



ENERGÍA Y MOVILIDAD EN ESPAÑA: PERCEPCIÓN Y DESAFÍOS



# ENERGÍA Y MOVILIDAD EN ESPAÑA: PERCEPCIÓN Y DESAFÍOS

Alberto Camarero Orive

Con la colaboración de:

Luis Teles Grilo

Álvaro Sanz Ortiz



FUNDACION CORELL

c/ Orense 36, 1º D Esc.lzq. • 28020 Madrid

Tlf: 91 866 90 10 • info@fundacioncorell.es

www.fundacioncorell.es



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID





# ENERGÍA Y MOVILIDAD EN ESPAÑA: PERCEPCIÓN Y DESAFÍOS



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

AUTOR: **Alberto Camarero Orive**. Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor Titular en Universidad Politécnica de Madrid.

COLABORACIÓN:

**Luis Teles Grilo**. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Doctorando en Universidad Politécnica de Madrid.

**Álvaro Sanz Ortiz**. Ingeniero Civil. Master en Sistemas de Ingeniería Civil.

ISBN: 978-84-09-24923-7

Depósito legal M-28525-2020



## PRÓLOGO

Estimado lector,

El trabajo que sobre “Energía y Movilidad en España” que ha elaborado un equipo de la U.P.M dirigido por D. Alberto Camarero, Profesor Titular del Departamento de Ingeniería del Transporte, Territorio y Urbanismo - Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad Politécnica de Madrid y el miembro del Think Tank Movilidad, constituye el más completo compendio del “estado del arte” de los diversos combustibles que actualmente están, en mayor ó menor medida, disponibles para su uso en la movilidad de personas y mercancías.

El profundo análisis de las ventajas y desventajas del uso de las mismas abarca no sólo aspectos técnico-económicos sino también lo concerniente a las repercusiones del uso de los mismos en materia medioambiental. Analizar también en profundidad la composición del parque de vehículos que efectúa la movilidad en España.

El Estudio conforma la base necesaria para la elaboración de cualquier herramienta que tenga como objetivo medir de una forma correcta la evolución del uso de las fuentes energéticas en el necesario proceso de “descarbonización” que debe afrontar la sociedad y muy especialmente el mundo del Transporte, en su marcha para lograr los ODS marcados en la agenda 2030.

Confianto en que ésta obra sea de una gran utilidad en el logro de dicho objetivo, el Patronato de la Fundación Corell, felicita a sus autores y les anima a proseguir en el desarrollo de investigaciones útiles y necesarias para lograr un medioambiente más limpio y una movilidad realmente sostenible .

Madrid 11 de noviembre de 2020.

**Miguel Ángel Ochoa de Chinchetru**

Think Tank Movilidad - Fundación Corell

## PRESENTACIÓN

## ÍNDICE

Capítulo I: Evolución de la movilidad interurbana en España.

Capítulo II: Desarrollo tecnológico del transporte por carretera en materia energética.

Capítulo III: Políticas sobre energía y movilidad.

Capítulo IV: Percepción y desafíos.

Bibliografía

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: Situación actual de la movilidad interurbana de viajeros y mercancías en España.

ANEXO II: Desarrollo tecnológico del transporte por carretera en materia energética.

ANEXO III: Políticas sobre energía y movilidad.

# Capítulo I: Análisis de la movilidad interurbana en España

## ÍNDICE

1. EVOLUCIÓN DE LA MOVILIDAD DE PERSONAS Y MERCANCÍAS .....	5
2. ANÁLISIS DEL PARQUE DE VEHÍCULOS.....	8
3. MATRICULACIONES .....	10
4. CONSUMO ENERGÉTICO .....	12
5. IMPACTO AMBIENTAL .....	13

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del PIB y de la movilidad interurbana de viajeros (millones de viajeros-Km) en España. Fuente: OTLE. ....	5
Figura 2. Evolución del PIB y de la movilidad interurbana de mercancías (miles de toneladas) en España. Fuente: OTLE. ....	5
Figura 3. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-Km) por modos de transporte. Fuente: OTLE. ....	6
Figura 4. Evolución del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte. Fuente: OTLE. ....	6
Figura 5. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-Km) por modos de transporte. Fuente: OTLE. ....	7
Figura 6. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por modos de transporte. Fuente: OTLE. ....	7
Figura 7. Evolución del parque automovilístico español por tipo de vehículo. Fuente: DGT. ....	8
Figura 8. Evolución del parque automovilístico español por tipo de combustible y año. Fuente: DGT. ....	9
Figura 9. Matriculaciones anuales por tipología de vehículo. Fuente: DGT. ....	10
Figura 10. Matriculaciones de turismos y todoterreno por combustible. Fuente: ANFAC. ....	10
Figura 11. Matriculaciones de turismos y todoterreno por combustible sin gasolina ni diésel. Fuente: ANFAC. ....	11
Figura 12. Consumo energético por modos de transporte en el transporte interurbano nacional en TeraJulios. Fuente: OTLE. ....	12
Figura 13. Consumo energético del transporte por carretera por combustibles en TeraJulios. Fuente: OTLE. ....	12
Figura 14. Emisiones del transporte por tipo de emisión. Fuente: OTLE. ....	14
Figura 15. Emisiones del transporte por tipo de emisión sin GEI. Fuente: OTLE. ....	14

## 1. EVOLUCIÓN DE LA MOVILIDAD DE PERSONAS Y MERCANCÍAS

El análisis de la movilidad de las personas y de las mercancías pone de manifiesto su estrecha vinculación con el desarrollo humano, económico y bienestar de los pueblos. El aumento de la movilidad de personas ha contribuido al incremento de la sociedad del bienestar, incrementando los movimientos de los ciudadanos y dando una mayor oportunidad y mejorando la equidad de los diferentes colectivos. Por lo que respecta a las mercancías, son causa y efecto del desarrollo económico y social de cualquier economía avanzada.

El análisis de la evolución de la movilidad interior de personas y mercancías y del Producto Interior Bruto en España nos muestra como la riqueza produce incrementos de la movilidad con ratios superiores.

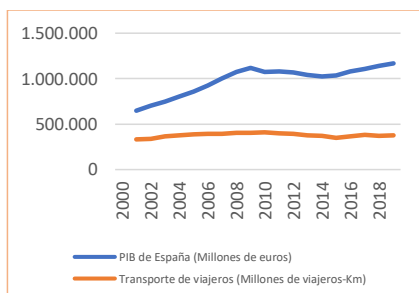


Figura 1. Evolución del PIB y de la movilidad interurbana de viajeros (millones de viajeros-Km) en España. Fuente: OTLE.

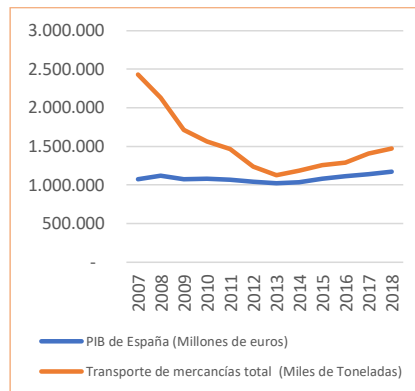


Figura 2. Evolución del PIB y de la movilidad interurbana de mercancías (miles de toneladas) en España. Fuente: OTLE.

Estudios existentes analizan la existencia de una relación de dependencia recíproca entre la movilidad de las personas y las mercancías y los niveles de desarrollo económico humano y social de un país. Todo ello se relaciona a través del transporte. Movilidad de personas, de mercancías y desarrollo económico son tres patas interdependientes de una misma realidad económica y social.

Si se realiza la correlación entre el crecimiento del valor del Producto Interior Bruto y del transporte de mercancías por carretera medido en millones de toneladas, se obtiene un valor positivo de 0,64, lo que explica la relación directa que existe entre el crecimiento económico y transporte de mercancías a nivel nacional. Igualmente valorando el coeficiente de correlación entre el Producto Interior Bruto y el

transporte de viajeros medidos millones de viajeros se obtiene un valor de 0,86, lo que implica que a mayor desarrollo económico se produce una mayor movilidad de la población a nivel interurbano.

En cuanto a la evolución del transporte interurbano de viajeros medido en millones de viajeros-kilómetros (Figura 3) se observa en el presente milenio un crecimiento hasta la crisis de 2008, en la que se produjo un descenso y su posterior recuperación a partir del 2015, estando actualmente los valores del transporte interurbano próximos a los pre-crisis. En el año 2018 en España se produjo un movilidad de viajeros en todos los modos de transporte interurbano de 440.184 millones de viajeros-kilómetros, representando el transporte por carretera de viajeros una cifra de 378.048 millones de viajeros-kilómetros.

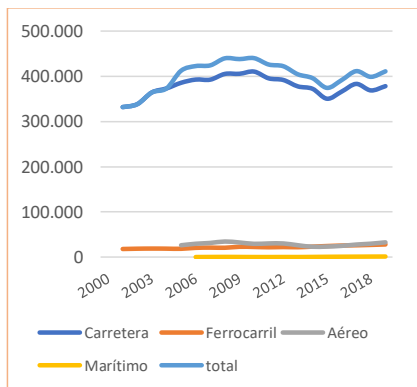


Figura 3. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-Km) por modos de transporte. Fuente: OTLE.

Si analizamos la evolución del transporte interurbano de mercancías en miles de toneladas en los diferentes modos de transporte (Figura 5), se observa el gran descenso producido a partir de la crisis de 2008 y, un proceso de recuperación todavía no conseguido a partir del año 2014.

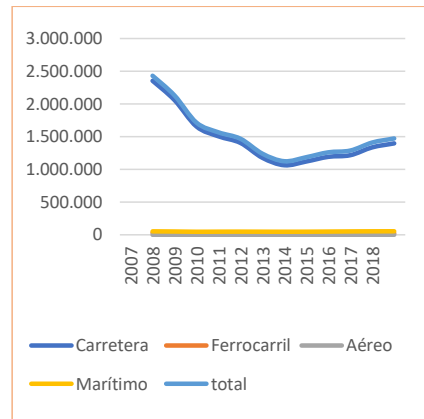


Figura 4. Evolución del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte. Fuente: OTLE.

Actualmente el 94,8% de la movilidad interior de mercancías españolas, medida en miles de toneladas, corresponde a la carretera, y en el caso de la movilidad de viajeros, medida en viajeros-kilómetros, la carretera representa el 85,9% de la movilidad interior.

Este predominio del transporte por carretera se basa fundamentalmente en su capilaridad y su mayor eficiencia energética,

atribuyendo eficientemente a la sostenibilidad del sistema de transporte.

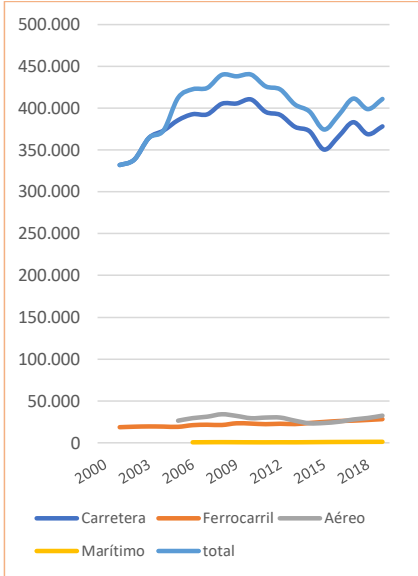


Figura 5. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-Km) por modos de transporte. Fuente: OTLE.

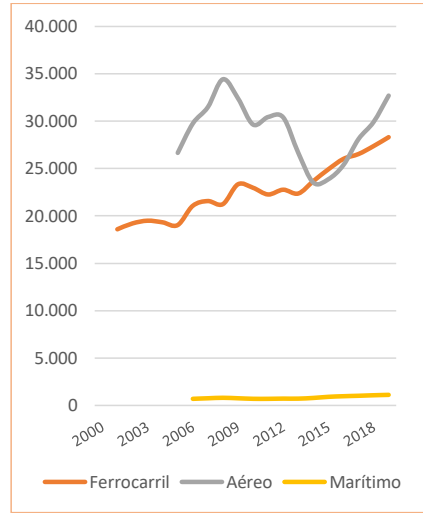


Figura 6. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por modos de transporte. Fuente: OTLE.

## 2. ANÁLISIS DEL PARQUE DE VEHÍCULOS

La motorización del país discurre acorde con el desarrollo económico del mismo. En el caso español podemos considerar que el grado de motorización seguirá aumentando con el desarrollo económico aunque con valores inferiores a los acaecidos en épocas pasadas. El parque de vehículos en España al final del año 2019 fue de algo más de 34 millones de vehículos según la DGT, incluyendo turismos, camiones, furgonetas, autobuses, motocicletas, tractores industriales, remolques y semirremolques.

España ocupa el quinto puesto en número de vehículos totales a nivel europeo, al igual que en número de turismos. Ocupa el segundo puesto en vehículos comerciales ligeros y el quinto en vehículos comerciales medios y pesados. Finalmente, España, ocupa el sexto puesto en número de autobuses en Europa, todo ello según la ACEA<sup>1</sup>.

Si nos centramos en los turismos, estos superaron los 24 millones de unidades, lo que representa un índice de motorización medido en vehículos por cada 1.000 habitantes de 516 vehículos según la ACEA, valor muy similar a la media de la Unión Europea con un valor de 531 vehículos cada

1.000 habitantes. Se trata de un parque envejecido con una media de 12,4 años para los turismos, valor que aumenta en el caso de los vehículos comerciales con 12,8 años de media. El envejecimiento del parque tiene un gran impacto no solamente en el medioambiente sino también la seguridad vial.

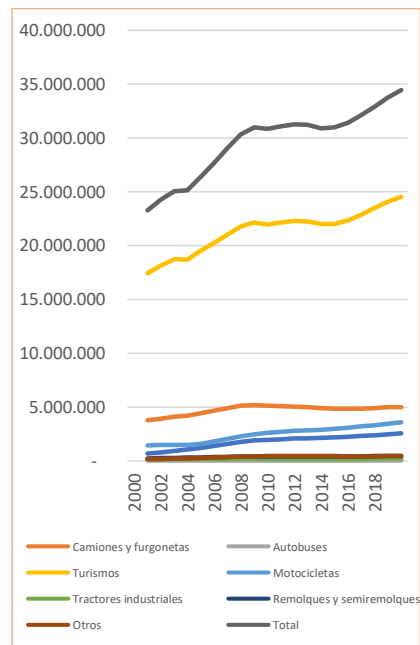


Figura 7. Evolución del parque automovilístico español por tipo de vehículo. Fuente: DGT.

El análisis de la evolución del reparto del transporte modal interurbano de viajeros (medido en viajeros-kilómetros) por tipo de vehículo muestra como el 84% del total era realizado por turismos en el año 2000, por motocicletas un 1% y por autobuses un

<sup>1</sup> Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles.

15%, situación que el año 2019 pasa ser del 90% para los turismos, el 9% para los autobuses y el 1% para las motocicletas.

Por lo que respecta a las mercancías, el 80% del total de las toneladas transportadas en 2019 se movió en tractores<sup>2</sup>, el 19% en camiones<sup>3</sup> y el 1% en remolques<sup>4</sup>.

Analizando el crecimiento del reparto modal del parque automovilístico en España se observa como la tendencia desde el año 2000 hasta el 2019 es la reducción de camiones, desde un 8,73% en el año 2000 a un 7,4% en el 2019, de furgonetas, desde un 11,45% en el año 2000 a un 7,17% en el año 2019 y de motocicletas, desde un valor del 12,76% en el año 2000 a un 10,48% en el 2019. Esto ha provocado el crecimiento de la representatividad de autobuses con un 0,19%, turismos con un 71,32% y tractores industriales con un 0,69% dentro del total.

Por lo que respecta al tipo de combustible, la estructura del parque está compuesto por un 55% de vehículos diésel y un 43,17% de vehículos de gasolina, siendo las energías alternativas las que representan únicamente un 1,83%. En el año 2006 se produjo el acrecentamiento en número de vehículos diésel comparativamente a los

vehículos gasolina en el parque automovilístico, estabilizándose tanto el crecimiento como el decrecimiento de ambas tipologías de vehículos respectivamente en años posteriores.

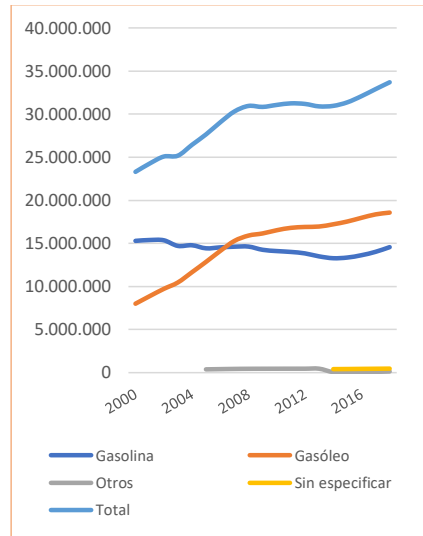


Figura 8. Evolución del parque automovilístico español por tipo de combustible y año. Fuente: DGT.

Respecto al reparto modal del parque en el año 2019, el 71,32% corresponde a los turismos, el 10,48% a motocicletas, el 7,4% a camiones, el 7,17% a furgonetas, el 1,42% a remolques y semirremolques, el 0,68% a tractores industriales, el 0,19% a autobuses y el 1,36% a otros<sup>5</sup>.

<sup>2</sup> Tractor Industrial / Tractocamión. - Automóvil concebido y construido para realizar, principalmente, el arrastre de un semirremolque.

<sup>3</sup> Automóvil con cuatro ruedas o más, concebido y construido para el transporte de mercancías, cuya cabina no está integrada en el resto de la carrocería y con un máximo de 9 plazas, incluido el conductor

<sup>4</sup> - Vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo de motor.

<sup>5</sup> La categoría "otros vehículos" no incluye los matriculados con placa de matriculación vehículo especial, con placa de remolque y semirremolque o con placa de ciclomotor.

### 3. MATRICULACIONES

El análisis de las matriculaciones por tipo de vehículos nos muestra, en los últimos años, un crecimiento en el número de las matriculaciones de turismos, seguido de un crecimiento menor de las furgonetas y motocicletas. En cuanto a los vehículos industriales, otros vehículos industriales y autobuses se puede decir que, en términos generales, se ha mantenido relativamente constante durante los últimos 15 años.

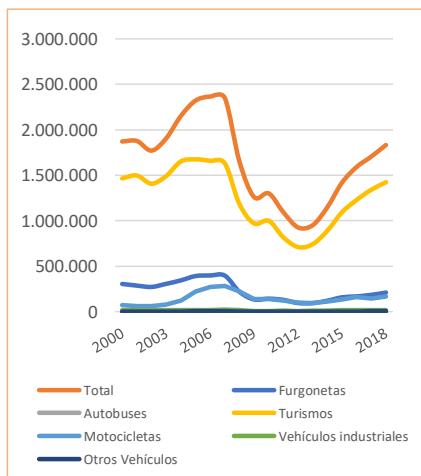


Figura 9. Matriculaciones anuales por tipología de vehículo. Fuente: DGT.

También es importante destacar la tendencia ya apuntada del crecimiento de los vehículos con consumo de gasolina que pasa de representar un 35% de las matriculaciones en el año 2014, a casi un 55% en el 2018. Por su parte, el gasoil retrocede desde un 64,5% en el 2014 a un

43% en el 2018, y la parte correspondiente a otros combustibles pasa del 0,5% en el año 2014 a el 2,5% en el 2018.

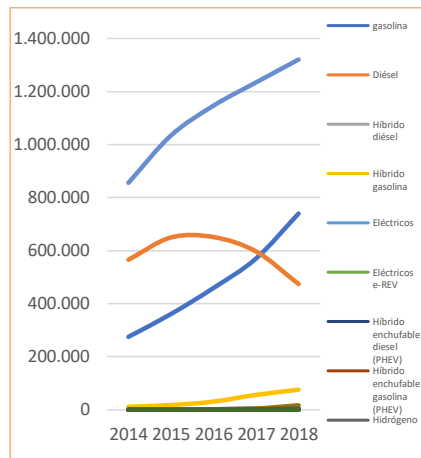


Figura 10. Matriculaciones de turismos y todoterreno por combustible. Fuente: ANFAC.

Valorando las matriculaciones, sin contar con los combustibles convencionales, se observa como los vehículos con GLP son los que han obtenido un mayor número de matriculaciones en los últimos años, con 19.663 matriculaciones en el año 2018, seguido por los vehículos eléctricos con 7.819 matriculaciones en este año y los vehículos híbridos enchufables gasolina (PHEV) con 5.635 vehículos en este año. Finalmente tenemos los vehículos impulsados con gas natural, con 5.403 matriculaciones y los vehículos híbridos diésel con 1.563 matriculaciones. El resto de fuentes de energía motriz tiene poca representatividad en las matriculaciones de fuentes de energía no convencionales.

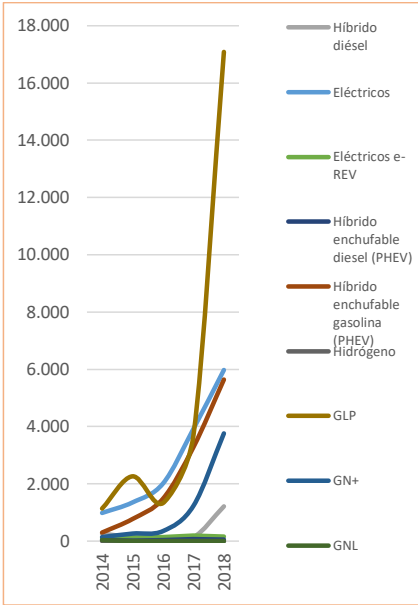


Figura 11 Matriculaciones de turismos y todoterreno por combustible sin gasolina ni diésel. Fuente: ANFAC.

## 4. CONSUMO ENERGÉTICO

En cuanto al análisis del consumo energético del transporte interurbano para los diferentes modos de transporte (Figura 51 y 52), se observa que, como viene siendo habitual, es el transporte por carretera el principal consumidor de energía expresado en Terajulios<sup>6</sup>. En este punto es importante destacar que el sector ferroviario se ha mantenido relativamente constante durante los últimos 20 años.

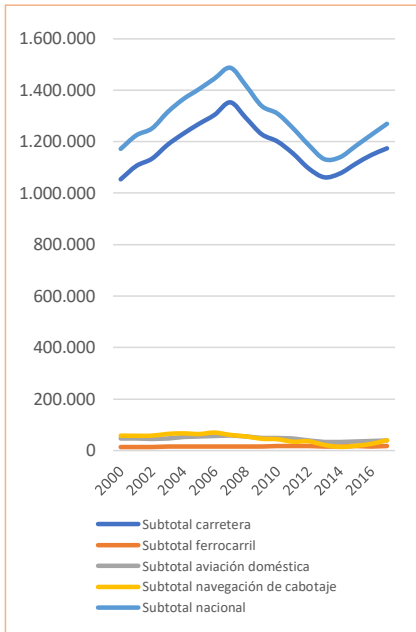


Figura 12. Consumo energético por modos de transporte en el transporte interurbano nacional en Terajulios. Fuente: OTLE.

En cuanto al análisis del sector del transporte por carretera, en el caso del transporte interurbano, se observa que es el gasóleo, seguido de las de la gasolina y de la biomasa a los que corresponden el mayor consumo energético, si bien todavía no se ha alcanzado, en el caso del gasóleo, los valores máximos correspondientes al periodo antes de la crisis del 2008. El consumo de los gaseosos<sup>7</sup>, el GLP y la electricidad representan el menor consumo energético.

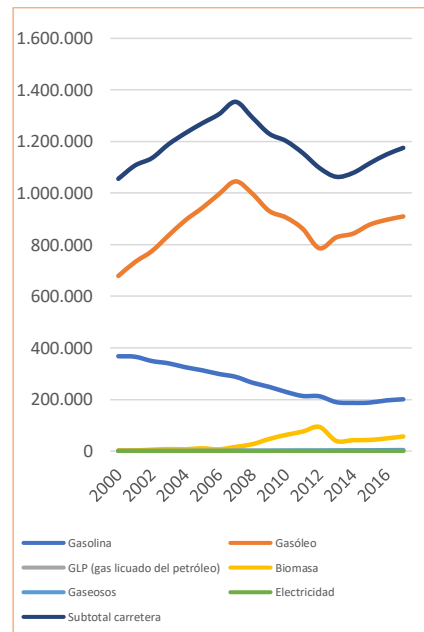


Figura 13. Consumo energético del transporte por carretera por combustibles en Terajulios. Fuente: OTLE.

<sup>6</sup> Un billón de julios. El julio o *joule* es la unidad derivada del Sistema internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor. Como unidad de trabajo, el julio se define como la cantidad de trabajo realizado por

una fuerza constante de un newton en un metro de longitud en la misma dirección de la fuerza.

<sup>7</sup> Aire metanado o propanado, propano y gas de fábrica.

## 5. IMPACTO AMBIENTAL

Con respecto al impacto ambiental podemos decir que el aumento experimentado del transporte por carretera debido, entre otras razones, a las necesidades de movilidad en mercados cada vez más globalizados, al comercio electrónico, al aumento de la renta, al cambio del estilo de vida de la población, etc. producen un impacto a escala global y local muy fuerte.

Para el estudio del impacto ambiental en el transporte por carretera es necesario diferenciar entre las emisiones globales o gases de efecto invernadero, que se denominan así porque no importa el lugar donde se emiten ya que afectan de manera global a todo el planeta, como son el CO<sub>2</sub>, y las emisiones locales que afectan a la calidad del aire, como son las partículas, los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el grupo de gases compuestos por óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

Las características de un parque automovilístico envejecido afecta de una forma directa al cambio climático y la calidad del aire de las ciudades. En este sentido, las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos nuevos se han reducido de un 90% a un 25% respecto de los vehículos hace 10 años. Este hecho no se ha percibido a gran escala, ya que es necesario que se

produzca una renovación importante del parque actual, sustituyendo los vehículos más antiguos por los más modernos con tecnologías nuevas de bajas y cero emisiones.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas por el sector transporte se encuadran dentro del denominado grupo de sectores difusos, que suponen alrededor de la mitad de todos los gases de efecto invernadero que expulsa la UE y donde el transporte representa aproximadamente la mitad de estas emisiones.

Según el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, en España, se emitió 526,31 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el año 2017, de los cuales el transporte supuso el 33 % del total, seguido de la generación energética con el 16,7%, la industria con 14,5% y la agricultura con el 19,5%.

Dentro del análisis de las emisiones del transporte, el transporte por carretera representó casi el 93 % del total de las emisiones de CO<sub>2</sub>, con 81.551 kilotoneladas. Por lo que respecta a las emisiones de impacto local, el transporte por carretera supuso el año 2017 el 64,82 % de las emisiones de estos contaminantes en España, en una tendencia a la baja, a pesar del incremento del consumo de combustible, debido, entre otras causas, a

los avances tecnológicos y a la introducción de los niveles de emisión Euro.

En el análisis de los diferentes tipos de emisiones correspondientes al transporte, se puede observar como los gases efecto invernadero en sectores difusos son los predominantes, que si bien tuvieron un descenso a partir de la crisis del 2008, a sido a partir de 2012 cuando han vuelto a experimentar un aumento sin llegar todavía a valores pre-crisis. Es importante destacar que en el caso de los sectores difusos España tenía un objetivo marcado para año 2020 de una reducción de las emisiones de un 10% respecto de los niveles de 2005, valor que se ha cumplido perfectamente.

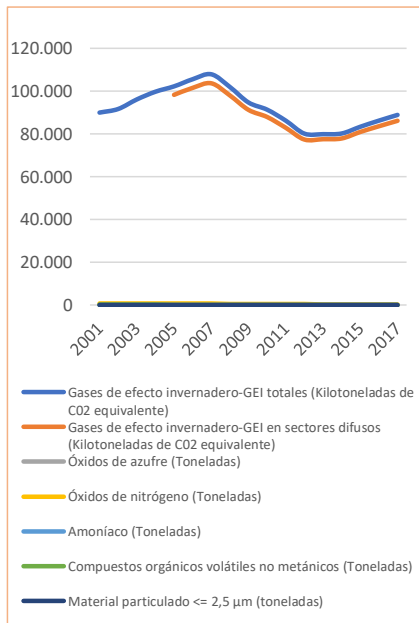


Figura 14. Emisiones del transporte por tipo de emisión. Fuente: OTLE.

Se destaca, igualmente, el descenso experimentado por los óxidos de nitrógeno y por los compuestos orgánicos volátiles no mecánicos desde el año 2004. Así, las emisiones de NO<sub>x</sub> de los motores diésel se han reducido un 90 % en los últimos 20 años y las emisiones de partículas en un 99 % en el año 1990.

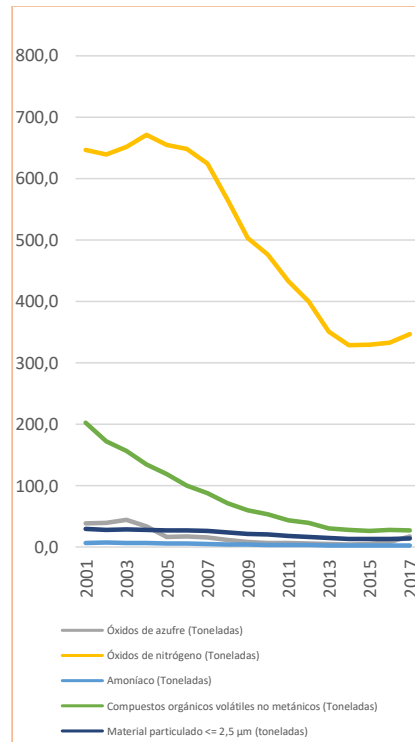


Figura 15. Emisiones del transporte por tipo de emisión sin GEI. Fuente: OTLE.

**Capítulo II: Desarrollo tecnológico del  
transporte por carretera en materia  
energética**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>2. LOS COMBUSTIBLES TRADICIONALES: DIÉSEL Y GASOLINA</b> .....	<b>19</b>
2.1. LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN MOTORES Y EN LOS VEHÍCULOS.....	19
2.2. COMBUSTIBLES TRADICIONALES: LA GASOLINA Y EL DIÉSEL.....	19
2.3. NUEVOS CARBURANTES O CARBURANTES REFORMULADOS .....	20
<b>3. BIOCMBUSTIBLES</b> .....	<b>20</b>
3.1. EL BIODIÉSEL.....	20
3.1.1. <i>Ventajas y desventajas de la utilización del Biodiésel</i> .....	21
3.1.2. <i>El balance energético y de emisiones del biodiésel, frente al gasóleo fósil</i> .....	21
3.2. EL BIOETANOL .....	22
3.2.1. <i>Ventajas y desventajas de la utilización del bioetanol</i> .....	22
3.2.2. <i>El balance energético y de emisiones del bioetanol, con relación a la gasolina</i> .....	23
3.3. EL BIOGÁS .....	23
3.3.1. <i>Ventajas y desventajas de la utilización del biogás</i> .....	24
3.3.2. <i>El balance energético y de emisiones del biogás</i> .....	24
3.4. BIOCMBURANTES DE SEGUNDA GENERACIÓN. BIOCMBURANTES SINTÉTICOS.....	24
3.4.1. <i>Ventajas y desventajas de la utilización de los biocmburantes de segunda generación/ biocmburantes sintéticos</i> .....	25
3.4.2. <i>El balance energético y de emisiones de los biocmburantes de segunda generación/ biocmburantes sintéticos</i> .....	26
<b>4. EL GAS NATURAL</b> .....	<b>28</b>
4.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DEL GAS NATURAL.....	29
4.2. EL BALANCE ENERGÉTICO Y DE EMISIONES DEL GAS NATURAL.....	29
<b>5. EL GAS LICUADO DEL PETRÓLEO</b> .....	<b>30</b>
5.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DEL GAS LICUADO DEL PETRÓLEO.....	30
5.2. EL BALANCE ENERGÉTICO Y DE EMISIONES DEL GAS LICUADO DEL PETRÓLEO.....	31

- 6. LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....31**
  - 6.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ..... 32
  - 6.2. EL BALANCE ENERGÉTICO Y DE EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ..... 32
- 7. VEHÍCULOS HÍBRIDOS.....33**
  - 7.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS ..... 33
  - 7.2. EL BALANCE ENERGÉTICO Y DE EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS..... 33
- 8. EL HIDRÓGENO.....34**
  - 8.1. LA PILA DE COMBUSTIBLE DE HIDRÓGENO ..... 35
    - 8.1.1. *Ventajas y desventajas de la utilización de la pila de combustible de hidrógeno ..... 35*
    - 8.1.2. *El balance energético y de emisiones de los vehículos alimentados con pila de combustible de hidrógeno..... 36*
  - 8.2. MOTORES DE COMBUSTIÓN DE HIDRÓGENO..... 36
    - 8.2.1. *Ventajas y desventajas de la utilización de los vehículos de combustión de hidrógeno.... 36*
    - 8.2.2. *El balance energético y de emisiones de los vehículos de combustión de hidrógeno ..... 36*
- 9. RESUMEN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS COMBUSTIBLES Y VEHÍCULOS .....38**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas, balance energético y de emisiones de la gasolina y el diésel. ....	38
Tabla 2. Ventajas y desventajas gasóleo y biodiésel. ....	38
Tabla 3. Balance energético y de emisiones gasóleo y biodiesel. ....	38
Tabla 4. Ventajas y desventajas del Bioetanol y la gasolina. ....	38
Tabla 5. Balance energético y de emisiones del Bioetanol y la Gasolina. ....	39
Tabla 6. Ventajas y desventajas del Gas Natural, la Gasolina y el Diésel. ....	39
Tabla 7. Balance de emisiones del Gas Natural, la Gasolina y el Diésel. ....	39

## 1. Introducción

Se analizan, bajo la perspectiva de optimización de rendimientos y reducción de emisiones, tanto los combustibles alternativos fósiles (gas licuado de petróleo y gas natural), los combustibles renovables (biodiésel y bioetanol), los combustibles de segunda generación y los combustibles sintéticos, como las actuales tecnologías de los vehículos del transporte por carretera, los vehículos híbridos, los automóviles eléctricos y los vehículos impulsados por hidrógeno.

## 2. Los combustibles tradicionales: diésel y gasolina

### 2.1. Las nuevas tecnologías en motores y en los vehículos

Los vehículos de carretera pasaron a ser mucho más limpios en los últimos años debido a mejoras en eficiencia de sus motores con la implementación de sobrealimentadores y tecnologías como la inyección directa (DI, Common rail) reduciendo el consumo de combustible y consecuentemente las emisiones. Estas emisiones, a su vez, han sido contenidas por la implementación de nuevas tecnologías como los catalizadores catalíticos, la recirculación de gases de escape (EGR), la reducción catalítica selectiva (SCR), los filtros diésel de partículas pasivos o activos (DPFs), las trampas de óxidos de nitrógeno (LNT) o

sistemas de inyección de agua. Otras tecnologías desarrolladas como el modo de combustión de encendido por compresión de carga homogénea (HCCL), el modo de combustión de autoencendido controlado (CAI), el sistema de parada y arranque mejoran la eficiencia energética de los vehículos de carretera. En el futuro se contemplan tecnologías de eficiencia para los sistemas de aire acondicionado, la instalación de sistemas exactos de control de la presión de neumáticos, el establecimiento de límites máximos de resistencia a la rodadura de los neumáticos de los vehículos ligeros y el uso de indicadores del cambio de velocidades.

Estas tecnologías se aplican actualmente a los vehículos de combustibles alternativos y a los nuevos vehículos de tecnología híbrida.

### 2.2. Combustibles tradicionales: la gasolina y el diésel

El diésel y la gasolina son los carburantes fósiles tradicionales, masivamente utilizados por los motores de combustión interna que todavía equipan la gran mayoría de los vehículos de carretera.

Actualmente, las eficiencias térmicas de los motores diésel se sitúan en el entorno del 35% (parte de la energía contenida en el

combustible que se transforma en energía mecánica), mientras la eficiencia media de los motores Otto modernos a gasolina es de un 25%.

Los vehículos diésel emiten niveles de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y de partículas más altos que los vehículos de gasolina, sin embargo, emiten menos dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Desde el punto de vista medioambiental, los motores diésel, con sistemas capaces de reducir las emisiones de material particulado (PM) y de  $\text{NO}_x$ , se alzan como una buena alternativa, aunque probablemente la prevista reducción en el consumo de los motores de gasolina igualará las citadas diferencias.

En general el coste de adquisición y de mantenimiento es más bajo para los vehículos de gasolina, aunque sea más bajo el consumo de motores equivalentes y el precio del diésel. A nivel de prestaciones físicas y mecánicas se encuentran ventajas como el menor peso de los motores a gasolina con relación al peso de los motores diésel y las baterías de los vehículos híbridos.

### 2.3. Nuevos carburantes o carburantes reformulados

El empleo de carburantes reformulados mejora los rendimientos de los motores, limita

las emisiones de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y de PM. Los motores diésel y de gasolina se adecuan a los sistemas híbridos, incrementándose significativamente la eficiencia del sistema de propulsión y, al adaptarse a los biocombustibles, obtendrán una importante reducción de las emisiones de  $\text{CO}_2$ .

## 3. Biocombustibles

### 3.1. El Biodiésel

El biodiésel es un combustible líquido formado por ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga y se obtiene a partir de lípidos naturales como los aceites vegetales o las grasas animales. Se elaboran a partir de aceites usados de fritura y aceites vegetales de final de temporada y se tiende, por limitación de materia prima, a los aceites vegetales puros (de girasol, colza, soja, del coco o de la palma oleífera) cultivados para su uso energético.

Se trata de un biocombustible (producto biológico) biodegradable y no tóxico, no corrosivo ni reactivo, que se descompone fácilmente, y con un punto de inflamabilidad significativamente más elevado que el del diésel fósil. Hay diferencias significativas en la calidad y en los niveles de emisiones del biodiésel, que están directamente

relacionadas con las materias primas y con el proceso de fabricación.

Las propiedades físicas y químicas del biodiésel son muy cercanas a las del gasóleo fósil, por lo que se utiliza como sustituto total o parcial empleándose en motores de ciclo diésel convencionales o adaptados. Actualmente, por limitaciones de los sistemas de inyección, se emplea el B5 (5% de biodiésel mezclado con gasóleo) sin que se necesiten modificaciones en los motores diésel convencionales, aunque se encuentren fabricantes que garantizan sus vehículos para el B30. La utilización del B100 (biodiésel puro) es posible en motores diésel de mayor antigüedad, sustituyendo previamente los componentes del circuito de combustible en cuya fabricación intervenga elementos de goma (manguitos, juntas y latiguillos).

### 3.1.1. Ventajas y desventajas de la utilización del Biodiésel

El almacenaje y el transporte del biodiesel son más seguros, gracias a un punto de inflamación más elevado que el del gasóleo y, por tratarse de un carburante biodegradable, no contamina en caso de vertido. De sus propiedades físicas y mecánicas destacan el punto de congelación más alto y mejores características de filtrabilidad, capacidades de lubricación (que

alargan la vida del sistema de inyección) y rendimiento de la combustión (mayor octanaje).

Este combustible es más caro que el gasóleo, por lo que reduce la rentabilidad de esta opción, y está limitado por un tiempo de almacenaje de un mes. Por sus características, obliga a cambios de aceite de motores y de filtros de combustible más frecuentes, presenta menor fluidez en frío y mayor poder disolvente (deteriorando los materiales plásticos del circuito de alimentación) que el diésel convencional.

### 3.1.2. El balance energético y de emisiones del biodiésel, frente al gasóleo fósil

A pesar de que el biodiésel posee un 12% menos de energía por unidad de masa que el diésel fósil, el balance energético del ciclo de vida del biodiésel es positivo, ahorrando hasta un 69% en energía primaria (para el biodiésel de origen en aceites vegetales usados) con relación al gasóleo, y hasta un 96% en energía fósil, siendo el ahorro tanto mayor cuanto mayor sea el contenido de biodiésel añadido en la mezcla.

El ciclo de vida completo del biodiésel se consideraría libre de emisiones si se contabilizara la absorción de CO<sub>2</sub> de la planta

desde su cultivo. Las emisiones varían en función del tipo de vehículo y del origen del biodiésel. Su utilización como combustible puro de automoción resultaría en una reducción del orden de 40% a 50% en emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI), comparado con el empleo del gasóleo. El biodiésel puro en motores de encendido por compresión reduciría las emisiones de monóxido de carbono (CO) y de partículas. En general serían menores las emisiones de metales pesados, de hidrocarburos, de compuestos orgánicos volátiles (COV). Sin embargo, no se reducirían las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

### 3.2. El bioetanol

El bioetanol es un combustible renovable no agotable (limitación agraria), biodegradable que no contamina los suelos. Es un alcohol que se obtiene a partir de la fermentación de materias primas ricas en almidón (patata y cereales) o azúcar (remolacha y caña de azúcar). Es un biocombustible de alto poder energético con características muy similares a la gasolina al mezclarlo hasta el 85% con esta (sin necesidad de modificación del motor entre un 5% y un 10%). Su combustión produce una significativa reducción de las emisiones contaminantes. La mezcla al 100% se emplea en motores de encendido provocado, pero se

requieren modificaciones en los motores. La mayoría de los vehículos a gasolina están preparados para usar E10 (mezcla al 10%), recomendados para uso urbano, donde se obtiene una importante reducción del consumo de combustible gracias a la eficiencia energética del bioetanol. Este carburante también se utiliza para la producción de ETBE (aditivo de gasolina). Los motores Flexi-Fuel, en combinación con la tecnología híbrida, podrán incrementar aún la eficiencia energética del bioetanol.

#### 3.2.1. Ventajas y desventajas de la utilización del bioetanol

El elevado índice de octano del bioetanol permite obtener más potencia y más par motor que con gasolina convencional, al mismo tiempo que facilita la disminución del consumo de combustible en recorridos urbanos. Sin embargo, tiene menor poder calorífico que la gasolina y su consumo puede llegar a equipararse.

Las desventajas surgen con la manipulación, almacenamiento y distribución debido a la afinidad del bioetanol con el agua. Este combustible presenta un bajo poder lubricante con consecuencias sobre los motores, y provocando problemas en el arranque en frío.

La producción de bioetanol resulta más cara que la de gasolina bajando la rentabilidad de su utilización, compensada por un menor consumo.

### 3.2.2. El balance energético y de emisiones del bioetanol, con relación a la gasolina

La energía primaria total para la producción y distribución del E85 (85% de bioetanol en la mezcla) es un 17% inferior por kilómetro recorrido en comparación con la de la gasolina (0,28% inferior en el caso del E5) y la energía fósil necesaria para la producción y distribución del E85 es un 21% inferior a la energía contenida en dicho combustible, por lo que el balance energético es positivo. En el ciclo de su producción, transporte y distribución, se ahorra hasta el 36% para una mezcla de E85 y un 1,12% para una mezcla de E5.

El empleo del bioetanol reduce las emisiones netas de GEI con relación al uso de gasolina. Las emisiones netas de CO<sub>2</sub>, sobre la base de su ciclo de vida útil podrían reducirse entre un 50% y un 60% dependiendo de las materias primas empleadas. Cuando se fabrica a partir de cereales podría reducirse un 70% con la mezcla E85 y entre un 2,5% y un 3% para el E5. El bioetanol reduce las emisiones de hidrocarburos no quemados, las emisiones de

CO<sub>2</sub> y CO. La utilización de etanol reduce las emisiones de monóxido de carbono (CO), partículas (PM) y de otros contaminantes precursores del ozono (NO<sub>x</sub> y COVNM-compuestos orgánicos volátiles distintos al metano).

### 3.3. El biogás

El biogás es producido por un proceso metabólico de descomposición de materia orgánica (residuos ganaderos o de lodos de depuradoras de aguas residuales-EDAR, residuos de efluentes industriales o fracción orgánica de residuos sólidos urbanos-RSU) mediante la acción de bacterias metanogénicas en un ambiente anaeróbico. Puede emplearse como biocarburante en automoción mezclado con gasolina o con gas natural (biometano), cuando se aumenta la concentración en metano (pasando del 50-70% a 95%) al separarse del CO<sub>2</sub> y de otros gases minoritarios. Se puede usar en motores de ciclo Otto mezclado con gasolina o con gas natural y en motores de ciclo diésel mezclado con gasóleo. Se ha empleado en el modo ferroviario pero su uso en el sector transporte podría estar limitado por la utilización de este combustible mayoritariamente en plantas de cogeneración para la producción simultánea de energía térmica y electricidad.

### 3.3.1. Ventajas y desventajas de la utilización del biogás

Es un carburante de origen renovable resultante del aprovechamiento de residuos. La obtención del biogás supone un coste elevado de la tecnología y son escasas las infraestructuras relacionadas con este combustible.

### 3.3.2. El balance energético y de emisiones del biogás

El balance energético no es favorable, siendo la energía necesaria por kilómetro recorrido mayor en el caso del biogás que para la gasolina y el diésel. El rendimiento de los motores de biogás es similar a los motores de gasolina y ligeramente inferior a los motores diésel (se espera que la evolución tecnológica logre la equiparación). El poder calorífico es menor que el del gas natural.

El empleo del biogás en automoción genera emisiones inferiores a las del gas natural (vehículos muy limpios comparados con los que utilizan carburantes convencionales), asegurándose que el metano generado en los vertederos y EDAR no escape a la atmósfera. Salvo en las emisiones de  $\text{NO}_x$  el biogás presenta mejores características (variando según la fuente de obtención) con relación a las emisiones del gas natural.

### 3.4. Biocarburantes de segunda generación. Biocarburantes sintéticos

El BTL (del inglés "Biomass-to-Liquids"), el bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica y el biogás, son biocarburantes de segunda generación que nacen para solventar las limitaciones de los primeros biocombustibles y están en fase de desarrollo. Son ejemplos de biocarburantes de segunda generación el biohidrógeno (producido biológicamente), el biodimetil éter (bio-DME), el biometanol (resultante de la fermentación de los azúcares de naturaleza vegetal), el diésel mejorado de alta temperatura (HTU-tecnología de conversión de biocombustibles adecuada a biomasa húmeda), el diésel sintético Fischer-Tropsch (proceso de purificación del gas de síntesis de biomasa) y mezclas de alcoholes como etanol, propanol y butanol, con pequeñas proporciones de pentanol, hexanol, heptanol y octanol.

Los combustibles sintéticos son obtenidos mediante procesos termoquímicos, y según el origen de la materia prima se nombran los procesos y productos como CTL "carbón a líquido", GTL "gas a líquido" o BTL "biomasa a líquido". Tanto el CTL como el GTL siguen siendo combustibles fósiles no renovables y sujetos al agotamiento de las reservas de su materia prima. También se usa el término

combustible sintético para nombrar otros productos combustibles como el metanol, el dimetiléter o el butano.

Hay tres tipos de procesos para la obtención de estos combustibles sintéticos: la licuefacción directa del carbón donde el consumo de hidrógeno es mucho mayor y cuyos productos resultantes son ricos en componentes aromáticos, por tanto poco aptos para la automoción; la producción de gas de síntesis ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) que se realiza mediante un proceso de reformado con vapor, seguido a continuación de otro proceso de síntesis Fischer-Tropsch (1925), conocido como el proceso de licuefacción indirecta del carbón gasificado, que incluye la fase de metanación ( $\text{CO} + 3\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ) y que finaliza con la transformación del metanol en un combustible diésel muy puro y de excelente calidad (elevado número de cetano). Ambos los procesos requieren una etapa de hidrotratamiento que tiene como objetivo aumentar su calidad hasta niveles comercializables. Mediante el hidro craqueo o reformado catalítico de los productos de la síntesis Fischer-Tropsch, se obtienen combustibles diésel o querosenos adecuados para el transporte comercial terrestre, marítimo y aéreo, dada su elevada densidad energética.

Se han obtenido buenos resultados en la utilización de diésel GTL en vehículos diésel convencionales y se espera que el uso del BTL proporcione resultados igualmente positivos. Los combustibles GTL, BTL y etanol lignocelulósico se podrán utilizar en los vehículos existentes en los que ya utilizan el biodiésel y el bioetanol de primera generación. Actualmente se encuentran en estudio los biocarburantes de tercera y cuarta generación.

#### 3.4.1. Ventajas y desventajas de la utilización de los biocarburantes de segunda generación/ biocarburantes sintéticos

Los combustibles sintéticos se pueden elaborar a partir de multitud de materias primas y de fuentes de energía como el carbón, el gas natural y muchos tipos de biomasa.

En el caso del BTL el proceso de cultivo de materia prima de estos biocombustibles podría ser menos intensivo con la consecuente reducción de emisiones de GEI y el proceso de producción abarcaría una mayor variedad de materias primas, especialmente desechos vegetales, permitiendo la coproducción simultánea de electricidad.

El CTL es una vía de independencia energética para algunos países con grandes reservas de carbón. El combustible sintético, por su

elevado octanaje, permite el uso de tecnologías de optimización del motor (encendido por compresión de carga homogénea - HCCI y el autoencendido controlado – CAI) combinando dos ventajas clave en los sistemas de combustión (menor consumo en los motores diésel y menores emisiones en los motores de gasolina).

La manipulación y las precauciones de seguridad de muchos de los biocombustibles de segunda generación son análogas a los de los actuales combustibles fósiles permitiendo de esta forma la distribución a través de las redes de servicio existentes.

No se necesitan realizar modificaciones importantes en los vehículos y permitiría reducir el mantenimiento de los mismos gracias a la alta calidad de estos carburantes. Se constata que el BTL es más versátil que el biodiésel, y se puede utilizar en todos los vehículos, gasolina, diésel e incluso como queroseno para aviación.

Las evidentes desventajas de estos biocarburos sintéticos son lo muy poco desarrolladas que se encuentran estas tecnologías y, en consecuencia, el coste de producción y de las instalaciones muy elevado.

### 3.4.2. El balance energético y de emisiones de los biocarburos de segunda generación/ biocarburos sintéticos

El balance energético dependerá de cada combustible concreto y del proceso de síntesis utilizado. El que más se está fomentando en Europa es el gasóleo GTL, utilizando el gas natural como materia prima que, desde el punto de vista de la eficiencia energética global, es menos eficiente que el uso directo del gas natural, situándose en torno al 60%.

El potencial del BTL, que utiliza biomasa como materia prima, es mucho mayor que el potencial del etanol y del biodiésel (siete veces superior). La producción de BTL (en unidades de energía y por m<sup>2</sup> de terreno) puede triplicar la del biodiésel, debido a que este se obtiene del aceite de semillas, mientras que el BTL se produce de la planta entera. El BTL se puede obtener de una mayor variedad de cosechas de crecimiento rápido, evitando monocultivos y empleando todos los biorresiduos.

El balance de las emisiones totales, considerando el ciclo completo de estos combustibles (producción, transporte, distribución y combustión) no es en general favorable. Sin embargo, las menores emisiones contaminantes de los combustibles sintéticos permiten un rango de operación más amplio y, las mayores exigencias o cargas en los

motores, facilitando el tratamiento de los gases de combustión reduciendo las emisiones (geográficamente localizadas en los centros urbanos). En definitiva, la utilización de biocombustibles de segunda generación/ biocombustibles sintéticos en motores de combustión permite reducciones significativamente mayores en las emisiones GEI que las obtenidas con el combustible de primera generación. La reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> sería del 70%, pudiendo alcanzar la neutralidad en el caso de utilización de estos combustibles en cogeneración para la producción de electricidad. Sin embargo, las emisiones de NO<sub>x</sub> no se ven alteradas.

Centrando el análisis en los combustibles diésel obtenidos mediante procesos de síntesis Fischer-Tropsch, el gasóleo sintético GTL, contribuye a reducir las emisiones en todos los motores, especialmente durante la fase de arranque en frío con la excepción de las emisiones de NO<sub>x</sub>, que no se ven reducidas. Comparado con el combustible diésel libre de azufre, ofrece reducciones significativas en las emisiones de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y partículas (PM). La tecnología de recirculación de los gases de escape (EGR) permite reducir las emisiones de NO<sub>x</sub> y de partículas. En concreto las mezclas de diésel GTL con gasóleo convencional siguen

proporcionando notables mejoras cuanto a las emisiones de NO<sub>x</sub> y de PM (mezclas de un 20% de diésel GTL mejoran hasta un 43% estas emisiones, mientras que, mezclas de un 50%, suponen un 86% de reducción de emisiones). En la fase de arranque en frío la mayor reducción se obtiene para el CO (entre un 70 y 75%), seguido de los HC (70%) y de PM (60%). Desafortunadamente, para el ciclo completo, las emisiones globales de GEI son superiores a las del combustible diésel convencional.

Ya en el caso del CTL las características de las emisiones son parecidas a las del GTL. La emisión total de CO<sub>2</sub> es aproximadamente dos veces superior a la del mismo tipo de combustible obtenido mediante refinado de petróleo. El CO<sub>2</sub> no es emitido en la reacción de Fischer-Tropsch propiamente dicha sino en la etapa previa de gasificación y en la posterior combustión del gas de síntesis sobrante. Sólo el empleo de biomasa como materia prima (BTL) en el proceso de síntesis Fischer-Tropsch puede alcanzar un nivel de emisiones de GEI inferiores a las del combustible convencional del petróleo. Los combustibles BTL, puesto que son de gran calidad, generan una combustión limpia reduciendo las emisiones (principalmente de CO<sub>2</sub>) en todos los motores, en particular durante el arranque en frío.

## 4. El gas natural

El gas natural (GN - que se encuentra en yacimientos exclusivos o en los depósitos de crudo) es una mezcla rica de hidrocarburos ligeros donde se destaca la participación (70%-90%) del metano ( $\text{CH}_4$ ). Su composición varía con la naturaleza del yacimiento donde cambian principalmente las participaciones de gases como el etanol, propano y butano. Se presenta como una mezcla rica o pobre en función de la proporción de otros hidrocarburos con poder de combustión alto distintos al  $\text{CH}_4$ .

El gas natural no es corrosivo ni tóxico, y se caracteriza por su elevada temperatura de combustión y sus menores emisiones residuales de hidrocarburos. El mayor número de octanos del gas natural reduce el riesgo de detonación espontánea permitiendo el diseño de un motor con un mayor índice de compresión.

Este combustible fósil (el más limpio) se puede utilizar en los motores diseñados al efecto y de ciclo Otto en general. Para su aplicación en el transporte debe de ser comprimido (GNC, el más utilizado a presiones de 200-220 bar) o licuado (GNL a temperaturas criogénicas de aproximadamente  $-162^\circ\text{C}$  y a 1 bar de presión). El funcionamiento de los motores a

GN es similar al de los vehículos de gasolina con las mismas prestaciones existiendo diferentes tecnologías de vehículos. Los monocombustibles (usan únicamente gas natural como carburante, asegurando la máxima eficiencia y mínimas emisiones), los biocombustibles (con depósitos diferenciados permitiendo la opción entre gas natural y gasolina o etanol - o mezcla de ambos), los vehículos de doble combustible (una mezcla de gas natural y diésel, únicamente para arrancar el motor), y finalmente los vehículos tricombustible (que combina el motor de combustible flexible de gasolina y etanol con uno de gas natural).

El gas natural puede utilizarse en los motores actuales siendo necesarias modificaciones en los sistemas de inyección. Para el uso de GNC se desarrollarán sistemas de fase secuencial, multipunto o indirecta. Existen vehículos de inyección directa de alta presión, que es una tecnología que inyecta a alta presión tanto el diésel como el gas natural directamente en la cámara de combustión.

En automoción el GN se aplica a todo el tipo de vehículos siendo usado actualmente, por la falta de infraestructura pública de suministro, en flotas cautivas de vehículos pesados como autobuses urbanos, camiones de recogida de basuras y flotas de taxis.

#### 4.1. Ventajas y desventajas de la utilización del Gas Natural

La tecnología probada de los motores a gas natural garantiza una vida útil superior, menos ruidosos (hasta del 50%), vibran menos y ofrecen un mejor arranque que los motores térmicos alimentados con gasolina o gasóleo. El gas natural se puede usar en todo tipo de vehículos, como combustible es competitivo en precio y su manipulación ofrece mayor seguridad como gas comprimido que los combustibles líquidos, disipándose fácilmente en caso de fugas (al ser menos denso que el aire).

Como desventajas se destacan la necesidad de inspecciones más frecuentes a los motores por fatiga del material, corrosión y desgaste. No se permite el uso de materiales como el hierro fundido, el aluminio galvanizado o las aleaciones de cobre superiores al 70%. Las conexiones eléctricas no pueden estar expuestas y los cables deben estar bien sujetos evitando de esta forma cortocircuitos. Es conveniente despresurizar el sistema de combustible antes del mantenimiento del motor y vaciar los tanques de forma que no se libere el metano antes de las reparaciones. Los elementos del sistema de combustible del GNL pueden ocasionar quemaduras criogénicas en el contacto con la piel por bajas temperaturas.

Serán necesarios sensores de metano y ventilación adecuada evitando que se alcance la concentración mínima de ignición. El sistema de distribución es actualmente deficiente con escasez de estaciones de repostaje.

#### 4.2. El balance energético y de emisiones del gas natural

Del balance energético completo (desde la extracción hasta el uso final del combustible) se concluye que la energía necesaria por kilómetro recorrido es mayor en el caso del GNC que para la gasolina o para el diésel. Los motores a gas natural comprimido (GNC) tienen un rendimiento energético inferior a los motores diésel y es idéntico a los de gasolina.

