ello se recomienda profundizar en los procesos de liberalización del transporte – para hacer llegar al usuario la señal de los precios –, el establecimiento de mecanismos que aseguren que estos precios reflejan los costes reales y la promoción del ahorro energético. Esta línea de pensamiento se ha visto reforzada en el Libro Verde de junio de 2005 sobre eficiencia en el uso final de la

energía y servicios energéticos, donde se adelanta la idea de que en la Unión Europea es posible reducir hasta el 20% del consumo global de una forma económicamente rentable. Esta idea ha sido posteriormente ratificada por el Consejo Europeo de marzo de 2007, en su Plan de Acción, donde se establece este objetivo para el año 2020. El Parlamento Europeo y el Consejo han aprobado la Directiva 2006/32/EC, para el uso eficiente de la energía final, además de revisar una propuesta de Directiva que pretende el desarrollo de vehículos de carretera limpios y energéticamente eficientes. La Comisión Europea está desarrollando una metodología para estimar los costes externos del sector transporte (MAIBACH, SCHREYER, SUTTER, VAN ESSEN, BOON, SMOKERS, SCHROTEN, DOLL, PAWLOWSKA, BAK. 2007).

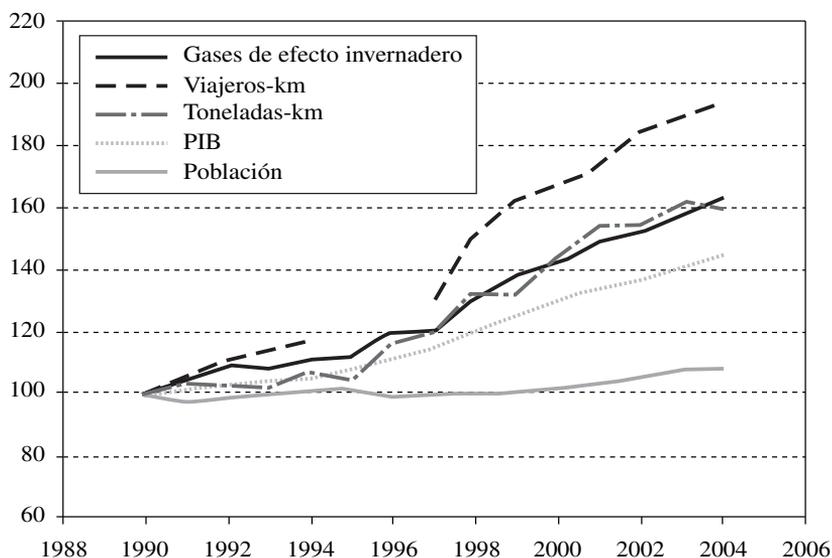
La disminución de la actividad del transporte y la mejora de la eficiencia energética no son los únicos factores que conducen a una economía del transporte baja en emisiones de GEI. La economía, por definición, será baja en emisiones si lo son los combustibles empleados en suministrar las distintas formas de energía motriz que se requieren para desempeñar la actividad de transporte (JOHANSSON. 1995). Obviamente, no sólo se trata de que no se emitan GEI en el consumo de la energía final, sino en la cadena completa de transformaciones energéticas que permiten disponer de esa energía final (VAN WEE, MOLL, DIRKS. 2005). Así, el consumo de 1 pegajulio (PJ, $1 \cdot 10^{15}$ julios) de electricidad en los trenes españoles conlleva en promedio el consumo de 2,5 PJ de energía primaria en forma de combustibles fósiles en una central térmica y unas emisiones asociadas superiores a 20.000 toneladas de CO₂ equivalentes (tCO₂ eq.) (PILO ET AL. 2006). El ahorro y la eficiencia energética pueden reducir significativamente el volumen de las distintas formas de energía que se tienen que proveer. Y esto facilitará enormemente la tarea de conseguir un suministro energético bajo en CO₂.

2. TRANSPORTE Y GASES DE EFECTO INVERNADERO: EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS

En 1990, el transporte consumía el 39.5% de la energía primaria total en España y en 2004 el 40,7% (MINISTERIO DE FOMENTO. 2006). En 2004 el consumo final energético del sector transporte fue de 38.378 miles tep (toneladas equivalentes de petróleo). Además de ser el sector económico con mayor consumo final energético, el transporte es el sector con mayor consumo de derivados del petróleo (55,2%, 2004). En términos absolutos, las emisiones de GEI procedentes del transporte han crecido en este periodo un 66% (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2006). A un ritmo de crecimiento anual de 3,7%, las emisiones pueden llegar a doblarse en poco más de 20 años. El crecimiento de estas emisiones es debido fundamentalmente al transporte de viajeros por carretera en vehículos privados y al transporte de mercancías por carretera. Sólo el transporte por carretera es responsable del 75% del total de las emisiones del sector.

Este crecimiento importante de emisiones de GEI del sector del transporte no se explica sólo por el crecimiento demográfico, ni siquiera por el crecimiento económico, que tienen ratios de crecimiento menores, como se recoge en la figura 1. Eso

Figura 1. Evolución de la demanda de transporte, emisiones GEI, crecimiento económico y demográfico en España, 1990-2004.



Fuente: TRAMA (2006).

indica que los procesos productivos en nuestro país tienen un consumo creciente de transporte, contrariamente a los objetivos comunitarios de generar crecimiento económico con menores aumentos de los flujos de transporte de viajeros y mercancías (AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE. 2006). La intensidad energética del transporte por carretera, expresada en tep por habitante, ha pasado de 0,46 tep en 1990 a 0,71 (54%). De la misma forma la intensidad energética del transporte por carretera, expresada en tep por millón € (a precios constantes de 1995), ha pasado de 0,045 tep en 1990 a 0,052 (15%).

Por otra parte, el consumo anual de los 26 millones de vehículos de carretera es de 34.696 millones litros de combustible (mayoritariamente gasolina y gasóleo). De este total, el consumo del parque de automóviles (19,5 millones) supone el 54%, los 2,4 millones de camiones el 33%, las furgonetas el 10% y los autobuses y las motos el 3%. Debe destacarse que el consumo de la flota de camiones constituye el 60% del combustible utilizado por los coches. El consumo urbano constituye el 22% del consumo total, de los cuales el 73% corresponde a vehículos con motores diesel. Los consumos interurbanos se obtuvieron a partir de los datos de tráfico interurbano multiplicados por los consumos medios. Estos consumos medios varían en función del tipo de motor y vehículo. Los consumos urbanos se obtienen restando de los consumos totales, obtenidos del informe anual de la Agencia Tributaria (MINISTERIO DE ECONOMÍA. 2006), los consumos interurbanos. Para más detalle puede consultarse la tabla 1.

