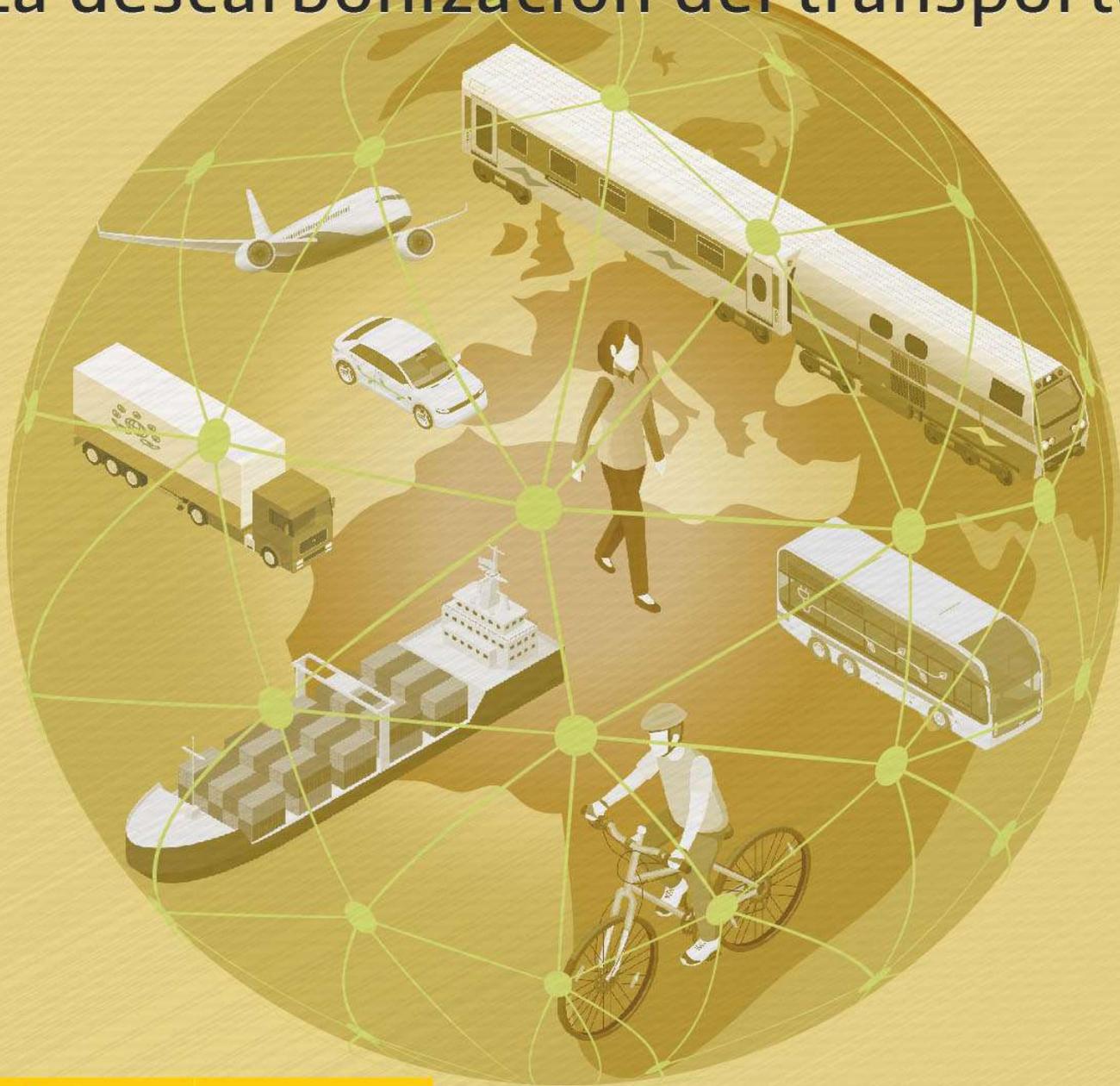




Observatorio

del Transporte y la Logística en ESPAÑA

La descarbonización del transporte



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

Julio 2023

observatoriotransporte.fomento.gob.es



El presente informe se ha elaborado en la División de Estudios y Tecnología del Transporte de la Secretaría General de Transporte y Movilidad, con la colaboración del equipo técnico de

 ineco

RELACIÓN DE CONTENIDOS

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN.....	8
2 EMISIONES ACTUALES Y FUTURAS DE LA ACTIVIDAD DEL TRANSPORTE.....	10
2.1 Consumo de energía del transporte.....	10
2.2 Emisiones de GEI del transporte	16
2.3 Otros gases contaminantes.....	25
3 POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS ADOPTADAS PARA LOGRAR LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE.....	31
3.1 Acuerdos globales sobre cambio climático.....	31
3.2 Políticas europeas ante la crisis climática	36
3.3 Marco nacional de lucha contra el cambio climático.....	43
4 HERRAMIENTAS Y MEDIDAS QUE SE ESTÁN LLEVANDO A CABO PARA LOGRAR LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE.....	50
4.1 Introducción.....	50
4.2 Herramientas y medidas para evitar, reducir o acortar viajes (AVOID).....	51
4.3 Estrategias para cambiar a modos más sostenibles (SHIFT).....	60
4.4 Medidas para mejorar la eficiencia del transporte (IMPROVE).....	68
5 OPORTUNIDADES Y RETOS PARA LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Energía consumida por modo de transporte en España y en la Unión Europea-27 (TJ). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020	13
Tabla 2 Variación de emisiones de GEI por periodos por modo de transporte en España y en la UE-27 (%).....	22
Tabla 3 Previsión del consumo de biocombustibles en los sectores del transporte.....	74
Tabla 4 Objetivos obligatorios mínimos de biocarburantes en el transporte.....	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1 Comparativa del peso de la energía consumida por sectores a nivel global, en la UE y en España (%). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020	10
Gráfico 2 Evolución del consumo de energía en el transporte por unidad de PIB (GJ/Mill. USD). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020	12
Gráfico 3 Evolución del consumo de energía en el transporte por habitante (GJ/hab./Mill. USD). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020	13
Gráfico 4 Consumo de energía por unidad de transporte (TJ/millón UT-km) por modos. Año 2019	15
Gráfico 5 Evolución en base 100 del consumo energético por unidad de transporte (TJ/ miles de UT-km) por modos. Años 2005 – 2020. Índice 2005 = 100	15
Gráfico 6 Evolución de las emisiones de CO ₂ en el mundo (Gt CO ₂ eq). Años 1990-2020	16
Gráfico 7 Evolución de las emisiones de GEI en la UE-27 (kt CO ₂ eq). Años 1990-2020	16
Gráfico 8 Evolución de las emisiones de GEI en España (kt CO ₂ -eq). Años 1990-2020	17
Gráfico 9 Evolución de las emisiones de GEI por unidad de PIB (t-CO ₂ -eq/millones de USD). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020	18
Gráfico 10 Evolución de las emisiones de GEI por habitante (t-CO ₂ -eq/ habitante). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020	18
Gráfico 11 Evolución de la cuota de emisiones de GEI del transporte (nacional e internacional) respecto al total de emisiones. Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019, 2020	19
Gráfico 12 Evolución de la cuota de emisiones de GEI del transporte (nacional) respecto al total de emisiones del transporte de la UE-27 (%). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020	20
Gráfico 13 Evolución de las emisiones de GEI del transporte (nacional) por modo de transporte y de la demanda de transporte nacional (mercancías y pasajeros) en España. Años 2007 - 2020	21
Gráfico 14 Evolución en base 100 de las emisiones de GEI del transporte (nacional) en UE-27 y en España, para los diferentes modos de transporte y el total del transporte (1990 = 100). Años 1990 - 2020	22
Gráfico 15 Evolución de las emisiones de GEI del transporte por carretera en función del tipo de vehículo. Años 1990-2020	23
Gráfico 16 Evolución de las emisiones de GEI por unidad de transporte (kt CO ₂ eq. / miles de UT-km) por modos. Años 2005 - 2020	24
Gráfico 17 Emisiones totales y del transporte de los principales contaminantes en Europa (UE-27) en 2020 (toneladas y %)	26
Gráfico 18 Evolución en base 100 de las emisiones de los principales contaminantes del transporte en Europa (Índice 2005=100). Años 2005 - 2020	27
Gráfico 19 Evolución de la reducción de las emisiones de los principales contaminantes en Europa entre 2005 y 2020 en términos relativos (%), en el sector del transporte y por modos	28
Gráfico 20 Emisiones de contaminantes por modos de transporte en España y participación sobre el total (t y %). Año 2020	29
Gráfico 21 Evolución en base 100 de las emisiones de los principales contaminantes en España del transporte. (Índice 2005 = 100). Años 2005 - 2020	29
Gráfico 22 Evolución de las emisiones de NO _x y partículas en vehículos pesados en la UE-27 a través de las normativas EURO	30

Gráfico 23 Emisiones totales de gases de efecto invernadero de las Partes del anexo B procedentes de las fuentes enumeradas en el anexo A del Protocolo de Kioto en el año base (1990), 2019 y 2020.....	32
Gráfico 24 Evolución de las emisiones de GEI (kt CO ₂ eq) entre 1990 y 2030	45
Gráfico 25 Sectores sujetos al comercio de derechos de emisión frente a los sectores difusos.....	53
Gráfico 26 Comparativa entre los derechos asignados y las emisiones totales de la aviación internacional en España. Años 2014 - 2021	53
Gráfico 27 Evolución de la distribución de los motivos de viaje en el área metropolitana de Madrid (2018).....	57
Gráfico 28 Evolución del porcentaje de trabajadores entre 15 y 64 años que trabaja habitualmente desde casa, para España, otros países europeos y UE-27 (%). Años 2011 – 2020.....	59
Gráfico 29 Evolución del porcentaje de personas que han realizado formación online para España, otros países europeos y UE-27. Años 2013-2022.....	60
Gráfico 30 Comparativa del ciclo de vida de las emisiones de CO ₂ en turismos según carburante y fuente de energía	69
Gráfico 31 Evolución del número de puntos de recarga en España, según características de los puntos de recarga.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Hitos e iniciativas señaladas en la Comunicación "Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente: Encauzar el transporte europeo de cara al futuro".....	37
Figura 2 Evolución de los objetivos en materia de energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la normativa europea.....	38
Figura 3 Reducción de emisiones de CO ₂ para turismos y furgonetas respecto a los objetivos de 2021	41
Figura 4 Objetivos establecidos por la Ley de Cambio Climático y Transición Energética	44
Figura 5 Herramientas establecidas en la Ley de Cambio Climático y Transición Energética para lograr la descarbonización	44
Figura 6 Línea de trabajo de la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo. 2050	46
Figura 7 Pilares del Proyecto de Ley de Movilidad Sostenible.....	47
Figura 8 Otros instrumentos de planificación relacionados con la descarbonización del transporte.....	48
Figura 9 Políticas palancas del Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia.....	49
Figura 10 Componentes relacionados con la descarbonización del transporte del Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia.....	49
Figura 12 Sistemas que afectan a la accesibilidad.....	52
Figura 13 Fases del Programa CORSIA.....	54
Figura 14 Características fundamentales del Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS).....	56
Figura 15 Pirámide de la movilidad	61
Figura 16 Principales medidas incluidas en la Estrategia Estatal por la Bicicleta.....	62
Figura 18 Principales actuaciones englobadas en el Fondo Financiero de Accesibilidad Terrestre Portuaria.....	67
Figura 19 Red Transeuropea de Transporte (RTE-T). Red ferroviaria de los corredores Atlántico y Mediterráneo en España	68
Figura 20 Tipos de biocombustibles	73

1 INTRODUCCIÓN

El transporte es una actividad fundamental para el desarrollo de la economía. Además de garantizar la **movilidad de las personas**, resulta imprescindible para el **aprovisionamiento y la distribución de mercancías**, la **exportación de bienes** y el **desarrollo de la industria del turismo**. El sistema de transporte está, por tanto, muy ligado a la competitividad y productividad de sectores importantes de la economía, además de constituir un elemento de cohesión social y territorial. Además, el transporte como sector económico y empresarial del país, tiene una contribución relevante en términos económicos y de empleo.

La actividad del transporte produce, no obstante, una serie de **impactos negativos o externalidades**: emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, ruido, accidentes, congestión, etc. que repercuten fundamentalmente y de forma negativa en la salud y la calidad de vida de los ciudadanos, la economía, y el clima del planeta. En particular, la **quema de combustibles fósiles en los motores de combustión genera gases de efecto invernadero (GEI)** con efectos a largo plazo y escala global que contribuyen al cambio climático, y contaminantes con efectos directos y a escala local que empeoran la calidad del aire y la salud de la población.

El transporte consume aproximadamente un 39% de la energía final del país, y la mayor parte de esta energía procede del petróleo, lo que implica que **el transporte es responsable de una parte relevante de las emisiones de los gases efecto invernadero** (dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O)) que contribuyen al cambio climático. La actividad del transporte —considerando todos los modos y todos los ámbitos: urbano, interurbano y rural— es además una de las que más contribuye a las emisiones nacionales de GEI, junto con la industria y la agricultura, pues supuso en 2019 el 29,6% del total de estas emisiones en España.

Por otro lado, las **emisiones nacionales de GEI del transporte han ido aumentando** de manera progresiva desde el año 1990, con la excepción del periodo comprendido entre 2008 y 2012 -asociado a la crisis financiera- y el año 2020 por la pandemia del COVID-19. Ello se debe principalmente a que el progreso de la economía está muy relacionado con la actividad del transporte y de la movilidad en general, pues el transporte es un medio y no un fin en sí mismo, y a que predomina el uso de combustibles fósiles como fuente de energía en el transporte motorizado.

La necesidad de luchar contra el cambio climático se refleja en las políticas europea y nacional en materia de mitigación del cambio climático, que persiguen alcanzar la **neutralidad climática de la economía para el año 2050**, con una serie de **hitos temporales intermedios**. Para ello, todos los sectores —y entre ellos el transporte— deben hacer importantes esfuerzos de descarbonización o reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero, de manera que las emisiones de GEI que todavía se produzcan en 2050 se equilibren con la absorción natural del planeta (sumideros). Y dada la alta participación del transporte en la producción de emisiones de gases de efecto invernadero, **la descarbonización del transporte es clave para poder alcanzar el objetivo de neutralidad climática de la economía a 2050**.

Aun cuando el objeto de este informe se centra en la descarbonización del transporte o reducción de emisiones de GEI, cabe recordar que **el transporte genera también otros gases cuyo impacto se produce a escala local y a corto plazo**, y que resultan nocivos para la salud humana. Entre estos destacan las partículas (PM), los óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), amoníaco (NH₃), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM) y monóxido de carbono (CO). A pesar de que la contaminación atmosférica provocada por el transporte ha disminuido durante las últimas décadas debido a la introducción de normas más restrictivas en la homologación de los vehículos y la calidad de los carburantes, las concentraciones de contaminantes atmosféricos siguen siendo elevadas —según los estándares de la OMS— en algunas áreas metropolitanas. Es por ello que **las políticas en materia de lucha contra el cambio climático se complementan con otras políticas dirigidas al control de la contaminación atmosférica**.



1

INTRODUCCIÓN

2

EMISIONES

3

POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS

4

HERRAMIENTAS Y MEDIDAS

5

OPORTUNIDADES

El presente Informe Monográfico del OTLE aborda la descarbonización del transporte en el contexto actual, de la siguiente manera:

- El **capítulo 2** analiza la **situación actual y prevista en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero** y el consumo de energía asociados a la actividad del transporte. Además, también evalúa la situación en cuanto a otras sustancias contaminantes que también contribuyen de manera muy significativa a la contaminación atmosférica.
- El **capítulo 3** presenta los diferentes **instrumentos regulatorios y normativos**, desde el origen de los acuerdos globales hasta los más recientes, que las instituciones a todos los niveles (global, europeo y nacional) han desarrollado para luchar contra el cambio climático.
- El **capítulo 4** profundiza en las principales **herramientas y medidas que se están llevando a cabo para alcanzar la descarbonización del transporte** bajo un enfoque A-S-I (*Avoid*, de evitar o reducir, *Shift*, de cambiar e *Improve*, de mejorar), cuyos objetivos son reducir la necesidad de viajes, disminuir las distancias de los mismos, sumado a incrementar la participación de modos más sostenibles y a la mejora de la eficiencia del sistema de transporte, ya que se considera que es la aproximación más adecuada a la hora de planificar y diseñar medidas.
- Finalmente, el **capítulo 5**, como conclusión al informe, recoge una serie de **oportunidades y retos** a los que se enfrenta la sociedad de cara a la descarbonización del transporte.

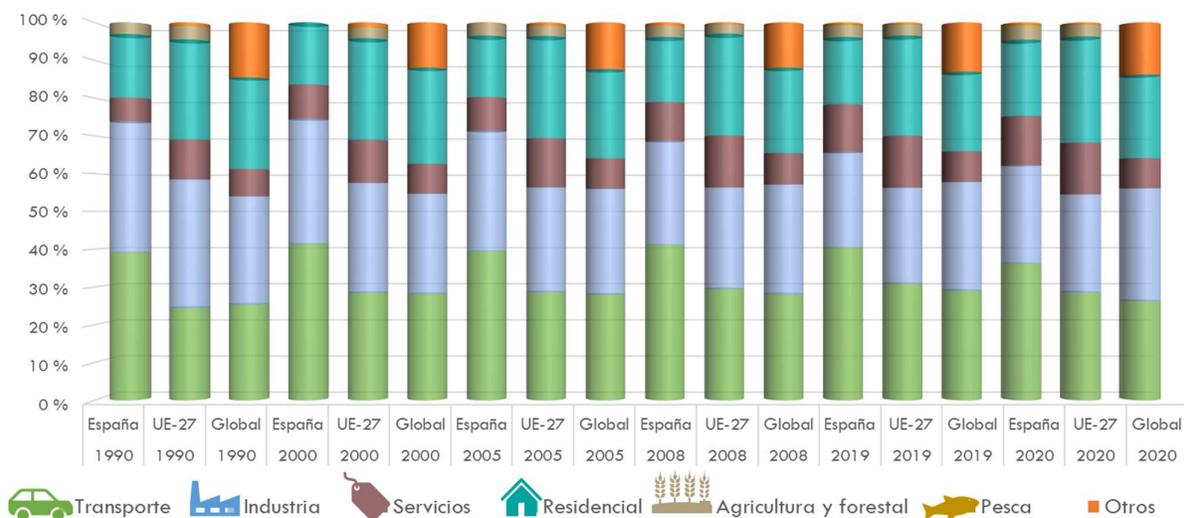
2 EMISIONES ACTUALES Y FUTURAS DE LA ACTIVIDAD DEL TRANSPORTE

2.1 Consumo de energía del transporte

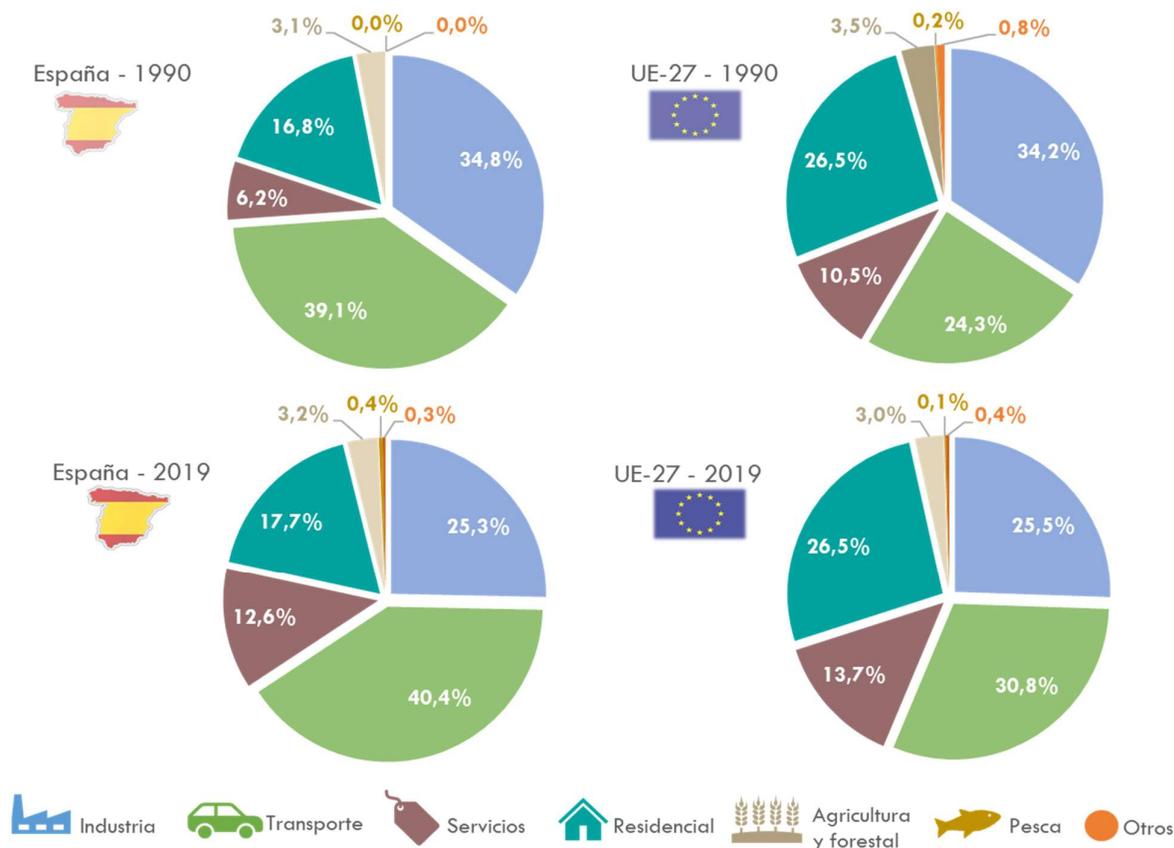
Según la Agencia Internacional de la Energía, **el transporte supone un 26,2 % del total del consumo energético del mundo**. En la UE, el consumo energético del transporte supuso un 28,4 % en 2020, seguido por el residencial (28,0 %) y la industria (26,1 %). Además, el crecimiento del consumo energético del sector transporte en la UE en el periodo entre 1990 y 2019 ha sido del 30,9 %, inferior al registrado a nivel global.

En España el consumo de energía final debido al transporte representó en 2020 un **36,2 % del total**, seguido de la industria con un 26,1 % y el sector residencial con un 20,1 %, como puede apreciarse en el Gráfico 1. El consumo de energía final ha experimentado un crecimiento de un +31,6 % para el periodo 1990-2020.

Gráfico 1 Comparativa del peso de la energía consumida por sectores a nivel global, en la UE y en España (%). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020¹



¹ Para la realización de los análisis relativos a la evolución del consumo de energía y de la generación de emisiones incluidos en este Informe Monográfico se han tomado los siguientes años de referencia: 1990, ya que es, de manera general, el año base utilizado en los compromisos de reducción de emisiones; el año 2000 muestra los datos en el cambio de siglo; 2005 también es un año utilizado frecuentemente como referencia en los compromisos de reducción de emisiones; el año 2008 muestra los datos justo al inicio de la crisis económica; 2019 se ha incluido para poder tener una visión completa de las tendencias ya que en el último año del que se disponen datos, 2020, los datos están alterados por las consecuencias derivadas de la paralización de la economía debido a la COVID-19.



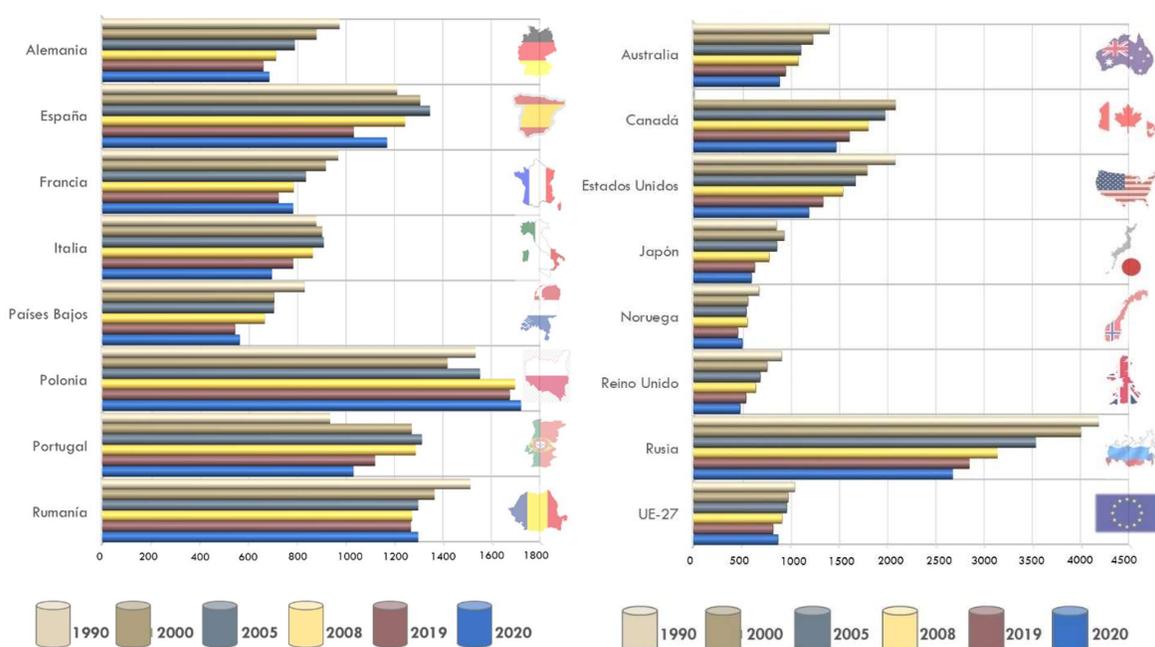
Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos de Eurostat y la Agencia Internacional de la Energía.

Nota: La base de datos utilizada para las estadísticas globales de la Agencia Internacional de la Energía, World Energy Balances Highlights 2021. Los sectores "Agricultura y forestal" y "Pesca" están englobados en la categoría "Otros".

Un indicador representativo a efectos de comparar el consumo de energía entre diferentes territorios es el consumo de energía por unidad de PIB. Si se analiza el consumo de energía para el transporte por unidad de PIB, la media mundial es 1.238 TJ/Mill. USD, y su variación durante el periodo 1990-2020 fue del -57,4 %, frente a un -44,4 % en la UE y un -35,2 % en España.

En 2020 el consumo de energía por unidad de PIB alcanzó en la UE-27 un valor de 2.670 GJ/Mill. USD frente a los 2.658 GJ/Mill. USD de 2019. Estos valores son similares a los nacionales (2.564 GJ/Mill. USD en 2020 y 2.703 GJ/Mill. USD en 2019) pero son superiores a los de otros países de nuestro entorno como Alemania (2.359 GJ/Mill. USD en 2020 y 2.578 GJ/Mill. USD en 2019), Francia (2.225 GJ/Mill. USD en 2020 y 2.401 GJ/Mill. USD en 2019) o Italia (2.471 GJ/Mill. USD en 2020 y 2.571 GJ/Mill. USD en 2019). También es importante destacar que, tal y como se puede observar en el Gráfico 2, en numerosos países la disminución en el consumo de energía para transporte por unidad de PIB fue muy significativa hasta 2008 y en la última década esta ha sido mucho menor e incluso se han observado ligeros aumentos.

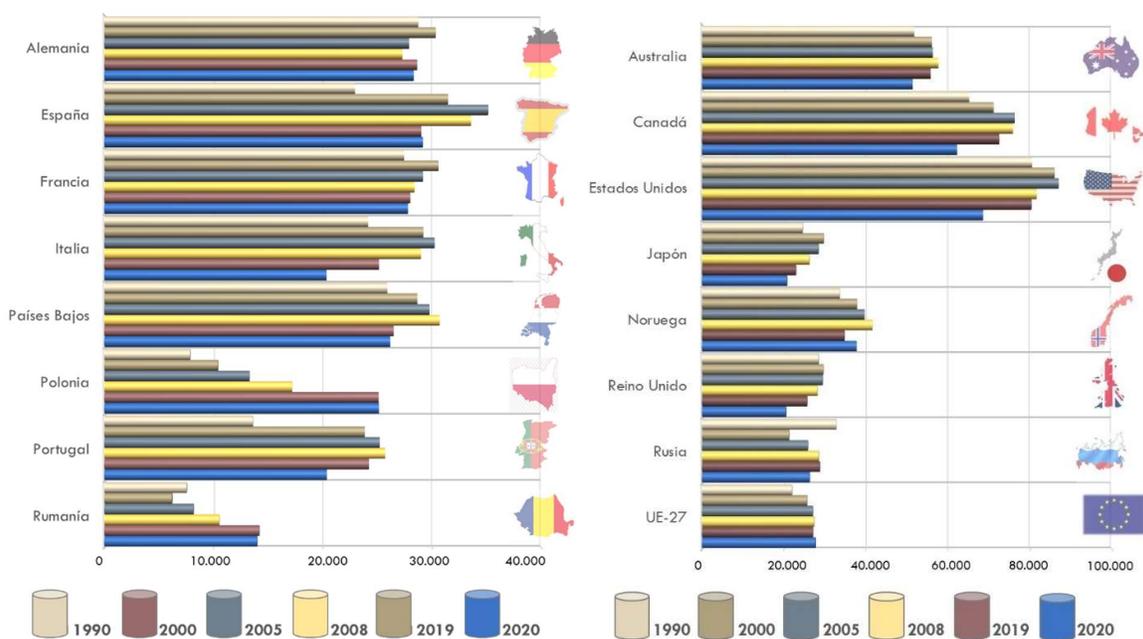
Gráfico 2 Evolución del consumo de energía en el transporte por unidad de PIB (GJ/Mill. USD). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020



El **consumo global de energía por habitante** ha experimentado un crecimiento del 4,4 % en el periodo de 1990 a 2020, un porcentaje inferior al observado en el consumo de energía destinado al transporte, cuyo incremento ha sido del 8,2 %. En la Unión Europea, en cambio, el consumo global de energía por habitante ha registrado en el mismo periodo una disminución del -8,2 %, con descensos incluso más significativos en países como Países Bajos (-32,8 %) o Alemania (-23,3 %), mientras que en Malta, Chipre o Polonia se ha producido un aumento.

En cuanto al **consumo de energía en el transporte por habitante** durante el periodo 1990-2020 (ver Gráfico 3), en general este ha aumentado en la mayoría de los países: la Unión Europea lo ha hecho en un +23,0 %, España en un +27,1 % o Noruega en un +11,9 %; y los países que han conseguido reducir su consumo para transporte por habitante son Suecia (-16,0 %), Japón (-14,8 %), o Estados Unidos (-14,7 %).

Gráfico 3 Evolución del consumo de energía en el transporte por habitante (GJ/hab./Mill. USD). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020.



Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos de la Agencia Internacional de Energía y del Banco Mundial

El análisis detallado de la participación de cada modo de transporte en el consumo de energía del sector muestra que **el transporte por carretera es el modo que más energía consume**: un 94,5 % del total del sector del transporte en el conjunto de los países UE, con una participación similar en la mayor parte de los países de la UE. Cabe exceptuar de lo anterior a Suecia, en donde el consumo energético del transporte por carretera representa el 72,5 % del total del sector de transporte, lo que se explica por el elevado consumo por parte del sector de la navegación.

Tabla 1 Energía consumida por modo de transporte en España y en la Unión Europea-27 (TJ). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020

	1990		2000		2005		2008		2019		2020	
	España	UE-27	España	UE-27	España	UE-27	España	UE-27	España	UE-27	España	UE-7
Carretera	688.182	8.441.077	1.053.716	10.180.588	1.268.431	10.892.349	1.289.254	11.172.295	1.208.455	11.306.175	1.003.675	9.973.722
Ferrocarril	14.114	312.817	13.739	309.159	14.976	285.143	15.651	274.744	15.814	221.077	13.056	197.471
Aéreo	22.705	209.216	45.396	239.270	54.844	244.669	54.560	253.461	42.891	272.598	40.176	129.008
Marítimo	69.644	217.570	57.939	218.308	64.437	234.091	55.037	229.776	43.264	177.039	33.639	152.618
Total	794.645	9.180.680	1.170.790	10.947.324	1.402.688	11.656.253	1.414.502	11.930.276	1.310.424	11.976.889	1.090.546	10.552.819

Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos de Eurostat.

La **fuentes de energía empleada para propulsar vehículos en carretera es predominantemente fósil**, es decir, **gasóleo y gasolina principalmente**, con un porcentaje de vehículos eléctricos o de biocarburantes aún limitado (en 2020 el 92,5 % del consumo energético proviene del gasóleo y la gasolina, frente a un 7,1 % de electricidad y biomasa, siendo el restante gas natural licuado, gas natural comprimido y gases licuados del petróleo; estas cifras fueron muy similares en 2019)².

De acuerdo a los datos proporcionados por el Sistema Español de Inventario de Emisiones (SEI), **en 2020 el 54,7 % del consumo energético del transporte por carretera se produjo en carretera no urbana**, y de estos 579.310 TJ el 59,7 % corresponden a transporte de viajeros y el resto a transporte de mercancías. Además, es importante señalar que en el **periodo comprendido entre 1990 y 2019 el crecimiento del consumo energético derivado del transporte de viajeros en carreteras no urbanas fue muy superior (+105,4 %) al de mercancías (+37,5 %)**.

El **transporte ferroviario es el modo más electrificado**, con un 81,6 % de su consumo energético de origen eléctrico³, frente al 18,4 % proveniente del gasóleo (en la actualidad, la red 2021 de Adif y Adif AV está electrificada al 64,2 %).

El **transporte aéreo doméstico supuso en 2020 un 2,0 % del total del consumo de energía**, según los datos del Sistema Español de Inventario de Emisiones, y está además casi exclusivamente propulsado por queroseno o *jet fuel*, siendo testimonial el uso de gasolina de aviación o de biocarburantes.

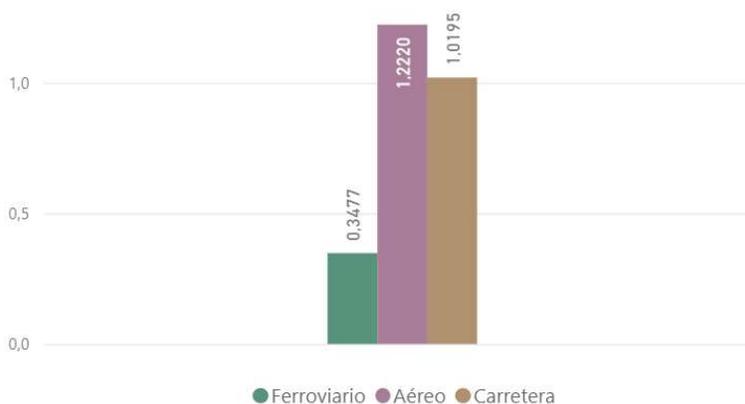
En la **navegación marítima de cabotaje** se emplean principalmente dos tipos de combustible: el fuelóleo (44,5 % del consumo energético en 2020) y el gasóleo (55,5 %).