Los vehículos a gas natural se consideran limpios respecto a las emisiones atmosféricas que afectan a la salud humana (reducción de las emisiones de CO en un 25%, NO<sub>x</sub> en más de un 85% y sin emitir partículas, ni SO<sub>2</sub>). la combustión del gas natural, respecto a los productos derivados del petróleo, supone una reducción del 85% en CO<sub>2</sub> y en los HC. Haciendo un balance completo del ciclo de vida las emisiones GEI son inferiores a las emisiones de los vehículos de gasolina, y muy cercanas a las de los vehículos diésel.

Se alerta para el aumento significativo del volumen total de GEI emitidos por los vehículos bi-fuel y de combustible dual, a los que no se pueden implementar los catalizadores de tres vías que reducen en más del 90% el metano residual de la combustión de motores de gas natural.

## 5. El gas licuado del petróleo

En España el Gas Licuado del Petróleo (GLP) de automoción es normalmente una mezcla de 30% propano ( $C_3H_8$ ) y de 70% de butano ( $C_4H_{10}$ ), gases presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. Se obtienen del refino de petróleo o de la purificación del gas natural durante su extracción y se almacena en estado líquido a 10 bares de presión.

La mayoría de los vehículos a GLP son similares a sus equivalentes de gasolina (transformados los sistemas de almacenamiento y alimentación de combustible) con similares rendimientos y potencias. Gran parte de los coches son bi-combustible (con depósito independiente de gasolina, lo que reduce el espacio del maletero). Hay vehículos mono-combustible que tienen un mejor rendimiento y menores emisiones contaminantes. Los vehículos a GLP han de cumplir requisitos de seguridad en relación al depósito (preparados para resistir a impactos y dotados de válvula de

presión). Es necesario que las conducciones sean de materiales apropiados y respeten una distancia mínima de seguridad de los conductos de gases de escape. La transformación de vehículos diésel no es económicamente viable.

### 5.1. Ventajas y desventajas de la utilización del gas licuado del petróleo

Gracias a ventajas fiscales, este combustible no renovable de calidad controlada es el más barato del mercado además de usarse en vehículos con motores que funcionaban originalmente con gasolina debidamente adaptados. Escasean las infraestructuras de suministro del combustible (a pesar de que sea sencilla) y los tiempos de repostaje son idénticos a los de los combustibles convencionales. Difícilmente se encuentran talleres adecuados para adaptar y reparar vehículos.

Los motores diseñados para funcionar con GLP mejoran sus prestaciones y el par motor, presentan un bajo riesgo de combustión en el sistema de admisión, tienen un bajo nivel de ruidos y no requieren un mantenimiento diferente al de un vehículo convencional.

El coste de adquisición de vehículo nuevo que opere con GLP es elevado tal como la inversión

inicial para adaptar el vehículo a gasolina. Los sistemas de seguridad para reducir los peligros de explosión por acumulación de gases procedentes de derrames en las estaciones de servicio son igualmente altos.

Los depósitos de combustible (sólo admiten el 80% de su capacidad) reducen la capacidad del maletero o del compartimento de carga y añaden peso al vehículo.

### 5.2. El balance energético y de emisiones del gas licuado del petróleo

Los rendimientos varían sustancialmente si el GPL proviene directamente del crudo y/o del gas natural, o si resulta de procesos de refino, teniendo un balance energético diferente para cada proceso. En la polimerización y alquilación, el rendimiento del GPL se sitúa entre un 10% y un 15%. Estos valores varían entre los rangos del 5% -10% en el reformado catalítico, 5% - 12% en el “cracking” catalítico, 10% - 20% en el “cracking” térmico y dentro de 23% - 30% en el “steam cracking”.

Los vehículos diseñados para GPL emiten menos CO<sub>2</sub> que los vehículos de gasolina, y cercanas a las emitidas por los vehículos diésel. Se registran emisiones inferiores de NO<sub>x</sub> y de partículas con relación a los vehículos de gasolina y diésel. En contrapartida, las

emisiones de los vehículos de gasolina transformados para uso del GPL pueden llegar a incrementar las emisiones.

## 6. La energía eléctrica

Los vehículos eléctricos (recomendables para trayectos cortos) son una alternativa a los vehículos de motor térmico muy atractiva para zonas urbanas de mucho tráfico, donde la calidad del aire entraña problemas de salud. Los vehículos eléctricos de batería (BEV) almacenan la energía eléctrica en baterías y poseen una arquitectura de construcción y funcionamiento más sencilla que la de los vehículos con motor de combustión interna. La autonomía de estos vehículos es limitada debido a la baja densidad de energía específica de las baterías actuales de plomo-ácido (Ni-MH) que son económicas y fáciles de reciclar, pero bastante pesadas (25% de peso del vehículo). Las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd o nicad) se han utilizado durante bastantes años, tienen mayor energía específica (cerca de 55 Wh/kg) y mayor densidad de energía. Sin embargo, el cadmio es un metal pesado altamente contaminante. Las baterías más pequeñas de níquel-metal-hidruro (empleadas actualmente en algunos vehículos híbridos) tienen una energía de alrededor de 90 W h/kg y ciclos de vida útil muy largos, son reciclables y relativamente benignas con el

medioambiente. Los últimos desarrollos en baterías son las baterías de iones de litio (litioión, Li-Ion) dotadas de una energía específica muy alta (aproximadamente 150 Wh/kg), pese a esto, por el momento siguen teniendo unos costes altos. Estas baterías están abriendo nuevos campos de aplicación a los vehículos eléctricos de batería, incrementando su densidad de energía, potencia específica y un ciclo de vida útil más largo. El futuro pasa por la reducción de peso en las baterías junto con el empleo de polímeros y el grafeno pretendiéndose que se recarguen en un tiempo corto (10-12 min.), que sean seguras, reciclables y económicas.

### 6.1. Ventajas y desventajas de la utilización de los vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos no emiten gases de escape no contaminan la atmosfera en el punto de uso siendo de gran interés en las zonas urbanas congestionadas. Su motor es más silencioso y el rendimiento mecánico es superior al del motor de combustión (mayor capacidad de aceleración a bajas revoluciones). Tienen costes de funcionamiento bajos y recuperan parte de la energía en retenciones y frenadas. En contrapartida es escasa la oferta de vehículos, sus costes de adquisición son elevados por el precio de las baterías. Su peso es considerable

además de proporcionar una autonomía limitada igualmente condicionada por ausencia de infraestructuras de suministro de electricidad en las carreteras.

### 6.2. El balance energético y de emisiones de los vehículos eléctricos

El balance energético es favorable a los vehículos eléctricos dependiendo de la eficiencia de la fuente de energía que la produce y teniendo en cuenta la eficiencia de la transmisión de la electricidad desde el punto de producción hasta el punto de consumo.

Las emisiones varían dependiendo del método empleado de generación de energía. Considerando el ciclo completo de la energía y su impacto medioambiental, la contaminación global asociada a estos vehículos es, en general, siempre inferior a la de los vehículos térmicos de combustibles convencionales. En contrapartida, las baterías tienen un impacto medioambiental elevado por la energía requerida en su fabricación y por el riesgo de contaminación del subsuelo o fondos marinos, al final de su vida útil, a pesar de que las más utilizadas sean totalmente reciclables.

## 7. Vehículos Híbridos

Los vehículos híbridos están equipados con un motor de combustión interna (MCI) de gasolina convencional y un motor eléctrico dotado de baterías de almacenamiento de la energía eléctrica con la que arranca el MCI. Según su modo de funcionamiento, se clasifican en:

- Semihíbridos, que utilizan el motor eléctrico como ayuda al MCI.
- Híbridos puros, que además pueden circular usando únicamente el motor eléctrico activado de forma automática o voluntaria
- Híbridos enchufables que, con las características de los híbridos puros, pueden recargar sus baterías conectados a la red eléctrica. Se recomiendan para circuitos urbanos y se adecuan a recorridos interurbanos de media o larga distancia.

### 7.1. Ventajas y desventajas de la utilización de los vehículos híbridos

El motor de gasolina puede ser de menor cilindrada y consumo, más par y mayor elasticidad, al complementarse con un motor eléctrico que, a su vez, alimenta las baterías eléctricas con el frenado regenerativo. Emite menos ruido que un vehículo convencional

cuando es propulsado por electricidad, mejor funcionamiento en recorridos cortos y tiene mayor autonomía que la de un vehículo eléctrico simple. Los híbridos son vehículos más limpios, eficientes y dinámicos que los convencionales, sus costes de funcionamiento son inferiores a pesar de que el coste de adquisición sea más caro. Son más pesados debido al motor eléctrico y baterías añadidas. Presentan una mayor posibilidad de averías por complejidad tecnológica y una disponibilidad limitada de ciertos componentes.

### 7.2. El balance energético y de emisiones de los vehículos híbridos

La eficiencia energética de los vehículos híbridos se optimiza en recorridos urbanos llegando a alcanzar un ahorro del 40% ya que recuperan parte considerable de la energía en las desaceleraciones de descensos y frenadas y el MCI se detiene en las paradas. Se esperan mejoras con la incorporación de motores diésel (de rendimiento superior al de gasolina) y en las configuraciones de vehículos híbridos en los que los motores de combustión puedan funcionar en régimen de giro constante (óptimo), al ser el motor eléctrico el que transmite el movimiento a las ruedas.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos híbridos son muy reducidas por kilómetro recorrido,

siendo las menores que las de cualquier MCI. La incorporación de este tipo de vehículos en el parque nacional llevaría al cumplimiento de los acuerdos europeos de reducción de emisiones medias de CO<sub>2</sub>. Respecto a las emisiones de otros gases contaminantes como CO, HC, NO<sub>x</sub> y partículas en suspensión, se ven substancialmente reducidas al tener menos consumos resultando muy atractivo el empleo de híbridos en el espacio urbano.

## 8. El Hidrógeno

El hidrógeno (H<sub>2</sub>) es un gas, a presión y temperatura ambiente, que puede usarse como combustible para dos tipos de sistemas de propulsión en vehículos, en motores de combustión interna cuyo producto de su combustión es agua (sin emitir CO<sub>2</sub>) y las pilas de combustible que generan electricidad necesaria a los motores eléctricos. A largo plazo se impondrán las pilas de combustible, por su eficiencia, frente a los motores de combustión de H<sub>2</sub>.

El proceso de fabricación del H<sub>2</sub>, no exento de emisiones contaminantes, utiliza distintas tecnologías, como la electrolisis del agua (la única respetuosa con el medio ambiente desde que se emplee electricidad generada a partir de fuentes renovables), el reformado de hidrocarburos (como el gas natural), la

gasificación de biomasa y de hidrocarburos y otras tecnologías en fase de investigación.

Un aspecto clave es el almacenamiento y transporte del hidrógeno en los vehículos para el que existen, entre otras, diversas tecnologías todavía no consolidadas: Utilizar compuesto que contenga una alta proporción de hidrógeno (metanol, etanol o gas natural) para ser reformado a bordo (imprescindible la limpieza o depuración para pilas de combustible que requieran hidrógeno de alta pureza). Empleo del H<sub>2</sub> como gas comprimido a 200 bares (de densidad energética muy baja y empleo de depósitos muy voluminosos y pesados) o a muy alta presión - 700 bares (esta tecnología está aún en fase de desarrollo). Almacenamiento del H<sub>2</sub> en estado líquido criogénico a -253°C (a un coste muy elevado y empleo de depósitos aislados que soportaran la presión de la fase gaseosa del gas). Reteniendo el H<sub>2</sub> en la estructura sólida de hidruros metálicos que se liberaría a la demanda de la pila de combustible (estructura muy pesada).

Existe incertidumbre con relación a la demanda futura, ya que la pila de combustible (que se acabará imponiendo a largo plazo) y los motores de combustión interna alimentados con hidrógeno todavía no están listos para su introducción a gran escala en el mercado. Las

aplicaciones en el transporte constituirán el principal impulso para esa demanda, pero la producción en masa de vehículos movidos a H<sub>2</sub> no llegará a corto plazo.

### 8.1. La pila de combustible de hidrógeno

La pila de combustible de hidrógeno es un dispositivo electroquímico que convierte el hidrógeno y el oxígeno en agua, generando electricidad y emitiendo a la atmósfera únicamente vapor de agua si se utiliza hidrógeno puro. Las pilas de combustible necesitan un suministro continuo de oxígeno que se obtiene del aire, y de H<sub>2</sub> que se transporta en un depósito o se obtiene a partir de otro combustible por un reformador instalado a bordo.

Dentro de los distintos tipos de pilas de combustible son las pilas de membrana de intercambio protónico (PEMFC) las que mejor se adecuan al transporte por la capacidad de trabajar a altas densidades de corriente, con una rápida respuesta a demandas de potencia variable, además de tener una alta densidad de potencia y una temperatura de funcionamiento relativamente baja.

Condicionada por la incertidumbre con relación a la demanda futura se espera que las pilas de combustible también se empleen para

aplicaciones fijas o estacionarias, pronosticando que éstas utilicen predominantemente combustibles fósiles tales como el gas natural para obtención de H<sub>2</sub>.

#### 8.1.1. Ventajas y desventajas de la utilización de la pila de combustible de hidrógeno

Se trata de una alternativa de carácter renovable de alta eficiencia y densidad energética. Utiliza un combustible no tóxico de producción diversificada, que no emite GEI ni gases contaminantes (caso el vehículo no incorpore un reformador) y muy seguro en espacios abiertos. El H<sub>2</sub> necesita de temperaturas elevadas para llegar a la combustión espontánea y presenta un alto límite de inflamabilidad y de detonación. Se anulan los ruidos provenientes del motor. Se destacan desventajas relacionadas con el coste muy alto de las pilas de combustible, por la cantidad de metales preciosos (platino o paladio) empleados como catalizadores, inviabilizando su oferta comercial. Los procesos de obtención de hidrógeno son poco eficientes y la oferta de vehículos es prácticamente nula.

Tecnología de almacenamiento es compleja por la baja temperatura de licuefacción y la red de repostaje apenas existe siendo la autonomía del vehículo limitada. Este

combustible es menos seguro en espacios confinados.

### 8.1.2. El balance energético y de emisiones de los vehículos alimentados con pila de combustible de hidrógeno

Los vehículos con pila de combustible siempre tendrán un balance energético más positivo que los vehículos con motores de combustión pese que dependa en gran medida de la tecnología utilizada para la producción de hidrógeno.

No producen emisiones en el punto de utilización más que vapor de agua, lo que supone grandes ventajas medioambientales. Actualmente, la mayor parte del hidrógeno se produce a partir de gas natural mediante un proceso reformado con vapor de agua que genera CO<sub>2</sub>. Sin embargo, la meta a largo plazo es la producción por electrolisis del agua aprovechando las energías renovables. Los reformadores instalados a bordo de los vehículos aportan pocos beneficios medio ambientales.

## 8.2. Motores de combustión de hidrógeno

Los motores de combustión interna alternativos de encendido provocado (MCI) que emplean hidrógeno como carburante

utilizan una tecnología ya ampliamente probada. Se pronostica que esta tecnología, aunque menos eficiente energéticamente, será arrastrada por el desarrollo del sector del hidrógeno, asociado al de los vehículos de pila de hidrógeno, aprovechándose de la infraestructura producción y de las estaciones de suministro. La incertidumbre asociada al desarrollo de la industria del H<sub>2</sub> afecta la introducción de los motores de combustión interna no estando todavía preparados para su lanzamiento a gran escala en el mercado.

### 8.2.1. Ventajas y desventajas de la utilización de los vehículos de combustión de hidrógeno

Estos motores no producen prácticamente emisiones locales, exceptuando ligeras emisiones de NO<sub>x</sub>, beneficiando de todas las ventajas y desventajas referidas con anterioridad para el hidrógeno como combustible. Su almacenamiento conlleva igual complejidad y, por la problemática de producción, la oferta vehículos de combustión y la red de distribución de hidrógeno apenas existe.

### 8.2.2. El balance energético y de emisiones de los vehículos de combustión de hidrógeno

Los motores de combustión interna impulsados por hidrógeno siempre tendrán un balance energético inferior a los vehículos con

pila de combustible pese a que ese balance dependa siempre de la tecnología de producción del carburante.

Estos vehículos producen mínimas emisiones contaminantes originadas por la combustión del aceite lubricante del motor y pequeñas emisiones de NO<sub>x</sub> debido al exceso de aire con el que se produce la combustión y a las elevadas temperaturas que se alcanzan en el interior de los cilindros.

## 9. Resumen de ventajas y desventajas combustibles y vehículos

Tabla 1. Ventajas y desventajas, balance energético y de emisiones de la gasolina y el diésel.

Vehículos con motor	Legislación	Prestaciones físicas y mecánicas					Precio/Coste			Emisiones				Balance	Obs.
		Par motor	Autonomia	Peso del Vehic.	Fiabilidad y durabilidad	Eficiencia Motor	Precio Combust.	Precio Adq.Vehic.	Coste Manten.	Consumo	NOx	CO2			
<b>Diésel</b>	No favorable	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor	35%	Menor	Mayor	Mayor	Menor	Más	Menos	Favorable	Si dotados de reductores de emisiones de partículas y de NOx	
<b>Gasolina</b> (motor Otto)	Favorable	Menor	Menor	Menor	Menor	25%	Mayor	Menor	Menor	Mayor	Menos	Más			

(peso del motor y/o peso de las baterías) (ITV, revisiones, reparaciones, etc.).

Tabla 2. Ventajas y desventajas gasóleo y biodiésel.

Vehículos con motor	Propiedades físicas y mecánicas									Precio/Coste	
	Almacen. Transp.	Punto Congel.	Tiempo Almac.	Disolv.	Filtrab.	Prop. Lubric.	Sustit. Filtros	Ruido motor	Octan.	Precio Combust	Rentabilidad
<b>Biodiésel</b> /Gasóleo	+ Seguro	Mejor	3. más	Mayor	Mejor	Mejor	- frec	Mejor	Mejor	Mayor	Menor
<b>Gasóleo</b>	- Seguro	Peor	ilimitado	Menor	Peor	Peor	- frec	Peor	Peor	Menor	Mayor

Tabla 3. Balance energético y de emisiones gasóleo y biodiesel.

Vehículos con motor	Energía						Emisiones								Balance Emisiones	Obs.	
	Energía por Un. Volume	Energía por Un. Masa	ahorro energía primaria de aceites crudos	de aceites usados	de aceites crudos	de aceites usados	Balance Energético	NOx	Toxico	PAH	CO	COV	Partículas	CO <sub>2</sub>			GEI
<b>Biodiésel</b> /Gasóleo	Más	Más	45%	69%	75%	96%	Favorable	Más	No	Menos	Menos	Menos	Menos	-40%	-40%	Favorable	biodiésel puro reducida más del 40% de las emisiones netas de CO2
<b>Gasóleo</b>							Mayor	Menos	Si	Más	Más	Más	Más	Más	Más		

Tabla 4. Ventajas y desventajas del Bioetanol y la gasolina.

Vehículos con motor	Propiedades físicas y mecánicas										Precio/Coste		
	Almacen. Manipulac.	Limpieza Estanqueid.	Par motor	Potencia	Octan.	Poder calorífico	Autonomia	Arranque en frio	Prop. Lubric.	Precio Combust	Consumo	Rentabilidad	
<b>Bioetanol</b> /Gasolina	Peor	+ exigente	Mayor	Mayor	Mejor	Menor	Menor	Peor	Peor	Mayor	Menor	Mayor	
<b>Gasolina</b>	Mejor	- exigente	Menor	Menor	Peor	Mayor	Mayor	Mejor	Mejor	Menor	Mayor	Mayor	

Tabla 5. Balance energético y de emisiones del Bioetanol y la Gasolina.

Balances Energético y de Emisiones																
Vehículos con motor	Energía					Emisiones										
	Densidad energética	ahorro energía primaria		ahorro energía total		Balace Energético	Toxico	COVNM	NOx	CO	Partículas	GEI	CO <sub>2</sub>	Reducción CO <sub>2</sub> E85 de cereales	ES de cereales	Balace Emisiones
Bioetanol/Gasolina	Más	17%	0,28%	36%	1,12%	Favorable	No	Menos	Menos	Menos	Menos	Menos	-50% a -60%	-70%	-3%	Positivo
Gasolina						Menos	Si	Más	Más	Más	Más	Más				

Tabla 6. Ventajas y desventajas del Gas Natural, la Gasolina y el Diésel.

Vehículos con motor	Propiedades físicas y mecánicas									Precio/Coste
	Almacen. Manipulac.	Inspección de motor	Verificación conexiones eléctricas	Vida útil del motor	Octan.	Vibraciones del motor	Ruido motor	Arranque en frío	Peso Depósitos Comb.	Precio Combust.
Gas Natural	Mejor	+ frecuentes	+ frecuentes	Mayor	Mayor	Mejor	Mejor	Mejor	+ Pesados	Menor
Gasolina/Diésel	Peor	- frecuentes	- frecuentes	Menor	Menor	Peor	Peor	Peor	- Pesados	Mayor

Tabla 7. Balance de emisiones del Gas Natural, la Gasolina y el Diésel.

Balances de Emisiones									
Vehículos con motor	Emisiones							Balance de emisiones	
	CO <sub>2</sub>	NOx	CO	Partículas	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> y HC	de GEI		
Gas Natural	-10% a -30%	>85%	25%	100%	100%	85%	Positivo	a par	
Gasolina/Diésel							Gasolina	Diésel	

## Capítulo III: Políticas sobre energía y movilidad

# ÍNDICE

<b>1. POLÍTICA ESPAÑOLA Y NORMATIVA EUROPEA .....</b>	<b>44</b>
<b>2. REDUCCIÓN DE EMISIONES Y DESCARBONIZACIÓN EN EL SECTOR TRANSPORTE EN ESPAÑA. ....</b>	<b>51</b>
2.1. INFRAESTRUCTURAS Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO Y DEL TRANSPORTE.....	51
2.2. CAMBIO MODAL.....	51
2.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	51
2.4. CALIDAD AMBIENTAL (DEL AIRE Y RUIDO) .....	52
2.5. CAMBIO CLIMÁTICO Y REDUCCIÓN DE LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA .....	53
2.6. GESTIÓN DE LA DEMANDA .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emisiones de CO2 equivalente por sector. Histórico y proyección 2030. ....	47
Figura 2. Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica (MW). ....	47
Figura 3. Ahorro de energía final acumulada por medidas en España 2021-2030 en ktep. ....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propuestas de descarbonización de la economía española. ....	44
Tabla 2. Emisiones de CO2 ( kt) equivalente por sector. Histórico y proyección a 2030. ....	46
Tabla 3. Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica (MW). ....	47

## 1. Política española y normativa europea

Las disposiciones europeas sobre la reducción de las emisiones de efecto invernadero a corto plazo año 2020, medio plazo 2030 y largo plazo 2050 tienen en España implicaciones en los sectores claves de generación y transporte de energía eléctrica así como en el transporte por carretera que representa el 26 % del CO<sub>2</sub>.

Por lo que respecta al transporte por carretera la descarbonización le plantea diversos retos y con el previsible aumento, en el futuro, de la movilidad eléctrica.

*Tabla 1. Propuestas de descarbonización de la economía española.*

Objetivos		EMISIONES GEI	
		Sectores NO ETS	Sectores ETS
2020	Respecto a 1990	-20%	-20%
	Respecto a 2005	-10%	-21%
2030	Respecto a 1990	-40%	-40%
	Respecto a 2005	-26%	-43%
2030 PNIEC	Respecto a 1990	-21%	
	Respecto a 2005	-38%	-60%
2050	Respecto a 1990	Entre -80% y -95%	

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del proceso de transición hacia una movilidad sostenible se pueden destacar a nivel europeo los siguientes objetivos que se han ido desarrollando desde hace años:

**Objetivo para el periodo 2013-2020:** que representa para los sectores difusos una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> del 10 % respecto a los mismos valores del año 2005 y un 20 % menos respecto de los mismos valores del año 1990.

**Objetivo 2030:** la reducción de emisiones a esa fecha debe ser del 40 % respecto de las de 1990 y en el caso de los coches nuevos deben emitir un – 37,5 % de CO<sub>2</sub> y un – 31 % para el caso de las furgonetas. Para el caso del transporte en sectores difusos, el objetivo es reducir las emisiones un 26 % respecto al año 2005 para lo cual se necesita la mejora de la eficiencia de los motores y el incremento de los vehículos eléctricos e híbridos.

Por lo que respecta al transporte por carretera el consumo de combustibles y las emisiones de CO<sub>2</sub> han crecido en los últimos años por lo que para cumplir con el objetivo marcado en el del 2030 solo puede invertirse aumentando el papel de los biocombustibles y mediante el cambio a la movilidad eléctrica.

**Objetivo UE 2050 medidas y hoja de ruta:** la reducción de emisiones debe ser del 80 %

con relación a 1990 de los cuales el 60 % en el año 2040. Por lo que respecta al sector transporte la reducción se que se plantea es del 60 % de las emisiones de 1990. El PNIEC establece que se adoptarán las medidas necesarias para conseguir en el 2050 un parque de turismos y vehículos comerciales ligeros sin emisiones directas de CO<sub>2</sub>.

La política energética en España está alineada con la política de la Unión Europea y condicionada por el contexto internacional en el que se destaca el Acuerdo de París alcanzado en 2015. El objetivo principal del Acuerdo es contener el aumento de la temperatura media global de la superficie de la Tierra por debajo de los 2°C, respecto a 1990, haciendo esfuerzos para no supere 1,5°C (el último informe del IPCC confirmó que el crecimiento ya supera 1°C desde 2017).

**La UE estableció en el año 2014 unos objetivos vinculantes para 2030 en el contexto del marco estratégico en materia de clima y energía para el periodo 2020-2030 (COM(2014) 15):**

- **La reducción de al menos 40% las emisiones de GEI respecto a 1990.**
- **La participación de no menos 32% de renovables sobre el consumo total de energía final bruta, para toda la UE.**

- **La mejora de la eficiencia energética en al menos 32,5%.**
- **Y la garantía de una interconexión eléctrica entre los Estados miembros no inferior al 15%.**

Además de estos objetivos, la UE se ha comprometido a alcanzar la neutralidad en carbono en todo territorio de la Unión conforme la hoja de ruta “Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra”. Se trata de la respuesta política internacional más ambiciosa en el ámbito de la CMNUCC frente al reto del cambio climático determinando un objetivo aplicable al conjunto de la economía y de la sociedad europea.

España anuncia a finales de 2019 dotarse de un marco estratégico estable. Los pilares anunciados de este marco son el **anteproyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética**, el actual **borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima - PNIEC 2021-2030**, la **Estrategia de Transición Justa**, la **Estrategia de Pobreza Energética** y la próxima **Estrategia a Largo Plazo para la Modernización, Innovación y Neutralidad Climática de la Economía Española en 2050** cuyas sinergias reunirán los vectores hacia la descarbonización de su

economía. Se pretende orientar la política española hacia una economía circular descarbonizada dentro de un marco legal estratégico y estable. El objetivo es transformar España en una potencia de energía renovable, pasando del 40% actual de la generación eléctrica hacia 70% en 2030, alcanzando los 100% el 2050.

**El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima PNIEC 2021-2030** refleja el marco de energía y clima de España y sienta las bases para la modernización de la economía circular baja en carbono. Asume el papel de una hoja de ruta para la próxima década, diseñada para lograr, en coherencia con la neutralidad de emisiones para 2050 (reducción de al menos un 90% de las emisiones brutas de GEI), los siguientes grandes **objetivos a 2030**:

- **23% de reducción de emisiones de GEI respecto a 1990.**
- **42% de energías renovables sobre el consumo total de energía final.**
- **39,5% de mejora de la eficiencia energética.**
- **74% de energías renovables en la generación eléctrica.**

Además, el objetivo para 2050 de neutralidad debería alcanzarse un sistema eléctrico 100% renovable en 2050.

**La reducción de emisiones de GEI proyectadas** supone pasar de los 340,2 MtCO<sub>2</sub>-eq emitidos en el año 2017, a alrededor de un tercio, en 2030, es decir 221,8 MtCO<sub>2</sub>-eq, que representa proporcionalmente un esfuerzo de mitigación de emisiones muy superior al objetivo actual de la Unión Europea, siendo del 40% para 2030 y se encuentra plenamente alineado con la horquilla 50-55% al que se dirige la Unión.

Los sectores difusos contribuyen con una reducción en 2030 del 39% respecto a los niveles del año 2005, mientras que, para los sectores sujetos al comercio de derechos de emisión, la reducción sería del 61% con respecto a 2005.

*Tabla 2. Emisiones de CO<sub>2</sub> ( kt) equivalente por sector. Histórico y proyección a 2030.*

Año	1990	2005	2015	2020*	2025*	2030*
Transporte	59.139	102.310	89.197	87.058	77.651	59.875
Generación de energía eléctrica	65.864	112.623	74.051	56.622	26.497	20.608
Sector industrial (combustión)	45.999	68.598	40.462	37.796	33.293	30.462
Sector industrial (emisiones de procesos)	28.559	31.932	21.036	21.147	20.656	20.017
Sectores residencial, comercial e institucional	17.571	31.124	28.135	28.464	23.764	18.397
Ganadería	21.885	25.726	22.854	23.247	21.216	19.184
Cultivos	12.275	10.868	11.679	11.382	11.089	10.797
Residuos	9.825	13.389	14.375	13.657	11.932	9.718
Industria del refino	10.878	13.078	11.560	12.330	11.969	11.190
Otras industrias energéticas	2.161	1.020	782	825	790	760
Otros sectores	9.082	11.729	11.991	12.552	11.805	11.120
Emisiones fugitivas	3.837	3.386	4.455	4.789	4.604	4.362
Uso de productos	1.358	1.762	1.146	1.236	1.288	1.220
Gases fluorados	64	11.465	10.086	8.267	6.152	4.037
<b>Total</b>	<b>287.656</b>	<b>439.070</b>	<b>335.989</b>	<b>319.312</b>	<b>269.675</b>	<b>221.944</b>

FUENTE: PNIEC 2021-2030.

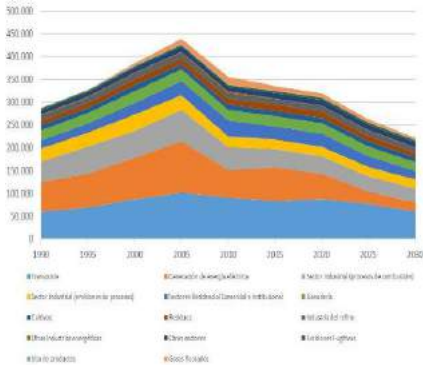


Figura 1. Emisiones de CO2 equivalente por sector. Histórico y proyección 2030.

Fuente: PNIEC 2021-2030.

Los principales resultados previstos del PNIEC se manifiestan por un aumento de la **eficiencia energética** del país que reduce la demanda total de energía, por una significativa sustitución de combustibles fósiles por energías **renovables** fundamentalmente y, en definitiva, la **electrificación** de la economía.

Asimismo, el **ahorro de energía primaria sería de un 39,5%** en 2030 respecto al escenario tendencial de referencia utilizado por la UE y la **importación de combustibles fósiles** (carbón, petróleo y gas) entre el 2017 y el año 2030 **disminuye un 34%**.

El borrador actualizado PNIEC prevé un crecimiento acentuado de la potencia total instalada en el sector eléctrico alcanzando **161 GW**, en 2030, de los que **50 GW** serán

energía eólica; **39 GW** solar fotovoltaica; **27 GW** ciclos combinados de gas; **15 GW** hidráulica; **9 GW** bombeo; **7 GW** solar termoeléctrica; y **3 GW** nuclear, así como cantidades menores de otras tecnologías.

Tabla 3. Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica (MW).

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)				
Año	2015	2020*	2025*	2030*
Eólica (terrestre y marítima)	22.925	28.033	40.633	50.333
Solar fotovoltaica	4.854	9.071	21.713	39.181
Solar termoeléctrica	2.300	2.303	4.803	7.303
Hidráulica	14.104	14.109	14.359	14.609
Bombeo Mixto	2.687	2.687	2.687	2.687
Bombeo Puro	3.337	3.337	4.212	6.837
Biogás	223	211	241	241
Otras renovables	0	0	40	80
Biomasa	677	613	815	1.408
Carbón	11.311	7.897	2.165	0
Ciclo combinado	26.612	26.612	26.612	26.612
Cogeneración	6.143	5.239	4.373	3.670
Fuel y Gas (Territorios No Peninsulares)	3.708	3.708	2.781	1.854
Residuos y otros	893	610	470	341
Nuclear	7.399	7.399	7.399	3.181
Almacenamiento	0	0	500	2.500
<b>Total</b>	<b>107.173</b>	<b>111.029</b>	<b>133.802</b>	<b>150.837</b>

\*Los datos de 2020, 2025 y 2030 son estimaciones del Escenario Objetivo del borrador actualizado del PNIEC.

Fuente: PNIEC 2015-2030.

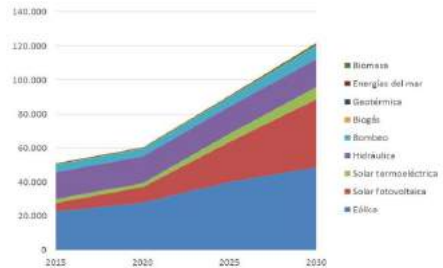


Figura 2. Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica (MW).

Fuente: PNIEC 2015-2030.

De las grandes áreas de actuación propuestas por el **PNIEC 2021-2030** se destacan las propuestas de transformación sectoriales en las **dimensiones de descarbonización y eficiencia energética**

que amparan las **políticas y medidas relacionadas con el transporte** por carretera por forma a inferir las medidas legislativas.

El Plan propone 20 medidas dentro de las que buscan la **descarbonización de la economía**, de las cuales 10 persiguen la promoción de manera específica de alguna tecnología renovable o en alguno de los tres usos de la energía.

Medidas relacionadas con el **uso de Biocombustibles avanzados en el transporte**. Para esta medida se prevén los siguientes mecanismos de actuación: Obligación general de venta o consumo de biocarburantes. Adaptación del sistema de certificación para recoger de forma específica los biocarburantes avanzados y, en particular, el biometano inyectado en red. Programa de ayudas para instalaciones de producción de biocarburantes avanzados. Establecimiento de una obligación específica de venta o consumo de biocarburantes avanzados para el periodo 2021-2030. Promoción del consumo de mezclas etiquetadas de biocarburantes, a través de medidas que permitan ofrecer esta posibilidad en estaciones de servicio y la aplicación de tipos reducidos en el impuesto especial de hidrocarburos. Establecimiento de objetivos específicos de consumo de biocarburantes en aviación.

El plan presenta 10 medidas de **eficiencia energética** que se han diseñado, bajo un enfoque sectorial, con el objetivo de cumplir con la obligación de ahorro que se deriva del artículo 7 de la Directiva de Eficiencia Energética. Destaca el **sector transporte, con 4 medidas**, que contribuirá en mayor medida al objetivo de ahorro de energía final acumulado para el periodo 2021-2030, con casi 14 Mtep.

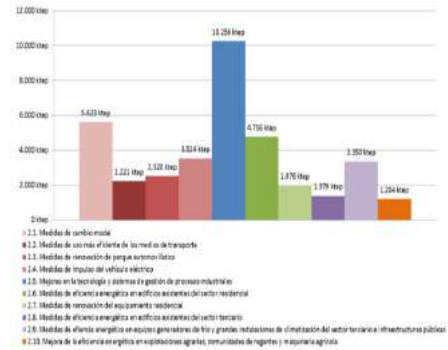


Figura 3. Ahorro de energía final acumulada por medidas en España 2021-2030 en ktep.

Fuente: PNIIEC 2015-2030.

Las medidas de **cambio modal** (promoción de los modos más eficientes). Lo que pretende es reducir el uso del vehículo privado, de manera que el Escenario Objetivo de este Plan, considera factible la reducción de los tráficos de pasajeros (pasajeros-km) en entornos urbanos en un 35% hasta 2030 y de los tráficos interurbanos del orden de un 1,5% anual; el teletrabajo, el vehículo compartido, el uso

de los medios no motorizados y del transporte público colectivo posibilitarán el cumplimiento de estos objetivos.

Se promoverá la ejecución a través del diseño de programas de apoyo público de las medidas contenidas en los **Planes de Movilidad Urbana Sostenible**, que habrán de llevar a cabo las **Entidades Locales (con el apoyo de otras Administraciones territoriales, y en su caso, de la Administración General del Estado)**, y de **Planes de Transporte al Trabajo**, puestos en marcha por las **empresas**.

Esta medida es consistente con las prioridades establecidas en los artículos 102 y 103 en materia de movilidad sostenible de la Ley 2/2011, de Economía Sostenible.

Los mecanismos de actuación cuentan con Medidas legislativas: La futura Ley de cambio climático y transición energética. Modificación del artículo 103 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible («Elaboración de los planes de transporte en empresas»), exigiendo su implementación para las empresas con más de 250 trabajadores (grandes empresas) y creación para dichas empresas de la figura del coordinador de movilidad, con el fin de incrementar el número de empresas que disponen de un PTT. Dentro de los mecanismos de actuación se incluyen programas que promuevan la implantación

de las medidas y actuaciones contenidas en **los Planes de Movilidad Urbana Sostenible** y en los **Planes de Transporte al Trabajo**; diseño de instrumentos financieros que permitan movilizar las inversiones necesarias en infraestructuras ferroviarias para desplazar el transporte de mercancías desde la carretera al ferrocarril. En este sentido se propone ir por encima del objetivo del **Plan de infraestructuras, transporte y vivienda (PITVI) 2012-2024**, de manera que el trasvase de transporte de mercancías por carretera a ferrocarril sea de un 7,5% en vez de un 6%.

**Medidas de uso más eficiente de los medios de transporte**

Busca la mejora de la eficiencia energética del sistema ferroviario convencional motivada por las mejoras tecnológicas y por un mejor aprovechamiento energético, así como la promoción de medidas de eficiencia energética en el transporte aéreo y marítimo.

Medidas de **renovación de parque automovilístico** cuyos mecanismos de actuación se centrarían en fiscalidad y actuaciones legislativas: El Ministerio de Hacienda, en colaboración con las Entidades Locales, en la línea iniciada ya por la Dirección General de Tributos, analizará la conveniencia, viabilidad y plazos de una **reforma del actual IVTM**. Otra posible **reforma del IEDMT** de manera que las

decisiones de compra del consumidor se orienten hacia vehículos de menor consumo. En coordinación con las Autoridades Locales se promoverá la aplicación de medidas de restricción del tráfico y gestión del aparcamiento en vía pública por parte de los Ayuntamientos de manera que se penalice a los vehículos más antiguos y por tanto de mayor consumo y emisiones contaminantes.

**Medidas de impulso del vehículo eléctrico** en las que los principales mecanismos de actuación se materializaran por: Programas de apoyo público - diseño de programas de ayudas a fondo perdido que multipliquen el presupuesto puesto a disposición de los particulares y empresas para la adquisición de vehículos eléctricos en los anteriores programas (MOVELE, MOVEA, MOVALT, MOVES). Fiscalidad: el Ministerio de Hacienda analizará la conveniencia y viabilidad de la posible reforma del Impuesto Especial sobre Determinados Medios de Transporte (IEDMT o «impuesto de matriculación») para actualizar los umbrales de emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de los cuales se abona el impuesto.

## 2. Reducción de emisiones y descarbonización en el sector transporte en España.

El **sector del transporte** cuenta con un capítulo específico en la **Estrategia Española de Movilidad Sostenible** encuadrado en las **áreas de actuación** de la **Estrategia española de cambio climático y energía limpia, horizonte 2007-2012-2020**. En ese capítulo se contemplan directrices, medidas e indicadores para el fomento de una movilidad más sostenible promoviendo un sistema de transporte más eficiente, que preserve el medio ambiente y los recursos no renovables. Los principales **objetivos** del sector de transporte se enmarcan en las siguientes seis áreas, donde se especifican las principales medidas a contemplar.

### 2.1. Infraestructuras y planificación del territorio y del transporte

- Directrices de actuación en el medio urbano y metropolitano para implantación de Planes de Movilidad Sostenible.
- Coordinación y elaboración de un sistema de indicadores que muestre el estado y la evolución del transporte en España, y que evalúe el grado de cumplimiento de las políticas y medidas.
- Potenciación del urbanismo de proximidad.
- Vinculación de la planificación urbanística con la oferta de transporte público y no motorizado.
- Sistemas inteligentes de transporte.
- Sistemas de administración electrónica, teletrabajo y comercio electrónico.

### 2.2. Cambio modal

- Puesta en marcha de las Autopistas del Mar y transporte marítimo de corta distancia, como alternativa de gran calidad y competitiva con el transporte terrestre de mercancías.
- Desarrollo de las infraestructuras de conexión intermodal -terminales y accesos, tanto en viajeros como en mercancías.
- Refuerzo del apoyo al transporte colectivo urbano y metropolitano.
- Medidas que faciliten la movilidad no motorizada -peatones y bicicletas- en entornos urbanos y áreas metropolitanas.

### 2.3. Eficiencia energética

- Utilización de la arquitectura bioclimática y de las soluciones constructivas y tecnológicas que reduzcan el consumo de energía para

acondicionamiento e iluminación en las nuevas instalaciones de servicios del transporte, especialmente en grandes terminales.

- Utilización de las tecnologías más eficientes en generación eléctrica y térmica.
- Instalación de elementos de iluminación de bajo consumo y alto rendimiento en nuevas infraestructuras y equipamientos externos de Servicios.
- Integración gradual de criterios de eficiencia energética en la contratación administrativa para el aumento de los vehículos limpios en el parque móvil de carácter público y en las flotas de servicio sometidas a concesión.
- Mejorar la efectividad del etiquetado energético para vehículos, extendiendo el uso de la calificación energética de los automóviles y ampliando este etiquetado a los vehículos ligeros.
- Desarrollo de programas de formación sobre conducción eficiente.

#### 2.4. Calidad ambiental (del aire y ruido)

- Desarrollo de una política territorial y de transportes mediante la inclusión de objetivos de reducción de las

emisiones de gases de efecto invernadero -consistentes con los compromisos adquiridos- en la planificación del transporte (planes sectoriales del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT), intermodales, de movilidad urbana y metropolitana, de acceso a los centros de actividad, etc.).

- Desarrollo de planes y programas para la mejora de la calidad del aire.
- Fomento de la implantación de Sistemas de Gestión Ambiental en las empresas del sector del transporte.
- Fomento de la implantación de Sistemas de Gestión Ambiental en las empresas del sector del transporte.
- Utilización de vehículos limpios en las flotas de transporte público urbano.
- Aumento de la utilización de vehículos limpios en las flotas de vehículos auxiliares y de equipamiento en tierra de los aeropuertos.
- Fomento -mediante instrumentos económicos- de los vehículos energéticamente eficientes y/o limpios en el parque de vehículos para carretera (turismos, autobuses, camiones, etc.) y embarcaciones.
- Diseño de mapas de ruido y elaboración de planes de acción para reducir el ruido ambiental.

## 2.5. Cambio climático y reducción de la dependencia energética

- Nuevas tecnologías en sistemas de tracción y motores.
- Combustibles alternativos y uso de biocarburantes.
- Vehículos limpios y eficientes.

## 2.6. Gestión de la demanda

- Incorporación de objetivos de movilidad sostenible en la planificación urbana y promoción de los desarrollos urbanísticos que no estimulen el uso del vehículo privado.
- Puesta en marcha de Planes de Movilidad.
- Promoción de mayores índices de ocupación del vehículo privado (coche multiusuario o compartido).
- Incorporación de criterios ambientales en el impuesto de matriculación, de modo que los vehículos resulten gravados en función de la contaminación que produzcan.
- Desarrollo de políticas de gestión y tarificación del aparcamiento en las ciudades, que estimulen el uso racional del vehículo privado.
- Fiscalidad orientada hacia la movilidad sostenible.

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico engloba las principales **medidas orientadas a la reducción de las emisiones de GEI relacionadas con el sector transporte** en tres grandes grupos: las de **fomento del trasvase modal** tanto en pasajeros como en mercancías, las de **fomento de combustibles alternativos** y las medidas de **fomento de la eficiencia en el transporte:**

1. **Fomento del trasvase de modos de transporte:** que van de menos a más eficientes, y destacan las que se destinan a viajeros promoviendo el trasvase de la carretera al ferrocarril, o en el trasvase del coche al transporte público y/o a la bicicleta en transporte urbano. Las de transporte de mercancías normalmente están orientadas al trasvase desde la carretera hacia el ferrocarril y/o al modo marítimo. Otras medidas transversales tales la deducción de los gastos por transporte colectivo de viajeros en el impuesto de la renta de personas físicas (Ley 2/2011 de la Economía Sostenible) y la establecida por la Ley 22/2013, de Presupuestos Generales del Estado de 2014, que obliga a las entidades locales, que tengan más de 50.000 habitantes, a tener aprobado un Plan de

Movilidad Urbana Sostenible para acceder al financiamiento en transporte colectivo de viajeros de la Administración General del Estado. Asimismo, el IDAE ha financiado, desde el año 2005, planes de movilidad urbana sostenible.

2. **Fomento de combustibles alternativos en el transporte o el fomento de modos de propulsión bajos en emisiones de CO<sub>2</sub>.** Destacan las actuaciones de la **Estrategia de impulso del vehículo con tecnologías alternativas** que ha fomentado el coche eléctrico, la pila de hidrógeno, el uso de combustibles alternativos de gas natural, GLP en el transporte por carretera, los biocombustibles o el biometano. **Los Planes** que conceden **ayudas a la compra de vehículos** eléctricos (Planes MOVELE) o para la **compra de vehículos propulsados por combustibles alternativos** gas natural, GLP e hidrógeno para vehículo eléctrico (Plan MOVEA que integra los planes MOVELE y parte de los planes PIMA). La **normativa de fomento de biocombustibles** en transporte (RD 1597/2011 sobre criterios de sostenibilidad de

biocombustibles y el RD 1085/2015 de fomento de biocarburantes). La **Renovación natural de la flota de vehículos ligeros conforme a objetivos de reducción a 2020** (medida ya adoptada por el Reglamento UE 333/2014 por el que establece un nuevo objetivo de reducción para turismos nuevos de 95 gr CO<sub>2</sub>/km en 2020 y el Reglamento UE 253/2014 por el que se establece las normas para alcanzar el objetivo de 2020 de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos comerciales ligeros nuevos). La **Introducción de vehículos de muy bajas emisiones de CO<sub>2</sub>** (en esta medida se incluye la introducción de aquellos tipos de vehículos con emisiones por debajo de 50 gr CO<sub>2</sub>/km, el límite que marcan los Reglamentos 443/2009 y 510/2011 para este tipo de vehículos). Sin embargo la **penetración de los biocombustibles procedentes de cultivos agrícolas**, previsto en el Plan de Energías Renovables 2011-2020 se **ha visto condenada** por las disposiciones adoptadas por el Ministerio de industria Energía y Turismo - MINETUR y el proceso negociador de modificación de la Directivas 2009/28/CE y 1998/70/CE).

3. **Fomento de la eficiencia en el transporte por carretera** para potenciar el uso más eficiente de los vehículos donde destaca la última **normativa europea de reducción de emisiones en turismos y vehículos comerciales ligeros nuevos** para 2015 y 2020 (Reglamentos 443/2009 y 510/2011). El **tipo impositivo del impuesto de matriculación de los vehículos nuevos** que se define a partir de las emisiones de CO<sub>2</sub> (según la ley 34/2007). Las ayudas del IDAE para la realización de  **cursos de conducción y de gestión de flotas eficientes**. Y los **Planes de renovación vehículos** comerciales ligeros (Planes PIMA Aire que contempla ayudas a la compra de vehículos propulsados por gas natural, motocicletas y bicicletas eléctricas) y de renovación de las flotas de vehículos turismos (Planes PIVE). El Plan de financiación del achatarramiento de vehículos pesados de más 7 años de antigüedad (Plan PIMA Transporte).

## Capítulo IV: Desafíos

## ÍNDICE

1. DESAFÍOS.....	58
------------------	----

## 1. DESAFÍOS

Una vez presentados los tres capítulos de los que se compone el presente Estudio, donde se analiza la situación actual de la relación entre la movilidad y la energía, es necesario realizar una reflexión sobre los desafíos ante los que se enfrenta la movilidad y la energía en los próximos decenios.

Vivimos en un momento crítico, no sólo por la pandemia que estamos viviendo a nivel mundial y que, consecuentemente, está produciendo cambios en nuestra forma de vida que afecta a la forma de movernos, a nuestras prioridades como personas, a la manera de relacionarnos, a nuestras exigencias, etc. También estamos en un momento crítico en la lucha contra el cambio climático, en un momento de cambio de los antiguos paradigmas sobre la sociedad que queremos en un futuro no tan lejano como imaginábamos hace apenas unos años. Y todo ello queriendo mantener nuestros logros en materia social, manteniendo nuestro estado del bienestar, que tanto nos ha costado conseguir.

En este complejo y cambiante mundo, la movilidad se ha convertido en un palanca clave para el desarrollo económico y social, para el aseguramiento de nuestras necesidades, básicas y no tan básicas, en

momento crítico como el confinamiento a que hemos estado sometido. Hemos visto como la libertad de movimiento se ha visto afectada por restricciones que atentan contra nuestra libertad individual, si bien, hay momentos en los que otros objetivos, nuevos y exigentes, se imponen sobre los clásicos.

Por otro lado, la transición energética en la que estamos inmersos dibuja un futuro totalmente novedoso, con unas implicaciones que van mucho más allá de un cambio en el mix energético y el desarrollo de una movilidad sostenible.

En este contexto, nuevo, exigente y apasionante, son varios los desafíos a los que se enfrenta la movilidad y la energía en un futuro próximo, en el horizonte 2050. Pasemos, a continuación, a enumerar los más importantes:

- Que la movilidad continúe siendo una palanca clave en el crecimiento económico y social de nuestra sociedad.
- Que se produzca un desacoplamiento entre el crecimiento de la movilidad y las externalidades generadas por el transporte.
- Que la movilidad contribuya de manera eficiente y eficaz al

cumplimiento de los Objetivos del Milenio de las Naciones Unidas.

- Que la movilidad, como elemento clave en el proceso de la transición energética, colabore en dicho proceso de una manera eficiente, desarrollando modos alternativos de movilidad, potenciando los modos más sostenibles y estructurando un parque de vehículos acorde con las futuras directrices de las instituciones mundiales, europeas y españolas.
- Que la movilidad colabore en la economía libre de carbono que propugna la Unión Europea.
- Que el sector transporte junto con el sector energético sean capaces de desarrollar nuevos modelos energéticos asociados a la movilidad que garanticen una movilidad sostenible en el horizonte 2050.

Con base en los anteriores desafíos, obviamente no excluyentes, este Estudio es la primera fase de un Estudio más amplio que define una serie de indicadores asociados al transporte (interurbano de pasajeros y mercancías) y a la introducción de las nuevas energías en el transporte, para ser capaces de definir el camino más eficiente en el proceso de transición energética hasta el año 2050, de manera que se cumpla con los objetivos marcados

por la Unión Europea y por el Gobierno de España.

Además, estos indicadores analizan el nivel de cumplimiento de la hora de ruta que se haya definido en el modelo de transición energética de la movilidad, sirviendo también para analizar las posibles desviaciones, si las hubiere, planteando soluciones que permitan cumplir los desafíos ante los que actualmente nos encontramos.