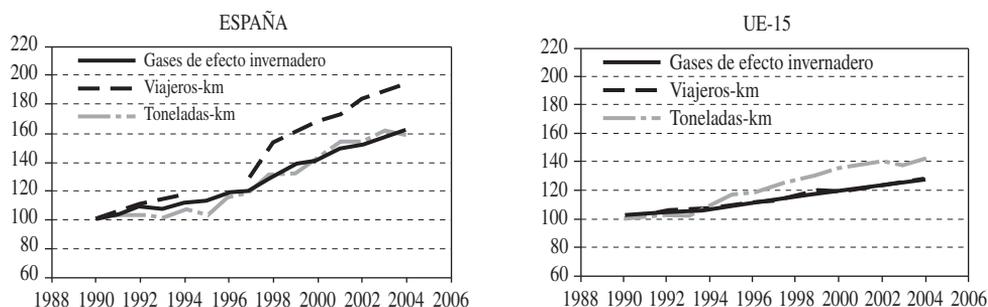
Tabla 1. Tráfico, parque y consumo de petróleo por modo de transporte y tipo de combustible, España 2004

Modo de transporte	Tráfico Interurbano (10 ⁶ veh-km)	Parque total (vehículos)	Interurbano	Consumo Urbano (10 ⁶ litros)	Total	Consumo Medio (l/100 km)
Motor gasolina						
Motos	1.229	1.612.482	80	43	122	6
Furgonetas	6.979	737.024	942	235	1.177	13
Coches	67.327	12.035.098	6.323	1.783	8.106	9
Todos	75.535	14.384.604	7.344	2.071	9.415	10
Motor diesel						
Camiones	30.482	2.419.908	9.054	578	9.632	30
Autobuses	1.424	56.957	400	55	455	28
Furgonetas	14.831	1.592.039	1.763	588	2.351	12
Coches	119.532	7.506.821	8.501	4.367	12.868	7
Todos	166.269	11.575.725	19.719	5.562	25.281	12

Fuente: elaboración propia a partir de D.G. Carreteras Anuario 2005, Ministerio de Fomento Informe Anual 2005, Dirección General de Tráfico Anuario 2004, Agencia Tributaria-Ministerio de Economía 2006.

La evolución reciente de la demanda de transporte y sus emisiones de GEI en nuestro país han seguido pautas de crecimiento mucho más aceleradas que en el conjunto de la UE, como muestra la figura 2. La movilidad de personas y mercancías crece a un ritmo muy superior a la de nuestros vecinos europeos. Se observa, además, que el crecimiento del transporte de viajeros es mayor que el de mercancías, cuando en Europa la tendencia es la contraria. Estos datos ponen de manifiesto la mayor gravedad del problema en nuestro país, y que, en nuestro caso, la movilidad de viajeros es aún más preocupante que la de mercancías.

Figura 2. Evolución GEI y demanda de transporte en España y en Europa 1990-2004.



Fuente: elaboración propia a partir de Informe TERM-AEMA (2006).

Se necesita, por tanto, una acción decidida para ofertar alternativas a la movilidad mecanizada, y en particular al coche, para alcanzar los bienes y destinos que garantizan el bienestar de la sociedad. Pero el cambio no se producirá sólo mejorando y ampliando la oferta, sino que es preciso un cambio de mentalidad en la elección del modo de transporte, de modo que la responsabilidad en el viaje se traslade a los ciudadanos, a los empresarios y a los responsables de la ordenación territorial y desarrollo urbano.

3. INEFICIENTE DISTRIBUCIÓN MODAL E INTENSIDAD ENERGÉTICA

Las tendencias generales anteriores son debidas, además de al aumento de la actividad de transporte, al importante desequilibrio modal y a la ineficiencia energética: el ferrocarril, en un escenario de demanda creciente, no sólo no crece en términos absolutos, sino que sigue perdiendo cuota de mercado, tanto en viajeros como en mercancías, alcanzando valores claramente inferiores a la media europea (AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE, 2006).

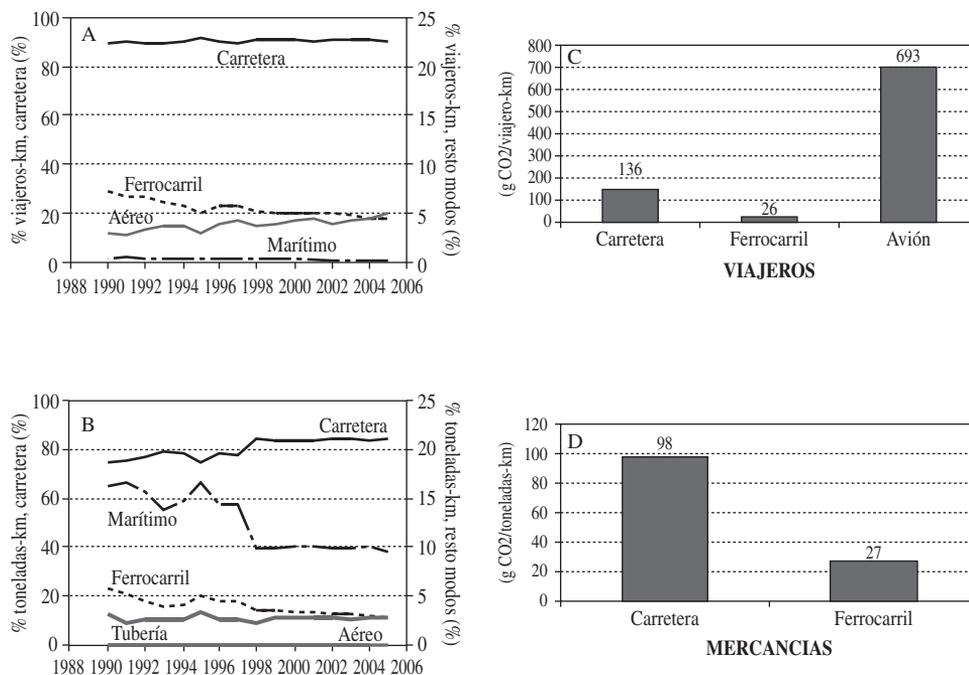
La distribución modal se obtiene repartiendo la actividad total de transporte, viajeros-km y mercancías-km, en cada modo de transporte (ferrocarril, carretera, marítimo). Así por ejemplo, la utilización del transporte privado de viajeros y la consiguiente elección modal, vienen determinados por la renta anual por habitante así como por el precio de los combustibles y el coste de los automóviles (GOODWIN, DARGAY, HANLY, 2004). Del mismo modo, en el transporte de mercancías la elección modal viene influenciada por el tipo de mercancía transportada, los costes asociados y la naturaleza de la red de transporte. En los países industrializados y desarrollados, el transporte de productos intermedios y finales es cada vez más importante, utilizándose en su mayoría camiones (SCHIPPER, SCHOLL, PRICE, 1997).

En 2005 el transporte por carretera representó el 90% de los viajeros-km transportados, mientras que el avión participó con el 5%, el ferrocarril con el 4,7% y el barco el 0,3%. El mayor crecimiento entre 1995 y 2005 ha correspondido al transporte aéreo (131,7%). La figura 3a, muestra una disminución del reparto del ferrocarril y un estancamiento del transporte marítimo.

En 2005 el transporte por carretera representó el 85% de las toneladas-km transportadas, mientras que el barco participó con el 9,6%, y el ferrocarril y el transporte por tubería representaron el 2,7% cada uno. El mayor crecimiento entre 1995 y 2005 ha correspondido al transporte por carretera (72,5%). La figura 3c, muestra un cambio significativo de los modos ferroviario y marítimo de cabotaje hacia el modo carretera.