Para realizar una comparación de la eficiencia energética de cada modo, se comparan a continuación los **consumos con respecto a las unidades de transporte de cada uno**, para lo que se emplean datos de 2019 al no ser 2020 un año representativo por el menor aprovechamiento del transporte colectivo motivado por la pandemia. Además del marítimo —por la heterogeneidad de los datos de tráfico y el correspondiente consumo de energía, asociado a las prácticas de repostaje en aguas internacionales—, se ha excluido del análisis el ferrocarril urbano (metro) para poder realizar una comparación consistente con la carretera, ya que los datos de demanda de transporte de los modos ferroviario y carretera no incluyen los ámbitos urbanos. Del análisis que sigue a continuación y que se muestra en el gráfico siguiente, se desprende que **el modo de transporte más eficiente en términos de consumo energético es el ferrocarril**.

² En el cómputo total del consumo de energía para la carretera, el dato de consumo de electricidad por carretera para transporte urbano de viajeros no ha podido ser actualizado para 2020, por lo que en este caso se toma el valor de 2019.

³ Para el cálculo del consumo de energía del ferrocarril se tiene en cuenta el consumo del metro, si bien los datos de consumo de electricidad de Metro de Málaga, Metro de Granada, Metro de Sevilla y Metro Valencia, TRAM Metropolitano de Alicante no han podido ser actualizados para 2020; en estos casos se han utilizado los valores de 2019.

Gráfico 4 Consumo de energía por unidad de transporte (TJ/millón UT-km) por modos. Año 2019

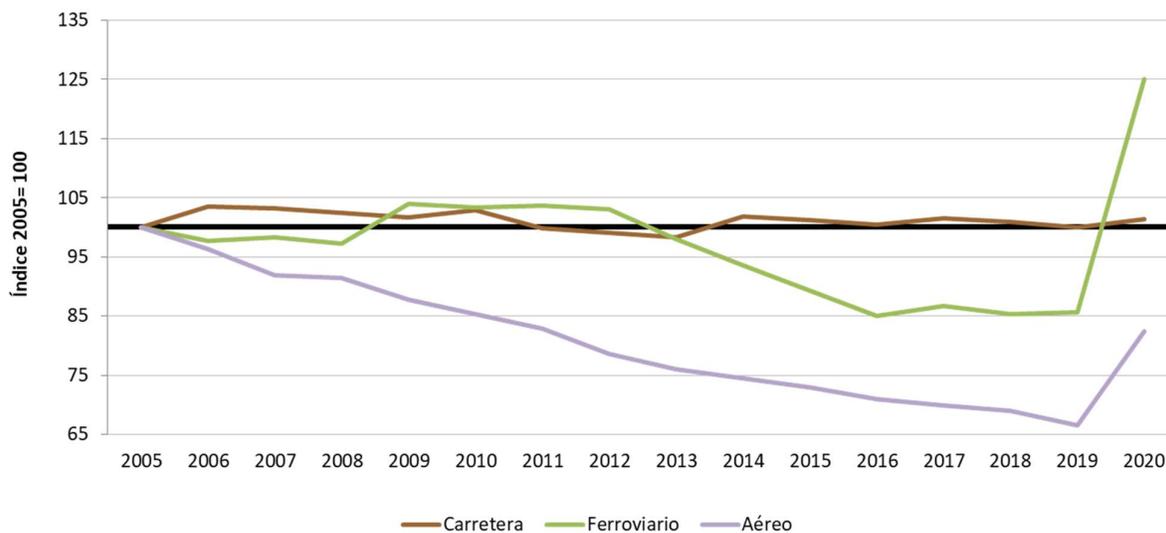


Los datos de consumos y tráficos de carretera y ferrocarril no incluyen el ámbito urbano

Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos del Sistema Español de Inventario de Emisiones del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y Eurostat.

En el gráfico de evolución que se recoge a continuación, se observa que desde 2005 hasta 2019 se produjo una **mejora significativa de la eficiencia energética del modo aéreo, de alrededor del -33,4 % en términos de energía/UT-km. El ferrocarril también ha visto mejorada su eficiencia en un -14,4 % en el mismo periodo, mientras que la carretera ha crecido ligeramente un +0,1 %.** Obviamente, debido a las consecuencias de la pandemia la eficiencia energética empeoró notablemente en el año 2020, debido fundamentalmente a las menores tasas de ocupación en el transporte de viajeros.

Gráfico 5 Evolución en base 100 del consumo energético por unidad de transporte (TJ/ miles de UT-km) por modos. Años 2005 – 2020. Índice 2005 = 100



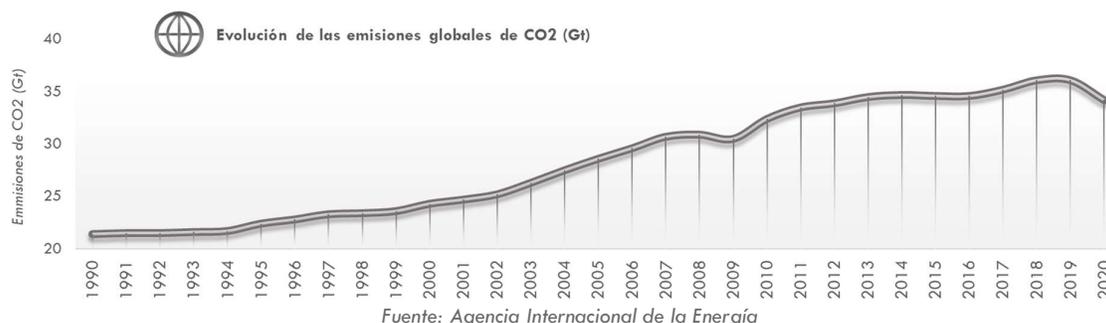
* Los datos de consumos y tráficos de carretera y ferrocarril no incluyen el ámbito urbano

Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos del Sistema Español de Inventario de Emisiones del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y Eurostat.

2.2 Emisiones de GEI del transporte

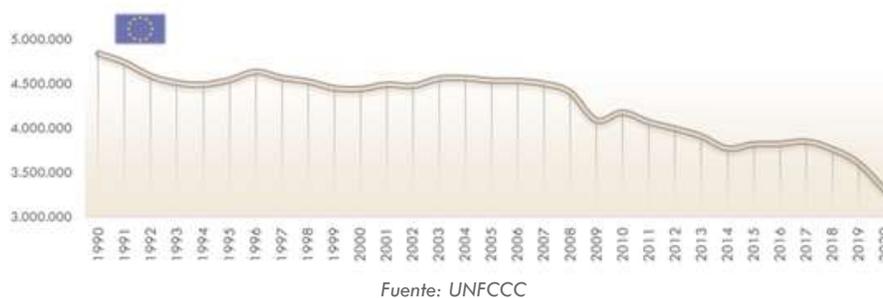
En el año 2020 se emitieron a nivel global un total de 34.221 millones de toneladas de CO₂ eq.⁴, según datos de la Agencia Internacional de la Energía, lo que supuso un crecimiento del +59,8 % respecto a las emisiones de 1990. Este importante aumento no se ha producido de manera lineal, sino que varía en función del periodo analizado, observándose en los últimos años una ralentización en la tendencia al alza de las emisiones. En particular, mientras que entre 2015 y 2019 el crecimiento interanual se situó en el +0,8 %, durante la primera década del siglo XXI la tasa de crecimiento interanual fue del +2,9 %, lo que pone de manifiesto que las políticas adoptadas en materia de reducción de las emisiones de GEI están resultando efectivas.

Gráfico 6 Evolución de las emisiones de CO₂ en el mundo (Gt CO₂ eq). Años 1990-2020



En la UE-27 y según datos de UNFCCC, el total de emisiones generadas en 2020 ascendió a 3.305,6 millones de toneladas de CO₂eq⁵, un -8,4 % menos que en 2019. Del total de estas emisiones, un 21,7 % fueron emitidas por el transporte, siendo el subsector de la energía que más emisiones generó con una participación del 25,9 %. En el gráfico siguiente se muestra la evolución de las emisiones de GEI de la Unión Europea, que pone de relieve el esfuerzo europeo realizado en políticas de reducción de estas emisiones.

Gráfico 7 Evolución de las emisiones de GEI en la UE-27 (kt CO₂ eq). Años 1990-2020



Particularizando para España, se observa como el total de las emisiones nacionales en 2020 fue de 274.742,9 kilotoneladas de CO₂eq (un -12,5 % menos que en 2019 como consecuencia de la situación de pandemia) de las cuales el sector que más emitió fue el del transporte, un 27 %; mientras que el de la producción y transformación de la energía representó un 17,4 % y el de la industria un 23,3 %. La distinta configuración en la contribución de los distintos sectores al conjunto de emisiones nacionales en relación con el ámbito europeo o global está motivada por diversos condicionantes (características demográficas,

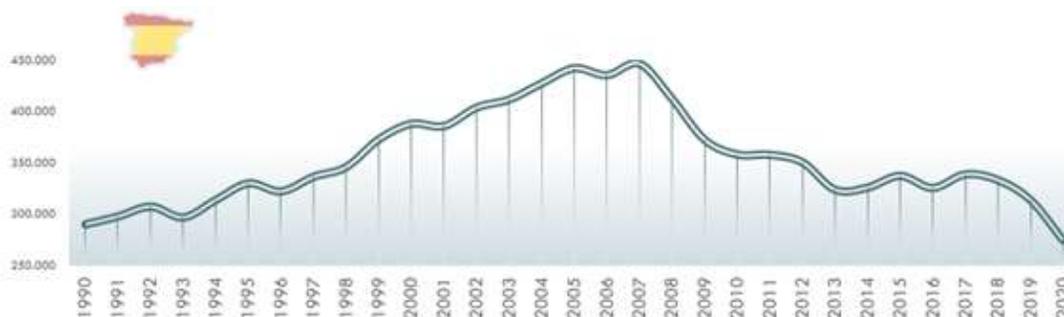
⁴ Los datos de emisiones escala global de la Agencia Internacional de la Energía son únicamente emisiones de CO₂. Sin embargo, los datos a escala europea y nacionales son emisiones de GEI y referidos a CO₂eq. Es por ello que es necesario tener en cuenta que las emisiones de CO₂ suponen un 89 % de las emisiones de GEI, que incluyen además del CO₂ por metano (CH₄), el óxido nítrico (N₂O), el ozono (O₃) y otros gases fluorados (CFC).

⁵ Emisiones de gases de efecto invernadero ponderadas con el potencial de calentamiento global a 100 años (4º Informe de Evaluación del IPCC).

socioeconómicas, climáticas, políticas sectoriales, etc.), pero pone de manifiesto la relevancia que tiene en España la descarbonización del transporte para alcanzar la neutralidad climática a 2050.

El análisis de la **serie histórica de las emisiones nacionales de GEI desde 1990 muestra como el conjunto de las emisiones de GEI alcanzó su valor máximo en 2007, cuando fue un +54 % superior al valor de 1990**. Sin embargo, desde ese año las emisiones de GEI experimentaron un descenso progresivo (-23,9 % en el periodo 2008 – 2019), que si bien en parte pudo estar motivado por el ciclo económico y la crisis financiera, en los últimos años de crecimiento de la economía española se ha observado cierta estabilidad e incluso descensos en las emisiones totales de GEI, situándose **en 2019 en un +8,2 % respecto a 1990** (en el periodo 1990-2020 la variación de emisiones fue de -5,3 %). En la siguiente gráfica se muestra la evolución de las emisiones nacionales de GEI hasta 2020.

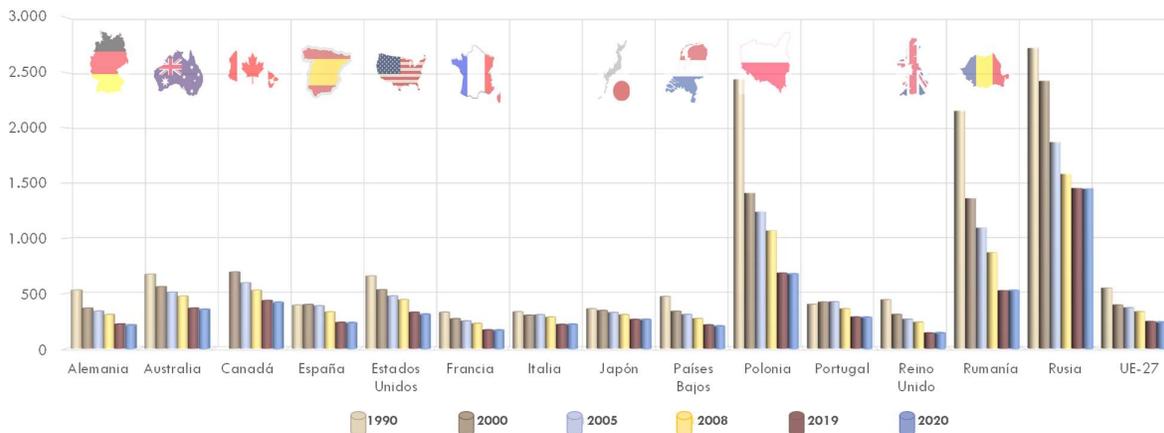
Gráfico 8 Evolución de las emisiones de GEI en España (kt CO₂-eq). Años 1990-2020



Fuente: UNFCCC

Para poder realizar un análisis más detallado es conveniente analizar la **intensidad de emisiones de GEI respecto al PIB**, para lo cual se han seleccionado una serie de países considerados de interés y se han utilizado las emisiones reportadas a la UNFCCC. Los datos muestran como en España se alcanzó un pico de intensidad de emisiones de GEI en el año 2000, con 400 t de CO₂-eq por millón de dólares de PIB (constantes de 2015). Este dato ha descendido en el período 2000-2020 en un -40,9 % hasta los 233 t/Mill. USD, valor ligeramente inferior al de 2019 situado en los 237 t/Mill. USD. La **tendencia general a nivel internacional es de descenso de las emisiones en relación al PIB**, en algunos casos de manera considerable como ha ocurrido —por causas diferentes— con Alemania, Polonia, Reino Unido o Malta. Si se toma como referencia la media de la UE-27 (238 t/Mill. USD), se observa que España lleva ya más de una década por debajo de dicha referencia, y que todavía hay numerosos países cuya intensidad es superior, como puede observarse en el Gráfico 9 que se presenta a continuación.

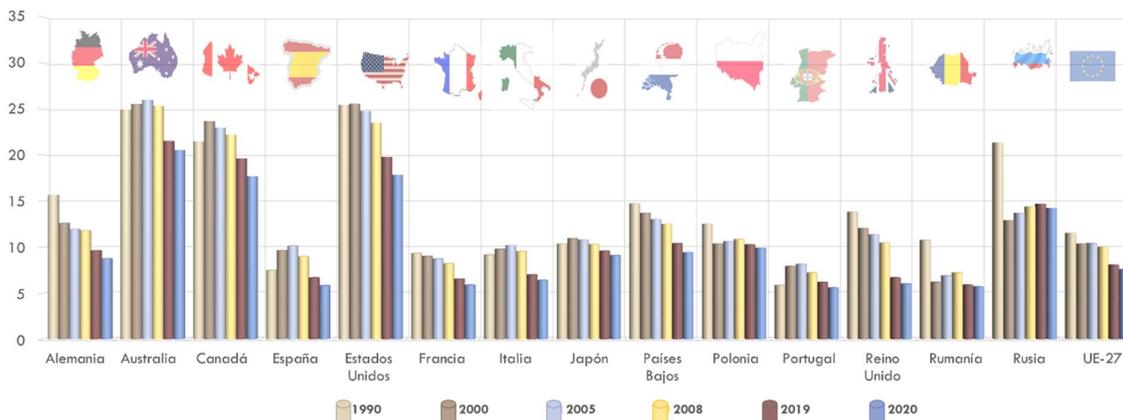
Gráfico 9 Evolución de las emisiones de GEI por unidad de PIB (t-CO₂-eq/millones de USD). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020



Fuente: Elaboración propia del OTLE a partir de los datos de la UNFCCC.

Si se analiza la **intensidad de las emisiones de GEI respecto a la población** (ver Gráfico 10), se observa que en los **últimos diez años este indicador ha disminuido en todos los países seleccionados**, y que son Reino Unido y Suecia los países que más han reducido sus emisiones por habitante en el periodo 1990-2020. España emitió 5,8 toneladas por habitante en 2020, valor inferior a la media europea (7,5 t CO₂-eq/hab./año) y muy por debajo de los de muchos países analizados en la comparativa.

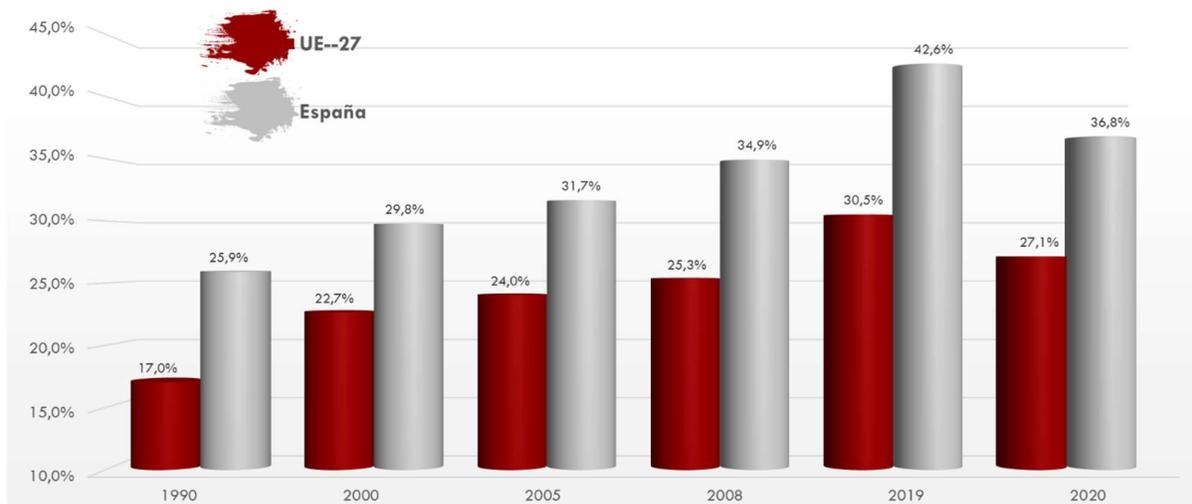
Gráfico 10 Evolución de las emisiones de GEI por habitante (t-CO₂-eq/ habitante). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020



Fuente: Elaboración propia del OTLE a partir de los datos del Banco Mundial y la UNFCCC

La **actividad del transporte (nacional e internacional) en la Unión Europea supuso la emisión de 896.873 kilotoneladas de CO₂e, lo que representa el 27,1 % del total de las emisiones de GEI de la UE en 2020 (un 30,5 % en 2019)**. Esta cifra fue un +8,7 % superior a la registrada en 1990 (si tenemos en cuenta el periodo 1990-2019 fue un +33,5 %) por el conjunto de los 27 países que hoy en día conforman la Unión Europea. Estas tasas de variación **contrastan con las observadas para España**, donde el crecimiento de las **emisiones de GEI del transporte fue de un +34,4 % para el periodo 1990-2020 y de un +77,9 % el 1990-2019**. Además, las emisiones de GEI del sector transporte (nacional e internacional) representaron el 36,8 % del total, como puede observarse en el Gráfico 11 que se expone a continuación.

Gráfico 11 Evolución de la cuota de emisiones de GEI del transporte (nacional e internacional) respecto al total de emisiones. Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019, 2020



Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos de UNFCCC

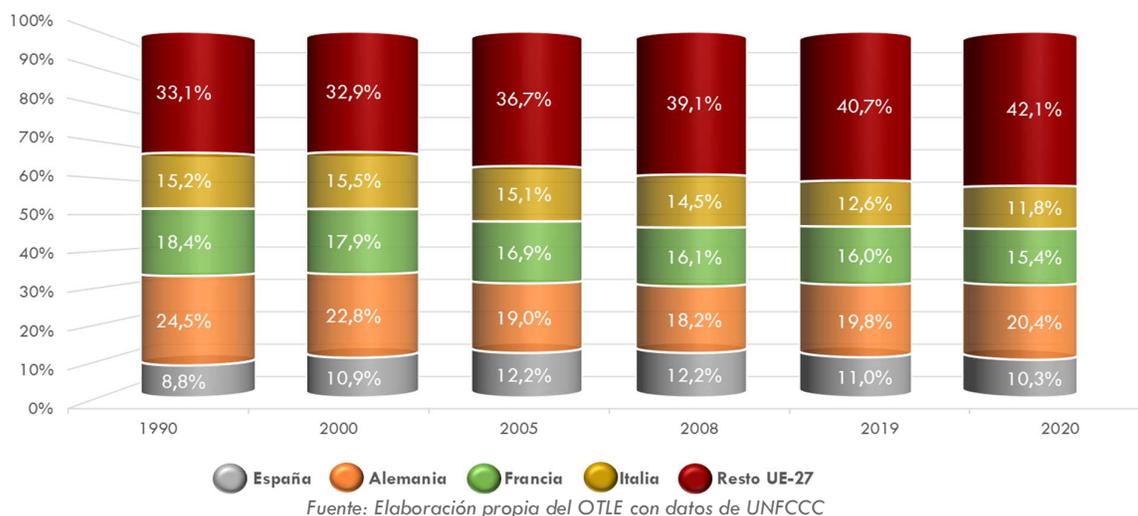
El hecho de que **la participación de las emisiones de GEI del transporte —incluido el internacional— en el total de emisiones de España sea superior a la europea se debe a múltiples razones (características demográficas, socioeconómicas y climáticas, políticas sectoriales, etc.)**. Entre ellas y en lo relativo exclusivamente al transporte (pues esta cuota depende también de la participación de las emisiones generadas por otros sectores, como la industria, la energía, los edificios, la agricultura o los residuos), pueden destacarse: la posición periférica que tiene España en Europa —siendo el principal nodo para los tráficos entre Europa y el norte de África⁶— y los niveles de exportación de productos agrícolas e industriales que se realizan desde o a través de España⁷, la dispersión existente entre centros productivos y puntos de consumo, la predominancia del transporte de mercancías por carretera frente al ferrocarril (en España el 2 % de las mercancías se transportan por ferrocarril en contraste con el 17 % de la Unión Europea), el turismo o la ubicación clave de España en una de las principales rutas internacionales de transporte marítimo.

El transporte nacional de España representa el 10,3 % de las emisiones totales de GEI en el transporte de la Unión Europea (ver Gráfico 12), para una población que representa el 10,8 % respecto al conjunto de la población de los países de la UE-27. Por su parte, Alemania representa un 20,4 % o Francia un 15,4 % del total de las emisiones del transporte europeas, mientras que su población supone el 19,1 % y el 15,6 % respectivamente de la población de la UE-27. Italia, sin embargo, con una población del 13,7 % respecto al total europeo, sus emisiones de transporte respecto a las totales se sitúan en torno al 11,8 %.

⁶ <https://wits.worldbank.org/countrysnapshot/es/MAR>

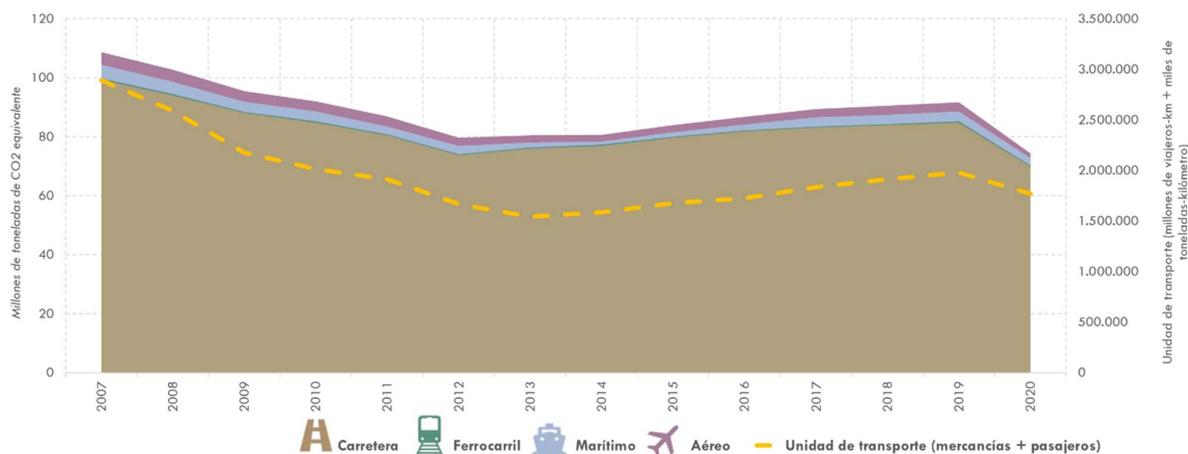
⁷ En 2021 España el tercer país de la UE-27 en exportaciones clasificadas como "comida, bebida y tabaco".
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/EXT_LT_INTRATRD__custom_4698640/default/table?lang=en

Gráfico 12 Evolución de la cuota de emisiones de GEI del transporte (nacional) respecto al total de emisiones del transporte de la UE-27 (%). Años 1990, 2000, 2005, 2008, 2019 y 2020



Se analiza a continuación **el desempeño de las emisiones de GEI en el transporte nacional español**. Una primera comparativa de interés es la que se refiere a las emisiones de GEI en el transporte en relación con la movilidad, pues tanto el consumo de energía por el transporte, y en gran parte las emisiones de GEI derivadas, están estrechamente relacionadas con la movilidad. Tal como se puede observar en la siguiente gráfica, la reducción de unidades transportadas hasta 2013 tuvo su impacto directo en la reducción de emisiones GEI y su tendencia al alza a partir de ese año también tuvo su reflejo en el aumento de emisiones. También es muy destacable como la afección a la economía debida a la crisis de la COVID-19 supuso una disminución del -10,7 % de las unidades transportadas, lo que derivó en un descenso de las emisiones del -18,9 %.

Gráfico 13 Evolución de las emisiones de GEI del transporte (nacional) por modo de transporte y de la demanda de transporte nacional (mercancías y pasajeros) en España. Años 2007 - 2020



Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de la Agencia Europea de Medio Ambiente, y datos de demanda de transporte proporcionados por el OTLE a partir de diversas fuentes.

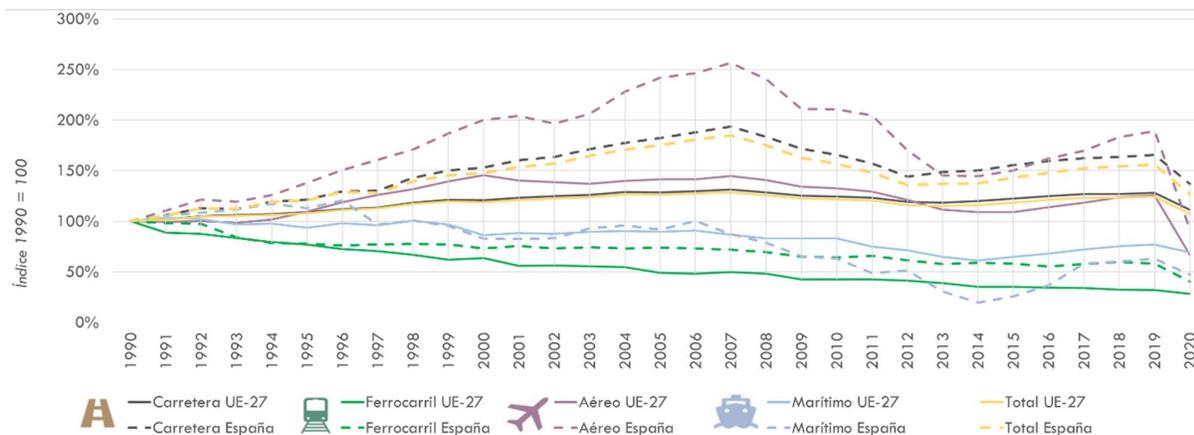
La evolución de las emisiones del transporte en España **muestra un comportamiento con ciertas similitudes a las comentadas previamente para el conjunto de los sectores**, aunque con una mayor intensidad. En 1990 el transporte emitió 58.735 kt de GEI, en 2019 se alcanzaron 91.735 kt y en 2020 se redujeron a 74.363 kt (ver Gráfico 14).

- Desde 1990 hasta la crisis financiera de 2008, las emisiones del conjunto de la actividad de transporte se incrementaron un +74,9 %, debido principalmente al aumento del transporte por carretera (+83,5 %) y el modo aéreo (+140,4 %). En el año 2007 se emitieron 108.658 kt de GEI, el máximo histórico desde 1990.
- A partir de 2008 se observa una paulatina reducción (-6,1 % de media anual hasta 2012) probablemente relacionada con el ciclo económico y el menor volumen de desplazamientos producidos hasta los años 2012-2013, momento en el cual se produce una nueva tendencia al alza.
- En el periodo entre 2012 y 2019 se produce un incremento de las emisiones del 15,1 %, aunque en 2020 las emisiones decrecieron un -18,9 % respecto a 2019 debido fundamentalmente a la COVID-19.

La **evolución europea también ha sido similar a la española**, aunque con un **perfil de variación de menor intensidad**, pero donde pueden distinguirse tres fases principales:

- Una primera entre 1990 hasta 2007, donde se registró un crecimiento sostenido del +28,6 %, hasta alcanzar el máximo con 858.964 kilotoneladas de CO₂eq.
- Una segunda fase de reducción de emisiones hasta el año 2013, con una reducción en el periodo 2008 – 2013 del -8,5 %.
- Por último, una nueva fase de crecimiento, probablemente relacionada con el desempeño favorable de la economía, con un aumento entre 2013 y 2019 del 8,1 %, hasta alcanzar un volumen de emisiones de GEI de 830.451 kilotoneladas de CO₂eq. En 2020 las emisiones se redujeron un -13,5 % respecto a 2019 debido a la pandemia.

Gráfico 14 Evolución en base 100 de las emisiones de GEI del transporte (nacional) en UE-27 y en España, para los diferentes modos de transporte y el total del transporte (1990 = 100). Años 1990 - 2020



Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de la Agencia Europea de Medio Ambiente.

En la tabla 2 se muestra la evolución de las emisiones de GEI de los distintos modos de transporte y el conjunto del transporte, para periodos más concretos, tanto para España como para el conjunto de la UE-27.

Tabla 2 Variación de emisiones de GEI por periodos por modo de transporte en España y en la UE-27 (%)

MODO	1990-2000		2000-2005		2005-2008		2008-2019		2019-2020	
	España	UE-27	España	UE-27	España	UE-27	España	UE-27	España	UE-27
Carretera	52,9 %	20,5 %	19,2 %	6,6 %	0,6 %	0,0 %	-9,8 %	-0,5 %	-17,4 %	-13,0 %
Ferrocarril	-27,0 %	-36,6 %	1,0 %	-22,9 %	-6,1 %	-1,7 %	-16,0 %	-33,5 %	-30,5 %	-11,5 %
Aéreo	99,9 %	45,4 %	20,8 %	-2,8 %	-0,5 %	-0,5 %	-21,4 %	-10,6 %	-51,5 %	-46,8 %
Marítimo	-17,1 %	-13,7 %	10,7 %	3,7 %	-14,2 %	-7,0 %	-20,0 %	-7,5 %	-25,3 %	-9,9 %
Total	47,4 %	18,7 %	18,8 %	6,1 %	-0,1 %	-0,2 %	-10,7 %	-1,1 %	-18,9 %	-13,5 %

Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos de la UNFCCC.

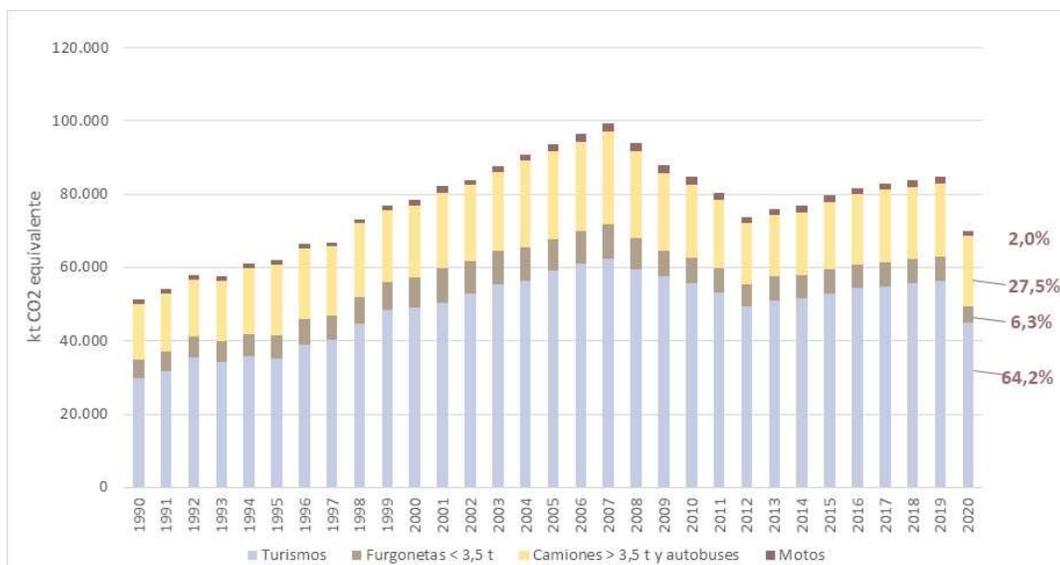
Particularizando por modos, el **transporte por carretera** es el modo que contribuye con más emisiones de GEI a la atmósfera. En España, de media, en el periodo 1990-2020 supuso el 91,2 % del total de las emisiones de GEI del transporte y en 2019 representó un 92,7 %; cuota ligeramente inferior a la de otros países europeos como Italia (93,4 %), Francia (94,8 %), Alemania (97,2 %) o a la media europea (96,2 %) debido a que las emisiones generadas por la aviación y la navegación marítima suponen porcentajes ligeramente más altos, tanto por la situación geográfica de España como por la importancia del turismo.

Las emisiones de GEI del transporte por carretera crecieron un +93,6 % en el periodo comprendido entre 1990 y 2007, debido fundamentalmente a que en ese mismo periodo el parque de vehículos se duplicó y a que el número de kilómetros recorridos también experimentó un importante crecimiento. A partir de ese momento y debido a la crisis financiera, tanto el parque de vehículos como el número de kilómetros recorridos **y las emisiones disminuyeron para, a partir de 2014, volver a crecer de nuevo una media del 2,0 % interanual hasta 2019**. Entre 2019 y 2020 las emisiones del transporte por carretera se redujeron un -17,4 %.