Verdaderamente todo un desafío.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACEA.** (2019). *ACEA Report, vehicles in use Europe 2019.*

**ÁLVAREZ PELEGRY, E; ÁLVARO HERMANA, R.** (2017). *Implicaciones del energiewende en el ámbito eléctrico.*

**ANFAC.** (2018). *Informe anual 2018.*

**ANFAC.** (2019). *Barómetro ANFAC de la electromotricidad, metodología de elaboración.*

**ANFAC.** (2019). *Informe anual 2019.*

**ANFAC.** (2019). *Plan de movilidad ANFAC, transición inteligente hacia la movilidad del futuro.*

**ANFAC.** (2020). *Automoción, liderando la movilidad sostenible.*

**ASEPA.** (2016). *Un modelo energético sostenible para España en 2050, recomendaciones de política energética para la transición.*

**ASEPA.** (2017). *Retos futuros de la energía para los motores térmicos: la opción de los biocombustibles.*

**ASEPA.** (2018). *Baterías, el corazón del coche eléctrico, diseño actual y tendencias.*

**ASEPA.** (2018). *El gas natural: GNC y GNL, combustible alternativo terrestre y marítimo.*

**ASEPA.** (2018). *El hidrogeno en la automoción.*

**ASEPA.** (2018). *El presente y la problemática del diésel.*

**ASEPA.** (2019). *Transición hacia una movilidad sostenible, retos y oportunidades.*

**COMISIÓN EUROPEA.** (2018). *Un planeta limpio para todos: una visión estratégica europea a largo plazo para una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra, una hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica en 2050.*

**COMISIÓN EUROPEA.** (2019). *Eliminar la contaminación, el pacto verde Europeo. La descarbonización del sistema energético de la UE es fundamental para alcanzar nuestros objetivos climáticos.*

**COMISIÓN EUROPEA.** (2019). *Energía limpia, el pacto verde Europeo. La descarbonización del sistema energético de la UE es fundamental para alcanzar nuestros objetivos climáticos.*

**COMISIÓN EUROPEA.** (2019). *El pacto verde Europeo: Cumpliendo paso a paso.*

**COMISIÓN EUROPEA.** (2019). *El pacto verde Europeo establece como hacer Europa el primer continente climáticamente neutro en 2050 impulsando la economía, mejorando la salud y calidad de vida de los ciudadanos, protegiendo la naturaleza y no dejando atrás a nadie.*

**DELOITTE.** (2017). *Un modelo de transporte descarbonizado para España en 2050, recomendaciones para la transición.*

**EUROPEAN COMMISSION.** (2019). *Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions.*

**GARCÍA BAQUERO, C.** (2019). *Transporte y movilidad sostenible: Una oportunidad para España.*

**IDAE.** (2005). *Combustibles y vehículos alternativos.*

**IDAE.** (2008). *Nuevos combustibles y tecnologías de propulsión: situación y perspectivas de la automoción.*

**IDAE.** (2010). *Guía de la eficiencia energética en la automoción.*

**IDAE.** (2011). *Resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020.*

**IDAE.** (2012). *El vehículo eléctrico para flotas.*

**IDAE.** (2019). *Guía de movilidad eléctrica para las entidades locales.*

**IEA.** (2019). *Hybrid and electric vehicles, the electric drive hauls.*

**IPCC.** (1990). *Primer Informe de Evaluación, Resumen General.*

**IPCC.** (2008). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis.*

**MOVELE.** (2011). *Guía para la promoción del vehículo eléctrico en las ciudades.*

**MINISTERIO DE FOMENTO.** (2005). *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) 2005-2020.*

**MINISTERIO DE FOMENTO.** (2015). *Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda - PITVI 2012-2024.*

**MINISTERIO DE FOMENTO.** (2016). *Evolución de los indicadores económicos y sociales del transporte terrestre.*

**MINISTERIO DE FOMENTO.** (2018). *Evolución de los indicadores económicos y sociales del transporte terrestre.*

**MINISTERIO DE FOMENTO.** (2019). *Estrategia Española de Movilidad Sostenible.*

**MINISTERIO DE FOMENTO.** (2019). *Evolución de los indicadores económicos y sociales del transporte terrestre.*

**MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO.** (2015). *Estrategia de impulso del vehículo con energías alternativas (VEA) en España, Propuestas de actuación.*

**MINISTERIO DE INDUSTRIA.** (2019). *Plan Estratégico de Apoyo Integral al Sector de Automoción 2019-2025.*

**MINISTERIO DEL INTERIOR.** (2018). *Anuario estadístico. DGT.*

**MINISTERIO DE MEDIOAMBIENTE.** (2007). *Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007 - 2012 - 2020 – EECCEL.*

**MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA.** (2017). *La energía en España, 2017.*

**MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA.** (2019). *Estrategia de Transición Justa.*

**MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA.** (2019). *Marco Estratégico de Energía y Clima: Una oportunidad para la modernización de la economía española y la creación de empleo.*

**OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA EN ESPAÑA (OTLE).** (2019). *Informe anual 2018.*

**OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA EN ESPAÑA (OTLE).** (2019). *Anexo metodológico, 2019.*

**OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA EN ESPAÑA (OTLE).** (2020). *Informe anual 2019.*

**OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA EN ESPAÑA (OTLE).** (2020). *Anexo metodológico, 2020.*

**OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA EN ESPAÑA (OTLE).** (2020). *Movilidad urbana y metropolitana: un gran reto de las ciudades del siglo XXI.*

**PNIEC.** (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030: Hoja de ruta apuntando hacia la neutralidad de emisiones en 2050.*

**SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, A.** (2009). *Nuevo reglamento EURO5 y EURO6.*

**SERAUTO; SORIA GARCÍA-RAMOS, M.L.** (2017). *Evolución de la reglamentación europea sobre emisiones y homologación de los vehículos.*

**UNIÓN EUROPEA.** (2011). *Libro Blanco para el sector del Transporte.*

**UNFCCC.** (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change.*

**UNFCCC.** (2008). *Kyoto protocol.*

ANEXO I

**Análisis de la movilidad interurbana  
en España**

# ÍNDICE

<b>1. ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD GENERAL DE PERSONAS Y MERCANCÍAS .....</b>	<b>8</b>
<b>2. ANÁLISIS DEL DESARROLLO ECONÓMICO Y SU RELACIÓN CON LA MOVILIDAD DE PERSONAS Y MERCANCÍAS .....</b>	<b>14</b>
<b>3. ANÁLISIS DEL TRANSPORTE INTERURBANO POR CARRETERA POR TIPO DE VÍA .....</b>	<b>18</b>
<b>4. ANÁLISIS DEL TRANSPORTE INTERURBANO POR CARRETERA Y CLASE DE VEHÍCULO .....</b>	<b>19</b>
<b>5. ANÁLISIS DEL TRANSPORTE DE VIAJEROS Y MERCANCÍAS POR TIPO DE VEHÍCULO .....</b>	<b>22</b>
<b>6. ANÁLISIS DEL PARQUE DE VEHÍCULOS A NIVEL EUROPEO .....</b>	<b>25</b>
6.1 PARQUE DE VEHÍCULOS TOTAL .....	25
6.2. PARQUE AUTOMOVILÍSTICO DE TURISMOS .....	26
6.3. PARQUE AUTOMOVILÍSTICO DE VEHÍCULOS COMERCIALES LIGEROS.....	28
6.4. PARQUE AUTOMOVILÍSTICO DE VEHÍCULOS COMERCIALES MEDIOS Y PESADOS .....	31
6.5. PARQUE AUTOMOVILÍSTICO DE AUTOBUSES.....	33
<b>7. EVOLUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO EN ESPAÑA .....</b>	<b>36</b>
<b>8. EVOLUCIÓN DEL PARQUE POR TIPO DE COMBUSTIBLE.....</b>	<b>43</b>
<b>9. ANÁLISIS DE LAS MATRICULACIONES POR TIPO DE VEHÍCULO.....</b>	<b>49</b>
<b>10. ANÁLISIS DE LAS MATRICULACIONES POR TIPO DE COMBUSTIBLE .....</b>	<b>50</b>
<b>11. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO .....</b>	<b>56</b>
<b>12. ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DEL TRANSPORTE POR CARRETERA POR TIPO DE EMISIÓN .....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del PIB y de la movilidad interurbana de viajeros (millones de viajeros-Km) en España.....	8
Figura 2. Evolución del PIB y de la movilidad interurbana de mercancías (miles de toneladas) en España.....	8
Figura 3. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-Km) por modos de transporte. ....	9
Figura 4. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por modos de transporte. ....	9
Figura 5. Evolución del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte. ....	10
Figura 6. Evolución del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte (Ferrocarril, Aéreo y Marítimo).....	10
Figura 7. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por modos de transporte. Índice 2005=100.....	11
Figura 8. Evolución del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte. Índice 2007=100.....	11
Figura 9. Reparto modal del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por modos de transporte y año. ....	12
Figura 10. Reparto modal del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte y año. ....	13
Figura 11. Evolución en porcentaje del PIB, VAB del transporte con almacenamiento y transporte sin almacenamiento ni anexos. ....	14
Figura 12. Evolución del PIB, VAB del transporte y almacenamiento y del transporte sin almacenamiento ni anexos. Índice 2000=100.....	15
Figura 13. Correlación entre el PIB y el transporte de mercancías por modo. ....	16
Figura 14. Correlación entre el transporte de viajeros y el PIB de España. ....	17
Figura 15. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por titularidad de vía. ....	18
Figura 16. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por clase de vehículo.....	19
Figura 17. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por tipo de vehículo.....	20

Figura 18. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por tipo de vehículo sin turismos.....	21
Figura 19. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por tipo de vehículo.....	22
Figura 20. Evolución del reparto del transporte modal interurbano de viajeros por tipo de vehículo (millones de viajeros-km) por años.....	23
Figura 21. Reparto modal del transporte de mercancías interurbano por carretera en España en el año 2019.....	24
Figura 22. Reparto del parque automovilístico europeo de turismos por fuente de energía motriz. .	28
Figura 23. Reparto del parque automovilístico de vehículos comerciales ligeros (3-5 toneladas) en Europa.....	30
Figura 24. Reparto del parque automovilístico de vehículos medios y pesados (más de 5 toneladas) en Europa por fuente de energía motriz. ....	33
Figura 25. Reparto del parque automovilístico de autobuses en Europa por fuente de energía motriz. ....	35
Figura 26. Evolución del parque automovilístico español por tipo de vehículo. ....	37
Figura 27. Evolución del parque automovilístico por tipo de vehículo sin turismos.....	37
Figura 28. Evolución del parque automovilístico de tractores, autobuses, remolques, semirremolques y otros.....	38
Figura 29. Evolución del crecimiento del parque automovilístico por tipo de vehículo. Índice 2000=100. ....	38
Figura 30. Evolución del reparto del parque automovilístico español por tipo de vehículo y año.....	40
Figura 31. Evolución del reparto del parque automovilístico de camiones, furgonetas y motocicletas. ....	40
Figura 32. Evolución del reparto del parque automovilístico de autobuses, tractores industriales, remolques, semirremolques y otros. ....	41
Figura 33. Reparto modal del parque automovilístico español por tipo de vehículo y año.....	42
Figura 34. Evolución del parque automovilístico español por tipo de combustible y año.....	43
Figura 35. Evolución del parque automovilístico por tipo de combustible. Índice 2000=100.....	44
Figura 36. Evolución del reparto del parque automovilístico por tipo de combustible.....	44
Figura 37. Evolución del crecimiento del parque de camiones y furgonetas por tipo de combustible. ....	45
Figura 38. Evolución del crecimiento del parque de camiones y furgonetas gasolina y gasóleo. ....	45
Figura 39. Evolución del crecimiento del parque de autobuses por tipo de combustible. ....	46

Figura 40. Evolución del crecimiento del parque de turismos por tipo de combustible.....	46
Figura 41. Evolución del crecimiento del parque de turismos de gasóleo y gasolina. ....	47
Figura 42. Evolución del crecimiento del parque de motocicletas por tipo de combustible. ....	47
Figura 43 Evolución del crecimiento del parque de tractores industriales por tipo de combustible. .	48
Figura 44. Matriculaciones anuales por tipología de vehículo.....	49
Figura 45. Matriculaciones anuales por tipología de vehículo sin turismos. ....	49
Figura 46. Matriculaciones de turismos y todoterreno por combustible.....	51
Figura 47 Matriculaciones de turismos y todoterreno por combustible sin gasolina ni diésel. ....	51
Figura 48. Matriculaciones de vehículos comerciales ligeros (derivados, furgones y pick ups) por tipo de combustible.....	52
Figura 49. Matriculaciones de vehículos comerciales ligeros (derivados, furgones y pick ups) por tipo de combustible sin gasolina ni diésel. ....	52
Figura 50. Matriculaciones de vehículos comerciales ligeros de menos de 3,5 toneladas por tipo de combustible. ....	53
Figura 51. Matriculaciones de vehículos comerciales ligeros de menos de 3,5 toneladas por tipo de combustible sin diésel. ....	53
Figura 52. Matriculaciones de vehículos industriales de más de 3,5 toneladas por tipo de combustible. ....	54
Figura 53. Matriculaciones de vehículos industriales de más de 3,5 toneladas por tipo de combustible sin diésel. ....	54
Figura 54. Matriculaciones de microbuses y autobuses por tipo de combustible.....	55
Figura 55. Matriculaciones de microbuses y autobuses por tipo de combustible sin diésel.....	55
Figura 56. Consumo energético por modos de transporte en el transporte interurbano nacional en TeraJulios. ....	56
Figura 57. Consumo energético por modos de transporte en el transporte interurbano nacional en TeraJulios sin el transporte por carretera.....	56
Figura 58. Consumo energético del transporte por carretera por combustibles en TeraJulios. ....	57
Figura 59. Consumo energético del transporte por carretera de GLP, gaseosos y electricidad en TeraJulios. ....	57
Figura 60. Emisiones del transporte por tipo de emisión.....	59
Figura 61. Emisiones del transporte por tipo de emisión sin el CO <sub>2</sub> . ....	59
Figura 62. Emisiones del transporte de óxidos de azufre, material particulado y amoniaco.....	60
Figura 63. Emisiones de los turismos por tipo de emisión. ....	61

Figura 64. Emisiones de los turismos por tipo de emisión sin los precursores del ozono troposférico. .....	62
Figura 65. Emisiones de las motocicletas por tipo de emisión. ....	63
Figura 66. Emisiones de las motocicletas por tipo de emisión sin precursores del ozono troposférico. .....	63
Figura 67. Emisiones de las furgonetas de menos de 3,5 toneladas por tipo de emisión.....	64
Figura 68. Emisiones de las furgonetas de menos de 3,5 toneladas por tipo de emisión sin precursores del ozono troposférico. ....	65
Figura 69. Emisiones de los camiones de más de 3,5 toneladas y autobuses por tipo de emisión. ....	66
Figura 70. Emisiones de los camiones de más de 3,5 toneladas y autobuses por tipo de emisión sin precursores del ozono troposférico. ....	66
Figura 71. Emisiones de sustancias acidificantes y material particulado de los camiones de más de 3,5 toneladas y autobuses.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución del PIB y del VAB del transporte y del transporte sin almacenamiento ni anexos.	14
Tabla 2. Evolución del transporte de mercancías por modos de transporte.....	15
Tabla 3. Evolución del PIB y del transporte de viajeros por modo (millones de viajeros).....	16
Tabla 4. Evolución del tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por tipo y clase de vehículo.....	19
Tabla 5. Evolución en porcentaje del tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km).....	20
Tabla 6. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por tipo de vehículo.....	22
Tabla 7. Transporte de mercancías por tipo de vehículo en España en el año 2019. ....	24
Tabla 8. Parque automovilístico total en Europa. ....	25
Tabla 9. Parque automovilístico de turismos en Europa (número de vehículos). ....	26
Tabla 10. Reparto del parque automovilístico de turismos por fuente de energía motriz. ....	27
Tabla 11. Parque automovilístico de vehículos comerciales ligeros (3-5 toneladas) en Europa (número de vehículos).....	29
Tabla 12. Reparto del parque automovilístico de vehículos comerciales ligeros (3-5 toneladas) por fuente de energía motriz en Europa. ....	30
Tabla 13. Parque automovilístico de vehículos comerciales medios y pesados (más de 5 toneladas) en Europa.....	31
Tabla 14. Reparto del parque automovilístico de vehículos comerciales medios y pesados (más de 5 toneladas) en Europa por fuente de energía motriz. ....	32
Tabla 15. Parque automovilístico de autobuses en Europa. ....	34
Tabla 16. Reparto del parque de autobuses en Europa por fuente de energía motriz.....	35
Tabla 17. Evolución del parque automovilístico español por tipo de vehículo. ....	36
Tabla 18. Crecimiento en porcentaje del parque automovilístico español por tipo de vehículo y año. ....	39
Tabla 19. Evolución del porcentaje del reparto modal del parque automovilístico por tipo de vehículo y año. ....	39
Tabla 20. Evolución del parque automovilístico español por tipo de combustible y año. ....	43
Tabla 21. Matriculaciones de vehículos por tipo de combustible.....	50
Tabla 22. Matriculaciones de vehículos por fuente de energía motriz. ....	50
Tabla 23. Evolución de las emisiones de gases contaminantes del transporte en general. ....	58
Tabla 24. Evolución de las emisiones de los turismos en España. ....	61

Tabla 25. Evolución de las emisiones de las motocicletas en España. ....	62
Tabla 26. Evolución de las emisiones en furgonetas de menos de 3,5 toneladas en España.....	64
Tabla 27. Evolución de las emisiones de los camiones de mas de 3,5 toneladas y autobuses en España.....	65

## 1. ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD GENERAL DE PERSONAS Y MERCANCÍAS

En el análisis de la evolución de la movilidad interurbana de personas (Figura 1) y mercancías (Figura2) con el Producto Interior Bruto en España encontramos como la variación del PIB se encuentra estrechamente relacionado con el transporte de viajeros interurbano en territorio nacional. Por otra parte, su relación con el transporte de mercancías implica variaciones de la movilidad con ratios superiores.

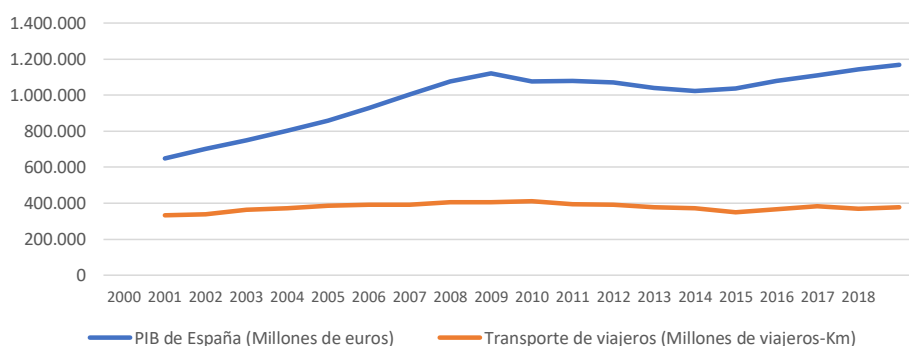


Figura 1. Evolución del PIB y de la movilidad interurbana de viajeros (millones de viajeros-Km) en España.

Fuente: OTLE.

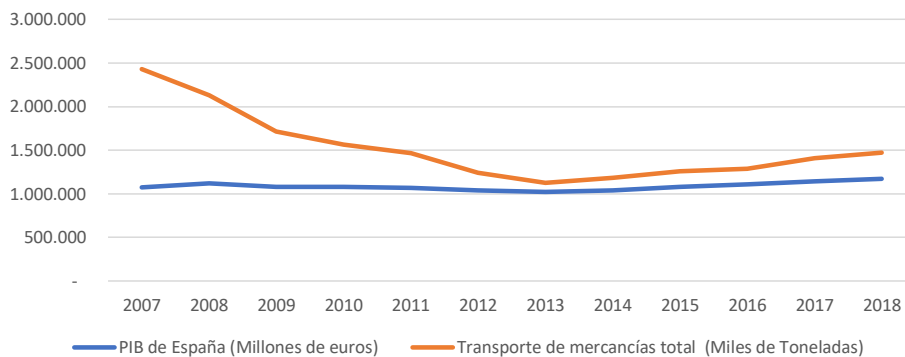


Figura 2. Evolución del PIB y de la movilidad interurbana de mercancías (miles de toneladas) en España.

Fuente: OTLE.

En cuanto a la evolución del transporte interurbano de viajeros medido en millones de viajeros-kilómetros (Figura 3) se observa en el presente milenio un crecimiento hasta la crisis de 2008, en la que se produjo un descenso y su posterior recuperación a partir del 2015, estando actualmente los

valores del transporte interurbano próximos a los pre-crisis. En el año 2018 en España se produjo una movilidad de viajeros en todos los modos de transporte interurbano de 440.184 millones de viajeros-kilómetros, representando el transporte por carretera de viajeros una cifra de 378.048 millones de viajeros-kilómetro. Se observa claramente que la carretera es el modo de transporte prioritario del transporte interurbano nacional de viajeros con un porcentaje del 85,9%, seguido del transporte aéreo con un 7,4%, el transporte por ferrocarril con un 6,4% y el transporte marítimo con un 0,3%.

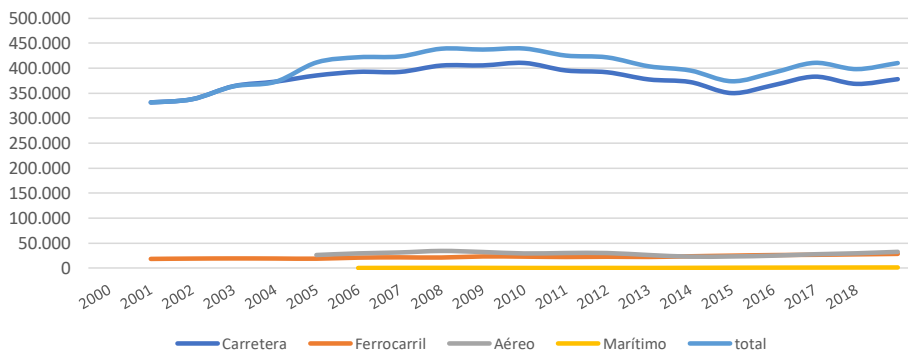


Figura 3. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-Km) por modos de transporte.

Fuente: OTLE.

Centrando el análisis en la movilidad de viajeros por ferrocarril observamos como ha tenido una línea de tendencia creciente en su evolución temporal frente a las grandes variaciones del transporte aéreo. por otra parte se observa como el transporte marítimo interurbano en España presenta una baja representatividad frente al resto de modos de transporte interurbano (Figura 4).

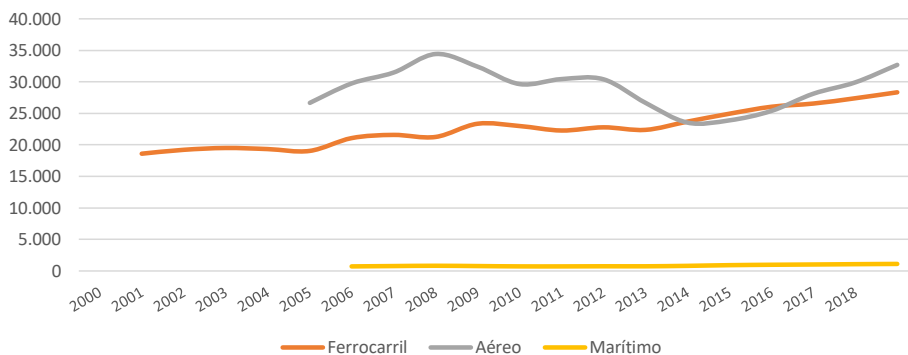


Figura 4. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por modos de transporte.

Fuente: OTLE.

Si analizamos la evolución del transporte interurbano de mercancías en miles de toneladas en los diferentes modos de transporte (Figura 5), se observa el gran descenso producido a partir de la crisis de 2008 y, un proceso de recuperación todavía no conseguido a partir del año 2014. Igualmente se observa como la carretera es el modo predominante con un 94,8%, seguido del transporte marítimo con un 3,5%, el transporte por ferrocarril con un 1,6% y con la poca representatividad del transporte aéreo con un 0,04%.

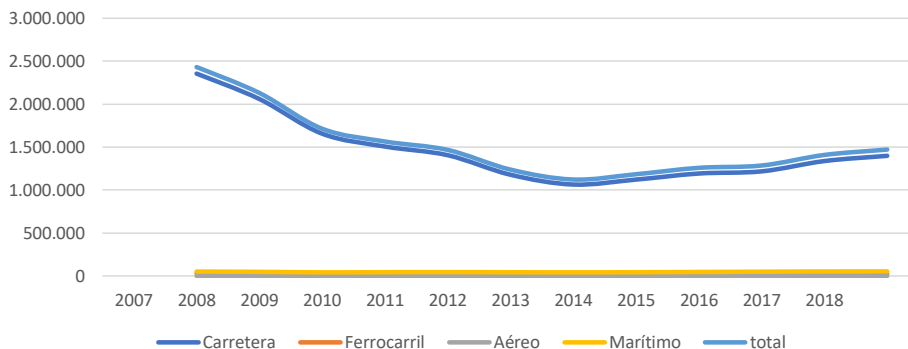


Figura 5. Evolución del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte.

Fuente: OTLE.

Centrando el análisis en la movilidad interurbana de mercancías por modos de transporte, a parte del transporte por carretera, (Figura 6) observamos como tanto el transporte de mercancías por ferrocarril como por vía marítima han tenido una evolución creciente a lo largo de la última década frente a la poca representatividad y variación del transporte de mercancías por vía aérea.

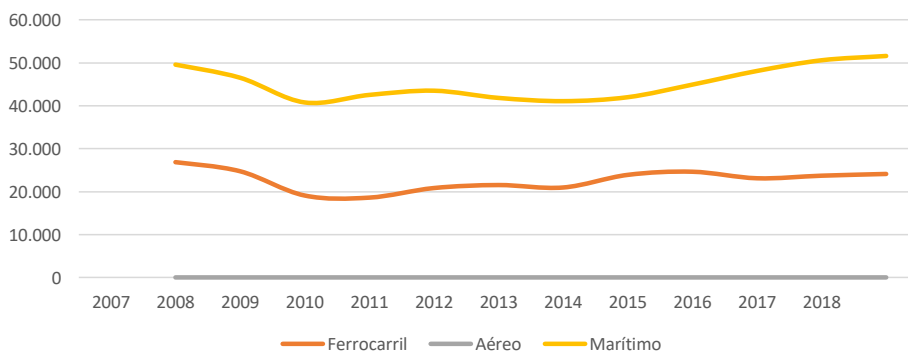


Figura 6. Evolución del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte (Ferrocarril, Aéreo y Marítimo).

Fuente: OTLE.

La evolución antes descrita se puede apreciar claramente en las dos siguientes figuras (Figuras 7 y 8) en base 100 desde los años 2005 y 2007 respectivamente, antes del inicio de la crisis de 2008, observando un crecimiento a partir de los años 2013-2015 en la mayoría de modos de transporte.

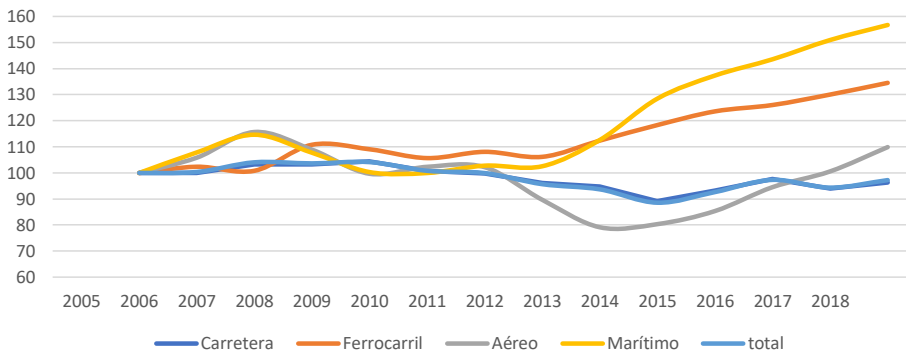


Figura 7. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por modos de transporte. Índice 2005=100.

Fuente: OTLE.

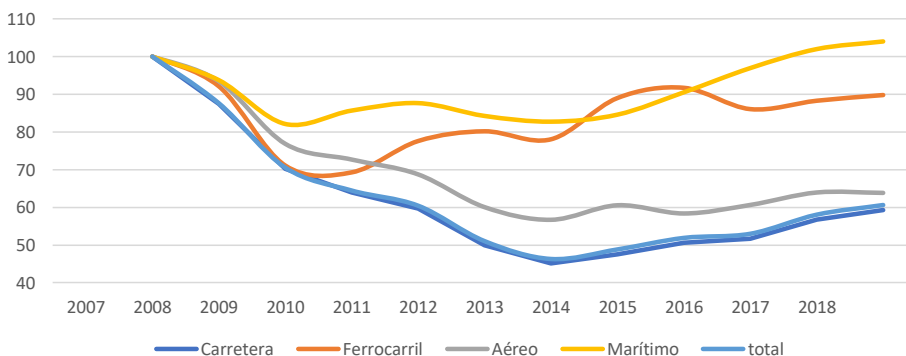


Figura 8. Evolución del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte. Índice 2007=100.

Fuente: OTLE.

Si analizamos el reparto modal del transporte interurbano de viajeros por modos de transporte medido en millones de viajeros-kilómetro (Figura 9), se observa como la carretera mantiene su cuota y posición predominante con un 88 % de la cuota en el año 2005, descendiendo hasta el 86% en el año 2018. Valorando de igual forma el transporte interurbano de viajeros por ferrocarril y por vía aérea, observamos como ha sufrido un incremento desde el 5% y el 7% respectivamente en el año 2005, hasta alcanzar ambos modos de transporte una representatividad del 7% en el año 2018.

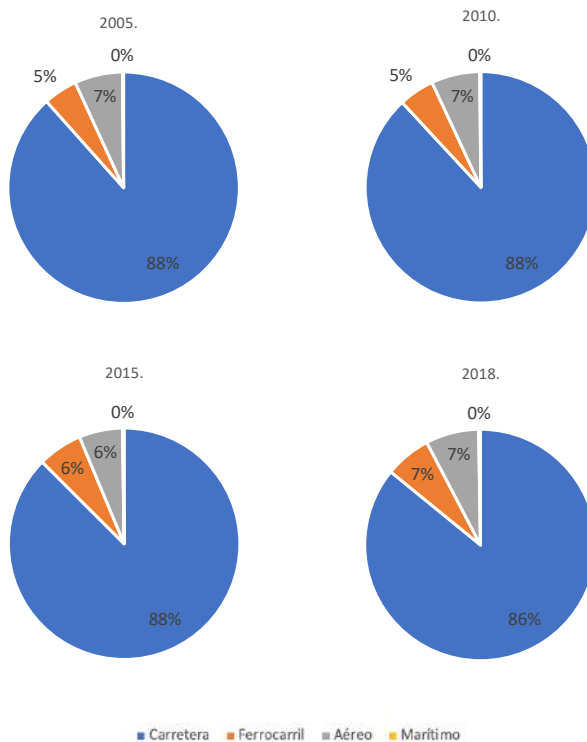


Figura 9. Reparto modal del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por modos de transporte y año.

Fuente: OTLE.

Por lo que respecta al reparto modal del transporte interurbano de mercancías en miles de toneladas (Figura 10) se muestra, igualmente, el predominio del transporte por carretera con el 97 % de la cuota en el año 2007, que se ha reducido al 95 % en el año 2018. Valorando de igual forma el transporte de mercancías interurbano por medio del ferrocarril, en el año 2007 se observa una representatividad del 1% obteniendo un aumento de la misma al 2% en el año 2018. Por otra parte, el transporte de mercancías por vía marítima ha sufrido un incremento desde el 2% en el año 2007 al 3% en el año 2018. Finalmente la variación del reparto modal del transporte de mercancías interurbano por medio aéreo no ha sufrido variaciones en los años analizados, representando menos del 1% del transporte total de mercancías en España.

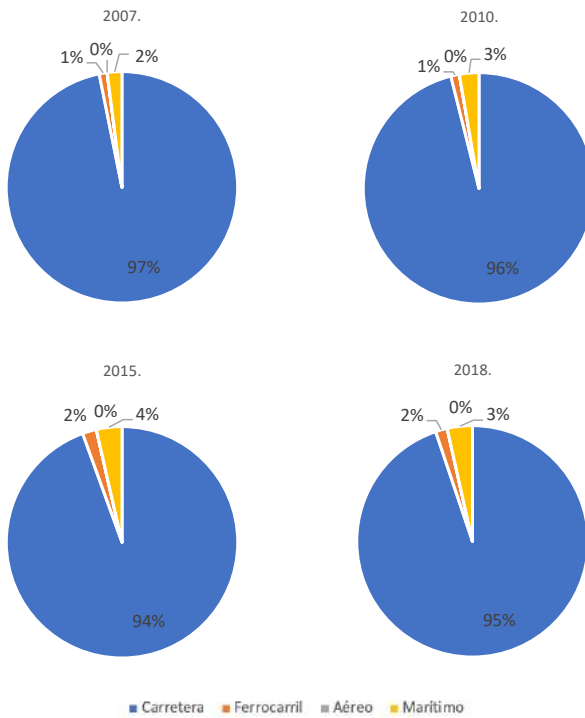


Figura 10. Reparto modal del transporte interurbano de mercancías (miles de toneladas) por modos de transporte y año.

Fuente: OTLE.

## 2. ANÁLISIS DEL DESARROLLO ECONÓMICO Y SU RELACIÓN CON LA MOVILIDAD DE PERSONAS Y MERCANCÍAS

La evolución del crecimiento, en porcentaje, del Producto Interior Bruto de la economía española ha sido desigual desde el año 2008 cuando la crisis le afectó de una forma negativa, y no es hasta 2014 cuando comienza a tener valores positivos de crecimiento, siendo el último valor del año 2019 de un 2,0%. De forma similar acontece con el crecimiento del Valor Añadido Bruto del transporte y almacenamiento, que tras un crecimiento del 13,56% en el año 2008, decrece a partir del año 2009 y luego varía con valores positivos y negativos hasta alcanzar el valor de 5,23% en el año 2018. De igual forma, la evolución del crecimiento del Valor Añadido Bruto del transporte sin almacenamiento y actividades anexas varía entre valores positivos y negativos desde el 2008 hasta el 5,87 % del año 2017 (Tabla 1, Figuras 11 y 12).

Tabla 1. Evolución del PIB y del VAB del transporte y del transporte sin almacenamiento ni anexas.

Año	PIB de España (Millones de euros)	VAB Transporte y Almacenamiento (Millones de euros)	VAB Transporte sin almacenamiento y actividades anexas (Millones de euros)
2007	1.075.539	40.606	27.590
2008	1.119.357	46.113	30.794
2009	1.077.233	43.859	29.243
2010	1.078.989	46.046	30.152
2011	1.070.202	46.834	29.159
2012	1.038.530	45.968	28.904
2013	1.023.623	43.508	26.933
2014	1.037.789	45.211	27.029
2015	1.077.590	47.096	27.154
2016	1.110.255	45.260	25.510
2017	1.142.361	48.158	27.007
2018	1.169.218	50.679	-

Fuente: OTLE.

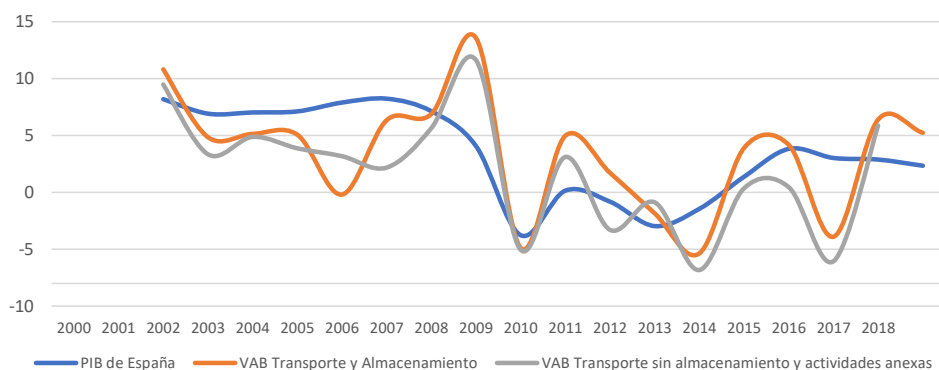


Figura 11. Evolución en porcentaje del PIB, VAB del transporte con almacenamiento y transporte sin almacenamiento ni anexas.

Fuente: OTLE e INE.

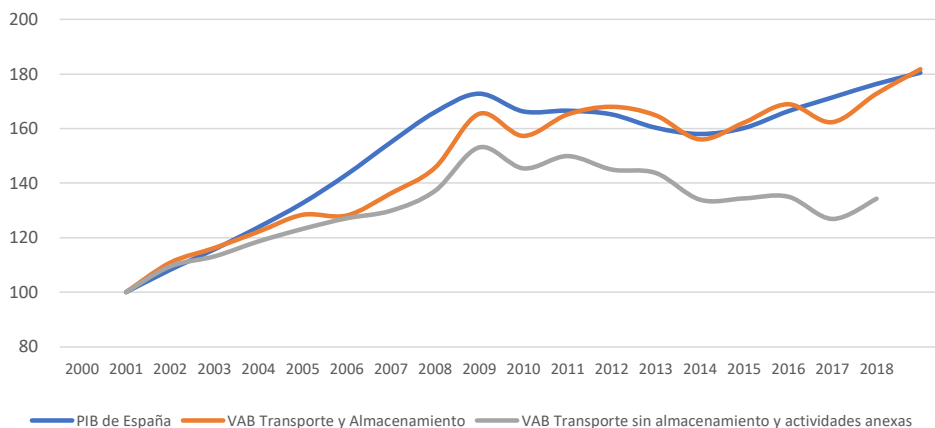


Figura 12. Evolución del PIB, VAB del transporte y almacenamiento y del transporte sin almacenamiento ni anexas. Índice 2000=100.

Fuente: OTLE e INE.

Si se realiza la correlación entre el crecimiento del valor del Producto Interior Bruto y del transporte de mercancías por carretera medido en millones de toneladas (Tabla 2, Figura 13), se obtiene un valor positivo de 0,64, lo que explica la relación directa que existe entre el crecimiento económico y transporte de mercancías a nivel nacional. También se observa como en el reparto del transporte de mercancías a nivel nacional se ha producido un aumento significativo del crecimiento del transporte de mercancías mediante el ferrocarril, lo que ha suplido la reducción del crecimiento del transporte por carretera producido a partir del año 2008. Sin embargo, se observa como el VAB del transporte de mercancías general en millones de euros ha sufrido un incremento desde el año 2008 sin periodos de recesión.

Tabla 2. Evolución del transporte de mercancías por modos de transporte.

Año	Transporte de mercancías (miles de toneladas)	Transporte de mercancías por carretera (miles de toneladas)	Transporte de mercancías por ferrocarril (miles de toneladas)	Transporte de mercancías Aéreo (miles de toneladas)	Transporte de mercancías por medio Marítimo (miles de toneladas)
2007	2.429.909	2.353.352	26.859	102	49.597
2008	2.129.185	2.057.807	24.748	95	46.535
2009	1.713.919	1.653.956	19.111	78	40.773
2010	1.565.679	1.504.454	18.622	74	42.529
2011	1.467.830	1.403.401	20.850	70	43.509
2012	1.239.277	1.175.848	21.542	61	41.826
2013	1.124.014	1.061.910	20.974	58	41.072
2014	1.185.564	1.119.600	23.908	62	41.994
2015	1.259.913	1.190.285	24.635	59	44.933
2016	1.286.649	1.215.353	23.120	62	48.114
2017	1.409.760	1.335.365	23.717	65	50.613
2018	1.472.026	1.396.224	24.121	65	51.616

Fuente: OTLE e INE.

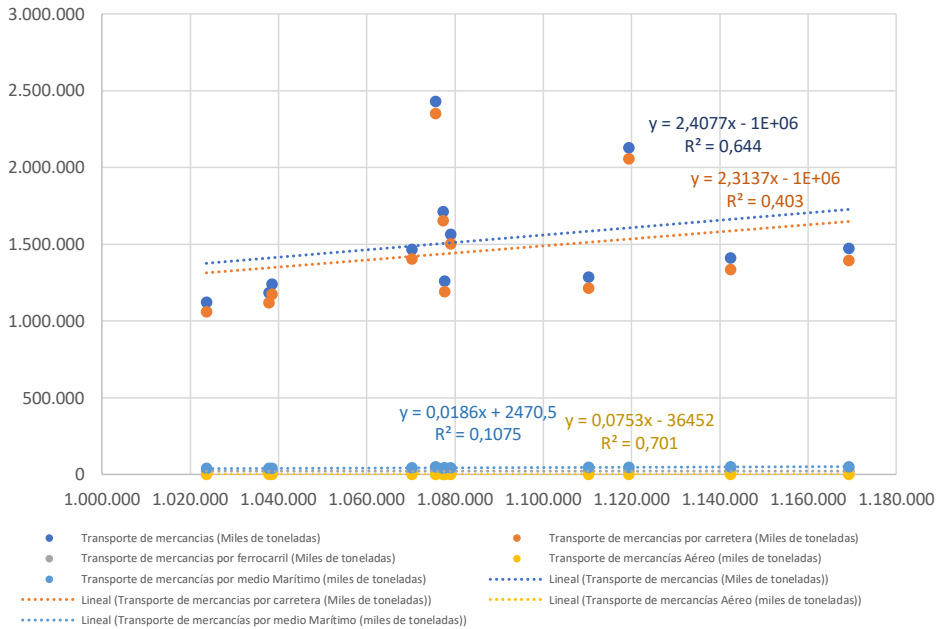


Figura 13. Correlación entre el PIB y el transporte de mercancías por modo.

Fuente: OTLE.

Igualmente valorando el coeficiente de correlación entre el Producto Interior Bruto y el transporte de viajeros medidos millones de viajeros (Tabla 3 y Figura 14), se obtiene un valor de 0,86, lo que implica que a mayor desarrollo económico se produce una mayor movilidad de la población a nivel interurbano.

Tabla 3. Evolución del PIB y del transporte de viajeros por modo (millones de viajeros).

Año	PIB de España (Millones de euros)	Transporte de viajeros (Millones de viajero)	Transporte de viajeros por carretera (Millones de viajeros)	Transporte de viajeros por ferrocarril (Millones de viajeros)	Transporte de viajeros aéreo (Millones de viajeros)	Transporte de viajeros Marítimo (Millones de viajeros)
2007	1.075.539	280,87	155,12	1,57	119,34	4,84
2008	1.119.357	285,26	158,54	1,57	120,24	4,91
2009	1.077.233	283,54	165,88	1,63	111,08	4,95
2010	1.078.989	283,92	162,24	1,53	115,18	4,96
2011	1.070.202	291,06	158,00	1,19	127,23	4,64
2012	1.038.530	287,12	154,73	1,22	126,60	4,57
2013	1.023.623	286,21	150,83	1,27	129,19	4,92
2014	1.037.789	300,93	157,53	1,89	136,51	5,00
2015	1.077.590	311,39	159,73	1,95	144,54	5,17
2016	1.110.255	325,71	156,40	1,92	161,84	5,54
2017	1.142.361	-	-	-	175,32	5,82
2018	1.169.218	-	-	-	182,53	6,21

Fuente: OTLE e INE.

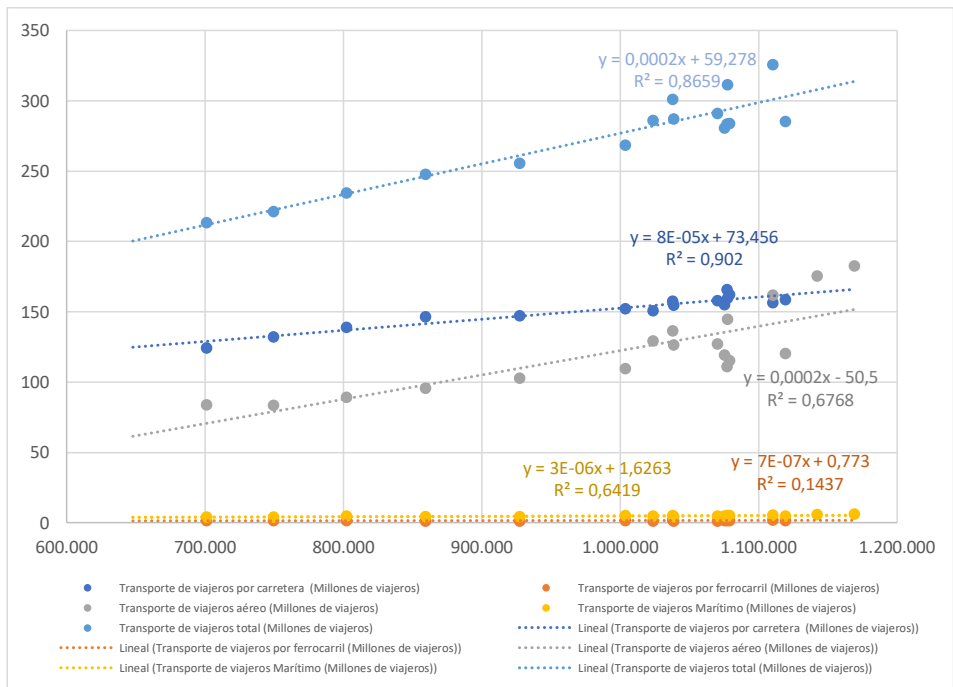


Figura 14. Correlación entre el transporte de viajeros y el PIB de España.

Fuente: OTLE.

### 3. ANÁLISIS DEL TRANSPORTE INTERURBANO POR CARRETERA POR TIPO DE VÍA

En el análisis de la movilidad, medido en millones de vehículos-kilómetro, tanto de viajeros como de mercancías que usan las vías de titularidad de las diferentes administraciones públicas (Figura 15), se observa que son las carreteras de titularidad del Estado donde se produce un mayor volumen de tráfico, seguidas de las Comunidades Autónomas y de los Cabildos y Diputaciones. También se puede observar como el total del tráfico se redujo significativamente en los años posteriores a la crisis económica del 2008, alcanzando su punto más bajo en el año 2013 y afectando en mayor medida al transporte interurbano por carreteras del Estado, produciéndose en años posteriores un incremento del tráfico alcanzándose en el año 2018 los niveles anteriores al 2008.

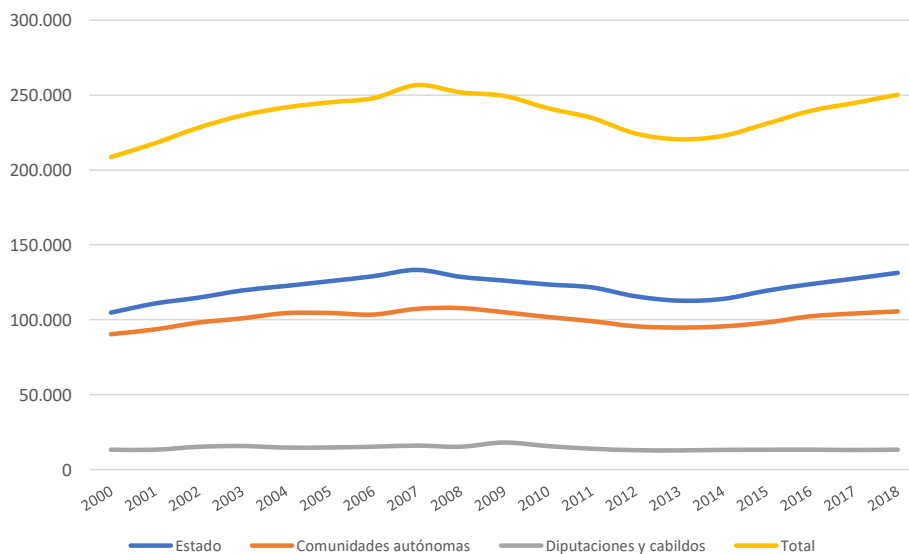


Figura 15. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por titularidad de vía.

Fuente: OTLE.

## 4. ANÁLISIS DEL TRANSPORTE INTERURBANO POR CARRETERA Y CLASE DE VEHÍCULO

Igualmente, en el análisis del tráfico interurbano de viajeros y mercancías por carretera, en millones de vehículos-Kilómetro, por clase de vehículo (Figura 16, Tabla 4 y 5), se observa que son los vehículos ligeros, que incluye turismos, camionetas y tractores agrícolas, los que mayor volumen de mercancía transportan, seguidos de los vehículos pesados, camiones con y sin remolque y autobuses, para finalizar con las motocicletas.

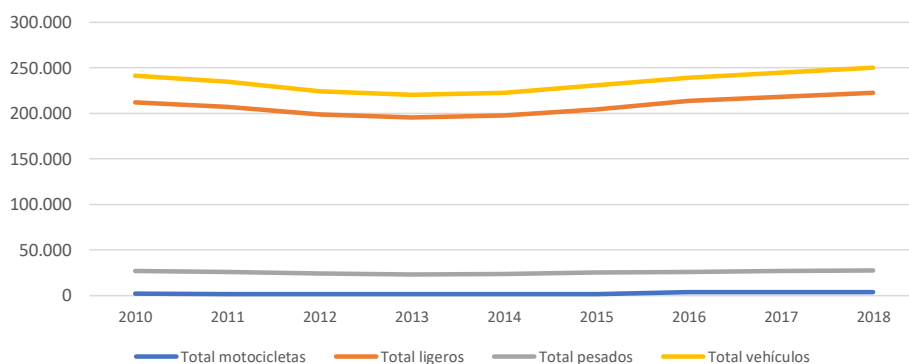


Figura 16. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por clase de vehículo.

Fuente: OTLE.

Tabla 4. Evolución del tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por tipo y clase de vehículo.

Clase de vehículo	Tipo de vehículo	Año									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Motocicletas	Motocicletas <sup>1</sup>	2.096	1.457	1.472	1.449	1.587	1.535	3.864	3.826	3.683	
	<b>Total motocicletas</b>	<b>2.096</b>	<b>1.457</b>	<b>1.472</b>	<b>1.449</b>	<b>1.587</b>	<b>1.535</b>	<b>3.864</b>	<b>3.826</b>	<b>3.683</b>	
Ligeros	Turismos <sup>2</sup>	196.338	191.966	184.509	181.919	183.689	189.171	196.467	198.262	202.954	
	Camionetas	15.856	15.323	14.168	13.705	13.684	15.032	13.467	15.945	16.024	
	Tractores agrícolas	93	99	94	94	78	85	74	37	33	
	<b>Total ligeros</b>	<b>212.287</b>	<b>207.388</b>	<b>198.771</b>	<b>195.718</b>	<b>197.451</b>	<b>204.288</b>	<b>213.873</b>	<b>218.070</b>	<b>222.694</b>	
Pesados	Camiones <sup>3</sup> sin remolque	8.701	7.983	7.613	7.355	7.502	6.705	9.601	8.476	8.676	
	Camiones con remolque	15.853	15.478	14.121	13.605	14.434	16.289	13.850	16.823	17.489	
	Autobuses	2.194	2.372	2.308	2.250	1.715	2.023	2.030	1.292	1.334	
	<b>Total pesados</b>	<b>26.748</b>	<b>25.833</b>	<b>24.042</b>	<b>23.210</b>	<b>23.651</b>	<b>25.017</b>	<b>25.480</b>	<b>26.591</b>	<b>27.498</b>	
<b>Total</b>	<b>Total vehículos</b>	<b>241.131</b>	<b>234.678</b>	<b>224.285</b>	<b>220.377</b>	<b>222.689</b>	<b>230.840</b>	<b>239.353</b>	<b>244.661</b>	<b>250.192</b>	

Fuente: OTLE.

<sup>1</sup> Automóvil de dos ruedas sin sidecar o de tres ruedas asimétricas respecto de su eje medio longitudinal, provisto de un motor de cilindrada superior a 50 cm<sup>3</sup>, si es de combustión interna, y/o con una velocidad máxima por construcción superior a 45 km/h.

<sup>2</sup> Automóvil destinado al transporte de personas que tenga, por lo menos, cuatro ruedas y que tenga, además del asiento del conductor, ocho plazas como máximo.

<sup>3</sup> Automóvil con cuatro ruedas o más, concebido y construido para el transporte de mercancías, cuya cabina no está integrada en el resto de la carrocería y con un máximo de 9 plazas, incluido el conductor.

Tabla 5. Evolución en porcentaje del tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km).

Clase de vehículo	Tipo de vehículo	Año							
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Motocicletas	Motocicletas	-30,49	1,03	-1,56	9,52	-3,29	151,80	-0,98	-3,74
	<b>Total motocicletas</b>	-30,49	1,03	-1,56	9,52	-3,29	151,80	-0,98	-3,74
Ligeros	Turismos	-2,23	-3,88	-1,40	0,97	2,98	3,86	0,91	2,37
	Camionetas	-3,36	-7,54	-3,27	-0,16	9,85	-10,41	18,39	0,50
	Tractores agrícolas <sup>4</sup>	6,45	-5,05	0,00	-17,15	8,59	-12,18	-50,17	-11,56
	<b>Total ligeros</b>	-2,31	-4,16	-1,54	0,89	3,46	4,69	1,96	2,12
Pesados	Camiones sin remolque <sup>5</sup>	-8,25	-4,63	-3,39	2,00	-10,62	43,18	-11,72	2,36
	Camiones con remolque	-2,37	-8,77	-3,65	6,09	12,85	-14,98	21,47	3,96
	Autobuses <sup>6</sup>	8,11	-2,70	-2,51	-23,78	17,95	0,35	-36,33	3,22
	<b>Total pesados</b>	-3,42	-6,93	-3,46	1,90	5,78	1,85	4,36	3,41
<b>Total</b>	<b>Total vehículos</b>	-2,68	-4,43	-1,74	1,05	3,66	3,69	2,22	2,26

Fuente: OTLE.

Analizando el total de vehículos (Figura 17 y 18), se observa un periodo de recesión en el crecimiento hasta el año 2013 en el que la tendencia es de nuevo creciente, alcanzando en el año 2018 cifras anteriores a la crisis del 2008. También se observa como en el año 2014 se produce de nuevo un crecimiento el total de vehículos pesados con un crecimiento del 1,9% frente al crecimiento total de vehículos del 1,05%. Igualmente, el crecimiento experimentado por los vehículos ligeros a partir del año 2014 es positivo, destacando el crecimiento del 4,69% correspondiente al año 2016.

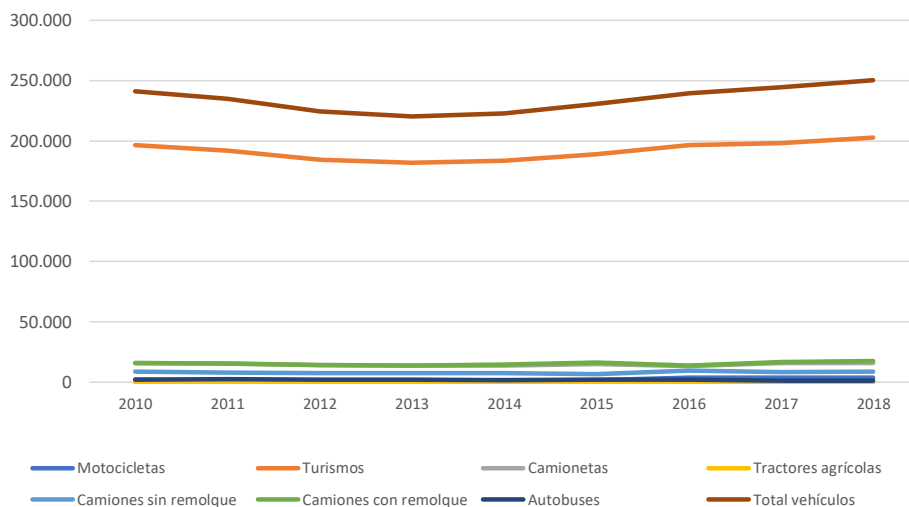


Figura 17. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por tipo de vehículo.

Fuente: OTLE.

<sup>4</sup> Automóvil concebido y construido para realizar, principalmente, labores agrícolas y el arrastre de un remolque o semirremolque.

<sup>5</sup> Remolque: Vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo de motor.

<sup>6</sup> Automóvil que tenga más de 9 plazas, incluida la del conductor, destinado, por su construcción y acondicionamiento, al transporte de personas y sus equipajes. Se incluye en este término el trolebús, es decir, el vehículo conectado a una línea eléctrica y que no circula por raíles.

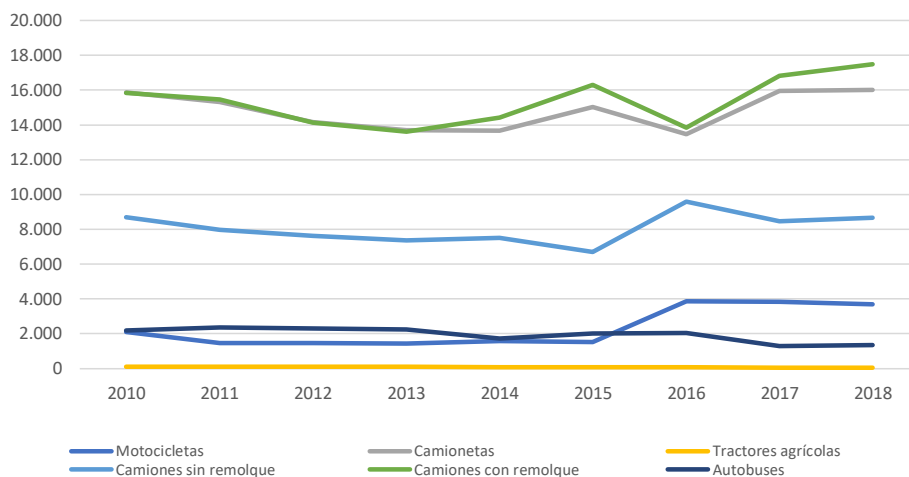


Figura 18. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (millones de vehículos-km) por tipo de vehículo sin turismos.

Fuente: OTLE.

El análisis de la evolución del crecimiento en porcentaje de los vehículos-kilómetro, tanto de viajeros como mercancías, muestra un descenso en el año 2018 de las motocicletas con un -3,74% y un ligero aumento del tráfico de vehículos ligeros, con un 2,2%, y de los vehículos pesados con un 3,41%. Todo ello da un crecimiento en el año 2018 del 2,26% para el total de los vehículos.

## 5. ANÁLISIS DEL TRANSPORTE DE VIAJEROS Y MERCANCÍAS POR TIPO DE VEHÍCULO

El análisis de la evolución del transporte interurbano de viajeros, medido en millones de viajeros-kilómetros, por tipo de vehículo (Tabla 6 y Figura 19), muestra que a lo largo del siglo XXI se han pasado de 331.970 millones de viajeros-kilómetros en el año 2000 a 378.048 millones de viajeros-kilómetros en el 2018, con un aumento tanto de motocicletas como de turismos, y un descenso en la parte correspondiente de los autobuses.

Tabla 6. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por tipo de vehículo.

Año	Autobuses	Motocicletas	Turismos	Total
2000	50.278	1.707	279.985	331.970
2001	51.712	1.804	284.868	338.384
2002	50.053	1.693	312.523	364.269
2003	49.209	1.928	321.928	373.065
2004	53.458	1.844	330.192	385.494
2005	53.176	1.623	337.797	392.596
2006	49.369	2.144	340.937	392.450
2007	59.163	2.627	343.293	405.083
2008	60.864	1.911	342.611	405.386
2009	57.043	2.748	350.401	410.192
2010	50.902	2.802	341.629	395.332
2011	55.742	1.948	334.021	391.711
2012	54.531	1.968	321.045	377.544
2013	53.836	1.937	316.539	372.313
2014	39.469	2.221	308.704	350.393
2015	46.389	2.150	317.553	366.092
2016	47.763	5.401	329.880	383.044
2017	30.510	5.349	332.858	368.717
2018	32.188	5.304	340.556	378.048

Fuente: DGT.

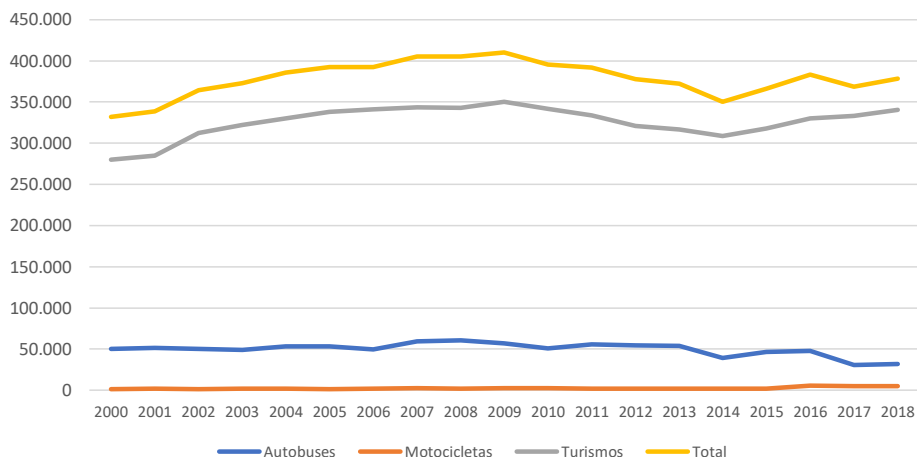


Figura 19. Evolución del transporte interurbano de viajeros (millones de viajeros-km) por tipo de vehículo.

Fuente: OTLE.

El análisis de la evolución del reparto del transporte modal interurbano de viajeros por tipo de vehículo (Figura 20), muestra como el 84% del total era realizado por turismos en el año 2000, por motocicletas un 1% y por autobuses un 15 %, situación que el año 2019 pasa ser del 90% para los turismos, el 9% para los autobuses y el 1% para las motocicletas.

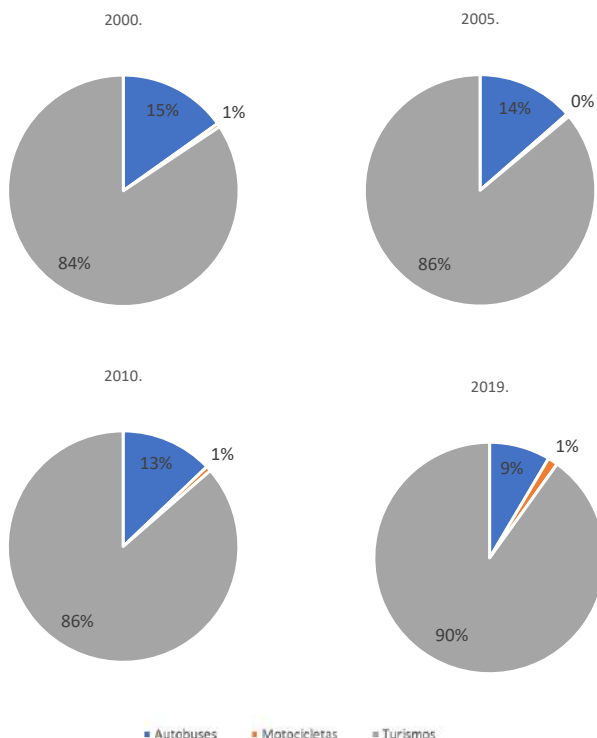


Figura 20. Evolución del reparto del transporte modal interurbano de viajeros por tipo de vehículo (millones de viajeros-km) por años.