La intensidad energética, definida como megajulios (MJ) por viajero-km o tonelada-km (en término de emisiones, gramos de CO₂ equivalentes), viene determinada por dos factores: la energía requerida para mover el vehículo y la utilización de la capacidad del vehículo. La energía requerida para mover el vehículo está determinada por el consumo de combustible, las condiciones de transporte (tráfico y geografía) y las características del vehículo (modelo y tamaño). La utilización de la capacidad del vehículo depende de los niveles de ocupación y carga de los vehículos individualmente, la utilización relativa de cada tipo de vehículo y la distribución

Figura 3. Reparto modal (A, C) e intensidad de las emisiones (B, D) por modo de transporte de viajeros y mercancías (2005).



Fuente: TRAMA (2006).

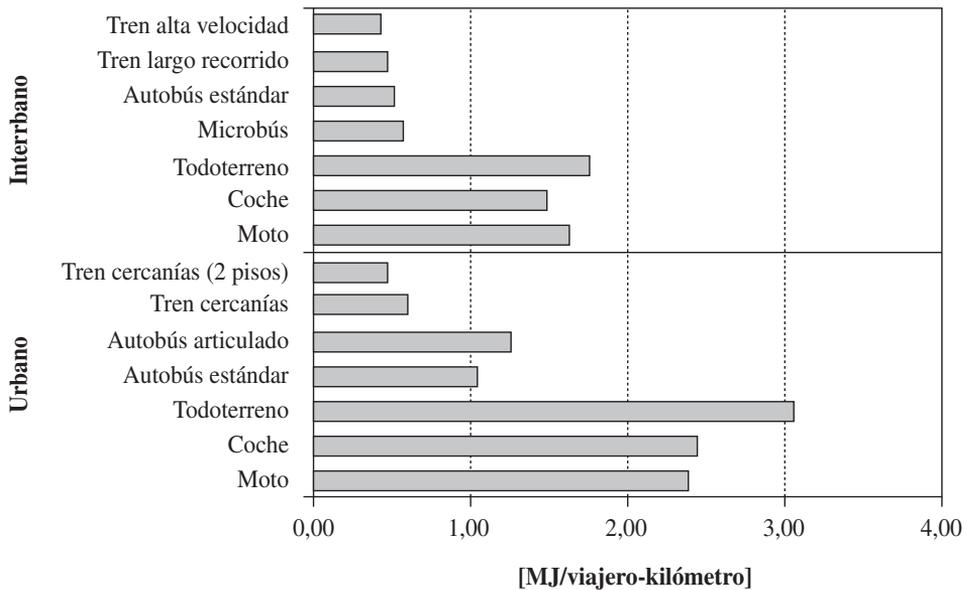
de los distintos tipos de vehículos en el conjunto del parque (LÉONARDI, BAUMGARTNER, 2004).

La intensidad energética de la carretera es 5 veces superior a la del transporte ferroviario en el caso del transporte de viajeros (figura 3b), y de 4 veces en el de mercancías (figura 3d). Por ello la tendencia decreciente del transporte por ferrocarril explica una parte del crecimiento acelerado de las emisiones en nuestro país. En España se da el caso de que la intensidad energética de los modos de transporte en su conjunto ha aumentado, a pesar de que la intensidad energética de los modos individualmente ha disminuido, como consecuencia del cambio modal en favor de la carretera.

Puede afirmarse que nuestro país se encuentra en el peor de los escenarios posibles, pues no sólo su situación actual es de las más deficientes de Europa, sino que la tendencia es a empeorar más, y de manera acelerada. Las emisiones de GEI crecen a un ritmo superior al de nuestros vecinos comunitarios, y además los modos dominantes y crecientes son los menos eficientes energéticamente.

Las soluciones pasan necesariamente por utilizar los modos y vehículos más eficientes, tal y como se recoge en la figura 4. Los modos ferroviarios y autobuses tienen

Figura 4. Consumo directo de energía en distintos vehículos de viajeros y tipo de servicio.



Fuente: Pérez-Martínez y Sorba (2007).

consumos mucho menores, tanto en viajes urbanos como interurbanos, por lo que la potenciación del transporte público será clave en la lucha contra la emisión de GEI. Los modos ferroviarios aumentan su eficiencia en entornos urbanos. Conviene señalar el peor comportamiento de los vehículos todo terreno frente a los coches normales, lo que debería llevar a tomar medidas para su reducción, sobre todo en zonas urbanas.

La tabla 2 muestra las diferencias en las intensidades energéticas de los modos de transporte de mercancías para distintos ámbitos de estudio y fuentes de energía. En todos los estudios revisados, el transporte marítimo, cabotaje e internacional, y el transporte de mercancías en ferrocarril presentan ratios de intensidad similares (0,2-0,4 MJ por tonelada-km). Esto demuestra que se utilizan tecnologías equivalentes y los factores de carga, expresados en toneladas-km por vehículo-km, son a su vez parecidos. Los ratios de intensidad energética del transporte marítimo internacional presentan una variación muy pequeña al tratarse de un sector globalizado.

Contrariamente a los modos anteriores, las variaciones de las intensidades energéticas y de emisiones del transporte de mercancías por carretera son mayores. En los distintos estudios, las estadísticas reflejan distintas condiciones de tráfico y operación (e.g., urbano/interurbano, congestión, tecnología vehículos, factores de carga y distribución del parque). Estas estadísticas están referidas bien a la totalidad del transporte de mercancías por carretera o únicamente a camiones pesados y furgonetas. Pese al rango de variación de las intensidades energéticas y de emisiones, las figuras anteriores demuestran una clara desventaja del modo carretera frente a los otros modos.

Tabla 2. Intensidad energética y de emisiones de CO₂ para diferentes modos de transporte de mercancías