En el periodo comprendido entre 1990 y 2020, el ámbito del transporte por carretera en el que se han producido las emisiones se ha mantenido bastante constante, repartiéndose entre la pauta urbana con una cuota del 43,6 % de media, la interurbana del 41,6 %, y el resto que se atribuye a la pauta rural.

En cambio, si se analizan las emisiones del transporte por carretera en función del tipo de vehículo se observa que desde 1990 las emisiones de los vehículos ligeros han aumentado un +88,9 %, las de las motocicletas un +75,3 %, mientras que las de furgonetas, camiones y autobuses solo han crecido en conjunto un +30,1 %.

Gráfico 15 Evolución de las emisiones de GEI del transporte por carretera en función del tipo de vehículo. Años 1990-2020



Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de la Agencia Europea de Medio Ambiente

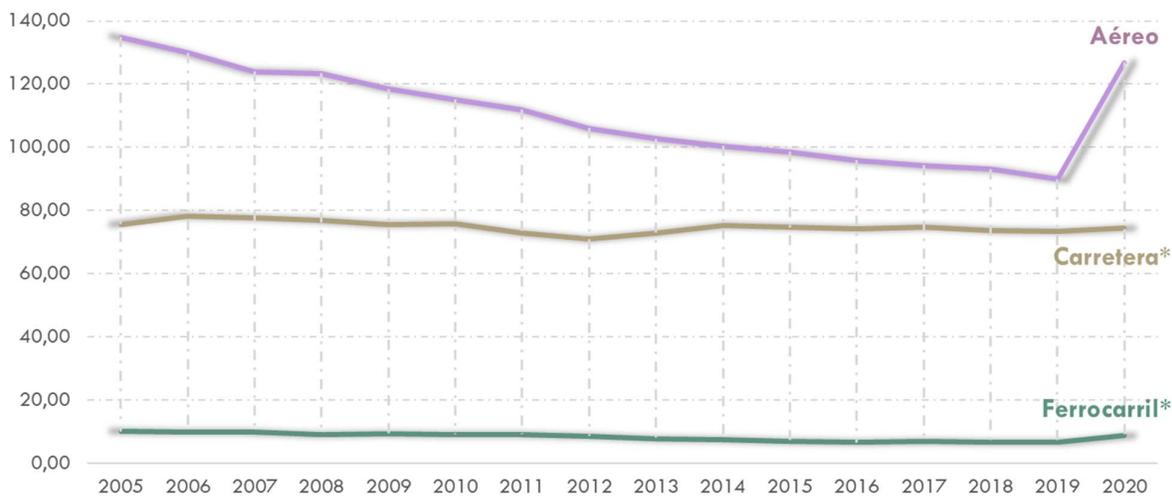
En España, las emisiones de GEI del **transporte de viajeros por carretera**⁸ ascendieron a 24.432 kt CO₂eq en 2020 y 30.480 kt CO₂eq en 2019, y supusieron un 58,5 % y un 61,1 % respectivamente del total de emisiones del transporte por carretera. Este porcentaje no ha sido constante y ha ido evolucionando desde el 52,7 % en 1990, hasta alcanzar el máximo en 2013 cuando supuso el 64,4 %.

El transporte por carretera ha mantenido sus **emisiones de GEI por unidad de transporte** prácticamente constantes durante el mismo periodo, tal y como se puede observar en el Gráfico 16. Esto se debe a que, en comparación con el ferrocarril, este modo no ha tenido apenas acceso a la electrificación; y en comparación al modo aéreo, que ha logrado mejorar su eficiencia desde 2001⁹, el transporte por carretera no ha conseguido reducir sus emisiones por unidad de transporte. En los motores de combustión las emisiones de dióxido de carbono son constantes para un mismo consumo de carburantes y solo pueden reducirse con una mayor proporción de biocarburantes, a diferencia de lo que ocurre con los contaminantes atmosféricos, como las partículas o los óxidos de nitrógeno, que sí han experimentado una gran reducción gracias a la evolución tecnológica, como se explica en el apartado 2.3 de este documento.

⁸ Se ha considerado el transporte terrestre de pasajeros como la suma de vehículos y motocicletas; mientras que para el transporte de mercancías se ha considerado la suma de furgonetas < 3,5 t, camiones > 3,5 t y autobuses (se han incluido los autobuses en la categoría de mercancías de acuerdo a los datos proporcionados por el Sistema Español de Inventario de Emisiones y a la metodología utilizada por el OTLE).

⁹ <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/operational-measures.aspx>

Gráfico 16 Evolución de las emisiones de GEI por unidad de transporte (kt CO₂eq. / miles de UT-km) por modos. Años 2005 - 2020



* Los datos de emisiones y tráficos de carretera no incluyen el ámbito urbano.

No se ha incluido transporte marítimo, ya que existe una gran variabilidad de la serie de datos debido, en gran medida, al bunkering -repostaje de los buques-, lo que conduce a la falta de correlación en la estimación del consumo energético, y por tanto de las emisiones producidas, y de los tráficos.

Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos del Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), DGC, OFE, AENA S.M.E.,

Tanto en la UE-27 como en España las emisiones del **ferrocarril** suponen menos del 1 % del total de las emisiones de GEI del transporte y, además, este porcentaje ha ido disminuyendo paulatinamente: en el periodo comprendido entre 1990 y 2019 se han reducido un -71,8 % y un -59,7 % %, respectivamente, debido a los avances en la electrificación y a las mejoras tecnológicas. Las emisiones que se producen en el proceso de generación de la energía eléctrica consumida por el transporte se imputan en las metodologías utilizadas al sector energético y no al transporte¹⁰, de modo que en el transporte solamente se computan las emisiones directas. Esto implica, además, que las emisiones de GEI por unidad transportada -al estar el transporte ferroviario muy electrificado y sólo computarse las emisiones directas- son muy pequeñas, tal como se muestra en el Gráfico 16. La previsión es, además, que en los próximos años se avance en la electrificación de la red ferroviaria española de acuerdo a lo establecido en el Programa de Renovación y Mejora de la Red definido por la Estrategia Indicativa Ferroviaria¹¹ y que, a su vez, aumente significativamente la participación de las energías renovables en la generación eléctrica, según lo recogido en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)¹².

En cuanto a las emisiones de GEI derivadas de la **aviación**, en Europa supusieron un 1,1 % del total de las emisiones de transporte en 2020 y un 1,8 % en 2019; y en el periodo 1990-2019 crecieron un +26,0 % debido al aumento en la actividad.

¹⁰ Las emisiones derivadas del consumo de la electricidad son nulas en el sector del transporte, ya que no se generan GEI ni contaminantes atmosféricos *in situ*. La electricidad consumida por los transportes ha sido generada en una central eléctrica, que puede emplear fuentes renovables o fósiles; sin embargo, las emisiones que pudieran producirse en el proceso de generación se imputan al sector energético y no al transporte. Asimismo, también hay que tener en cuenta que las emisiones de CO₂ debidas a la combustión de los biocombustibles se desglosan en su parte biogénica, que no se imputan al transporte, y su parte fósil, que sí computa en el total de las emisiones del transporte.

¹¹ https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/estrategia_indicativa_finlv2.pdf

¹² Plan nacional Integrado de Energía y Clima 2030. https://www.miteco.gob.es/images/es/pniecCompleto_tcm30-508410.pdf

En España, la participación de las emisiones **de la aviación doméstica respecto a las emisiones del transporte fue del 2,1 % en 2020, y su evolución está marcada por un crecimiento sostenido desde 1990 hasta 2007** cuando alcanzan el máximo, 4.281 kt CO₂eq, y a partir de este momento descendieron **hasta 2014, año en el que volvieron a subir hasta alcanzar en 2019 los 3.117 kt CO₂eq**. En 2020 disminuyeron un -51,5 %; y entre 2015 y 2019 las emisiones de GEI de la aviación registraron un crecimiento interanual medio del +5,6 %.

La aviación ha experimentado una reducción de sus emisiones de GEI por unidad de transporte durante el periodo 2005-2019 de un -33,4 % (ver Gráfico 16) debido a las mejoras tecnológicas de las aeronaves: eficiencia de los motores, diseño de aeronaves y renovación progresiva de flotas; a las mejoras de la gestión del tráfico aéreo: optimización de rutas y gestión del tráfico en aeropuertos; y al aumento del factor de ocupación de pasajeros por vuelo. Sin embargo, en el año 2020, las emisiones por unidad de transporte aumentaron un +41,2 % debido a las restricciones nacionales en la movilidad y de viajes entre países por la pandemia y la consecuente caída de los factores de ocupación, por lo que la disminución de la demanda de transporte fue mucho mayor que la disminución de emisiones: un -65,7 % frente a un -51,5 %.

El **transporte marítimo** nacional supuso en 2019 un 3,6 % del total de las emisiones nacionales de GEI, y en el periodo 1990-2019 se redujeron un -37 %; en 2020, el transporte marítimo supuso un 3,3 % y en el periodo 1990-2020 las emisiones se redujeron un -52,9%. Su máximo valor se alcanzó en el año 2006, 5.288 kt CO₂eq, y posteriormente descendió hasta 2014, año a partir del cual comenzó un ascenso hasta 2018, presentando el mayor incremento interanual de todo el periodo debido al aumento del consumo de combustibles, que entre 2015 y 2018 fue del +133,3 %. Este incremento se debe a una combinación de factores: en primer lugar, en ese periodo se ha producido un aumento del 20,5 % en el número de buques y un crecimiento del 15,0 % en el tráfico de mercancías; además, después de la crisis financiera de 2008, los flujos marítimos en el Estrecho de Gibraltar se reactivaron (por ejemplo, el número de contenedores transportadas entre el puerto de la Bahía de Algeciras y la zona del norte de África (Tánger, Tanger-Med y Ceuta) se incrementó en un +182,0 % entre 2015 y 2017¹³). En cuanto a los dos últimos años analizados, la tendencia sigue siendo ascendente, pero se observa una estabilización, con un incremento del 5 % en 2019 respecto al año anterior.

Tal y como se observa en el Gráfico 16, en la UE-27 las emisiones de la navegación nacional representan un 2 % y su evolución ha sido diferente a España: entre 1990 y 2014 descendieron paulatinamente un 38 % y a partir de ese momento han vuelto a crecer. En total, el aumento de las emisiones entre 1990 y 2019 ha sido de un +24 %. En cuanto a su intensidad (emisiones de CO₂ por PIB), este modo de transporte no puede analizarse respecto a las unidades de transporte por la falta de homogeneidad entre los datos de demanda y el consumo de combustible y sus emisiones generadas: el carácter internacional de este modo de transporte, junto con la gran capacidad de almacenaje de sus tanques, que pueden hacer grandes travesías con un solo abastecimiento del combustible, y el hecho de que los puertos de Róterdam, Amberes y Algeciras —en particular en aguas internacionales del Estrecho de Gibraltar— están entre los principales puertos del mundo para el abastecimiento de combustible, dificulta enormemente establecer una relación directa entre la demanda de transporte marítimo y el consumo de carburantes.

2.3 Otros gases contaminantes

El transporte, además de producir emisiones de gases de efecto invernadero, también **contribuye de manera muy significativa a la contaminación atmosférica** con emisiones de contaminantes como óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), amoníaco (NH₃), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM)¹⁴.

¹³ <https://www.secegsa.gob.es/NR/rdonlyres/90F3AD5C-18B0-4D03-A698-91E5B510B197/152282/SintesisES.pdf>

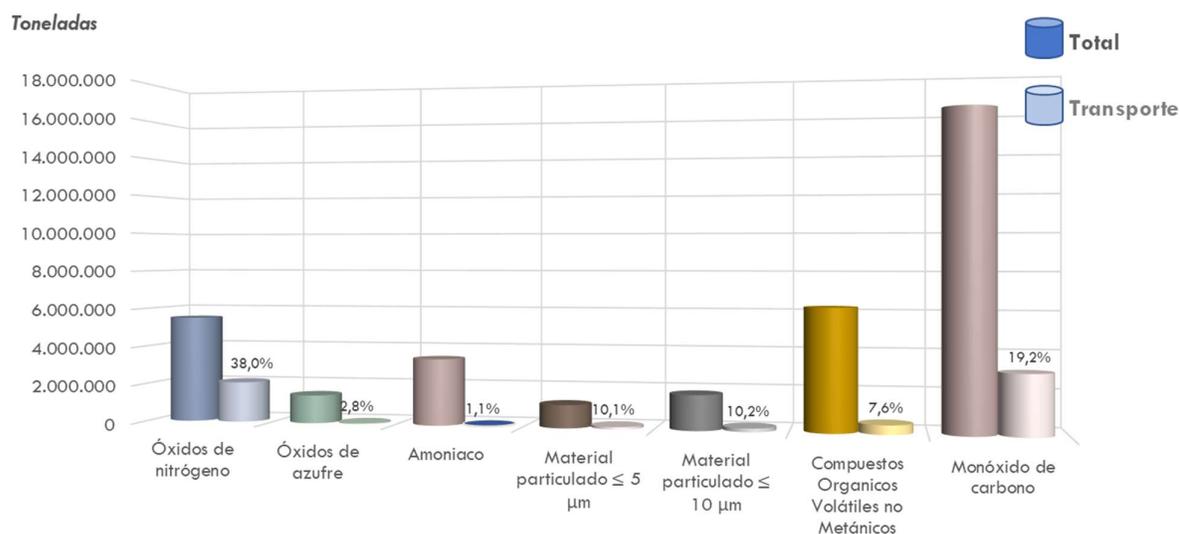
¹⁴ Además de las emisiones directas del motor, el desgaste de frenos y neumáticos, así como la erosión del firme de rodadura y la suspensión del material depositado en la calzada contribuyen a la emisión de material particulado a la atmósfera.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la contaminación del aire representa un importante riesgo para la salud y los ecosistemas. En 2020 estimó que más 99 % de la población mundial¹⁵ residía en zonas en donde se superaban los niveles de contaminación establecidos en sus Directrices sobre la calidad del aire; estas Directrices (cuya última versión se publicó en 2021) ofrecen una evaluación de los efectos de la contaminación del aire para la salud y los niveles de contaminación que resultan perjudiciales para esta.

Asimismo, según datos de la OMS¹⁶, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de muertes prematuras, especialmente en las regiones de Asia Suroriental y el Pacífico Occidental y fundamentalmente debido al material particulado. Por su parte la Agencia Europea del Medio Ambiente considera que, en términos generales, la contaminación atmosférica es responsable de alrededor de 400.000 muertes prematuras cada año en la UE y de la exposición a la eutrofización de aproximadamente dos terceras partes de la superficie de los ecosistemas de la UE¹⁷.

El origen de estos contaminantes está asociado a la industria, la energía, la agricultura, la construcción y también al transporte. En el año 2020 en la UE-27, **los óxidos de nitrógeno derivados del transporte representaron un 38,0 % del total de las emisiones de este contaminante**; las emisiones de partículas menores de 10 µm procedentes del transporte fueron un 10,2 % del total de emisiones; las emisiones de COVNM del transporte supusieron un 7,6 %; las emisiones de óxidos de azufre un 2,8 % y el amoníaco un 1,1 %, como muestra el Gráfico 17.

Gráfico 17 Emisiones totales y del transporte de los principales contaminantes en Europa (UE-27) en 2020 (toneladas y %)



Fuente: Elaboración propia del OMLE a partir de datos de Eurostat.

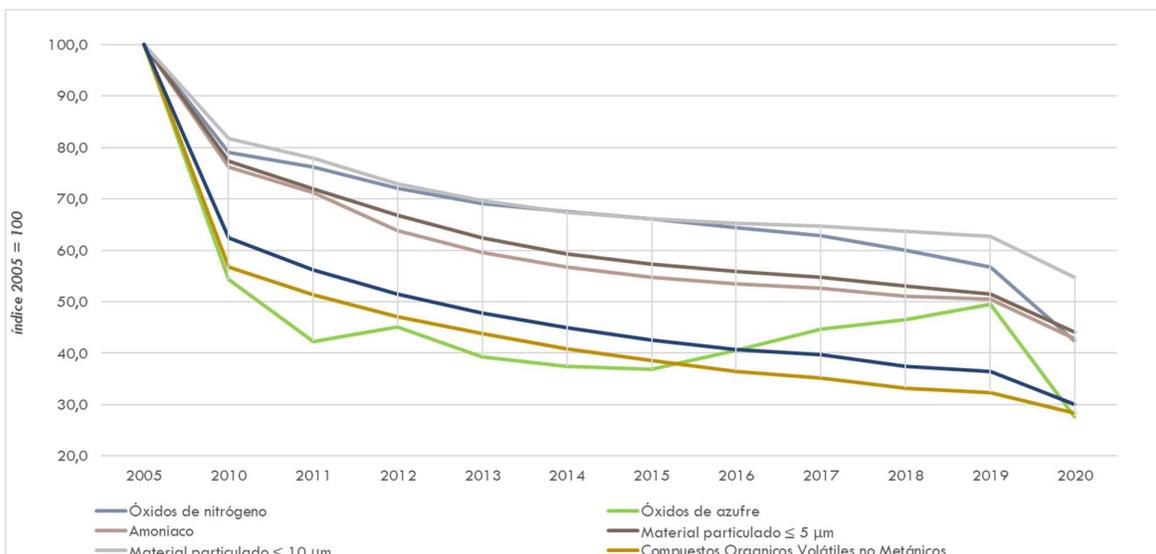
En cuanto a su evolución, **las emisiones en el transporte de todos los contaminantes atmosféricos han experimentado una reducción considerable en los últimos 15 años**, con especial incidencia en los compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), que han visto reducidas sus emisiones un -71,6 % en el periodo 2005-2020 y los óxidos de azufre un -72,3 %; el amoníaco ha experimentado una disminución del -57,2 % en ese mismo periodo, o los óxidos de nitrógenos cuyo descenso se sitúa en el -43,3 %, como puede observarse en el Gráfico 18 que se incluye a continuación.

¹⁵ https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1

¹⁶ <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-deaths>

¹⁷ "La calidad del aire en Europa – Informe de 2020". Agencia Europea del Medio Ambiente

Gráfico 18 Evolución en base 100 de las emisiones de los principales contaminantes del transporte en Europa (Índice 2005=100). Años 2005 - 2020



Fuente: Elaboración propia del OTLE a partir de datos de Eurostat

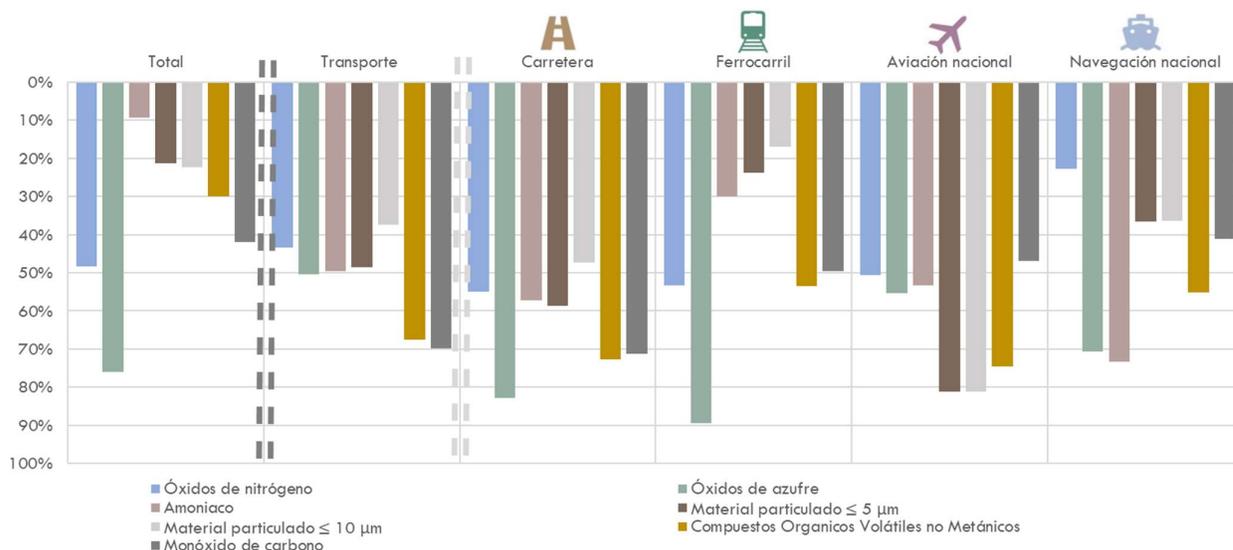
Todos los modos de transporte han experimentado una importante disminución en cuanto a las emisiones de contaminantes (ver Gráfico 19), si bien es importante destacar las relativas a emisiones de NOx y de partículas en el transporte por carretera, debido sobre todo a la instalación de catalizadores de tres vías en los coches de gasolina¹⁸, impulsados por las normas europeas sobre emisiones¹⁹. Y, en el transporte marítimo, gracias a la regulación de las Directivas del azufre²⁰ desde 1999 o a la declaración de las Zonas de Control de Emisiones de Azufre (en estas zonas SECA -Sulphur Emissions Control Area- se debe utilizar combustible con un contenido en azufre del 0,1 % en vez del 0,5 %), en el mar Báltico y en el del Norte (el mar Mediterránea será designado SECA a partir del 1 de enero de 2025), se han reducido en un -70,6 % desde 2005 hasta 2020 y un -45,3 % en el periodo 2005-2019.

¹⁸ Informe "El medio ambiente europeo: estado y perspectivas 2020 (SOER 2020)". Agencia Europea de Medio Ambiente.

¹⁹ Reglamento (CE) n.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2009, sobre la homologación de vehículos y motores con respecto a las emisiones de los vehículos pesados (Euro VI) y sobre el acceso a los vehículos información sobre reparación y mantenimiento y por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 715/2007 y la Directiva 2007/46/CE y se derogan las Directivas 80/1269/CEE, 2005/55/CE y 2005/78/CE y el Reglamento de la Comisión (EC) No 692/2008 del 18 de julio de 2008 que implementa y modifica el Reglamento (EC) No 715/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la homologación de tipo de vehículos de motor con respecto a las emisiones de pasajeros ligeros y vehículos comerciales (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información sobre reparación y mantenimiento de vehículos.

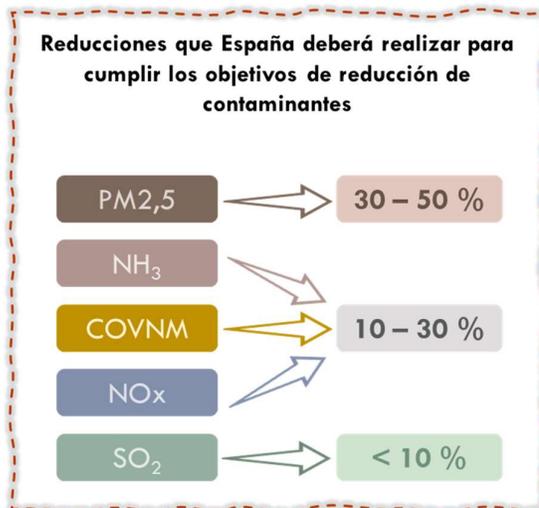
²⁰ Directiva (UE) 2016/802 del PE y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, relativa a la reducción del contenido de azufre de determinados combustibles líquidos y Directiva (UE) 2012/33/UE de 21 de noviembre de 2012 por la que se modifica la Directiva 1999/32/CE del Consejo en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo.

Gráfico 19 Evolución de la reducción de las emisiones de los principales contaminantes en Europa entre 2005 y 2020 en términos relativos (%), en el sector del transporte y por modos.



Fuente: Elaboración propia del OTLE a partir de datos de Eurostat

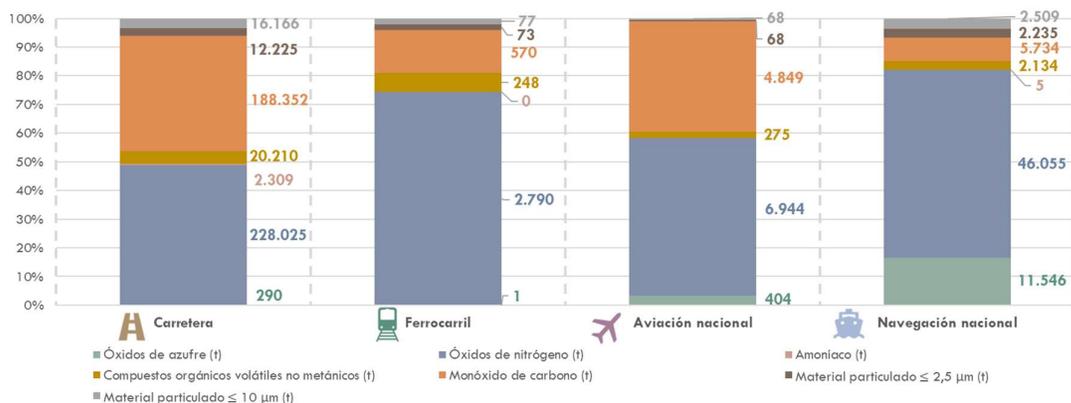
Para abordar la necesidad de disminuir las emisiones de contaminantes atmosféricos y sus efectos nocivos, la Unión Europea aprobó en 2001 la **primera Directiva de Techos de Emisión**²¹, que se ha ido modificando desde entonces hasta su última versión en 2016. En ella se establecieron compromisos de reducción -respecto a 2005- legalmente vinculantes para el periodo 2020-2029 y para 2030 en adelante. Según el Informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente sobre el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones, **en el año 2019 todos los países cumplieron los techos establecidos para los cuatro contaminantes clave (NH₃, COVNM, NO_x y SO₂), excepto para el amoníaco (cuyo principal productor es la agricultura) en donde cuatro países, incluido España, no cumplieron los límites.** Sin embargo, es necesario continuar con los esfuerzos para cumplir los objetivos en 2030, así como lo establecido en el Plan de Acción Europeo Contaminación cero - Hacia una contaminación cero para aire, agua y suelo -.



Los diferentes **modos de transporte contribuyen en diferente grado a la emisión de los contaminantes.** Tal y como se puede observar en el siguiente gráfico, lo que más emiten todos los modos de transporte son óxidos de nitrógeno, si bien es la carretera (228.025 t) la que más cantidad emite en comparación con el modo marítimo (46.055 t), la aviación (6.944 t) o el ferrocarril (2.790 t). El monóxido de carbono es el segundo mayor gas contaminante generado por la carretera (188.352 t) y la aviación (4.849 t), mientras que en el transporte marítimo son los óxidos de azufre (11.546 t).

²¹ Directiva (UE) 2016/2284 de 14 de diciembre de 2016 relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, por la que se modifica la Directiva 2003/35/CE y se deroga la Directiva 2001/81/CE

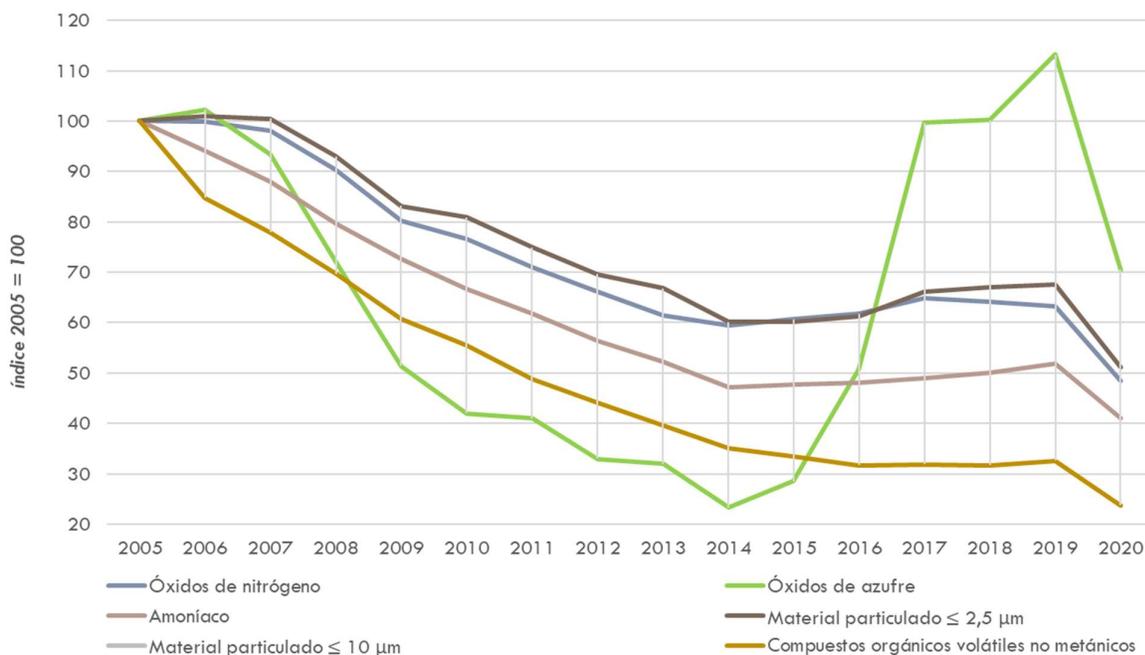
Gráfico 20 Emisiones de contaminantes por modos de transporte en España y participación sobre el total (t y %). Año 2020



Fuente: Elaboración propia del OTLE a partir de datos del Sistema Español de Inventario de Emisiones del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

En España también se han reducido notablemente la mayoría de las emisiones de contaminantes producidos por el transporte para el periodo 2005-2020 (ver Gráfico 21), destacando sobre todo la disminución de un -67,4 % de los COVNM (debido sobre todo al descenso de este tipo de contaminantes en el transporte por carretera), del -36,8 % de los óxidos de nitrógeno y del -32,4 % de las partículas menores de 2,5 µm. La única excepción son los óxidos de azufre, que aumentaron notablemente a partir de 2014 y superaron los valores de 2005.

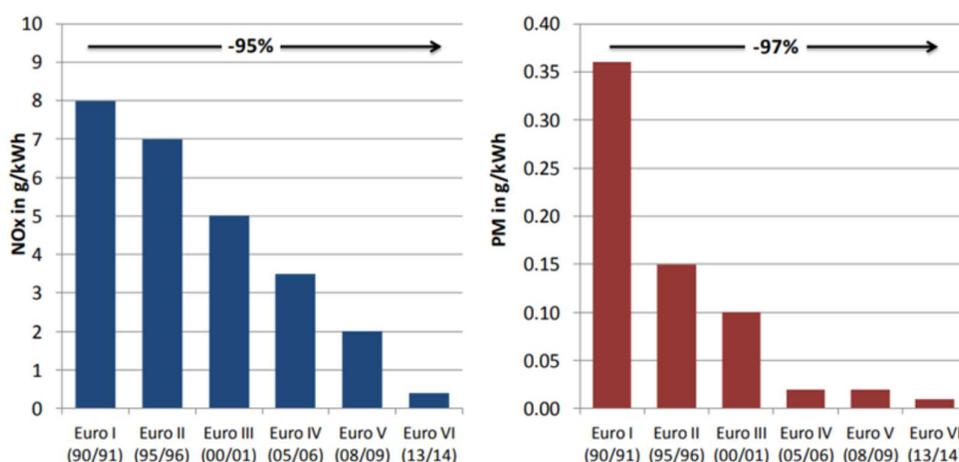
Gráfico 21 Evolución en base 100 de las emisiones de los principales contaminantes en España del transporte. (Índice 2005 = 100). Años 2005 - 2020



Fuente: Elaboración propia del OTLE a partir de datos del Sistema Español de Inventario de Emisiones del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

En el **transporte por carretera**, a pesar de que en España el parque de vehículos matriculados ha crecido un 25,7 % desde el 2005 y que las distancias recorridas también han aumentado, la mayoría de los contaminantes derivados de la carretera han experimentado fuertes descensos debido a la aplicación de las normas EURO mencionadas anteriormente. En el siguiente gráfico se muestra un ejemplo de cómo se han reducido las emisiones de NOx y partículas significativamente a través de todas las normativas EURO.

Gráfico 22 Evolución de las emisiones de NOx y partículas en vehículos pesados en la UE-27 a través de las normativas EURO



Fuente: Fuel efficiency and emissions of trucks in Germany An overview. Frank Dünnebeil & Udo Lambrecht IFEU-Institute Heidelberg. Año 2012 <http://transferproject.org/wp-content/uploads/2014/04/IFEU-2011-HDV-emissions-in-Germany.pdf>.

Sin embargo, a pesar de estos avances, según el Sistema Español de Inventario de Emisiones la mayoría de las emisiones de óxidos de nitrógeno proceden de los turismos diésel y se concentran en las áreas metropolitanas y en algunas carreteras con alta densidad de tráfico, como se puede observar en el mapa adjunto. Este hecho incrementa notablemente las consecuencias de los gases contaminantes sobre la salud de la población, ya que en las grandes áreas urbanas de más de 50.000 habitantes reside el 69 % de la población española, según el Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas en España 2021 elaborado por el MITMA.



Fuente: Sistema Español de Inventario de Emisiones

El consumo de carburantes en la **aviación doméstica** ha experimentado un aumento sostenido desde 1990 como consecuencia directa del crecimiento del transporte aéreo, en continua expansión. Cabe mencionar el declive a partir de 2007 debido a la recesión económica, que se convirtió en un ligero aumento a partir de 2014, aunque sin llegar a los niveles previos a la crisis financiera.

En lo que respecta a las emisiones derivadas de la aviación doméstica también se identifica un aumento sostenido hasta 2008, donde se registró un importante descenso de las emisiones de todos los contaminantes; en este caso, sin crecimiento posterior como sí ocurría con el consumo. Esto es debido a las mejoras tecnológicas, la renovación de las flotas y una mayor eficiencia operativa por parte del sector de la aviación.

En la actualidad el 94,3 % de las emisiones de óxidos de azufre son debidas a la **navegación marítima**. Desde el año 2006 se ha producido una clara tendencia a la baja por las limitaciones del contenido de azufre en los carburantes, con su práctica eliminación —salvo en el transporte marítimo— desde 2010 y un mínimo absoluto en 2014; aunque en el periodo 2016-2019 las emisiones en el transporte marítimo aumentaron ligeramente.

3 POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS ADOPTADAS PARA LOGRAR LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE

Las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico han aumentado desde la era preindustrial (1850), en gran medida como resultado de la quema de combustibles fósiles asociadas al crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado las máximas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en los últimos 800.000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y ha supuesto un calentamiento global de aproximadamente 1,0 °C con respecto a los niveles preindustriales²². Además, el aumento de la temperatura global de la superficie ha sido mucho más rápido desde 1970 que en cualquier otro periodo de 50 años en los últimos 2.000 años, y las últimas cuatro décadas han sido más cálidas que las precedentes desde 1850. Este aumento de la temperatura es una clara consecuencia del cambio climático a escala global.