Fuente: OTLE.

Analizando el reparto por tipo de vehículo del transporte de mercancías interurbano en España en el año 2019 (Tabla 7 y figura 21), observamos como el 80% del transporte de mercancías en miles de toneladas por carretera en España se realiza mediante tractores industriales con carga máxima superior a 20 toneladas, seguido de los camiones rígidos con un 19,4% y finalmente los remolques con un poco representativo 0,6%.

Tabla 7. Transporte de mercancías por tipo de vehículo en España en el año 2019.

Tipo de vehículo	Transporte de mercancías (miles de toneladas)	Reparto modal en porcentaje
<b>Total camiones</b>	233.059	19,4
3,6 - 7 t	25.591	2,1
7,1 - 10 t	48.824	4,1
10,1 - 14 t	66.070	5,5
14,1 - 18 t	77.906	6,5
18,1 - 20 t	11.936	1,0
más de 20 t	2.732	0,2
<b>Total tractores</b>	960.616	80,0
3,6 - 24 t	402.559	33,5
24,1 - 26 t	280.086	23,3
más de 26 t	277.971	23,1
<b>Total remolques</b>	7.613	0,6
3,6 - 10 t	1.493	0,1
10,1 - 18 t	5.316	0,4
más de 18 t	804	0,1

Fuente: OTLE.

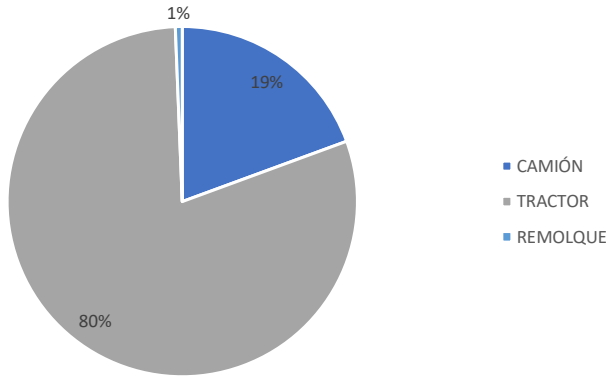


Figura 21. Reparto modal del transporte de mercancías interurbano por carretera en España en el año 2019.

Fuente: OTLE.

## 6. ANÁLISIS DEL PARQUE DE VEHÍCULOS A NIVEL EUROPEO

### 6.1 PARQUE DE VEHÍCULOS TOTAL

En el análisis del parque automovilístico total incluyendo turismos, vehículos comerciales ligeros, vehículos comerciales medios y pesados y autobuses a nivel europeo (Tabla 8), observamos como España ocupa el quinto puesto en vehículos matriculados en el año 2018 con 29.346.285 vehículos, precedido por países como Alemania, Inglaterra, Francia o Italia. Valorando el incremento del parque entre los años 2017 y 2018 observamos como los países con mayor tasa de crecimiento son Rumanía (7,4%), Croacia (6,6%), Lituania (5,4%), Grecia (4,9%), Eslovaquia (4,2%), Polonia (4%) y Portugal (4%). En el resto de países se observa un crecimiento próximo al 2% que presenta la Unión Europea de media, presentando España un crecimiento del 2,2%.

Tabla 8. Parque automovilístico total en Europa.

País	2014	2015	2016	2017	2018	%18/17
Austria	5.139.421	5.201.750	5.288.596	5.383.312	5.484.120	1,9
Bélgica	6.328.169	6.425.839	6.538.095	6.636.077	6.714.299	1,2
Croacia	1.588.354	1.627.318	1.688.490	1.737.689	1.852.052	6,6
República Checa	5.645.881	5.889.700	6.119.482	6.360.831	6.586.168	3,5
Dinamarca	2.769.966	2.838.421	2.914.134	2.977.052	3.034.641	1,9
Estonia	754.189	783.131	816.206	845.660	873.021	3,2
Finlandia	3.007.744	3.028.333	3.048.059	3.096.961	3.130.640	1,1
Francia	38.407.923	38.671.426	39.117.974	39.502.163	39.910.009	1,0
Alemania	47.647.581	48.427.094	49.285.424	50.092.489	50.847.627	1,5
Grecia	6.190.701	6.205.256	6.235.761	6.288.455	6.311.567	0,4
Hungría	3.579.788	3.686.197	3.821.432	4.003.461	4.199.078	4,9
Irlanda	2.348.757	2.403.226	2.472.425	2.500.479	2.549.208	1,9
Italia	41.945.920	42.241.934	42.862.046	43.597.915	44.168.726	1,3
Letonia	626.744	652.140	672.832	699.068	719.251	2,9
Lituania	1.309.647	1.351.264	1.411.147	1.474.194	1.553.609	5,4
Luxemburgo	416.090	425.633	437.309	451.781	465.749	3,1
Holanda	9.247.673	9.405.822	9.537.917	9.726.225	9.961.587	2,4
Polonia	23.450.536	24.261.232	25.329.863	26.258.652	27.306.660	4,0
Portugal	5.747.500	5.781.700	5.824.700	6.041.639	6.281.562	4,0
Rumania	5.780.872	6.084.275	6.427.322	7.021.160	7.541.889	7,4
Eslovaquia	2.272.506	2.367.911	2.461.598	2.573.459	2.680.735	4,2
Eslovenia	1.210.530	1.235.012	1.269.945	1.311.693	1.347.848	2,8
España	27.114.855	27.462.976	28.027.276	28.707.302	29.346.285	2,2
Suecia	5.180.716	5.279.391	5.398.128	5.498.418	5.541.213	0,8
Inglaterra	37.113.358	38.219.610	39.240.439	39.675.562	39.985.260	0,8
U.E.	284.825.421	289.956.591	296.246.600	302.461.697	308.392.804	2,0
Noruega	3.123.962	3.182.873	3.237.743	3.299.782	3.330.679	0,9
Suiza	4.840.493	4.924.478	5.003.551	5.065.798	5.126.732	1,2
EFTA	7.964.455	8.107.351	8.241.294	8.365.580	8.457.411	1,1
Rusia	48.913.942	48.881.846	49.694.718	50.573.828	51.799.028	2,4
Turquía	14.373.317	15.360.956	16.320.927	17.277.923	17.768.641	2,8
<b>TOTAL Europa</b>	<b>356.077.135</b>	<b>362.306.744</b>	<b>370.503.539</b>	<b>378.679.028</b>	<b>386.417.884</b>	<b>2,0</b>

Fuente: European Automobile manufacturers association.

## 6.2. PARQUE AUTOMOVILÍSTICO DE TURISMOS

Analizando el parque de turismos en Europa (tabla 9), observamos como al igual que en el parque total, España se encuentra en el quinto puesto en turismos matriculados en el año 2018 con 24.074.216 vehículos. También se observa como los crecimientos en turismos son similares al total del parque en cada país, con una media de crecimiento de turismos en la Unión Europea del 1,9% entre los años 2017 y 2018. Analizando el índice de motorización observamos como en España el mismo tiene un valor de 516 turismos por cada 1.000 habitantes, siendo este valor muy próximo a la media europea con 531 turismos por cada 1.000 habitantes. Valorando la edad media de los turismos a nivel europeo observamos como esta es de 10,8 años, valor muy cercano a la edad media de los turismos en España con 12,4 años según la ACEA<sup>7</sup>.

Tabla 9. Parque automovilístico de turismos en Europa (número de vehículos).

País	2014	2015	2016	2017	2018	%18/17
Austria	4.694.921	4.748.048	4.821.557	4.898.578	4.978.852	1,6
Bélgica	5.511.080	5.587.415	5.669.764	5.735.280	5.782.685	0,8
Croacia	1.444.480	1.476.229	1.528.119	1.567.883	1.665.391	6,2
República Checa	4.937.206	5.158.516	5.368.660	5.592.738	5.802.520	3,8
Dinamarca	2.322.029	2.392.175	2.465.934	2.529.960	2.593.568	2,5
Estonia	652.949	676.592	703.151	725.944	746.464	2,8
Finlandia	2.595.867	2.612.922	2.629.432	2.668.930	2.696.334	1,0
Francia	31.800.000	32.000.000	32.389.974	32.699.974	33.020.132	1,0
Alemania	44.403.124	45.071.209	45.803.560	46.474.594	47.095.784	1,3
Grecia	5.102.203	5.104.908	5.126.024	5.169.026	5.164.183	-0,1
Hungría	3.101.752	3.192.132	3.308.495	3.467.861	3.638.374	4,9
Irlanda	1.990.502	2.031.455	2.089.419	2.064.020	2.104.060	1,9
Italia	37.080.753	37.351.233	37.876.138	38.520.321	39.018.170	1,3
Letonia	553.328	575.685	594.295	617.791	636.671	3,1
Lituania	1.205.668	1.244.063	1.298.737	1.356.987	1.430.520	5,4
Luxemburgo	372.828	381.105	390.933	403.258	415.128	2,9
Holanda	8.192.570	8.336.414	8.439.318	8.594.600	8.787.283	2,2
Polonia	20.003.863	20.723.423	21.675.388	22.503.579	23.429.016	4,1
Portugal	4.496.000	4.538.000	4.600.000	4.800.360	5.015.057	4,5
Rumanía	4.905.630	5.153.182	5.470.578	5.996.377	6.450.750	7,6
Eslovaquia	1.952.002	2.037.772	2.124.972	2.228.118	2.326.787	4,4
Eslovenia	1.096.920	1.116.006	1.143.218	1.176.193	1.203.774	2,3
España	22.029.512	22.355.549	22.876.830	23.623.627	24.074.216	1,9
Suecia	4.585.519	4.669.063	4.768.060	4.845.609	4.870.783	0,5
Inglaterra	32.612.782	33.542.448	34.378.386	34.686.328	34.887.915	0,6
U.E.	247.643.488	252.075.544	257.540.942	262.947.936	267.834.417	1,9
Noruega	2.539.513	2.592.324	2.639.245	2.693.021	2.720.013	1,0
Suiza	4.430.375	4.503.865	4.571.994	4.620.630	4.665.390	1,0
EFTA <sup>8</sup>	6.969.888	7.096.189	7.211.239	7.313.651	7.385.403	1,0
Rusia	40.836.232	40.849.288	41.606.327	42.376.408	43.525.868	2,7
Turquía	9.857.915	10.589.337	11.317.998	12.035.978	12.398.190	3,0
<b>TOTAL Europa</b>	<b>307,059,319</b>	<b>310.661.096</b>	<b>314.820.558</b>	<b>320.065.279</b>	<b>326.884.659</b>	<b>2,1</b>

Fuente: European Automobile manufacturers association.

<sup>7</sup> European Automobile Manufacturers Association

<sup>8</sup> Asociación Europea de Libre Comercio

Analizando el reparto del parque de turismos por fuente de energía motriz (Tabla 10 y figura 22), Observamos como el diésel y la gasolina son los principales combustibles en todos los países de la unión Europea, cabe destacar la poca presencia de vehículos híbridos con una representatividad de menos del 1% en la mayor parte de los países, destacando países como Suecia (1,9%), Holanda (2,1%), Irlanda (1,6%) e Inglaterra (1,4%). La representatividad de los vehículos a batería eléctricos es menor al 1% en todos los países de Europa al igual que los vehículos híbridos enchufables, solo destacando países como Holanda (1,1%) y Suecia (1%). Valorando los vehículos GLP observamos como la representatividad de los mismos es menor al 1% en la mayoría de países de la UE, destacando países como Polonia (13,9%), Italia (8,6%), Letonia (7%), Eslovaquia (2,2%), Luxemburgo (1,5%) y Alemania (1%).

Tabla 10. Reparto del parque automovilístico de turismos por fuente de energía motriz.

Pais	Gasolina	Diésel	Híbrido eléctrico	Batería eléctrica	Híbrido enchufable	GLP	Otros combustibles
Austria	43,0%	55,8%	0,6%	0,4%	0,1%	0,1%	0,0%
Bélgica	44,6%	52,9%	1,0%	0,2%	0,6%	0,4%	0,3%
Croacia	52,4%	47,3%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Republica Checa	64,0%	35,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,2%	0,3%
Dinamarca	67,2%	31,2%	1,0%	0,4%	0,2%	0,0%	0,0%
Estonia	59,8%	39,0%	0,8%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%
Finlandia	71,2%	27,8%	0,0%	0,1%	0,5%	0,2%	0,2%
Francia	40,1%	59,1%	0,0%	0,4%	0,0%	0,4%	0,0%
Alemania	65,9%	32,2%	0,6%	0,2%	0,1%	1,0%	0,0%
Grecia	92,4%	7,2%	0,4%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Hungría	67,2%	31,1%	0,7%	0,1%	0,1%	0,8%	0,0%
Irlanda	43,7%	54,1%	1,6%	0,2%	0,0%	0,0%	0,4%
Italia	46,3%	44,4%	0,6%	0,0%	0,0%	8,6%	0,0%
Letonia	32,1%	60,9%	0,0%	0,1%	0,0%	7,0%	0,0%
Lituania	23,2%	75,2%	1,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,6%
Luxemburgo	39,2%	58,9%	1,2%	0,3%	0,2%	0,1%	0,0%
Holanda	79,6%	15,2%	2,1%	0,5%	1,1%	1,5%	0,0%
Polonia	52,9%	31,2%	0,0%	0,3%	0,0%	13,9%	1,7%
Portugal	50,3%	48,8%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,8%
Rumania	56,6%	42,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,8%
Eslovaquia	52,2%	43,8%	0,2%	0,0%	0,0%	2,2%	1,6%
Eslovenia	51,0%	48,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,1%
España	38,8%	60,0%	1,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
Suecia	56,6%	35,0%	1,9%	0,3%	1,0%	0,9%	4,4%
Inglaterra	58,5%	39,7%	1,4%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%
U.E.	54,0%	41,9%	0,7%	0,2%	0,1%	2,8%	0,3%
Noruega	39,1%	46,4%	3,9%	7,2%	3,5%	0,0%	0,0%
Suiza	67,5%	30,0%	1,7%	0,4%	0,0%	0,2%	0,1%

Fuente: European Automobile manufacturers association.

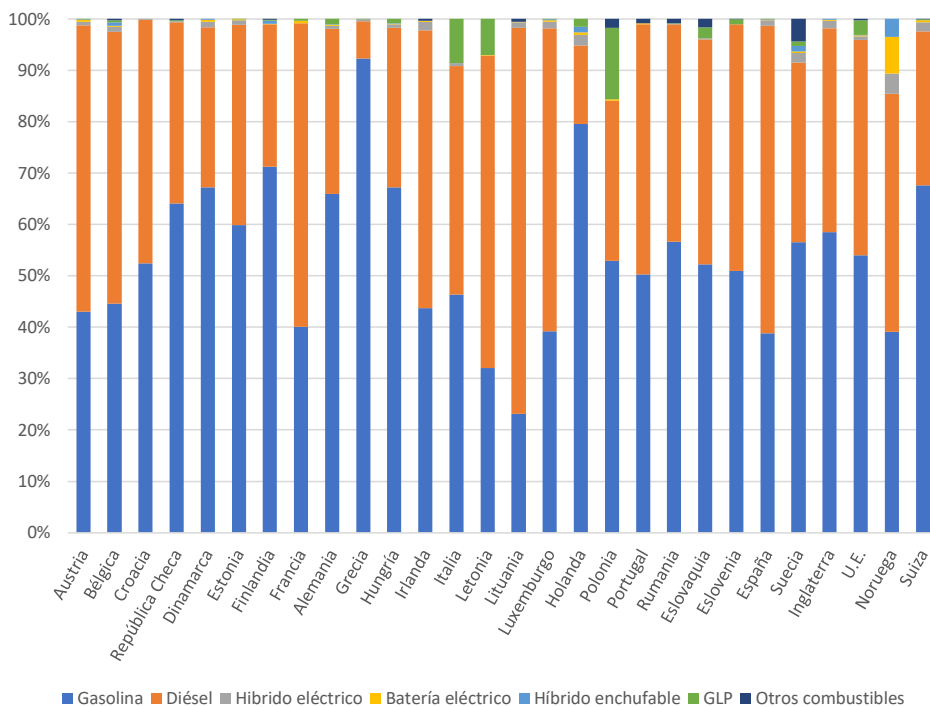


Figura 22. Reparto del parque automovilístico europeo de turismos por fuente de energía matriz.

Fuente: European Automobile manufacturers association.

### 6.3. PARQUE AUTOMOVILÍSTICO DE VEHÍCULOS COMERCIALES LIGEROS

Analizando el parque de vehículos comerciales ligeros (vehículos comerciales de 3-5 toneladas) en Europa (tabla 11), observamos como España se encuentra en el segundo puesto en vehículos comerciales ligeros en el año 2018 con 4.640.154 vehículos, precedida solamente por Alemania. También se observa como los crecimientos en vehículos comerciales ligeros son similares al total del parque en cada país, con una media de crecimiento de vehículos comerciales ligeros en la Unión Europea del 2,7% entre los años 2017 y 2018. Analizando el índice de motorización de vehículos comerciales tanto ligeros, medios y pesados, observamos como en España el mismo tiene un valor de 113 vehículos comerciales por cada 1.000 habitantes, siendo el valor de la media europea 80 vehículos comerciales por cada 1.000 habitantes. Valorando la edad media de los vehículos comerciales ligeros a nivel europeo, observamos como esta es de 10,9 años, valor muy cercano a la edad media de los vehículos comerciales ligeros en España con 12,8 años según la ACEA.

Tabla 11. Parque automovilístico de vehículos comerciales ligeros (3-5 toneladas) en Europa (número de vehículos).

País	2014	2015	2016	2017	2018	%18/17
Austria	365.686	375.163	387.786	403.987	422.745	4,6
Bélgica	656.691	678.801	709.653	740.548	769.386	3,9
Croacia	98.207	104.282	111.662	119.542	135.800	13,6
República Checa	512.407	530.783	547.038	561.265	574.722	2,4
Dinamarca	397.644	395.872	397.093	395.536	389.350	-1,56
Estonia	61.238	65.986	71.436	77.108	83.307	8,0
Finlandia	304.255	307.706	311.376	319.460	325.656	1,9
Francia	5.964.923	6.014.426	6.083.903	6.154.575	6.233.473	1,3
Alemania	2.274.261	2.374.822	2.485.288	2.605.702	2.724.783	4,6
Grecia	830.935	846.565	858.287	871.733	889.638	2,1
Hungría	373.164	388.718	406.202	425.246	446.647	5,0
Irlanda	304.955	316.344	315.671	373.603	380.883	1,9
Italia	3.884.738	3.913.579	4.002.578	4.082.516	4.146.206	1,6
Letonia	42.585	45.677	47.487	49.297	50.835	3,1
Lituania	44.861	46.342	47.583	48.578	49.576	2,1
Luxemburgo	30.069	31.313	32.886	34.841	36.603	5,1
Holanda	885.473	901.026	927.186	957.239	995.796	4,0
Polonia	2.399.323	2.447.764	2.515.751	2.574.312	2.649.198	2,9
Portugal	1.118.000	1.110.000	1.090.000	1.100.041	1.120.270	1,8
Rumania	637.750	670.119	679.501	720.147	758.037	5,3
Eslovaquia	227.800	235.618	242.539	250.732	259.629	3,5
Eslovenia	82.693	86.713	92.361	99.132	105.360	6,3
España	4.508.276	4.520.616	4.547.256	4.465.079	4.640.154	3,9
Suecia	501.661	516.168	534.748	555.363	572.075	3,0
Inglaterra	3.842.017	4.007.331	4.178.733	4.299.828	4.407.561	2,5
U.E.	30.349.612	30.931.734	31.624.004	32.285.410	33.167.690	2,7
Noruega	477.531	485.174	495.434	504.527	509.361	1,0
Suiza	333.803	344.853	357.448	369.299	383.918	4,0
EFTA	811.334	830.027	852.882	873.826	893.279	2,2
Rusia	3.945.107	3.951.588	3.989.430	4.062.864	4.108.271	1,1
Turquía	3.489.743	3.704.512	3.906.416	4.121.243	4.243.107	3,0
<b>TOTAL Europa</b>	<b>38.949.018</b>	<b>39.328.484</b>	<b>39.876.827</b>	<b>40.793.596</b>	<b>41.749.458</b>	<b>2,3</b>

Fuente: European Automobile manufacturers association.

Analizando el reparto del parque de vehículos comerciales ligeros por fuente de energía motriz (Tabla 12 y figura 23), Observamos como el diésel es el principal combustible en todos los países de la unión Europea, cabe destacar la poca presencia de vehículos híbridos con una representatividad de menos del 1% en todos los países. La representatividad de los vehículos a batería eléctricos e híbridos enchufables es menor al 1% en todos los países de Europa. Valorando los vehículos GLP observamos como la representatividad de los mismos es menor al 1% en la mayoría de países de la UE, destacando países como Polonia (6,1%), Italia (3,5%), Holanda (2,2%), Letonia (1,8%), Bélgica (1,8%), Suecia (1,4%), Eslovaquia (1,3%) y Alemania (1,1%).

Tabla 12. Reparto del parque automovilístico de vehículos comerciales ligeros (3-5 toneladas) por fuente de energía motriz en Europa.

País	Gasolina	Diésel	Híbrido eléctrico	Batería eléctrico e híbrido enchufable	GLP	Otros combustibles
Austria	4,2%	95,0%	0,0%	0,4%	0,4%	0,0%
Bélgica	5,7%	92,0%	0,0%	0,1%	1,8%	0,4%
Croacia	4,6%	94,7%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%
República Checa	17,3%	80,6%	0,0%	0,0%	0,5%	1,6%
Dinamarca	10,0%	89,3%	0,4%	0,2%	0,0%	0,0%
Estonia	16,1%	83,6%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%
Finlandia	3,1%	96,6%	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%
Francia	3,4%	95,5%	0,0%	0,7%	0,4%	0,0%
Alemania	5,0%	93,3%	0,0%	0,6%	1,1%	0,0%
Grecia	41,5%	37,3%	0,0%	0,0%	0,0%	21,2%
Hungría	4,2%	95,4%	0,0%	0,1%	0,3%	0,0%
Irlanda	1,3%	98,1%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%
Italia	5,1%	91,3%	0,0%	0,2%	3,5%	0,0%
Letonia	3,4%	94,8%	0,0%	0,0%	1,8%	0,0%
Lituania	3,0%	94,9%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%
Luxemburgo	3,9%	95,2%	0,0%	0,5%	0,2%	0,2%
Holanda	2,9%	94,6%	0,0%	0,3%	2,2%	0,0%
Polonia	20,0%	69,9%	0,0%	0,0%	6,1%	3,9%
Portugal	0,8%	99,2%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
Rumania	11,8%	86,6%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%
Eslovaquia	15,4%	81,3%	0,0%	0,0%	1,3%	1,9%
Eslovenia	4,5%	94,8%	0,0%	0,0%	0,6%	0,2%
España	5,1%	94,6%	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%
Suecia	7,4%	90,5%	0,0%	0,4%	1,4%	0,3%
Inglaterra	3,6%	96,2%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%
U.E.	7,1%	91,2%	0,0%	0,3%	1,3%	0,1%
Noruega	5,2%	93,7%	0,0%	1,1%	0,1%	0,0%
Suiza	15,8%	83,1%	0,0%	0,3%	0,7%	0,1%

Fuente: European Automobile manufacturers association.

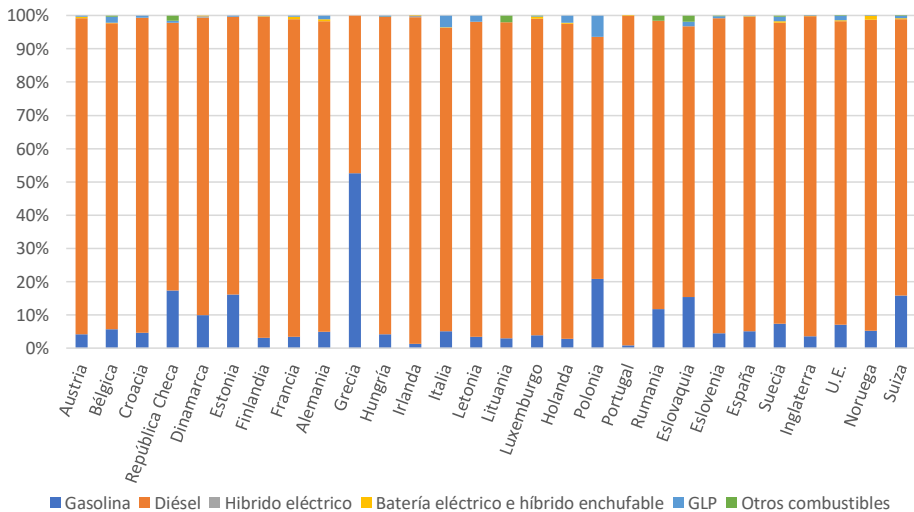


Figura 23. Reparto del parque automovilístico de vehículos comerciales ligeros (3-5 toneladas) en Europa.

Fuente: European Automobile manufacturers association.

## 6.4. PARQUE AUTOMOVILÍSTICO DE VEHÍCULOS COMERCIALES MEDIOS Y PESADOS

Analizando el parque de vehículos comerciales medios y pesados (más de 5 toneladas) en Europa (tabla 13), observamos como España se encuentra en el quinto puesto en vehículos comerciales medios y pesados en el año 2018, precedida por Polonia, Alemania, Italia e Inglaterra. También se observa como los crecimientos en vehículos comerciales medios y pesados son similares al total del parque en cada país, con una media de crecimiento de vehículos comerciales medios y pesados en la Unión Europea del 2,3% entre los años 2017 y 2018. Analizando el índice de motorización de vehículos comerciales tanto ligeros, medios y pesados, observamos como en España el mismo tiene un valor de 113 vehículos comerciales por cada 1.000 habitantes, siendo el valor de la media europea 80 vehículos comerciales por cada 1.000 habitantes. Valorando la edad media de los vehículos comerciales medios y pesados a nivel europeo observamos como esta es de 12,4 años, valor muy cercano a la edad media de los turismos en España con 14,4 años según la ACEA.

Tabla 13. Parque automovilístico de vehículos comerciales medios y pesados (más de 5 toneladas) en Europa.

País	2014	2015	2016	2017	2018	%18/17
Austria	69.229	68.860	69.428	70.791	72.486	2,4
Bélgica	144.370	143.697	142.744	144.293	146.081	1,2
Croacia	41.202	42.119	43.806	45.210	45.720	1,1
Republica Checa	176.397	180.435	183.560	186.004	187.483	0,8
Dinamarca	41.491	41.516	42.055	42.479	42.741	0,6
Estonia	35.384	35.783	36.781	37.644	38.277	1,7
Finlandia	95.176	95.250	94.780	95.948	96.169	0,2
Francia	554.000	567.000	553.097	555.814	563.906	1,5
Alemania	892.695	902.718	917.627	932.755	946.541	1,5
Grecia	232.692	230.910	227.990	223.680	229.776	2,7
Hungría	87.488	87.666	88.592	91.760	94.966	3,5
Irlanda	44.498	46.168	57.494	52.485	53.321	1,6
Italia	882.515	879.131	885.513	895.978	904.308	0,9
Letonia	26.832	26.743	26.981	27.905	27.710	-0,7
Lituania	52.181	54.003	57.901	61.465	65.996	7,4
Luxemburgo	11.434	11.437	11.633	11.778	12.055	2,4
Holanda	159.485	158.973	161.672	164.317	168.453	2,5
Polonia	941.293	980.201	1.025.585	1.064.671	1.108.975	4,2
Portugal	119.000	119.000	119.700	125.633	130.035	3,5
Rumania	217.437	239.851	255.297	281.708	309.167	9,7
Eslovaquia	83.825	85.577	85.277	85.654	85.241	-0,5
Eslovenia	28.341	29.648	31.667	33.572	35.864	6,8
España	517.268	526.559	541.352	555.006	567.000	2,2
Suecia	79.544	80.046	81.430	83.025	83.977	1,1
Inglaterra	569.921	581.645	595.542	602.799	605.393	0,4
U.E.	6.103.698	6.214.936	6.337.504	6.472.374	6.621.641	2,3
Noruega	89.746	88.659	86.757	86.154	85.661	-0,6
Suiza	60.602	60.076	58.507	60.438	61.989	2,6
EFTA	150.348	148.735	145.264	146.592	147.650	0,7
Rusia	3.738.145	3.690.032	3.703.635	3.733.711	3.759.152	0,7
Turquía	814.459	850.051	876.152	898.817	908.821	1,1
<b>TOTAL Europa</b>	<b>10.806.650</b>	<b>10.903.754</b>	<b>11.062.555</b>	<b>11.251.494</b>	<b>11.437.264</b>	<b>1,7</b>

Fuente: European Automobile manufacturers association.

Analizando el reparto del parque de vehículos comerciales medios y pesados por fuente de energía motriz (Tabla xx y figura xx), Observamos como el diésel es el principal combustible en todos los países de la unión Europea, cabe destacar la poca presencia de vehículos híbridos con una representatividad de menos del 1% en todos los países. La representatividad de los vehículos a batería eléctricos e híbridos enchufables es menor al 1% en todos los países de Europa. Valorando los vehículos GLP observamos como la representatividad de los mismos es menor al 1% en la mayoría de países de la UE, destacando países como Polonia (1%) y Letonia (1,1%),

Tabla 14. Reparto del parque automovilístico de vehículos comerciales medios y pesados (más de 5 toneladas) en Europa por fuente de energía motriz.

País	Gasolina	Diésel	Híbrido eléctrico	Batería eléctrico e híbrido enchufable	GLP	Otros combustibles
Austria	-					
Bélgica	1,7%	92,6%	0,0%	0,0%	0,3%	5,3%
Croacia	0,1%	99,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Republica Checa	0,8%	99,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Dinamarca	0,7%	99,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%
Estonia	15,4%	84,5%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Finlandia	1,6%	98,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%
Francia	0,2%	99,4%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%
Alemania	0,2%	99,5%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%
Grecia	0,1%	56,1%	0,0%	0,0%	0,0%	43,8%
Hungría	0,7%	99,2%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Irlanda	0,2%	99,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Italia	0,4%	99,2%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%
Letonia	1,5%	97,4%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%
Lituania	1,9%	95,7%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%
Luxemburgo	0,3%	98,9%	0,0%	0,0%	0,2%	0,5%
Holanda	0,8%	98,3%	0,0%	0,1%	0,9%	0,0%
Polonia	2,7%	78,8%	0,1%	0,0%	1,0%	17,4%
Portugal	0,0%	99,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%
Rumania	0,2%	99,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Eslovaquia	0,2%	97,6%	0,0%	0,0%	0,1%	2,1%
Eslovenia	0,1%	99,8%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
España	0,2%	99,3%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%
Suecia	-					
Inglaterra	0,6%	99,3%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
U.E.	1,0%	98,3%	0,0%	0,0%	0,4%	0,2%
Noruega	3,5%	96,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,1%
Suiza	0,5%	99,1%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%

Fuente: European Automobile manufacturers association.

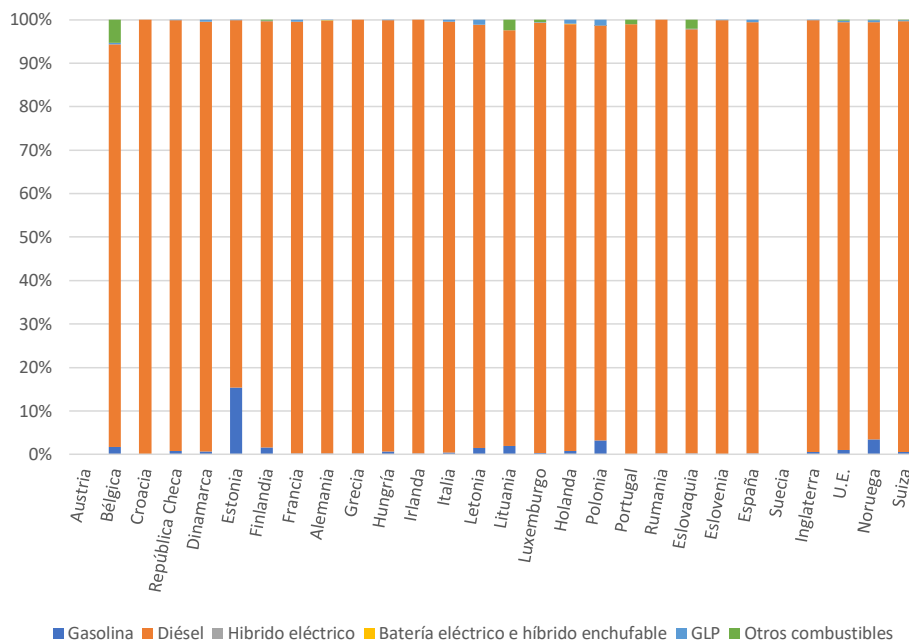


Figura 24. Reparto del parque automovilístico de vehículos medios y pesados (más de 5 toneladas) en Europa por fuente de energía motriz.

Fuente: European Automobile manufacturers association.

## 6.5. PARQUE AUTOMOVILÍSTICO DE AUTOBUSES

Analizando el parque de autobuses en Europa (tabla 15), observamos como España se encuentra en el sexto puesto en autobuses en el año 2018 con 64.915 autobuses, precedida por Polonia, Italia, Francia, Inglaterra y Alemania. También se observa como los crecimientos de autobuses son similares al total del parque en cada país, con una media de crecimiento de autobuses en la Unión Europea del 1,7% entre los años 2017 y 2018. Analizando el índice de motorización de autobuses, observamos como en España el mismo tiene un valor de 113 autobuses por cada 1.000 habitantes, siendo el valor de la media europea 80 autobuses por cada 1.000 habitantes. Valorando la edad media de los autobuses a nivel europeo observamos como esta es de 11,4 años, valor muy cercano a la edad media de los autobuses en España con 10,8 años según la ACEA.

Tabla 15. Parque automovilístico de autobuses en Europa.

País	2014	2015	2016	2017	2018	%18/17
Austria	9.585	9.679	9.825	9.956	10.037	0,8
Bélgica	16.028	15.926	15.934	15.956	16.147	1,2
Croacia	4.465	4.688	4.903	5.054	5.141	1,7
Republica Checa	19.871	19.966	20.224	20.824	21.443	3,0
Dinamarca	8.802	8.858	9.052	9.077	8.982	-1,0
Estonia	4.618	4.770	4.838	4.964	4.973	0,2
Finlandia	12.446	12.455	12.471	12.623	12.481	-1,1
Francia	89.000	90.000	91.000	91.800	92.498	0,8
Alemania	77.501	78.345	78.949	79.438	80.519	1,4
Grecia	24.871	22.873	23.460	24.016	27.970	16,5
Hungría	17.384	17.681	18.143	18.594	19.091	2,7
Irlanda	8.802	9.259	9.841	10.371	10.944	5,5
Italia	97.914	97.991	97.817	99.100	100.042	1,0
Letonia	4.000	4.035	4.069	4.075	4.035	-1,0
Lituania	6.937	6.856	6.926	7.164	7.517	4,9
Luxemburgo	1.759	1.778	1.857	1.904	1.963	3,1
Holanda	10.145	9.409	9.741	10.069	10.055	-0,1
Polonia	106.057	109.844	113.139	116.090	119.471	2,9
Portugal	14.500	14.700	15.000	15.605	16.200	3,8
Rumania	20.055	21.123	21.946	22.928	23.935	4,4
Eslovaquia	8.879	8.944	8.810	8.955	9.078	1,4
Eslovenia	2.576	2.645	2.699	2.796	2.850	1,9
España	59.799	60.252	61.838	63.590	64.915	2,1
Suecia	13.992	14.114	13.890	14.421	14.378	-0,3
Inglaterra	88.638	88.186	87.778	86.607	84.391	-2,6
U.E.	728.623	734.377	744.150	755.977	769.056	1,7
Noruega	17.172	16.716	16.307	16.080	15.644	-2,7
Suiza	15.713	15.684	15.602	15.431	15.435	0,0
EFTA	32.885	32.400	31.909	31.511	31.079	-1,4
Rusia	394.458	390.938	395.326	400.845	405.737	1,2
Turquía	211.200	217.056	220.361	221.885	218.523	-1,5
TOTAL Europa	1.367.166	1.374.771	1.391.746	1.410.218	1.424.395	1,0

Fuente: European Automobile manufacturers association.

Analizando el reparto del parque de autobuses por fuente de energía motriz (Tabla 16 y figura 25), Observamos como el diésel es el principal combustible en todos los países de la unión Europea, cabe destacar la poca presencia de vehículos híbridos con una representatividad menor del 1% en todos los países exceptuando Luxemburgo (5,6%), Bélgica (3,2%), España (1,2%) y Suecia (1%). La representatividad de los vehículos a batería eléctricos e híbridos enchufables es menor al 1% en todos los países de Europa. Valorando los vehículos GLP observamos como la representatividad de los mismos es menor al 1% en la mayoría de países de la UE, destacando países como Polonia (1%) y Letonia (1,1%).

Tabla 16. Reparto del parque de autobuses en Europa por fuente de energía matriz.

País	Gasolina	Diésel	Híbrido eléctrico	Batería eléctrico e híbrido enchufable	GLP	Otros combustibles
Austria	0,0%	95,8%	0,0%	1,5%	2,6%	0,0%
Bélgica	0,7%	95,5%	3,1%	0,1%	0,1%	0,5%
Croacia	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
República Checa	0,0%	93,1%	0,0%	0,1%	3,5%	3,3%
Dinamarca	0,4%	97,8%	0,0%	0,1%	1,7%	0,0%
Estonia	4,3%	92,7%	0,9%	0,0%	2,1%	0,0%
Finlandia	0,2%	99,2%	0,0%	0,2%	0,3%	0,1%
Francia	0,0%	96,1%	0,0%	0,0%	3,9%	0,0%
Alemania	0,1%	97,5%	0,7%	0,3%	1,4%	0,1%
Grecia	0,0%	95,7%	0,0%	0,0%	3,9%	0,4%
Hungría	0,3%	97,4%	0,5%	0,1%	1,6%	0,0%
Irlanda	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Italia	0,5%	94,3%	0,0%	0,5%	4,7%	0,1%
Letonia	0,3%	99,4%	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%
Lituania	0,2%	95,6%	0,0%	0,4%	3,2%	0,5%
Luxemburgo	0,1%	90,2%	5,6%	1,3%	2,8%	0,0%
Holanda	0,1%	88,8%	0,3%	3,9%	6,8%	0,1%
Polonia	3,5%	79,4%	0,2%	0,3%	1,2%	15,5%
Portugal	0,0%	97,4%	0,0%	0,1%	2,1%	0,4%
Rumania	0,0%	99,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%
Eslovaquia	0,4%	94,0%	0,0%	0,5%	2,7%	2,4%
Eslovenia	0,1%	96,7%	0,0%	0,0%	3,1%	0,1%
España	0,2%	94,4%	1,2%	0,2%	4,0%	0,0%
Suecia	0,2%	69,8%	1,0%	0,7%	17,5%	10,8%
Inglaterra	0,5%	98,8%	0,0%	0,4%	0,3%	0,0%
U.E.	0,8%	95,4%	0,3%	0,3%	2,7%	0,4%
Noruega	1,4%	92,8%	0,0%	0,3%	5,2%	0,2%
Suiza	3,5%	93,9%	0,9%	0,5%	1,0%	0,3%

Fuente: European Automobile manufacturers association.

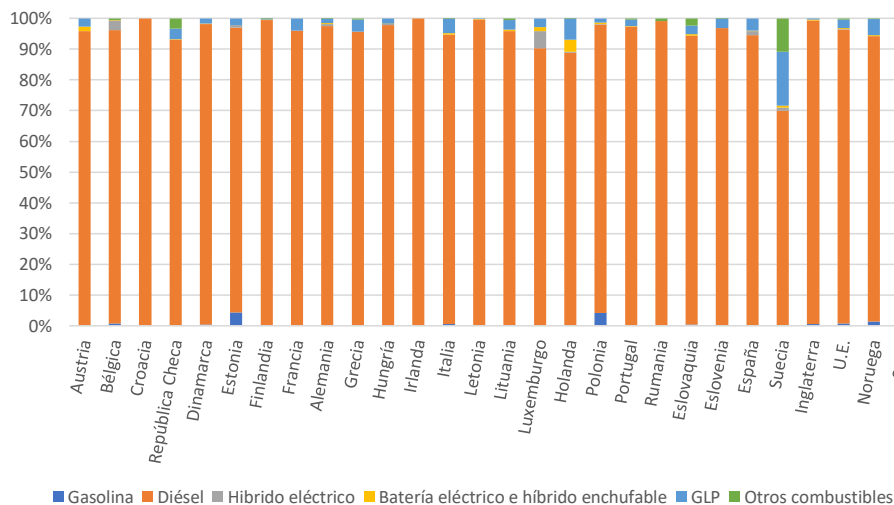


Figura 25. Reparto del parque automovilístico de autobuses en Europa por fuente de energía matriz.

Fuente: European Automobile manufacturers association.

## 7. EVOLUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO EN ESPAÑA

La evolución del parque automovilístico en unidades por los diferentes tipos de vehículos: camiones, furgonetas, autobuses, turismos, motocicletas, tractores industriales, remolques, semirremolques y otros, así como su reparto modal desde el año 2000 hasta el 2019 se muestra en las siguientes tablas (Tabla 17 y Figura 26). Como se observa, a lo largo de todo el periodo, como los turismos tienen el mayor porcentaje de representatividad con más de un 70% del número de unidades en el año 2019, seguido de las motocicletas, camiones, furgonetas, remolques, semirremolques, tractores industriales y, por último, autobuses que representa un 0,19 % del total del parque en el año 2019.

Tabla 17. Evolución del parque automovilístico español por tipo de vehículo.

Año	Camiones y furgonetas	Autobuses	Turismos	Motocicletas	Tractores industriales	Remolques y semirremolques	Otros	Total
2000	3.780.221	54.732	17.449.235	1.445.644	142.955	243.314	168.114	23.284.215
2001	3.949.001	56.146	18.150.880	1.483.442	155.957	265.495	188.950	24.249.871
2002	4.091.875	56.953	18.732.632	1.517.208	167.014	287.220	212.830	25.065.732
2003	4.188.910	55.993	18.688.320	1.513.526	174.507	306.842	241.354	25.169.452
2004	4.418.039	56.957	19.541.918	1.612.082	185.379	330.933	287.333	26.432.641
2005	4.655.413	58.248	20.250.377	1.805.827	194.206	353.946	339.259	27.657.276
2006	4.910.257	60.385	21.052.559	2.058.022	204.094	380.147	388.597	29.054.061
2007	5.140.586	61.039	21.760.174	2.311.346	212.697	404.859	427.756	30.318.457
2008	5.192.219	62.196	22.145.364	2.500.819	213.366	418.629	436.631	30.969.224
2009	5.136.214	62.663	21.983.485	2.606.674	206.730	412.840	447.363	30.855.969
2010	5.103.980	62.445	22.147.455	2.707.482	199.486	414.673	450.514	31.086.035
2011	5.060.791	62.358	22.277.244	2.798.043	195.960	415.568	459.117	31.269.081
2012	4.984.722	61.127	22.247.528	2.852.297	186.964	410.369	460.196	31.203.203
2013	4.887.352	59.892	22.024.538	2.891.204	182.822	407.847	463.181	30.916.836
2014	4.839.484	59.799	22.029.512	2.972.165	186.060	413.155	475.872	30.976.047
2015	4.851.518	60.252	22.355.549	3.079.463	195.657	426.510	420.734	31.389.683
2016	4.879.480	61.838	22.876.830	3.211.474	207.889	443.598	425.411	32.106.520
2017	4.924.476	63.589	23.500.401	3.327.048	218.154	459.712	435.624	32.929.004
2018	4.980.911	64.905	24.074.151	3.459.722	225.942	474.737	449.614	33.729.982
2019	5.015.973	65.470	24.558.126	3.607.226	232.680	487.823	467.493	34.434.791

Fuente: DGT.

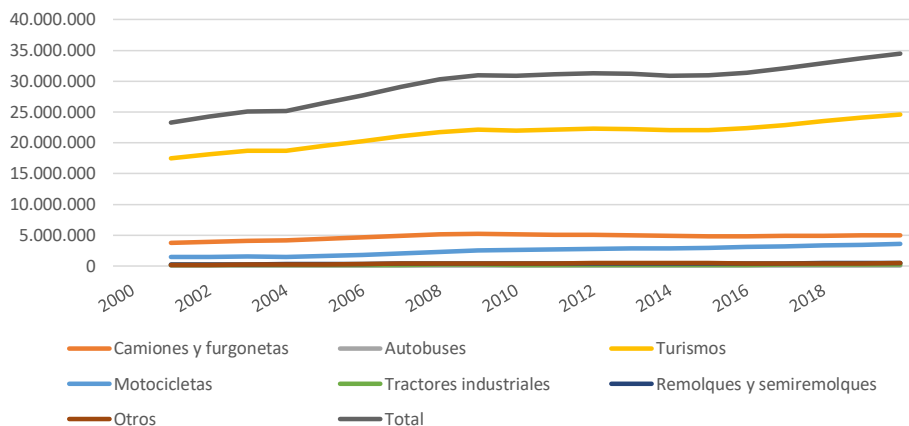


Figura 26. Evolución del parque automovilístico español por tipo de vehículo.

Fuente: DGT.

Particularizando el análisis en el resto de vehículos sin los turismos (Figura 27), observamos como las motocicletas, camiones y furgonetas, pese a tener menor representatividad en el reparto modal del parque automovilístico, han tenido desde el año 2000 un crecimiento constante frente al resto de vehículos con unos crecimientos muy reducidos.

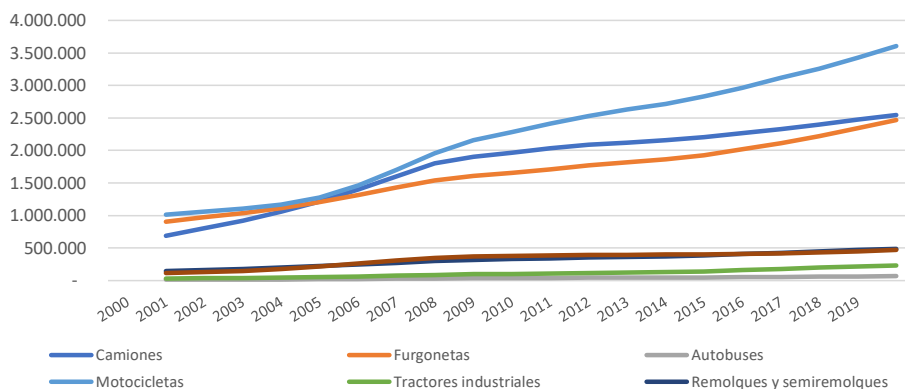


Figura 27. Evolución del parque automovilístico por tipo de vehículo sin turismos.

Fuente: DGT

Finalmente, valorando el crecimiento de autobuses, tractores industriales, remolques y semirremolques y otros (Figura 28 y Figura 29), se observa como en todos ellos se han producido incrementos en su volumen solo destacando el bajo incremento de autobuses en el periodo 2000 a 2019 presentando tasas de entre el 0,15% al 0,19% de crecimiento.

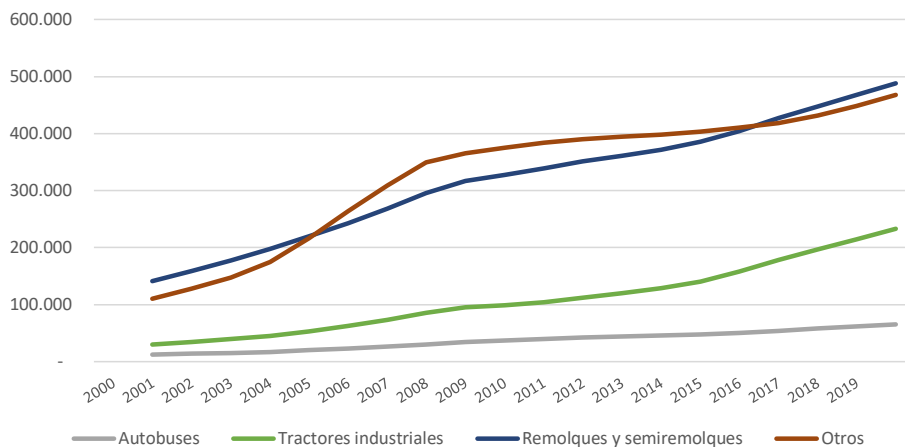


Figura 28. Evolución del parque automovilístico de tractores, autobuses, remolques, semirremolques y otros.

Fuente: DGT.

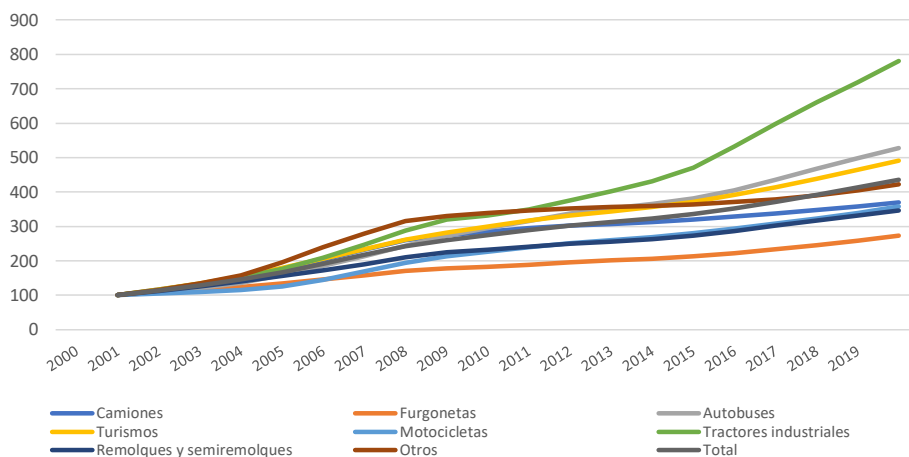


Figura 29. Evolución del crecimiento del parque automovilístico por tipo de vehículo. Índice 2000=100.

Fuente: DGT.

En cuanto al análisis del crecimiento del parque por tipo de vehículos desde el año 2000 (Tabla 18), se puede afirmar que en todas las modalidades, al igual que en el total, el crecimiento ha sido positivo, si bien ha habido años en que este ha sido menor debido a la crisis del año 2008. Con todo, el crecimiento global pasa del 14,8% en el año 2001 a el 5,36% en el año 2019, presentando el menor crecimiento en el año 2012 con un 3,36%.

Tabla 18. Crecimiento en porcentaje del parque automovilístico español por tipo de vehículo y año.

Año	Camiones	Furgonetas	Autobuses	Turismos	Motocicletas	Tractores industriales	Remolques y semirremolques	Otros	Total
2001	16,79	7,3	10,82	16,81	4,86	15,5	12,46	15,42	14,08
2002	13,98	6,81	9,58	14,86	4,62	14,46	11,52	15,62	12,65
2003	14,93	7,48	12,05	15,36	5,5	14,94	11,54	18,42	13,41
2004	15,02	8,32	16,83	15,98	8,84	16,62	11,32	23,52	14,46
2005	15,31	9,02	16,91	15,04	14,95	18,05	10,49	22,31	14,56
2006	14,39	8,28	14,65	13,46	16,55	17,61	10,54	17,08	13,43
2007	12,24	7,88	14,23	11,81	14,91	17,14	10,28	12,9	11,85
2008	5,62	4,52	11,94	7,57	10,23	11,16	7,09	4,67	7,38
2009	3,51	2,79	8,39	6,26	5,91	3,67	3,42	2,64	5,58
2010	3,38	3,42	6,77	5,89	5,72	5,16	3,45	2,27	5,36
2011	2,68	3,45	7,07	4,38	4,78	7,53	3,63	1,63	4,17
2012	1,65	2,74	4,14	3,62	3,8	6,88	2,82	1,14	3,36
2013	1,69	2,65	3,91	3,74	3,44	7,36	2,89	1,01	3,41
2014	2,16	3,39	4,46	4,44	4,04	9,26	3,7	1,22	4,09
2015	2,73	4,48	6,1	5,31	4,7	12,87	4,97	1,74	4,96
2016	2,75	4,83	7,39	5,69	5,29	12,48	5,5	2,11	5,33
2017	3,03	5,1	7,4	5,9	4,6	10,61	4,89	3,08	5,45
2018	3,2	5,62	6,6	5,99	5,02	8,89	4,54	3,8	5,61
2019	3,06	5,24	5,88	5,63	5,35	8,48	4,23	4,32	5,36

Fuente: DGT.

Analizando el crecimiento del reparto modal del parque automovilístico en España (Tabla 19 y Figura 30), se observa como la tendencia desde el año 2000 hasta el 2019 es de la reducción de camiones, desde un 8,73% en el año 2000 a un 7,4% en el 2019, de furgonetas, desde un 11,45% en el año 2000 a un 7,17% en el año 2019 y de motocicletas, desde un valor del 12,76% en el año 2000 a un 10,48% en el 2019. Esto ha provocado el crecimiento de la representatividad de autobuses con un 0,19%, turismos con un 71,32% y tractores industriales con un 0,69% dentro del total.

Tabla 19. Evolución del porcentaje del reparto modal del parque automovilístico por tipo de vehículo y año.

Año	Camiones	Furgonetas	Autobuses	Turismos	Motocicletas	Tractores industriales	Remolques y semirremolques	Otros
2000	8,73	11,45	0,16	63,34	12,76	0,38	1,78	1,4
2001	8,93	10,77	0,15	64,85	11,73	0,38	1,76	1,42
2002	9,04	10,21	0,15	66,12	10,9	0,39	1,74	1,45
2003	9,16	9,68	0,15	67,26	10,14	0,39	1,71	1,52
2004	9,2	9,16	0,15	68,15	9,64	0,4	1,67	1,64
2005	9,26	8,72	0,15	68,43	9,67	0,41	1,61	1,75
2006	9,34	8,32	0,15	68,45	9,94	0,43	1,57	1,8
2007	9,38	8,02	0,16	68,42	10,21	0,45	1,54	1,82
2008	9,22	7,81	0,16	68,54	10,48	0,46	1,54	1,78
2009	9,04	7,6	0,17	68,99	10,51	0,46	1,51	1,73
2010	8,87	7,46	0,17	69,33	10,55	0,45	1,48	1,68
2011	8,75	7,41	0,18	69,48	10,61	0,47	1,47	1,63
2012	8,6	7,37	0,18	69,65	10,66	0,48	1,46	1,6
2013	8,46	7,31	0,18	69,87	10,66	0,5	1,46	1,56
2014	8,3	7,26	0,18	70,11	10,65	0,53	1,45	1,52
2015	8,12	7,23	0,18	70,34	10,63	0,57	1,45	1,47
2016	7,93	7,2	0,18	70,58	10,62	0,61	1,45	1,43
2017	7,74	7,17	0,19	70,88	10,54	0,64	1,45	1,4
2018	7,57	7,17	0,19	71,13	10,48	0,66	1,43	1,37
2019	7,4	7,17	0,19	71,32	10,48	0,68	1,42	1,36

Fuente: DGT.

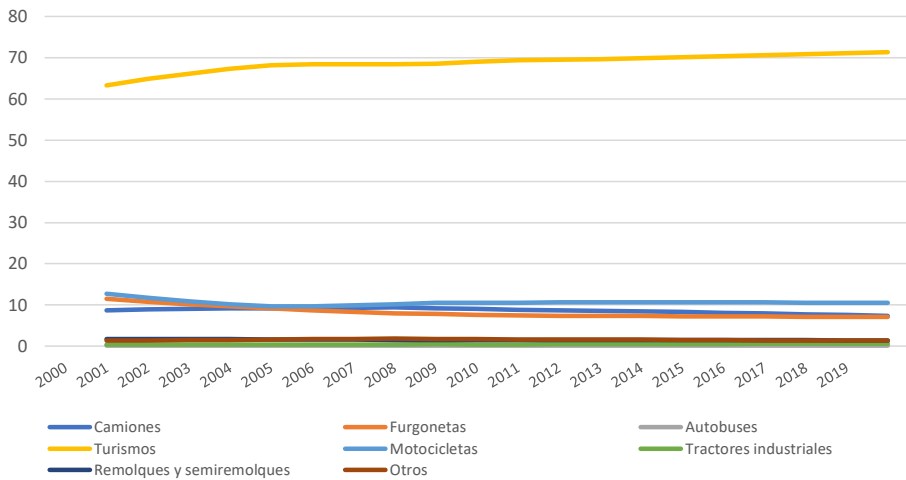


Figura 30. Evolución del reparto del parque automovilístico español por tipo de vehículo y año.

Fuente: DGT.

Analizando la evolución del reparto modal de camiones, furgonetas y motocicletas (Figura 31), observamos como se ha visto reducida la representatividad de estos tres modos de transporte desde el año 2000 con una tendencia en el año 2019 a continuar viéndose reducida su cuota dentro del parque automovilístico español.