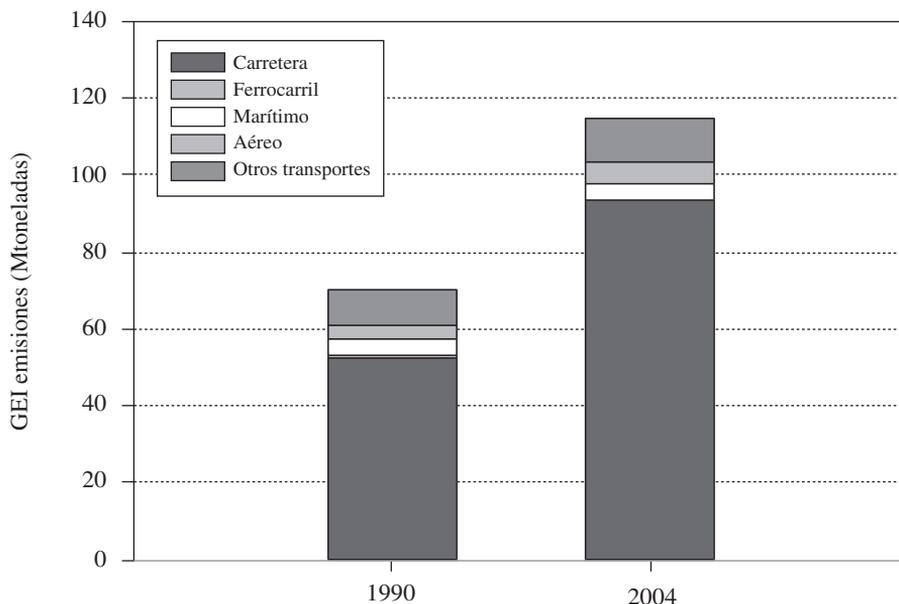
Modo	Intensidad energética (MJ/t-km)	Intensidad emisiones CO ₂ (gramos CO ₂ /t-km)	Fuente de energía	Coefficiente emisión CO ₂ (ktCO ₂ eq/PJ)	Ámbito estudio	Fuente
Marítimo-cabotaje	0,4	30,9	Fueloil	77,4	UE 15 países	ECMT (2007), TRENS (2003)
Marítimo-internacional	0,2	13,9	Fueloil	77,4	UE 15 países	ECMT (2007), TRENS (2003)
Marítimo-cabotaje	0,3	20,8	Fueloil	69,2	Australia	Lenzen (1999)
Marítimo-internacional	0,2	18,9	Fueloil	78,1	Global	Kristensen (2002)
Marítimo-internacional	0,2	—	Fueloil	—	Global	UNCTAD (2006), Fearnleys review (2006)
Marítimo	0,3	23,4	Fueloil	77,4	EEUU	Kamakaté y Schipper (2008)
Ferrocarril	0,3	22,8	Mix energ.	77,4	UE 15 países	ECMT (2007), TRENS (2003)
Ferrocarril	0,5	34,6	Mix energ.	69,2	Australia	Lenzen (1999)
Ferrocarril	0,2	19,4	Mix energ.	78,1	EEUU	Kamakaté y Schipper (2007)
Ferrocarril	0,4	—	Mix energ.	—	España	TRAMA (2006)
Carretera-total	1,7	123,1	Diesel	74,1	UE 15 países	ECMT (2007), TRENS (2003)
Carretera-furgonetas	5,4	397,4	Diesel	74,1	UE 15 países	ECMT (2007), TRENS (2003)
Carretera-camiones	1,2	92,0	Diesel	74,1	UE 15 países	ECMT (2007), TRENS (2003)
Carretera-furgonetas	32	2215,4	Diesel	69,2	Australia	Lenzen (1999)
Carretera-camiones articulados	1,4	96,9	Diesel	69,2	Australia	Lenzen (1999)
Carretera-camiones rígidos	3,5	242,3	Diesel	69,2	Australia	Lenzen (1999)
Carretera-total	3,1	226,5	Diesel	74,1	Francia	Kamakaté y Schipper (2008)
Carretera-camiones	1,4	—	Diesel	—	España	TRAMA (2006)

4. LA POSICIÓN DOMINANTE DEL TRANSPORTE POR CARRETERA

Las principales características y tendencias del transporte en España, especialmente en lo referente al consumo de energía directa y emisiones de GEI, han sido estudiadas en detalle en el informe sobre transporte y medio ambiente (PÉREZ-MARTÍNEZ, MONZÓN DE CÁCERES. 2006). La figura 5 es suficientemente expresiva de la situación en la que se encuentra el transporte en España, con una dependencia clara del modo carretera. El transporte de viajeros y mercancías por carretera y el transporte aéreo de viajeros están aumentando a un mayor ritmo que los otros modos de transporte. Estas tendencias se repiten en otros países industrializados y desarrollados (LENZEN. 1999). Hace falta una clara determinación para cambiar esta doble tendencia negativa: modificar la distribución modal y mejorar la eficiencia energética (PÉREZ-MARTÍNEZ. 2007).

La figura 6 arroja algunas luces sobre las razones de este enorme desequilibrio. El primer gráfico (A) expresa con claridad el crecimiento en el período 1990-2005 del parque y del nivel de motorización, superior al 50%. En 2005 el parque superó los 25 millones de vehículos y el nivel de motorización fue de más de 600 vehículos por 1.000 habitantes. En este año aproximadamente el 75% de todos los vehículos de carretera son vehículos de viajeros, lo que significa un nivel medio de motorización

Figura 5. Distribución modal de emisiones de GEI (1990, 2004).

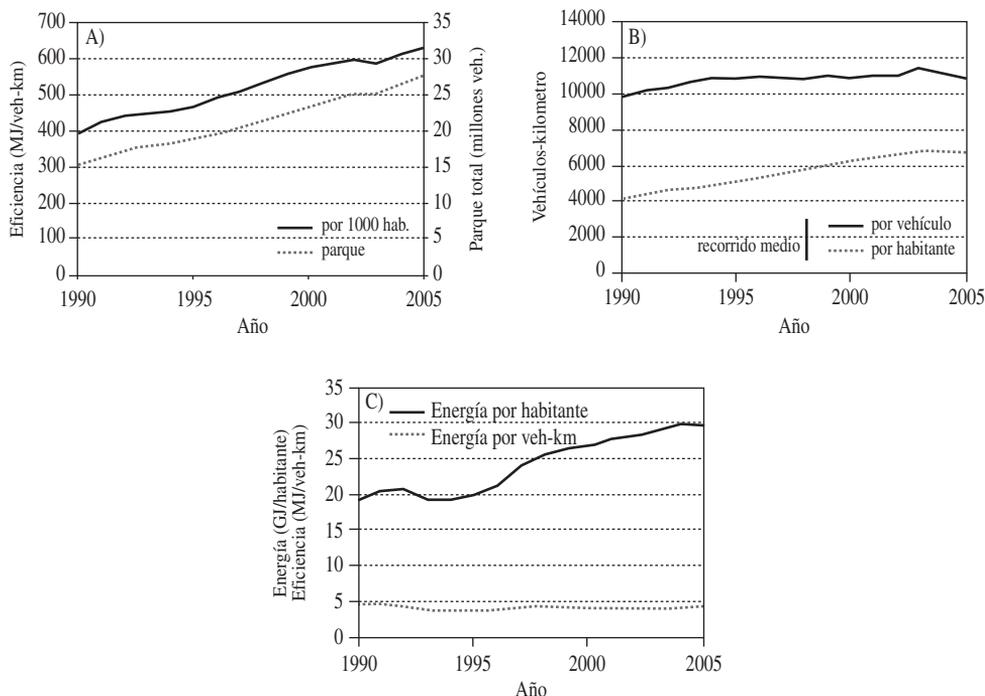


Fuente: Pérez-Martínez y Sorba (2007).

de 470 vehículos por 1.000 habitantes. Por otra parte, la distancia total recorrida por todos los vehículos se dobló desde 154 miles de millones vehículos-kilómetro (vkm) en 1990 a 299 miles de millones vkm en 2005, con los vehículos de viajeros contabilizando casi las tres cuartas partes del total. Es interesante ver en la figura 6, que la distancia media recorrida por vehículo (B) permanece constante e igual a 10.700 kilómetros por año, así que el incremento de los vkm totales es debido fundamentalmente a un incremento de la movilidad privada utilizando vehículos de viajeros nuevos. El recorrido medio por habitante ha aumentado el 76%, lo cual quiere decir que se hacen más viajes por persona y a distancias mayores. Se ha pasado, en el lapso de 15 años, de recorrer 3.851 kilómetros por habitante y año, a 6.778 km, con el consiguiente aumento de consumos y emisiones de GEI. Un estudio del Reino Unido revela que la causa fundamental del aumento de las distancias por habitante recorridas en coche es el aumento del nivel de motorización, aunque pueden haber otras causas como la variación del precio de los combustibles y la capacidad de las carreteras (KWON, PRESTON. 2005).