El sexto informe de Evaluación del IPCC señala que la temperatura global en superficie seguirá aumentando: en el supuesto de que se duplicasen las emisiones de GEI actuales, se superaría ampliamente un calentamiento global de 2 °C, pudiendo llegar incluso hasta los 5 °C; mientras que en los escenarios socioeconómicos de muy bajas emisiones y con cero emisiones netas a partir de 2050, el calentamiento global se situaría en torno a 1,5 °C. Además, existe una clara diferencia en cuanto a los impactos climáticos y sus consecuencias en la población, los sistemas socioeconómicos y el medio ambiente entre mantener el calentamiento en torno a 1,5 °C o superar 2 °C²², donde estos serían mucho más significativos.

Es por ello que **resulta fundamental la descarbonización de la economía y la sociedad para mediados de este siglo, donde el transporte juega un papel fundamental**. Para afrontar este reto y, de este modo, luchar contra las consecuencias del cambio climático, las instituciones en todos sus niveles (global, europeo y nacional) han ido diseñando estrategias, políticas y normativas para mostrar sus compromisos con este problema global, así como para definir los pasos a seguir para lograr los objetivos definidos.

3.1 Acuerdos globales sobre cambio climático

El Protocolo de Kioto: el primer instrumento normativo para reducir las emisiones de GEI.

Para lograr "estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático" entró en vigor en 1994 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Esta Convención ha sido ratificada por 197 países, que se denominan Partes de la Convención, y desde 1995 las Partes se reúnen una vez al año en la Conferencia de las Partes (COP) para tomar decisiones globales y vinculantes sobre el futuro del planeta y el medio ambiente, revisar la implementación de los acuerdos adquiridos y negociar nuevos compromisos.

Una de las consecuencias más significativas de la CMNUCC fue la aprobación del Protocolo de Kioto en la COP 3 de 1997. Por primera vez, **los países industrializados se comprometieron a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de acuerdo con una serie de metas individuales** (el Protocolo entró en vigor en 2005). Estos objetivos individuales suponían una reducción media conjunta de las emisiones del 5 % en comparación con los niveles de 1990 en el quinquenio 2008-2012 (el primer período de compromiso). Además, se estableció tanto un sistema de seguimiento, revisión y verificación como de cumplimiento para garantizar la transparencia y hacer que las Partes rindieran cuentas. A finales del primer periodo, las emisiones totales de GEI de los países con reducciones obligatorias fueron un 22,6 %²³ inferiores

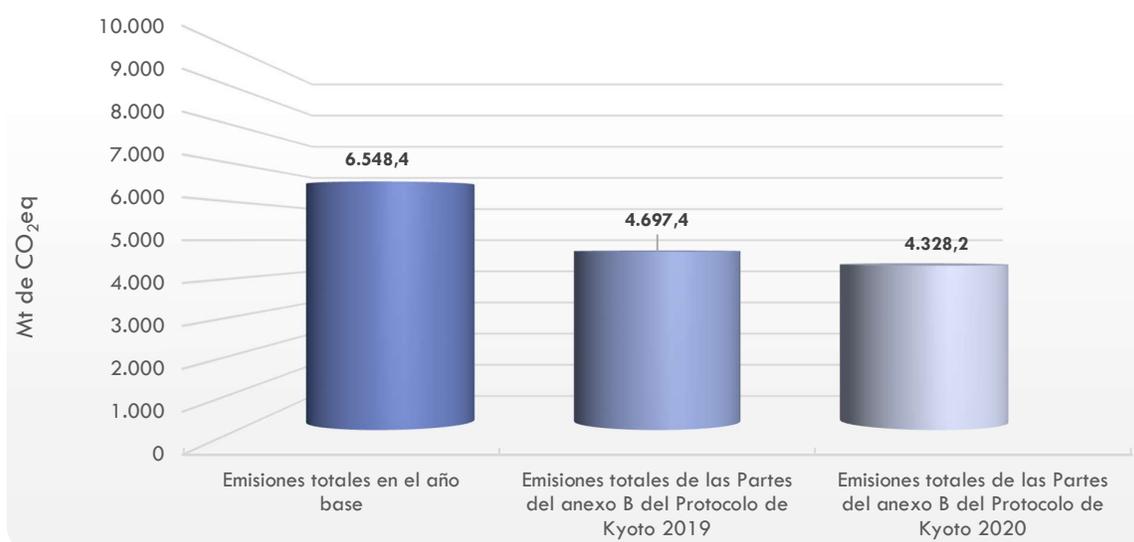
²² Informe especial del IPCC "Calentamiento global de 1,5 °C". 2019 Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf

²³ <https://unfccc.int/news/kyoto-protocol-10th-anniversary-timely-reminder-climate-agreements-work>

respecto a 1990, tanto por la crisis económica como por las consecuencias de la desaparición de la Unión Soviética y la reindustrialización de sus repúblicas y países satélites.

Aunque las negociaciones para dar continuidad al marco jurídico del Protocolo de Kioto comenzaron en 2006, el Acuerdo necesario para ello no llegó hasta la Cumbre de Doha de 2012. En esta segunda fase los países del Anexo B²⁴ del Protocolo de Kioto se comprometieron a reducir sus emisiones para 2020 una media del 18 % respecto a los valores de 1990. La Enmienda de Doha entró en vigor el 31 de diciembre de 2020 (justo cuando finalizaba su periodo de compromiso), ya que era necesario su ratificación por tres cuartos de las partes del Protocolo de Kyoto (143 países)²⁵. En 2020 el total de las emisiones de GEI de los países incluidos en el Anexo B del Protocolo de Kioto fue un 33,9 % inferior al del año de base definido²⁶.

Gráfico 23 Emisiones totales de gases de efecto invernadero de las Partes del anexo B procedentes de las fuentes enumeradas en el anexo A del Protocolo de Kioto en el año base (1990), 2019 y 2020



Fuente: Informe anual de recopilación y contabilidad relativo a las Partes del Anexo B del Protocolo de Kioto correspondiente a 2022. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Nota¹: Los países incluidos en los datos de emisiones mostrados son: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chequia, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Malta, Mónaco, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumanía, Suecia y Suiza. No se incluyen los datos de emisiones de Bielorrusia ni Kazajistán.

Nota²: El año de base para el CO₂, el CH₄ y el N₂O es 1990 para Islandia, el Reino Unido y los 27 Estados miembros de la UE, excepto Bulgaria (1988), Eslovenia (1986), Hungría (promedio de 1985-1987), Polonia (1988) y Rumania (1989). En cuanto a los gases fluorados el año base varía entre 1990, 1995 y el año 2000.

Un hito histórico: el Acuerdo de París

El siguiente gran avance en cuanto a la lucha contra el cambio climático tuvo lugar en la COP 21, en 2015, ya que se promovió una transición hacia una economía baja en emisiones y resiliente al cambio climático de manera jurídicamente vinculante. Algunos de los elementos más relevantes del denominado Acuerdo de París fueron:

²⁴ En el Anexo B del Protocolo de Kioto figura la lista de los 35 países desarrollados (industrializados) que acordaron limitar sus emisiones de gases que incrementan el efecto invernadero (. Sin embargo, la lista de países que acordaron limitar sus emisiones de GEI en la Enmienda de Doha fue diferente: los países que no se comprometieron a reducir emisiones para este segundo periodo fueron Canadá, Japón, Estados Unidos y la Federación Rusa; por el contrario, los países que no estaban en el Anexo B en el Protocolo de Kioto pero que sí que establecieron un porcentaje de reducción de emisiones para el periodo 2013-2020 fueron Bielorrusia, Chipre, Kazajistán y Malta.

²⁵ https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-c&chapter=27&clang=_en

²⁶ <https://unfccc.int/documents/613845>

- Evitar que el incremento de la temperatura media global supere los **2 °C respecto a los niveles preindustriales** y promover esfuerzos adicionales que hagan posible que dicho calentamiento no supere los 1,5 °C. Los riesgos futuros con el clima dependen del grado y la duración del calentamiento.
- Reconocer la **necesidad de que las emisiones globales toquen techo lo antes posible**, para conseguir una senda de reducción de emisiones a medio y largo plazo coherente con un escenario de neutralidad en carbono en la segunda mitad de siglo.
- Comprometer a todos los países a **comunicar y, al menos, mantener sus objetivos de reducción de emisiones cada cinco años**, así como a la puesta en marcha de políticas y medidas a nivel nacional para alcanzar dichos objetivos.
- Incluir un **ciclo de revisión** que establece que, cada cinco años comenzando en 2023, es necesario hacer un balance del estado de la implementación del Acuerdo respecto al objetivo de 2 °C.
- Reconocer la **importancia de la adaptación al cambio climático**, estableciendo un objetivo global de aumento de la capacidad de adaptación y reducción de la vulnerabilidad.
- **Establecer un paquete financiero** que ayude a la implementación del Acuerdo de movilización de 100.000 millones de dólares anuales a partir de 2020 por medio de distintas fuentes.



COP21 • CMP11
PARIS 2015
CONFERENCIA DE NACIONES UNIDAS
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO 2015

En relación con el primero de los elementos más relevantes mencionados del Acuerdo de París, en la Conferencia de las Partes (COP 26) que tuvo lugar en Glasgow en noviembre de 2021, los países acordaron el **Pacto Climático de Glasgow** en el que se reafirmaba el objetivo de que el calentamiento global no exceda de 1,5 °C (el más restrictivo de los acordados en París) y se reconocía que para limitar el calentamiento se requiere una reducción rápida, acusada y sostenida de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, que incluya la reducción de las emisiones mundiales de dióxido de carbono en un 45 % para 2030 con respecto al nivel de 2010, hasta llegar al cero neto a mediados de siglo, así como fuertes reducciones de otros gases de efecto invernadero. Este Pacto fue firmado por 196 países y en él también se acordaron compromisos sobre la reducción gradual del carbón y aumentar la ayuda financiera, entre otros.

En la **COP27** (celebrada en 2022 en Sharm El-Sheikh, Egipto) no se avanzó en la ambición de los compromisos; aunque se reiteró lo ya señalado en Glasgow de limitar el calentamiento global a 1,5 °C, para lo que se estableció un **programa de trabajo** para lograrlo, que será revisado en 2026 (si bien se reconoció las grandes dificultades que existen para lograr este objetivo). También se solicitó a los gobiernos que revisaran y ampliaran los objetivos de reducción a 2030. Otras conclusiones destacables de esta Conferencia de las Partes fueron la de establecer un **fondo específico por pérdidas y daños a los países vulnerables** afectados por catástrofes climáticas y movilizar más ayuda financiera para lograr un desarrollo bajo en emisiones y resiliente al clima.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

Por otro lado, el 25 de septiembre de 2015 todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas (193 países) aprobaron la **Agenda 2030**²⁷, la cual busca ser un plan de acción destinado a poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de la sociedad, incluyendo para ello 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Adicionalmente, y desde la perspectiva medioambiental, la Agenda 2030 es el resultado de los esfuerzos realizados por parte de Naciones Unidas para concretar mejor el Acuerdo de París.

De los 17 ODS, los que tienen mayor relación con la descarbonización del transporte son: **Objetivo 7**. "Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna", **Objetivo 11**. "Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles", y el **Objetivo 13**. "Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos".



El Objetivo 7 tiene dos metas para el horizonte de 2030 que son relevantes para el sistema de transporte, como son aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas y duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

El Objetivo 11 incluye una meta relacionada con la sostenibilidad en el transporte:

11.2. De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.

Con respecto al Objetivo 13 de acción climática, la Agenda reconoce que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es el principal foro intergubernamental internacional para negociar la respuesta mundial al cambio climático, por lo que no desarrolla en profundidad este asunto, sino que declara metas generales, de las cuales la más relevante en cuanto a la descarbonización del transporte es la relativa a la incorporación de *medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales*.

Otras estrategias globales para fomentar la descarbonización del transporte y contribuir a la lucha contra el cambio climático

En el ámbito del transporte existen también otros organismos intergubernamentales que están llevando a cabo iniciativas y estableciendo objetivos y regulaciones para luchar contra el cambio climático. En este sentido, son especialmente relevantes la Organización de Aviación Internacional (OACI) en el ámbito del transporte aéreo y la Organización Marítima Internacional (OMI) en el ámbito del transporte marítimo.

La **Asamblea de la OACI** en el 36º periodo de sesiones²⁸ adoptó una resolución en la que se solicitaba expresamente la formación de un Grupo sobre la aviación internacional y el cambio climático con el objetivo de elaborar un Programa de Acción para limitar o reducir el impacto de la aviación en el clima. Este Programa fue aprobado en junio de 2009 y establecía una **meta mundial del 2 % anual de mejora del rendimiento de combustible hasta el año 2050**, la elaboración de una norma mundial para reducir las emisiones de CO₂

²⁷ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

²⁸ https://www.icao.int/Meetings/AMC/Assembly37/Working%20Papers%20by%20Number/wp025_es.pdf

de la aviación y la definición de un marco para las medidas basadas en criterio de mercado en la aviación internacional.

Este objetivo se ha reafirmado en la Asamblea 41 de la OACI, el 7 de octubre de 2022, en la que se adoptó la Resolución 17/1, "Declaración consolidada de las políticas y prácticas permanentes de la OACI relativas a la protección del medioambiente — Cambio climático (A41-21)", pero según los últimos datos de la OACI, la mejora del rendimiento del combustible para el año 2050 en el peor de los escenarios solo estaría comprendida entre un 1,2-1,31 % y en el más ambicioso la mejora tampoco alcanzaría el 2 % propuesto, sino que estaría comprendida entre el 1,55-1,67 % por año²⁹.

Otros **objetivos** adoptados en la Asamblea 41 (no vinculantes a los estados miembros) fueron que las **emisiones mundiales netas de carbono de la aviación civil internacional desde 2020 se mantengan al mismo nivel y reducir a cero las emisiones netas de CO₂ de la aviación para 2050** (denominado Long Term Aspirational Goal³⁰ -LTAG-). Para lograrlos, las medidas que se utilizarán se basarán en el mecanismo CORSIA (basado en la compensación de emisiones, es decir, en neutralizar el exceso de emisiones producido en el sector a partir de 2020 por medio de la adquisición de créditos de carbono destinados a proyectos de absorción de carbono o de implantación de tecnologías renovables), en el diseño de medidas tecnológicas (aeronaves y, sobre todo, en los combustibles sostenibles de aviación -SAF-) y la mejora de la gestión del tráfico aéreo.

En cuanto al transporte marítimo, y teniendo en cuenta que es la piedra angular del comercio internacional y la economía global, con alrededor de un 90 % del comercio global en volumen transportado por vía marítima³¹, resulta fundamental conocer cómo aborda de manera conjunta la reducción de las emisiones de CO₂ y disminuir su contribución al cambio climático.

En 2018, la **Organización Marítima Internacional** adoptó la Estrategia Inicial para reducir los gases de efecto invernadero de la navegación internacional. En su revisión³² de julio de 2023, adoptada en la 80ª reunión del Comité de Protección del Medio Marino, incluye una mayor ambición común de alcanzar unas emisiones netas nulas de GEI cerca de 2050, así como el compromiso de garantizar la adopción de combustibles alternativos con emisiones nulas o casi nulas de GEI de aquí a 2030 -como mínimo el 5 %, con el objetivo de llegar al 10 % en 2030-, y puntos de control indicativos para 2030 -reducir las emisiones anuales de GEI procedentes del transporte marítimo internacional en al menos un 20 %, esforzándose por alcanzar el 25 % en comparación con 2008- y 2040 -reducir las emisiones anuales de GEI procedentes del transporte marítimo internacional en al menos un 70 %, esforzándose por alcanzar el 75 % en comparación con 2008-.

El cuarto estudio sobre gases de efecto invernadero³³ elaborado por la OMI en 2020 señaló que entre 2008 y 2018 la intensidad de carbono se redujo un 29 %, y que las emisiones totales del transporte marítimo internacional pasaron de 794 en 2008 a 740 millones toneladas de CO₂eq en 2019. En dicho informe se estima que es probable que se cumpla el objetivo de reducción de la intensidad energética para 2050; sin embargo, se señala que será difícil cumplir la reducción de emisiones totales del transporte marítimo internacional solo mediante tecnologías de ahorro de energía y reducción de la velocidad de los buques, y que **será necesario el uso de combustibles alternativos bajos en carbono para lograr la reducción de emisiones de GEI establecidas en la Estrategia de la OMI.**

²⁹ En el "Informe de factibilidad de un objetivo ambicioso a largo plazo (LTAG) de reducción de las emisiones de CO₂ de la aviación civil internacional" elaborado por el Comité sobre la Protección del Medioambiente y la Aviación (CAEP) de la OACI en marzo 2022 se analizan las emisiones de CO₂ futuras de la aviación internacional a partir de tres hipótesis distintas en función de las tecnologías, eficiencias operacionales y combustibles que existirán en el futuro: una hipótesis de alto nivel de factibilidad y poca ambición, una segunda de medio nivel de factibilidad y media ambición y la tercera hipótesis con un bajo nivel de factibilidad y alta ambición.

³⁰ <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/LTAG.aspx>

³¹ <https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Paginas/47-WMD-theme-2016-.aspx>

³² <https://www.cdn.imo.org/localresources/es/MediaCentre/PressBriefings/Documents/Estrategia%20de%202023%20de%20la%20OMI%20sobre%20la%20reducci%C3%B3n%20de%20las%20emisiones%20de%20GEI%20procedentes%20de%20los%20buques%20-.pdf>

³³ <https://www.cdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf>

Asimismo, la OMI ha introducido varias **herramientas que contribuyen a mejorar la eficiencia de los buques:**

- El Plan de gestión de la eficiencia energética de los buques (Ship Energy Efficiency Management Plan -SEEMP-) centrado en la mejora de la eficiencia, la recopilación de datos sobre el consumo de fueloil de los buques y un plan de intensidad de carbono operativo del buque.
- El Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI), que representa un componente clave de las regulaciones de la OMI para reducir la intensidad de carbono de la flota mundial. El EEDI, que se aplica a la mayoría de las construcciones nuevas, exige que la cantidad de CO₂ emitida por un buque se establezca mediante una fórmula basada en los parámetros de diseño técnico de un buque determinado. Se está implementando por fases desde 2013.

3.2 Políticas europeas ante la crisis climática

El compromiso de Europa: Los primeros compromisos, el Pacto Verde y la Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente

En este contexto global, la Unión Europea ha sido desde 1990 la principal impulsora de la respuesta a la crisis climática existente. Para ello se ha ido dotando de un marco jurídico que ha ido evolucionando para adaptarlo a los nuevos objetivos y necesidades.

En 2008 la Unión Europea ya aprobó el Paquete de Energía y Cambio Climático 2013-2020 compuesto de normativa vinculante, donde se establecían objetivos concretos para 2020 en materia de energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Posteriormente, amplió la continuidad de este paquete hasta 2030 y presentó la Hoja de Ruta hacia una economía competitiva baja en carbono en 2050, instrumento completamente alineado con el Acuerdo de París en el sentido de establecer importantes reducciones de emisiones a largo plazo para que el calentamiento global no fuera superior a 2°C. Además, señalaba los retos principales sobre cómo lograr una "movilidad sostenible mediante la eficiencia en el consumo de combustible, la electrificación y el establecimiento de precios adecuados" (ver Figura 2).

En 2019, la Unión Europea publicó la Comunicación sobre el **Pacto Verde Europeo** y puso en marcha una nueva estrategia de crecimiento cuyo objetivo es transformar la UE en una sociedad justa y próspera con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva.

En esta misma línea, en diciembre de 2020, la Comisión Europea adoptó la Comunicación titulada "**Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente: Encauzar el transporte europeo de cara al futuro**" que sienta las bases para que el sistema de transporte de la Unión pueda lograr esta **transformación a través de 3 pilares:**

- 1) Hacer que todos los modos de transporte sean más sostenibles.
- 2) Generalizar la disponibilidad de alternativas sostenibles en un sistema de transporte multimodal.
- 3) Introducir los incentivos adecuados para impulsar la transición.

Para la consecución una movilidad sostenible, inteligente y resiliente, esta Comunicación establece una serie de hitos concretos para mantener el rumbo del sistema de transporte hacia un futuro inteligente y sostenible a través de una serie de iniciativas.

Figura 1 Hitos e iniciativas señaladas en la Comunicación "Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente: Encauzar el transporte europeo de cara al futuro"



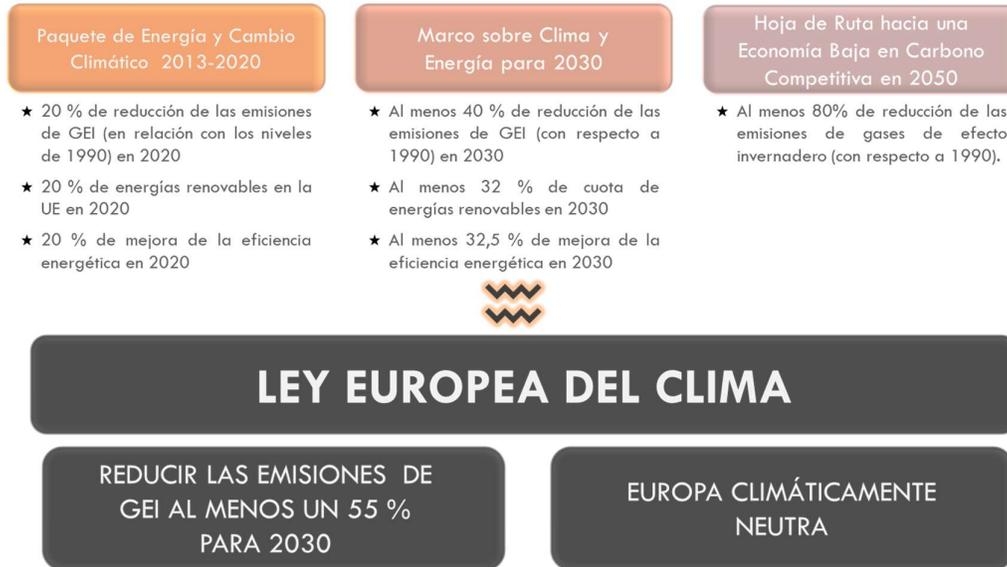
Fuente: Elaboración propia a partir de la Comunicación "Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente: Encauzar el transporte europeo de cara al futuro"

La Ley Europea del Clima y el paquete de medidas Objetivo 55 (Fit for 55) para alcanzar la neutralidad climática en 2050

Para convertir el compromiso político de la neutralidad en carbono en una obligación jurídica que dé certidumbre a todos los sectores, el 30 de junio de 2021, se aprobó la Ley Europea del Clima³⁴ que adopta el objetivo establecido en el Pacto Verde Europeo de que la economía y sociedad europea sean neutras en carbono en 2050 y especifica que para lograr esto será necesario reducir las emisiones generadas por el sector del transporte en un 90 %. También incluye medidas para controlar el progreso de los objetivos y ajustar las acciones a tomar. Esto se realiza por medio de sistemas existentes como son los planes integrados de energía y clima (PNIEC en España), los reportes periódicos de la Agencia Europea de Medio Ambiente, así como las últimas evidencias científicas acerca del cambio climático y sus impactos. El progreso será revisado cada cinco años, en línea con el ciclo de revisión establecido en el Acuerdo de París.

³⁴ Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y el Consejo, de 30 de junio de 2021, por el que se establece el marco para alcanzar la neutralidad climática y por el que se modifican los Reglamentos (CE) No 401/2009 y (UE) 2018/1999.

Figura 2 Evolución de los objetivos en materia de energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la normativa europea³⁵



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Comisión Europea.

Para alcanzar el objetivo de neutralidad en 2050, la Ley del Clima establece una serie de pasos, siendo el primer hito la consecución del **objetivo intermedio de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero en al menos un 55 % en 2030 en comparación a los niveles de 1990**. Este es un objetivo mucho más ambicioso que el que se planteó en 2014 sobre alcanzar una reducción del 40 % de las emisiones de GEI respecto a 1990. Actualmente, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los Estados miembros de la UE fueron un 31 % más bajas en 2020 que en 1990³⁶ y, aunque se espera que continúe la reducción, son necesarias políticas y medidas más ambiciosas en toda Europa para lograr el nuevo objetivo para 2030. Es por ello que la Comisión lanzó en 2021 el paquete de medidas Objetivo 55 (Fit for 55) que consiste en un conjunto de propuestas relacionadas y complementarias encaminadas a revisar y actualizar la legislación para garantizar que las políticas de la UE se ajustan a los objetivos climáticos acordados. A continuación, se analizan los principales expedientes del paquete en lo que se refiere a su vinculación con el transporte y la movilidad. A la fecha de redacción de este informe, casi todos los expedientes del paquete "Fit for 55" se encuentran ya aprobados de manera definitiva o con acuerdo político y en fase de aprobación formal.

Uno de los principales instrumentos que se está revisando es la **Directiva sobre fiscalidad de la energía**³⁷ -aún en fase de negociación en el Consejo y el Parlamento Europeos-, ya que la directiva que está en vigor no está vinculada con objetivos en materia de clima y energía, al no considerar las emisiones de GEI, la eficiencia energética, el uso de la electricidad y los combustibles alternativos, etc.

La propuesta de la Directiva establece que los niveles de imposición de la energía estén basados en el poder calorífico y el comportamiento medioambiental, con unos valores de imposición mínimos. De este modo los productos energéticos y la electricidad estarán agrupados en diferentes categorías de forma que los combustibles más contaminantes sean los más gravados, con un tipo de referencia para cada categoría.

³⁵ El paquete Fit for 55, citado más adelante, ha aumentado los objetivos en materia de reducción de emisiones de GEI, energías renovables y eficiencia energética.

³⁶ Agencia Europea del Medio Ambiente: <https://www.eea.europa.eu/ims/total-greenhouse-gas-emission-trends>

³⁷ Propuesta de Directiva del Consejo por la que se reestructura el régimen de la Unión de imposición de los productos energéticos y de la electricidad (refundición). COM (2021) 563 final.

El Régimen del Comercio de Derechos de Emisión (RCDE)³⁸ es un pilar clave en las políticas europeas de lucha contra el cambio climático en la reducción de emisiones de GEI de manera efectiva en términos de coste-beneficio. Con la revisión de este régimen se establece un nuevo objetivo de reducción de las emisiones de los sectores del RCDE del 62 % para 2030 comparado con los niveles de 2005. Para alcanzar esta meta, se ha acordado una reducción del total del cupo de emisiones asignadas y una reducción anual del 4,3 % de 2024 a 2027 y un 4,4 % de 2028 a 2030³⁹.

Este aumento en la contribución del RCDE a la reducción de los gases de efecto invernadero puede suponer un cierto desequilibrio entre la oferta y la demanda y es necesario reforzar la reserva de estabilidad del mercado (que se aplica desde 2019) para que el RCDE pueda absorber con mayor rapidez el excedente de derechos de emisión^{42, 40}.

Además, se han incluido las emisiones del transporte marítimo en el RCDE UE y se impondrá gradualmente a las empresas navieras la obligación de entregar derechos de emisión: el 40 % de las emisiones verificadas a partir de 2024, el 70 % para 2025 y el 100 % para 2026 y años sucesivos⁴². También se ha acordado crear un nuevo régimen de comercio de derechos de emisión independiente para los edificios y el transporte por carretera, y en otros sectores adicionales, con el fin de garantizar una reducción en estos sectores difíciles de descarbonizar. El nuevo régimen se aplicará a los distribuidores que suministran combustibles y se pondrá en marcha en 2027⁴².

Asimismo, se ha creado un **Fondo Social para el Clima**⁴¹, que comenzará a funcionar en 2026 y se extenderá hasta 2032, que se destinará principalmente a hogares vulnerables, microempresas o usuarios vulnerables del transporte que puedan experimentar un impacto derivado de la aplicación del nuevo sistema de comercio de derechos de emisión. Cada Estado Miembro presentará un Plan Social para el Clima que, en el ámbito del transporte, financiará medidas que potencien la movilidad y el transporte de emisiones cero y bajas emisiones, o que contribuyan a mitigar el impacto del coste de los combustibles fósiles en los más vulnerables.

En 2020, el porcentaje de consumo de energías renovables en la UE-27 fue de un 22 % según Eurostat, pero, para acelerar la penetración de las renovables, el paquete "Objetivo 55" propuso revisar la **Directiva sobre Fuentes de Energía Renovables**⁴² y proponer un aumento (el objetivo de la anterior Directiva era de un 20 %) del consumo de energía procedente de energías de fuentes renovables en 2030. El acuerdo alcanzado consiste en aumentar la cuota de energías renovables en el consumo total de energía de la UE hasta el 42,5 % de aquí a 2030, con un complemento indicativo adicional del 2,5 % que permitiría alcanzar el 45 %⁴³. En el ámbito del transporte, se ofrece a los Estados miembros la posibilidad de elegir entre: un objetivo vinculante de reducción del 14,5 % de la intensidad de gases de efecto invernadero en el transporte mediante el uso de energías renovables de aquí a 2030; o una cuota vinculante de al menos un 29 % de energías renovables dentro del consumo de energía final en el sector del transporte de aquí a 2030. Asimismo, se establece un subobjetivo combinado vinculante del 5,5 % para los biocombustibles avanzados (generalmente derivados de

³⁸ Directiva (UE) 2023/959 del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023 que modifica la Directiva 2003/87/CE por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Unión y la Decisión (UE) 2015/1814, relativa al establecimiento y funcionamiento de una reserva de estabilidad del mercado en el marco del régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Unión

³⁹ <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2022/12/18/fit-for-55-council-and-parliament-reach-provisional-deal-on-eu-emissions-trading-system-and-the-social-climate-fund/>

⁴⁰ Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Decisión (UE) 2015/1814 en lo relativo a la cantidad de derechos de emisión que deben incorporarse a la reserva de estabilidad del mercado en el marco del régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Unión hasta 2030.

⁴¹ Reglamento (UE) 2023/955 del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023 por el que se establece un Fondo Social para el Clima y se modifica el Reglamento (UE) 2021/1060

⁴² Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, el Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo y la Directiva 98/70/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo.

⁴³ <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2023/03/30/council-and-parliament-reach-provisional-deal-on-renewable-energy-directive/>

materias primas no alimentarias) y los combustibles renovables de origen no biológico (principalmente hidrógeno renovable y combustibles sintéticos a base de hidrógeno) en la cuota de energías renovables suministradas al sector del transporte. Dentro de este objetivo, existe un requisito mínimo del 1 % de combustibles renovables de origen no biológico en la cuota de energías renovables suministradas al sector del transporte en 2030.

De manera específica para la aviación, el paquete "Fit for 55" incluyó una propuesta de reglamento que establece una **obligación de suministro de combustibles sostenibles en la aviación** (ReFuelEU) con una contribución mínima de SAF (*Sustainable Aviation Fuel*) sobre el consumo total de combustible de aviación en los aeropuertos de la UE. El acuerdo alcanzado establece hitos intermedios cada 5 años desde 2025 hasta 2050 qué porcentaje de SAF y SAF sintético respecto al total de combustible debe suministrar el proveedor de combustible ⁴⁴.

De forma equivalente, con el expediente "Fuel Maritime" también del paquete "Fit for 55", se persiguen unos **objetivos de reducción de la intensidad media anual de emisión de gases de efecto invernadero de los buques**. Aplica a aquellos buques de arqueo bruto superior a 5.000 toneladas ya que, aunque este tipo de buque representa solo aproximadamente el 55 % de todos los buques que hacen escala en puertos con arreglo al Reglamento 2015/757, son responsables del 90 % de las emisiones de dióxido de carbono del sector marítimo⁴⁵. Así, se ha acordado un aumento de los objetivos de reducción de la intensidad de emisión de gases de efecto invernadero de la energía utilizada a bordo por los buques a partir del 1 de enero de 2035 y la introducción de medidas destinadas a fomentar el uso de los denominados combustibles renovables de origen no biológico. También se ha establecido la conexión de los buques al suministro de electricidad en puertos para cubrir sus necesidades en energía eléctrica mientras estén atracados, salvo si utilizan otra tecnología de emisión cero.

En este marco, es importante destacar también la **Estrategia europea del hidrógeno**⁴⁶, ya que tiene como objetivo impulsar la demanda, aumentar la producción y acelerar el despliegue de las infraestructuras de repostaje. Se trata de un instrumento que trata de concretar el Pacto Verde Europeo y que erige al hidrógeno como elemento esencial para la consecución de la neutralidad climática en 2050 y la implementación del Acuerdo de París.

El fomento en la utilización de combustibles renovables y combustibles hipocarbónicos debe ir acompañada de la creación de una red global de infraestructura de recarga y repostaje, por lo que el paquete "Objetivo 55" incluyó una **propuesta de Reglamento para el despliegue de infraestructura de combustibles alternativos**, recientemente aprobado⁴⁷ y que deroga la actual Directiva 2014/94/UE. El nuevo Reglamento tiene tres objetivos: garantizar que exista una red de infraestructuras suficiente para la recarga o el repostaje de vehículos de carretera ligeros y pesados, así como buques con combustibles alternativos; ofrecer soluciones alternativas —principalmente electricidad— a la utilización de los motores de los buques atracados y de las aeronaves estacionadas; y alcanzar la plena interoperabilidad en toda la UE y garantizar que las infraestructuras sean fáciles de utilizar. Para ello, se establecen unos objetivos mínimos obligatorios de implantación para las infraestructuras de recarga eléctrica y de repostaje de hidrógeno en las proximidades de las carreteras de la red transeuropea, para el suministro de electricidad a buques amarrados en puertos y para el suministro de electricidad a las aeronaves estacionadas, y se recoge que los estados miembros deberán elaborar un Marco de Acción Nacional. El Reglamento también allana el camino para una experiencia de

⁴⁴ <https://www.consilium.europa.eu/es/infographics/fit-for-55-refueu-and-fueu/>
<https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20230424IPR82023/fit-for-55-parliament-and-council-reach-deal-on-greener-aviation-fuels>

⁴⁵ <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2023/03/23/fueu-maritime-initiative-provisional-agreement-to-decarbonise-the-maritime-sector/>

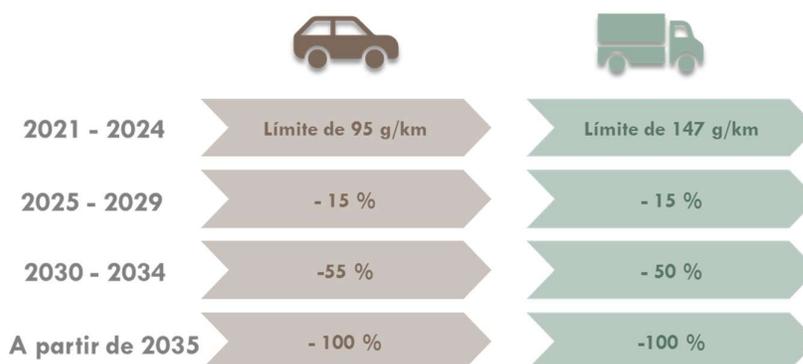
⁴⁶ Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Una estrategia del hidrógeno para una Europa climáticamente neutra. COM (2020) 301 final

⁴⁷ <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/07/25/alternative-fuels-infrastructure-council-adopts-new-law-for-more-recharging-and-refuelling-stations-across-europe/>

recarga y repostaje de fácil uso, con plena transparencia de los precios, opciones de pago comunes e información coherente al cliente en toda la UE.