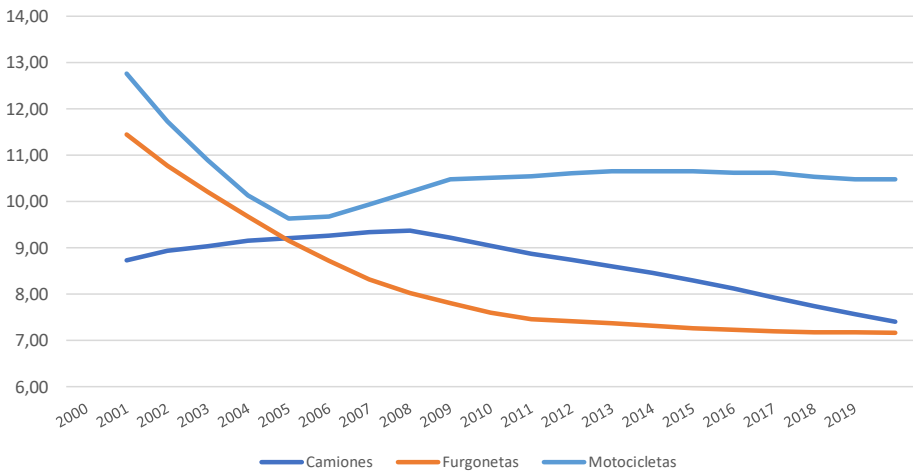


Figura 31. Evolución del reparto del parque automovilístico de camiones, furgonetas y motocicletas.

Fuente: DGT.

En la tendencia del reparto de autobuses (Figura 32), se puede observar como ésta no ha tenido una gran variación durante el período entre los años 2000 y 2019, presentando un ligero crecimiento en los últimos años. Por otra parte, la cuota del reparto modal de tractores industriales ha sufrido un incremento para este mismo período temporal, frente a la reducción de la representatividad de remolques, semirremolques y otros vehículos en el reparto modal del parque automovilístico en España.

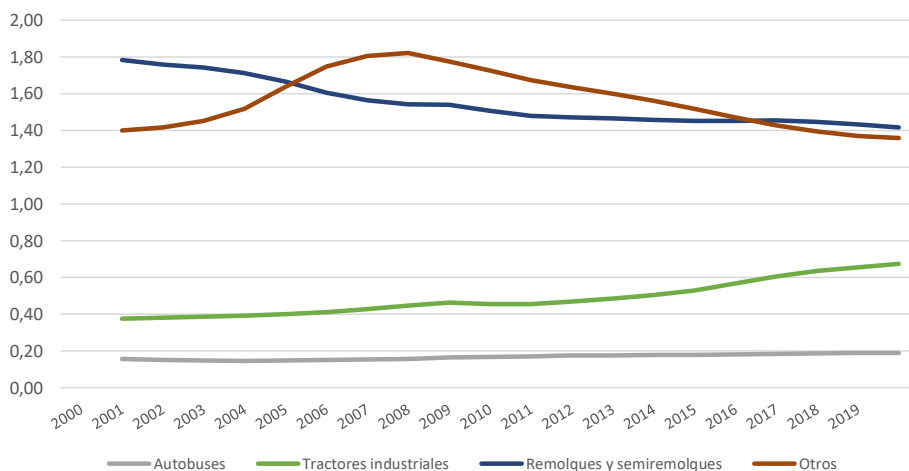


Figura 32. Evolución del reparto del parque automovilístico de autobuses, tractores industriales, remolques, semirremolques y otros.

Fuente: DGT.

Las gráficas del reparto modal de la evolución, desde el año 2000 hasta 2019 (Figura 33), se encuentran representadas en las siguientes figuras, donde se observa como los turismos pasan de tener un 63% del reparto modal en el año 2000 a un 71% en el año 2019. Este hecho es el más representativo de la evolución del reparto modal del parque automovilístico en nuestro país, el resto de tipos de vehículos no han visto variado sustancialmente su representatividad dentro del parque automovilístico. Las motocicletas han visto reducida su cuota desde el año 2000 con un 13% a un 11% en el año 2019, de igual manera, los camiones han visto reducida su cuota de un 9% a un 7% para este mismo período. Las furgonetas han visto reducida su representatividad en gran medida con una reducción del 12% en el año 2000 al 7% en el 2019, mientras que los tractores industriales han pasado de representar menos del 1% en el año 2000 al 1% en el año 2019. Finalmente la evolución del reparto modal del parque automovilístico en el resto de vehículos no es representativo, siendo el hecho de mayor importancia el aumento del número de turismos y su representatividad dentro del parque automovilístico español.

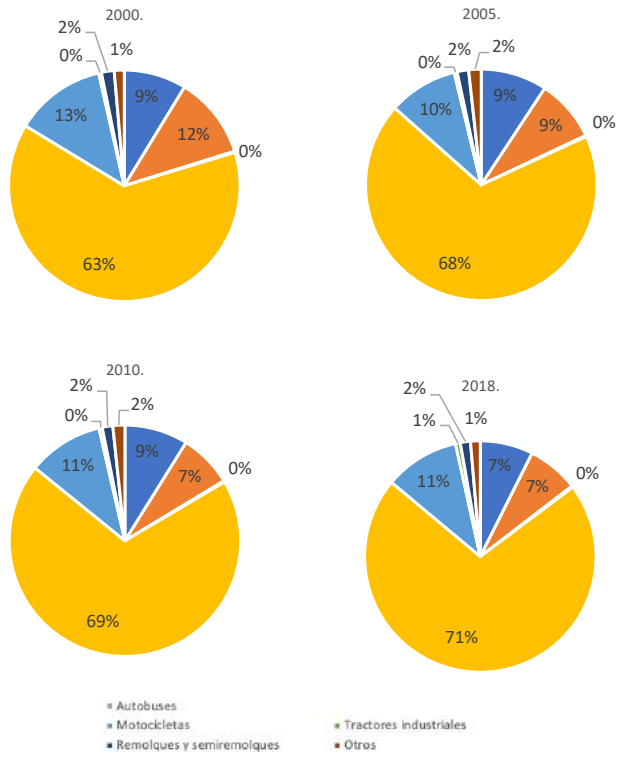


Figura 33. Reparto modal del parque automovilístico español por tipo de vehículo y año.

Fuente: DGT.

## 8. EVOLUCIÓN DEL PARQUE POR TIPO DE COMBUSTIBLE

La evolución de el parque automovilístico por tipo de combustible (Tabla 20 y Figura 34 y 35), muestra un cambio en la tendencia de la gasolina y el gasoil. Si bien al principio de siglo el consumo de gasolina era mayor que el de gasoil, el crecimiento del gasóleo ha sido constante hasta el año 2006, en el cual supera en uso al de la gasolina. El consumo de gasolina desde el año 2006 ha sufrido un retroceso en el número de vehículos que emplean este combustible reduciendo el parque de vehículos gasolina hasta el año 2014 en el que se produjo de nuevo un crecimiento de estos vehículos y alcanzando en el año 2018 valores cercanos al año 2006.

Tabla 20. Evolución del parque automovilístico español por tipo de combustible y año.

Año	Gasolina	Gasóleo	Otros	Sin especificar	Total
2000	15.280.704	8.003.511	-	-	23.284.215
2001	15.375.454	8.874.417	-	-	24.249.871
2002	15.347.281	9.718.451	-	-	25.065.732
2003	14.703.489	10.465.963	-	-	25.169.452
2004	14.778.741	11.653.900	-	-	26.432.641
2005	14.428.402	12.862.442	366.432	-	27.657.276
2006	14.536.169	14.124.314	393.578	-	29.054.061
2007	14.615.394	15.283.399	419.664	-	30.318.457
2008	14.627.619	15.907.051	434.554	-	30.969.224
2009	14.261.823	16.155.935	438.211	-	30.855.969
2010	14.115.696	16.528.514	441.825	-	31.086.035
2011	14.018.321	16.806.306	444.454	-	31.269.081
2012	13.850.018	16.909.000	444.185	-	31.203.203
2013	13.510.906	16.959.627	446.303	-	30.916.836
2014	13.301.665	17.216.298	44.929	413.155	30.976.047
2015	13.377.186	17.541.220	44.767	426.510	31.389.683
2016	13.641.959	17.968.013	52.950	443.598	32.106.520
2017	14.030.385	18.367.474	71.433	459.712	32.929.004
2018	14.563.270	18.574.542	117.433	474.737	33.729.982

Fuente: DGT.

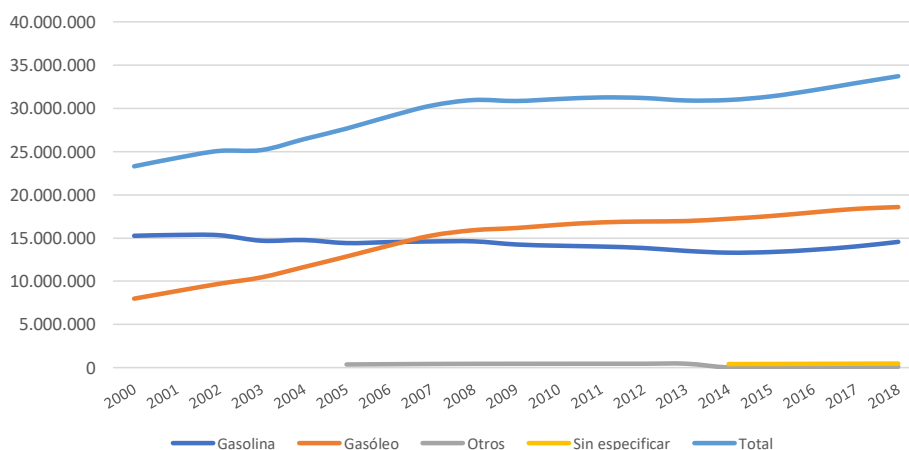


Figura 34. Evolución del parque automovilístico español por tipo de combustible y año.

Fuente: DGT.

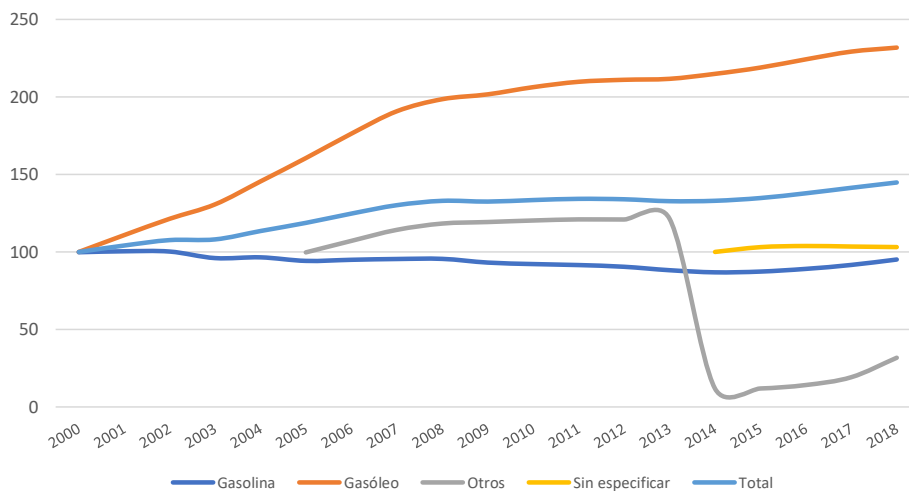


Figura 35. Evolución del parque automovilístico por tipo de combustible. Índice 2000=100.

Fuente: DGT.

Como se puede observar en la siguiente figura (Figura 36), en el año 2006 se produjo el adelantamiento en número de vehículos de gasóleo a los vehículos de gasolina en el parque automovilístico, estabilizándose tanto el crecimiento como el decrecimiento de ambas tipologías de vehículos respectivamente en años posteriores.

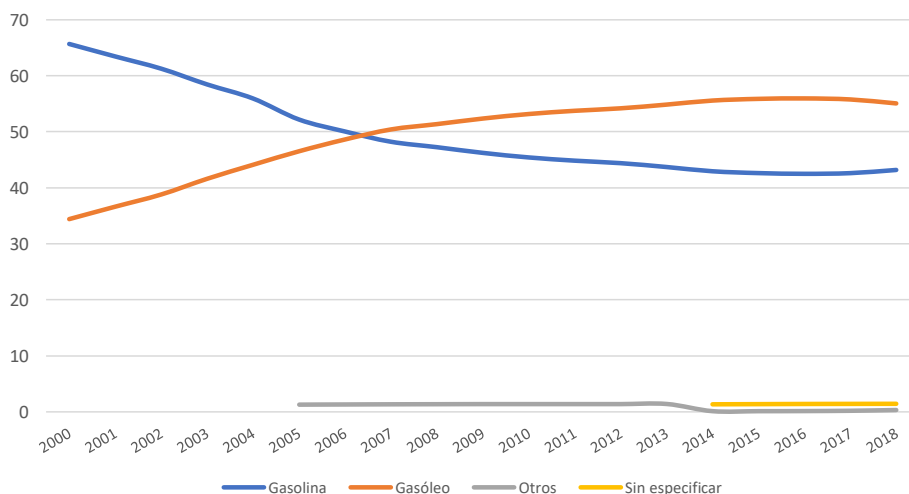


Figura 36. Evolución del reparto del parque automovilístico por tipo de combustible.

Fuente: DGT.

En las gráficas siguientes se describe el crecimiento del parque automovilístico de los diferentes tipos de vehículos según el tipo de combustible empleado, para ello se ha analizado particularmente la evolución de cada tipo de vehículo y la representatividad del combustible empleado en el parque automovilístico.

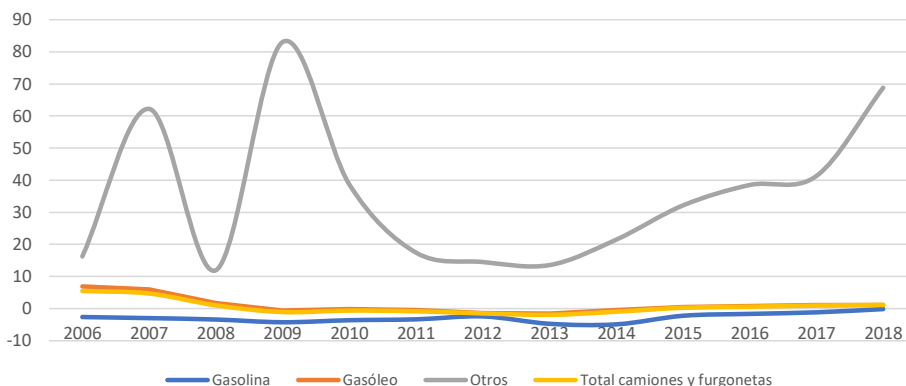


Figura 37. Evolución del crecimiento del parque de camiones y furgonetas por tipo de combustible.

Fuente: OTLE.

Dentro de la tipología de camiones y furgonetas (Figura 38) podemos observar como el gasóleo es el combustible con más crecimiento de la cuota dentro de la tipología de camiones y furgonetas totales (Figura 37) con un crecimiento del 1,16% en el año 2019. Se observa también como a partir del año 2014 los camiones y furgonetas que emplean gasolina como combustible han ido incrementándose alcanzado en el año 2018 los niveles de camiones y furgonetas de gasóleo del año 2015.

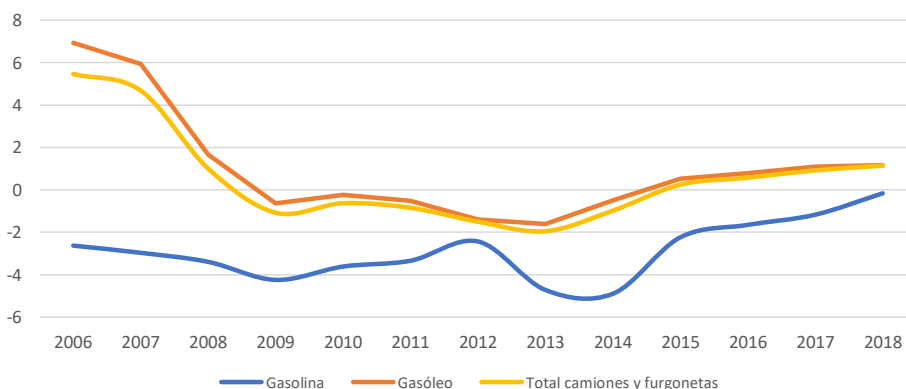


Figura 38. Evolución del crecimiento del parque de camiones y furgonetas gasolina y gasóleo.

Fuente: OTLE.

En el análisis de los combustibles empleados por autobuses (Figura 39), observamos como la tendencia es la reducción del empleo de gasolina y en menor medida del gasóleo, incrementando el uso de otros combustibles para su funcionamiento con un crecimiento del 48,6% en el año 2019.

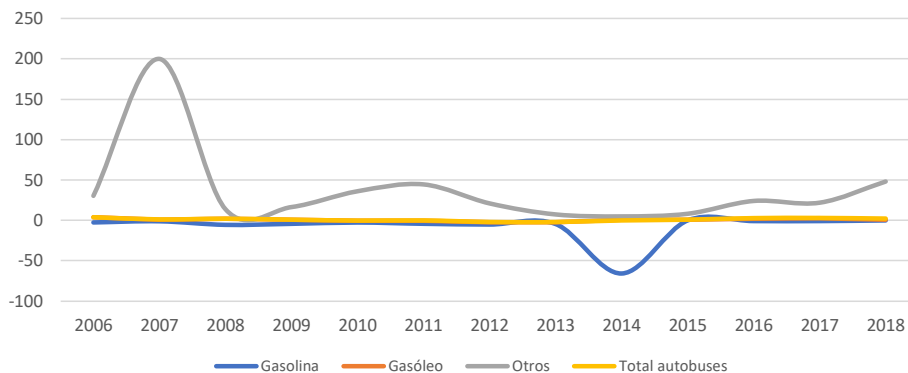


Figura 39. Evolución del crecimiento del parque de autobuses por tipo de combustible.

Fuente: OTLE.

En los turismos el crecimiento del uso de combustibles no convencionales frente a los convencionales, como son el gasóleo y la gasolina (Figura 40), se ha incrementado a partir del año 2009 alcanzando un crecimiento del 117,3% en el año 2018 respecto al año anterior. También hay que destacar que el crecimiento del parque de turismos con combustibles convencionales obtiene crecimientos muy estables entre los años 2010 y 2018 muy a la par del crecimiento total del parque automovilístico de turismos para todos los combustibles con un crecimiento en el año 2018 del 2,44%.

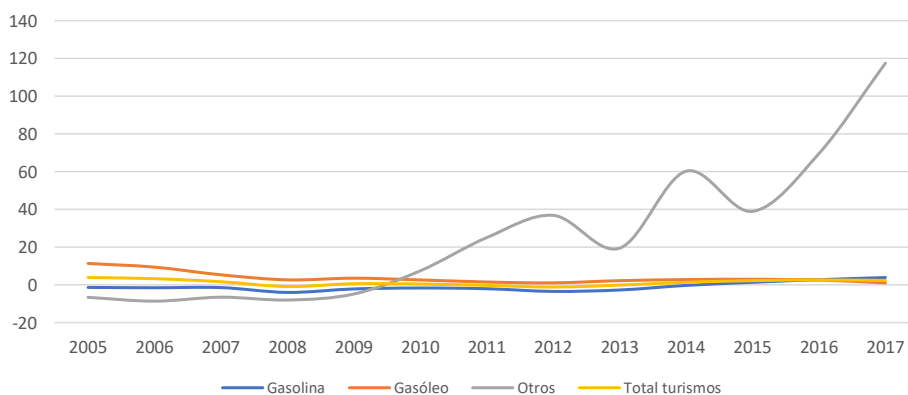


Figura 40. Evolución del crecimiento del parque de turismos por tipo de combustible.

Fuente: OTLE.

Particularizando el análisis del parque de turismos por combustible (Figura 41), observamos que la tendencia a partir del año 2016 es la reducción del crecimiento de vehículos diésel, suplida esta recesión por el incremento del crecimiento de turismos gasolina con un crecimiento del 4,01% en el año 2018.

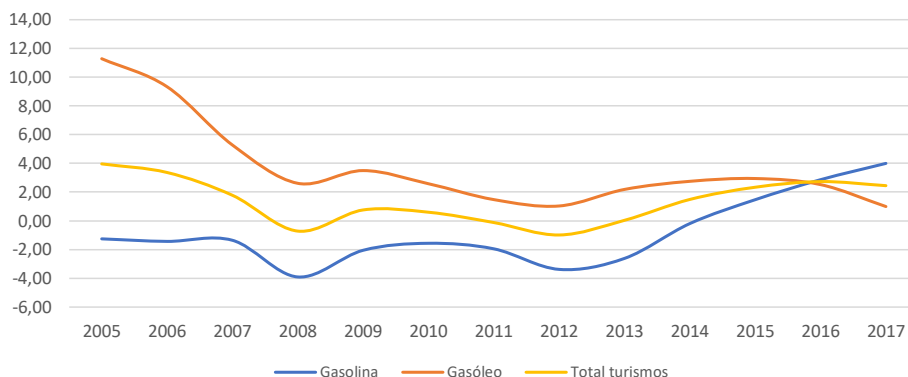


Figura 41. Evolución del crecimiento del parque de turismos de gasóleo y gasolina.

Fuente: OTLE.

En la evolución del parque de motocicletas por tipo de combustible (Figura 42), se observa como se ha visto reducido su crecimiento en gran medida desde el año 2009. El crecimiento de las motocicletas que emplean gasolina va a la par del crecimiento total de estos vehículos, mientras se observa como en motocicletas de gasóleo en el año 2014 se produjo un gran decrecimiento del -29,53% con un crecimiento en el siguiente año del 24,6%. En motocicletas con otros combustibles también se observa un gran crecimiento positivo en el año 2012 del 24,99%.

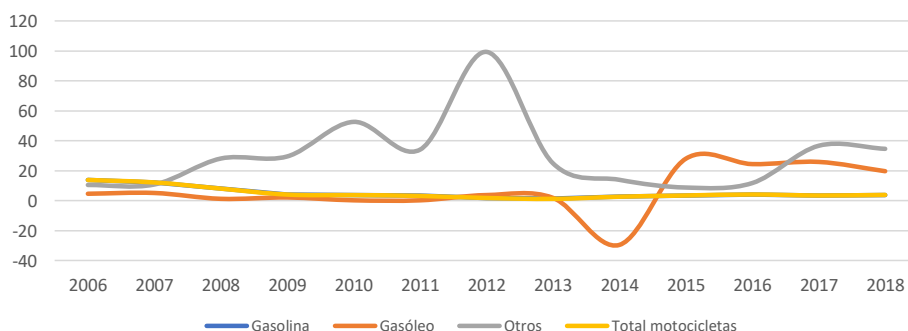


Figura 42. Evolución del crecimiento del parque de motocicletas por tipo de combustible.

Fuente: OTLE.

Analizando finalmente el crecimiento de los tractores industriales por combustible empleado (Figura 43), observamos que el crecimiento de los tractores con gasóleo sigue la línea de crecimiento del total de tractores con un 3,57% en el año 2018. Por otro lado, el empleo de otros combustibles tuvo un crecimiento en el año 2013 con un 96.67%, seguido de un decrecimiento en el año 2014 reduciéndose a valores nulos a partir de ese año.

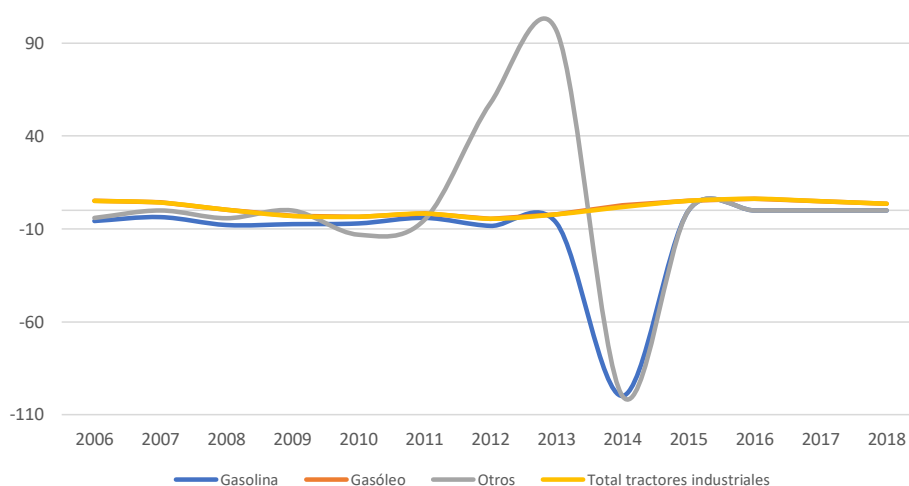


Figura 43 Evolución del crecimiento del parque de tractores industriales por tipo de combustible.

Fuente: OTLE.

## 9. ANÁLISIS DE LAS MATRICULACIONES POR TIPO DE VEHÍCULO

El análisis de las matriculaciones por tipo de vehículos (Figura 44) nos muestra, en los últimos años, un crecimiento en el número de las matriculaciones de turismos, seguido de un crecimiento menor de las furgonetas y motocicletas. En cuanto a los vehículos industriales, otros vehículos industriales y autobuses se puede decir que, en términos generales, se ha mantenido relativamente constante durante los últimos 15 años.

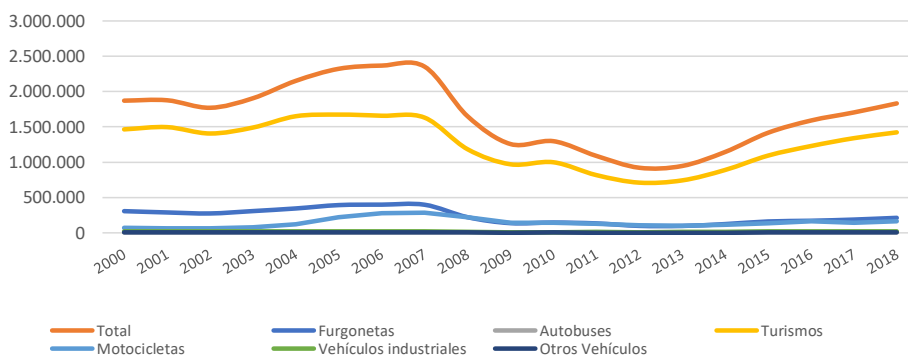


Figura 44. Matriculaciones anuales por tipología de vehículo.

Fuente: DGT.

Analizando las matriculaciones sin los turismos (Figura 45), observamos como las matriculaciones de furgonetas y motocicletas sufrió un descenso de gran importancia a partir del 2008, produciéndose un nuevo crecimiento de las mismas a partir del año 2013 y alcanzando en el año 2018 niveles del 2008.

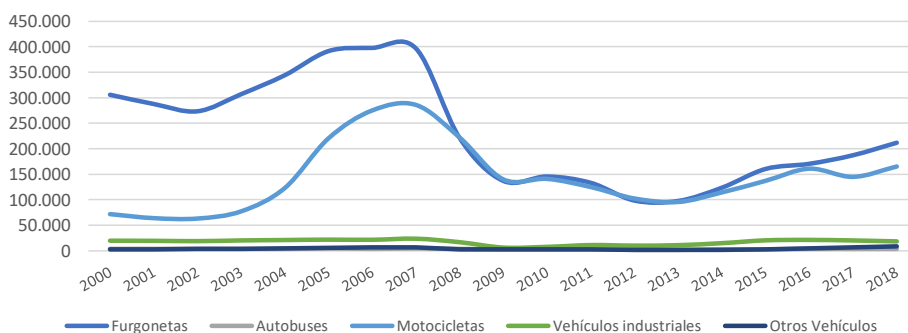


Figura 45. Matriculaciones anuales por tipología de vehículo sin turismos.

Fuente: DGT.

## 10. ANÁLISIS DE LAS MATRICULACIONES POR TIPO DE COMBUSTIBLE

En cuanto al análisis de las matriculaciones por tipo de combustible se presentan a continuación las tablas correspondientes a los datos de la Dirección General de Tráfico (Tabla 21) y otra, mucho más desagregada, correspondiente a ANFAC (Tabla 22). Si nos centramos en la fuente de la Dirección General de Tráfico se observa la tendencia a la que ya se ha apuntado anteriormente, que es el crecimiento de los vehículos con consumo de gasolina que pasa de representar un 35% de las matriculaciones en el año 2014, a casi un 55% en el 2018. Por su parte, el gasoil retrocede desde un 64,5% en el 2014 a un 43% en el 2018, y la parte correspondiente a otros combustibles pasa del 0,5% en el año 2014 a el 2,5% en el 2018.

En la información suministrada por ANFAC aparece con gran detalle los diferentes tipos de combustible: gasolina, diésel, híbrido diésel, híbrido gasolina, eléctricos, eléctricos e-RVE, híbrido enchufable diésel, híbrido enchufable gasolina, hidrógeno, GLP, gas natural y gas natural licuado.

Tabla 21. Matriculaciones de vehículos por tipo de combustible.

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Gasolina	362.854	483.688	617.536	734.306	935.079
Gasóleo	662.621	805.121	835.875	824.892	739.832
Otros	4.687	7.430	9.335	19.522	41.926
<b>Total</b>	<b>1.030.162</b>	<b>1.296.239</b>	<b>1.462.746</b>	<b>1.578.720</b>	<b>1.716.837</b>

Fuente: DGT.

Tabla 22. Matriculaciones de vehículos por fuente de energía motriz.

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Gasolina	276.025	365.223	466.123	580.749	755.192
Diésel	695.675	824.564	843.008	810.399	693.148
Híbrido diésel	289	198	229	351	1.563
Híbrido gasolina	11.825	18.270	30.817	55.420	74.555
Eléctricos	1.410	1.958	2.866	4.918	7.833
Eléctricos e-REV	107	120	138	186	148
Híbrido enchufable diésel (PHEV)	31	16	32	63	48
Híbrido enchufable gasolina (PHEV)	298	771	1.479	3.279	5.635
Hidrógeno	0	0	0	0	1
GLP	1.283	2.571	1.528	4.466	19.663
GN+	297	511	1.073	2.372	5.403
GNL	40	4	42	32	298
<b>total</b>	<b>987.280</b>	<b>1.214.206</b>	<b>1.347.335</b>	<b>1.462.235</b>	<b>1.563.487</b>

Fuente: ANFAC.

A continuación, se representa de forma gráfica las matriculaciones por tipo de combustible de los siguientes tipos de vehículos: turismos y todoterrenos, vehículos comerciales ligeros, vehículos industriales de más de 3,5t, microbuses y autobuses (Figura 46).

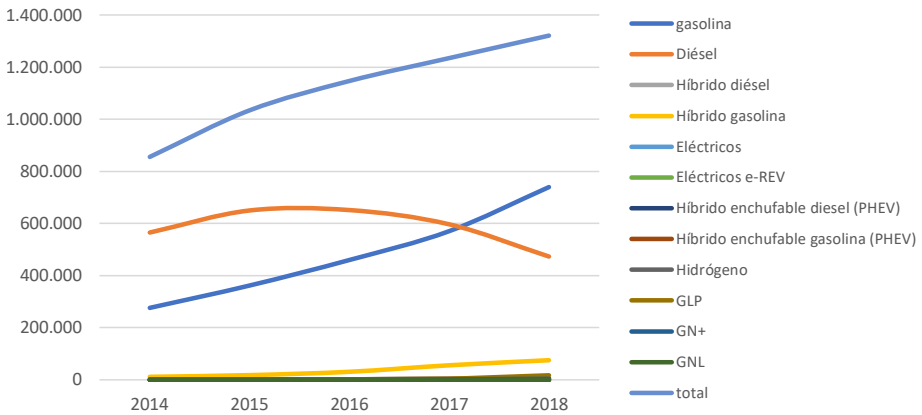


Figura 46. Matriculaciones de turismos y todoterreno por combustible.

Fuente: ANFAC.

Valorando las matriculaciones sin contar con los combustibles convencionales (Figura 47), se observa como los vehículos con GLP son los que han obtenido un mayor número de matriculaciones en los últimos años, con 19.663 matriculaciones en el año 2018, seguido por los vehículos eléctricos con 7.819 matriculaciones en este año y los vehículos híbridos enchufables gasolina (PHEV) con 5.635 vehículos en este año. Finalmente tenemos los vehículos impulsados con gas natural, con 5.403 matriculaciones y los vehículos híbridos diésel con 1.563 matriculaciones. El resto de fuentes de energía motriz tiene poca representatividad en las matriculaciones de fuentes de energía no convencionales.

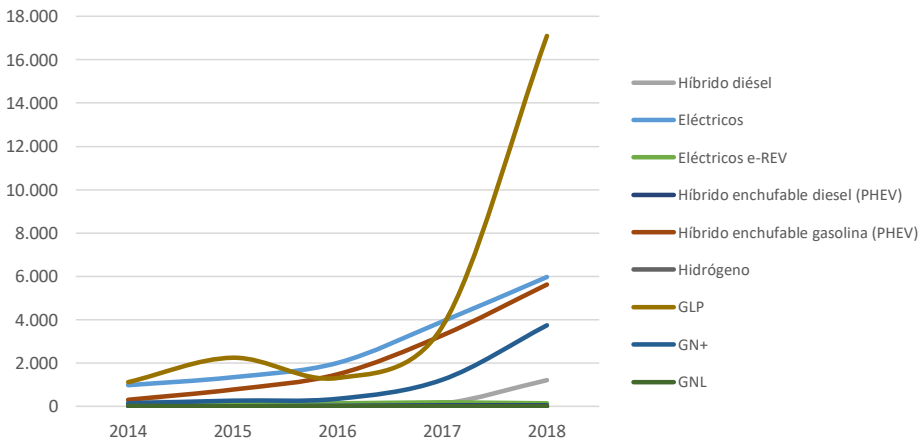


Figura 47 Matriculaciones de turismos y todoterreno por combustible sin gasolina ni diésel.

Fuente: ANFAC.

Analizando las matriculaciones de vehículos comerciales ligeros (Figura 48), se observa como, casi en su totalidad, el combustible empleado es el diésel con 110.459 matriculaciones en el año 2018, seguido a gran distancia por los vehículos gasolina con 15.620 matriculaciones en ese mismo año.

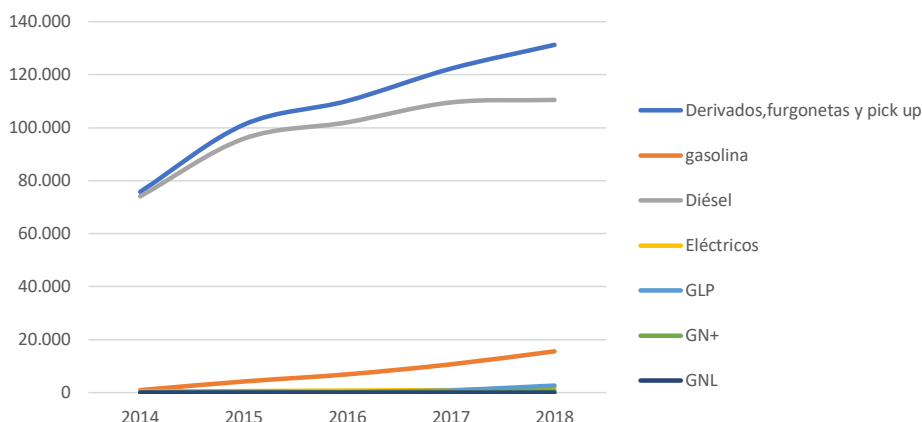


Figura 48. Matriculaciones de vehículos comerciales ligeros (derivados, furgones y pick ups) por tipo de combustible.

Fuente: ANFAC.

Valorando las matriculaciones de vehículos comerciales ligeros con combustibles no convencionales (Figura 49), observamos como en los últimos años se ha producido un incremento de las mismas en vehículos con GLP con 2.569 matriculaciones en el año 2018, seguido de los vehículos eléctricos con 1.822 matriculaciones, los vehículos con GN+ con 750 matriculaciones y por último los vehículos con GNL con una sola matriculación en el año 2018.

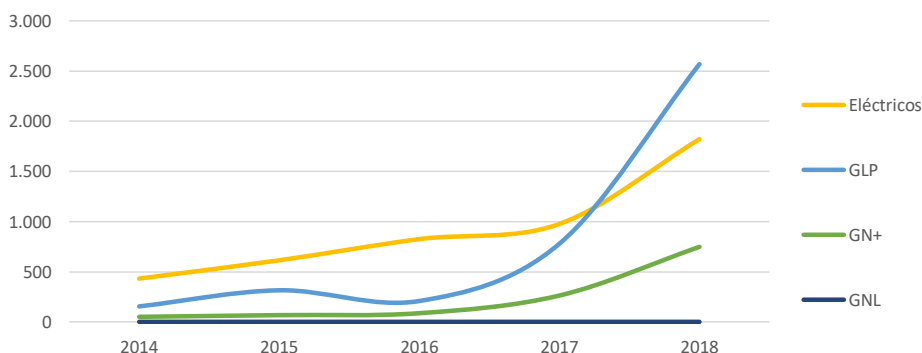


Figura 49. Matriculaciones de vehículos comerciales ligeros (derivados, furgones y pick ups) por tipo de combustible sin gasolina ni diésel.

Fuente: ANFAC.

Las matriculaciones de vehículos comerciales ligeros de menos de 3,5 toneladas (Figura 50) están dominadas por los vehículos diésel, representando este combustible casi la totalidad de las matriculaciones de vehículos comerciales ligeros de menos de 3,5t.

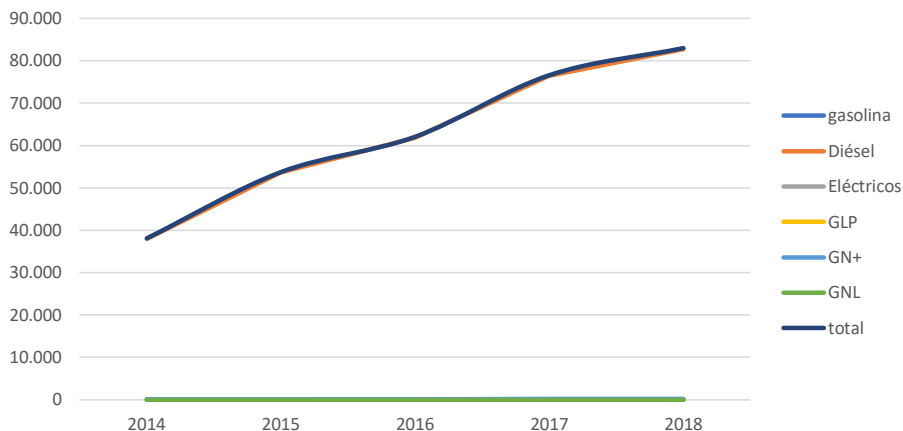


Figura 50. Matriculaciones de vehículos comerciales ligeros de menos de 3,5 toneladas por tipo de combustible.

Fuente: ANFAC.

Como se puede observar en la siguiente figura (Figura 51), analizando las matriculaciones de vehículos comerciales de menos de 3,5t sin analizar los vehículos diésel de esta tipología, vemos que los vehículos con GN+ representan el segundo combustible mas empleado con 159 matriculaciones en el año 2017, seguido de la gasolina con solo 41 matriculaciones.

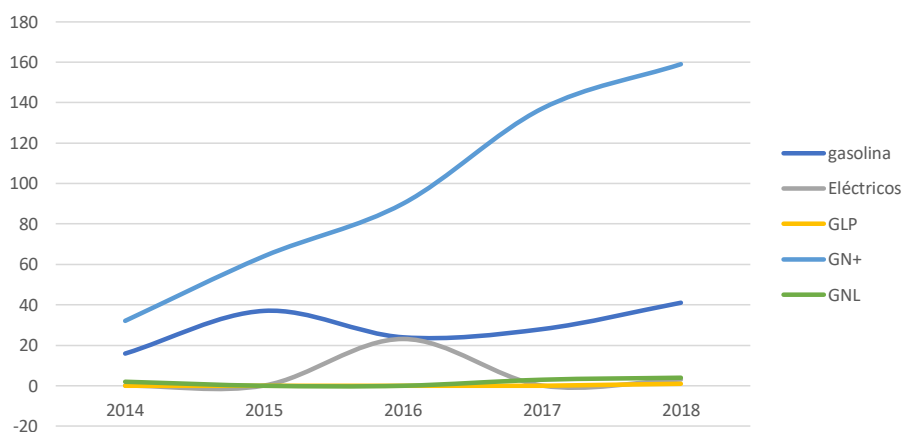


Figura 51. Matriculaciones de vehículos comerciales ligeros de menos de 3,5 toneladas por tipo de combustible sin diésel.

Fuente: ANFAC.

Las matriculaciones de vehículos industriales de más de 3,5 toneladas (Figura 52) indican que el diésel es el combustible más empleado en este tipo de vehículos con 23.457 matriculaciones en el año 2018.

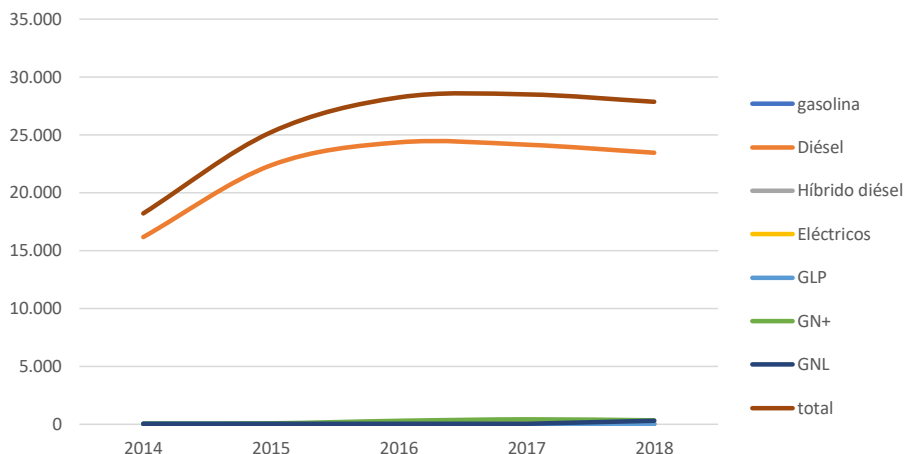


Figura 52. Matriculaciones de vehículos industriales de más de 3,5 toneladas por tipo de combustible.

Fuente: ANFAC.

Analizando el resto de combustibles (Figura 53), observamos que son muy poco representativos en esta tipología de vehículos, con unas matriculaciones de 333 vehículos de GN+ en el 2017, 293 matriculaciones de GNL, 5 matriculaciones de GLP, 4 de vehículos eléctricos y ninguna matriculación de vehículos industriales de mas de 3,5 toneladas de gasolina en el año 2018.

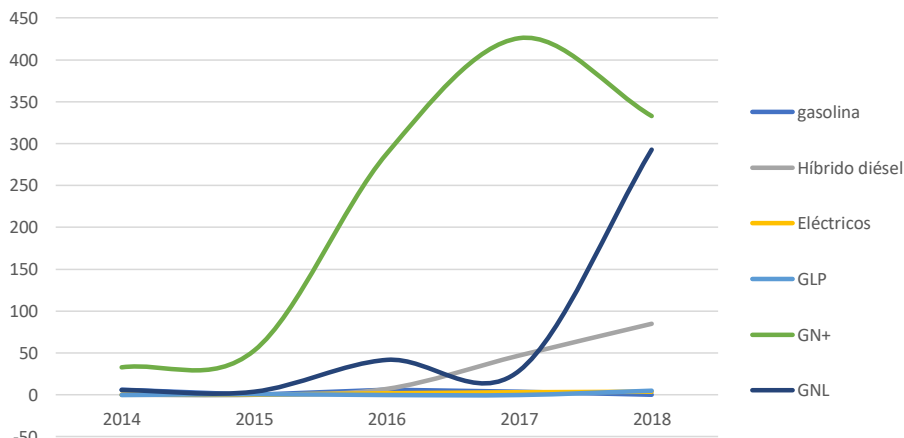


Figura 53. Matriculaciones de vehículos industriales de más de 3,5 toneladas por tipo de combustible sin diésel.

Fuente: ANFAC.

Analizando de igual forma las matriculaciones de los microbuses y autobuses por tipo de combustible (Figura 54), observamos como al igual que en los vehículos industriales el diésel es el combustible de uso prioritario en esta tipología de vehículos con 2.976 matriculaciones en el año 2018.

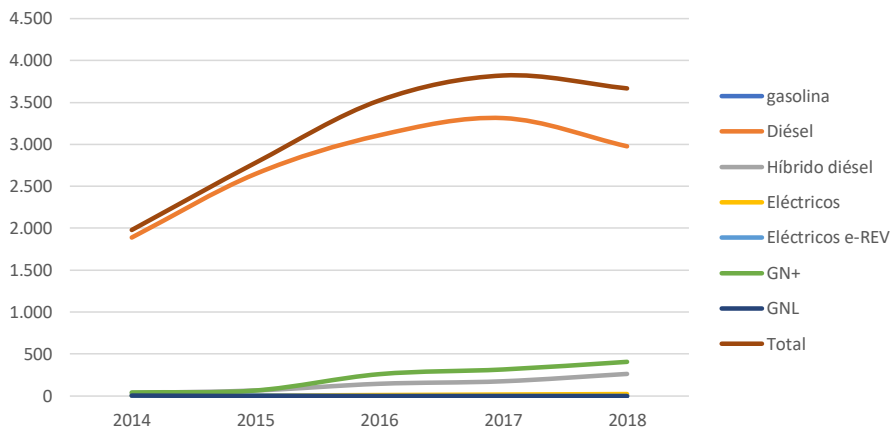


Figura 54. Matriculaciones de microbuses y autobuses por tipo de combustible.

Fuente: ANFAC.

También podemos observar como segunda fuente de energía motriz se encuentra el GN+ con 407 matriculaciones en el año 2018, seguido de los híbridos diésel con 260 matriculaciones en este año y solo 22 matriculaciones de autobuses y microbuses eléctricos (Figura 55).

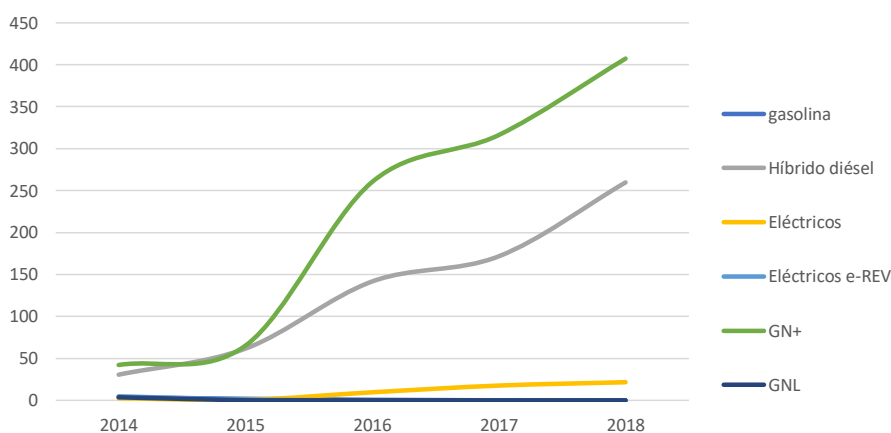


Figura 55. Matriculaciones de microbuses y autobuses por tipo de combustible sin diésel.

Fuente: ANFAC.

## 11. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO

En cuanto al análisis del consumo energético del transporte interurbano para los diferentes modos de transporte (Figura 56 y 57), se observa que, como viene siendo habitual, es el transporte por carretera el principal consumidor de energía expresado en Terajulios<sup>9</sup>. En este punto es importante destacar que el sector ferroviario se ha mantenido relativamente constante durante los últimos 20 años.

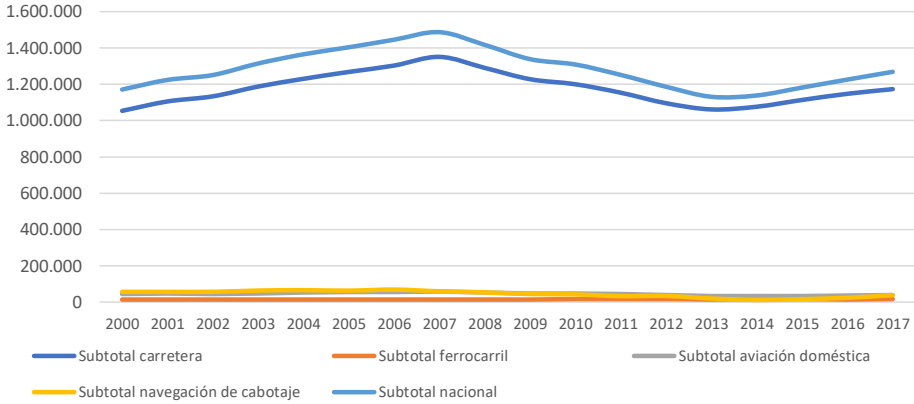


Figura 56. Consumo energético por modos de transporte en el transporte interurbano nacional en Terajulios.

Fuente: OTLE.

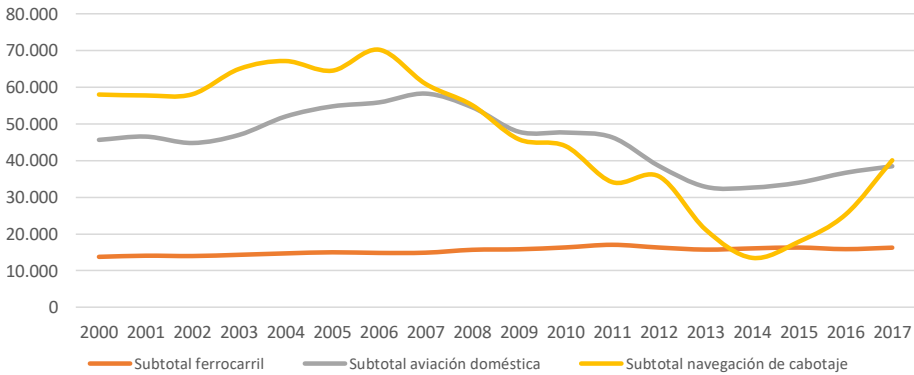


Figura 57. Consumo energético por modos de transporte en el transporte interurbano nacional en Terajulios sin el transporte por carretera.

Fuente: OTLE.

<sup>9</sup> Un billón de julios. El julio o *joule* es la unidad derivada del Sistema internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor. Como unidad de trabajo, el julio se define como la cantidad de trabajo realizado por una fuerza constante de un newton en un metro de longitud en la misma dirección de la fuerza.

En cuanto al análisis del sector del transporte por carretera en el caso del transporte interurbano las siguientes gráficas (Figura 58 y 59) muestran el consumo energético de los diferentes tipos de combustible. Se observa que es el gasóleo, seguido de las de la gasolina y de los gaseosos<sup>10</sup> los que corresponden al mayor consumo energético, si bien todavía no se ha alcanzado, en el caso del gasóleo, los valores máximos correspondientes al periodo antes de la crisis del 2008.

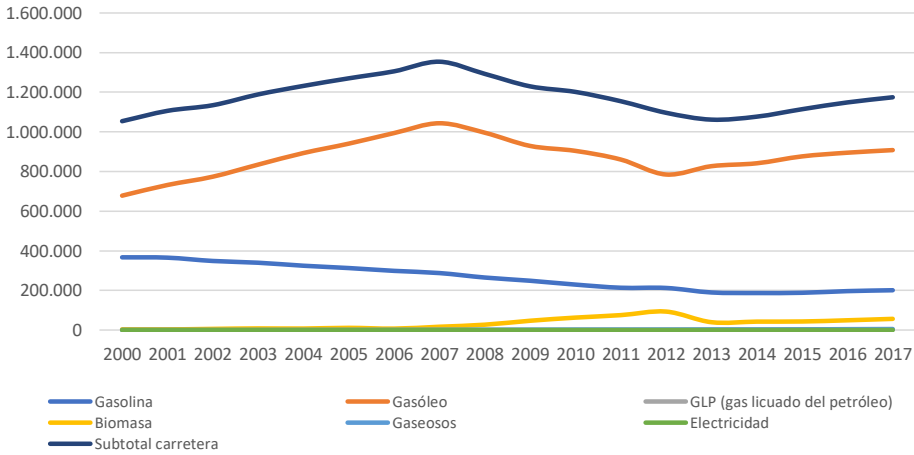


Figura 58. Consumo energético del transporte por carretera por combustibles en Terajulios.

Fuente: OTLE.

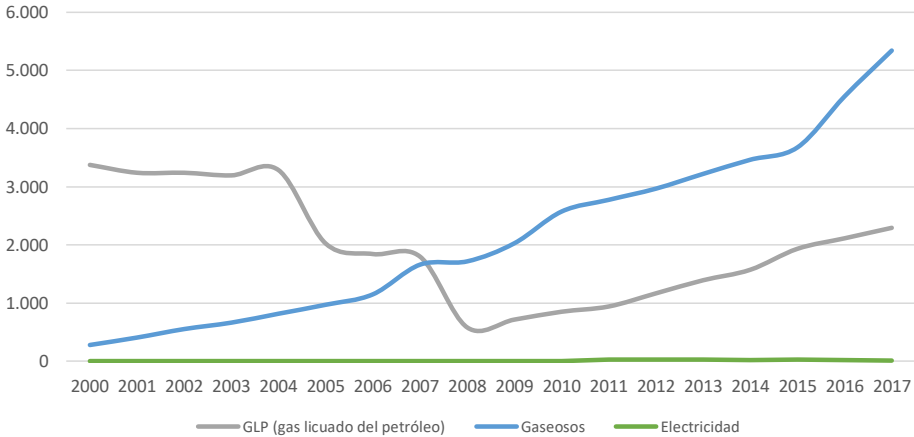


Figura 59. Consumo energético del transporte por carretera de GLP, gaseosos y electricidad en Terajulios.

Fuente: OTLE.

<sup>10</sup> Aire metanado o propanado, propano y gas de fábrica.

## 12. ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DEL TRANSPORTE POR CARRETERA POR TIPO DE EMISIÓN

En el análisis de los diferentes tipos de emisiones correspondientes al transporte en general (Tabla 23 y Figura 60) se puede observar como los gases efecto invernadero, expresados en Kilotoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, son los contaminantes con más emisiones genera el transporte, que si bien tuvieron un descenso a partir de la crisis del 2008, es a partir de 2012 cuando han vuelto a experimentar un aumento sin llegar todavía a valores pre-crisis. También se puede observar como las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de sectores difusos<sup>11</sup> abarca casi la totalidad de las emisiones de estos gases, siguiendo su línea de evolución a través del periodo analizado. En este sentido es interesante destacar también el descenso experimentado por los óxidos de nitrógeno y por los compuestos orgánicos volátiles no mecánicos desde el año 2004.

Tabla 23. Evolución de las emisiones de gases contaminantes del transporte en general.

Año	Gases de efecto invernadero-GEI totales (Kilotoneladas de CO <sub>2</sub> equivalente)	Gases de efecto invernadero-GEI en sectores difusos (Kilotoneladas de CO <sub>2</sub> equivalente)	Óxidos de azufre (Toneladas)	Óxidos de nitrógeno (Toneladas)	Amoniaco (Toneladas)	Compuestos orgánicos volátiles no metánicos (Toneladas)	Material particulado <= 2,5 µm (toneladas)
2005	102.210	98.197	16,8	655	6,5	119,4	27,6
2006	105.549	101.460	17,2	647,9	5,8	100,4	27,6
2007	107.861	103.595	15,6	624,1	5,3	88	26,8
2008	101.906	97.913	12	565,2	4,8	71,9	24,2
2009	94.653	91.151	8,8	502,8	4,5	60,3	22
2010	91.305	87.822	7,2	476,5	4	53,2	20,6
2011	86.162	82.779	7,2	432,8	3,7	43,8	18,4
2012	80.093	77.281	5,8	400	3,6	39,4	16,4
2013	79.839	77.441	5,6	350,9	3,1	30,6	14,8
2014	80.157	77.777	4,1	328,8	2,9	28,1	13,6
2015	83.306	80.825	5	329,4	2,8	26,7	13,1
2016	86.176	83.497	8,8	332,9	2,6	28,2	13,2
2017	88.853	86.049	17,3	347,1	2,6	27	14,1

Fuente: OTLE.

<sup>11</sup> El sistema de comercio de derechos de emisión integra las emisiones de CO<sub>2</sub> de gran parte de las instalaciones energéticas e industriales, más la mayor parte de la aviación. Los sectores difusos engloban los sectores, actividades, gases, instalaciones y procesos no incluidos en el anterior sistema. Así, en el ámbito competencial del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, los sectores difusos incluyen las emisiones del transporte nacional en los modos carretera, ferroviario, marítimo y una parte menor del aéreo, y de los edificios residenciales, comerciales e institucionales.