Como el consumo medio por vehículo es prácticamente constante (C), consecuentemente está aumentando el consumo de energía por habitante paralelamente a los vkm por habitante. El consumo de energía por habitante ha pasado de 20 GJ en 1990 a 30 GJ en 2005. Aunque ha mejorado la eficiencia de los motores y carburantes, al tiempo ha aumentando la potencia y tamaño de los automóviles, por lo que no ha habido ganancias netas en consumos medios por vehículo-km, que siguen en torno a

Figura 6. Evolución del transporte por carretera en España: motorización (A), recorridos medios por vehículo y habitante (B) y consumos medios por habitante y vehículo-km (C)



Fuente: elaboración propia a partir del Ministerio de Fomento e Interior (2006).

Nota: los vehículos-kilómetro totales se estimaron sumando los correspondientes a los viajes interurbanos y una estimación de los urbanos, realizada sobre la base de que los viajes urbanos suponen el 22% de las emisiones totales de CO₂ del transporte por carretera (Inventario Nacional de Emisiones, MMA, 2006).

los 5 MJ/vehículo-km (0,12 l/km). O lo que es lo mismo 119 gep/vehículo-km (gramos equivalentes de petróleo por cada unidad vehículo-km). Estos resultados coinciden con los de Schipper (2007), el cual analiza las tendencias de consumos y emisiones de GEI de los automóviles en los países desarrollados e industrializados.

5. ESCENARIOS TENDENCIALES DE EMISIONES DE CO₂ Y POSIBLES ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR DEL TRANSPORTE

El sector transporte dispone de distintas medidas e instrumentos para reducir las emisiones de GEI (ACCUT, DODGSON. 1996). De estas medidas, la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático destaca los impuestos en la compra y uso de los vehículos, impuestos de matriculación y circulación, en función de las emisiones de los vehículos. También se destacan los impuestos especiales sobre

hidrocarburos, los peajes en las carreteras y aparcamientos y la inversión en transporte público y en otros modos no motorizados de transporte. El impacto de los impuestos puede ser pequeño si aumentan las rentas. Además, se destacan otras medidas como las mezclas de biocombustibles y combustibles convencionales, la admisión de estándares de CO₂ para el transporte por carretera y la obligatoriedad de ahorrar combustible. Estas medidas pueden tener un impacto pequeño al estar limitadas a un sector reducido del parque de vehículos. Como novedad, se destacan las medidas que pueden influenciar la movilidad a través de los usos del suelo y la planificación de las infraestructuras.

Ante la delicada situación del sector transporte en España sólo cabe una acción decidida, reuniendo esfuerzos desde diversos campos de acción. Para ello es necesario definir unos escenarios de futuro y establecer unos objetivos de mejora.

A medida que cambian las condiciones y circunstancias de un país se debe poder medir el potencial de mitigación de las emisiones de GEI para un periodo de tiempo determinado. Esta medición debe tener en cuenta las tendencias pasadas así como el estado actual y futuro de todos los factores e indicadores que determinan el potencial de mitigación de un país. La figura 7-A define el escenario tendencial actual (BAU) con un crecimiento del 3,7% anual de las emisiones, y el escenario deseable de reducción (RED), que supone un objetivo de disminución de GEI del 20% en el horizonte del año 2020, pasando por el cumplimiento del Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión en 2010 (+ 37% sobre el nivel de 1990).

Esto supone una reducción global de emisiones sobre el escenario tendencial entre 2005 y 2020 de 1.145 Millones de tCO₂, que correspondería al área del triángulo rayado de la parte A de la figura anterior equivalente al potencial de mitigación. La reducción sólo puede conseguirse con una clara política de reducción de emisiones, que incluya un conjunto de medidas de eficiencia en todos los campos. Se dispone del suficiente conocimiento científico, técnico e industrial para resolver el problema de las emisiones de GEI y del cambio climático en las próximas décadas (PACALA, SOCOLOW. 2004).

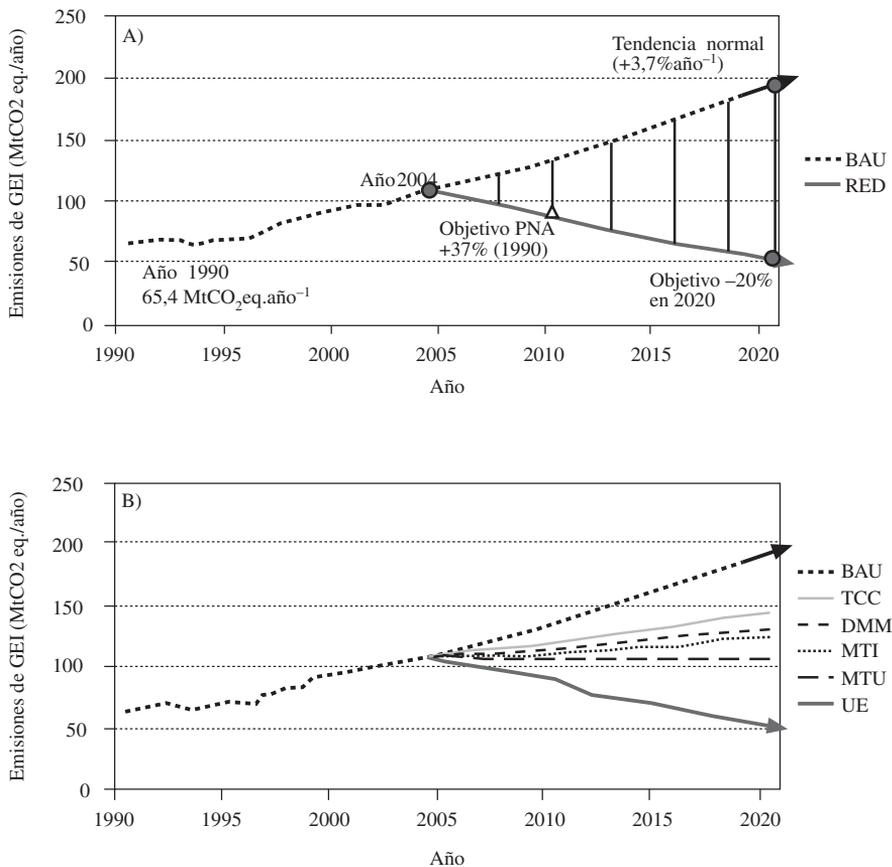
Este cambio de tendencia debería lograrse mediante las siguientes actuaciones, buscando sinergias entre ellas y coordinando institucionalmente un Plan de Acción (figura 7-B).