En lo relativo a la normativa de vehículos de carretera, recientemente se ha aprobado el Reglamento por el que se modifican **los estándares de emisiones de turismos y furgonetas nuevos**⁴⁸: este tipo de vehículos son responsables de alrededor del 15 % del total de emisiones de CO₂ de la UE, por lo que son cruciales para alcanzar los objetivos del 55 % de reducción en 2030 y de neutralidad en 2050. Se establecen así unos requisitos de reducción para turismos y furgonetas más exigentes que los de la normativa anterior, el Reglamento (UE) 2019/631⁴⁹, que se muestran en la Figura 3. Asimismo, se recogen objetivos específicos que deben cumplir los fabricantes anualmente.

Figura 3 Reducción de emisiones de CO₂ para turismos y furgonetas respecto a los objetivos de 2021



Fuente: Consejo Europeo. <https://www.consilium.europa.eu/es/infographics/fit-for-55-emissions-cars-and-vans/>

Otra norma europea que ayuda a la penetración de vehículos limpios en la Unión Europea es la Directiva 2019/1161⁵⁰ por la que se exige a los Estados que los poderes adjudicadores y las entidades adjudicadoras, en la **contratación pública relativa a determinados vehículos**, tengan en cuenta los impactos energético y medioambiental de estos durante su vida útil, incluidos el consumo de energía y las emisiones de CO₂ y de determinados contaminantes, con la finalidad de promover y estimular el mercado de vehículos limpios y energéticamente eficientes a través de la labor ejemplarizante de la administración.

Asimismo, recientemente se han revisado otras normativas europeas, cuyas propuestas se presentaron en el paquete "Objetivo 55", que también ayudarán a descarbonizar la economía como la revisión de la **Directiva de Eficiencia Energética**⁵¹ en la que se ha acordado un objetivo de eficiencia energética de la UE del 11,7 % para 2030 -superando la propuesta original contemplada en «Objetivo 55» de la Comisión- y una obligación de ahorro de energía anual importante para impulsar el ahorro de energía en sectores de uso final como los edificios, la industria y el transporte; la relativa a los **sumideros de carbono**⁵²; o la que tiene por objetivo evitar el riesgo de "fuga de carbono"⁵³, mediante el establecimiento de un **mecanismo de ajuste de frontera**,

⁴⁸ Reglamento (UE) 2023/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de abril de 2023 por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/631 en lo que respecta al refuerzo de las normas de comportamiento en materia de emisiones de CO₂ de los turismos nuevos y de los vehículos comerciales ligeros nuevos, en consonancia con la mayor ambición climática de la Unión

⁴⁹ Reglamento (UE) 2019/631 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de abril de 2019, por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de CO₂ de los turismos nuevos y de los vehículos comerciales ligeros nuevos, y por el que se derogan los Reglamentos (CE) n.º 443/2009 y (UE) n.º 510/2011 (Texto pertinente a efectos del EEE.)

⁵⁰ Directiva 2019/1161 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de junio de 2019 por la que se modifica la Directiva 2009/33/CE relativa a la promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficientes

⁵¹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_23_1581

⁵² Reglamento (UE) 2023/839 del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de abril de 2023 por el que se modifica el Reglamento (UE) 2018/841 en lo que respecta al ámbito de aplicación, la simplificación de las normas de notificación y cumplimiento y el establecimiento de los objetivos de los Estados miembros para 2030, y el Reglamento (UE) 2018/1999 en lo que respecta a la mejora del seguimiento, la notificación, el seguimiento de los avances y la revisión.

⁵³ Reglamento (UE) 2023/956 del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023 por el que se establece un Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono.

es decir, prevenir que las industrias con producción intensiva en carbono se trasladen fuera de la UE para aprovechar normas menos estrictas.

El nuevo marco de movilidad europea

En diciembre de 2021, la Unión Europea presentó el **Nuevo marco de movilidad de la UE**⁵⁴ en el que establece una serie de orientaciones sobre cómo se pueden reducir las emisiones y mejorar la movilidad en las ciudades. Para ello propone las siguientes acciones:

- Reforzar el papel de las ciudades y sus áreas de influencia en la red transeuropea de transporte (RTE-T).
- Reforzar el papel de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) y planes de gestión de la movilidad.
- Monitorizar el avance y progreso de los planes mediante indicadores de movilidad urbana.
- Aumentar el atractivo del transporte colectivo mediante la digitalización y la multimodalidad.
- Desarrollar el potencial de la movilidad activa.
- Mejorar la logística urbana y reparto de última milla de nulas emisiones.
- Fomentar la digitalización, innovación y nuevos servicios de movilidad.
- Lograr ciudades climáticamente neutras.

Además de este marco de movilidad, la Comisión Europea ha puesto en marcha lo que se ha denominado el paquete **Efficient and Green Mobility** para apoyar la transición hacia la movilidad y que está compuesto por las siguientes propuestas:

- Plan de acción para aumentar el transporte ferroviario transfronterizo y de larga distancia.
- Propuesta de actualización de la Directiva 2010/40/UE de 7 de julio de 2010, por la que se establece el marco para la implantación de los sistemas de transporte inteligentes en el sector del transporte por carretera y para las interfaces con otros modos de transporte, sobre la que recientemente se ha alcanzado un acuerdo político.
- Nuevo marco de Movilidad Urbana.

Instrumentos económicos que apoyan la descarbonización del transporte

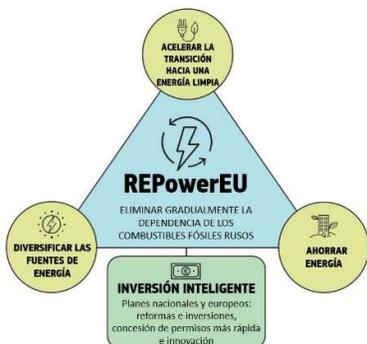
Los Fondos Europeos 2021-2027⁵⁵ han definido cinco prioridades de inversión, entre las cuales están “una Europa más ecológica y libre de carbono, que aplique el Acuerdo de París e invierta en transición energética, energías renovables y la lucha contra el cambio climático y una Europa más conectada, con un transporte estratégico y redes digitales”.

En julio de 2020, el Consejo Europeo acordó un instrumento excepcional de recuperación temporal conocido como Next Generation EU para el conjunto de los Estados Miembros. El Fondo de Recuperación constituye una respuesta europea coordinada con los Estados Miembros para hacer frente a las consecuencias económicas y sociales de la pandemia. Los fondos pueden utilizarse para conceder préstamos reembolsables y transferencias no reembolsables. Las reformas y medidas concretas a desarrollar por cada Estado Miembro se definen en sus correspondientes planes de recuperación y resiliencia.

⁵⁴ El Nuevo Marco de Movilidad Urbana de la UE COM (2021) 811 final.

⁵⁵ <https://www.fondoseuropeos.hacienda.gob.es/sitios/dgfc/es-ES/ipr/fcp2020/Paginas/inicio.aspx>

En mayo de 2022 se publicó el Plan REPowerEU⁵⁶ cuyo objetivo es reducir rápidamente la dependencia europea de los combustibles fósiles rusos acelerando la transición hacia una energía limpia. Para ello realiza varias propuestas entre las que destacan, aumentar los objetivos de eficiencia energética y de energías renovables, acelerar el hidrógeno, expandir el biometano y, concretamente, sobre el transporte se quiere:



- Aumentar la cuota de vehículos de emisión cero en el parque automovilístico público y empresarial por encima de un determinado tamaño.
- Rapidez para la expansión de los combustibles alternativos u otras iniciativas que apoyen la movilidad ecológica.
- Y la “ecologización” del transporte de mercancías.

El **Mecanismo Conectar Europa (MCE)**⁵⁷ es el instrumento financiero de apoyo a la inversión en las redes europeas de infraestructuras digitales, de transporte y de energía y contribuirá a alcanzar los objetivos de la Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente que sienta las bases para que el **sistema de transporte de la Unión** pueda lograr su transformación ecológica y digital y sea más resiliente ante futuras crisis.

La contribución financiera del MCE se concede principalmente en forma de subvenciones para cofinanciar proyectos de transporte en los Estados miembros de la UE, proyectos de interés común en el marco del Reglamento RTE-E, así como proyectos transfronterizos en el ámbito de las energías renovables y proyectos de infraestructuras de conectividad europeas.

Horizonte Europa⁵⁸ es el programa de financiación de la UE en materia de investigación e innovación, que cuenta con una estructura basada en tres pilares, un eje transversal y dos programas complementarios.

El Pilar II —Desafíos Globales y Competitividad Industrial Europea— aborda la investigación y generación de nuevo conocimiento y tecnología de los retos sociales, refuerza las capacidades tecnológicas industriales y establece misiones con objetivos ambiciosos orientados hacia los grandes desafíos globales con gran impacto sobre los ciudadanos, como salud, cambio climático, energías renovables, movilidad, seguridad, digital, materiales, etc. Este Pilar cuenta con un clúster enfocado al clima, energía y movilidad, con un área específica para un transporte y una movilidad limpios, seguros y accesibles.

3.3 Marco nacional de lucha contra el cambio climático

La emergencia climática y la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética

En línea con la senda establecida tanto a escala global como europea en materia de lucha contra el cambio climático, el Consejo de Ministros adoptó la **Declaración del Gobierno ante la Emergencia Climática** en el que compromete a adoptar 30 líneas de acción prioritarias para combatir el cambio climático con políticas transversales, entre las que destaca el fomento de medidas para alcanzar una movilidad sostenible, intermodal

⁵⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0230&from=EN>

⁵⁷ https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

⁵⁸ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

y conectada y definir la senda de descarbonización a largo plazo que asegure el objetivo de neutralidad climática a más tardar en el año 2050.

La primera de las acciones señaladas en la Declaración ante la Emergencia Climática fue la **Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética**, que tiene por objetivo asegurar el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París; **facilitar la descarbonización de la economía española**, su transición a un modelo circular, de modo que se garantice el uso racional y solidario de los recursos; y promover la adaptación a los impactos del cambio climático y la implantación de un modelo de desarrollo sostenible que genere empleo decente y contribuya a la reducción de las desigualdades.

En esta Ley se establecen los objetivos mínimos nacionales para el año 2030, aunque se indica que serán objeto de revisión para cumplir tanto con el Acuerdo de París como con la normativa europea o los avances científico-técnicos que se realicen.

Figura 4 Objetivos establecidos por la Ley de Cambio Climático y Transición Energética



Fuente: Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética

Para lograr estos objetivos, a lo largo de la Ley se plantean diferentes medidas, que se concretan en tres herramientas claves para su desarrollo y que se detallan a continuación.

Figura 5 Herramientas establecidas en la Ley de Cambio Climático y Transición Energética para lograr la descarbonización



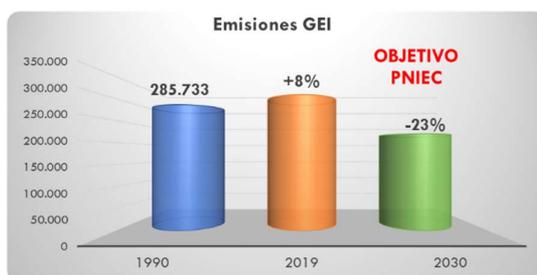
Fuente: Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética

Instrumentos de planificación nacionales para lograr la descarbonización del transporte

En la Ley de cambio climático y transición energética se señala al **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030** como la herramienta de planificación estratégica nacional en cuanto a energía y clima, y está enfocado a lograr la neutralidad climática en 2050 en consonancia con los objetivos marcados por la Unión Europea.

El PNIEC define todas las políticas y medidas para lograr los objetivos ya señalados en la ley del cambio climático y que se concretan en la reducción de las emisiones de GEI en un el 23 % en 2030 respecto a 1990, lo que supondrá disminuir en 66 Mt las emisiones de CO₂eq respecto a las de 2019.

Gráfico 24 Evolución de las emisiones de GEI (kt CO₂eq) entre 1990 y 2030



Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos del Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

A partir de los cálculos realizados en el PNIEC, se ha estimado que la reducción prevista para el sector de la movilidad y el transporte debe ser de **27 Mt CO₂eq mediante un cambio modal que afectará según el PNIEC al 35 % de los pasajeros-kilómetro que hoy día se realizan en vehículos convencionales de combustión en entornos urbanos**. A la fecha de redacción de este informe se ha puesto en consulta pública⁵⁹ la revisión/actualización del PNIEC recogida en el artículo 14 del Reglamento (UE) 2018/1999 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

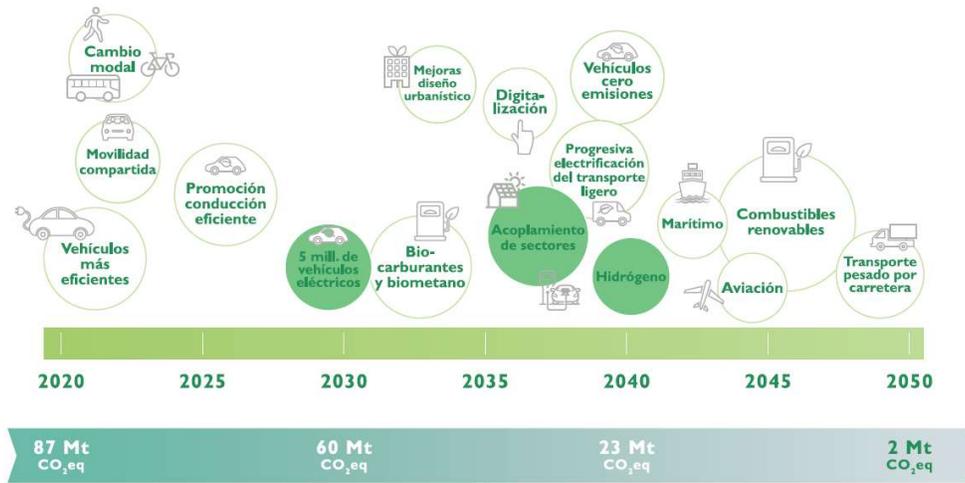
Si el PNIEC está focalizado en un plazo de 10 años hasta 2030, la **Estrategia de Descarbonización a largo plazo**⁶⁰ establece la senda para lograr la neutralidad climática en 2050 y se alinea con los objetivos definidos por la Unión Europea. A través de las acciones propuestas en la Estrategia, que abarcan todos los sectores, se logrará reducir un 90 % las emisiones de 2050 respecto a 1990 y el 10 % restante será absorbido por los sumideros de carbono (puntos que absorben CO₂; como por ejemplo las formaciones vegetales que actúan como sumideros de carbono al realizar la fotosíntesis).

En esta Estrategia a Largo Plazo se analiza el camino y las líneas de trabajo necesarias en cada sector para lograr la descarbonización de la economía. Para la movilidad y el transporte, se estima una reducción de las emisiones de más de un 30 % para 2030, con el objetivo de alcanzar los 2 Mt CO₂eq en 2050. Para ello, la Estrategia considera necesario trabajar, tal y como se muestra en la siguiente figura, en la eficiencia energética y el cambio modal, la electrificación, los combustibles alternativos, la digitalización e innovación, y una adecuada planificación urbanística.

⁵⁹ <https://energia.gob.es/es-es/Participacion/Paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=607>

⁶⁰ Estrategia a Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra en 2050

Figura 6 Línea de trabajo de la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo. 2050



Fuente: Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

En consonancia con la Ley de Cambio Climático, el PNIEC y la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo, en octubre de 2020 se aprobó la **Hoja de Ruta de Hidrógeno** -que también se está revisando para ajustarla al paquete Fit for 55 y al más reciente sobre gases renovables- con el objetivo de impulsar el hidrógeno renovable para lograr alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de GEI. La citada Hoja de Ruta identifica el potencial del uso del hidrógeno renovable, en particular en el transporte pesado de larga distancia, el transporte marítimo, el transporte ferroviario y la aviación, y recoge una serie de líneas de acción para avanzar en este campo.

La hoja de ruta del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) en materia de transportes y movilidad en los próximos diez años es la **Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada**, aprobada en diciembre de 2021 por el Consejo de Ministros y que constituye una de las reformas recogidas en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Este instrumento se desarrolla a través de 9 ejes estratégicos, que se componen de más de 40 líneas de actuación con más de 150 medidas específicas.

El Eje 4 – Movilidad de Bajas Emisiones está específicamente enfocado a la reducción de emisiones del transporte y la movilidad y tiene como objetivos incrementar la eficacia y eficiencia del sistema de transporte promoviendo la comodidad e intermodalidad; reducir el consumo de energía; mejorar la eficiencia energética y limitar las externalidades ambientales (contaminación atmosférica y acústica) por unidad transportada; y contribuir a la descarbonización a largo plazo de la economía mediante, principalmente, la progresiva electrificación del transporte. Las medidas incluidas se centran en el estímulo de las fuentes de energía alternativas y sostenibles y de vehículos de bajas emisiones, el impulso al desarrollo de terminales, edificios y otras instalaciones sostenibles y la reducción del ruido y protección del medio marino.

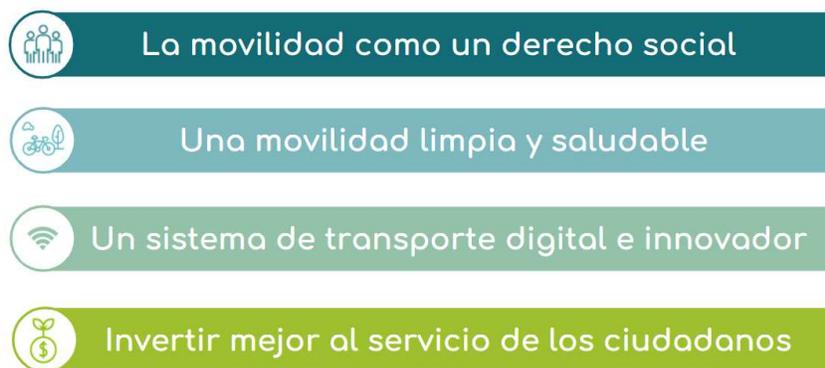
Otros ejes que también contribuirán a la descarbonización del transporte son:

- Eje 1 – Movilidad para todos, en donde se establecen las medidas para mejorar la planificación de la movilidad sostenible y el fortalecimiento de alternativas al coche privado en la movilidad, con el transporte público como eje vertebrador pero también con especial atención a la bicicleta, en el ámbito urbano y metropolitano, pero también en el rural y el interurbano.
- Eje 2 – Nuevas políticas inversoras, donde se incluyen medidas para, entre otros, mejorar la planificación y gestión de las redes de infraestructura de transporte, ayudar a establecer nuevos criterios de inversión y priorización de inversiones del Ministerio.

- Eje 5 – Movilidad inteligente, y su propuesta para la gestión inteligente de infraestructuras, terminales y estaciones, además del impulso a la automatización y al mayor y mejor uso de la gran cantidad de datos que hoy en día están disponibles y que pueden ayudar a mejorar la eficiencia del sistema de transporte.
- Eje 6 – Cadenas logísticas Intermodales Inteligentes, en donde se establecen medidas para el incremento efectivo del transporte ferroviario de mercancías, el impulso de una política de intermodalidad, la mejora de la distribución urbana de mercancías y la digitalización de la cadena logística.
- Eje 7 – Conectando Europa y Conectados al Mundo, en donde se promueve la construcción de un espacio único europeo de transporte.

Además, la Estrategia de Movilidad propone la redacción de una **Ley de Movilidad Sostenible** que complementará a la Estrategia y le dará soporte normativo. En diciembre de 2022, el Consejo de Ministros aprobó el proyecto de Ley de Movilidad Sostenible⁶¹, que no consiguió culminar su tramitación parlamentaria por la disolución anticipada de la XIV Legislatura.

Figura 7 Pilares del Proyecto de Ley de Movilidad Sostenible



Fuente: Proyecto de Ley de Movilidad Sostenible

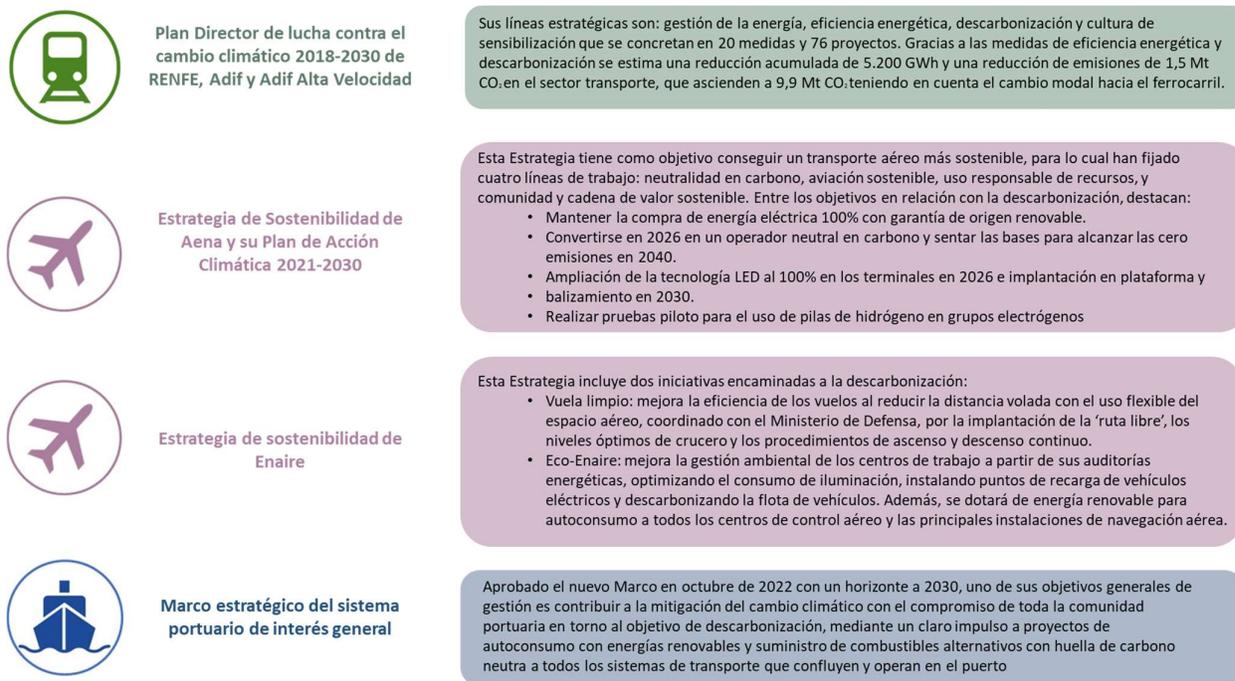
En línea con las propuestas de la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030, en mayo de 2022 se lanzó la iniciativa **Mercancías 30** cuyo objetivo es “potenciar el transporte ferroviario de mercancías como eje vertebrador de las cadenas logísticas multimodales, desde la perspectiva dual de la recuperación económica post COVID19 y la consecución de los objetivos de descarbonización y sostenibilidad del transporte”. En este documento se identifican 29 acciones dirigidas a permitir elevar la cuota modal del transporte ferroviario de mercancías hasta el 10 % desde el 4,8 % de participación modal que tuvo lugar en 2019.

Además, esta herramienta está estrechamente relacionada con la **Estrategia Indicativa para el desarrollo, mantenimiento y renovación de la infraestructura ferroviaria** aprobada en 2022. Este instrumento supone una oportunidad para actuar como palanca en el cambio de paradigma de la política de transporte en el que sitúa al ciudadano y al usuario en el centro de todo el sistema ferroviario y propugna una movilidad sostenible, basada en el uso racional de los recursos, tanto financieros como naturales.

⁶¹ https://www.congreso.es/public_oficiales/L14/CONG/BOCG/A/BOCG-14-A-136-1.PDF

Los gestores de infraestructuras también disponen de herramientas de planificación para lograr la descarbonización del transporte tal y como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 8 Otros instrumentos de planificación relacionados con la descarbonización del transporte



Fuente: Adif y Adif Alta Velocidad, Aena, Enaire y Puertos del Estado.

Instrumentos económicos

Tal y como se ha ido mencionando a lo largo del documento, algunos de los instrumentos de planificación que contribuirán a la descarbonización del transporte se enmarcan en las reformas previstas por el **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España**. Este Plan, que surge como respuesta para reducir el impacto social y económico derivado de la irrupción del COVID-19, tiene un triple objetivo: impulsar la actividad y la creación de empleo para contrarrestar a corto plazo el impacto de la pandemia; apoyar un proceso de transformación estructural que permita aumentar a medio plazo el crecimiento potencial; y, por último, reforzar a largo plazo la resiliencia, avanzando hacia un desarrollo más sostenible e inclusivo. Se prevé la movilización de más de 140.000 millones de euros de inversión pública hasta 2026, con una fuerte concentración de las inversiones y reformas en la primera fase del plan Next Generation EU, que cubre el periodo 2021-2023.

El Plan define diez políticas palancas, tal y como se puede observar en la siguiente figura que a su vez recogen 30 componentes que articulan los proyectos de inversiones y reformas que permitirán cumplir los objetivos marcados.

Figura 9 Políticas palancas del Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia



Fuente: Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia

De los 30 componentes, en la siguiente figura se muestran los relacionados con la descarbonización del transporte, de los cuales los componentes 1, 2 y 6 están liderados por el MITMA y en donde está previsto destinar 4.536 M€, 6.280 M€ y 6.667 M€ respectivamente.

Figura 10 Componentes relacionados con la descarbonización del transporte del Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia



Fuente: Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia

4 HERRAMIENTAS Y MEDIDAS QUE SE ESTÁN LLEVANDO A CABO PARA LOGRAR LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE

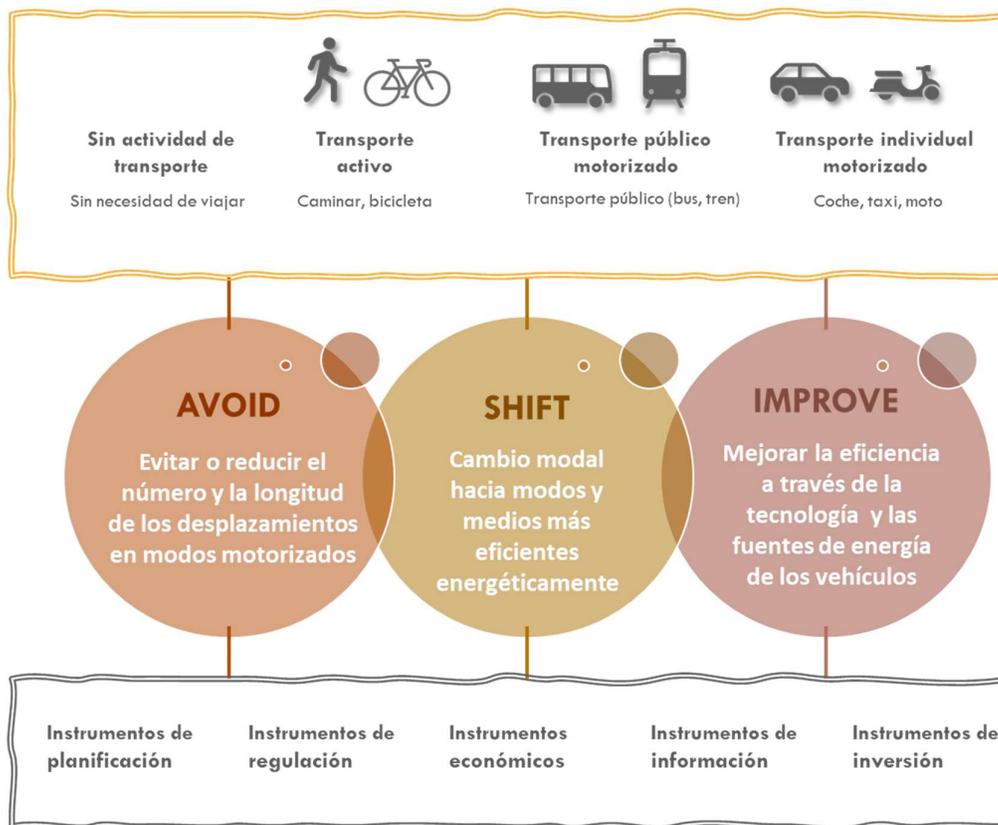
4.1 Introducción

Como se ha expuesto en el epígrafe anterior, los diferentes instrumentos regulatorios y normativos, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, tienen por finalidad lograr una disminución de las emisiones de GEI, con porcentajes de reducción que alcanzarían el 90 % en el año 2050. Por tanto, para superar satisfactoriamente este ambicioso reto **es preciso planificar, diseñar y poner en práctica un conjunto de estrategias, planes y medidas que permitan lograr estos objetivos.**

En consecuencia, a la hora de abordar este desafío global es necesario realizar una aproximación holística a la problemática del cambio climático y las emisiones de GEI en el sector del transporte, y tener una visión **integradora y global que permita avanzar en la descarbonización del sistema de transporte.** Para ello, las acciones que persiguen este objetivo se van a clasificar en este informe utilizando (al igual que se hizo en la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030) el planteamiento o **enfoque A-S-I (Avoid, de evitar o reducir, Shift, de cambiar, e Improve, de mejorar).** Como su nombre indica, la descarbonización se debe empezar a conseguir reduciendo la necesidad de viajes y disminuyendo las distancias de los mismos, y aumentando la participación de modos, medios y fuentes de energía más eficientes y sostenibles. En la Figura 11 se muestra las características principales de cada una de las estrategias.

En consecuencia, a la hora de abordar este desafío global es necesario realizar una aproximación holística a la problemática del cambio climático y las emisiones de GEI en el sector del transporte. Para ello se va a utilizar (al igual que se hizo en la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030) el planteamiento o **enfoque A-S-I (Avoid, de evitar o reducir, Shift, de cambiar, e Improve, de mejorar),** cuyos objetivos son reducir la demanda de movilidad, disminuir las distancias de los mismos, incrementar la participación de modos, medios y fuentes de energía más eficientes y sostenibles, y, en definitiva, obtener una visión **integradora y global que permita avanzar en la descarbonización del sistema de transporte.** En la Figura 11 se muestra las características principales de cada una de estas estrategias.

Figura 11 Enfoque Avoid - Shift - Improve



Fuente: Elaboración propia del OTLE

En los siguientes apartados se profundizará sobre las distintas políticas y medidas de cada uno de los enfoques A-S-I, teniendo en cuenta que, en ocasiones, la frontera entre ubicar una determinada herramienta o medida en un ámbito u otro no resulta evidente, tal y como pone de manifiesto el esquema expuesto en la Figura 11; en estos casos, se ha incluido la herramienta o medida en la temática que, a juicio del OTLE, tiene más encaje con el espíritu de la medida.

Por otro lado, es preciso resaltar que a la hora de plantear medidas o de recoger experiencias de otros países es necesario poner en contexto la medida con la coyuntura actual de un determinado territorio. En particular, además de los aspectos intrínsecos al sistema de transporte, es preciso tener en consideración otros factores como la distribución competencial entre las distintas administraciones, el contexto socioeconómico, la evolución demográfica o la aceleración tecnológica como posibles impulsores (o detractores) de las medidas planteadas.

4.2 Herramientas y medidas para evitar, reducir o acortar viajes (AVOID)

Si bien existen distintas aproximaciones para definir las herramientas y medidas que se pueden plantear bajo la perspectiva "Avoid", se ha considerado conveniente abordar esta estrategia con el enfoque dirigido a **fomentar cambios en las pautas de comportamiento para impulsar el uso de los medios y modos más sostenibles**. Este enfoque parte de la premisa de que en la accesibilidad intervienen **tres sistemas principales que permiten planificar y diseñar medidas que reduzcan y eviten viajes y distancias recorridas**:

- El **sistema de transporte**, que facilita la movilidad física de las personas y mercancías.
- El **sistema de uso del suelo**, que determina la proximidad espacial a determinados bienes, servicios y actividades.

- El **sistema de telecomunicaciones**, que permite la conectividad digital, que ha tenido un gran desarrollo en los últimos años y que se ha visto impulsado por la pandemia del COVID-19.

Figura 12 Sistemas que afectan a la accesibilidad



Fuente: Elaboración propia del OTLE con información de la "Guidance for transport planning and policymaking in the face of an uncertain future"

Herramientas y medidas "AVOID" Sistema de transporte: los principios de "quien usa paga" y "quien contamina paga"

Existen diversos instrumentos económicos que, en mayor o menor medida, pueden contribuir a evitar y reducir el número de viajes y que están basados en los **principios de "quien usa paga" y "quien contamina paga"**.

Por ejemplo, el impuesto especial sobre determinados medios de transporte⁶², que grava la primera matriculación de los medios de transporte, el impuesto sobre vehículos de tracción mecánica⁶³, que grava la titularidad del vehículo en función de la potencia, o el impuesto de hidrocarburos,⁶⁴ que grava los carburantes.

También la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante utiliza las posibles bonificaciones de las tasas de actividad y utilización para incentivar mejores prácticas ambientales; o la Ley del sector ferroviario que determina la estructura de las tasas y cánones ferroviarios y en su artículo 97.6 señala que se podrá incluir un canon por los costes ambientales causados por la explotación del tren.

Asimismo, el **Libro Blanco sobre la Reforma Tributaria, presentado en 2022, incorpora la fiscalidad medioambiental y realiza diversas propuestas relativas a la tributación de los combustibles**, como una modificación del impuesto especial sobre determinados medios de transporte para que se favorezcan los vehículos sostenibles, la configuración del Impuesto sobre los Vehículos de Tracción Mecánica para que penalice a las tecnologías más contaminantes, la definición de mecanismos para el pago por uso de determinadas infraestructuras viarias o la creación de nuevos tributos sobre la congestión en determinadas ciudades.

Otra herramienta basada en el principio de "quién contamina, paga" que puede contribuir a desincentivar el uso de vehículo privado es la que se definió en el proyecto de Ley de Movilidad Sostenible en su disposición final segunda que consistiría en que los ayuntamientos puedan introducir una tasa por la circulación de vehículos que superen los límites o categorías máximas de libre circulación estipuladas en las zonas de bajas emisiones.