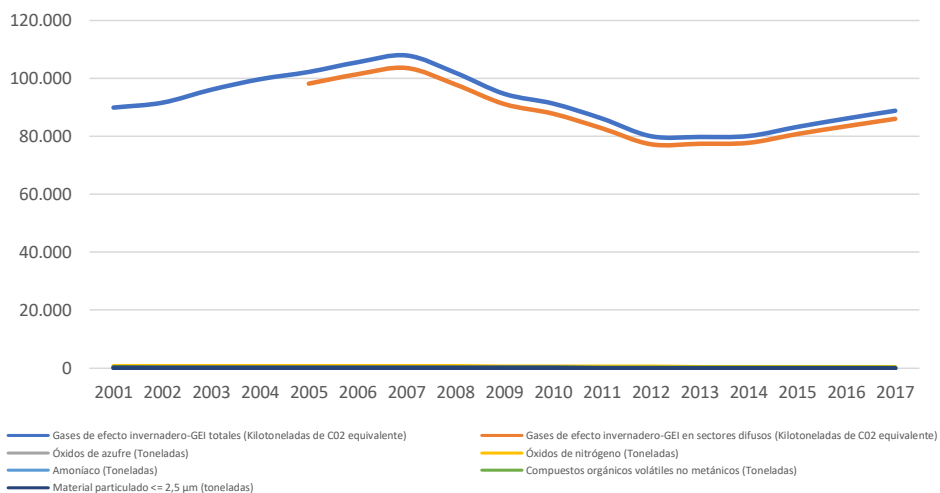


Figura 60. Emisiones del transporte por tipo de emisión.

Fuente: OTLE.

Los óxidos de nitrógeno han sufrido una gran reducción desde el año 2007 con un valor de 347,1 toneladas en el año 2017 lo que supone una reducción de una 46% frente al año 2007, al igual que los compuestos orgánicos volátiles con unas emisiones de 27 toneladas en el año 2017 con una reducción frente al año 2007 del 87% (Figura 61). También destaca el descenso producido por los óxidos de azufre con una reducción en el año 2017 frente al 2007 del 55% pese que se encuentran repuntando con grandes tasas de crecimiento desde el año 2014.

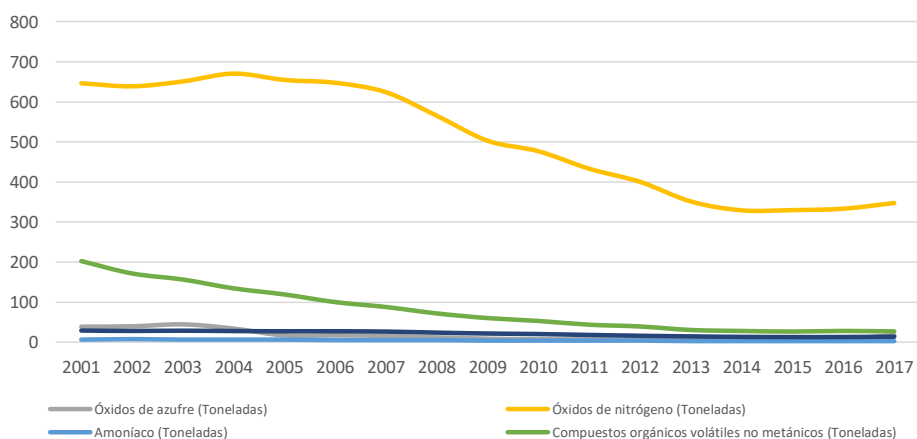


Figura 61. Emisiones del transporte por tipo de emisión sin el CO<sub>2</sub>.

Fuente: OTLE.

Se observa como todas las emisiones analizadas están sufriendo tasas de decrecimiento, viéndose reducidas sustancialmente las emisiones de estos contaminantes a la atmósfera por parte del sector del transporte (Figura 62).

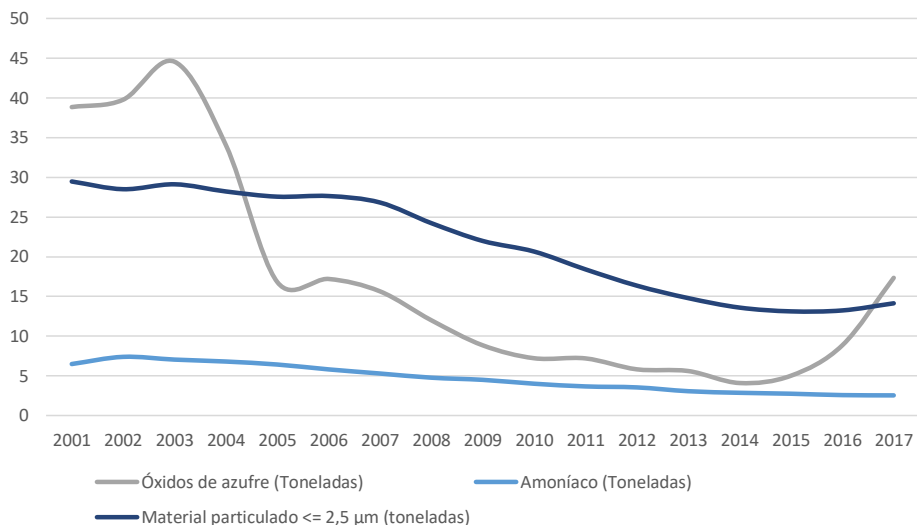


Figura 62. Emisiones del transporte de óxidos de azufre, material particulado y amoníaco.

Fuente: OTLE.

En las siguientes figuras se muestran las emisiones por tipo de emisión del transporte por carretera correspondientes a los turismos, motocicletas, furgonetas de menos de 3,5t, camiones de más de 3,5t y autobuses. En todas ellas es interesante destacar el predominio absoluto de los de las emisiones de gases de efecto invernadero, medidas en kilotoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Como se puede observar las principales emisiones provocadas por los turismos (Tabla 24, Figura 63 y Figura 64) son los gases de efecto invernadero, seguidos de las sustancias acidificantes, ambos expresados en kilotoneladas. Por otro lado, encontramos como los precursores del ozono troposférico<sup>12</sup> han tenido una significativa reducción en las últimas décadas alcanzado en el año 2017 en turismos un valor de 190.786 toneladas equivalentes de COVNM.

<sup>12</sup> Las emisiones de los precursores de ozono más importantes son los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (COVNM).

Tabla 24. Evolución de las emisiones de los turismos en España.

Año	Gases de efecto invernadero-GEI (Kilotoneladas de CO2 equivalente)	Sustancias acidificantes (Kilotoneladas Equivalentes en ácido)	Precusores del ozono troposférico (Toneladas equivalentes de COVNM)	Material particulado (toneladas)
2000	49.595	6.116	512.989	10.176
2001	50.905	5.827	478.785	9.833
2002	52.791	5.767	453.632	10.110
2003	55.189	5.725	426.530	10.289
2004	54.799	5.482	394.064	9.914
2005	56.644	5.172	370.927	10.088
2006	58.231	4.935	338.152	9.804
2007	58.473	4.738	316.211	9.589
2008	55.606	4.374	283.750	8.992
2009	53.660	4.147	262.674	8.592
2010	52.108	4.007	252.046	8.332
2011	49.518	3.800	233.559	7.189
2012	46.568	3.558	217.137	6.256
2013	47.393	3.425	204.365	5.733
2014	47.961	3.449	203.708	5.161
2015	49.253	3.464	203.237	4.586
2016	50.847	3.468	202.611	4.108
2017	51.144	3.313	190.786	3.409

Fuente: OTLE.

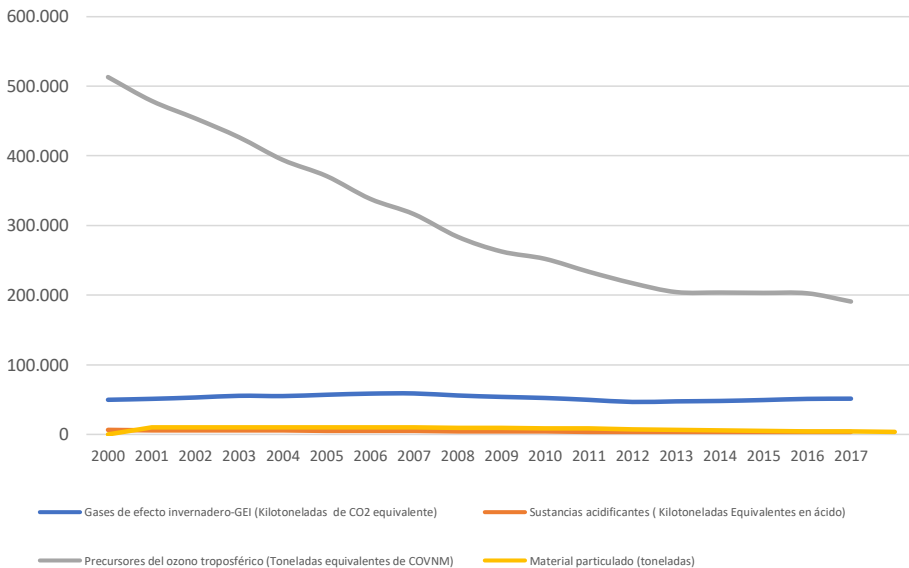


Figura 63. Emisiones de los turismos por tipo de emisión.

Fuente: OTLE.

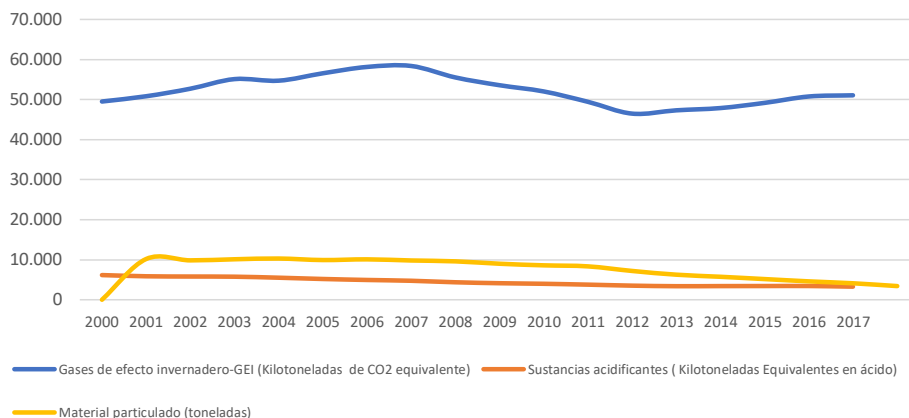


Figura 64. Emisiones de los turismos por tipo de emisión sin los precursores del ozono troposférico.

Fuente: OTLE.

Al igual que en los turismos, en las motocicletas (Tabla 25 y Figura 65 y 66) observamos una reducción significativa de las emisiones de precursores del ozono troposférico produciéndose un ligero repunte en los años 2016 y 2017. También observamos como los gases de efecto invernadero son las emisiones de mayor importancia alcanzando un pico de 1.519 Kilotoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en el año 2009 y produciéndose una reducción en años posteriores, alcanzado en el año 2017 un valor de 1.619 Kilotoneladas.

Tabla 25. Evolución de las emisiones de las motocicletas en España.

Año	Gases de efecto invernadero-GEI (Kilotoneladas de CO2 equivalente)	Sustancias acidificantes (Kilotoneladas Equivalentes en ácido)	Precursores del ozono troposférico (Toneladas equivalentes de COVNM)	Material particulado (toneladas)
2000	1.057	45	72.326	946
2001	1.090	47	67.238	826
2002	1.039	49	53.513	549
2003	1.161	54	54.884	548
2004	1.118	51	47.375	455
2005	1.262	54	46.352	420
2006	1.364	54	42.227	380
2007	1.532	56	40.038	345
2008	1.501	50	33.595	281
2009	1.519	48	30.586	249
2010	1.502	46	28.111	223
2011	1.387	39	23.304	180
2012	1.354	37	21.461	163
2013	1.317	35	19.853	147
2014	1.351	36	19.897	144
2015	1.318	34	19.159	137
2016	1.614	47	23.291	161
2017	1.619	46	22.972	159

Fuente: OTLE.

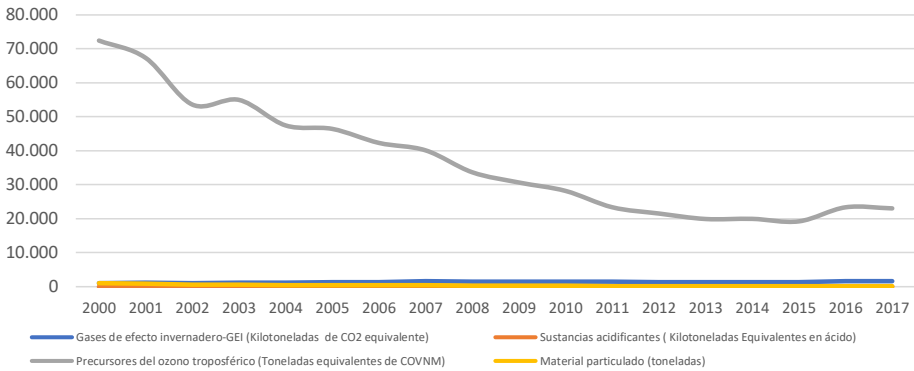


Figura 65. Emisiones de las motocicletas por tipo de emisión.

Fuente: OTLE.

Centrando el análisis en otras emisiones sin los precursores de ozono troposférico (Figura 62), observamos como la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) ha sufrido un incremento alcanzando las 1.691 Kilotoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en el año 2017. Por otro lado las emisiones de material particulado se han reducido significativamente alcanzando un valor de 159 toneladas en el año 2017, siendo la variación de las emisiones de sustancias acidificantes poco representativa en esta tipología de vehículo.

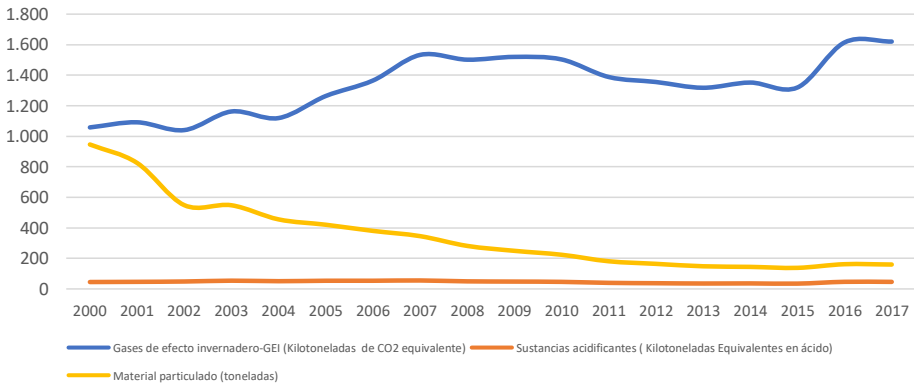


Figura 66. Emisiones de las motocicletas por tipo de emisión sin precursores del ozono troposférico.

Fuente: OTLE.

Como podemos observar en furgonetas de menos de 3,5 t (Tabla 26, Figura 67), las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) representan las emisiones de mayor importancia con un valor en el 2017 de 5.153 Kilotoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, seguidas por las sustancias acidificantes con 573

Kilotoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en 2017. También encontramos como los precursores del ozono troposférico, son las emisiones que más se han visto reducidas en la última década con unas emisiones de 32.899 toneladas en el 2017, seguidas de las emisiones de material particulado con un valor de 586 toneladas en 2017.

Tabla 26. Evolución de las emisiones en furgonetas de menos de 3,5 toneladas en España.

Año	Gases de efecto invernadero-GEI (Kilotoneladas de CO <sub>2</sub> equivalente)	Sustancias acidificantes ( Kilotoneladas Equivalentes en ácido)	Precusores del ozono troposférico (Toneladas equivalentes de COVNM)	Material particulado (toneladas)
2000	6.584	761	48.231	3.696
2001	7.760	866	54.056	4.079
2002	6.594	714	44.136	3.172
2003	7.019	740	45.057	3.163
2004	7.194	736	44.416	3.092
2005	6.981	669	42.162	2.821
2006	7.400	680	42.453	2.699
2007	8.774	772	47.813	2.907
2008	7.931	683	41.996	2.441
2009	6.557	559	34.401	1.899
2010	6.056	529	32.361	1.691
2011	5.642	521	31.423	1.455
2012	4.992	488	29.209	1.224
2013	5.015	471	28.002	1.029
2014	4.952	488	28.695	882
2015	5.155	531	30.950	813
2016	4.731	506	29.270	638
2017	5.153	573	32.889	586

Fuente: OTLE.

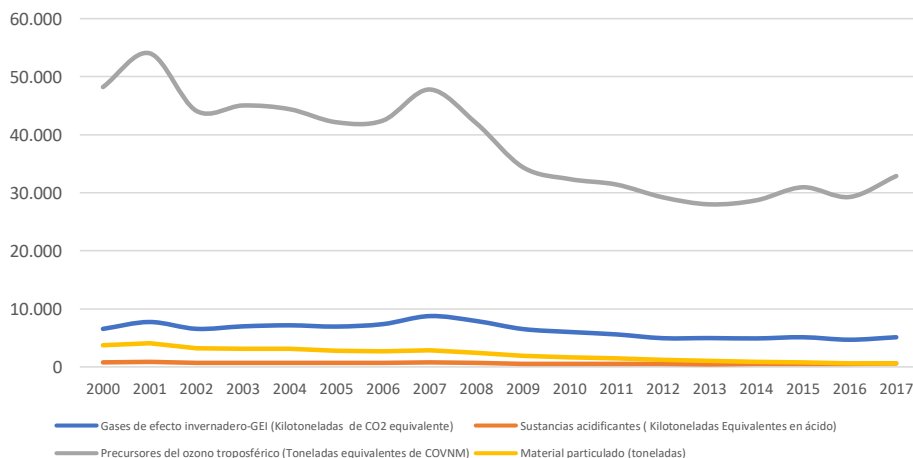


Figura 67. Emisiones de las furgonetas de menos de 3,5 toneladas por tipo de emisión.

Fuente: OTLE.

Valorando el resto de emisiones de esta tipología de vehículos sin los precursores del ozono troposférico (Figura 68), observamos como tanto los gases de efecto invernadero, el material particulado y las sustancias acidificantes han sufrido una gran reducción en las ultimas décadas.

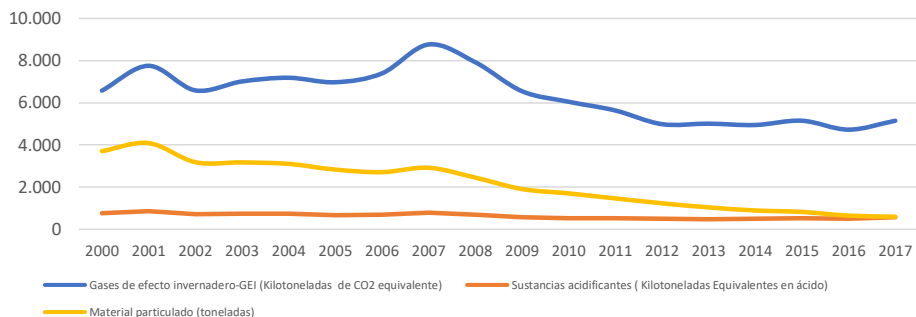


Figura 68. Emisiones de las furgonetas de menos de 3,5 toneladas por tipo de emisión sin precursores del ozono troposférico.

Fuente: OTLE.

Como se ha visto en el resto de tipologías de vehículos, en los camiones de más de 3,5 toneladas y autobuses las emisiones predominantes son las de precursores del ozono troposférico (Tabla 27, Figura 69), las cuales se han visto reducidas en gran medida desde el año 2007, alcanzado un valor de 104.398 toneladas en el año 2017.

Tabla 27. Evolución de las emisiones de los camiones de mas de 3,5 toneladas y autobuses en España.

Año	Gases de efecto invernadero-GEI (Kilotoneladas de CO2 equivalente)	Sustancias acidificantes (Kilotoneladas Equivalentes en ácido)	Precursores del ozono troposférico (Toneladas equivalentes de COVNM)	Material particulado (toneladas)
2000	21.300	5.616	323.575	7.276
2001	22.089	5.497	315.163	6.618
2002	23.222	5.536	316.013	6.258
2003	24.049	5.521	314.629	6.026
2004	27.413	6.104	346.338	6.170
2005	28.144	5.853	339.397	5.825
2006	28.846	5.630	325.574	5.200
2007	29.903	5.541	319.453	4.641
2008	28.414	4.931	283.575	3.785
2009	25.672	4.249	245.234	3.182
2010	24.559	3.898	224.798	2.779
2011	23.355	3.540	203.977	2.420
2012	21.399	3.091	177.953	1.983
2013	21.852	2.766	159.235	1.723
2014	22.225	2.540	146.187	1.570
2015	23.481	2.301	132.476	1.331
2016	24.127	2.049	118.189	1.163
2017	24.797	1.805	104.398	1.017

Fuente: OTLE.

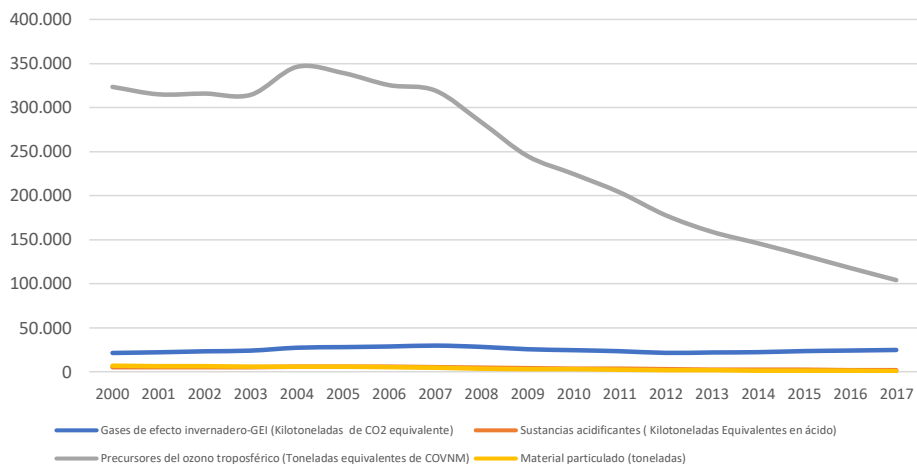


Figura 69. Emisiones de los camiones de más de 3,5 toneladas y autobuses por tipo de emisión.

Fuente: OTLE.

Analizando el resto de emisiones para camiones de más de 3,5 t y autobuses (Figura 70 y 71), observamos como las emisiones de gases GEI se vieron aumentadas entre el año 2000 al 2007, alcanzado un valor de 29.903 Kilotoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, seguido de un periodo de reducción de estas emisiones alcanzando un mínimo en el año 2012 y con un crecimiento posterior alcanzado en el año 2017 un valor de 24.709 Kilotoneladas. Por otra parte, se observa como las emisiones de material particulado y de sustancias acidificantes han sufrido una gran reducción en las últimas décadas con una tendencia a continuar esta disminución de las emisiones.

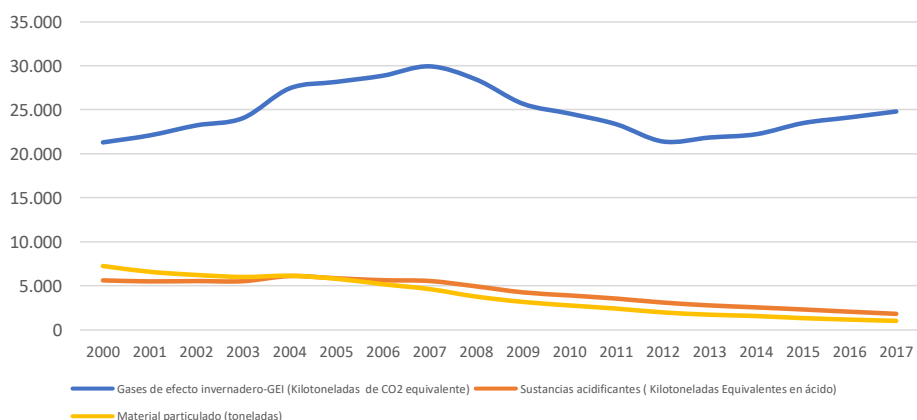


Figura 70. Emisiones de los camiones de más de 3,5 toneladas y autobuses por tipo de emisión sin precursores del ozono troposférico.

Fuente: OTLE.

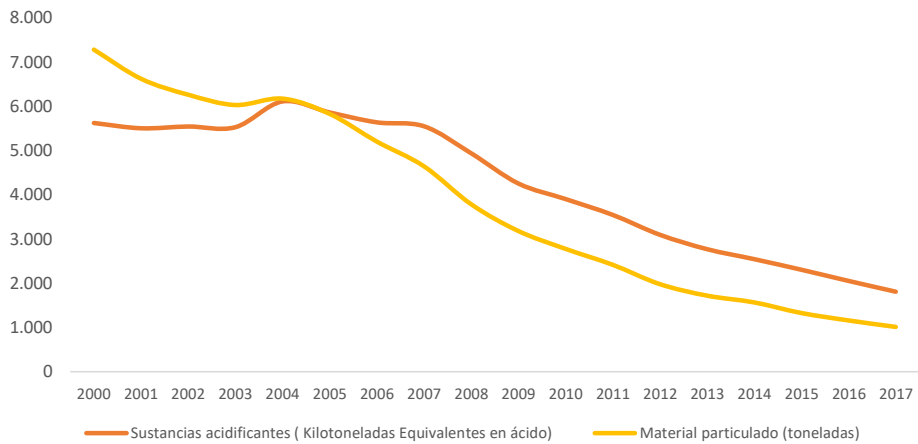


Figura 71. Emisiones de sustancias acidificantes y material particulado de los camiones de más de 3,5 toneladas y autobuses.

Fuente: OTLE.

## ANEXO II

# Desarrollo tecnológico del transporte por carretera en materia energética

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>2.COMBUSTIBLES TRADICIONALES.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. DEFINICIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. VENTAJAS .....</b>	<b>7</b>
Diésel.....	7
Gasolina.....	7
<b>2.3. DESVENTAJAS .....</b>	<b>8</b>
Diésel.....	8
Gasolina.....	8
<b>2.4. BALANCE DE EMISIONES .....</b>	<b>8</b>
2.4.1. DIÉSEL .....	8
2.4.2. GASOLINA .....	8
<b>2.5. BALANCE ENERGÉTICO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6. USOS .....</b>	<b>9</b>
<b>3. BIOCMBUSTIBLES .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. BIODIÉSEL .....</b>	<b>10</b>
3.1.1. DEFINICIÓN .....	10
3.1.2. VENTAJAS.....	11
3.1.3. DESVENTAJAS.....	12
3.1.4. BALANCE DE EMISIONES .....	12
3.1.5. BALANCE ENERGÉTICO .....	13
3.1.6. USOS .....	13
<b>3.2. BIOETANOL .....</b>	<b>14</b>
3.2.1. DEFINICIÓN.....	14
3.2.2. VENTAJAS.....	15
3.2.3. DESVENTAJAS.....	15
3.2.4. BALANCE DE EMISIONES .....	16

3.2.5. BALANCE ENERGÉTICO .....	16
3.2.6. USOS .....	17
<b>3.3. BIOGAS .....</b>	<b>17</b>
3.3.1. DEFINICIÓN.....	17
3.3.2. VENTAJAS.....	18
3.3.3. DESVENTAJAS .....	18
3.3.4. BALANCE DE EMISIONES .....	19
3.3.5. BALANCE ENERGÉTICO .....	19
3.3.6. USOS .....	19
<b>3.4. BIOCARBURANTES DE SEGUNDA GENERACIÓN .....</b>	<b>20</b>
3.4.1. DEFINICIÓN.....	20
3.4.2. VENTAJAS.....	20
3.4.3. DESVENTAJAS .....	21
3.4.4. BALANCE DE EMISIONES .....	21
3.4.5. BALANCE ENERGÉTICO .....	22
3.4.6. USOS .....	22
<b>4. COMBUSTIBLES SINTÉTICOS .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1. DEFINICIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2. VENTAJAS .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3. DESVENTAJAS .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4. BALANCE DE EMISIONES .....</b>	<b>24</b>
<b>4.5. BALANCE ENERGÉTICO .....</b>	<b>26</b>
<b>4.6. USOS .....</b>	<b>26</b>
<b>5. GAS NATURAL .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1. DEFINICIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>5.2. VENTAJAS .....</b>	<b>29</b>
<b>5.3. DESVENTAJAS .....</b>	<b>29</b>
<b>5.4. BALANCE DE EMISIONES .....</b>	<b>30</b>

5.5. BALANCE ENERGÉTICO .....	31
5.6. USOS .....	31
<b>6. GAS LICUADO DE PETRÓLEO .....</b>	<b>32</b>
6.1. DEFINICIÓN .....	32
6.2. VENTAJAS .....	33
6.3. DESVENTAJAS .....	33
6.4. BALANCE DE EMISIONES .....	34
6.5. BALANCE ENERGÉTICO .....	34
6.6. USOS .....	35
<b>7. ENERGÍA ELÉCTRICA .....</b>	<b>36</b>
7.1. DEFINICIÓN .....	36
7.2. VENTAJAS .....	37
7.3. DESVENTAJAS .....	37
7.4. BALANCE DE EMISIONES .....	37
7.5. BALANCE ENERGÉTICO .....	38
7.6. USOS .....	38
<b>8. HÍBRIDOS .....</b>	<b>39</b>
8.1. DEFINICIÓN .....	39
8.2. VENTAJAS .....	40
8.3. DESVENTAJAS .....	40
8.4. BALANCE DE EMISIONES .....	40
8.5. BALANCE ENERGÉTICO .....	41
8.6. USOS .....	41
<b>9. HIDRÓGENO .....</b>	<b>42</b>
9.1. PILA DE HIDRÓGENO .....	42

9.1.1. DEFINICIÓN.....	42
9.1.2. VENTAJAS.....	44
9.1.3. DESVENTAJAS.....	44
9.1.4. BALANCE DE EMISIONES.....	45
9.1.5. BALANCE ENERGÉTICO.....	45
9.1.6. USOS.....	46
<b>9.2. COMBUSTIÓN DE HIDRÓGENO.....</b>	<b>46</b>
9.2.1. DEFINICIÓN.....	46
9.2.2. VENTAJAS.....	46
9.2.3. DESVENTAJAS.....	47
9.2.4. BALANCE DE EMISIONES.....	47
9.2.5. BALANCE ENERGÉTICO.....	47
9.2.6. USOS.....	47

## 1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este documento es dar una perspectiva actual de la difusión en el mercado automovilístico del transporte por carretera de nuevas tecnologías de propulsión, combustibles y modificaciones en los motores que impliquen avances en el aumento del rendimiento de los mismos y reducción de emisiones. De esta forma se analizará las nuevas tecnologías de propulsión y combustibles alternativos reuniéndolas en este informe para proporcionar una hoja de ruta según las tendencias actuales de investigación, desarrollo y utilización de estos nuevos sistemas de propulsión y combustibles alternativos en el sector del transporte. En las tecnologías analizadas se incluyen las modificaciones en las actuales tecnologías, los vehículos híbridos, los automóviles eléctricos y los vehículos de pilas de combustibles. En cuanto a los combustibles analizados en este documento se incluyen tanto los combustibles tradicionales fósiles como los combustibles alternativos fósiles como gas licuado de petróleo y gas natural incluyendo los denominados combustibles renovables como el biodiésel y bioetanol actuales, los combustibles de segunda generación y los combustibles sintéticos.

## 2.COMBUSTIBLES TRADICIONALES

### 2.1. DEFINICIÓN

La gasolina y el diésel son combustibles empleados en motores de combustión interna, siendo estos, máquinas motrices que obtienen la energía mecánica directamente de la energía química suministrada por estos combustibles. Pese a la existencia de diversos tipos de motores de combustión interna (Atkinson<sup>1</sup>, Miller<sup>2</sup>, Carnot<sup>3</sup>), los más empleados en automoción son los motores de ciclo Otto<sup>4</sup> (gasolina) y diésel. Ambos motores comparten un gran número de componentes mecánicos, fabricándose en modelos de dos y cuatro tiempos. En los últimos años los vehículos de gasolina y diésel han sufrido una gran revolución en la reducción de emisiones que afectan a la calidad del aire, pasando a ser mucho más limpios y reduciendo los contaminantes que repercuten sobre la salud humana. Sumado a esto, se han producido avances en la reducción del consumo de combustible y, por consiguiente, en las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos de combustión interna y el resto de emisiones que afectan a la salud humana.

Los avances tecnológicos desarrollados en los vehículos con esta tipología de motores han ido enfocados por una parte a la mejora de la eficiencia del vehículo con la reducción del tamaño de estos y, por consiguiente, su peso y avances en la eficiencia del motor con la implementación de sobrealimentadores y tecnologías como la inyección directa (DI<sup>5</sup>, Common rail<sup>6</sup>). Por otra parte, se han realizado avances enfocados a la reducción de las emisiones de los vehículos de combustión interna, el primer desarrollo de importancia es el empleo de carburantes reformulados en los que se limita el contenido de ciertos componentes relacionados directamente con las emisiones contaminantes. Cabe destacar los combustibles con bajos niveles de azufre, cuyo uso reduce las emisiones de dióxido de azufre y de partículas. Por otra parte se han implementado tecnologías en los vehículos para reducir las emisiones como son los catalizadores catalíticos, la recirculación de gases de escape (EGR<sup>7</sup>), La

---

<sup>1</sup> El motor de ciclo Atkinson es un tipo de motor de combustión interna, inventado por James Atkinson en 1882, se diseñó para ofrecer mayor eficiencia a expensas de la potencia y se está empezando a utilizar en las aplicaciones híbridas modernas.

<sup>2</sup> El ciclo Miller es una variación del ciclo Otto en la que se utiliza un cilindro más grande de lo habitual, se aumenta la relación de compresión mediante un compresor mecánico y se cambian los momentos de apertura y cierre de las válvulas de escape

<sup>3</sup> El ciclo de Carnot es un ciclo termodinámico que se produce en un equipo o máquina cuando trabaja absorbiendo una cantidad de calor de una fuente de mayor temperatura y cediendo otra cantidad de calor produciendo un trabajo sobre el exterior.

<sup>4</sup> El ciclo Otto es el ciclo termodinámico que se aplica en los motores de combustión interna de encendido provocado por una chispa eléctrica.

<sup>5</sup> Sistema en el que el combustible se introduce directamente en la cámara de combustión.

<sup>6</sup> sistema de inyección directa para motores diésel en el que el diésel es aspirado directamente por una bomba primaria ubicada en el depósito de combustible que ceba el circuito, a una secundaria bomba de alta presión.

<sup>7</sup> pieza fundamental de los motores de combustión para reducir las emisiones contaminantes, especialmente en los diésel.

reducción catalítica selectiva (SCR<sup>8</sup>), Los filtros diésel de partículas pasivos o activos (DPFs<sup>9</sup>), las trampas de NO<sub>x</sub> (LNT<sup>10</sup>) o sistemas de inyección de agua, que actúan directamente sobre el mecanismo de formación de los NO<sub>x</sub>, reduciendo la temperatura de combustión. Por otro lado, está el modo de combustión de encendido por compresión de carga homogénea (HCCL<sup>11</sup>), el modo de combustión de autoencendido controlado (CAI<sup>12</sup>), el sistema de parada y arranque, más conocido por su nombre en inglés Stop and Start y sistemas de control de la presión de los neumáticos. Estas tecnologías también son aplicadas sobre vehículos de combustibles alternativos y a los vehículos de tecnología híbrida.

Las perspectivas futuras en este tipo de vehículos están contemplando diversas posibilidades para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte con el establecimiento de requisitos mínimos de eficiencia para los sistemas de aire acondicionado, la instalación obligatoria de sistemas exactos de control de la presión de neumáticos, el establecimiento a nivel de la UE de límites máximos de resistencia a la rodadura de los neumáticos de turismos y vehículos industriales ligeros y en el uso de indicadores del cambio de velocidades.

## 2.2. VENTAJAS

### Diésel

- Menor consumo.
- Combustible más económico.
- Mayor par motor .
- Mayor autonomía.
- Menor emisiones de CO<sub>2</sub> que un gasolina.

### Gasolina

- Vehículos más baratos de adquirir.
- Vehículos más ligeros (Menor peso del motor de gasolina frente al diésel y a los híbridos por el peso de las baterías).

---

<sup>8</sup> sistema de control disponible de NO<sub>x</sub>, capaz de reducir las emisiones de NO<sub>x</sub> hasta 5 ppm

<sup>9</sup> Sistema que permite atrapar las partículas sólidas producto de la combustión del gasóleo.

<sup>10</sup> Sistema que funciona absorbiendo los NO<sub>x</sub> que se forman en mezcla pobre, es decir, con un exceso de oxígeno.

<sup>11</sup> Modo de combustión interna en el que bien mezclada de combustible y oxidante se comprimen hasta el punto de auto-ignición.

<sup>12</sup> Modo de combustión interna en el que bien mezclada de combustible y oxidante se comprimen hasta el punto de auto-ignición.

- Menor coste de mantenimiento (ITV, revisiones, reparaciones, etc.).
- Mayor fiabilidad y durabilidad.
- Menor emisiones de NO<sub>x</sub> que un diésel.

### 2.3. DESVENTAJAS

#### Diésel

- Mayor precio de compra del vehículo.
- Mantenimientos más costosos (ITV, revisiones, seguro, etc.).
- Posible legislación futura a corto plazo no muy favorable.
- Mayor emisiones de NO<sub>x</sub> frente a un gasolina.

#### Gasolina

- Mayor consumo.
- Combustible más caro.
- Mayor emisiones de CO<sub>2</sub> frente a un diésel.

### 2.4. BALANCE DE EMISIONES

#### 2.4.1. DIÉSEL

Los vehículos diésel también son ahora mucho más limpios que en el pasado, aunque la mayoría de ellos siguen emitiendo niveles de NO<sub>x</sub> y de partículas más altos que los correspondientes a los vehículos de gasolina. Sin embargo, los vehículos diésel emiten menos CO<sub>2</sub> que los motores de gasolina de la misma potencia, gracias a su mayor eficiencia y su menor consumo. Por ello, en muchos casos, los motores diésel con sistemas capaces de reducir las emisiones de partículas y de NO<sub>x</sub> se alzan como una buena alternativa desde el punto de vista medioambiental, aunque la reducción prevista en el consumo de los motores de gasolina en los próximos años igualará estas diferencias.

#### 2.4.2. GASOLINA

Los vehículos actuales de gasolina son mucho más limpios en emisiones que sus antecesores. Tanto los motores de gasolina como los motores diésel son adecuados para su empleo en sistemas híbridos, incrementándose con ello notablemente la eficiencia global del sistema de propulsión y, por

consiguiente, también reduciéndose las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, los motores de gasolina y diésel también pueden funcionar con biocarburantes, lo que ofrece la posibilidad de reducir aún más las emisiones netas de CO<sub>2</sub>.

## 2.5. BALANCE ENERGÉTICO

La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores como la pérdida de energía en la fricción entre las diferentes piezas o las pérdidas de calor a través de la refrigeración. La eficiencia de un motor de este tipo depende de la relación de compresión, o proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión en las que se pueden utilizar altas proporciones, con lo que se aumenta la eficiencia del motor. Pero ello, exige la utilización de combustibles de alto índice de octano para evitar la detonación o picado del motor, proceso que se produce cuando la mezcla de aire y combustible se inflama espontánea e incontroladamente antes de producirse la chispa. Actualmente, la eficiencia media de motor Otto moderno es de un 25%, es decir, sólo la cuarta parte de la energía del combustible se transforma en energía mecánica. La eficiencia de los motores Diésel es superior a la de los motores Otto por varios motivos como su relación de compresión más alta, y su combustión mas completa del combustible al operar a menores revoluciones por minuto que los motores de gasolina. Las eficiencias térmicas de los motores Diésel pueden situarse cerca del 35%.

## 2.6. USOS

El motor convencional de gasolina se emplea tanto en automoción como en aeronáutica. El motor diésel además de en el sector de automoción, se emplea en instalaciones generadoras de energía eléctrica y en sistemas de propulsión naval.

## 3. BIOCOMBUSTIBLES

### 3.1. BIODIÉSEL

#### 3.1.1 DEFINICIÓN

El biodiésel es un biocombustible líquido formado por compuestos denominados ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga. Se obtiene a partir de lípidos naturales como los aceites vegetales o las grasas animales, y se fabrica industrialmente mediante procesos de esterificación y transesterificación. Este biocarburante se utiliza como sustituto total o parcial del gasóleo obtenido del petróleo y empleado en motores de ciclo diésel convencionales o adaptados. El biodiésel puede emplearse como combustible único sustituyendo al gasóleo por completo, pero en la actualidad debido a las limitaciones de los fabricantes de sistemas de inyección de automóviles, se emplea una mezcla entre ambos combustibles en distintas proporciones para su uso en motores de ciclo diésel o motores de encendido por compresión (MEC<sup>13</sup>), empleando la mezcla correspondiente al 5% de biodiésel y 95% de gasóleo, denominada comúnmente B5. La norma europea para el gasóleo EN 590 permite la utilización de en mezclas de hasta un 5% de biodiésel, siendo la composición y propiedades del mismo reguladas por la norma europea de calidad EN 14214.

Las propiedades físicas y químicas del biodiésel son muy similares a las del gasóleo, por lo que los motores Diésel convencionales no necesitan modificaciones para poder utilizar mezclas al 5%. La mayoría de los fabricantes garantizan sus motores para mezclas de hasta el 5% de biodiésel, aunque ya se encuentran fabricantes que garantizan sus vehículos para mezclas del 30%. Las características de calidad del biodiésel están directamente relacionadas con la materia prima de la que se obtiene, surgiendo sustanciales diferencias de calidad en los combustibles y en los niveles de emisiones de estos, siendo también de gran importancia sobre estos factores el proceso de fabricación del biodiésel. Para su elaboración se emplean materias primas como aceites usados de fritura y aceites vegetales de final de temporada. El volumen disponible de este tipo de residuos es limitado y, por ello, la tendencia actual se dirige hacia una mayor utilización de aceites vegetales puros cultivados para su uso energético. Estos aceites se obtienen a partir de las semillas de plantas oleaginosas, como por ejemplo el girasol, la colza, la soja, el coco y la palma oleífera. Otras materias primas alternativas son los aceites vegetales procedentes de plantas como *la brassica carinata*, *la cynara cardunculus*, *la camelina sativa*,

---

<sup>13</sup> Motor en el que el autoencendido del combustible se produce por efecto de la alta presión en la cámara de combustión.

el *pogianus* y la *jatropha curcas*. También los aceites modificados, como el aceite de girasol de alto contenido oleico se emplean como materias primas alternativas.

El biodiésel es un producto biológico, biodegradable y no tóxico que se descompone fácilmente, caracterizado por no ser fácilmente inflamable, siendo su punto de inflamabilidad significativamente más elevado que el del diésel fósil, tampoco es corrosivo ni reactivo. A bordo de los vehículos los sistemas automáticos de extinción de incendios son menos necesarios que en el caso de otros combustibles como el etanol o el gas natural comprimido (GNC).

### 3.1.2. VENTAJAS

- Buenas propiedades de lubricación. Los combustibles con mezcla de biodiésel alargan la vida de la bomba de inyección y de los inyectores.
- Los combustibles de mezclas con diésel tienen puntos más altos de congelación y mejores características de filtrabilidad.
- El almacenaje y transporte del combustible es más seguro que el del diésel de origen mineral gracias a un mayor punto de inflamación.
- Mejora el rendimiento de la combustión debido a un mayor número de cetano.
- Disminución del ruido de funcionamiento del motor.
- Reducción del CO<sub>2</sub> emitido.
- Menores emisiones de partículas, de metales pesados, de hidrocarburos, de compuestos orgánicos volátiles (COV), de monóxido de carbono (CO) y de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH).
- Fuente de energía alternativa y limitada por la producción agraria.
- Contribuye a reducir la dependencia de los combustibles fósiles.
- Tiene un balance energético positivo, ahorrando energía primaria y energía fósil.
- Balance positivo de reducción de CO<sub>2</sub> cuando se considera el ciclo de vida completo del combustible.
- Fácilmente biodegradable y no contamina el terreno en caso de vertido accidental
- No es tóxico.
- El uso de aceites usados para producir biodiésel ayuda a aprovechar dicho residuo.

- Ahorro económico derivado de la reducción de las importaciones de petróleo y de la disminución de las emisiones contaminantes.
- Creación de empleo en la industria y la agricultura local.
- Oportunidad para el desarrollo agrícola, contribuyendo a mantener la población rural y las rentas.
- Se puede utilizar mezclado en bajas proporciones con diésel fósil sin necesidad de modificaciones en los motores de encendido por compresión (MEC).

### 3.1.3. DESVENTAJAS

- Mayor frecuencia de sustitución de filtros de combustible, sobre todo al inicio del período de empleo del biocombustible.
- Introducción de filtros decantadores, en el caso de tener grandes depósitos de combustible.
- Tiempo de almacenaje del combustible en depósito no superior a un mes.
- Cambios de aceite más frecuentes, sólo con el empleo de altos porcentajes de biodiésel.
- Baja rentabilidad.
- Alto coste, en muchas ocasiones superior al del producto a sustituir.
- El biodiésel posee un 8% menos de energía por unidad de volumen y un 12% menos de energía por unidad de masa que el diésel fósil.
- Las emisiones de  $\text{NO}_x$  podrían aumentar dependiendo de las condiciones de conducción de los vehículos y de materias primas utilizadas en la fabricación del biodiésel.
- Menor fluidez al tener mayor viscosidad en frío en comparación con el diésel convencional.
- Al tener mayor poder disolvente puede deteriorar los materiales del circuito de alimentación en los vehículos.

### 3.1.4. BALANCE DE EMISIONES

La ventaja principal de utilizar biodiésel como combustible de automoción es que reduce las emisiones netas de gases de efecto invernadero en comparación con el empleo de gasóleo fósil. La utilización de biodiésel puro al 100% reduciría las emisiones netas de  $\text{CO}_2$  entre un 40% y un 50% y con el uso de mezclas del 5% disminuiría estas emisiones entre un 2% y un 2,5%. Esta reducción de emisiones se basa en el ciclo de vida completo del biodiésel, lo que cubre el cultivo de esta planta, la producción del biocombustible y el uso del biodiésel en un vehículo. El biodiésel podría considerarse libre de

emisiones al emitir el CO<sub>2</sub> que la planta absorbió de la atmósfera en su crecimiento. Sin embargo, las reducciones de CO<sub>2</sub> a partir del biodiésel obtenido por el procesamiento de estas cosechas necesita un aporte de combustible fósil. En relación a las emisiones de gases locales, el biodiésel puro utilizado en motores de encendido por compresión reduciría las emisiones de monóxido de carbono (CO) y de partículas. Sin embargo, no reduciría por sí sólo las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), que aumentarían en el caso del biodiésel puro. Las emisiones exactas de este biocarburante varían en función del tipo de vehículo diésel y de la especificación concreta del combustible.

### 3.1.5. BALANCE ENERGÉTICO

El balance energético del ciclo de vida del biodiésel es mejor cuanto mayor sea el contenido de biodiésel añadido en la mezcla, especialmente si se trata de biodiésel procedente de aceites vegetales usados. Un estudio realizado por el CIEMAT<sup>14</sup> con biodiésel obtenido de aceites vegetales crudos revela que en España para biodiésel al 100% el balance energético es el siguiente :

- El biodiésel de aceites vegetales crudos permite un ahorro de energía primaria de un 45% comparado con el diésel fósil.
- El biodiésel de aceites vegetales usados permite un ahorro de energía primaria de un 69% comparado con el diésel fósil.
- El biodiésel de aceites vegetales crudos permite un ahorro de energía fósil de un 75% comparado con el diésel fósil.
- El biodiésel de aceites vegetales usados permite un ahorro de energía fósil de un 96% comparado con el diésel fósil.

### 3.1.6. USOS

El biodiésel posee propiedades parecidas al gasóleo convencional, por lo que se puede utilizar en los motores diésel directamente para mezclas menores del 30%. Si se utiliza biodiésel puro (B100) en motores diésel de mayor antigüedad, se deberán modificar previamente los manguitos, juntas y latiguillos del circuito del combustible por otros en cuya fabricación no intervenga la goma, ya que el biodiésel puro puede disolver fácilmente este compuesto. Si el vehículo anteriormente ha usado gasóleo, tras los dos primeros repostajes con biodiésel, se debe llenar el depósito al máximo de su

---

<sup>14</sup> Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.

capacidad y, dependiendo del nivel de suciedad en el motor y en el depósito de combustible, podría ser necesario un cambio de filtros debido a que el biodiésel arrastra la suciedad por su alto poder detergente. Como se ha indicado anteriormente, el biodiésel se biodegrada fácilmente, lo que resulta realmente beneficioso en ciertos usos, como la propulsión de barcos en vías fluviales y marítimas.

## 3.2. BIOETANOL

### 3.2.1. DEFINICIÓN

El bioetanol es un alcohol que se obtiene a partir de la fermentación de materias primas que contienen almidón, como las patatas o los cereales, o azúcares, como la remolacha, la caña de azúcar o el sorgo u otros cultivos denominados energéticos. La elección de la materia prima depende de consideraciones técnicas y económicas, siendo actualmente las tecnologías para fabricar bioetanol a partir de materias primas ricas en azúcar o en almidón viables económicamente. El uso de estas materias primas renovables contribuye a evitar el uso de los combustibles fósiles y su emisión de gases como el CO<sub>2</sub> que se emiten durante la combustión como parte del ciclo natural, al bioetanol se le puede considerar un combustible renovable.

Al mezclar el bioetanol con gasolina se produce un biocombustible de alto poder energético con características muy similares a las de la gasolina con una importante reducción de las emisiones contaminantes, por lo que el bioetanol es el biocombustible más utilizado. Se emplea en mezcla junto a la gasolina en porcentajes de entre un 5% y un 10% según la norma DIN EN 228<sup>15</sup>, de esta forma no es necesaria modificación alguna del motor. También existen vehículos flexifuel (FFV<sup>16</sup>) que pueden emplear mezclas de bioetanol que pueden alcanzar hasta el 85%, y vehículos especiales que funcionan con bioetanol únicamente. Este porcentaje del 5% de bioetanol está admitido por los fabricantes, quienes especifican la mezcla máxima de bioetanol en la gasolina del 5-10% del volumen para no anular la garantía del vehículo. El bioetanol posee un alto octanaje, superior al de las gasolinas, con lo que se consigue mayor potencia que con éstas y menor riesgo de autodetonación. Pese a ello, tiene menor poder calorífico que las gasolinas y su consumo puede llegar a equipararse. El bioetanol puede emplearse al 100% en motores de encendido provocado, pero se requieren ciertas modificaciones en

---

<sup>15</sup> De acuerdo con la norma DIN EN 228, la gasolina está compuesta por varios hidrocarburos que se obtienen de la destilación del crudo.

<sup>16</sup> Vehículo fabricado con un motor de combustión interna convencional de cuatro tiempos o diésel que tiene la capacidad de utilizar dos combustibles alternativamente ubicados en diferentes depósitos.

los motores. Los sistemas electrónicos de gestión del motor se implementan en la mayoría de los vehículos modernos que disponen de un sistema de alimentación de combustible por inyección, controlando la relación combustible-aire y modificándola con el fin de mantener la dosificación correcta cuando se emplean combustibles con bioetanol.

### 3.2.2. VENTAJAS

- Es una fuente de energía renovable y, por tanto, no agotable (limitación agraria).
- Contribuye a reducir la dependencia de los combustibles fósiles, aumentando la seguridad del abastecimiento energético.
- Tiene un balance energético positivo ahorrando energía primaria y energía fósil.
- Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Reducción de otras emisiones contaminantes, el bioetanol reduce las emisiones de hidrocarburos no quemados, las emisiones de PM y CO.
- Es fácilmente biodegradable y no contamina los suelos.
- Ahorro económico derivado de la reducción de las importaciones de petróleo y de las emisiones contaminantes.
- Creación de empleo en la industria y la agricultura española.
- Oportunidad para el desarrollo agrícola, ayudando a mantener la población rural y las rentas rurales.
- Mejora del índice de octano, lo que conlleva una disminución de los problemas de detonación, también permite obtener más potencia y más par motor que con gasolina convencional
- Disminución del consumo de combustible en recorridos urbanos.

### 3.2.3. DESVENTAJAS

- Debido a la afinidad del bioetanol con el agua, su manipulación, almacenamiento y distribución es más compleja que la de la gasolina, y la mezcla de estos dos combustibles suele hacerse en las propias estaciones de suministro.
- Correcta limpieza y estanqueidad de los depósitos de combustible para evitar la posible incorporación de agua.
- Vigilancia del filtro de combustible en los primeros usos al favorecer el bioetanol la liberación en el sistema de los depósitos de partículas del tanque y de los conductos del combustible.

- En vehículos con carburador, se recomienda una puesta a punto del vehículo al cambiar de carburante.
- Si se emplea bioetanol en grandes proporciones, puede ocasionar problemas de corrosión y fugas de combustible en aquellos vehículos que no hayan sido adaptados para tal fin.
- En situaciones de baja temperatura ambiental, pueden aparecer problemas para el arranque en frío, ya que es un compuesto muy volátil.
- La producción resulta más cara que la de gasolina y gasóleo, baja rentabilidad por su alto coste.
- Peor arrancado en frío más acusado durante el invierno ya que el bioetanol tiene un calor latente de vaporización mayor que el de la gasolina, por ello es necesario incorporar un pequeño depósito con gasolina pura para arrancar el vehículo cuando la temperatura exterior es baja.
- Baja densidad energética, menor autonomía del vehículo para un volumen de depósito dado.
- Bajo poder lubricante.

#### 3.2.4. BALANCE DE EMISIONES

La ventaja principal de emplear bioetanol como carburante es la reducción de las emisiones netas de gases de efecto invernadero en comparación con el uso de la gasolina. El empleo de bioetanol puro al 100% reduciría las emisiones netas de CO<sub>2</sub> sobre la base de su ciclo de vida útil entre un 50% y un 60% dependiendo de las materias primas empleadas mientras que el empleo de bioetanol al 85% (E85<sup>17</sup>) fabricado a partir de cereales reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) en un 70%. Con el empleo de una mezcla con el 5% de bioetanol la emisiones sufrirían una disminución de entre un 2,5% y un 3%. El proceso de producción de bioetanol demanda por sí mismo una cantidad importante de energía, pese a esto la sustitución de gasolinas por este biocarburante contribuye a reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. La utilización de etanol reduce las emisiones de monóxido de carbono (CO), partículas y de otros contaminantes precursores del ozono.

#### 3.2.5. BALANCE ENERGÉTICO

Considerando la percepción del usuario, el consumo de bioetanol sufrirá un incremento del consumo de un vehículo alimentado por combustibles fósiles, sin embargo, según el Centro de Investigaciones

---

<sup>17</sup> Mezcla de combustible con un 85% de combustible de etanol y 15% de gasolina u otro hidrocarburo por volumen.

Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), en el ciclo completo desde su obtención, transporte y distribución, existe un ahorro de hasta el 36% (para una mezcla de E85 y del 1,12% para una mezcla de E5<sup>18</sup>). La energía fósil necesaria para la producción y distribución del E85 es un 21% inferior a la energía contenida en dicho combustible. Aunque la energía primaria total necesaria para la producción y distribución del E85 es un 3% superior a la energía contenida en el combustible, esta energía primaria total es todavía un 17% inferior por kilómetro recorrido en comparación con la energía primaria total necesaria para la producción y distribución de la gasolina (0,28% inferior en el caso del E5). Estos valores mejorarán con algunas medidas previstas en el futuro, especialmente la utilización de biomasa lignocelulósica como materia prima para la obtención del bioetanol.

### 3.2.6. USOS

El bioetanol esta principalmente recomendado para uso urbano, ya que es en este tipo de recorridos donde se obtiene una importante reducción del consumo de combustible lo que conlleva a un ahorro energético y económico. En el futuro, el etanol puede ayudar a alcanzar una mayor eficiencia en los motores de combustión interna gracias a su mayor índice de octanos lo que le permite utilizar mayores relaciones de compresión en los motores, pese a esta mejora del rendimiento, para aprovechar esta posibilidad se requerirá una adaptación del funcionamiento general de los motores. Actualmente la mayoría de los vehículos con motor a gasolina están preparados para usar E10 (mezcla al 10%) con total fiabilidad. Para el uso de mezclas superiores es necesario utilizar un vehículo fabricado expresamente a tal fin. El bioetanol puede también utilizarse para fabricar ETBE, producto que se utiliza como aditivo de la gasolina. En un futuro próximo, mediante la utilización de los motores Flexi-Fuel en combinación con la tecnología híbrida, se podrá incrementar aún más la eficiencia energética del bioetanol.

## 3.3. BIOGAS

### 3.3.1. DEFINICIÓN

El biogás es un gas producido por un proceso metabólico de descomposición de materia orgánica mediante la acción de bacterias metanogénicas en un ambiente anaeróbico. Este gas se genera en digestores de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) y de vertederos de residuos sólidos

---

<sup>18</sup> Gasolina de 95 octanos.

urbanos. Su uso mayoritario es en plantas de cogeneración para la producción simultánea de energía térmica y electricidad. Si del biogás se separa del  $\text{CO}_2$  que contiene y otros gases minoritarios, como el ácido sulfhídrico, hasta aumentar la concentración en metano que tiene el gas natural, entonces puede emplearse en automoción como sustituto del propio gas natural (biometano), surgiendo como alternativa a este gas fósil en muchas aplicaciones. El biogás contiene un 50-70% de metano además de monóxido de carbono (CO), hidrógeno, nitrógeno, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros gases, su poder calorífico es menor que el del gas natural y puede usarse en motores de ciclo Otto y de ciclo Diésel mezclado con gasóleo convencional. La materia orgánica empleada para la generación de biogás pueden ser residuos ganaderos, residuos de lodos de depuradoras de aguas residuales (EDAR), residuos de efluentes industriales o fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (RSU).