A) MEJORAS TECNOLÓGICAS EN VEHÍCULOS Y COMBUSTIBLES (TCC)

En la última década hemos venido asistiendo a una reducción de los consumos de los vehículos, mediante los acuerdos voluntarios adoptados por los fabricantes de vehículos (acuerdos ACEA) y de mejora de los combustibles (programa AUTOIL).

Estas reducciones energéticas pasan por la mejora del rendimiento de los motores, reducción de peso y diseño más aerodinámico de los vehículos, el empleo de motores eléctricos, híbridos, etc (ORASCH, WIRL. 1997; ADVENIER, BOISSON, DELARUE, DOUAUD, GIRARD, LEGENDRE. 2002). Por otra parte, se puede actuar sobre la calidad de los combustibles, mejorando su potencia, o introduciendo biocombustibles u otras fuentes energéticas: vehículos eléctricos o mixtos, pila de hidrógeno, etc (HILL, NELSON, TILMAN, POLASKY, TIFFANY. 2006).

Figura 7. Escenarios de emisión de GEI procedentes del transporte, 2004-2020.



Fuente: elaboración propia a partir datos del Ministerio de Medio Ambiente (2007).

Las administraciones pueden impulsar estas medidas mediante la utilización ejemplar de flotas de vehículos con combustibles alternativos, menor potencia, etc (SCHIPPER. 2007). Cabe también la aplicación de tasas fiscales según las emisiones del vehículo y no sobre la potencia de su motor.

B) CAMBIO EN LA DISTRIBUCIÓN MODAL DE MERCANCÍAS (DMM)

Reducción de la dependencia de la carretera, aunque siga siendo el modo mayoritario. No obstante el ferrocarril debe lograr un cambio de tendencia para alcanzar una cuota similar a la de otros países europeos. También el transporte marítimo tiene un potencial de crecimiento para grandes volúmenes de mercancías. No obstante la

potenciación de los diversos modos pasa por la mejora de la cadena multimodal, pues la carretera es el modo complementario de los otros modos, para recogida de cargas y distribución final, por lo que las instalaciones logísticas multimodales serán elemento clave para lograr un cambio significativo en la distribución modal (VASALLO, FAGAN. 2007; JANIC. 2007).

C) MEJORA DE LA DISTRIBUCIÓN MODAL DE LA DEMANDA INTERURBANA DE VIAJEROS (MTI)

Del mismo modo, el ferrocarril de calidad debe ser capaz de captar viajes, tanto del vehículo privado como del avión, en el caso de la alta velocidad (LÓPEZ-PITA, ROBUSTÉ. 2003). También los servicios de autobús por carretera han demostrado ser una alternativa competitiva y de calidad cuando están bien gestionados y se dispone de una red con frecuencias y destinos suficientes.

D) MEJORA DE LA DISTRIBUCIÓN MODAL DE LA DEMANDA URBANA DE VIAJEROS, REDUCCIÓN DE LA LONGITUD Y NÚMERO DE VIAJES MOTORIZADOS (MTU)

Supone la implantación de Planes de Movilidad Urbana en las ciudades, cambiando los hábitos de movilidad y la dependencia del coche. También se deberían diseñar Planes de Transporte a los Centros de Trabajo (polígonos industriales, de oficinas, etc.), a los grandes Centros Comerciales y de Ocio, de modo que por su localización e instalaciones sean accesibles en transporte público (IDAE. 2006a).

Potenciación de la movilidad a pie y en bicicleta, recuperando espacio urbano para la movilidad no motorizada. Incluso la moto antes que el coche.

Calidad y prioridad al transporte público, como carriles bus, prioridad semafórica, oferta atractiva por el diseño de las redes y por su calidad. En cada caso supondrá la oferta de los medios más adecuados: autobuses, metros, tranvías, etc. Para ello serán clave las acciones de coordinación e integración: intercambiadores, billetes integrados, información al usuario, etc (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2007; IDAE. 2006b).

Por último, se precisan campañas de información y concienciación para que los ciudadanos tomen sus decisiones conscientes de los efectos que su elección de modo de transporte produce sobre el medio ambiente. Muchos viajes pueden evitarse, otros concentrarse, o realizarse en un modo más limpio. En algún caso convendrá señalar el coste económico y ambiental de estilos de vida dependientes de la movilidad en automóvil (SCHAFER, VICTOR. 1999; SCHAFER, VICTOR. 2000).

E) USO EFICIENTE DE LOS VEHÍCULOS (UE)

Supone la adecuada gestión del sistema de transporte, tanto de viajeros como de mercancías. Una parte de la gestión se referirá al control de uso de la infraestructura,

ya sea mediante restricciones horarias, tarifarias o de otro tipo a algunos vehículos, en situaciones de congestión, por ejemplo. Las emisiones de GEI crecen con la velocidad de los vehículos, por lo que el control de la velocidad será elemento clave en la reducción de emisiones; también con el tiempo que está funcionando el motor, para lo que hay que minimizar los atascos de tráfico (HENSHER. 2006; BERGER. 2007).

La segunda parte se refiere a la flota, que debe renovarse con periodicidad adecuada y tener un estricto mantenimiento para reducir consumos (VAN WEE, MOLL, DIRKS. 2000). También la gestión de flotas es un elemento clave: tamaño y potencia, frecuencias, nivel de ocupación, etc., son variables que hay que optimizar para mejorar el comportamiento energético, tanto en transporte de viajeros como mercancías.

La conducción eficiente desde el punto de vista energético ha demostrado también su potencial para reducir emisiones, al tiempo que se reducen costes de carburante.

El potencial de reducción de estas medidas dependerá de cómo se apliquen, el control y seguimiento que se haga, por lo que no se pueden dar cifras exactas. No obstante, siguiendo las propuestas del Plan de Acción de la Estrategia de Eficiencia Energética (E4), los objetivos podrían ser los que se indican en la tabla 3.

Como puede comprobarse se requiere un esfuerzo muy grande, pues supondría reducir a casi la cuarta parte las emisiones tendenciales en 2020, pasando de 193 a 52 millones de tCO₂. Este esfuerzo supondría reducir casi a la mitad las emisiones previstas en el período 2005-2020, aumentando de forma progresiva la intensificación de las medidas.

6. DISCUSION Y CONCLUSIONES

El transporte en España es responsable de casi el 31% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con el consumo humano de energía. Si los factores que generan la actividad de transporte continúan, así como las emisiones de CO₂, la actividad de transporte podrá incrementarse en más de un 157% sobre el nivel del Protocolo de Kyoto en 2020 (año base de referencia 1990). Bajo el Protocolo de Kyoto, España se compromete entre 2008 y 2012 a reducir anualmente los gases de efecto invernadero hasta alcanzar 15% de incremento sobre los niveles de 1990. Durante el periodo 1990-2020, las emisiones de CO₂ debidas al transporte se espera que se incrementen en 196%, contabilizando 193,3 millones de toneladas de carbono en 2020.

La reducción de las emisiones del transporte será difícil si los factores que han incrementado las emisiones en el pasado son factores importantes en el incremento de las emisiones futuras. Aunque las medidas de gestión de los sistemas de transporte tienen una reducción potencial de las emisiones limitada, dichas medidas son necesarias para disminuir otras externalidades del transporte: accidentes, congestión, ruido y contaminación atmosférica. Estas medidas son importantes teniendo en cuenta que las emisiones de otros sectores económicos han disminuido o han crecido en menor proporción que las del transporte.