⁶² Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales

⁶³ Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, que aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales

⁶⁴ Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales

Este tipo de medida ya sido utilizado con éxito en algunas ciudades, como es el caso de Londres, en donde gracias a este sistema de peaje urbano se redujo la congestión en un -14 %, el tráfico de entrada de autobuses en la zona creció un +38 %, y se registró un aumento en la velocidad del +15 %.

Con el objetivo de avanzar en la internalización de los costes externos, la Unión Europea estableció el **Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (RCDE)** con el fin de favorecer la mitigación de las emisiones de GEI de los Estados miembros por medio de incentivos económicos. El Régimen entró en vigor en 2005 con su primera fase 2005-2007, y su funcionamiento se basa en una posible asignación gratuita de una determinada cantidad derechos de emisión de CO₂ (cada derecho equivale a 1 tonelada) a los titulares de las instalaciones y operadores aéreos, que anualmente deben entregar una cantidad de derechos de emisión equivalente a sus emisiones.

El RCDE aplica a varias actividades económicas, concentrándose en grandes emisores del sector energético e industrial. A partir de 2012 se incluyó la aviación en el Régimen, pero únicamente los vuelos con origen y destino de un aeródromo del Espacio Económico Europeo y los que tienen como destino Suiza⁶⁵ y Gran Bretaña e Irlanda del Norte⁶⁶.

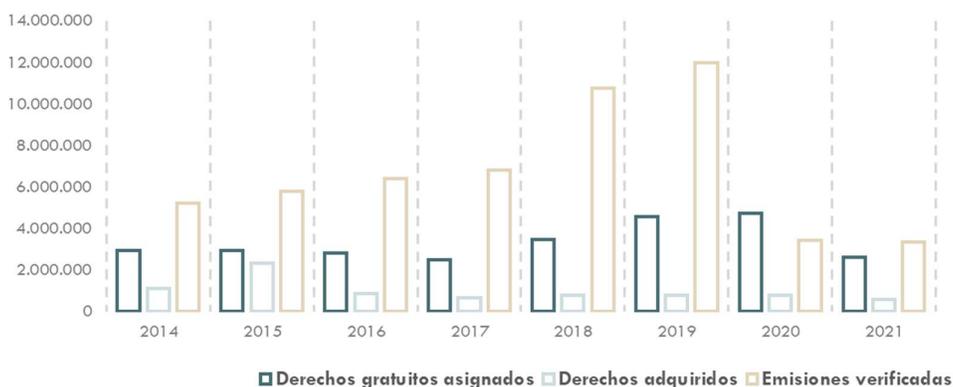
Gráfico 25 Sectores sujetos al comercio de derechos de emisión frente a los sectores difusos



Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico muestra la evolución de los derechos asignados gratuitos, los subastados y las emisiones totales verificadas en el periodo 2012-2020 en España:

Gráfico 26 Comparativa entre los derechos asignados y las emisiones totales de la aviación internacional en España. Años 2014 - 2021



Fuente: Elaboración propia con datos del EU ETS data viewer. Agencia Europea de Medio Ambiente

⁶⁵ Acuerdo entre la UE y Suiza sobre el régimen de comercio de derechos de emisión (RCDE) de gases de efecto invernadero. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/LSU/?uri=CELEX%3A22017A1207%2801%29>

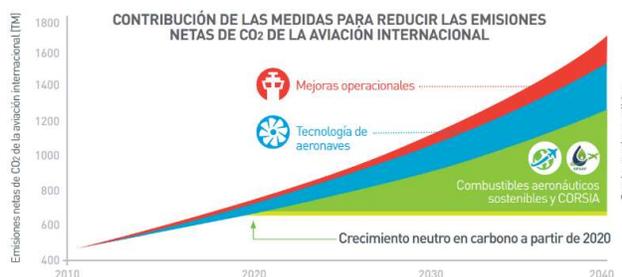
⁶⁶ Acuerdo de comercio y cooperación entre la Unión Europea y la Comunidad Europea de la Energía Atómica, por una parte, y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, por otra. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:22021A0430\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:22021A0430(01)&from=EN)

De manera general, las emisiones de las actividades incluidas en el RCDE han disminuido un 35 % entre 2005 y 2019⁶⁷, si bien las emisiones de los vuelos incluidos en el RCDE han aumentado hasta 2019.

Tal y como se ha mencionado en el apartado relativo a las políticas europeas ante la crisis climática de este documento, dentro del Paquete *Fit for 55* también se ha revisado todo el mecanismo del RCDE y se ha incluido el transporte marítimo, así como la creación de un nuevo esquema específico para el transporte por carretera y los edificios, donde los sujetos obligados son los distribuidores de combustibles para estas actividades.

También es necesario mencionar el **Esquema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (CORSIA)**, que fue aprobado en la Asamblea General de la OACI y que entró en vigor el 1 de enero de 2019. El programa CORSIA es el primer programa global de medidas basadas en el mercado del sector de la aviación.

El objetivo principal del CORSIA es conseguir el crecimiento neutro en carbono a partir de 2020 del sector de la aviación internacional. Para ello se contempla que el programa funcione como medida complementaria a otros tres grandes grupos dentro de la cesta de medidas:



- Mejoras operacionales: por ejemplo, SESAR (Cielo Único Europeo), Aproximación en Descenso Continuo, Airport Collaborative Decision Making (A-CDM).
- Tecnología aeronáutica: mejora de eficiencia de motores y aeronaves.
- Combustibles sostenibles de aviación (SAF).

El enfoque del CORSIA está basado en la compensación de emisiones, es decir, en neutralizar el exceso de emisiones producido en el sector a partir de 2020 por medio de la adquisición de créditos de carbono destinados a proyectos de absorción de carbono o de implantación de tecnologías renovables. El programa se divide en tres grandes fases, tal y como se puede observar en la Figura 13.

Figura 13 Fases del Programa CORSIA



Fuente: OACI

Conforme vayan avanzando las fases de CORSIA, el cálculo de los requerimientos de compensación de emisiones varía de un enfoque sectorial (con respecto a una media de crecimiento de emisiones del sector) a un enfoque individual (con respecto al crecimiento de emisiones de cada operador aéreo), por lo que se penalizará a los operadores aéreos que no hayan conseguido reducir sus emisiones anuales.

El RCDE UE cubre los vuelos dentro del Espacio Económico Europeo (EEE), mientras que a partir de 2021 el CORSIA además exige que el transporte aéreo adquiera compensaciones por sus emisiones que superen los

⁶⁷ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:7b89687a-eeec6-11eb-a71c-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1&format=PDF

niveles de 2019 en las rutas internacionales y entre los Estados participantes, siendo la referencia del CORSIA (2019) menos ambiciosa que la del RCDE UE.

Por su parte la OMI ha estado analizando desde 2006 la posibilidad de desarrollar un instrumento de mercado para reducir las emisiones de GEI del transporte marítimo. Sin embargo, todavía no se ha llegado a ningún acuerdo entre los Estados.

Herramientas y medidas "AVOID" sobre el sistema de uso de suelo

La principal herramienta en España cuyo objetivo es lograr la sostenibilidad del desarrollo urbano es la **Agenda Urbana Española**, que a partir de los criterios establecidos por la Agenda 2030, la nueva Agenda Urbana de las Naciones Unidas y la Agenda Urbana para la Unión Europea, establece un marco estratégico para generar un modelo urbano que fomente la compactidad y el equilibrio urbano, que favorezca la ciudad de proximidad y que potencie los modos de transporte sostenibles e interconectados.

La Agenda Urbana tiene un enfoque muy amplio y abarca desde actuaciones en materia de ordenación del territorio, uso racional del suelo, evitar la dispersión urbana o revitalizar la ciudad existente, todo ello estructurado en 10 objetivos estratégicos y 250 líneas de acción, entre los que destaca el quinto objetivo "favorecer la proximidad y la movilidad sostenible".

Una buena práctica que ha contribuido a alcanzar este objetivo es el Programa de Supermanzanas en Barcelona. El objetivo es reducir el espacio por el vehículo privado en favor de la superficie dedicada a los peatones y la integración de una red de carriles para bicicletas con una red ortogonal de autobuses rápidos. Aunque los vehículos pueden seguir circulando (y la velocidad máxima está limitada a 10 km/h para los vehículos a motor) la prioridad es para los peatones y las bicicletas. Este concepto de supermanzanas se comenzó a aplicar en 2013 y se ha extendido por varios distritos de la ciudad como, por ejemplo, en el barrio de Poblenou en 2016 en donde se incrementó la superficie destinada a espacio público en un 13.350 m², el número de vehículos que circulan por las calles interiores se ha reducido en un 58 %, y ha aumentado un 30,7 % el número de establecimientos comerciales en planta baja.

Otros ejemplos de éxito son el Plan del Transporte vertical de Santander, que ha mejorado la movilidad norte-sur en la ciudad reduciendo la dependencia del coche y optimizando las condiciones del transporte público, de la bicicleta y de los peatones (especialmente mediante la creación de 9 itinerarios peatonales en los que la instalación de ascensores y rampas ha permitido conectar las diferentes zonas de la ciudad); o el proyecto "Logroño Calles Abiertas" en el que a través de una serie de intervenciones ligeras y rápidas (basadas en pintura, balizamiento y mobiliario urbano) se ha realizado un nuevo reparto del espacio público priorizando la salud de las personas y compatibilizando con las actividades económicas.

Otra herramienta que permite integrar un enfoque combinado de los sistemas de transporte y los usos del suelo son los **Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS)**, que si bien están incluidos en este apartado sobre medidas Avoid, la realidad es que se pueden considerar transversales a los tres enfoques A-S-I. De acuerdo al artículo 14 de la Ley 7/2021 de Cambio Climático y transición energética todos los municipios de más de 50.000 habitantes deberían ya disponer de un PMUS, ya que establecía como fecha tope el año 2023.

El Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Bilbao, cuyo horizonte es 2030, es un claro ejemplo de planificación de las "actuaciones a realizar en materia de movilidad sostenible para lograr un modelo de ciudad más saludable, más igualitaria y más amable". Este PMUS, además, fue finalista en los premios que la Comisión Europea concede cada año en el marco de la Semana Europea de la Movilidad a los mejores Planes de Movilidad. Otros ejemplos de PMUS más recientes, que han sido actualizados en los últimos años según la información proporcionada por el Observatorio de la Movilidad Metropolitana, son los de Barcelona, Elche, Huelva, Madrid, Palma, Pontevedra, Santa Cruz de Tenerife, Valladolid, Vigo, Vitoria-Gasteiz o Zaragoza.

De acuerdo a lo señalado por la Ley de cambio climático, los PMUS deberán definir zonas de bajas emisiones (ZBE) en las ciudades de más de 50.000 habitantes antes de 2023. Estas ZBE están reguladas por el Real

Decreto 1052/2022, de 27 de diciembre, y establecen los requisitos mínimos que deberán satisfacer las ZBE que las entidades locales establezcan.

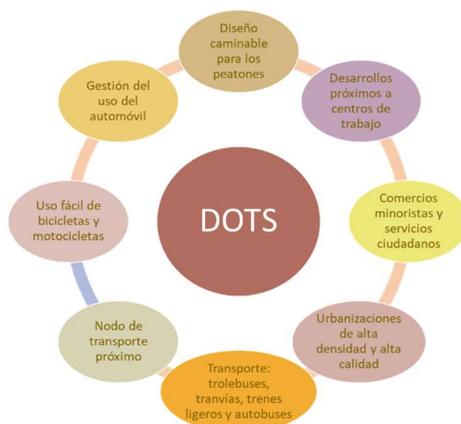
La delimitación de las zonas de bajas emisiones es una medida muy eficaz que permite gestionar la demanda, en las que se prevé la limitación del acceso a los vehículos más emisores y contaminantes, y que tiene entre sus objetivos acelerar la descarbonización de las ciudades, mejorar la calidad del aire y mitigar el ruido.

De los municipios que han establecido Zonas de Bajas Emisiones, una de las más amplias es la Zona de Bajas Emisiones de Madrid que ha declarado todo el municipio como ZBE y en donde las restricciones circulatorias se irán aplicando de manera progresiva hasta 2025, momento en el que, por ejemplo, los turismos sin distintivo ambiental no podrán acceder al municipio⁶⁸.

Para impulsar la creación de las Zonas de Bajas Emisiones, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) contempla, dentro de la Componente 1, ayudas para proyectos que faciliten "los desplazamientos a pie, en bicicleta u otros medios de transporte activo, asociándolos con hábitos de vida saludables...". En la primera convocatoria se adjudicaron más de 110 millones para proyectos de creación, implantación o mejora de Zonas de Bajas de Emisiones⁶⁹.

En relación con la ordenación del territorio, la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 incluye como medida 1.1.2 la elaboración de una **Guía Metodológica para la redacción de Estudios de Movilidad** en los que se analice, con carácter previo a su aprobación, el **impacto de los nuevos desarrollos urbanísticos sobre la red de transportes** (infraestructuras y servicios) y **se formulen medidas que aseguren la suficiencia de dicha red para atender las nuevas demandas generadas, así como posibles fórmulas de participación de los promotores de los nuevos desarrollos en la solución de los problemas de movilidad**. Asimismo, la Guía incluirá recomendaciones respecto a las actuaciones en zonas urbanas consolidadas, para minimizar su afección a la movilidad. Otro concepto que incide tanto en el transporte como en el uso del suelo es el **Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS por sus siglas)** cuyo objetivo es promover medidas para que se densifiquen las ciudades de manera que se favorezcan los desplazamientos a pie y en bicicleta, se fomente la intermodalidad, los usos mixtos y la integración del transporte público.

Figura 14 Características fundamentales del Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS)



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de The Institute for Transportation and Development Policy.

Un ejemplo claro sobre la aplicación de las DOTS ha sido la ciudad de Copenhague se ha caracterizado por la promoción de la bicicleta como modo de transporte diario, donde actualmente el **49 % de su población se mueve en este medio de transporte**, como consecuencia de que las estrategias de crecimiento implementadas

⁶⁸ <https://www.madrid360.es/medio-ambiente/zonas-de-bajas-emisiones/>

⁶⁹ Orden Ministerial por la que se conceden las ayudas de la primera convocatoria del programa de ayudas a municipios para la implantación de zonas de bajas emisiones y la transformación digital y sostenible del transporte urbano, en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia

integran el desarrollo urbano y el transporte. Desde 1989 la política de "Cercanía a las estaciones" busca que los nuevos desarrollos se localicen en un radio de 600 m de las estaciones de tren. De igual forma, se regula el tamaño y la localización de los negocios para promover la apertura de pequeños negocios en los centros urbanos, fomentando los usos mixtos. Esta política ha generado un desarrollo mixto, compacto y denso, además de una amplia accesibilidad al transporte público de calidad: **el 57 % de la población vive a menos de un kilómetro de estaciones de transporte, mientras que el 61 % de los trabajos se encuentran a esta misma distancia del transporte público.**

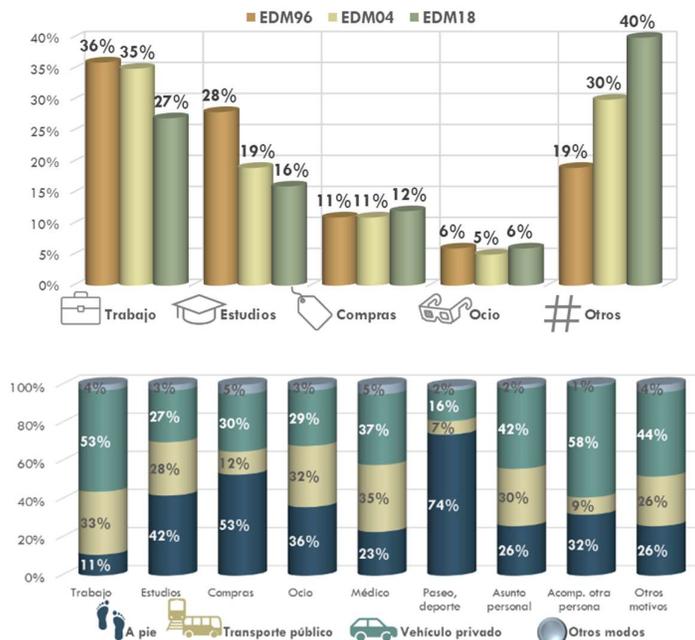
Herramientas y medidas "AVOID" sobre tecnologías de la información y comunicación

A la hora de profundizar en los instrumentos y medidas centradas en las tecnologías de la información y comunicación (TIC), es preciso poner en contexto algunas de las principales características de la movilidad.

Según la Encuesta de Características Esenciales de la Población y las Viviendas realizada en 2021⁷⁰, el 39,9 % de la población total española realiza desplazamientos diarios a su lugar de trabajo o estudio y el 56,3 % tarda menos de 39 minutos. La mayoría (63,0 %) utilizan el vehículo particular, mientras que el 16,1 % emplean el transporte público y el 16,1 % van andando.

Para analizar los motivos de los viajes de los ciudadanos, se ha tomado como referencia la **Encuesta Domiciliaria de Movilidad de 2018 de Madrid**⁷¹, llevada a cabo por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid. Si bien otras ciudades pueden tener distribuciones distintas sobre los motivos de viaje, algunas de las conclusiones que se observan en esta encuesta en comparación con las anteriores es que la **movilidad ocupacional (trabajo y estudios) ha ido descendiendo** en detrimento de otros motivos de viaje, pasando del 65 % en el año 1996 al 43 % en 2018, como se muestra en el Gráfico 27.

Gráfico 27 Evolución de la distribución de los motivos de viaje en el área metropolitana de Madrid (2018)



Fuente: Elaboración propia del OTLE con datos de la Encuesta Domiciliaria de Movilidad de 2018 de Madrid. Consorcio Regional de Transportes de Madrid

⁷⁰ Encuesta de Características Esenciales de la Población y las Viviendas. INE. <https://www.ine.es/dynt3/inebase/es/index.htm?padre=8983&capsel=8984>

⁷¹ https://www.crtm.es/media/712934/edm18_sintesis.pdf

Movilidad no ocupacional

Por tanto, centrando el análisis en la movilidad no ocupacional, que es la que, al menos en Madrid, tiene una mayor representatividad en los viajes, se observa cómo el **sistema de telecomunicaciones puede contribuir significativamente en la reducción de los viajes**.

Un ejemplo claro de esto es la realización telemática de actividades como la **administración electrónica**. Los servicios públicos digitales reducen la carga administrativa de las empresas y de los ciudadanos haciendo que las interacciones con las administraciones públicas resulten más rápidas y eficientes, más cómodas y transparentes y menos costosas. En este sentido hay que destacar:

- El Plan de Digitalización de las Administraciones Públicas 2021-2025 para lograr la Transformación digital de la Administración General del Estado.
- La Estrategia Digital Europea 2020-2025 que tiene como el objetivo de lograr la digitalización de los servicios públicos y las empresas, así como mejorar las capacidades digitales en infraestructuras y de la ciudadanía.

Debido a las restricciones de movilidad causadas por la pandemia, se ha acelerado el proceso de digitalización de muchas actividades cotidianas que han servido para superar la situación sanitaria como ha sido el caso de la **telemedicina y atención en remoto**, muy extendida especialmente en los servicios de Atención Primaria. La digitalización de la administración pública también es extrapolable a las entidades privadas, como por ejemplo ya llevan haciendo desde hace tiempo las entidades bancarias, permitiendo la realización de numerosos trámites por teléfono o a través de su página web o de aplicaciones para teléfonos móviles.

Aun así, es necesario que este proceso de digitalización de las actividades que actualmente se realizan de manera presencial vayan acompañadas de acciones encaminadas a no dejar a colectivos vulnerables fuera de este proceso, dotándolos del conocimiento de los entornos digitales y ofreciendo posibilidades alternativas a aquellas personas que todavía no disponen de conexión.

También conviene señalar que la llegada de las nuevas tecnologías y la digitalización ha permitido el **crecimiento del comercio electrónico** (e-commerce), lo que ha modificado los hábitos de consumo de los ciudadanos y ha transformado la distribución urbana de mercancías, que además se ha visto acelerada por efecto de la pandemia. Según el Instituto Nacional de Estadística, la proporción de personas que compraron por Internet en los últimos 3 meses ha aumentado progresivamente en la última década, como en casi todos los países europeos, situándose en 2022 en el 55,3 % de la población entre 16 y 74 años.

Sin embargo, el comercio electrónico que *a priori* solo generaba bondades, debido a la complejidad del sistema de transporte, ha tensionado las cadenas de distribución debido a los exigentes requerimientos de entrega y obligan a replantear las estrategias actuales de reparto para evitar problemas para el conjunto de las cadenas logísticas en general y las ciudades en particular en términos de congestión, contaminación y ruido.

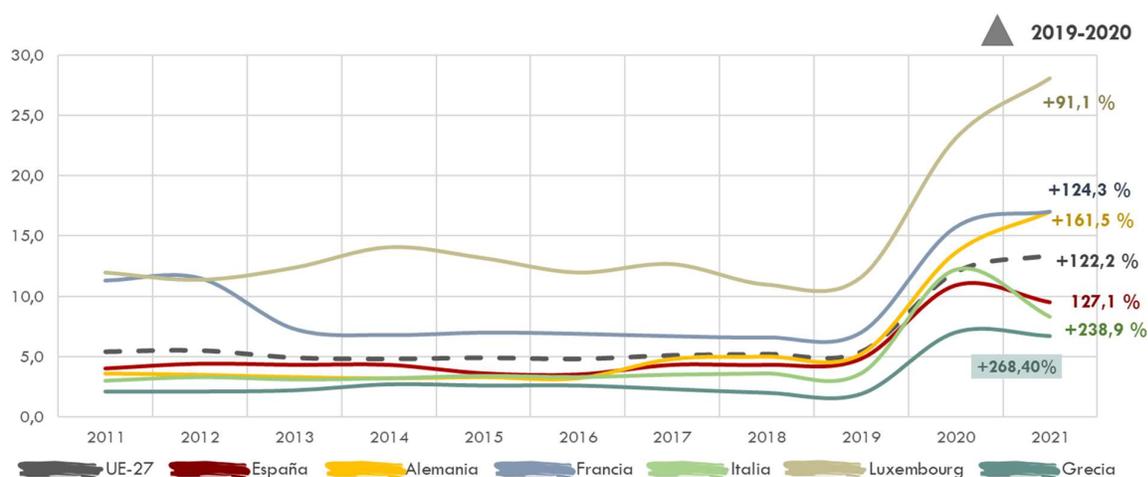
Dentro de las posibles soluciones para aquellas devoluciones y entregas fallidas que se producen están los **puntos de entrega y recogida** (comercios asociados a otras grandes plataformas online que actúan como puntos de recogida "oficiales"), y los **buzones inteligentes** (dispositivos que se instalan en alguna zona común, como si de buzones convencionales se tratara, y que pueden estar en el exterior, pues tienen mecanismos de seguridad avanzados que permiten su apertura desde dispositivos móviles), como por ejemplo la solución **Citypaq**, desarrollada por **Correos**.

Movilidad ocupacional

Por su parte, atendiendo a la **movilidad ocupacional y la influencia del sistema de telecomunicaciones**, la pandemia del COVID-19 ha generado cambios sin precedentes en muchos aspectos de la vida. Aspectos como **el trabajo a distancia o la educación no presencial** han tenido un gran desarrollo en los últimos años, pasando de ser una opción a convertirse en una obligación para muchos trabajadores y estudiantes durante las restricciones de movilidad que motivó la pandemia, y actualmente a consolidarse como modalidades de trabajo y opciones educativas.

De acuerdo con los datos de Eurostat, la pandemia del COVID-19 supuso una verdadera transformación en lo relativo al teletrabajo. Tal y como se observa en el Gráfico 28 siguiente, en España el porcentaje de trabajadores entre 15 y 64 años que trabajó habitualmente desde casa se situó en el +10,9 % en 2020, cifra que fue más del doble que la registrada un año antes, y en el año 2021 esa cuota descendió hasta el +9,5 %. Esta tendencia se puede observar en muchos de los países de la Unión Europea, aunque España continúa situándose en registros aún inferiores a la media europea.

Gráfico 28 Evolución del porcentaje de trabajadores entre 15 y 64 años que trabaja habitualmente desde casa, para España, otros países europeos y UE-27 (%). Años 2011 – 2020

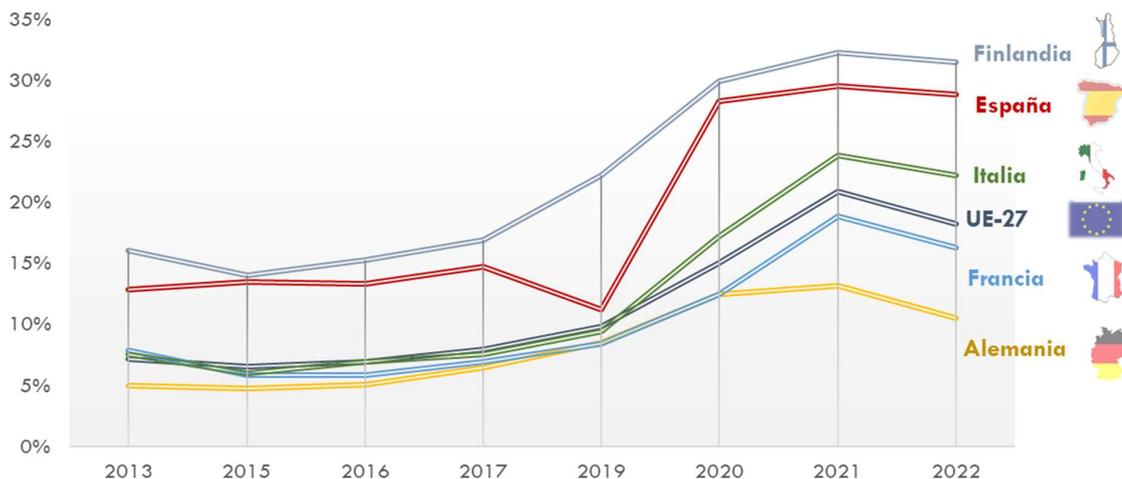


Fuente: Elaboración propia del OTLE a partir de datos de Eurostat

En lo relativo a las medidas regulatorias, la Ley 10/2021, de trabajo a distancia, regula aquellos contratos en los que más del 30 % de la jornada total durante un periodo de tiempo de 3 meses se realiza de manera remota.

En cuanto a la educación online, tal y como se puede observar en la Gráfico 29 en el año de la pandemia del COVID-19 la educación online experimentó un crecimiento muy significativo ya que el modelo educativo (colegios, universidades, escuelas de negocio, etc.) tuvo que adaptarse a las circunstancias. Sin embargo, desde la recuperación de la movilidad, se está observando un ligero descenso en la formación on-line.

Gráfico 29 Evolución del porcentaje de personas que han realizado formación online para España, otros países europeos y UE-27. Años 2013-2022



Nota: Solo se han tenido en cuenta las personas que han accedido a internet en los últimos tres meses.
Fuente: Eurostat

Herramientas y medidas "AVOID" Medidas de concienciación y comunicación

Por último, conviene resaltar que las **medidas de concienciación y comunicación** también pueden tener una gran incidencia en la disminución de los viajes. En este sentido, las acciones destinadas al conocimiento de los efectos del cambio climático y a concienciar de que la movilidad es una de las actividades que más contribuye en las emisiones de GEI pueden tener efectos positivos, tanto en la reducción de viajes motorizados como en el consumo de productos de proximidad que no requieran de grandes cadenas logísticas para llegar a los ciudadanos. De hecho, los PMUS que se han actualizado más recientemente se caracterizan en general por prestar especial interés en la realización de campañas de concienciación, información y educación ciudadana.

4.3 Estrategias para cambiar a modos más sostenibles (SHIFT)

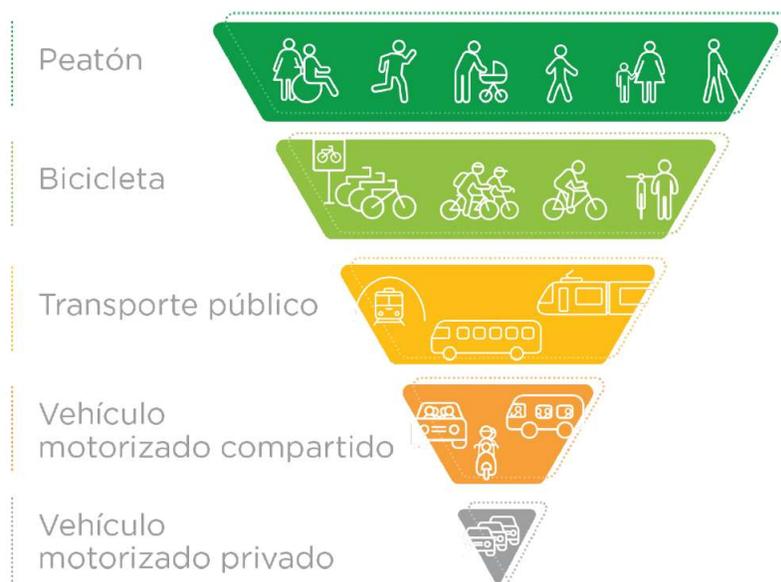
A la hora de profundizar en el enfoque "Shift", cuyo objetivo principal es el diseñar estrategias y medidas encaminadas a fomentar un **cambio modal**, principalmente desde el vehículo privado (generalmente el coche) hacia modos más sostenibles, se ha considerado conveniente tratar en este documento tres grandes bloques de medidas:

- El primer bloque profundiza sobre las herramientas destinadas a promover la movilidad activa.
- Un segundo bloque en el que se exponen instrumentos y medidas para fomentar el transporte público colectivo.
- Finalmente, un último bloque donde se analizan instrumentos que potencian la multimodalidad -basado en el uso de dos o más modos- y la intermodalidad -una unidad de transporte o vehículo que va cambiando de modo-.

Estrategias "Shift" para potenciar la movilidad activa.

Atendiendo a la **Pirámide de la Movilidad Urbana de Viajeros** (ver Figura 15) se puede priorizar el espacio público que se le debe otorgar a cada uno de los elementos del sistema de movilidad, atendiendo a criterios de eficiencia energética, medioambientales, de equidad social, vulnerabilidad, siniestralidad y calidad de vida urbana.

Figura 15 Pirámide de la movilidad



Fuente: esmovilidad.com

En esta pirámide se prioriza la movilidad activa, que se sitúa en el nivel más alto, por requerir la realización de cierta actividad física, suponiendo un patrón de desplazamiento saludable, sostenible, eficiente y económico.

La mejor manera de potenciar al peatón es mediante el desarrollo de **planes de peatonalización** para recuperar centros históricos y mejorar la calidad de vida urbana. Estos planes, que los Ayuntamientos ya llevan desarrollando muchos años, no deben ceñirse al centro de la ciudad, sino que también han de implantarse en barrios, con ejes peatonales que interconecten los principales centros atractores de movilidad, favoreciendo los desplazamientos a pie en la primera o última milla y en combinación con el servicio de transporte público, disminuyendo la intensidad y velocidad del tráfico en algunos entornos, etc., y utilizando para ello una señalización específica.

Uno de los primeros planes de peatonalización que se llevaron a cabo en España fue el de la ciudad de Pontevedra en el año 1999. Este plan, que fue ganador del premio Habitat de las Naciones Unidas, supuso la peatonalización del centro histórico (se amplió en un 310 % los espacios dedicados a la movilidad peatonal y ciclista) y tuvo un gran impacto en la calidad de vida de sus ciudadanos⁷²:

- El 81 % de escolares entre 7 y 12 años que viven en la ciudad van andando al colegio.
- La proporción de viajes a pie y en bici entre los desplazamientos que se hacen por la ciudad se sitúa en el 72 %; 66 % a pie, 6 % en bicicleta.
- Se invirtió el fenómeno de la suburbanización y la ciudad de Pontevedra aumentó su población en detrimento de las zonas limítrofes anteriormente receptoras de habitantes urbanos: la ciudad tuvo un efecto centrípeto aumentando un 33% sus habitantes entre 1999 y 2014.
- Entre 1996 y 2014 se redujo el consumo de combustible en un -87,6 %, y las emisiones de CO₂ en un -87,7 %.

⁷² Reordenación de la movilidad y la calidad urbana como alternativa a la congestión del tráfico en la ciudad. resultados en Pontevedra. Ayuntamiento de Pontevedra.

La creciente importancia de la **bicicleta** surge como un planteamiento frente al aumento de los niveles de congestión y el empeoramiento de la calidad del aire en las principales áreas metropolitanas, a la vez que su mayor uso contribuye a la descarbonización del transporte. Además, la bicicleta contribuye a mejorar la salud de las personas que la utilizan⁷³.

En 2021 el Consejo de Ministros aprobó la **Estrategia Estatal por la Bicicleta**, elaborada por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA). El propósito de esta Estrategia es coordinar las diferentes políticas y acciones en torno a la promoción de este medio de transporte desde todos sus ángulos, desde la movilidad cotidiana o el cicloturismo hasta sus beneficios para la salud, pasando por su uso recreativo y deportivo, por las oportunidades sociales y económicas y el desarrollo empresarial del sector. La Figura 16 muestra un resumen de las medidas más significativas:

Figura 16 Principales medidas incluidas en la Estrategia Estatal por la Bicicleta



Fuente: Elaboración propia del OTLE con información de la Estrategia Estatal por la Bicicleta. Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana

Además, para reforzar el papel de la bicicleta en la movilidad, la ley de cambio climático considera a la bicicleta como un elemento clave en la movilidad cotidiana.

En general las grandes ciudades y capitales de provincias disponen de una red ciclista que ha crecido notablemente en los últimos años, aunque con diferentes niveles de desarrollo. Recientemente se publicó un estudio de la Organización de Consumidores en las que valoraban las redes ciclistas de 14 ciudades a partir de diversos criterios de funcionalidad (si la red es completa, continua, uniforme, directa, reconocible, tupida y si circula por vías principales) y se determinó que las mejores eran las de Vitoria, Sevilla, Valencia y Barcelona.

⁷³ El Proyecto PASTA (*Physical Activity through Sustainable Transport Approaches*) recoge datos de 167 ciudades europeas sobre movilidad y señala que el cambio al uso de la bicicleta como medio de transporte es beneficioso para la salud debido al aumento asociado a la actividad física; también indica que se podrían evitar alrededor de 10.000 muertes prematuras al año, si en todas las ciudades estudiadas la bicicleta fuese seleccionada en el 24,7 % de los desplazamientos. <https://www.pastaproject.eu/>

También es importante mencionar los **sistemas públicos de alquiler de bicicletas** que suponen una herramienta para la promoción de la movilidad ciclista y que ayudan a mejorar la cuota modal de este modo sin emisiones. Se trata de sistemas de alquiler o préstamo gratuito de bicicletas en los núcleos urbanos y se diferencian de los servicios tradicionales de alquiler de bicicletas, más orientados al ocio o al turismo, por el hecho de prestar un servicio de movilidad práctico, rápido y pensado para el uso cotidiano. Se pueden utilizar en trayectos monomodales entre dos puntos o como extensión de un viaje intermodal, principalmente con el transporte público. Entre 2021 y 2022 la oferta pública de bicicletas en Madrid aumentó: un 26,1 % los puntos de préstamo, un 1,0 % el número total de anclajes y un 7,0 % las bicicletas disponibles⁷⁴.