La formación del biogás se divide en etapas: una primera es la hidrólisis con la generación de cadenas hidrocarbonadas más cortas y ácidos grasos mediante la destrucción de los polímeros. El proceso siguiente es la acetogénesis, generación de acetatos, hidrógeno y dióxido de carbono. Finalmente se da el proceso de la metanogénesis con la generación de metano por descomposición del ácido acético y absorción de hidrógeno, esta fase es la que condiciona el tiempo de tratamiento. Posteriormente, se realizan diferentes tratamientos con el fin de eliminar distintos componentes en función del uso final del biogás.

### 3.3.2. VENTAJAS

- Origen renovable y aprovechamiento de residuos.
- Reducción de todas las emisiones (PM,  $\text{NO}_x$ ) incluidas el  $\text{CO}_2$ .
- Reducciones de ruido de hasta el 50%.

### 3.3.3. DESVENTAJAS

- Escasez de infraestructuras existentes.
- Coste elevado de la tecnología de obtención del biogás.
- El biogás procedente de la gasificación de la madera o de procesos de pirólisis precisan ciertas adaptaciones del motor

#### 3.3.4. BALANCE DE EMISIONES

El empleo de biogás en automoción genera unas emisiones atmosféricas, considerando el ciclo de vida completo del biogás, inferiores a las del gas natural, ya que se trata de un combustible renovable siendo las emisiones netas de dióxido de carbono a la atmósfera menores. Con el uso de este biocombustible en la automoción se asegura que el metano que se genera en los vertederos y en las plantas depuradoras de aguas residuales se recoja y no escape a la atmósfera. Los vehículos que utilizan como combustible biogás, son generalmente muy limpios en términos de emisiones en comparación con los carburantes convencionales derivados del petróleo, al igual que sucede con los vehículos de gas natural. El biogás presenta mejores características en relación a emisiones que el gas natural, salvo en las emisiones de  $\text{NO}_x$ . También hay que destacar que las emisiones dependen y varían según la fuente de obtención del biogás.

#### 3.3.5. BALANCE ENERGÉTICO

El rendimiento de los motores de biogás es similar a los motores de gasolina y ligeramente inferior a los motores diésel. Realizando un balance energético completo desde la extracción hasta el uso final del combustible, se concluye que la energía necesaria por kilómetro recorrido es mayor en el caso biogás que para la gasolina y el diésel. Se espera que la evolución tecnológica logre la equiparación de rendimiento entre los motores diésel y los motores de biogás en un futuro. El análisis del consumo energético en el ciclo completo de vida del biogás deberá contemplar también el consumo de energía durante la producción, distribución y transporte del mismo, y dependerá de la fuente de la que se obtenga.

#### 3.3.6. USOS

El uso del biogás en la actualidad está destinado a autobuses y a vehículos ligeros que funcionan con una mezcla de gasolina y biogás o gas natural empleando en estas mezclas un biogás con un mínimo de 95% de metano. También se ha empleado en transporte ferroviario. Mundialmente el nivel de uso de este biocombustible en el sector transporte sigue siendo muy reducido y su aplicación en la automoción y el transporte podría estar limitada por la utilización de este combustible para otros fines, como en la generación eléctrica

## 3.4. BIOCARBURANTES DE SEGUNDA GENERACIÓN

### 3.4.1. DEFINICIÓN

Los biocarburos de segunda generación nacen ante la necesidad de solventar las limitaciones de los biocarburos de primera generacione y sus exigencias de cultivo de materia prima en grandes extensiones. Estos biocarburos proporcionan la posibilidad de utilizar biomasa lignocelulósica como materia prima, lo que reduce notablemente las extensiones de tierra utilizadas. Los biocarburos de segunda generación incluyen la biomasa a líquido (BTL<sup>19</sup>), el bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica y el biogás. Los biocarburos de segunda generación que se obtienen a partir de la biomasa se encuentran actualmente en desarrollo con ejemplos como el bio-hidrógeno<sup>20</sup>, el biodimetil éter<sup>21</sup> (bio-DME), el biometanol<sup>22</sup>, el diésel mejorado de alta temperatura (HTU<sup>23</sup>), el diésel sintético Fischer-Tropsch<sup>24</sup> y mezclas de alcoholes como etanol, propanol y butanol, con pequeñas proporciones de pentanol, hexanol, heptanol y octanol. Todos estos biocombustibles utilizan para su producción gas de síntesis obtenido de la gasificación de la biomasa. Cabe destacar que, actualmente, se encuentran en estudio los biocarburos de tercera generación a base de algas y de nuevos cultivos terrestres modificados y los biocarburos de cuarta generación empleando biología sintética.

### 3.4.2. VENTAJAS

- La manipulación y las precauciones de seguridad son similares a las de los combustibles análogos convencionales.
- No son necesarias modificaciones importantes en los vehículos para funcionar con BTL, ya que se trata de un combustible de gran calidad con características muy similares a las de los carburantes convencionales.
- El funcionamiento y mantenimiento de los vehículos que utilicen biocarburos de segunda generación será el mismo que en el caso de los vehículos que empleen combustibles

---

<sup>19</sup> Proceso multi-etapa para producir sintéticos de hidrocarburos combustibles hechos a partir de biomasa a través de una ruta termoquímica.

<sup>20</sup> Hidrógeno que es producido biológicamente, mediante algas, bacterias y archaea.

<sup>21</sup> El dimetil éter (DME) también conocido como éter dimetilico es el primero de la serie éter, y está formado por dos grupos metilo unidos por un oxígeno.

<sup>22</sup> Alcohol etílico o etanol obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales.

<sup>23</sup> Tecnología de conversión de biocombustibles que es especialmente adecuada para materias primas de biomasa húmeda.

<sup>24</sup> Proceso empleado para producir combustibles sintéticos de gasificado de biomasa, el material carbonáceo se gasifica y el gas se procesa para hacer purificada de gas de síntesis.

convencionales. La gran calidad de estos biocombustibles de segunda generación incluso permitiría reducir el mantenimiento de los vehículos.

- Permite el uso de una mayor variedad de materias primas, especialmente desechos vegetales.
- Los combustibles resultantes tienen una alta calidad y producen una combustión limpia, con unas emisiones de CO<sub>2</sub> potencialmente mucho menores, cuando se tiene en cuenta el ciclo de vida completo, que las emisiones de otros combustibles líquidos.
- El proceso de cultivo podría ser menos intensivo para el medio ambiente que en el caso de las cosechas agrícolas ordinarias. La baja intensidad del cultivo resultaría en unas emisiones de gases de efecto invernadero incluso menores que para los cultivos tradicionales.
- El proceso de producción de los biocombustibles de segunda generación permite la coproducción simultánea de electricidad.
- La distribución de muchos biocombustibles de segunda generación se puede realizar a través de las redes de servicio existentes.
- El biomasa a líquido es más versátil que el biodiésel, y que se puede utilizar en todos los vehículos, gasolina, diésel e incluso queroseno para aviación.

#### 3.4.3. DESVENTAJAS

- Tecnologías muy poco desarrolladas a nivel industrial.
- Coste elevado de los procesos de producción y de las instalaciones.

#### 3.4.4. BALANCE DE EMISIONES

Los combustibles biomasa a líquido (BTL) reducen las emisiones en todos los motores, en especial durante el arranque en frío. Pese a esta reducción, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) no se ven alteradas. El gasóleo obtenido mediante el proceso Fischer-Tropsch tiene dos ventajas fundamentales: por una parte contiene muy poco azufre y, por otra, tiene un alto índice de cetano gracias a su bajo contenido en compuestos aromáticos. La utilización de la biomasa como materia prima en la producción de biocarburantes de segunda generación permite obtener reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero mayores que las obtenidas con biocarburantes de primera generación, llegando a alcanzar una reducción emisiones de CO<sub>2</sub> del 70% y pudiendo alcanzar el 100%

en el caso de utilizar cogeneración para producir electricidad y evitando el empleo de carbón o gas como fuente de energía para su producción.

#### 3.4.5. BALANCE ENERGÉTICO

El potencial de la biomasa a líquido (BTL) es mucho mayor que el potencial del etanol o del biodiésel. En una hectárea de terreno se puede producir hasta tres veces más carburante BTL que de biodiésel en cantidades equivalente de energía, esto es debido a que el biodiésel utiliza solamente el aceite de la semilla, mientras que para producir el combustible biomasa a líquido (BTL) se utiliza la planta entera. Por otra parte, el BTL se puede obtener de una mayor variedad de cosechas de crecimiento rápido, ayudando a evitar monocultivos, empleando también todos los bioresiduos<sup>25</sup>. El BTL puede tener un potencial hasta siete veces superior al potencial del biodiésel.

#### 3.4.6. USOS

Los estudios realizados han arrojado buenos resultados en la utilización de diésel GTL en vehículos diésel convencionales, por lo que es de esperar que el uso de biomasa a líquido BTL proporcione estos mismos resultados positivos al tener ambos combustibles propiedades y características similares. Los biocarburos de segunda generación más importantes gas a líquido (GTL), biomasa a líquido (BTL) y etanol lignocelulósico se podrían utilizar en los mismos vehículos en los que ya se utilizan el biodiésel y el bioetanol de primera generación.

---

<sup>25</sup> Residuos orgánicos biodegradables de origen vegetal y/o animal, susceptibles de degradarse biológicamente.

## 4. COMBUSTIBLES SINTÉTICOS

### 4.1. DEFINICIÓN

Los combustibles sintéticos son combustibles obtenidos mediante procesos termoquímicos a partir de diferentes materias primas como el gas natural (Gas a líquido o GTL<sup>26</sup>), el carbón (carbón a líquido o CTL<sup>27</sup>) y la biomasa (biomasa a líquido o BTL). Estas materias primas siguen siendo combustibles fósiles no renovables, por lo que tanto el GTL como el CTL siguen amenazados por los problemas de agotamiento de su materia prima. También puede usarse el término combustible sintético para nombrar otros productos combustibles como el metanol, el dimetiléter o el butano.

Los procesos de obtención de estos combustibles sintéticos son la licuefacción directa del carbón. Los productos obtenidos mediante este proceso son ricos en componentes aromáticos, lo que los hace poco aptos para satisfacer las especificaciones actuales de los combustibles de automoción. La producción de gas de síntesis ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) se realiza mediante un proceso de reformado con vapor, seguido a continuación de otro proceso de síntesis Fischer-Tropsch. Posteriormente se produce el gas de síntesis con la síntesis del metanol, finalizando con la transformación del metanol en gasolina o gasóleo. Conviene señalar que tanto los productos de la licuefacción directa como los obtenidos mediante síntesis de Fischer-Tropsch requieren una etapa de hidrot ratamiento que tiene como objetivo aumentar su calidad hasta niveles comercializables. En el caso de la licuefacción directa el consumo de hidrógeno en dicha etapa es mucho mayor y la calidad de los productos obtenidos es menor.

### 4.2. VENTAJAS

- Los combustibles sintéticos se pueden elaborar a partir de multitud de materias primas y de fuentes de energía como el carbón, el gas natural y muchos tipos de biomasa, favoreciendo la diversificación energética.
- El proceso gas a líquido (GTL) es una forma de rentabilizar el gas disponible.
- La conversión del carbón a combustible líquido (CTL) es una vía de independencia energética, especialmente para algunos países con grandes reservas de carbón como China o EE.UU.

---

<sup>26</sup> Transformación de gas natural en productos líquidos combustibles de gran calidad que, de lo contrario, se elaborarían a partir de petróleo crudo.

<sup>27</sup> Transformación de carbón mineral en productos líquidos combustibles de gran calidad que, de lo contrario, se elaborarían a partir de petróleo crudo.

- El BTL facilita el crecimiento sostenible y produce uno de los tipos de biocarburantes de segunda generación. Este tipo de biocarburantes está siendo activamente promovido en Europa.
- El funcionamiento y el mantenimiento de los vehículos que utilicen en el futuro combustibles sintéticos será previsiblemente el mismo que en el caso de los vehículos convencionales.
- Puesto que los combustibles sintéticos son combustibles de gran calidad, con características muy similares a las de los carburantes convencionales, no se espera que exijan grandes cambios técnicos en los vehículos.
- El combustible sintético permite el uso de tecnologías de optimización del motor, tales como la tecnología de encendido por compresión de carga homogénea (HCCI) y la tecnología de autoencendido controlado (CAI). Estos sistemas de combustión combinan dos ventajas clave, como son las menores emisiones en los motores de gasolina y el menor consumo en los motores diésel.
- La manipulación y las precauciones de seguridad que deben adoptarse en el caso de los combustibles sintéticos son similares a las de los combustibles convencionales.
- El almacenamiento depende del combustible sintético en cuestión, pero en general es similar al almacenamiento de otros combustibles.
- El combustible sintético puede utilizar la infraestructura existente en las estaciones de servicio actuales, ya que el combustible sintético es un combustible líquido de gran pureza con unas características físicas similares a las de la gasolina o el diésel.

#### 4.3. DESVENTAJAS

- Se trata de tecnologías incipientes poco desarrolladas a nivel industrial.
- Coste elevado de los procesos de síntesis y de las instalaciones.

#### 4.4. BALANCE DE EMISIONES

El balance de emisiones se centra principalmente en los combustibles diésel obtenidos mediante procesos de síntesis Fischer-Tropsch. El gasóleo sintético contribuye a reducir las emisiones en todos los motores, especialmente durante la fase de arranque en frío. La excepción son las emisiones de  $\text{NO}_x$ , que no se ven reducidas. Otra de las ventajas es el bajo contenido de azufre y de su alto índice de cetano, gracias a su bajo contenido en compuestos aromáticos. El combustible sintético más

habitual en la actualidad es el gas a líquido o GTL. El uso de diésel GTL, con un mayor número de cetanos que el diésel convencional, en vehículos sin modificar y comparado con el combustible diésel libre de azufre, ofrece reducciones significativas en las emisiones de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y partículas (PM). También permite mayores índices de recirculación de gases de escape (EGR). La recirculación de los gases de escape puede utilizarse para reducir las emisiones de  $\text{NO}_x$ . Así, para el combustible gas a líquido (GTL) se predicen reducciones del 35% en las emisiones de  $\text{NO}_x$  y de partículas. Las mezclas de diésel GTL con gasóleo convencional siguen proporcionando notables mejoras en cuanto a las emisiones de  $\text{NO}_x$  y de partículas con un 20% de mezcla de diésel GTL con gasóleo convencional supone un 43% de reducción de emisiones, mientras que, un 50% de mezcla supone un 86% de reducción. En la fase de arranque en frío la mayor reducción se obtiene para el CO (70-75%), seguido de los HC (70%) y de las partículas (60%). El proceso GTL permite obtener un combustible diésel de alta calidad a partir del gas natural. Sin embargo, las emisiones globales de gases de efecto invernadero son superiores a las del combustible diésel convencional. Por otro lado, el diésel gas a líquido (GTL) es un combustible con un mayor número de cetanos que el diésel convencional.

Las características de las emisiones del diésel carbón a líquido (CTL) son parecidas a las características del combustible gas a líquido (GTL). La emisión total de  $\text{CO}_2$  para el caso del combustible obtenido de carbón vía Fischer-Tropsch (CTL) es aproximadamente dos veces superior a la del mismo tipo de combustible obtenido mediante refinado de petróleo. El  $\text{CO}_2$  no es emitido en la reacción de Fischer-Tropsch propiamente dicha sino en la etapa previa de gasificación y en la posterior combustión del gas de síntesis sobrante.

El proceso de fabricación del combustible gas a líquido (GTL) produce unas emisiones globales de gases de efecto invernadero que son superiores a las del combustible diésel convencional. Sólo el empleo de biomasa como materia prima para producir combustible biomasa a líquido (BTL) en el proceso de síntesis Fischer-Tropsch puede alcanzar un nivel de emisiones de gases de efecto invernadero inferiores a las del combustible convencional obtenido del petróleo. Por otro lado, las menores emisiones contaminantes de los combustibles sintéticos permiten un rango de operación más amplio y con mayores exigencias o cargas en los motores. Esto permite que el tratamiento de los gases de combustión sea más sencillo.

#### 4.5. BALANCE ENERGÉTICO

El balance energético dependerá del combustible concreto de que se trate y del proceso de síntesis utilizado. Uno de los biocarburantes de segunda generación que más se está fomentando en Europa es el gasóleo obtenido mediante síntesis Fischer-Tropsch. Si se utiliza gas natural como materia prima, y desde el punto de vista de la eficiencia energética global, la utilización del proceso gas a líquido (GTL) para producir diésel es menos eficiente que el uso directo del gas natural. En el caso de este proceso gas a líquido (GTL) la eficiencia energética puede situarse en torno al 60%. Como se ha indicado, este análisis puede ser diferente cuando se utiliza biomasa como materia prima para la producción del combustible biomasa a líquido (BTL).

#### 4.6. USOS

Ya se han realizado algunas experiencias de utilización de diésel GTL en vehículos diésel convencionales. El funcionamiento y el mantenimiento de los vehículos que utilicen en el futuro combustibles sintéticos será previsiblemente el mismo que en el caso de los vehículos convencionales. Puesto que los combustibles sintéticos son combustibles de gran calidad, con características muy similares a las de los carburantes convencionales, no se espera que exijan grandes cambios técnicos en los vehículos.

## 5. GAS NATURAL

### 5.1. DEFINICIÓN

El gas natural es una mezcla rica de hidrocarburos ligeros cuyo principal componente es el metano ( $\text{CH}_4$ ) representando el 70-90% de la mezcla, variando su composición en función de la naturaleza del yacimiento del que se obtenga junto con otros gases, como son etano, propano y butano, principalmente. Se caracteriza su alto punto de inflamabilidad, por su contenido en carbono y sus menores emisiones residuales de hidrocarburos. Es un gas no corrosivo y no tóxico, con una elevada temperatura de combustión. El gas natural es el combustible de origen fósil que menos contamina y, por tanto, el más limpio. Como la gasolina, el gas natural se puede utilizar en los motores de ciclo Otto en general, en vehículos de gas natural diseñados desde el primer momento. El gas natural se encuentra en la naturaleza bajo tierra en la parte superior de los depósitos de crudo de petróleo, o bien en yacimientos exclusivos de gas natural. En función del contenido de componentes pesados, el gas natural puede ser de mezcla rica (proporción alta de otros hidrocarburos distintos al metano con índice de Wobbe<sup>28</sup> alto) o de mezcla pobre (con pocos hidrocarburos diferentes al metano con índice de Wobbe bajo).

El gas natural ocupa más volumen que los combustibles líquidos convencionales, por lo que para su aplicación en transporte debe de ser comprimido o licuado. Se puede encontrar en dos formas, gas natural comprimido (GNC), comprimido a altas presiones entre 200-220 bar, o en forma de gas natural licuado (GNL), almacenado a temperaturas criogénicas de aproximadamente  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$  y a 1 bar de presión. El GNC es más utilizado en los vehículos de gas natural debido a su mayor facilidad de almacenamiento frente al GNL. Su funcionamiento es similar al de los vehículos de gasolina, ya que tienen las mismas prestaciones. En el caso de los turismos, generalmente tienen un pequeño depósito adicional de gasolina como reserva. Se pueden realizar dos tipos de recarga, una recarga rápida, por diferencia de presiones entre los cilindros de almacenamiento de la estación de llenado y el propio tanque del vehículo, que se realiza en unos tres minutos y muy similar a un repostaje convencional, y un llenado lento, más orientado al repostaje de grandes flotas durante la noche y donde el gas se comprime a medida que se inyecta en el depósito del vehículo.

---

<sup>28</sup> Parámetro que controla la combustión satisfactoria en un quemador.

El gas natural puede utilizarse en los motores actuales siendo necesarias algunas modificaciones. Para ello se han desarrollado sistemas específicos de inyección de gas natural comprimido de diferentes tipos, de fase secuencial, multipunto o indirecta. Por otro lado, el mayor número de octanos del gas natural reduce el riesgo de detonación espontánea e incontrolada del combustible en el interior de los cilindros, por lo que el motor puede ser diseñado con un mayor índice de compresión. La combustión estequiométrica del gas natural proporciona muy bajos niveles de emisiones contaminantes. Los motores de gas natural en función de la dosificación pueden ser de mezcla pobre, en la que el motor trabaja con exceso de aire y de mezcla estequiométrica, en la que el motor trabaja con una dosificación relativa igual a 1.

Existen diferentes tecnologías de vehículos de gas natural en la automoción. Los monocombustibles que emplean únicamente gas natural como carburante, lo que asegura la máxima eficiencia y unas mínimas emisiones. Los vehículos biocombustibles que pueden optar entre gas natural y gasolina, de este modo, tienen dos depósitos diferenciados. En estos vehículos suele favorecerse automáticamente el funcionamiento con gas natural para emitir menos emisiones y funcionar más tiempo con carburante alternativo. Los vehículos de doble combustible que funcionan con una mezcla de gas natural y gasóleo, cuyas proporciones relativas van cambiando en función de la velocidad del motor y de la carga, sin embargo, es importante señalar que en este caso el diésel se utiliza únicamente para dar arranque al motor. Los motores a doble combustible se benefician de la mayor eficiencia de los motores diésel a cargas parciales. Los vehículos tricombustible son un desarrollo tecnológico relativamente reciente que combina un vehículo de combustible flexible de gasolina y etanol con uno de gas natural. El motor puede funcionar con gasolina o etanol (o con una mezcla de ambos) y también con gas natural. Finalmente, existen vehículos de inyección directa de alta presión, que es una tecnología que inyecta a alta presión tanto el diésel como el gas natural directamente en la cámara de combustión. Como los motores dual-fuel dependen del diésel para que la combustión se produzca, sin embargo, se diferencia de éste en la forma en la que los diferentes combustibles se mezclan.

## 5.2. VENTAJAS

- Combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía con una densidad inferior a la del aire que contribuye a que el gas natural tenga tendencia a elevarse y pueda disiparse fácilmente en caso de fugas o derrames.
- Reducción de emisiones, tanto de CO<sub>2</sub> (10-20%) y de otros contaminantes (NO<sub>x</sub>, PM, CO, SO<sub>2</sub>).
- Reducción del ruido del motor hasta del 50%.
- Reducción de las vibraciones del motor.
- La vida útil del motor es superior a la vida útil de los motores térmicos alimentados con gasolina o gasóleo.
- Tiene un precio inferior a la gasolina y al gasóleo, competitivo en precio como combustible.
- Cuando se usa como gas comprimido ofrece mayor seguridad que los combustibles líquidos.
- Tecnología probada.
- Se puede usar en todo tipo de vehículos.
- Los vehículos alimentados con gas natural ofrecen un mejor arranque que los vehículos de gasolina y diésel, incluso bajo temperaturas extremas.

## 5.3. DESVENTAJAS

- Cada cierto período es necesario realizar una inspección de los cilindros, donde se revisa el porcentaje de expansión permanente, pérdida de espesor de las paredes, corrosión o rozamiento, capacidad de recuperación y fatiga del material.
- Vehículos convencionales reconvertidos en vehículos alimentados con gas natural no permiten el uso de determinados materiales tales como el hierro fundido, el aluminio galvanizado o las aleaciones de cobre superiores al 70%. Por ello, es posible que sea necesario la sustitución de los elementos constituidos por estos materiales.
- Es necesario verificar que las conexiones eléctricas no estén expuestas para evitar cortos y que las mangueras y los cables estén bien sujetos.
- En caso de que por el tipo de reparación sea necesario vaciar los tanques, lo cuál no suele ser frecuente, éste debe hacerse de forma que no se libere el metano a la atmósfera.
- Puede ser conveniente despresurizar todo el sistema de combustible antes de empezar los trabajos de mantenimiento del motor.

- En el caso del GNL debido a la baja temperatura de almacenamiento, aproximadamente -160°C a presión atmosférica y, -132°C en el caso de España (15 bares), los contactos entre la piel y los elementos del sistema de combustible o el gas natural licuado (GNL) pueden ocasionar quemaduras criogénicas.
- Es necesario disponer de sensores de metano y de una ventilación para evitar que se alcance la concentración mínima de encendido o ignición.
- Es muy importante prevenir con un buen mantenimiento del compresor y del filtro de la estación de llenado en la entrada de los tanques de combustible de aceite lubricante del compresor.
- Escasez de estaciones de repostaje para este tipo de combustible.
- Los depósitos de combustible para el gas natural, dada la presión que han de resistir, hacen que tengan un gran peso.
- Menor oferta de vehículos de esta tipología que con combustibles tradicionales.
- Espacio adicional requerido para instalar los depósitos de combustible en los vehículos, en vehículos diseñados para este combustible el espacio útil no disminuye.

#### 5.4. BALANCE DE EMISIONES

Los vehículos a gas natural se consideran limpios respecto a las emisiones atmosféricas que afectan a la salud humana, como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los hidrocarburos (HC) y las partículas (PM<sup>29</sup>). Las emisiones tan reducidas de estos motores suponen una clara ventaja frente al diésel, que es generalmente el caso de vehículos industriales. La reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> se sitúa entre un 10% y un 30%, la reducción de NO<sub>x</sub> en más de un 85% y las de CO en un 25%, sin emitir partículas, ni SO<sub>2</sub>. Además, el gas natural permite una oxidación más completa que la gasolina y gasóleo, debido a una cadena carbonada más corta, por lo que las emisiones de CO y HC, así como las partículas sólidas carbonadas se ven reducidas. Los vehículos de gas natural tienen catalizadores de tres vías diseñados específicamente para capturar y neutralizar los niveles de metano emitidos por los motores con lo que se consigue reducir en más del 90% el metano residual. Estos catalizadores específicos no se pueden implementar en vehículos de gas natural bi-fuel ni a los

---

<sup>29</sup> Partículas en suspensión formadas por una serie de diminutos cuerpos sólidos o pequeñas gotas de líquidos dispersos en la atmósfera.

vehículos de combustible dual, y en estos casos las emisiones de metano pueden aumentar significativamente el volumen total de gases de efecto invernadero producidos por estos vehículos. La contribución global de la combustión del gas natural, considerando el CO<sub>2</sub> y los HC, es del 85% respecto a los productos derivados del petróleo. Las emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos de gas natural haciendo un balance completo del ciclo de vida, son inferiores a las emisiones de los vehículos de gasolina, y muy cercanas, incluso en ocasiones similares, a las de los vehículos diésel. La previsión es que en unos años, con el avance de todas las tecnologías, las emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos de gas natural comprimido sigan siendo menores que las de los vehículos impulsados por gasolina y, en comparación a los diésel también sean menores.

### 5.5. BALANCE ENERGÉTICO

Los motores diésel tienen mayor rendimiento energético que los vehículos de gas natural comprimido, cuyo rendimiento es similar a los motores de gasolina. Además, al realizarse un balance energético completo desde la extracción hasta el uso final del combustible, se concluye que la energía necesaria por kilómetro recorrido es mayor en el caso del gas natural comprimido (GNC) que para la gasolina o el diésel. En un futuro con la evolución de las tecnologías se prevé que aumente el rendimiento de los vehículos de gas natural comprimido aproximándose a la de los vehículos con combustibles convencionales diésel.

### 5.6. USOS

El gas natural en la automoción se aplica tanto a vehículos pesados, camiones y autobuses, como a ligeros y turismos. Debido a la falta de infraestructura de suministro, el gas natural se introduce con más facilidad en flotas cautivas de vehículos pesados como autobuses urbanos, camiones de recogida de basuras y flotas de taxis que realizan recorridos diarios y vuelven a la misma base, donde se instala la infraestructura de carga. En turismos existen vehículos de gas natural de todas las gamas, aunque el número de los modelos entre los que escoger es aún muy limitado. Las ventajas que aportan los vehículos alimentados con gas natural se ponen de manifiesto tanto en su uso en recorridos urbanos como en recorridos interurbanos, caracterizándose la modalidad GNC como la más utilizada en el transporte, existiendo vehículos de gas natural comprimido de todas las categorías.

## 6. GAS LICUADO DE PETRÓLEO

### 6.1. DEFINICIÓN

El Gas Licuado del Petróleo (GLP) es una mezcla de propano ( $C_3H_8$ ) y de butano ( $C_4H_{10}$ ) presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. En estado gaseoso y a una presión entorno a los 10 bares, se encuentra en estado líquido. Se obtiene mediante el refinado del petróleo o la purificación del gas natural durante su extracción. En España el gas licuado del petróleo de automoción para los vehículos de turismo que han sido adaptados para utilizarlo tiene normalmente una composición volumétrica de un 30% de propano y un 70% de butano. El gas licuado de petróleo para los vehículos que ya han sido diseñados en origen para funcionar exclusivamente con este combustible puede llegar a tener un 70% de propano y un 30% de butano. Los vehículos a GLP son similares a sus equivalentes de gasolina con la diferenciación en los sistemas de almacenamiento y alimentación de combustible al motor, con similares rendimientos y potencias. La mayoría de los coches impulsados por gases licuados del petróleo en Europa son bi-combustible con depósitos de GLP y de gasolina con la posibilidad de cambiar de combustible en cualquier momento, aumentando la autonomía de los vehículos y eliminando el riesgo de falta de combustible en caso de no encontrar una estación de servicio que suministre gases licuados del petróleo. Existen también vehículos mono-combustible impulsados exclusivamente por GLP, que ofrecen la ventaja de tener un mejor rendimiento y menores emisiones contaminantes.

Muchos de los depósitos de los gases licuados del petróleo son cilíndricos y se ubican en el maletero de los coches o en el compartimento de carga de las furgonetas, lo que reduce el espacio disponible para la carga. Existe la alternativa de depósitos toroidales, diseñados para que introducirlos en el espacio de la rueda de repuesto, pese a esto, la rueda de repuesto se traslada normalmente al maletero con lo que el espacio útil se sigue viendo reducido. Normalmente, la capacidad de los depósitos instalados en los vehículos turismo oscila entre los 40 y 50 litros, y los empleados en furgonetas muchas veces superan los 80 litros. Los autobuses impulsados por gases licuados del petróleo, suelen tener depósitos de mucha más capacidad fijados en el techo. La mayoría de los vehículos que utilizan gasolina pueden transformarse para usar también con gases licuados del petróleo, mientras que en los diésel dicha transformación no es económicamente viable, debido a las dificultades técnicas. Los vehículos a GLP cumplen diversos requisitos de seguridad en relación al depósito para que tengan la resistencia necesaria para aguantar un impacto al vehículo en caso de

accidente. La implementación de una válvula de seguridad de presión es necesaria por si el deposito sufriera un recalentamiento. También es necesario que las conducciones de GLP sean de materiales apropiados y vayan a un distancia mínima de seguridad de los conductos de gases de escape.

## 6.2. VENTAJAS

- Es el combustible más barato que se puede encontrar en el mercado gracias a sus ventajas fiscales.
- Existe un bajo riesgo de combustión en el sistema de admisión, por lo que se mejora el par motor y las prestaciones del motor.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos con GLP son menores que las de los vehículos convencionales, debido a que los GLP tienen una relación carbono/ hidrógeno menor que la gasolina.
- Los vehículos diseñados para funcionar con GLP tienen un bajo nivel de ruidos en el motor.
- Sencilla infraestructura de suministro del combustible y tiempos de repostaje mínimos.
- Ventajas medioambientales frente a los combustibles tradicionales, reducción de los niveles de emisiones y de ruido en caso de motores diseñados y desarrollados para funcionar con GLP.
- Contribuye a la diversificación energética.
- Calidad controlada del combustible.
- El GLP se puede usar en aquellos vehículos que están diseñados para funcionar con este combustible, y en vehículos con motores de combustión interna que funcionaban originalmente con gasolina y adaptados.
- Una vez se realiza la transformación correspondiente para que el vehículo pueda ser alimentado con GLP, no requiere ningún tipo de mantenimiento diferente al de un vehículo convencional.
- El GLP no ocasionan ningún problema al motor ni al sistema de alimentación.

## 6.3. DESVENTAJAS

- No es un combustible renovable.
- Coste alto de la inversión inicial requerida para adaptar el vehículo a su uso con gases licuados del petróleo.

- El coste de adquisición de un vehículo nuevo que opere con GLP supone un coste adicional que su versión a gasolina.
- Escasez de infraestructuras existentes, tanto de estaciones de suministro como de talleres adecuados para adaptar y reparar vehículos impulsados por gases licuados de petróleo.
- Coste de inversión de las estaciones de servicio por los sistemas de seguridad adicionales requeridos para evitar la acumulación de gases procedentes de derrames y fugas que implican peligro de explosión.
- En el caso de los vehículos con motores transformados, las emisiones pueden ser superiores a las del vehículo de gasolina inicial.
- Reducción de la autonomía en los vehículos y limitación de la capacidad del maletero o del compartimento de carga restando capacidad de carga y añadiendo peso, el tanque sólo puede llenarse hasta el 80% de su capacidad.
- En los vehículos que repostan gasóleo dicha transformación no es económicamente viable, debido a las dificultades técnicas que supone la instalación de bujías o el cambio de la relación de compresión.

#### 6.4. BALANCE DE EMISIONES

Los vehículos cuyo diseño inicial emplea el gas licuado de petróleo tienen emisiones de CO<sub>2</sub> inferiores a las emitidas por vehículos de gasolina, y muy parecidas a las de los vehículos diésel, existiendo una disminución de las emisiones contaminantes de NO<sub>x</sub> y de partículas en relación a los vehículos de gasolina y diésel. Las emisiones de los vehículos de gasolina transformados para utilizar gases licuados del petróleo, en caso de no haber sido sometidos a las mismas condiciones de desarrollo y ensayos de homologación que los vehículos originales de gasolina, y con respecto a los vehículos ya concebidos en origen para funcionar con gas licuado de petróleo, pueden llegar a incrementar las emisiones.

#### 6.5. BALANCE ENERGÉTICO

Los gases licuados del petróleo siguen siendo una fuente de energía fósil, que tendrá un balance energético diferente dependiendo de si se encuentra de modo natural formando ya parte del crudo o del gas natural, o de si se produce artificialmente mediante procesos de refino. Los rendimientos o relaciones entre la energía obtenida y la energía utilizada en el proceso aproximados para cada proceso de refino varía sustancialmente. En el reformado catalítico el rendimiento del GLP se sitúa

entre un 5% y un 10%. En el *cracking* catalítico<sup>30</sup> el rendimiento del GLP se sitúa entre un 5% y un 12%. En el *steam cracking*<sup>31</sup> el rendimiento del GLP se sitúa entre un 23% y un 30%. En la polimerización<sup>32</sup> y alquilación<sup>33</sup> el rendimiento del GLP se sitúa entre un 10% y un 15%. En el *cracking* térmico<sup>34</sup> el rendimiento del GLP se sitúa entre un 10% y un 20%.

## 6.6. USOS

Los vehículos alimentados con GLP no presentan recomendaciones específicas de uso, al ser su comportamiento prácticamente igual al de los vehículos de gasolina, por lo que sus usos recomendados los mismos que los vehículos con estos carburantes.

---

<sup>30</sup> Proceso de la refinación del petróleo que consiste en la descomposición termal de los componentes del petróleo en presencia de un catalizador, con el propósito de raquear hidrocarburos pesados y convertirlos en hidrocarburos livianos de cadena corta.

<sup>31</sup> Proceso petroquímico en el que los hidrocarburos saturados se descomponen en hidrocarburos más pequeños, a menudo insaturados.

<sup>32</sup> Proceso químico por el que los reactivos, monómeros se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, o bien una cadena lineal o una macromolécula tridimensional

<sup>33</sup> Transferencia de un grupo alquilo de una partícula en movimiento hacia otra en reposo.

<sup>34</sup> Proceso químico por el cual quiebran las moléculas de un compuesto produciendo así compuestos más simples, empleando calor y presión.

## 7. ENERGÍA ELÉCTRICA

### 7.1. DEFINICIÓN

Los vehículos eléctricos emplean la electricidad como único modo de propulsión utilizando para ello un motor eléctrico en lugar de un motor de combustión y un conjunto de baterías en sustitución del depósito de combustible. Se conocen como vehículos eléctricos de batería (BEV) y almacenan la energía eléctrica mediante estas baterías y poseen una arquitectura de construcción y funcionamiento más sencilla que la de los vehículos con motor de combustión interna, aunque la conducción es similar en ambos. Debido a la baja densidad de energía específica de las baterías (Ni-MH o plomo-ácido), la autonomía de este tipo de vehículos es bastante limitada; pese a ello, los últimos desarrollos de las baterías de litio-ión, Li-Ion, están avanzando en el concepto de los vehículos eléctricos de batería y están abriendo nuevos campos de aplicación.

Las baterías son el sistema de almacenamiento de la energía en los vehículos eléctricos, el equivalente al combustible en vehículos con motor térmico. Hasta el momento, las baterías presentan el inconveniente de su gran peso y baja autonomía, representando hasta el 25% de peso del vehículo. La batería ideal para un vehículo eléctrico debería tener una alta energía específica, una alta densidad de energía, una alta potencia específica, un ciclo largo de vida útil, un tiempo de recarga corto y también debería ser segura, reciclable y económica. Las baterías de plomo-ácido siguen siendo las baterías más usadas en los vehículos eléctricos, son económicas y fáciles de reciclar. Sin embargo, tienen baja energía específica y baja densidad de energía, lo que implica que sean pesadas y con una autonomía limitada. Las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd o nicad) se han utilizado durante bastantes años, tienen mayor energía específica (cerca de 55 W h/kg) y mayor densidad de energía que las baterías de plomo-ácido. Sin embargo, el cadmio es un metal pesado contaminante. Las baterías de níquel-metal-hidruro tienen una energía de alrededor de 90 W h/kg y ciclos de vida útil muy largos, son reciclables y relativamente benignas con el medioambiente. Las baterías más pequeñas de níquel-metal-hidruro se están empleando actualmente en algunos vehículos híbridos. Finalmente, las baterías de iones de litio tienen una energía específica muy alta, de aproximadamente 150 W h/kg y ciclos muy largos de vida útil. Se han fabricado varios prototipos de vehículos eléctricos de batería de litio, aunque por el momento siguen teniendo unos costes altos para su uso en vehículos. El futuro pasa por esta reducción de peso en las baterías junto con el empleo de polímeros y el grafeno.

Por otra parte es necesario describir otro punto de gran importancia como es el de los métodos de carga de las baterías. En la actualidad existen diferentes modos de recarga de las baterías, el más sencillo es la sustitución de las baterías agotadas por otras completamente recargadas. También encontramos la recarga de las baterías agotadas mediante conexión a la toma red eléctrica, que dependiendo del tipo de conexión a red que utilicemos, pueden ser lentas, requiriéndose para ello un tiempo estimado de 4 a 8 horas, o recargas rápidas, necesitándose, en este caso, un tiempo estimado de 15 a 30 minutos. El futuro pasa por alcanzar cargas rápidas de 10-12 minutos de duración.

## 7.2. VENTAJAS

- Los vehículos eléctricos no emiten gases de escape, lo que implica una disminución de la contaminación atmosférica en el punto de uso.
- Tienen mayor rendimiento mecánico que un motor de combustión.
- El motor es más silencioso, suave y tiene una mayor capacidad de aceleración a bajas revoluciones por minuto, con costes de funcionamiento bajos.
- Pueden recuperar parte de la energía cinética en retenciones y frenadas, volviéndolas a transformar en energía eléctrica.
- Diversifica las fuentes de la energía eléctrica consumida, ya que permite incorporar la energía eléctrica producida mediante energías renovables.

## 7.3. DESVENTAJAS

- Autonomía reducida y limitada por la capacidad de las baterías.
- Escasa oferta de vehículos en el mercado.
- Altos costes iniciales de los vehículos, representando una gran parte del coste de los vehículos eléctricos la batería, dependiendo en particular de su tipo y de su capacidad.
- Ausencia de infraestructuras de suministro de electricidad en las carreteras.
- Alta representatividad de la batería en el peso total del vehículo.

## 7.4. BALANCE DE EMISIONES

Los vehículos eléctricos no generan emisiones atmosféricas en el punto de uso. Sin embargo, analizando el ciclo completo de la energía y su impacto medioambiental se han de considerar las emisiones asociadas a la producción y suministro de la electricidad empleadas para recargar las

baterías. Estas emisiones varían dependiendo del método empleando de generación de energía, pese a ello la contaminación global asociada a estos vehículos es inferior a la de los vehículos térmicos de combustibles convencionales. Desde el punto de vista medioambiental este tipo de vehículo es de gran interés en las zonas urbanas congestionadas, en donde la deficiente calidad del aire frecuentemente causa problemas de salud. En muchos países es fácil calcular el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atribuible a la propulsión de los vehículos eléctricos, ya que se dispone de cifras promedio de la cantidad de CO<sub>2</sub> que se genera para producir un kilovatio-hora de electricidad, dependiendo las emisiones de estos vehículos de las emisiones por la generación eléctrica. Por otro lado, las baterías pueden tener un impacto medioambiental elevado debido a la energía requerida para fabricarlas. También es preciso tener en cuenta el riesgo de que al final de su vida útil las baterías contaminen el subsuelo o los fondos marinos. No obstante, las baterías para vehículos eléctricos más utilizadas (plomo-ácido y níquel-hidruros de metal, o Ni-MH) son totalmente reciclables.

## 7.5. BALANCE ENERGÉTICO

Puesto que la electricidad es un vector energético, el balance energético de los vehículos eléctricos dependerá de la eficiencia de la fuente de energía que la produce. También habrá que tener en cuenta a la hora de calcular el balance energético la eficiencia de la transmisión de la electricidad desde el punto de producción hasta el punto de consumo. Por último, habrá que considerar en dicho balance la eficiencia del motor eléctrico y del sistema de propulsión del vehículo.

## 7.6. USOS

Los vehículos eléctricos, al no tener emisiones atmosféricas en el punto de uso, son una alternativa a los vehículos de motor térmico muy atractiva para zonas urbanas de mucho tráfico, donde la calidad del aire entraña problemas de salud. Los vehículos eléctricos implican el uso de baterías pesadas y de baja autonomía en la actualidad, por lo que su utilización es recomendable, sobre todo para trayectos cortos y, como se ha señalado anteriormente, son muy apropiados para el transporte por ciudad.

## 8. HÍBRIDOS

### 8.1. DEFINICIÓN

Los vehículos híbridos son aquellos que utilizan dos motores como medio de propulsión, un motor eléctrico y un motor de combustión interna (MCI). El motor eléctrico emplea baterías en las que se almacena la energía eléctrica y es el que se utiliza para arrancar el motor y para circular por ciudad. El motor de combustión interna es un motor de gasolina convencional. Según su modo de funcionamiento, los vehículos híbridos se clasifican en:

- Semihíbridos: Son aquellos vehículos que utilizan el motor eléctrico sólo como ayuda al motor de combustión en la tracción. Tienen la capacidad de recuperar parte de la energía que se desprende durante la frenada y que utilizará para arrancar y para impulsar al motor de gasolina cuando éste alcance puntas de máximo esfuerzo. En estos modelos, el motor eléctrico no funciona de modo independiente.
- Híbridos puros: Poseen las mismas funcionalidades que los semihíbridos y, además, pueden circular usando únicamente el motor eléctrico. Éste se activa de forma automática en los casos en que existan abundantes paradas motivadas por las circunstancias del tráfico, atascos o cuando se circule a bajas velocidades. De forma voluntaria, también se puede activar cuando la velocidad no supere los 60 km/h. En recorridos interurbanos, el motor eléctrico únicamente entra en funcionamiento para impulsar al motor de gasolina cuando alcance puntas de máximo esfuerzo.
- Híbridos enchufables: Son aquellos vehículos que, además de cumplir las anteriores características para los híbridos puros, recargan sus baterías conectados a la red eléctrica. Permiten usar sólo el motor eléctrico durante un máximo de 30 a 50 km, siempre que se realicen recorridos urbanos.

Un vehículo convencional no se puede transformar ni adaptar para ser utilizado como vehículo híbrido. Éstos se adquieren de fábrica con la tecnología necesaria ya incorporada. Son más limpios y eficientes que los convencionales y sus costes de funcionamiento son inferiores, pese a esto, su adquisición es más cara. La conducción de los coches híbridos es similar a la de los convencionales, conectándose automáticamente a los distintos modos, y nunca tienen que enchufarse a la red, excepto los híbridos enchufables y tienen transmisión automática.

## 8.2. VENTAJAS

- Al complementarse con un motor eléctrico, el motor de gasolina puede ser de menor cilindrada y, por tanto, tener un menor consumo. El motor térmico tiene una potencia más ajustada al uso habitual, y en caso de necesitarse una mayor potencia, el motor eléctrico se encarga de aportar la potencia adicional requerida.
- Optimizan el funcionamiento del motor de gasolina, el motor de gasolina deja de funcionar cuando el vehículo se detiene, con el consiguiente ahorro de energía.
- Recupera la energía de frenada alimentando las baterías eléctricas (frenado regenerativo).
- Menos ruido que un vehículo convencional cuando el vehículo es propulsado por el motor eléctrico.
- Más par y mayor elasticidad que un motor convencional, generando una respuesta más rápida.
- Mayor autonomía que la de un vehículo eléctrico simple.
- Mayor suavidad y facilidad de uso.
- Recarga más rápida que en el caso de un vehículo eléctrico, exceptuando los vehículos eléctricos híbridos del tipo enchufable.
- Mejor funcionamiento en recorridos cortos que un vehículo convencional, con un consumo inferior al emplear en mayor medida el motor eléctrico permitiendo alcanzar la temperatura óptima al motor de combustión.

## 8.3. DESVENTAJAS

- Mayor peso que un coche convencional debido principalmente al peso añadido por el motor eléctrico y las baterías.
- Más complejidad tecnológica y por lo tanto más posibilidad de averías.
- Precio de adquisición elevado en comparación con los vehículos convencionales.
- Disponibilidad limitada de ciertos componentes.

## 8.4. BALANCE DE EMISIONES

Tienen emisiones muy reducidas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por kilómetro recorrido. Dichas emisiones son menores que las de cualquier coche con motor de combustión interna disponible en el mercado. La introducción en el mercado de este tipo de vehículos ayudaría a cumplir los acuerdos

Europeos para reducir las emisiones medias de CO<sub>2</sub> de los vehículos vendidos en la Unión Europea. Respecto a las emisiones de otros gases contaminantes como CO, HC, NO<sub>x</sub> y partículas en suspensión, se ven reducidas al tener menos consumos, por lo que los vehículos híbridos también resultan muy atractivos para su empleo en el espacio urbano por sus bajas emisiones. Su popularización podría representar una importante reducción de la contaminación en dicho ámbito.

### 8.5. BALANCE ENERGÉTICO

La eficiencia energética de este tipo de tecnología se optimiza en recorridos urbanos, ya que el motor de combustión del vehículo híbrido se detiene en las paradas y aprovecha las frenadas y los descensos para recargar su batería produciendo un considerable ahorro de energético. Algunas configuraciones de vehículos híbridos permiten al motor de combustión interna funcionar a un régimen de giro constante, al no estar el motor térmico conectado directamente a las ruedas. De esta forma le permite funcionar en su régimen óptimo y generar un ahorro energético. Todo ello se traduce en un ahorro estimado que puede alcanzar hasta el 40% en recorridos urbanos. Es previsible que esta eficiencia sea aún mayor cuando aparezcan en el mercado modelos eléctricos híbridos con motor de combustión interna diésel, ya que su rendimiento es superior al del motor de gasolina.

### 8.6. USOS

El uso de los vehículos híbridos está muy recomendado para circuitos urbanos, aunque su autonomía le permite realizar recorridos interurbanos de media o larga distancia. El comportamiento como un vehículo convencional al usar el motor de combustión interna y tener el apoyo del motor eléctrico sólo cuando es necesario un mayor aporte de energía, le permite ser un vehículo más dinámico y eficiente en función las condiciones de la conducción.

## 9. HIDRÓGENO

El hidrógeno a presión y temperatura ambiente se encuentra en estado gaseoso y puede usarse como combustible para dos tipos de sistemas de propulsión en vehículos. Por una parte, mediante motores de combustión interna como los combustibles convencionales estando actualmente esta aplicación en desarrollo debido a que es una opción energética mucho menos eficiente que las pilas de combustible, siendo ésta la segunda modalidad de empleo del hidrógeno y la más desarrollada. La ventaja del hidrógeno radica en que el producto de su combustión es agua, por lo que no produce  $\text{CO}_2$ , sin embargo, el proceso de fabricación del  $\text{H}_2$  no está exento de emisiones contaminantes. Esta fabricación de hidrógeno puede realizarse mediante diversas tecnologías, como son la electrolisis del agua, el reformado de hidrocarburos, la gasificación de biomasa y de hidrocarburos y otras tecnologías en fase de investigación. La única tecnología hasta ahora sostenible y respetuosa con el medio ambiente es la electrolisis del agua empleando electricidad generada mediante fuentes renovables.

### 9.1. PILA DE HIDRÓGENO

#### 9.1.1. DEFINICIÓN

La pila de combustible de hidrógeno es un dispositivo electroquímico que convierte el hidrógeno y el oxígeno en agua, generando electricidad en dicha combinación química sin más limitaciones que los procesos de degradación o mal funcionamiento de los componentes. Dentro del vehículo, el hidrógeno se puede almacenar en un depósito o se puede obtener a partir de otro combustible en un reformador instalado a bordo, mientras que el oxígeno se obtiene del aire. Si se utiliza hidrógeno puro, esta tecnología emite a la atmósfera únicamente vapor de agua, lo que supone grandes beneficios medioambientales al no generar emisiones. Sin embargo, para que se produzca una utilización a nivel comercial de la pila de combustible es todavía necesaria una reducción de sus costes con la disminución la cantidad de metales preciosos empleados como el platino o el paladio, utilizados como catalizadores de la combinación química del hidrógeno con el oxígeno. La dirección general del sector es que a largo plazo se impondrán las pilas de combustible frente a los motores de combustión interna alimentados con hidrógeno por su eficiencia.

Un aspecto clave en el desarrollo de los vehículos de pila de combustible y de los vehículos con motor de combustión interna alternativo alimentado con hidrógeno es el almacenamiento y transporte del hidrógeno en los vehículos, existiendo diversas tecnologías destacándose las siguientes:

- Repostar y almacenar en el vehículo un compuesto que contenga una alta proporción de hidrógeno, como por ejemplo metanol, etanol o gas natural, para ser reformado a bordo. El inconveniente que presenta esta tecnología es que el hidrógeno generado puede contener impurezas que hagan necesaria una limpieza del gas antes de ser utilizado en la pila de combustible. Esta limpieza o depuración es en todo caso imprescindible en aquellos tipos de pilas de combustible que requieran hidrógeno de alta pureza.
- Empleo del hidrógeno como gas comprimido a 200 bares de presión siendo la densidad energética muy baja y empleando recipientes a presión muy voluminosos y pesados. El almacenamiento a muy alta presión (700 bares) está aún en fase de desarrollo.
- Almacenamiento del hidrógeno en forma de líquido criogénico a una temperatura de  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El hidrógeno líquido tiene una buena densidad energética, aunque todavía menor que la de los combustibles fósiles líquidos como la gasolina o el gasóleo. Esta solución tiene actualmente un coste bastante elevado por la cantidad de energía necesaria para licuar el gas y por las características especiales de los depósitos de almacenamiento. Los depósitos deben estar perfectamente aislados mecánica y térmicamente y han de soportar la presión de la fase gaseosa del hidrógeno.
- Empleo de hidruros metálicos, de manera que el hidrógeno queda retenido en la estructura sólida del hidruro metálico y puede liberarse a medida que la pila de combustible lo demande. El principal problema que tiene esta tecnología es su elevado peso.

Además de estas tecnologías existen otras, como el empleo de hidruros químicos, o la utilización de estructuras de tubos microscópicos de carbono o de microesferas de vidrio, todavía en fase de investigación.

Las pilas de combustible necesitan un suministro continuo de hidrógeno y oxígeno cuando están funcionando, proviniendo este último del aire atmosférico. Hay distintos tipos de pilas de combustible, pudiendo clasificarse atendiendo a distintos criterios, como son:

- El tipo de combustible y oxidante que utilizan.
- El lugar donde se lleva a cabo el procesado del combustible, dentro o fuera de la celda.
- El tipo de electrolito.

- La temperatura de operación.
- El sistema de alimentación de los reactivos.

Las pilas de membrana de intercambio protónico (PEMFC) son muy adecuadas para su aplicación en transporte porque son capaces de trabajar a altas densidades de corriente, con una rápida respuesta a demandas de potencia variable, además de tener una alta densidad de potencia y una temperatura de funcionamiento relativamente baja.

#### 9.1.2. VENTAJAS

- Se trata de una alternativa de carácter renovable a los combustibles fósiles tradicionales.
- Alta eficiencia energética, sea cual sea la temperatura de trabajo de la pila, y alta densidad energética.
- No emite gases contaminantes ni gases de efecto invernadero.
- Combustible no tóxico.
- Ausencia de ruidos provenientes del motor.
- Emisiones locales nulas de la pila de combustible, aunque en el caso de que el vehículo incorpore un reformador para la generación in situ del hidrógeno, estos producen como subproducto CO<sub>2</sub>.
- Diversas opciones para producir hidrógeno.
- Alto límite de inflamabilidad y de detonación.
- Alta temperatura de combustión espontánea.
- Combustible muy seguro en espacios abiertos.

#### 9.1.3. DESVENTAJAS

- Poca eficiencia de los procesos de obtención de hidrógeno.
- Oferta de vehículos prácticamente muy reducida, sólo existen algunos prototipos destinados a clientes especiales.
- Escasez de estaciones de reabastecimiento.
- Coste de las pilas de combustible muy alto.
- Tecnología compleja de almacenamiento.

- Al tratarse de un combustible gaseoso en estado natural, la densidad energética por unidad de volumen es baja.
- Baja temperatura de licuefacción.
- Combustible menos seguro en espacios confinados.
- Autonomía del vehículo
- Red de estaciones de repostaje.

#### 9.1.4. BALANCE DE EMISIONES

Los vehículos de pila de combustible, alimentados con hidrógeno, no producen más emisiones en el punto de utilización que vapor de agua, lo que supone grandes ventajas medioambientales. Actualmente, la mayor parte del hidrógeno se produce a partir de gas natural mediante un proceso reformado con vapor de agua que genera  $\text{CO}_2$ , este proceso es mucho más eficiente que el proceso de electrolisis del agua a partir de electricidad generada con combustibles fósiles. Sin embargo, la meta a largo plazo es que la producción de hidrógeno se base fundamentalmente en el uso y aprovechamiento de energías renovables. Por su parte, el hidrógeno obtenido indirectamente en reformadores instalados a bordo de los vehículos aporta pocos beneficios desde el punto de vista de las emisiones de efecto invernadero, al menos cuando se compara con otros modernos sistemas de propulsión o con los vehículos híbridos.

#### 9.1.5. BALANCE ENERGÉTICO

Puesto que el hidrógeno no es una fuente de energía, sino un vector energético que puede ser obtenido mediante diversas tecnologías (electrolisis, reformado de hidrocarburos, gasificación de biomasa o de hidrocarburos), el balance energético depende en gran medida de la tecnología en cuestión utilizada para su fabricación. Los vehículos con pila de combustible siempre tendrán un balance energético más positivo que los vehículos con motores de combustión interna impulsados por hidrógeno, ya que la eficiencia de los primeros es siempre mayor. Por este motivo, se considera que a largo plazo la pila de combustible se acabará imponiendo a los motores de combustión interna que emplean hidrógeno como combustible.

### 9.1.6. USOS

Las aplicaciones en el transporte constituirán el principal impulso para la demanda del hidrógeno, pero la producción en masa de vehículos de pasajeros impulsados por hidrógeno no llegará a corto plazo. En cualquier caso, existe una incertidumbre significativa en relación con los pronósticos de la demanda futura de hidrógeno, ya que la pila de combustible y otras tecnologías tales como los motores de combustión interna alimentados con hidrógeno todavía no están listas para su introducción a gran escala en el mercado. Se espera que las pilas de combustible también se empleen para aplicaciones fijas o estacionarias, pronosticando que éstas utilicen predominantemente combustibles fósiles tales como el gas natural para su obtención.

## 9.2. COMBUSTIÓN DE HIDRÓGENO

### 9.2.1. DEFINICIÓN

El hidrógeno también puede emplearse como carburante en motores de combustión interna alternativos de encendido provocado (MCI), y aunque esta alternativa es más ineficiente energéticamente que las pilas de combustible, se trata de una tecnología ya ampliamente probada. El desarrollo de los vehículos de pila de hidrógeno llevará asociado el desarrollo del sector del hidrógeno. De esta forma, se espera que los motores de combustión interna de hidrógeno sigan esta corriente aprovechándose del desarrollo de la infraestructura y de las estaciones de suministro. Pese a este desarrollo, se espera que en el futuro a largo plazo se impongan las pilas de combustible sobre los motores térmicos de hidrógeno, debido a que los primeros son más eficientes a cargas parciales, que en un ciclo de conducción normal ya sea de coches, motos o autobuses representa la mayor parte del tiempo operativo del motor.