Este estudio evalúa un rango de escenarios futuros que se corresponden con una serie de opciones de reducción de emisiones. Entre estas opciones, la eficiencia en el uso de los vehículos ofrece el mayor potencial y es clave para reducir drásticamente las emisiones de carbono junto con las mejoras tecnológicas de los vehículos y los

Tabla 3. Esfuerzo de reducción de emisiones de CO₂ 2004-2020 para cada grupo de medidas

Emisiones	2020 (MtCO ₂)	Acumulado 2004-2020 (MtCO ₂)
Escenario Tendencial BAU (1)	193,3	2.500,9
Ahorros medidas		
TCC: tecnológicas coches combustibles	48,7	380,0
DMM: distribución modal mercancías	13,7	106,1
MTI: modal tráfico interurbano	8,3	65,0
MTU: modal tráfico urbano	15,4	123,1
UE: uso eficiente	54,8	470,4
Total ahorro (2)	141,0	1.144,6
Escenario de Reducción RED (1-2)	52,4	1.356,6

combustibles. La eficiencia en el uso vehicular representa una gestión apropiada del sistema de transporte y podría reducir las emisiones base pronosticadas en 2020 en 28%. Las mejoras en la tecnología de vehículos y combustibles continúan las tendencias pasadas de la intensidad energética de los modos de transporte de viajeros y mercancías y podrían reducir las emisiones base estimadas en 2020 en 25%. Cambios en los repartos modales, mercancías, viajeros interurbanos y urbanos, podrían reducir las emisiones de CO₂ en otro 19% y conducir a estabilizar las emisiones en 52,4 millones de toneladas de carbono en 2020: cualquier reducción significativa adicional de las emisiones de CO₂ precisaría la introducción a gran escala de medidas adicionales como combustibles bajos en carbono, medidas fiscales y teletrabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Medio Ambiente el apoyo técnico y la financiación de este estudio.

REFERENCIAS

- ACEA Asociación Constructores Europeos Automóviles (2006): “European Automobile Industry Report. ACEA’s Annual Tax Guide”, Bruselas, pp. 5.
- ADVENIER, P., P. BOISSON, C. DELARUE, A. DOUAUD, C. GIRARD Y M. LEGENDRE, (2002): “Energy Efficiency and CO₂ Emissions of Road Transportation: Comparative Analysis of Technologies and Fuels”, en: *Energy & Environment* 13, Multi Science, London, 631-646 pp.
- ACUTT, M. Y J. DODGSON (1996): “Policy instruments and greenhouse emissions from transport in the UK”, en: *Fiscal Studies* 17-2, Blackwell Publishing, Oxford, 65-82 pp.

- AEMA Agencia Europea Medio Ambiente (2006): “Transport and environment: facing a dilemma. TERM 2005”, en: Janse, P. (ed.), “Environmental issues series No 3”, Copenhagen, pp. 52.
- AUTOIL (1999): “Auto-Oil II Cost-Effectiveness Study Annex. Spain. Part III: The Transport Base Case”, The European Commission, Standard & Poor’s DRI and KULeuven.
- BERGER, W.J. (2007): “Abschätzung der Auswirkungen einer Einführung von Tempolimit 80 km/h auf Landstraßen in Österreich”, en: *Strassenverkehrstechnik* 8, 409-416 pp.
- BOSE, R.K. Y V. SRINIVASACHARY (1997): “Policies to reduce energy use and environmental emissions in the transport sector. A case of Delhi city”, en: *Energy Policy* 25, Elsevier, Amsterdam, 1137-1150 pp.
- CAID, N. (2003): “Analysis of the links between transport and economic growth. Project on decoupling transport impacts and economic growth”, ENV/EPOC/WPNEP/T(2003)4/FINAL, OECD Environment Directorate, Paris, pp. 94.
- CE PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO (2006): “Directiva 2006/32/CE on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/CE”, en: *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L 114, 64-114 pp.
- CE (2001): “European Commission’s Transport White Paper. European transport policy for 2010: time to decide”.
- (2005): “European Commission’s Green Paper on energy efficiency. Doing more with less”.
- (2006): “Keep Europe moving – sustainable mobility for our continent, Mid-term review of the European Commission’s 2001 Transport White Paper”.
- CUDDIHY, J., C. KENNEDY Y P. BYER (2005): “Energy use in Canada: environmental impacts and opportunities in relationship to infrastructure systems”, en: *Canadian Journal of Civil Engineering* 32, NRC Research Press, Vancouver, 1-15 pp.
- DECICCO, J. Y J. MARK (1998): “Meeting the energy and climate challenge for transportation in the United States”, en: *Energy Policy* 26, Elsevier, Amsterdam, 395-412 pp.
- ECMT (2007): “Cutting transport CO₂ emissions: what progress?”, European Conference of Ministers of Transport, OECD publications, Paris, pp. 264.
- EURITT, M.A., M. MARTELLO, J. QIN, A. WEISMANN, S. BERNOW, M. FULMER Y I. PETERS (1996): “Strategies for reducing energy consumption and emissions in Texas transportation sector”, en: *Transportation Research Record* 1520, National Academy of Sciences, Washington, 122-130 pp.
- FEARNLEYS (2006): “Fearnleys review 2006. Annual report”, Fearnresearch, Oslo.
- GOODWIN, P., J. DARGAY, Y M. HANLY (2004): “Elasticities of road traffic and fuel consumption with respect to price and income: a review”, *Transport Reviews* 24, Taylor and Francis, London, 275-292 pp.
- GREENE, D.L. Y S.E. PLOTKIN (2001): “Energy futures for the US transport sector”, en: *Energy Policy* 29, Elsevier, Amsterdam, 1255-1270 pp.
- HENSHER, D.A. (2006): “Integrating accident and travel delay externalities in an urban speed reduction context”, en: *Transport Reviews* 26, Taylor and Francis, London, 521-534 pp.
- HILL, J., E. NELSON, D. TILMAN, S. POLASKY Y TIFFANY, D. (2006): “From the Cover: Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and etha-