Otra medida relevante para el fomento de uso de la bicicleta es la disponibilidad de **puntos de aparcamiento seguros** y con una cierta amplitud geográfica. En este sentido, un buen ejemplo es **Bicibox**, que es una red pública de aparcamientos gratuitos y seguros para bicicletas que se encuentra distribuida por los diferentes municipios del área metropolitana de Barcelona, cuyo objetivo es fomentar el uso de la bicicleta como medio para la movilidad cotidiana y complementar otros servicios de transporte público fomentando la intermodalidad. Los aparcamientos Bicibox ofrecen un espacio protegido para la bicicleta durante un periodo máximo de 48 horas entre semana y 72 horas los fines de semana.

Por último, cabe destacar los **más de 1.000 millones de euros que el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA)** ha concedido a 170 municipios y dos entes supramunicipales para descarbonizar y digitalizar la movilidad urbana, a través del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. De estos, el **40 % de las subvenciones se destinará al desarrollo de la movilidad activa, como la construcción de más de 500 kilómetros de carriles bici o la peatonalización de calles.**

En esta misma convocatoria **se concedieron 96,5 millones de euros para la financiación de la implantación de sistemas públicos de alquiler de bicicletas y otros vehículos de movilidad personal.**

Estrategias "Shift" para impulsar el transporte público de viajeros

Para lograr un cambio modal hacia transportes más sostenibles, **es fundamental contar con un servicio de transporte público adecuado**, pero tiene que satisfacer las necesidades del usuario en lo relativo a la calidad, la eficacia y la disponibilidad, es decir, tiene ser también frecuente, rápido, fiable, cómodo y estar disponible. También tiene que ser accesible a grupos vulnerables y en zonas rurales y remotas, considerar las necesidades de movilidad no ocupacional e integrar los nuevos servicios de movilidad compartida y movilidad activa.

El fomento del transporte público es fundamental para lograr un cambio modal desde el transporte privado hacia medios más seguros, fiables, cómodos, económicos y sostenibles, por ello el transporte público colectivo se sitúa en el centro de las políticas de movilidad. Así, al sistema de transporte público se dedican importantes inversiones para la mejora de la infraestructura existente o la creación de nueva infraestructura, de inversiones en material móvil, en digitalización y tecnología, etc. además de apoyo financiero -subvenciones- por parte de las administraciones públicas, pues los ingresos por tarifas no son en general suficientes para equilibrar los costes de operación.

Entre las medidas recientes adoptadas en el transporte público, cabe destacar que durante el último cuatrimestre de 2022 y el año 2023 se han puesto en marcha en España una serie de **ayudas extraordinarias para apoyar el transporte público colectivo**, en el marco de las medidas de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la Guerra de Ucrania, que se han articulado a través del Real Decreto-ley (RDL) 11/2022, RDL 14/2022, RDL 20/2022 y RDL 5/2023. Estas ayudas estatales han supuesto la gratuidad o importantes descuentos para los ciudadanos en los títulos multiviaje de los servicios ferroviarios de cercanías, media distancia convencional y Avant de Renfe, y de los servicios regulares de autobús gestionados por el Estado (para aquellas empresas operadoras que participan en los descuentos), así como descuentos significativos en los títulos multiviaje empleados en el transporte urbano, metropolitano e interurbano

⁷⁴ Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM). Informe OMM 2020 - Avance 2021. Julio 2022.

gestionado por Ayuntamientos y CCAA (complementados en su caso con descuentos adicionales de estas administraciones). Estas medidas se han traducido, en definitiva, en **ayudas económicas para los ciudadanos para contribuir al cambio modal y reducir el coste del transporte ligado a la movilidad cotidiana.**

Según el último informe del Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM)⁷⁵, en 2021 y para las autoridades de transporte que participan en este observatorio, se contabilizaron un total de 2.326 millones de viajes en transporte público (2.060 millones de viajes en 2020). De estos viajes, un total de 1.128 millones se realizaron en autobús (1.019 millones en 2020), mientras que en modos ferroviarios se hicieron 1.198 millones de viajes (1.041 millones en 2020), lo que supone una recuperación del 13 % de viajeros con respecto a 2020, un incremento en los viajes en autobús de un 10,7 % y en ferrocarril un 15,1 %. Esto supone una recuperación de la demanda del 13,0 % de viajeros con respecto a 2020 pero se ha perdido un 45 % respecto a 2019.

No obstante lo anterior, los datos mensuales más recientes proporcionados por la Estadística de Transporte de Viajeros del INE ponen de manifiesto que, en los últimos meses y tras las importantes medidas de impulso del transporte público colectivo implementadas desde septiembre de 2022, **el uso del transporte público colectivo finalmente ha recuperado los valores anteriores a la pandemia.**

En cuanto a la red, y según los datos del Observatorio de la Movilidad Metropolitana, se ha producido un aumento longitud de líneas de autobuses +28,1 % (2013-2021) aunque ha disminuido un -0,21 % entre 2020 y 2021; mientras que la red ferroviaria ha aumentado un 5,1 % en el periodo 2013-2021 y, concretamente en el último año, ha crecido un 1,3 %. El servicio de autobuses y la oferta de modos ferroviarios también ha aumentado tanto en los últimos ocho años como entre 2020 y 2021.

Cabe señalar también que entre 2013 y 2021 se ha producido un crecimiento de población principalmente en las coronas metropolitanas (2,7 %) frente a las ciudades capitales (0,9 %); este proceso de dispersión urbana hacia las afueras supone una disminución en la efectividad del transporte público.

Un ejemplo claro y representativo sobre cómo transformar la movilidad de una ciudad es el caso de Vitoria.

En este contexto, el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz comenzó un proceso de reflexión sobre el sistema de movilidad existente que dio lugar al Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público de Vitoria-Gasteiz, que diseñó la red actual de transporte público en 2008, pasando de 17 líneas a tan sólo 10 líneas diurnas (más las 2 de tranvía) y 5 líneas nocturnas. En poco tiempo, los pasajeros anuales del transporte público crecieron de los 12,7 millones en 2008 hasta los más de 23 millones en 2018. Esto ha conllevado un descenso de las emisiones de CO₂ derivadas de la movilidad en un 13,5 %.

En Castilla y León actualmente se está trabajando en el Plan de actuaciones de reforma y modernización de las Estaciones de Autobuses con el objetivo fundamental de mejorar la prestación de servicios al ciudadano y aumentar el volumen de viajeros. Para ello, algunas de las acciones que se van a llevar a cabo son la modernización del conjunto arquitectónico, la mejora de la eficiencia energética de las estaciones, la mejora de las condiciones de habitabilidad y salubridad, la adaptación de los edificios a las personas con discapacidad y, en definitiva, mejorar la confortabilidad y el servicio a los viajeros.

Para contribuir a incentivar el uso del transporte público y facilitar la combinación de vehículo privado y transporte público, en varios municipios del Área Metropolitana de Barcelona (AMB) se ha implantado un servicio de aparcamientos de intercambio. Estos aparcamientos están basados en el concepto extendido en Europa de park & ride (P+R), que permite que los usuarios frecuentes del transporte público puedan estacionar sus vehículos en las zonas de aparcamiento P+R, especialmente habilitadas cerca de nodos de transporte estratégicos (tren, tranvía, bus, etc.), y disfrutar de 24 horas consecutivas de estacionamiento reservado.

⁷⁵ El Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM) recoge información sobre la oferta de servicios de las 24 áreas metropolitanas, conformadas por 26,25 millones de habitantes que suponen un 55,4 % de la población total.

En el ámbito del transporte aéreo, cabe señalar una medida aprobada por Francia en 2021 en el marco de la ley de lucha contra el cambio climático. El objetivo de la medida es suprimir las conexiones aéreas entre París (Orly) y Nantes, Lyon o Burdeos por contar con servicios de alta velocidad ferroviaria (TGV) de duración inferior a dos horas y media, si bien se prevén excepciones para aquellos trayectos aéreos que transporten más del 50 % de pasajeros en conexión.

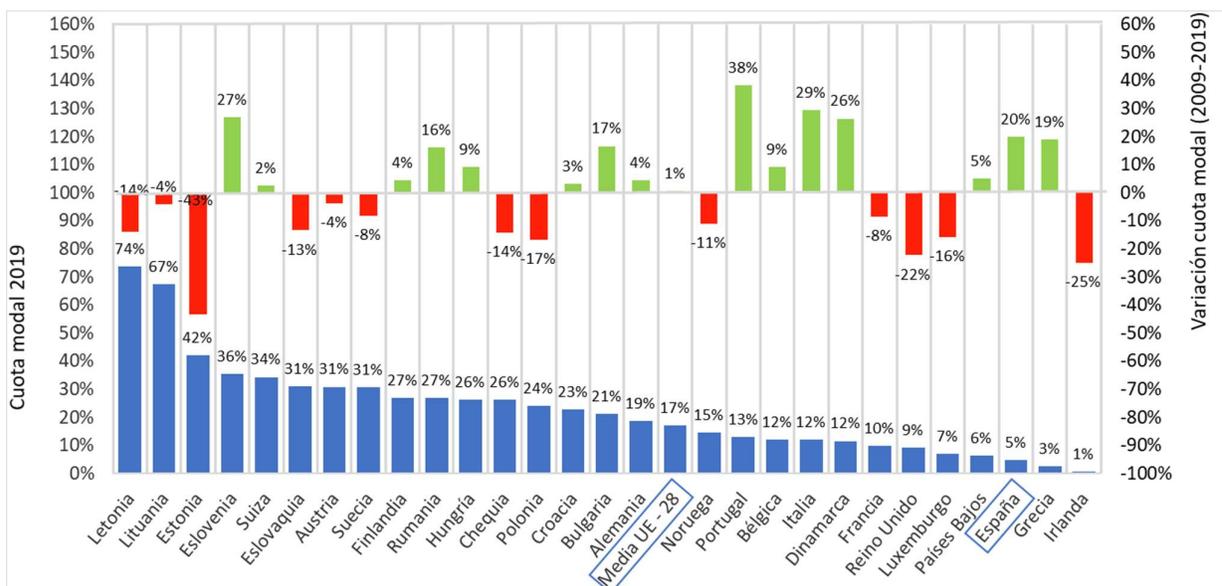
Por último, una medida que también se está desarrollando es la de los **servicios de movilidad compartida**, en el sentido más amplio en el que se incluyen coches, motos y vehículos de movilidad personal, como alternativa al vehículo privado, soluciones que se están convirtiendo en algo muy común en grandes ciudades de todo el mundo. Una de las ventajas de los vehículos compartidos, atendiendo al ciclo de vida completo de estos, reside en la menor cantidad de ellos que se necesitan para satisfacer la demanda global, redundando en la descarbonización derivada de la menor necesidad de materias primas y menores necesidades de fabricación.

Estrategias "Shift" para potenciar la multimodalidad y la intermodalidad en el transporte de mercancías

Para la **perspectiva "Shift" bajo el prisma del transporte de mercancías**, los mayores esfuerzos de las herramientas y medidas analizadas en materia de descarbonización se concentran, en general, en el cambio modal desde el transporte por carretera hacia otros modos menos contaminantes.

Este enfoque, ya se inició a principios del siglo XXI con el **Programa Marco Polo**, promovido por la Comisión Europea para **transferir mercancías de la carretera** a medios de transporte más compatibles con el medio ambiente con el fin de aumentar la eficiencia de las operaciones de transporte, evitando el tráfico innecesario y los recorridos en vacío. El programa tenía como objetivo **potenciar la intermodalidad** a través de un mejor uso de los recursos existentes en el sistema de transporte, por medio de la **incorporación a la cadena logística de los transportes marítimos de corta distancia y del transporte fluvial**. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados por la Unión Europea, la cuota de transporte ferroviario de mercancías únicamente se ha incrementado un +1 % en los últimos 10 años.

Figura 17 Cuota modal (% toneladas-km ferrocarril / toneladas-km total) del transporte ferroviario de mercancías en 2019 y variación de la cuota modal en el periodo 2009-2019



Fuente: Estrategia Indicativa del desarrollo, mantenimiento y renovación de las infraestructuras ferroviarias. Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana

En el caso de España, y de acuerdo a lo señalado en la Estrategia Indicativa "la reducida cuota modal del transporte interior ferroviario de mercancías se debe principalmente a la competencia con el transporte por carretera, que acapara el 95 % del total de mercancías transportadas a nivel nacional".

Para potenciar el transporte ferroviario de mercancías como eje vertebrador de las cadenas logísticas multimodales y llegar al 10 % de cuota modal se ha aprobado la iniciativa **Mercancías 30**. Para ello ha establecido veintinueve acciones agrupadas en seis bloques. Entre ellas destacan la ampliación de vías de apartado para trenes de 740 m de modo que se reduzcan los costes del transporte ferroviario de mercancías y sea, de este modo, más eficiente y competitivo; la electrificación 25 kV de líneas de mercancías no electrificadas y rehabilitación y mejora de líneas ya electrificadas que tendrá tanto un impacto directo tanto sobre la eficiencia energética como sobre la reducción de los tiempos de viaje y del coste operativo; o la mejora de la capacidad y prestaciones de los servicios ferroviarios de mercancías en el entorno de las grandes ciudades.

Otras medidas que se proponen en la iniciativa están centradas en potenciar la intermodalidad, como por ejemplo las mejoras de las conexiones con los puertos y el desarrollo de nodos de carga ferroviarios, o las autopistas ferroviarias en donde se sube el camión o al menos la caja móvil al tren, de manera que solo se realiza por carretera el transporte capilar desde y hacia la terminal donde se cargan al ferrocarril.

Y en el marco del PRTR, el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana ha puesto en marcha el **programa de eco-incentivos al transporte sostenible**, dirigidos a los modos marítimo y ferroviario en función de la demanda. Este programa persigue incentivar el uso del transporte de mercancías estableciendo eco-incentivos que premien el ahorro de costes externos medioambientales y socioeconómicos generados por el uso de ambos modos frente a la carretera.

Por su parte, la **conectividad ferroportuaria** es otro de los aspectos clave para la descarbonización del transporte de mercancías. Además de las medidas mencionadas en la Estrategia Mercancías 30, desde el Sistema Portuario de Titularidad Estatal se han implementado herramientas y medidas de estímulo para desarrollar este tipo de conectividad, entre las que destacan tanto la **bonificación del 50 % de la tasa T-3** si la mercancía entra o sale del puerto por vía ferroviaria y la creación del Fondo Financiero de Accesibilidad Terrestre Portuaria.

El **Fondo Financiero de Accesibilidad Terrestre Portuaria** posibilita la contribución de las Autoridades Portuarias al esfuerzo de paliar el déficit de conexiones principalmente ferroviarias de los puertos de interés general y a la mejora de las redes generales del transporte de mercancías, cuya insuficiencia viene lastrando su competitividad, potenciando su papel como plataformas logísticas.

Las Autoridades Portuarias pueden acudir al Fondo para solicitar un préstamo con el objeto de financiar los proyectos de inversión relativos a conexiones viarias y ferroviarias a los puertos, siendo estos préstamos otorgados por una duración máxima. A continuación, se incluye la Figura 18 donde se localizan las principales actuaciones realizadas por el Fondo desde su creación.

Figura 18 Principales actuaciones englobadas en el Fondo Financiero de Accesibilidad Terrestre Portuaria



Fuente: Elaboración propia del OTLE

Por último, es necesario destacar el **Mecanismo Conectar Europa (CEF)**⁷⁶ que es el instrumento financiero de apoyo a las inversiones en la RTE-T. Su objetivo específico en materia de transporte es “contribuir al desarrollo de los proyectos de interés común relativos a las redes e infraestructuras eficientes, interconectadas y multimodales para lograr una movilidad inteligente, interoperable, sostenible, integradora, accesible y segura”.

Este mecanismo es el principal instrumento con el que cuenta la Comisión Europea para finalizar para 2030 la RTE-T básica, estructurada en torno a nueve corredores multimodales (en España discurren dos: corredor atlántico y el corredor mediterráneo), y antes de 2050 la RTE-T global, con el fin de facilitar la accesibilidad a todas las regiones europeas, fomentando la innovación para mejorar el uso de la infraestructura, incrementando su eficiencia energética y reduciendo la siniestralidad y el impacto ambiental del transporte.

⁷⁶ <https://ec.europa.eu/inea/connecting-europe-facility/cef-transport>

Figura 19 Red Transeuropea de Transporte (RTE-T). Red ferroviaria de los corredores Atlántico y Mediterráneo en España



Fuente: TENtec Interactive Map Viewer. Comisión Europea

4.4 Medidas para mejorar la eficiencia del transporte (IMPROVE)

Las medidas de "Improve" enfocadas en la **mejora de la eficiencia del transporte** se plantean en este documento desde distintas perspectivas:

- En primer lugar, los vehículos eléctricos y sus infraestructuras de recarga.
- A continuación, se analizarán el resto de fuentes de energía alternativas.
- Seguidamente se profundizará en la renovación de los medios de transporte.
- El siguiente punto consistirá en analizar los sistemas inteligentes de transporte que contribuyen también a incrementar la eficiencia en los desplazamientos.

Vehículos eléctricos e infraestructuras de recarga eléctrica

Teniendo en cuenta que las emisiones del transporte por carretera suponen en España un 92,6 % del total de emisiones, que en el transporte de pasajeros el 84,5 % de los 314 mil millones de pasajeros-km que se registraron en 2020 fue realizado por coches y que el 95,6 % del transporte de mercancías interno se realizó por carretera, es necesario un gran impulso de los vehículos de cero emisiones.

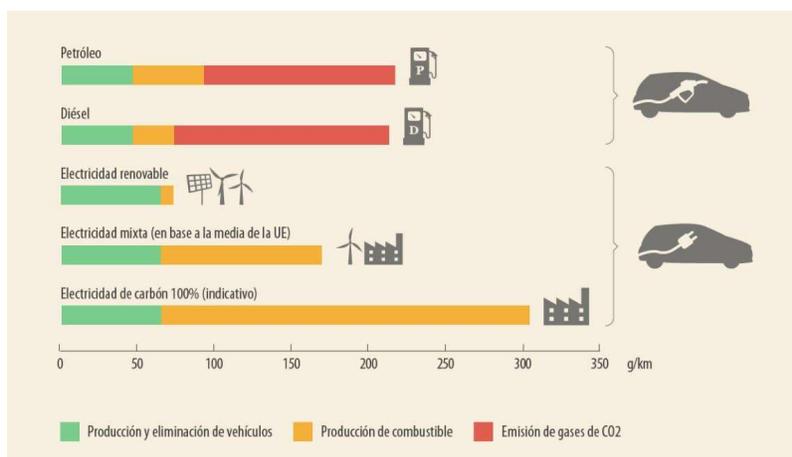
Para ello, la **penetración de la movilidad eléctrica** debe ser una realidad y resulta fundamental alcanzar los 5 millones de vehículos eléctricos⁷⁷ necesarios para lograr los objetivos de reducción de emisiones previstos por el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.

La penetración del vehículo eléctrico en España, aunque ha avanzado significativamente en 2022 y el primer semestre de 2023, todavía tiene que avanzar aún más. Según la DGT el número de vehículos eléctricos en enero de 2022 fue de 164.276. De acuerdo con los análisis del Instituto de Estudios de Automoción, este tipo de vehículos ya supone en España el 10 % del total de las ventas (considerando eléctrico más híbrido enchufable). Son avances positivos, aunque todavía lejos de otros países como Alemania (26 %), Francia (18,3 %) o Portugal (19,7 %).

⁷⁷ 5,5 millones de vehículos en el borrador de actualización del PNIEC

En la última década, las baterías eléctricas han mejorado muchísimo su rendimiento. Sin embargo, existen algunas barreras que están ralentizando esta penetración: los vehículos eléctricos siguen teniendo menores prestaciones que los vehículos convencionales especialmente en cuanto a la autonomía (aunque ya hay modelos que alcanzan los 600-700 km de autonomía); la excesiva demanda de metales como el litio; o el precio, que sigue siendo superior al de los vehículos de combustible fósil. Por ello resulta fundamental que se mejoren aspectos clave de las baterías como su potencia, densidad energética (considerada como la relación entre la capacidad energética y el espacio que ocupa en volumen), materiales, calentamiento, ciclo de vida (ver Gráfico 30) y coste por kWh.

Gráfico 30 Comparativa del ciclo de vida de las emisiones de CO₂ en turismos según carburante y fuente de energía



Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente

En el transporte público de viajeros, el **Bus Eléctrico Inteligente (BEI)** es uno de los más actuales exponentes de los medios de transporte públicos y eléctricos, además de las formas más tradicionales como es el tranvía y el metro. Se trata de vehículos eléctricos, formados por un convoy de alta capacidad, plataforma de acceso en las paradas, carriles exclusivos y preferencia semafórica que lo convierte en un medio de transporte menos contaminante y más eficiente.

También es importante tener en cuenta que, para seguir avanzando en la descarbonización, los **vehículos de transporte de mercancías eléctricos** son clave. Actualmente muchos fabricantes están apostando por este tipo de tecnología y existen numerosos incentivos para su compra por parte del Estado. Su implementación en el sector del transporte se está produciendo en primer lugar en los vehículos de menor tamaño y dimensiones, dedicados a distribución urbana y a transporte de ámbito regional. En el transporte de mercancías de larga distancia, el desarrollo de este tipo de camiones eléctricos y su puesta en el mercado continúa avanzando con nuevos modelos que van mejorando las prestaciones. Todos estos avances en los vehículos y en el sector han de ir acompañados de una legislación que considere las nuevas necesidades que vayan surgiendo como, por ejemplo, el Real Decreto aprobado recientemente por el MITMA para eliminar la penalización que suponía el sobrepeso de las baterías en vehículos eléctricos que obligaba a reducir su carga útil⁷⁸.

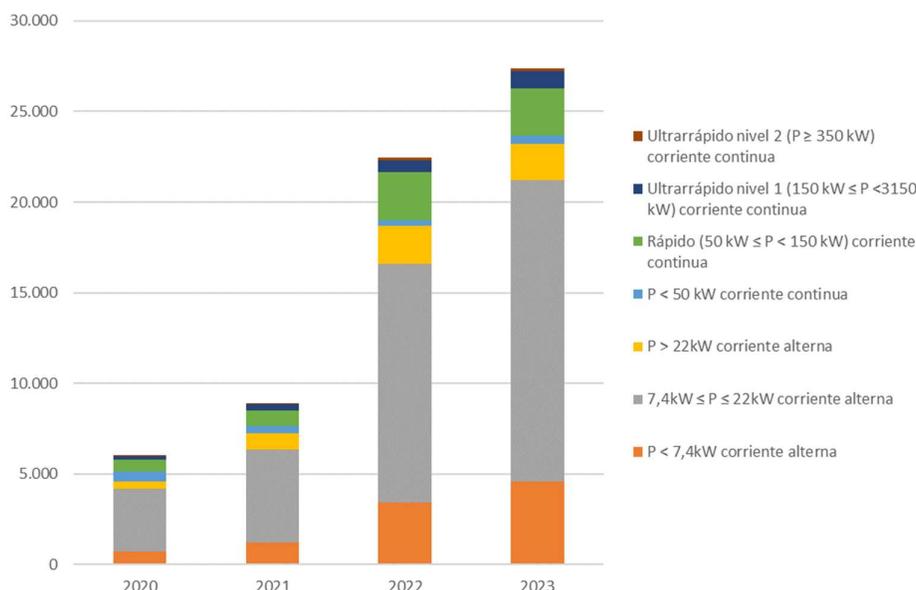
Actualmente la mayor parte de la recarga de los vehículos eléctricos se realiza en los propios hogares y en los lugares de trabajo (o en instalaciones propias vinculadas a flotas), pero para aumentar la penetración de la movilidad eléctrica son necesarios **puntos de recarga públicos**.

⁷⁸ Real Decreto 242/2022, de 5 de abril, por el que se modifican el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres, aprobado por el Real Decreto 1211/1990, de 28 de septiembre, y el Real Decreto 284/2021, de 20 de abril, por el que se regula la cualificación inicial y la formación continua de los conductores de determinados vehículos destinados al transporte por carretera.

Según los últimos datos disponibles del Observatorio Europeo de Combustibles Alternativos (EAFO) nuestro país cuenta con 27.392 puntos públicos de recarga, lo que equivale a 0,568 puntos de recarga por cada mil habitantes, frente a los 10.314 que había a principios de 2022.

Aunque ya se está haciendo un importante esfuerzo para que la red de recarga de acceso público tenga unas dimensiones y una capilaridad suficiente, la realidad es que no solo es importante el número de estaciones sino también lo rápido que sea la recarga para los conductores. Según los datos de EAFO, en nuestro país hay 2.637 puntos de recarga rápidos o con potencia igual o superior 50kW y menor de 150 kW (9,6%) y 1.099 puntos de recarga ultrarrápidos (4,0%), de los cuales 929 cuentan con una potencia igual o superior a 150 kW y menor de 350 kW (3,4%) y 170 con una potencia igual o superior a 350 kW (0,6%).

Gráfico 31 Evolución del número de puntos de recarga en España, según características de los puntos de recarga



Fuente: elaboración propia del OTLE con datos del Observatorio Europeo de Combustibles Alternativos (EAFO)

En este sentido, hay que destacar el programa de implantación de puntos de recarga eléctrica en las estaciones ferroviarias que está llevando a cabo Adif y que contribuirá al despliegue de estas infraestructuras de recarga, y a ampliar su radio de acción fuera de las áreas metropolitanas gracias a la instalación en estaciones que se encuentran fuera de las principales ciudades.

Sin duda, la penetración del vehículo eléctrico va a suponer un aumento en el consumo de energía eléctrica. Es por ello que es necesario avanzar en que esta energía sea de origen renovable, a la vez que también se identifiquen nuevas oportunidades de desarrollo tecnológico, como por ejemplo la conocida como V2G (*vehicule-to-grid*). Esta tecnología está basada en la carga bidireccional que transforma los vehículos eléctricos en grandes baterías móviles con ruedas y que interactúan de manera inteligente con la red. De este modo los vehículos extraen energía para recargar durante los periodos de menor consumo y devuelven la energía a la red cuando la demanda es alta, contribuyendo así a equilibrar la oferta y la demanda y convirtiéndose en una fuente más de energía.

Para lograr la penetración de los vehículos eléctricos y el incremento en la instalación de infraestructuras de recarga se han aprobados diversos instrumentos legislativos, entre los que cabe destacar los siguientes:

- En la Ley de cambio climático y transición energética, que en su artículo 15 establece que las instalaciones de suministro de combustibles y carburantes a vehículos cuyo volumen anual agregado de ventas de gasolina y gasóleo A en 2019 sea superior o igual a diez millones de litros instalarán al menos una infraestructura de recarga eléctrica de potencia igual o superior a 150 kW en corriente

continua. Asimismo, cuando la venta sea superior o igual a cinco millones de litros y menor a diez millones de litros, la infraestructura de recarga eléctrica tendrá una potencia igual o superior a 50 kW en corriente continua. Este último requisito también es aplicable desde 2021 a las instalaciones nuevas o que acometan una reforma que requiera la revisión del título administrativo, independientemente del volumen anual agregado de ventas.

- El Real Decreto-ley 29/2021 aborda el fomento de la movilidad eléctrica mediante el despliegue de la infraestructura de recarga a través de las siguientes medidas:
 - Facilitar los requisitos para la instalación de puntos de recarga en zonas de protección de las carreteras.
 - Fijar obligaciones para las concesiones de estaciones de servicio en redes estatales de carreteras.
 - Fijar dotaciones mínimas en aparcamientos existentes adscritos a edificios de uso distintos al residencial privado o en estacionamientos existentes no adscritos a edificios.
- En marzo de 2022 se aprobó el Real Decreto 184/2022, por el que se regula la actividad de prestación de servicios de recarga energética de vehículos eléctricos, definiendo los derechos y obligaciones de los agentes que participan en la actividad. El decreto define las dos figuras jurídicas que pueden participar en la actividad de recarga: el Operador del Punto de Recarga, titular de los derechos de explotación de las estaciones de recarga y responsable de su operación, y la Empresa Proveedora de Servicios para la Movilidad Eléctrica, un intermediario entre los operadores y los usuarios de vehículos eléctricos, que puede prestar servicios de valor añadido a dichos usuarios. Entre los objetivos de esta medida se encuentra el incrementar el número de puntos de recarga eléctrica de acceso público.
- El Real Decreto 450/2022, que modifica el Código Técnico de la Edificación y define una nueva sección del Documento Básico de Ahorro de Energía. Establece la dotación mínima de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos con la que deben contar los edificios nuevos y las intervenciones en edificios existentes de determinada entidad.

La Instrucción técnica complementaria (ITC) BT-52 del Reglamento electrotécnico para baja tensión establece los requisitos técnicos de las infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos, así como las dotaciones en estacionamientos de nueva construcción o sujetos a reformas importantes, no adscritos a edificios, y en vías públicas.

Asimismo, cabe señalar la creación del Grupo de Gobernanza para el seguimiento del despliegue de Infraestructura del Vehículo Eléctrico (GTIRVE), que preside la Secretaría de Estado de Energía, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), y que representa un marco de encuentro entre el sector de la movilidad eléctrica y las Administraciones a sus distintos niveles (AGE, CCAA y Gobiernos Municipales), para impulsar el desarrollo e implantación de la infraestructura de recarga de vehículo eléctrico en nuestro país.

Además, hay que tener en cuenta la reciente aprobación del nuevo Reglamento sobre la infraestructura para combustibles alternativos, que sustituye a la Directiva 2014/94/UE, en el que se recoge la necesidad de un mayor impulso para su implantación de acuerdo con los últimos documentos estratégicos como la Ley Europea del Clima y la Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente de la Comisión Europea.

En el ámbito de la electrificación del transporte de mercancías de larga distancia, algunos países como Suecia o Alemania están estudiando o impulsando la instalación de un sistema de **catenarias** en tramos concretos de su red de carreteras con alta intensidad de circulación de vehículos pesados.

En cuanto al ferrocarril, en la actualidad, la **electrificación de las líneas ferroviarias** se lleva a cabo principalmente para mejorar el desempeño ambiental (donde las emisiones de GEI juegan un papel esencial) tal y como se ha mencionado en la Estrategia Indicativa del desarrollo, mantenimiento y renovación de la

infraestructura ferroviaria elaborada por el MITMA y como ha remarcado Adif en su apuesta por la electrificación de líneas recogido en su Plan Director de Lucha contra el Cambio Climático 2018 – 2030⁷⁹. No obstante, hay otra serie de medidas que conviene resaltar entre las que destaca el Plan de Desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica para el período 2021 – 2026 de Red Eléctrica Española, en el que se incluyen las actuaciones necesarias para la alimentación desde la red de transporte a las subestaciones de tracción de nuevos ejes ferroviarios.

También hay que destacar el uso de las **baterías en el ferrocarril**. La empresa pública alemana DB va a instalar electrificaciones parciales por primera vez en 2023, creando "islas de catenaria" permitiendo a los trenes de baterías eléctricas realizar una recarga parcial de las baterías durante el propio recorrido, cuya longitud variará entre unos cientos de metros y varios kilómetros. Gracias a esta actuación se prevé la eliminación de los trenes propulsados por diésel.

Los proyectos de **aviones eléctricos podrían** suponer un importante avance en la descarbonización del sector, pero existen algunas barreras que deberán ser abordadas como la densidad de las baterías, la eficiencia de los sistemas eléctricos y la integración en los sistemas de navegación para que la fiabilidad no se vea comprometida.

En los últimos años se están desarrollando nuevos modelos de aviones electrificados o híbridos, tanto en la aviación general como en las aeronaves recreativas. Según datos de Roland Beguer, actualmente hay unos 215 proyectos de aviones de propulsión eléctrica; la mayoría son totalmente eléctricos con baterías como única fuente de energía, aunque para los grandes aviones comerciales están experimentando principalmente con propulsión híbrida turboeléctrica con combustibles tradicionales a base de hidrocarburos para mayor alcance y potencia de salida. En cualquier caso, según Plataforma de Aeronaves Eléctricas e Híbridas para la Innovación (E-HAPI) de la OACI, la mayoría de estos proyectos entrarán en servicio entre 2030 y 2040.

Al respecto de las infraestructuras portuarias, el *Onshore Power Supply* (OPS), consiste en la conexión a la red general eléctrica de los buques atracados en el puerto. Esto permite apagar sus motores auxiliares y reducir así la quema de combustible, que de otra manera tendrían que utilizar para generar la energía requerida para satisfacer sus distintas necesidades de a bordo. Sin embargo, de acuerdo a la Agencia Europea del Medio Ambiente, en general estas conexiones son de baja tensión ya que el número de buques con conexión de alta tensión es bastante reducido⁸⁰

En este sentido cabe mencionar el Proyecto OPS MASTERPLAN, cofinanciado por la Unión Europea y en el que participaron las Autoridades Portuarias de Tenerife, Las Palmas y Baleares. Las instalaciones piloto se ubicaron en los puertos de Tenerife (en Santa Cruz de La Palma, San Sebastián de la Gomera y Santa Cruz de Tenerife) en San Sebastián de la Gomera y con FRED OLSEN en Santa Cruz de Tenerife. En las Palmas, 16 tomas permiten sustituir los generadores diésel para alimentar los buques y equipos de reparación a bordo, eliminando con ellos ruidos y contaminación (esto último con gran incidencia en la descarbonización) en la ciudad de Las Palmas. Finalmente, en Palma de Mallorca, dos tomas eléctricas -una de ellas en alta tensión- permitirá a los ferris utilizar el atraque en horas nocturnas sin generar molestias a la población vecina.

Otras fuentes de energías alternativas

Biocarburantes

El uso de **biocarburantes** también va a ser determinante en la descarbonización del transporte. De hecho, la Agencia Internacional de la Energía estima que en 2026 el consumo mundial de biocombustibles se incrementará un 26 % en Europa, pero es importante tener en cuenta el origen de estos biocombustibles.