### 9.2.2. VENTAJAS

- Los motores de combustión interna que funcionan con hidrógeno no producen prácticamente emisiones locales. La única excepción son ligeras emisiones de  $\text{NO}_x$  que se generan debido a las elevadas temperaturas que se alcanzan durante la combustión.
- Tecnología probada y mucho más económica que la de pila de combustible.
- Diversas opciones para producir hidrógeno.
- Alta densidad energética del hidrógeno por unidad de masa.
- Combustible no tóxico.

- Alto límite de inflamabilidad y de detonación.
- Alta temperatura de combustión espontánea.
- Combustible muy seguro en espacios abiertos.

### 9.2.3. DESVENTAJAS

- Limitada oferta de vehículos.
- Escasez de estaciones de reabastecimiento.
- Tecnología de almacenamiento compleja.
- Baja densidad energética por unidad de volumen de gas.
- Baja temperatura de licuefacción.
- Combustible menos seguro en espacios confinados.

### 9.2.4. BALANCE DE EMISIONES

El balance de emisiones de los motores de combustión de hidrogeno es el mismo que en los vehículos de pila de combustible de hidrógeno recogidos en el punto 9.1.4. de este documento.

### 9.2.5. BALANCE ENERGÉTICO

El balance energético de los motores de combustión de hidrogeno es el mismo que en los vehículos de pila de combustible de hidrógeno recogidos en el punto 9.1.5. de este documento.

### 9.2.6. USOS

Los usos de los vehículos equipado con motores de combustión de hidrogeno son mismos que en los vehículos de pila de combustible de hidrógeno recogidos en el punto 9.1.6. de este documento.

## ANEXO III

# Políticas sobre energía y movilidad

## ÍNDICE

1. EVOLUCIÓN CRONOLÓGICA .....	4
2. EL OBJETIVO EUROPEO.....	15
3. UNA ESTRATEGIA EUROPEA PARA EL TRANSPORTE .....	19
4. LOS LOGROS OBTENIDOS EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de los principales hitos del cambio climático. ....	4
Figura 2. Calentamiento provocado por la actividad humana. (La trayectoria proyectadas hasta 1,5°C fue condicionada a un escenario de reducción de emisiones de CO2 que se anulan en 2025). ....	11
Figura 3. Repercusiones del cambio climático en la zona mediterránea de Europa. ....	12
Figura 4. Trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) según la hipótesis de 1,5 X. Las barras representan las emisiones y las absorciones en 2050 según dos hipótesis distintas. ....	14
Figura 5. Progresos en los objetivos energéticos y climáticos orientados hacia 2020 de los estados miembros de la UE. ....	22
Figura 6. Progresos de los estados miembros de la UE orientados hacia 2030. ....	23
Figura 7. Evolución de los progresos en los objetivos energéticos y climáticos de la UE orientados hacia el 2030. ....	24
Figura 8. Emisiones totales de GEI en España (excluida la aviación internacional) 1990-2018. Índice 1990=100. ....	24
Figura 9. Evolución de las emisiones de GEI por sector 1990-2017 y proyecciones 2018-2030 (Mt CO2 eq). ....	25
Figura 10. Emisiones STS 2005-2018 (Mt CO2-eq). ....	25
Figura 11. Emisiones y objetivos ESD ("reparto de esfuerzos") 2018, 2020, 2030 (% con relación a 2005). ....	26
Figura 12. Emisiones, asignaciones de emisiones anuales (AEA) y superavit acumulado de EAE bajo la decisión de esfuerzo compartido 2013-2020 (Mt CO2-eq). ....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro resumen de las principales medidas de mitigación del cambio climático, categorizadas por sectores.....	9
Tabla 2. Progresos en los objetivos energéticos y climáticos orientados hacia 2020 de los estados miembros de la UE.....	22

# 1. EVOLUCIÓN CRONOLÓGICA

Existe un consenso científico alertando de las consecuencias del actual cambio climático generado por la actividad humana. La emisión de los gases de efecto invernadero -GEI, (en inglés “greenhouse gases – GHG”) incrementan la capacidad de retener calor en la atmósfera, dando lugar al fenómeno del calentamiento global afectando la salud humana y el medio ambiente.

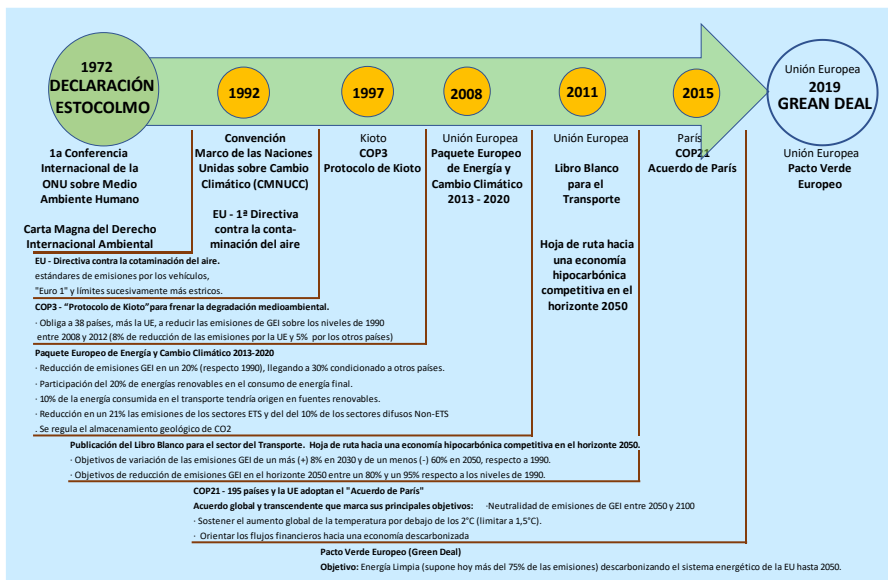


Figura 1. Diagrama de los principales hitos del cambio climático.

Fuente: Elaboración propia.

La entonces Comunidad Económica Europea (CEE) controla, desde los años 70, la contaminación del aire fijando unos límites a las emisiones producidas por los vehículos (gases de escape). La primera Directiva de medidas específicas contra la contaminación del aire data de 1970 (Directiva 70/220/EEC). Sin embargo, es en la Cumbre de París de 1972 que marca el comienzo de un programa de acción medioambiental europeo. El Programa comenzaría a implantarse en 1973 por la todavía existente Dirección General para el Medio Ambiente (Environment DG) con el objetivo de proteger, preservar y mejorar el medio ambiente para las presentes y futuras generaciones.

Por otro lado, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change), una entidad científica creada en 1988 que asesora la Organización de Naciones Unidas para el cambio climático, y publica en 1990 su primer Informe de evaluación confirmando científicamente evidencias sobre el cambio climático. En ese año se emitieron 38.000 M Ton CO<sub>2</sub> eq. de GEI a la atmósfera (75% CO<sub>2</sub>) siendo la mayor parte de las emisiones producidas por un reducido número de países. Europa fue responsable del 14,88% con 5.657M Ton CO<sub>2</sub> eq., de las que un 12% correspondían al transporte (785 M Ton CO<sub>2</sub> eq.).

Para responder a la creciente sensibilización social en la defensa del clima los países de todo el mundo se congregan, en 1992, en torno de la Organización de Naciones Unidas y adoptan, en Río de Janeiro, la “Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático” - CMNUCC (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC). Este importante acuerdo, que entra en vigor dos años más tarde, tenía el inconveniente de que no definía ni objetivos ni indicaba cómo se distribuirían las acciones para frenar el cambio climático.

En 1994 la Unión Europea crea la Agencia Europea de Medio Ambiente – AEMA, fuente principal de información para los responsables del desarrollo, la ejecución y la evaluación de las políticas medioambientales. Su objetivo es “ofrecer información sólida e independiente sobre el medio ambiente”, coordinando a EIONET, (European Environment Information and Observation Network) que es la red encargada de diseminar la información medioambiental más actualizada en Europa.

Los firmantes de la CMNUCC, en la primera Convención de las partes - COP1 (según las siglas inglesas), lograron en 1995, tras largas y complejas negociaciones, acordar el "Mandato de Berlín" que estableció una fase de análisis y evaluación de dos años. De esta fase resultó un catálogo de instrumentos que los países miembros podían elegir, y componer un conjunto de iniciativas que se ajustaran a sus necesidades. A partir de entonces las reuniones se han sucedido con una frecuencia casi anual, realizándose la segunda Conferencia de las Partes - COP2 en 1996 en Ginebra, donde se aprobaron los resultados del “Segundo Informe de evaluación del IPCC”, publicado un año antes. En esta reunión ya se hablaba de “comercio de emisiones”. La última reunión, COP25, se celebró en Madrid en diciembre de 2019, reemplazando a Chile por inestabilidad política.

En diciembre de 1997, la COP3 adopta oficialmente el Protocolo de Kyoto, un acuerdo sin precedentes que vincula jurídicamente a 38 países industrializados, más la UE, con objetivos concretos de reducción las emisiones: reducción de un 8% de los GEI entre los años 2008 y 2012

sobre los niveles de 1990. Además, de asumir el principio de “responsabilidad común, pero diferenciada por participaciones y capacidades distintas”, admitiendo que aquellos países eran largamente responsables por los elevados niveles de emisiones a la atmosfera . Se realizó un reparto de las reducciones de los GEI entre los Estados Miembros, y a España le supuso la obligación de que sus emisiones netas de GEI no superaran el 15% del nivel de emisiones del año de referencia. Este Protocolo ha sido firmado por los países de la EU, Japón, Canadá y Nueva Zelanda. El Protocolo de Kyoto entró en vigor en febrero de 2005, sin la participación de los Estados Unidos de América (EE.UU.), que en 2001 decide no ratificarlo, superada la condición de haber reunido 55% de emisiones requeridas, tras la aprobación de Rusia en 2004. China e India, los países más contaminantes después de EE.UU. lo ratifican sin obligaciones de recorte de emisiones al ser países en vías de desarrollo. En 2007 Australia ratifica el Protocolo y, en 2011 Canadá anuncia el abandono del Protocolo de Kyoto para no pagar las multas (14.000 M de dólares) relacionadas con el incumplimiento de la reducción de emisiones.

El noviembre 2007 se presenta en Valencia el **IV informe del IPCC que afirma que el cambio climático es un fenómeno “inequívoco”, que se atribuye a la acción del hombre y que algunos de sus efectos son ya irreversibles.** Admite un incremento del 35% de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> desde la época preindustrial, con significativos impactos negativos en los ecosistemas y sistemas socioeconómicos en todas las regiones del planeta, con particular incidencia en el sur de Europa. Sus proyecciones apuntan, para los últimos diez años del siglo XXI, a cambios de un rango de 1,8 a 4,0º C en la temperatura de la superficie terrestre con respecto a los últimos veinte años del siglo XX. No obstante, el Grupo de Trabajo III del IPCC lanza la esperanza de lograrse la estabilización del cambio climático con una urgente y enérgica actuación, a costes inferiores a los anteriormente previstos, adoptando medidas de gran calado y empleando tecnologías ya disponibles.

La “Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007 – 2012 - 2020” – EECCEL integrada en la “Estrategia Española de Desarrollo Sostenible” – EEDS, que tenía como marco de referencia la “Estrategia Española para el cumplimiento del Protocolo de Kioto” de 2004, considera a España, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, un país muy vulnerable al cambio climático, como se viene poniendo de manifiesto en las recientes evaluaciones e investigaciones.

En 2008, asumiendo compromisos en materia de cambio climático y energía del Consejo Europeo de 2007, la UE se compromete en reducir, respecto de los niveles de 1990, las emisiones GEI en un 20% en 2020, y condiciona la posibilidad de reducir hasta un 30% en el caso

de que los otros países desarrollados se comprometieran a reducciones equivalentes, y los países en desarrollo contribuyeran en la medida de sus posibilidades. Establece una normativa vinculante en materia de energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones de GEI aprobando el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020. En este paquete se introducen elementos novedosos como la captura y almacenamiento de carbono y se da un tratamiento distinto a la aviación. Asimismo, se comprometía en alcanzar una participación del 20% de energías renovables en el consumo de energía final el 2020 con la Directiva relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables (Directiva 2009/28/CE) que incluía un segundo objetivo para cada país – el 10% de la energía consumida en el transporte tendría origen en fuentes renovables. Al efecto amplía y perfecciona el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión de GEI revisando la Directiva 2003/87/CE. Toma como objetivo para 2020 la reducción en un 21% las emisiones de los sectores ETS (Emission Trading System) y a su vez, por la Decisión de Reparto de Esfuerzos (Decisión 406/2009/CE), una reducción del 10% de las emisiones de los sectores difusos No-ETS (no incluidas en el comercio de derechos de emisión) respecto a los niveles de 2005, estableciéndose objetivos nacionales de limitación o reducción. A España le corresponden objetivos idénticos a los presentados para la UE. En este paquete se regula el almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> con la Directiva 2009/31/CE (transpuesta en España por la Ley 40/2010), vinculante en su zona económica exclusiva y en la plataforma continental. Para la gestión de la lucha contra cambio climático antropogénico la Comisión Europea (CE) crea en 2010, la Dirección General para la Acción Climática (DG CLIMA).

En su Comunicación (COM (2011) 112), la Comisión Europea lanza un importante reto en la Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva, presentando sus objetivos de reducción de emisiones GEI en el horizonte 2050 - entre un 80% y un 95% por debajo de los niveles de 1990 (con hitos intermedios del 40 % y 60% para 2030 y 2040 respectivamente), colocando a la UE en la senda del uso de los recursos de forma sostenible. Muestra cómo los principales sectores responsables de las emisiones pueden hacer la transición hacia una economía rentable baja en carbono y exhorta, además, a todas las grandes economías para que reduzcan sus emisiones para lograr que la temperatura media global no supere los 2°C de diferencia con relación a la temperatura de la era preindustrial. Ese mismo año, la Comisión estableció unos objetivos de variación de las emisiones GEI de un más +8% en 2030 y de un menos -60% en 2050, respecto a 1990, publicados en su Libro Blanco para el sector del Transporte.

En concreto, los objetivos de la UE para 2050 serían de reducir sus emisiones a un máximo de 1.180 M Ton CO<sub>2</sub> eq. Al transporte correspondería una reducción del orden del 60%. España

emitió en ese año un total 341,5 M Ton CO<sub>2</sub> eq. de los que 42,5% fueron de la responsabilidad del transporte, en el entorno de 145 M Ton CO<sub>2</sub> eq. El objetivo de la UE supondría para España una cuota muy reducida de emisiones limitadas en 2050 a un valor que se situara en el intervalo entre 14 y 88 M Ton CO<sub>2</sub> eq.

En la cumbre de Doha de 2012 (COP 18/COP-MOP 8), se acordó la continuidad del Protocolo de Kioto con la adopción de las enmiendas necesarias a un segundo periodo de compromiso a partir del 2013. Estas enmiendas entrarían en vigor cuando 144 de las partes (¾ de los 192 países firmantes) la hubieran ratificado. En febrero de 2020 solo 137 países lo habían ratificado.

Las acciones de respuesta para enfrentar al cambio climático se agrupan en dos grandes categorías:

- de mitigación: orientadas a reducir las emisiones.
- de adaptación: orientadas a evitar o limitar los riesgos derivados del cambio climático.

En 2013 asume la Estrategia Europea de Adaptación que se centra en tres objetivos clave:

- La adopción de estrategias integrales de adaptación de los Estados miembros financiada por la CE que también apoya la adaptación en las ciudades a través de la iniciativa del Pacto de Alcaldes para el Clima y la Energía (2008).

- La acción de “resistencia al clima” a nivel de la UE mediante la promoción de la adaptación en sectores vulnerables.

- La mejora de la toma de decisiones mejor informada al abordar lagunas en el conocimiento sobre adaptación. (Para ayuda de todos los usuarios a acceder y compartir datos e información se creó y desarrolló la plataforma europea de adaptación climática: Climate – ADAPT).

A principios de 2014, la CE promueve la continuidad al Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático proponiendo para 2030 una reducción de las emisiones de GEI (con respecto a 1990) de al menos un 40%, propone una cuota de energías renovables en generación eléctrica de al menos un 32% y la mejora de la eficiencia energética en al menos un 32,5%. Asimismo, la UE reforma del Sistema Europeo de Comercio de Derechos de Emisión, trata temas de mejora de la seguridad de los suministros, desarrollando fuentes de energía sostenibles, y mejora de las interconexiones de los sistemas energéticos.

En 2014 el IPCC proponía una serie de medidas de mitigación en su 5º Informe, Grupo de trabajo III “Mitigación del cambio climático” de las que se destacan las medidas dedicadas a los sectores Energía y Transportes en la siguiente figura resumen, elaborada por la Oficina Española de Cambio Climático - OECC, la Fundación Biodiversidad - FB, la Agencia Estatal de Meteorología - AEMET y Centro Nacional de Educación Ambiental - CENEAM:

	Reducción intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero	Reducción intensidad energética por mejoras de eficiencia	Eficiencia en la producción y uso de los recursos	
	<b>Emisiones / energía</b>	<b>Energía primaria / energía final</b>	<b>Energía embebida / energía final</b>	
Energía	Mayor implantación de renovables, energía nuclear, bioenergía y captura y almacenamiento de carbono, cambio a combustibles menos emisores, reducción de emisiones fugitivas (metano) en el ciclo de vida de los combustibles fósiles	Extracción, transporte, tratamiento de los combustibles fósiles, electricidad, calor, transmisión de combustibles, distribución y almacenamiento; cogeneración	Energía embebida en la fabricación de las tecnologías de extracción de la energía, conversión, transmisión y distribución	Energía
	<b>Emisiones / energía final</b>	<b>Energía final / servicio de transporte</b>		
Transporte	Intensidad emisiva por unidad de energía (CO <sub>2</sub> -eq/MJ): cambio a combustibles de bajo nivel de emisiones de CO <sub>2</sub> (por ejemplo electricidad / hidrógeno procedentes de fuentes bajas en carbono, biocombustibles específicos en varios modos	Intensidad energética (MJ/pas-km, ton-km): diseño de motores y vehículos más eficientes, sistemas de propulsión y diseños más eficientes, uso de materiales más ligeros	Emisiones producidas durante la fabricación del vehículo, eficiencia del material y reciclado de los materiales; emisiones en análisis del ciclo de vida	Transporte
	<b>Eficiencia estructural y de sistemas</b>		<b>Cambio en indicadores de actividad</b>	
			<b>Uso de energía final</b>	
Energía	Afrontar la necesidades de integración		Demanda de diferentes fuentes de energía por los sectores consumidores de energía final	Energía
	<b>Reparto modal</b>		<b>Recorridos totales por año</b>	
Transporte	Cambio modal en el transporte de pasajeros de vehículos privados al transporte público, paseo/bicicleta y de avión al ferrocarril, cambio modal en el transporte de mercancías de camiones al ferrocarril, eficiencia en la conducción, gestión eficiente de flotas, planificación de las infraestructura de transporte		Viajes evitados, mayores tasas de ocupación y carga, reducción de la demanda de movilidad, planeamiento urbanismo	Transporte

Tabla 1. Cuadro resumen de las principales medidas de mitigación del cambio climático, categorizadas por sectores.

Fuente: IPCC.

Algunos meses después de que EE.UU. hubiera anunciado su “Plan de Energía Limpia” para la reducción en un 32% de las emisiones de CO<sub>2</sub> para 2030, tras un periodo de sesiones de la CP/RP 11 “Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto”, se alcanza en la **COP21** de diciembre del 2015 el primer acuerdo global y trascendente contra el cambio climático, firmado por 195 países y que sustituye al Protocolo de Kyoto.

El **Acuerdo de París** asume el compromiso de alcanzar la neutralidad de emisiones de GEI entre 2050 y 2100 para contener el incremento de la temperatura de la Tierra y se centra en tres grandes objetivos:

- Proseguir los esfuerzos en limitar el aumento global de la temperatura a 1,5°C promoviendo un desarrollo con bajas emisiones de GEI y sostenerla por debajo de los 2°C.
- Orientar los flujos financieros para lograr la transformación hacia una economía descarbonizada y resiliente al clima.
- Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático.

Los principales puntos del Acuerdo de París son los siguientes:

- Todos los países firmantes deben de presentar sus Contribuciones Climáticas Nacionales, actualizarlas periódicamente incrementando progresivamente su nivel de ambición.
- Abre puertas al intercambio de los derechos de emisión y reconoce la importancia de incentivar las actividades de reducción de emisiones mediante políticas nacionales y la fijación de un precio del carbono.
- Incentiva los países desarrollados a concretar una hoja de ruta para alcanzar el objetivo de 100 mil millones de dólares de financiación climática en 2020.
- Establece un nuevo reto adicional para que aporten antes de 2025 un mínimo de igual valor anualmente.

Dentro de un marco de transparencia el Acuerdo prevé la monitorización, reporte y verificación (MRV) de las actuaciones realizadas respecto a las previstas y revisiones de las ambiciones.

Soportado en el 5º informe del IPCC y con la intención de hacer frente al imparable incremento de GEI la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) lanzó en 2015 el informe “Alinear las políticas para una economía baja en carbono” con propuestas de actuación de ámbito alargado a las distintas políticas de gobernanza, inversiones en infraestructuras de sistemas sostenibles con bajas emisiones de carbono, revisión de la fiscalidad de las actividades de uso intensivo de combustibles fósiles y estimulación de la innovación sea tecnológica, o sea, en la formación de personal. Incluye también la promoción del comercio internacional respetuoso con el clima eliminando algunas barreras comerciales internacionales que socavan los objetivos. La opción es por una movilidad sostenible, principalmente la urbana, reduciendo el uso de combustibles fósiles, planificando el uso del suelo y del transporte. Propone incentivos para el uso sostenible de la tierra, reducción de la deforestación, restauración de tierras degradadas, prácticas agrícolas bajas en carbono y aumento del secuestro del carbono por medio de la recuperación de suelos y de bosques.

La cumbre climática de Marrakech de 2016 sirvió para establecer una hoja de ruta de implementación del Acuerdo de París por dos años donde se aprobaron 25 decisiones al cierre de la primera sesión de la Conferencias das las Partes del Acuerdo de París (CMA1), vigésima

segunda Conferencia de las Partes de la CMNUCC (COP22) y la duodécima Conferencia de las Partes del Protocolo de Kyoto (CMP12).

En cuanto al calentamiento global, en el informe especial del IPCC “El calentamiento global de 1,5°C” de octubre de 2018, se asume que el calentamiento global llegó en 2017 a 1°C con respecto a los niveles preindustriales (1850-1900) aproximadamente y, si continuara a ese ritmo, alcanzaría los 1,5 °C aproximadamente en 2040. El impacto del calentamiento global es visible en nuestro entorno, aumentando la frecuencia y la intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos. Asistimos ya a la rápida pérdida de hielo marino ártico, con negativas repercusiones sobre la biodiversidad de la región. Los pronósticos del IPCC apuntan a que cerca del 4 % de la superficie terrestre mundial sufrirá la transformación del ecosistema. Con el aumento de la temperatura (0,2 °C por década) se podría alcanzar un incremento de 2°C poco después del 2060 y, en ese caso, la referida alteración del ecosistema se extendería hasta el 13 %. Se prevé, por ejemplo, que la capa de hielo de Groenlandia se reduzca de forma irreversible aumentando el nivel del mar hasta 7 metros, lo que afectaría seriamente a todas las zonas costeras del mundo.

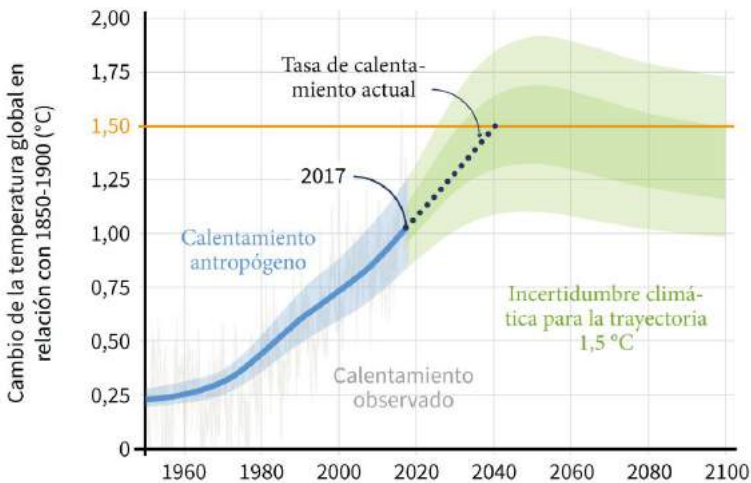


Figura 2. Calentamiento provocado por la actividad humana. (La trayectoria proyectadas hasta 1,5°C fue condicionada a un escenario de reducción de emisiones de CO2 que se anulan en 2025).

Fuente: IPCC.

La sólida base científica del informe del IPCC es alentadora al reconocer factible la posibilidad de limitar el cambio climático frenando el incremento de la temperatura global a 1,5 °C. Reta el

mundo a actuar de inmediato, utilizando los medios disponibles y apuntando a soluciones de coste eficientes que reduzcan la probabilidad de los fenómenos meteorológicos extremos responsables por las transformaciones de consecuencias climáticas a gran escala - última oportunidad para evitar que la Tierra se convierta irreversiblemente en un «invernadero».

La Comunicación de la CE - COM(2018) 773 final – “Un planeta limpio para todos - la visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra” asume tajantemente el cambio climático como un problema muy grave. Los desastres de carácter meteorológico causaron en 2017 daños económicos del orden de 283 mil millones de euros (valor récord), y de aquí a 2100 podrían afectar a un 66% de la población (contra los 5 % ya afectados). El 16 % de la actual zona de clima mediterráneo podría convertirse, hacia el final del siglo, en una zona árida con consecuencias graves para la salud pública, para la producción de alimentos, la productividad de la economía, las infraestructuras, la biodiversidad y la estabilidad política de Europa.



Figura 3. Repercusiones del cambio climático en la zona mediterránea de Europa.

Fuente: COM (2018) 773 final- "Un planeta limpio para todos".

A finales de 2018 tuvo lugar en Katowice (Polonia) la COP24 y la séptima parte de la primera sesión del Grupo Ad Hoc del Acuerdo de París (APA) donde se aprobaron las reglas de funcionamiento del Acuerdo de París de las que se destacan:

- Las directrices de un marco de transparencia indicando como los países informarán sobre sus acciones climáticas, cómo se evaluarán los avances en el desarrollo y la transferencia de tecnología y de cómo llevar a cabo el balance mundial sobre la eficacia de la acción climática en el mundo en 2023

- Las medidas de mitigación y de adaptación y diseño detallado de financiación de los países en desarrollo aportando 100 000 millones de dólares anuales a partir de 2025, en el seguimiento a la movilización inicial del mismo valor para 2020.

Liderando la lucha contra el cambio climático y retando a los demás países, la UE presenta, a finales de 2019, el Pacto Verde Europeo (Green Deal) “una hoja de ruta para hacer que su economía sea sostenible, transformando los retos en materia de clima y medio ambiente en oportunidades en todas las áreas de actuación y haciendo que la transición sea justa e integradora”. El reto europeo estaría orientado hacia una Energía Limpia (cuya producción y uso supone hoy más del 75% de las emisiones) descarbonizando su sistema energético hasta 2050. Se prioriza la eficiencia energética y se pretende transformar el sector eléctrico basado en gran medida en fuentes renovables, en un mercado de la energía plenamente integrado, interconectado y digitalizado. El objetivo a nivel del transporte es la reducción del 90 % de las emisiones de GEI de aquí a 2050. Al efecto se actuaría en las siguientes líneas:

- La digitalización del sistema promocionando la movilidad automatizada y los sistemas inteligentes de gestión del tráfico y soluciones de «movilidad como servicio».
- El cambio modal, transfiriendo los pasajeros al ferrocarril y las mercancías al ferrocarril y a vías navegables. El Cielo Único Europeo reduciría significativamente las emisiones de la aviación sin coste para los viajeros y empresas.
- Un sistema de tarificación vial eficaz dentro de la UE que reflejaría el impacto sobre el medio ambiente, poniendo fin a las subvenciones a los combustibles fósiles
- El impulso del suministro de combustibles alternativos sostenibles para el transporte dotando el parque europeo con 13 millones de vehículos de emisión cero y de baja emisión e instalando 1 millón de estaciones públicas de recarga y repostaje de aquí a 2025.
- La reducción de la contaminación con normas más estrictas en materia de contaminación por automóviles y abordando las emisiones y la congestión urbana optimizando el sistema del transporte.

La visión estratégica europea a largo plazo prevé varias vías para conseguir la neutralidad climática y las cero emisiones netas de gases de efecto invernadero, todas ellas viables desde el punto de vista tecnológico, económico, medioambiental y social, exigiendo profundas

transformaciones en el plazo de una generación y afectando a todos los sectores de la sociedad y economía.

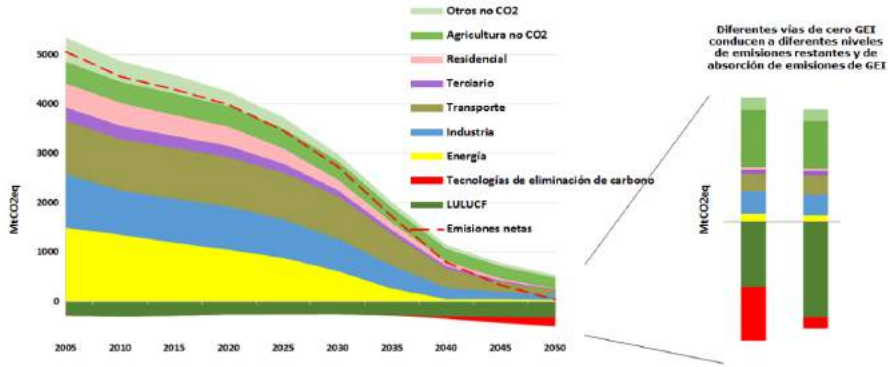


Figura 4. Trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) según la hipótesis de 1,5 X. Las barras representan las emisiones y las absorciones en 2050 según dos hipótesis distintas.

Fuente: COM (2018) 773 final - "Un planeta limpio para todos".

Las distintas hipótesis incluyen tecnologías y desarrollos de actividades de absorción secuestro y almacenamiento de GEI que compensarán las inevitables emisiones de los transportes y de la agricultura, ya que los sectores de producción de energía, Industria, terciario y residencial tendrán en 2050 emisiones apenas residuales.

En enero de 2020, la UE presenta su Plan de Inversiones para el Pacto Verde Europeo y del Mecanismo de Transición Justa suportado, en los próximos 7 a 10 años, por el presupuesto de la UE que proporcionará 503 mil millones de euros. A su vez, desencadenará una cofinanciación nacional adicional de alrededor de 114 mil millones de euros durante este plazo, en proyectos sobre el clima y el medio ambiente. InvestEU movilizaría alrededor de 279 mil millones de euros de inversiones privadas y públicas relacionadas con el clima y el medio ambiente durante el período 2021-2030, totalizando 1.000 millones de euros en la próxima década.

La UE, inmersa en una intensa agenda, presentaba en marzo de 2020 además una primera propuesta de ley sobre el clima que compromete a la Unión garantizando la neutralidad climática (propuesta en el Pacto Verde), un Pacto Europeo por el Clima, que reúne a regiones, comunidades locales, sociedad civil, empresas y escuelas, adopta una Estrategia Industrial Europea, además de una propuesta de un Plan de Acción para la Economía Circular (COM(2020) 98 final) centrado en el uso sostenible de los recursos.

## 2. EL OBJETIVO EUROPEO

La UE ha establecido una legislación que lleva a la reducción de las emisiones en al menos un 40% , dentro del marco climático y energético para 2030 en comparación con 1990. Ese valor podría verse incrementado a 45% si se implementan todos los objetivos climáticos, energéticos y de movilidad. Si se implementan las políticas según lo previsto en el borrador de los planes nacionales de energía y clima, la UE podría reducir las emisiones de los sectores cubiertos por la legislación de esfuerzo compartido (ESD) en más del 25% para 2030, en comparación con 2005.

Los objetivos clave de la UE, definidos en el “Marco sobre clima y energía para 2030”, que pretenden reducir progresivamente las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí a 2050 son los siguientes:

- Emisiones de GEI, desde los niveles de 1990: al menos un 40% de reducción
- Energías renovables: al menos 32% de participación en el consumo final
- Mejora en eficiencia energética: al menos 32.5% de mejora.

El “**Marco climático y energético para 2030**” aborda fundamentalmente los temas relacionados con las emisiones de GEI, la eficiencia energética, las energías renovables, el sistema de gobierno, los planes nacionales de energía y clima y las estrategias nacionales a largo plazo.

Para lograr los objetivos, vinculantes individuales para 2030, de **recorte de al menos el 40%** en las **Emisiones de GEI** por debajo de los niveles de 1990, los sectores **ETS deberán reducir las emisiones en un 43% (respecto a 2005)** y los sectores **ASD (no ETS) deberán reducir las emisiones en un 30% (en comparación con 2005)**.

Como parte del Acuerdo Verde Europeo, la Comisión tiene como objetivo ajustar el objetivo de la Unión a un rango entre 50% y el 55%. Se realizará una consulta pública a las partes interesadas sobre la acción sectorial y el diseño de políticas y. las contribuciones, se incorporarán al plan de la Comisión para revisión del objetivo de reducción de emisiones de la UE para 2030.

La UE viene adoptando, dentro de un proceso de **gobernanza transparente** basado en principios de mejor regulación, **normas** integradas de **supervisión** y presentación de informes que garantan el seguimiento de los progresos hacia los objetivos climáticos y energéticos y de sus

compromisos internacionales adquiridos en el marco del Acuerdo de París. El proceso de gobernanza implica consultas a los ciudadanos y a las partes interesadas. A su vez, los Estados miembros deben desarrollar estrategias nacionales a largo plazo y garantizar la coherencia entre estas estrategias y sus planes nacionales integrados de energía y clima (PNIEC). En diciembre de 2018 entró en vigor el Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y el Consejo sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima que tiene como objeto asegurar que la Estrategia de la Unión de la Energía se implemente de manera coordinada y coherente en cinco dimensiones (seguridad energética, mercado interior de la energía, eficiencia energética, descarbonización y investigación, innovación y competitividad). Se destaca del Reglamento medidas relevantes de planificación, implementación y seguimiento con vista a la consecución de las políticas de descarbonización de la economía:

- Requiere que los países miembros de la UE presentasen un **plan nacional integrado de energía y clima** para el período de 2021 a 2030, hasta enero de 2019 y luego cada diez años durante los períodos sucesivos de diez años;
- Establece un **proceso de consulta** entre la Comisión Europea y los países de la UE, y la cooperación regional entre los países de la UE antes de la finalización de los planes y luego cada diez años durante los períodos sucesivos de diez años. Para el período hasta 2030, los planes deben de actualizarse a más tardar el 30 de junio de 2024;
- Exige que los países de la UE preparen e informen a la Comisión **estrategias de reducción de emisiones a largo plazo** con una **perspectiva de cincuenta años**, para contribuir con los objetivos de desarrollo sostenible más amplios y con el objetivo a largo plazo establecido por el Acuerdo de París;
- Exige que los países de la UE presenten **informes de progreso bienales** relativos a la implementación de los planes a partir de 2021 en las cinco dimensiones de la Unión de la Energía, para supervisar el progreso;
- Exige que la Comisión **controle y evalúe el progreso de los países de la UE** en lo relativo a las metas, los objetivos y las contribuciones establecidos en sus planes nacionales;
- Establece los requisitos de los **sistemas de inventarios nacionales y de la UE** para las emisiones de gas de efecto invernadero, políticas, medidas y proyecciones.

A largo plazo los objetivos previstos y los **beneficios** económicos y políticos resultantes de las medidas propuestas están plasmados en la **comunicación (COM (2018) 773) - Un planeta limpio para todos: una visión estratégica europea a largo plazo para una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra**, una hoja de ruta hacia una economía

hipocarbónica en 2050 que pretende dotar la UE de una economía circular baja en carbono y a crear un sistema energético único e interconectado. El enfoque conjunto y la certeza reglamentaria facilitarían la coordinación de los esfuerzos de los países de la Unión, reducirían la dependencia energética, garantizarían la seguridad del suministro de energía, traerían beneficios ambientales y para la salud y aumentarían la confianza de los inversores.

La estrategia no establece objetivos ni propone nuevas iniciativas. Describe una visión de las transformaciones económicas y sociales requeridas, involucrando a todos los sectores de la economía y la sociedad, para lograr la transición a una economía climáticamente neutral. En simultáneo pretende una transición socialmente justa, mejorando la competitividad de la economía y de la industria de la UE en los mercados mundiales, asegurando empleos de calidad y crecimiento sostenible en Europa. La estrategia a largo plazo abre un debate exhaustivo sobre cómo la UE debe prepararse para el horizonte 2050, factible desde una perspectiva tecnológica, económica y social, pero que requiere profundas transformaciones sociales y económicas dentro de una generación.

Siete vertientes de esta hoja de ruta que pasan por: una **Electrificación** a gran escala del sistema de energía junto con el despliegue de energías renovables **que descarbonizará el suministro de energía** y reduciría significativamente de dependencia de suministro; **la descarbonización del sector del transporte** utilizando medios alternativos de transporte, conducción conectada y automatizada combinada con el despliegue de vehículos eléctricos y uso mejorado de combustibles alternativos; cosechando los beneficios del primer motor de una **industria modernizada en el centro de una economía circular competitiva**; desarrollo de una **red inteligente de infraestructuras e interconexiones**; cosechar los beneficios de la **bioeconomía creando sumideros de carbono naturales** desarrollando el uso sostenible de la tierra y agricultura; **compensación de las emisiones residuales de GEI** con captura y almacenamiento de carbono creando el novedoso concepto de emisiones negativas.

La Comisión sometió, en octubre de 2018, a consulta pública a nivel de la UE solicitando una reflexión por parte de las instituciones de la UE, de los parlamentos nacionales, del sector empresarial, organizaciones no gubernamentales, ciudades, comunidades y ciudadanos de toda Europa que ha sido respaldada por un conjunto consistente de críticas, ideas y propuestas posteriormente incorporadas en su estrategia.

En línea con la actuación enmarcada por el Acuerdo Verde Europeo (Green Deal), la Comisión propuso, el marzo de 2020, la primera **Ley del Clima europea**, consagrando el objetivo de neutralidad climática para 2050 y en seguida, la UE presentó su estrategia a largo plazo a la CMNUCC.

### 3. UNA ESTRATEGIA EUROPEA PARA EL TRANSPORTE

El **transporte** como el principal responsable de la contaminación del aire en las ciudades y representando una cuarta parte de las emisiones de GEI de Europa no ha registrado, contrariamente a los restantes sectores emisiones de GEI, la misma disminución gradual de las emisiones que otros sectores; las emisiones solo comenzaron a disminuir en 2007 y siguen siendo más altas que en 1990.

Ya está en marcha el cambio hacia una economía circular baja en carbono. **La estrategia de movilidad de bajas emisiones** de la Comisión, adoptada en julio de 2016, pretende responder a las crecientes necesidades de movilidad de personas y bienes. La estrategia de Europa al desafío de reducción de emisiones en el sector del transporte pasa por un cambio irreversible hacia la movilidad de bajas emisiones.

El objetivo es reducir hasta 2050 las emisiones de GEI del transporte en al menos un 60%, respecto a 1990, y encaminarlas firmemente hacia cero en finales del siglo mientras que deben de reducirse drásticamente las emisiones de contaminantes del aire del transporte que dañan la salud humana. Los beneficios visibles serán, además de la reducción del GEI en la lucha contra el calentamiento de la tierra, mejoras en la calidad del aire, reducciones en los niveles de ruido, menores niveles de congestión y una mayor seguridad. Los consumidores se beneficiarán de vehículos de menor consumo energético y más seguros, de una mejor infraestructura para combustibles alternativos, mejores enlaces entre los modos de transporte y una mayor eficiencia promovida por el despliegue de las tecnologías digitales.

La estrategia de movilidad de bajas emisiones integra un conjunto amplio de medidas, mapea las áreas en las que está explorando opciones y enmarca las iniciativas que la Comisión está planeando para los próximos años. También muestra cómo se vinculan las iniciativas en campos relacionados y cómo se pueden lograr sinergias. Identifica prioridades clave proporcionando **claridad** en futuras decisiones de **inversión** de los **sectores industriales de automoción y de servicios de transporte**. La transición hacia vehículos con bajas y cero emisiones se acelerará, la **eficiencia del combustible** de camiones y autocares deberá intensificarse. Deben de eliminarse las barreras a los servicios innovadores de movilidad. **El sector energético y los proveedores de combustible** podrán planificar inversiones en energía avanzada para el transporte, como los biocombustibles avanzados. **El transporte como un empleador importante** será beneficiario de una nueva **Agenda de Habilidades para Europa** donde los trabajadores recibirán ayudas para

adquirir las habilidades necesarias para acompañamiento de la transición tecnológica hacia la movilidad de bajas emisiones.

La Comisión Europea identifica **tres áreas prioritarias de acción** para los transportes:

- **Aumentar la eficiencia del sistema de transporte** optimizando las tecnologías digitales, tarificación inteligente orientando la demanda al cambio a modos de transporte menos contaminantes.
- **Acelerar la introducción de energías alternativas de bajas emisiones para el transporte**, como electricidad, hidrógeno, biocombustibles avanzados, y combustibles sintéticos renovables y **eliminar los obstáculos a la electrificación** del transporte.
- **Avanzar hacia vehículos con bajas y cero emisiones**, asumiendo una fase de transición donde se necesitarán de mejoras en el motor de combustión interna.

Parte importante de **la implementación de esta estrategia** estaría **a cargo de las ciudades** (donde se produce un tercio de las emisiones del transporte) **y de las autoridades locales** que están ya lanzando incentivos para las energías y vehículos alternativos de bajas emisiones, fomentando el transporte público y los esquemas de bicicletas y vehículos compartidos para reducir la congestión y la contaminación. Esta estrategia proporciona una caja de herramientas para los encargados de formular políticas en los **Estados miembros, a nivel regional y local**, para diseñar sus estrategias de movilidad con bajas emisiones cerca de donde se sienten más los problemas.

Las tecnologías digitales, especialmente los Sistemas Cooperativos de Transporte Inteligente (C-ITS), tienen un enorme potencial como herramientas para la mejora de la seguridad vial, así como la eficiencia y competitividad del transporte. La Comisión está preparando un plan para estimular el uso de tales tecnologías, en particular los enlaces de comunicación entre vehículos.

## 4. LOS LOGROS OBTENIDOS EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las actuaciones de **la UE** y de sus Estados han **disociado** claramente **las emisiones del crecimiento económico**. En el periodo 1990-2017 el PIB de la UE se incrementa hasta 58%, en contraste con las emisiones de GEI que caen un 22%. Todo indica que la UE, en su conjunto, se posiciona por debajo de los límites de emisión agregados establecidos hasta finales de 2020, pese al posible incumplimiento de Alemania, Austria, Irlanda y Malta con emisiones superiores a los límites asignados por la Decisión de Reparto de Esfuerzos para este período 2013-2020 (estos países deberán valerse de algún de los mecanismos de flexibilidad, por ejemplo, transferencias de asignaciones de emisiones de otros Estados miembros para cumplir con sus obligaciones legales).

La Unión Europea se **supera a su objetivo de reducción de emisiones de GEI (20%)** y se mantendrá, en el período 2013-2020, por debajo de los límites de emisión agregados establecidos en la “Decisión de esfuerzo compartido”. A su vez ha sentado la base legislativa de soporte mientras los Estados miembros están presentando sus planes sobre esa base para alcanzar sus objetivos climáticos y energéticos para 2030.

En 2018, la UE ha logrado la reducción de emisiones de GEI del 23,2%, estando al alcance el objetivo de la UE para 2020 (20% debajo de los niveles de 1990) siendo los sectores ETS los que registraron el descenso más destacado, en particular el subsector de las centrales eléctricas. Sigue pendiente de resolución de las emisiones de aviación internacional de los países europeos que aumentó un 19% en el período 2013-2018 (los vuelos dentro del Espacio Económico Europeo - EEE están integrados en ETS de la EU).

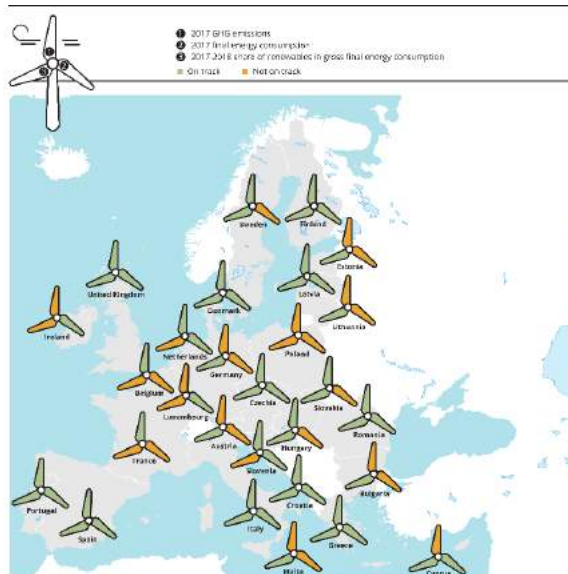


Figura 5. Progreso en los objetivos energéticos y climáticos orientados hacia 2020 de los estados miembros de la UE.

Fuente: EEA - "Trends and projections in Europe 2019".

Member state	Greenhouse gas emissions			Renewable energy		Energy efficiency		
	Gap to ESD emission target (2017)	Gap to ESD emission target (2018)	Gap to 2020 ESD target (WEM)	Gap to 2020 ESD target (WEM)	Gap to 2017 20% of RED trajectory (2017 RES share)	Gap to 2018 20% of RED trajectory (2018 RES share)	Gap to 2018 indicative linear (2018)	
	Percentage points (share of 2005 base-year emissions)			Percentage points (share of renewable energy in gross final energy consumption)		Percentage points (share of 2005 final energy consumption)		
Austria	-1.8	-3.0	-6.4	-25.2	7.9	7.5	-15.2	-8.8
Belgium	2.1	-0.4	-4.5	-21.7	-0.2	0.1	-7.5	-6.4
Bulgaria	2.8	3.0	5.0	8.1	3.0	5.0	8.4	-11.0
Cyprus	1.6	0.2	-5.2	1.2	5.0	18.3	1.2	2.0
Czechia	-2.8	-1.5	-8.9	-24.8	0.4	0.5	3.8	7.5
Costa Rica	-1.6	2.0	0.5	-7.5	-4.2	-4.3	0.1	1.1
Denmark	5.4	3.6	0.5	19.4	19.3	11.0	13.2	10.2
Estonia	3.1	6.5	1.8	24.8	6.2	5.5	13.9	1.7
Finland	1.3	-1.2	-1.2	-15.5	6.5	7.1	4.1	4.8
France	-1.4	2.2	-0.7	-13.5	-3.3	-1.7	-2.1	-1.3
Germany	3.2	3.4	5.4	19.4	1.7	2.4	8.9	2.8
Greece	21.9	23.1	21.8	4.1	2.6	2.9	13.5	5.1
Hungary	14.4	15.0	30.3	-1.0	2.4	3.7	-12.5	-21.2
Ireland	6.3	11.8	-4.2	23.5	-0.8	-0.2	7.8	2.2
Italy	0.4	0.1	6.8	3.1	5.4	4.7	0.4	6.2
Latvia	5.1	6.4	0.4	-2.0	1.6	2.8	3.0	6.5
Lithuania	-0.1	2.2	8.8	-17.9	3.6	6.1	-21.2	-28.2
Luxembourg	-3.1	-3.2	5.2	25.3	-1.1	1.7	2.3	-0.8
Malta	33.8	29.8	26.5	6.7	9.2	1.0	26.2	6.8
Member states	3.2	7.8	0.4	-1.6	-3.3	-3.0	4.1	4.3
Poland	-6.1	-5.0	-0.2	-23.9	-1.1	-1.3	-3.3	-4.2
Portugal	15.8	15.2	24.2	20.2	0.8	0.6	5.1	6.2
Romania	11.5	10.5	-2.6	12.6	2.6	1.8	24.3	24.0
Slovakia	16.5	14.0	-5.2	-5.4	0.0	0.2	-15.0	-18.2
Slovenia	11.2	10.0	13.3	-1.2	-0.3	0.0	4.5	4.1
Spain	7.3	3.8	4.1	3.2	1.2	1.2	0.2	2.3
Sweden	12.1	10.4	4.4	3.1	8.2	1.2	0.1	35.4
United Kingdom	6.8	6.2	10.2	-0.9	0.0	0.9	0.4	-1.8

Tabla 2. Progreso en los objetivos energéticos y climáticos orientados hacia 2020 de los estados miembros de la UE.

Fuente: EEA - "Trends and projections in Europe 2019".

Gap to 2030 Effort Sharing target with existing measures (in percentage points of ESD 2005 base-year emissions)

■ On track  
■ Not on track



Figura 6. Progresos de los estados miembros de la UE orientados hacia 2030.

Fuente: AEA.

Sin embargo, las políticas y medidas actuales de los Estados miembros apenas podrían lograr un 30% de reducción de las emisiones de GEI y añadiendo las anunciadas políticas y medidas adicionales se podría alcanzar una reducción del 36% para 2030. Los esfuerzos conjuntos de los Estados miembros de la UE todavía no se alinean con los objetivos de emisiones GEI para 2030 (40% de reducción).

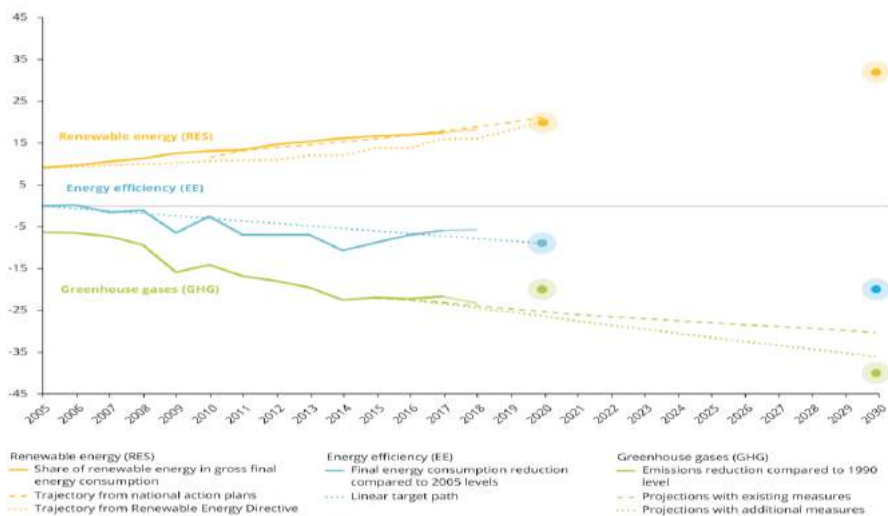


Figura 7. Evolución de los progresos en los objetivos energéticos y climáticos de la UE orientados hacia el 2030<sup>1</sup>.

Fuente: UE.

A España le correspondían unos objetivos con las mismas cifras porcentuales que las de Europa y se encamina a cumplir con relativa holgura sus objetivos hasta el final de 2020.

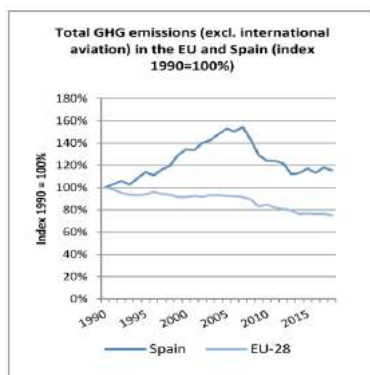


Figura 8. Emisiones totales de GEI en España (excluida la aviación internacional) 1990-2018. Índice 1990=100.

Fuente: Country fact sheet: Spain - Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2017 (EEA greenhouse gas data viewer). Member States national projections, reviewed by the European Environment Agency.

<sup>1</sup> Las proyecciones se presentan en el escenario “con medidas existentes”, que refleja las políticas y medidas actualmente adoptadas, y el escenario “con medidas adicionales”, que refleja las políticas y medidas nacionales planificadas.

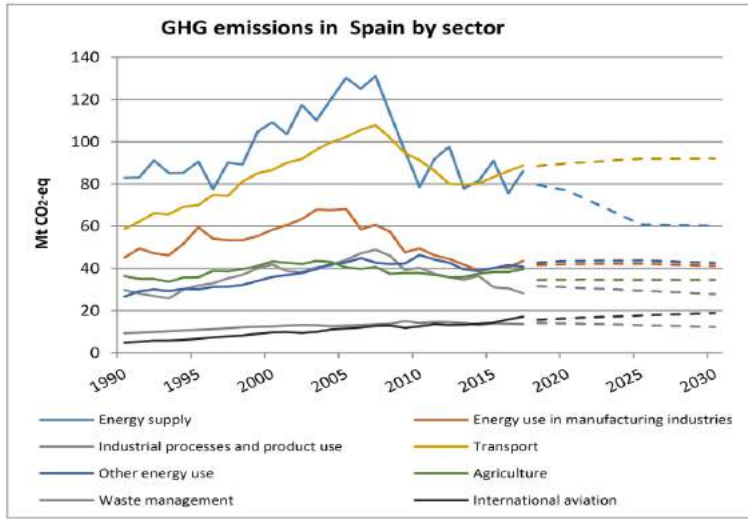


Figura 9. Evolución de las emisiones de GEI por sector 1990-2017 y proyecciones 2018-2030 (Mt CO<sub>2</sub> eq).

Fuente: Country fact sheet: Spain - Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2017 (EEA greenhouse gas data viewer). Member States national projections, reviewed by the European Environment Agency.

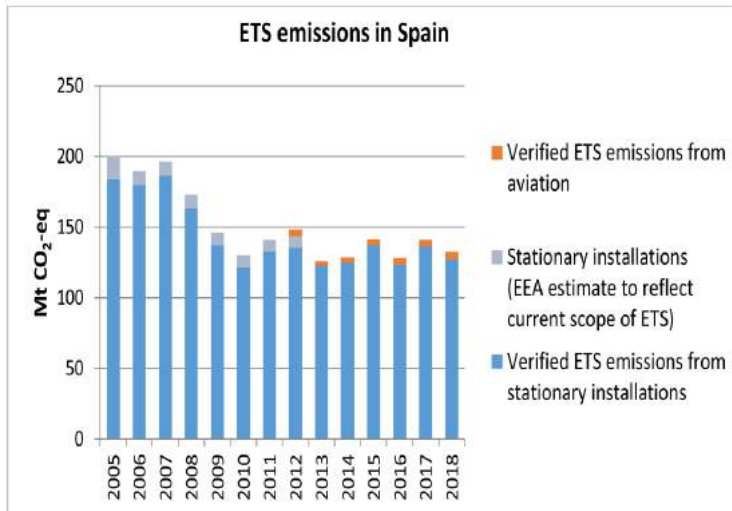


Figura 10. Emisiones STS 2005-2018 (Mt CO<sub>2</sub>-eq).

Fuente: Country fact sheet: Spain - Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2017 (EEA greenhouse gas data viewer). Member States national projections, reviewed by the European Environment Agency.

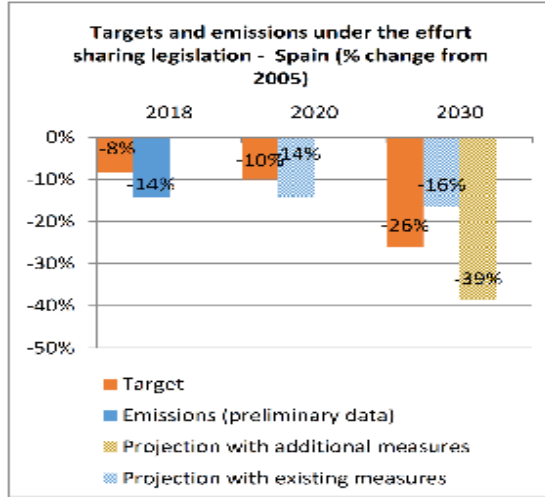


Figura 11. Emisiones y objetivos ESD ("reparto de esfuerzos") 2018, 2020, 2030 (% con relación a 2005).

Fuente: Country fact sheet: Spain - Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2017 (EEA greenhouse gas data viewer). Member States national projections, reviewed by the European Environment Agency.

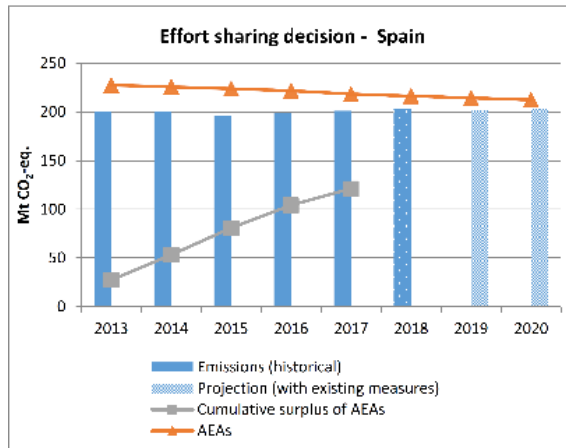


Figura 12. Emisiones, asignaciones de emisiones anuales (AEA) y superávit acumulado de EAE bajo la decisión de esfuerzo compartido 2013-2020 (Mt CO<sub>2</sub>-eq.).

Fuente: Country fact sheet: Spain - Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2017 (EEA greenhouse gas data viewer). Member States national projections, reviewed by the European Environment Agency.