- nol biofuels”, en: Proceedings of the National Academy of Sciences 103, National Academy of Sciences, 11206-11210 pp.
- IDAE Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (2006a): “Guía práctica para la elaboración de implantación de planes de transporte al centro de trabajo”, Madrid, 113 pp.
- (2006b): “Guía práctica para la elaboración de planes de movilidad sostenible”, Madrid, 155 pp.
- (2007): “Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España E4”, Madrid, 212 pp.
- JANIC, M. (2007): “Modeling the full costs of an intermodal and road freight transport network”, en: Transportation Research Part D: Transport and Environment 12, Elsevier, Amsterdam, 33-44 pp.
- JOHANSSON, B. (1995): “Strategies for reducing emissions of air pollutants from the Swedish transportation sector”, en: Transportation Research Part A: Policy and Practice 29, Elsevier, Amsterdam, 371-385 pp.
- KAHN RIBEIRO, S., S. KOBAYASHI, M. BEUTHE, J. GASCA, D. GREENE, D.S. LEE, Y. MUROMACHI, P.J. NEWTON, S. PLOTKIN, D. SPERLING, R. WIT Y P.J. ZHOU (2007): “Transport and its infrastructure”, en: Metz, B., O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave y L.A. Meyer (eds.), “Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 323-385 pp.
- KAMAKATÉ, F. Y L. SCHIPPER (2008): “Trends in truck freight energy use and carbon emissions in selected OECD countries from 1973 to 2003”, en: Transportation Research Board, TRB, National Research Council, Washington.
- KRISTENSEN, H.O. (2002): “Cargo transport by sea and road-technological and economic environmental factors”, en: Marine Technology 39(4), Society of Naval Architects and Marine Engineers, 239-249 pp.
- KWON, T.H. Y J. PRESTON (2005): “Driving Forces behind the Growth of Per-capita Car Driving Distance in the UK, 1970 to 2000”, en: Transport Reviews 25, Taylor and Francis, London, 467-490 pp.
- LAKSHMANAN, T.R. Y X. HAN (1997): “Factors underlying transportation CO₂ emissions in the U.S.A.: A decomposition analysis”, en: Transportation Research Part D: Transport and Environment 2, Elsevier, Amsterdam, 1-15 pp.
- LENZEN, M. (1999): “Total requirements of energy and greenhouse gases for Australian transport”, en: Transportation Research Part D: Transport and Environment 4, Elsevier, Amsterdam, 265-290 pp.
- LÉONARDI, J. Y M. BAUMGARTNER (2004): “CO₂ efficiency in road freight transportation: Status quo, measures and potential”, Transportation Research Part D: Transport and Environment 9, Elsevier, Amsterdam, 451-464 pp.
- LÓPEZ-PITA, A. Y F. ROBUSTÉ (2003): “The Madrid-Barcelona high-speed line”, en: Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport 156, Thomas Telford Journals, 3-8 pp.
- MAIBACH, M., C. SCHREYER, D. SUTTER, H.P. VAN ESSEN, B.H. BOON, R. SMOKERS, A. SCHROTEN, C. DOLL, B. PAWLOWSKA Y M. BAK (2007): “Handbook on estimation

- of external cost in the transport sector. Produced within the study internalization measures and policies for all external cost of transport (IMPACT)", Delft, CE.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA (2006): "Informe Anual de Recaudación Tributaria Año 2005", Agencia Tributaria, Madrid, pp. 285.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2006): "Los transportes y los servicios postales. Informe anual 2005", Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento, Madrid, pp. 390.
- MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA (2006): "REAL DECRETO 1370/2006, de 24 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012", en: Boletín Oficial del Estado, Vol. 282, 41.320-41.440 pp.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2006): "Inventario de Gases de Efecto Invernadero de España-Edición 2006 (serie 1990-2005), sumario de resultados", Subdirección General de Calidad Ambiental, Madrid, pp. 30.
- (2007): "Observatorio de la movilidad metropolitana. Subdirección General de Calidad Ambiental", Madrid, pp. 90.
- MINISTERIO DEL INTERIOR (2006): "Anuario Estadístico General 2005", Centro de Publicaciones, Dirección General de Tráfico, Madrid, pp. 61.
- ORASCH, W. Y F. WIRL (1997): "Technological efficiency and the demand for energy (road transport)", en: *Energy Policy* 25, Elsevier, Amsterdam, 1129-1136 pp.
- PACALA, S. Y R. SOLOW (2004): "Stabilization wedges: solving the climate problem for the next 50 years with current technologies", en: *Science* 305, AAAS HighWire Press, 968-972 pp.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, P.J. Y A. MONZÓN DE CÁCERES (2006): "Informe sobre transporte y medio ambiente. Trama 2006", en: Elorrieta, I. and M. San Miguel (eds.), Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp. 34.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, P.J. Y I. OTERO-PASTOR (2006): "Environment and transport indicator system in Spain. Are we tending towards sustainability?", en: R. JOUMARD (ed.), "Environment and Transport - Transport and Air Pollution, 2nd Conference Reims, 12-14 June 2006", INRETS, Les Collections de L'Inrets, Bron Cedex, France, 60-65 pp.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, P.J. (2007): "Mobility and environment in Spain", en: MORRISON, G. y S. RAUCH (eds.), "Highway and Urban Environment, Proceedings of the 8th Highway and Urban Environment Symposium", Springer, Dordrecht, 35-43 pp.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, P.J. Y I. SORBA (2007): "Eficiencia energética en el transporte terrestre", Curso General de Transportes Terrestres, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.
- PILO, E., J.A. JIMÉNEZ Y J.L. LÓPEZ (2006): "Jornadas de eficiencia energética en el ferrocarril", Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.
- RODENBURG, C.A., B. UBBELS Y P. NIJKAMP (2002): "Policy scenarios for achieving sustainable transportation in Europe", en: *Transport Reviews* 22, Taylor and Francis, London, 449-472 pp.
- SCHAFER, A. Y D.G. VICTOR (1999): "Global passenger travel: implications for carbon dioxide emissions", en: *Energy* 24, Elsevier, Amsterdam, 657-679 pp.

- (2000): “The future mobility of the world population”, en: *Transpn Res. -A* 34, Elsevier, Amsterdam, 171-205 pp.
- SCHIPPER,L., L. SCHOLL Y L. PRICE (1997): “Energy use and carbon emissions from freight in 10 industrialized countries: an analysis of trends from 1973 to 1992”, en: *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2, Elsevier, Amsterdam, 57-76 pp.
- SCHIPPER,L. (2007): “Automobile fuel; economy and CO₂ emissions in industrialized countries: troubling trends through 2005/2006”, *World resources institute, EMBARQ cities on the move*, Washington, pp. 20.
- SPERLING,D. (2004): “Environmental impacts due to urban transport”, en: Nakamura,H., Y. Hayashi, A.D. May (eds.), “Urban Transport and the Environment. An International Perspective”, Elsevier, Oxford, 99-189 pp.
- STEENHOF,P., C. WOUDSMA Y E. SPARLING (2006): “Greenhouse gas emissions and the surface transport of freight in Canada”, en: *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 11, Elsevier, Amsterdam, 369-376 pp.
- TRENDS (2003): “Calculation of indicators of environmental pressure caused by transport, Main report”, European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- UN-FCCC (2007): “Synthesis of information relevant to the determination of the mitigation potential and to the identification of possible ranges of emission reduction objectives of Annex I Parties”.
- UNCTAD (2006): “Review of maritime transport 2005”, United Nations Conference on Trade and Development, New York and Geneva.
- VAN WEE,B., H.C. MOLL Y J. DIRKS (2000): “Environmental impact of scraping old cars”, en: *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 5, Elsevier, Amsterdam, 137-143 pp.
- VAN WEE,B., P. JANSE Y R. VAN DEN BRINK (2005): “Comparing energy use and environmental performance of land transport modes”, en: *Transport Reviews* 25, Taylor and Francis, London, 3-24 pp.
- VASALLO,J.M. Y M. FAGAN (2007): “Nature or nurture: why do railroads carry greater freight share in the United States than in Europe?”, en: *Transportation* 34, Springer Netherlands, 177-193 pp.