⁷⁹ <https://www.adif.es/-/cambio-climatico>

⁸⁰ European Maritime Transport Environmental Report 2021. Agencia Europea del Medio Ambiente. <https://www.eea.europa.eu/publications/maritime-transport/>

Las Directivas RED y RED II⁸¹ impulsaron en gran medida el uso de los biocombustibles y el resultado fue que se consumió biocombustible principalmente procedente de cultivos. Por ejemplo, en España en 2019 las ventas de biodiesel y bioetanol fueron cinco veces superiores a las de hidrobiodiésel (HVO)⁸² (ver figura 20). El problema de los biocombustibles basados en cultivos es que han generado una gran demanda de tierras agrícolas, lo que se ha traducido en una pérdida de biodiversidad y de parcelas dedicadas a la alimentación. Además, también han producido un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la deforestación, ya que estas emisiones debidas al cambio de uso de la tierra no se tienen en cuenta en la política de biocombustibles y, en ocasiones, pueden llegar a ser superiores a las del combustible fósil que reemplazan⁸³.

Figura 20 Tipos de biocombustibles



Fuente: Elaboración propia

La Unión Europea ha sido consciente de este problema y estableció unos límites en el consumo de biocombustibles basados en cultivos y, además, eliminó el apoyo al único biocombustible considerado de alto riesgo, el aceite de palma. Otro paso más que algunas organizaciones reclaman es la consideración de la soja también como biocombustible de alto riesgo.

También hay que tener en cuenta las emisiones del ciclo de vida de los biocombustibles, es decir, las emisiones que genera la materia prima desde el lugar de su producción hasta el proveedor de combustible que los introduzca en el mercado. En España en 2020 y según los datos de la Comisión Nacional de la Competencia, el origen de la materia prima del 82,75 % del biodiesel certificable era de fuera de la UE-27 y únicamente el 10,72 % procedía de España; en el caso del bioetanol certificable, solo el 27,98 % procedía de fuera de la UE-27; y para el HVO, el 90,78 % de la materia prima utilizada procedía de fuera de la UE-27. En cuanto a la fabricación del biocombustible, es muy destacable que el 100 % del HVO certificable se fabrica en España, en el caso del etanol el 96,49 % y en el biodiesel únicamente el 50,93 %.

El PNIEC 2021-2030 vigente incluyó entre sus medidas fomentar la introducción del uso de biocombustibles en los diversos subsectores del transporte. En la siguiente tabla se muestra el consumo previsto según el citado plan en los años 2025 y 2030.

⁸¹ Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE (RED) y Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovable (RED II).

⁸² Comisión Nacional de la Competencia.

⁸³ The land use change impact of biofuels consumed in the EU Quantification of area and greenhouse gas impacts. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Final%20Report_GLOBIOM_publication.pdf

Tabla 3 Previsión del consumo de biocombustibles en los sectores del transporte.

Biocombustible (ktep)	2025	2030
Carretera	2.246,9	1.955,8
Ferrocarril	0,0	0,0
Aviación nacional	23,9	24,1
Aviación internacional	126,7	127,7
Navegación	3,5	3,5

Fuente: PNIEC 2021-2030

Por su parte, mediante el **Real Decreto 376/2022**⁸⁴ se ha implementado la acreditación de la verificación de la sostenibilidad y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocarburantes, biolíquidos y biogás a efectos de los objetivos de venta y consumo de con fines de transporte y se aprueban los objetivos vinculantes en biocombustibles avanzados y concretamente se establecen objetivos obligatorios de biocarburantes en el transporte.

Tabla 4 Objetivos obligatorios mínimos de biocarburantes en el transporte

	2023	2024	2025	2026
Objetivos vinculantes	10,5 %	11 %	11,5 %	12 %

Fuente: Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocarburantes, biolíquidos y combustibles de biomasa, así como el sistema de garantías de origen de los gases renovables

En cuanto al modo aéreo, es importante destacar que la Estrategia de Sostenibilidad de Aena incluye un objetivo de previsión de biocombustibles distribuidos en su red que alcanzará el 4,6 % en 2030.

También hay que destacar el Memorándum de entendimiento sobre combustibles sostenibles en el sector de la aviación⁸⁵, establecido con Francia durante la XXVI Cumbre Hispanofrancesa de marzo de 2021, para facilitar el impulso de iniciativas y consorcios industriales para el abastecimiento de combustibles sostenibles.

En el transporte marítimo, el uso de los biocombustibles es bastante residual, aunque en junio de 2022 la OMI estableció que las mezclas que contienen hasta un 30 % de biocombustible se tratarán de la misma manera que los aceites de combustibles fósiles, es decir, que no se requiere una evaluación de emisiones de NOx y no hay necesidad de solicitar una exención del Estado del pabellón. Este hecho puede suponer un impulso al uso de los biocombustibles, pero también un incremento en las emisiones de NOx.

Hidrógeno

Otro combustible que puede suponer un avance importante en la descarbonización del transporte es el hidrógeno, siempre que se genere a partir de electricidad renovable (lo que se ha denominado hidrógeno verde, en contraposición con el hidrógeno gris –producido a partir de gas natural u otros hidrocarburos– y el hidrógeno azul –obtenido obtenido de forma similar al hidrógeno gris, pero al que se le aplican técnicas de captura, uso y almacenamiento de carbono, lo que permite reducir hasta en un 95 % las emisiones de CO₂ generadas durante el proceso–).

⁸⁴ Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocarburantes, biolíquidos y combustibles de biomasa, así como el sistema de garantías de origen de los gases renovables.

⁸⁵ https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/transicion-ecologica/Paginas/2021/150321-transicion_energia.aspx

La Unión Europea, en su comunicación *Una estrategia del hidrógeno para una Europa climáticamente neutra*⁸⁶ en 2020 ya señaló al **hidrógeno como una de las herramientas clave para la descarbonización** de la economía y del transporte.

En mayo de 2022 la Unión Europea publicó el plan REPower EU para ampliar el despliegue del hidrógeno renovable ya que, por ejemplo, en España, según datos de la Hoja de Ruta del Hidrógeno, se consumen 500.000 t/año, mayoritariamente hidrógeno gris, utilizado como materia prima principalmente en refinerías (en torno al 70 %) y en fabricantes de productos químicos (25 %) y, tal y como se menciona en el apartado 3 de este documento, el consumo de hidrógeno en el transporte es residual.

El uso del **camión propulsado por hidrógeno** podría contribuir también a la descarbonización del transporte por carretera, ya que a día de hoy el peso de las baterías eléctricas en estos vehículos limita la capacidad de carga, mientras que el hidrógeno no pesa tanto y tiene una autonomía y tiempos de carga más similares a los camiones convencionales. Actualmente se están desarrollando dos tipologías de camiones impulsados por hidrógeno: por un lado, los que tienen una celda de combustible que utiliza el hidrógeno para generar electricidad y, por otro, los que usan el hidrógeno como carburante para el motor.

En el sector ferroviario ya existen diversas iniciativas para el desarrollo de una nueva generación de vehículos con esta tracción, como el proyecto FCH2RAIL⁸⁷ -donde participan CAF, Adif, Renfe y el Centro Nacional del Hidrógeno-, que desarrollará una nueva modalidad de tren híbrido eléctrico-hidrógeno partiendo de una unidad 463 perteneciente a Renfe.

En el ámbito de la aviación, para promover el uso del hidrógeno verde e impulsar la descarbonización del sector aéreo se firmó a principios de 2023 la iniciativa "Alianza para la promoción del uso del hidrógeno verde en la Aviación"⁸⁸ de la que forman parte tanto entidades de carácter público como privado.

Además, hay que mencionar que el desarrollo del Plan de Recuperación y Transformación y Resiliencia (PRTR) incluye fondos para el despliegue de acciones relacionadas con el hidrógeno (Componente 9), con un presupuesto convocado en 2021 de 400 millones de euros.

En cuanto al transporte marítimo, el hidrógeno como combustible alternativo puede utilizarse a bordo de los buques utilizando dos tecnologías distintas de conversión de energía: pilas de combustible o en motores de combustión interna. Sin embargo, todavía son necesarios más estudios en cuanto a la tecnología o su transporte.

Sin duda, el incremento en el consumo de hidrógeno plantea numerosos retos como el exceso de consumo de energía, que será necesario generar y que deberá ser de origen renovable, el almacenamiento del hidrógeno, el coste tanto del hidrógeno como de la tecnología necesaria para mejorar por ejemplo la velocidad de los vehículos por carretera o de los aviones y barcos, y la necesidad de una infraestructura de recarga en las carreteras y también en los puertos, que incluso podría contribuir a surtir a los vehículos pesados.

Gas natural y Gas licuado del petróleo

El gas natural licuado (GNL) es un combustible fósil (gas natural en estado líquido) que, en general, puede producir ligeramente menos emisiones de gases de efecto invernadero que otros combustibles fósiles, y que emite menos contaminantes atmosféricos que pueden afectar a la salud humana, como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx), los hidrocarburos (HC) y las partículas. Tanto el gas natural como el gas licuado del petróleo (GLP), que se menciona más adelante, se consideran englobados en los combustibles fósiles de transición, según el nuevo Reglamento para el despliegue de infraestructuras para combustibles alternativos.

⁸⁶ Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Una estrategia del hidrógeno para una Europa climáticamente neutra. COM (2020) 301 final.

⁸⁷ <https://cordis.europa.eu/project/id/101006633/>

⁸⁸ <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/noticias/aesa-se-suma-la-alianza-por-el-hidr%C3%B3geno-verde-en-la-aviaci%C3%B3n>

En el transporte por carretera, especialmente en vehículos pesados, es una alternativa al uso de otros combustibles fósiles aún más contaminantes en aquellas situaciones en las que las tecnologías de cero emisiones no están disponibles o no son capaces de proporcionar las prestaciones necesarias.

En el transporte marítimo, el GNL se lleva usando desde hace más de 40 años como alternativa a los combustibles fósiles, y si bien contribuye de manera notable a la mejora de la calidad del aire en los entornos portuarios, las emisiones de metano que genera la combustión del gas contribuyen igualmente al cambio climático.

El **biogás** es un combustible que puede contribuir a lograr la descarbonización del transporte. Se obtiene a partir de la digestión anaeróbica de residuos animales y vegetales (biomasa) y, una vez capturado, puede ser usado como combustible y/o electricidad. Aunque en determinado tipo de vehículos, como los agrícolas, se puede utilizar directamente, en general, es necesario la depuración del biogás a **biometano**. Según la Directiva (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, el biogás se considera una energía renovable.

La **hoja de ruta del biogás** establece numerosas medidas para impulsar su uso y para el transporte señala concretamente la promoción del uso del biogás o el biometano en las flotas de servicios municipales y en los medios empleados para la producción y transporte del biogás, como los autobuses o los camiones de recogida de residuos, así como para la tracción de los servicios ferroviarios de mercancías en aquellas líneas aún sin electrificar. Además, también señala que se facilitará la instalación de puntos de repostaje en las plantas de producción de las instalaciones de tratamiento de residuos y las EDAR, que incluyan aprovechamientos de biogás.

El GLP, o **gas licuado de petróleo**, es una mezcla de propano y de butano. En España el GLP de automoción para vehículos turismo tiene normalmente una composición volumétrica de 30 % de propano y 70 % de butano, mientras que el GLP para vehículos monocombustible, tiene 70 % de propano y 30 % de butano.

En general, la mayor parte de los vehículos que utilizan este combustible (que presenta menos emisiones NOx, CO, HC y partículas que la gasolina y el gasóleo) son vehículos de transporte de viajeros (taxis y autobuses urbanos).

Renovación de los medios de transporte

La **renovación del parque de vehículos** es clave para poder profundizar en la descarbonización del transporte. Dentro de las acciones enmarcadas en la renovación de los parques de vehículos, tanto de las administraciones como de las empresas, es necesario resaltar que de cara a la descarbonización del transporte también es importante atender al **ciclo de vida de los vehículos**, entendiéndose como tal desde la obtención de las materias primas para su fabricación hasta su achataamiento y desguace. Algunos ejemplos en este sentido se detallan a continuación:

- En enero de 2022, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico también abrió la convocatoria del Programa de ayudas a proyectos de electrificación de flotas de vehículos ligeros, **MOVES Flotas**. El Programa cuenta con una cuantía inicial de 50 millones de euros y está dirigido a la selección y concesión de ayudas para promover la electrificación de estas flotas en el territorio nacional, con especial incidencia en proyectos con presencia en más de una comunidad autónoma. Pueden concurrir todo tipo de empresas, con independencia de su tamaño, así como el sector público institucional, siempre que se solicite el incentivo para adquirir al menos 25 vehículos ligeros electrificados (ciclomotores, motos, cuadríciclos, turismos o furgonetas).

- Para los usuarios particulares, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico abrió en abril de 2021 la convocatoria para la ejecución de programas de incentivos ligados a la movilidad eléctrica (**MOVES III**) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, dotado con 400 millones de euros. Este presupuesto se dirige a incentivar la movilidad eléctrica y particularmente, la compra de vehículos eléctricos y el despliegue de infraestructura de recarga para estos vehículos.
- Se financiarán con cargo al **Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (MRR)** la adquisición, por parte de 44 municipios y por un importe de 141 millones de euros, de hasta 650 autobuses urbanos de cero emisiones y más de 45 vehículos eléctricos para la recogida de basuras. Así, en total, se han otorgado 195 millones para la renovación de flotas, con la inclusión de la instalación de puntos de recarga eléctricos para dichos vehículos pesados.
- Las ayudas para la transformación de flotas de transporte de viajeros y mercancías de empresas privadas prestadoras de servicios de transporte por carretera, así como de empresas que realicen transporte privado complementario se enmarcan el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia a través del Real Decreto 983/2021, de 16 de noviembre.
- El Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) del Vehículo Eléctrico y Conectado⁸⁹, aprobado por el Consejo de Ministros en julio de 2021, tiene como objetivo crear el ecosistema necesario para el desarrollo y fabricación de vehículos eléctricos y conectados a la red. En total, está previsto que se dediquen unos 3.000 millones de euros que comprende la dotación de la segunda convocatoria (baterías más proyectos específicos) y la adenda de los fondos europeos que ha aprobado recientemente el Consejo de Ministros.

Otros ejemplos que hay que destacar son:

- La compañía pública **Correos** en su objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir su huella de carbono está incorporando progresivamente vehículos sostenibles a su flota, especialmente los eléctricos. La reducción de estas emisiones por parte del grupo se sitúa en el 33 % y su reto es continuar en esa senda y minimizar los impactos negativos de su actividad en el medio ambiente.
- Aena, en su Estrategia de Sostenibilidad Ambiental, estableció como objetivo que toda su flota de vehículos y furgonetas para 2026 fuera eléctrica y y alcanzar un 78 % de vehículos de *ground handling* sostenibles en 2030.

En cuanto al **transporte ferroviario**, Renfe está invirtiendo cerca de 4.000 M€ en la compra de nuevos trenes para renovación integral de la flota destinada a Cercanías y Media Distancia. Los trenes nuevos para Cercanías serán adaptables a cambios de ocupación, accesibles (con zonas para bicicletas), inteligentes configurables para evolucionar a conceptos de futuro para una movilidad urbana más integrada y conectada, y en media distancia los trenes serán eléctricos o híbridos con un coche generador para la tracción en vías no electrificadas.

El Programa de Apoyo al Transporte Sostenible y Digital (PATSYD) forma parte del Componente 6 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), y persigue mejorar la eficiencia del sistema de transporte mediante la digitalización del sector y el apoyo a los modos más sostenibles. Este programa cuenta con una dotación presupuestaria de 800 millones de euros de los fondos europeos de recuperación Next Generation EU, que se articulan en tres instrumentos de ayuda:

- Ayudas en competencia competitiva, dirigidas a empresas privadas y entidades públicas empresariales que desarrollen una actividad económica en el sector del transporte.

⁸⁹ <https://planderecuperacion.gob.es/como-acceder-a-los-fondos/perter/perte-del-vehiculo-electrico-y-conectado>

- Ayudas en concurrencia simple, basadas en eco-incentivos a la oferta y la demanda enfocados al ahorro de costes externos generados por el transporte ferroviario y marítimo con respecto al transporte por carretera, y dirigidos a empresas privadas y entidades públicas empresariales.
- Transferencia a las comunidades autónomas, para cofinanciar proyectos de digitalización de los servicios de transporte de viajeros y mercancías en el ámbito autonómico y local.

En el sector del **transporte aéreo**, el PERTE Aeroespacial⁹⁰ prevé movilizar cerca de 4.533 millones de euros entre 2021 y 2025, con una contribución del sector público de alrededor de 2.193 millones de euros y una inversión privada de cerca de 2.340 millones. Las actuaciones en donde se prevé tendrán como objetivo capacitar a la industria en tecnologías y sistemas de cero emisiones, y para ello se trabajará en las siguientes líneas de actuación:

- Línea de actuación 1: desarrollo del futuro avión de cero emisiones.
- Línea de actuación 4: medidas facilitadoras para la modernización de los sistemas de control del tráfico aéreo.
- Línea de actuación 5: la descarbonización del transporte aéreo mediante el despliegue de los combustibles sostenibles en la aviación.

Para el transporte marítimo, el Real Decreto 1071/2021 por el que se regula la concesión de ayudas al sector de construcción naval en materia de investigación y desarrollo e innovación, establece el marco comunitario de ayudas estatales a la innovación para la construcción, la reparación o la transformación navales, siempre que se refieran a productos y procesos innovadores con mejoras ambientales relacionadas con la calidad y el rendimiento, y la optimización del consumo de combustible y las emisiones de los motores.

Además, también hay que destacar el **PERTE para la industria naval**⁹¹, que prevé una inversión de 1.460 M€ (con una contribución pública de 310 M€) con dos líneas de inversiones: una para la modernización y la diversificación del sector y otra dedicada a las tecnologías de aplicación en el ámbito naval. En su primera convocatoria incluye una Misión para reforzar capacidades tecnológicas para la autonomía energética segura y sostenible, con actuaciones para el desarrollo y uso de hidrógeno verde o fuentes renovables, incluyendo el biogás y los biocombustibles avanzados con huella de carbono cero, en estado puro o por medio de vectores alternativos.

Sistemas inteligentes de transporte

Los **sistemas inteligentes de transporte** se configuran como herramientas que permiten un uso más eficiente de las redes de transporte existentes, de forma que se produzcan menos desplazamientos y los que se lleven a cabo se realicen de manera más eficiente, reduciendo la huella de carbono del transporte. Estos Sistemas de Transporte Inteligente están relacionados en el ámbito de las ciudades con el concepto de smart city, que tiene el objetivo de lograr ciudades más eficientes y sostenibles ya que los nuevos avances tecnológicos posibilitan un entorno cooperativo en el cual los usuarios, los sistemas de transporte, las infraestructuras y otros agentes externos están conectados y de esta forma se mejorará la calidad de vida de las ciudades.

La utilización de los sistemas inteligentes de transporte permite afrontar el crecimiento de la demanda de movilidad y a la vez ofrecer un servicio innovador y, por consiguiente, mejoras en la gestión del transporte y las infraestructuras.

⁹⁰ PERTE Aeroespacial | Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España.

⁹¹ PERTE para la industria naval | Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España.

La Unión Europea aprobó hace ya más de una década la Directiva 2010/10/UE en la que se establecía un marco de implantación de los sistemas inteligentes de transporte en el sector del transporte por carretera y para las interfaces con otros modos de transporte. La revisión de esta directiva se encuentra actualmente en proceso de aprobación formal⁹². Durante estos años de aplicación de la directiva, se ha analizado en tres ocasiones el resultado obtenido, siendo el último informe de progreso el del año 2020⁹³. En este informe se analizan los proyectos e iniciativas en cuatro áreas: la utilización óptima de los datos sobre la red viaria, el tráfico y los desplazamientos; la continuidad de los servicios ITS para la gestión del tráfico y del transporte de mercancías; las aplicaciones ITS para la seguridad y la protección del transporte por carretera; y la conexión del vehículo a las infraestructuras de transporte. Dentro de la primera de las áreas, cabe destacar las siguientes iniciativas:

- El desarrollo del Modelo Nacional de Transportes en 2019. Esta herramienta se basa en un modelo para pasajeros y carga, que permitirá identificar cuellos de botella y conexiones necesarias, la selección de actuaciones, el análisis prospectivo del tráfico y la recopilación de datos necesarios para el análisis coste-beneficio.
- En septiembre de 2022 se presentó el *dōcō*, el proyecto "Renfe as a service" que consiste en una plataforma de Movilidad que ofrece un servicio intermodal puerta a puerta. El objetivo de este proyecto es integrar el ferrocarril (larga distancia, media distancia y cercanías), y múltiples modos de transporte público y privado, como taxis, PTV, coche compartido, bicicleta compartida, patinetes alquilados, autobús, metro, servicio de aparcamiento para vehículos privados, *park and ride*, etc.
- El centro de gestión del transporte público del Consorcio Regional de Transportes de Madrid (CITRAM) monitoriza en tiempo real el sistema de transporte público de la Comunidad de Madrid. Se puso en marcha en agosto de 2013 y monitoriza el sistema de transporte público de toda la región en tiempo real. En este proyecto participan 179 municipios de la Comunidad de Madrid y más de 40 empresas colaboran para mejorar la coordinación y apoyar la toma de decisiones en la gestión del transporte público.

También hay que destacar el Proyecto TESC (Tarjeta Española Sin Contacto), que constituye una herramienta para fomentar la interoperabilidad en la movilidad y muy especialmente en el transporte público. Este sistema permite el registro de los usuarios al utilizar los servicios de diferentes operadores, de manera que es posible una posterior gestión de la información donde se resuelvan las necesarias compensaciones económicas.

En el marco del PRTR, cabe señalar el **Programa de apoyo al transporte sostenible y digital**, ya que subvenciona medidas para mejorar la eficiencia del sistema de transporte mediante la digitalización e introducción de nuevas tecnologías en el sector, fomentando la interoperabilidad en el transporte ferroviario de mercancías mediante la incorporación del sistema ERTMS a bordo de las locomotoras, y la digitalización del transporte, a través de ayudas a las empresas ferroviarias y los propietarios o explotadores de terminales de carga.

En el ámbito de las tecnologías, cabe destacar la importancia de los **sistemas europeos de navegación por satélite Galileo y EGNOS**, por sus relevantes aplicaciones en el ámbito del transporte y la movilidad, muchas de ellas ligadas a la seguridad pero también a la eficiencia de las operaciones. Algunas de sus aplicaciones permiten la gestión/explotación eficiente de flotas y servicios de todo tipo: mercancías, transporte público, movilidad compartida, apps VTC y taxis, etc.; la optimización de la logística; o la optimización de rutas y operaciones en el transporte aéreo.

⁹² <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/06/08/council-and-parliament-strike-a-deal-on-the-roll-out-of-intelligent-transport-systems/>

⁹³ https://transport.ec.europa.eu/system/files/2021-06/2021_es_its_progres_report_2020.pdf

En el modo aéreo, otra de las iniciativas relacionadas con los sistemas inteligentes de transporte es **SESAR**, que desarrolla el futuro sistema común del tráfico aéreo permitirá la implantación de una red ATM (Air Traffic Management) europea de altas prestaciones, lo que redundará en una mejor coordinación a nivel operativo gracias a una gestión común y que favorecerá el desempeño ambiental de la aviación, donde entre otros aspectos, la descarbonización tiene una contribución relevante.

En este sentido, es importante destacar la importancia de medidas operacionales, como la optimización de la carga de combustible, la rodadura con un solo motor, las operaciones de aproximación en descenso continuo o el mecanismo (Airport collaborative decision-making), y las medidas de procedimiento de navegación aérea, como la navegación basada en prestaciones (PBN) y el uso flexible del espacio (FUA – Flexible Use of Space), también van a resultar de gran ayuda a la hora de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la aviación.

Finalmente, y también en el modo aéreo, el sistema **Normarc GBAS** permite el aterrizaje mediante tecnología satelital, permitiendo a los aeropuertos incrementar su capacidad ya que posibilita que las aeronaves vuelen más alto en la aproximación, realizando descensos más pronunciados y rápidos que reducen las molestias generadas a la población y reduciendo el tiempo de vuelo, el combustible y las emisiones de CO₂.

5 OPORTUNIDADES Y RETOS PARA LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE

El informe "Cambio climático 2022: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático", en el que se analizan los impactos futuros y los riesgos resultantes y se ofrecen opciones para fortalecer la resiliencia de la naturaleza y la sociedad al cambio climático, incluye entre sus principales conclusiones que **todavía existe mucho margen de acción para influir en el curso del clima** y, concretamente, **en el transporte es necesario realizar cambios que permitan alcanzar los objetivos planteados**, especialmente por ser junto con el de la energía los sectores que más emisiones generan.

Asimismo, tanto los instrumentos europeos como nacionales -**Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050** y el **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2023-2030 (PNIEC)**, cuyo borrador de actualización se ha sometido a consulta pública recientemente, ponen de manifiesto la importancia de la contribución del transporte en la consecución de los objetivos en materia de energía y clima.

En este sentido, en este informe monográfico se ha analizado la contribución del transporte en la generación de gases de efecto invernadero y de consumo de energía, y se han revisado los **pasos y progresos realizados** dirigidos a reducir la dependencia del transporte en los combustibles fósiles y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas. Asimismo, se han recogido las principales **líneas de acción** para alcanzar los ambiciosos objetivos europeos y nacionales de 2030 y 2050 en lo relativo a la actividad del transporte.

La consecución de estos objetivos de reducción de GEI no está exenta de **desafíos** en el corto y medio plazo. La superación de estos retos requiere sin duda de la **investigación, el desarrollo y la innovación** en distintas tecnologías y soluciones, no sólo en el ámbito del transporte sino también en otros sectores de los que depende la descarbonización de esta actividad. Asimismo, en este proceso es necesario también tener en cuenta el **conjunto de externalidades positivas y negativas** que acompañan a cada tecnología o solución y su grado respectivo de madurez.

Un sistema de transporte eficiente es una herramienta que no sólo aumenta la competitividad del sector y de la economía sino que contribuye de forma destacada a la descarbonización, ya que permite que muchas actividades de transporte se realicen empleando modos y medios con menor consumo de energía, aumentando la ocupación o el aprovechamiento de los vehículos, disminuyendo las congestiones y tiempos de espera, ofreciendo varias alternativas al vehículo privado y facilitando la movilidad activa en el caso de la movilidad de viajeros, mejorando la fiabilidad en el transporte al tener parámetros de seguridad y puntualidad más elevados, etc. Por este motivo, **un sistema multimodal e intermodal, tanto de mercancías como de pasajeros, que esté interconectado y sea eficiente es fundamental**.

La política de **desarrollo de infraestructuras de transporte** ha permitido a España dar un salto cuantitativo y cualitativo sin precedentes, situando al país entre los que tienen mejores infraestructuras de transporte de Europa y del mundo. Así, en el ámbito nacional, y también en el europeo, las redes de transportes y los servicios de transporte son generalmente capaces de satisfacer la demanda, sin perjuicio de situaciones puntuales que revelen algunos eslabones críticos de las cadenas de transporte sobre los que es preciso actuar. Es por ello que, en la situación actual y en lo relativo a la mejora de la eficiencia del sistema de transporte, los desafíos se sitúan sobre todo en su **adaptación tecnológica y digitalización**, en la **optimización de su aprovechamiento**, y en la **mejor provisión de soluciones de transporte y movilidad**.

En el caso de viajeros, cobra especial relevancia el **transporte público colectivo**, que sea moderno, eficiente, digitalizado, y competitivo, y en el que el desarrollo de la intermodalidad y la integración de diferentes modos de transporte faciliten la conexión entre el transporte público, la movilidad activa y otros medios de transporte, con infraestructuras y servicios que permitan un tránsito fluido y cómodo entre ellos. Y que, además, este transporte público colectivo sea sostenible desde el punto de vista medioambiental, económico y social. Ello,

junto con otras medidas y líneas de acción, debe permitir aumentar todavía más el **protagonismo del transporte público colectivo** en los próximos años, especialmente en nuestras ciudades.

Actualmente el transporte público colectivo y la movilidad activa tienen una gran presencia en las ciudades españolas. Cada ciudadano realiza de media entre 2 y 3 viajes al día, y en la mayoría de las áreas metropolitanas, más de la mitad de los desplazamientos se resuelven mediante movilidad activa (a pie, o en bicicleta) o en transporte público colectivo, según datos del Observatorio de la Movilidad Metropolitana. En los últimos meses y tras las importantes medidas de impulso del transporte público colectivo implementadas desde septiembre de 2022, **el uso del transporte público colectivo finalmente ha recuperado los valores anteriores a la pandemia**, según los datos proporcionados por la Estadística de Transporte de Viajeros del INE.

Las características del transporte público colectivo lo convierten en una pieza clave porque, potencialmente, permite la reducción del uso del vehículo particular en los desplazamientos. Además, es un tipo de transporte en el que se está avanzando mucho en la renovación de flotas mediante la introducción de **autobuses de cero emisiones**, que ya son una realidad en numerosas ciudades del país, y esta tendencia está percolando y extendiéndose cada vez más al resto de la red. Asimismo, en los próximos años es previsible que se avance todavía más en las restricciones al uso del vehículo particular en las ciudades, mientras que el transporte público colectivo podrá continuar atravesando los núcleos urbanos y permitiendo a los ciudadanos acceder a los servicios de todo tipo que ofrecen las metrópolis y, como beneficio complementario, aportará la capacidad de facilitar un uso más sostenible de los espacios públicos.

La movilidad activa -100 % libre de emisiones- presenta cada vez cifras más elevadas y numerosos casos de éxito en las medidas adoptadas en España y en muy diversas partes de Europa y del mundo. En el caso de España, se han identificado en este informe diferentes **actuaciones concretas de peatonalización y otras destinadas a la creación de carriles bici** y muchas otras medidas que apuestan por este tipo de movilidad que, en línea con lo comentado sobre un sistema de transporte eficientemente interconectado, tiene en el transporte público su mejor aliado.

Además, la movilidad activa no solo representa uno de los instrumentos que ayudan a descarbonizar la **movilidad urbana, sino que tiene otros beneficios** entre los que se encuentra su aportación a la mejora de la salud, o de forma destacada para el territorio, su contribución a descongestionar las ciudades. En este sentido, **la planificación urbana es fundamental para que el fomento de la movilidad activa, las ciudades de los 15 minutos, los esquemas basados en DOTS, los PMUS y sus ZBE puedan ser los aliados de una movilidad urbana libre de emisiones.**

En el caso del transporte de mercancías, la mejora de la eficiencia requiere disponer de nodos de transporte y terminales logísticas que posibiliten los intercambios y actividades asociados al transporte en condiciones óptimas, y avanzar en la digitalización de las cadenas de suministros, en la optimización de rutas, en la gestión de los retornos en vacío, en la consolidación de cargas, y en la óptima gestión de la última milla y de la distribución urbana de mercancías, entre otras cuestiones. En el transporte de mercancías de larga distancia, la mejora de la multimodalidad y la intermodalidad, y en particular el desarrollo de las autopistas ferroviarias y la mayor utilización de las autopistas del mar también pueden permitir mejorar la eficiencia del sistema. **Esto adquiere una gran importancia además por la posición de España como nodo internacional de transporte.**

Asimismo, estos instrumentos de mejora identificadas dentro del ejercicio de la actividad del transporte y la movilidad han de ir acompañados de **la innovación en los medios de transporte de cero emisiones** -en los que todavía hay retos en los camiones pesados de larga distancia y autobuses de media y larga distancia, y especialmente en los buques y la aviación comercial-, de un **despliegue de la infraestructura necesaria de recarga eléctrica y de repostaje de combustibles alternativos**, de la **adaptación de la industria manufacturera** para poner los nuevos desarrollos en el mercado, y del avance en sectores que tienen un papel clave en este proceso, como son el **sector de la energía** o el de **la industria digital**.

En el caso del sector de la energía, el objetivo de **neutralidad climática de la economía a 2050** obliga a que las **energías renovables** tengan una **importante contribución en los usos finales de la energía** -usos entre los cuales se incluye el transporte-, mediante la combinación de tecnologías renovables de uso directo, combustibles renovables y la electrificación, teniendo en cuenta que se prevé que el **sistema eléctrico sea 100% renovable** para entonces. Para lograr lo anterior, las líneas de trabajo más relevantes que señala la "Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050", son: el diseño y explotación de las redes de transporte y distribución de energía que deberá hacer frente a retos como una mayor generación distribuida con niveles de intermitencia superiores a los actuales, así como la transformación del modelo tradicional de flujos de energía unidireccionales desde los centros de generación hacia un modelo de flujos multidireccionales; el autoconsumo, así como las comunidades locales de energía; y la introducción de tecnologías para una operación flexible y segura del sistema, como el almacenamiento tanto diario como semanal y estacional, la gestión de la demanda, así como las redes inteligentes que mediante la digitalización permitan mejorar los sistemas de monitorización, control y automatización.

Asimismo, en el ámbito de la energía, es preciso avanzar en la producción y el desarrollo de las tecnologías necesarias para permitir el uso en el transporte de **biocarburantes avanzados y de nuevos combustibles renovables** como el hidrógeno verde, especialmente en los modos de transporte más difíciles de abatir como el marítimo y el aéreo.

En el campo de las **tecnologías digitales**, aunque se ha avanzado, todavía existen retos en lo relativo a la digitalización de los servicios de transporte de viajeros y del transporte de mercancías y la logística, que requieren de una mayor penetración de estas soluciones especialmente en el sector del transporte por carretera.

Y, por último, no hay que olvidar que uno de los principales desafíos en la descarbonización del transporte es precisamente conseguir que los ciudadanos, las empresas y las organizaciones de todo tipo estén concienciados con la importancia de la lucha contra el cambio climático, que entiendan y compartan la necesidad de llevar a cabo cambios en el transporte para este fin, y que los tengan en consideración en sus decisiones de movilidad. Para ello, además de avanzar en los diferentes retos que se han señalado anteriormente, serán fundamentales la **sensibilización y educación para promover un cambio de actitudes y comportamientos hacia una movilidad más sostenible**, informando sobre los impactos negativos del uso excesivo del vehículo de combustión, los beneficios de la movilidad sostenible y las alternativas disponibles.

La consecución de los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte presenta, como se ha expuesto, numerosos retos, pero a la vez surgen muchas **oportunidades** que es preciso aprovechar. Estas oportunidades no están sólo ligadas a la limitación de las peores consecuencias del cambio climático, sino también a la **mejora de la calidad del aire** en nuestras ciudades -pues la concentración en el aire de contaminantes producidos por los vehículos de combustión afecta negativamente a la salud de sus habitantes-, a la generación de **nuevos desarrollos, tecnologías, capacidades industriales y nichos de negocio** para ofrecer las mejores soluciones coste-eficientes para la descarbonización en el transporte -y las oportunidades de empleo asociadas a estos-, o a la posibilidad de aumentar la **eficiencia y competitividad del transporte de mercancías y de viajeros** y, con ello, la **competitividad de la economía** en general.