



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER
EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EL
LARGO PLAZO

Autor: Elena María Puente Aranda
Director: Juan Felipe López Hernández

Madrid
Julio de 2019

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. ELENA MARIA PUENTE ARANDA
DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EL LARGO PLAZO, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6°. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a ... 18..... deJulio..... de ...2019....

ACEPTA



Fdo.....Elena María Puente Aranda

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

I, hereby, declare that I am the only author of the project report with title:
EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EL LARGO PLAZO
which has been submitted to ICAI School of Engineering of Comillas Pontifical
University in the academic year 2018/19. This project is original, has not been
submitted before for any other purpose and has not been copied from any other
source either fully or partially. All information sources used have been rightly
acknowledged.



Fdo.: Elena María Puente Aranda

Date: 18/07/2019

I authorize the submission of this project

PROJECT SUPERVISOR



Fdo.: Juan Felipe López Hernández

Date: 18/07/2019

AGRADECIMIENTOS

Con este Trabajo Fin de Máster culmina la que hasta ahora ha sido la etapa más bonita de mi vida, mi etapa académica, y por ello, me gustaría dedicar este apartado a dar las gracias a todos los que me han acompañado en este camino:

En primer lugar, a mis padres Roberto y África, por todas las oportunidades que me han brindado a lo largo de mi vida, por apoyarme en los malos momentos, pero, sobre todo, por concederme una educación que me ha formado como persona y me ha inculcado unos maravillosos valores.

A mi tutor, Juan Felipe, quien ha confiado en mí y me ha dado la posibilidad de realizar este TFM durante mis prácticas en Endesa. No sólo por haberme guiado en la consecución de este proyecto, si no por haberme brindado la oportunidad de trabajar en su equipo.

A mi hermano Roberto, porque siempre ha estado ahí, ayudándome y orientándome en todos los ámbitos. Soy una afortunada de tener un hermano en el que apoyarme no solo en lo personal, sino también en lo profesional.

A mis abuelos y familiares, en especial a mi abuela África, por haberme dado todo su amor y cariño desde que nací. Ojalá sea capaz de transmitir a mis nietos la mitad de cariño que me has dado tú a mí. Te adoro.

A mis amigos de la residencia de Leganés, porque aunque estos dos años nos hayamos distanciado, y no haya tenido mucho tiempo de dedicarles el tiempo que se merecen, han seguido ahí. Gracias por haber confiado siempre en mí.

A mis amigas de Toledo, porque en la distancia, me han enseñado lo que es la verdadera amistad.

A mis amigos de ICAI, con los que he pasado dos años de los mejores años de mi vida, a pesar de haber estado sábados y domingos en la biblioteca estudiando. Gracias por haberme acompañado en la consecución de este proyecto y haberme animado a seguir adelante en los peores momentos.

Por último, y no menos importante, a José María, por cuidarme y ayudarme durante estos años.

A todos, muchísimas gracias.

EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EL LARGO PLAZO

Autor: Puente Aranda, Elena María.

Director: López Hernández, Juan Felipe

Entidad colaboradora: Endesa.

RESUMEN DEL PROYECTO

El cambio climático es una de las grandes preocupaciones hoy en día. La comunidad científica ha establecido el límite máximo de emisiones acumuladas en un billón de toneladas de carbono para evitar un calentamiento global que tendría graves efectos, al ritmo actual este límite podría alcanzarse en el año 2045. Europa tiene el objetivo de reducir sus emisiones entre un 80 y un 95% a 2050, lo que supondrá para España una reducción drástica de sus emisiones de efecto invernadero, estando evidentemente ante una nueva transición energética.

Por tanto, en un mundo cada vez más consciente por las emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo final de energía y el ahorro energético se han convertido en uno de los pilares fundamentales para el desarrollo industrial, social y tecnológico.

Con esta situación como contexto, la planificación juega un papel clave para comprender como deben de evolucionar las cuantías mínimas de ahorro energético establecidas en los periodos de tiempo acotados. Así, debido a la relevancia de conocer con certeza el consumo energético sectorial durante los próximos años, este Trabajo Fin de Máster pretende realizar una predicción de la demanda de los cinco vectores energéticos (carbón, gas natural, energía renovable, electricidad y productos petrolíferos) en España para el horizonte 2020-2030. Es objetivo fundamental del presente proyecto el conocer tanto la magnitud de variación del consumo final de cada vector energético como las causas de esas variaciones.

Ha habido varias transiciones energéticas en la historia de la humanidad y todas ellas coinciden en haber sido rupturistas y en haber incorporado nuevos modos de consumir energía (de la biomasa al carbón, del carbón al petróleo y del petróleo a la electrificación). Además, siempre han contado con dos fuerzas impulsoras y una fuerza moderadora; las impulsoras han sido el cambio tecnológico por un lado, y el mercado por el otro, mientras que la moderadora ha sido la regulación. Es precisamente la regulación el instrumento utilizado para concretar las políticas energéticas que recoge una batería de normativas o directivas. Por ello, ante esta nueva transición energética, una de las primeras fases del proyecto ha sido el análisis del marco regulatorio que lo engloba con el fin de entender la repercusión que ésta puede tener sobre los consumos de energía final.

El análisis de la demanda a largo plazo del sistema energético español tendría como horizonte temporal el periodo 2020-2030; mientras que el alcance se podría definir como

una matriz en la que por un lado están los cinco vectores de energía final, y por otro lado, los cuatro sectores económicos más demandantes de energía (transporte, residencial, comercial e industrial). Al tratarse de un modelo a largo plazo, se han considerado variables socioeconómicas, de población y de eficiencia energética. Así por ejemplo, mientras que el submodelo que define el comportamiento del sector residencial estaría más condicionado por factores como la eficiencia energética y la evolución de la población, el submodelos del sector industrial y comercial estarían más condicionados por variables macroeconómicas como el nivel de empleo y el crecimiento económico esperado en los diferentes subsectores.

La metodología empleada para la construcción de la previsión de los submodelos del sector residencial, sector comercio y sector transporte comprende fundamentalmente cuatro fases: la obtención de datos, la compilación de los mismos, el análisis de tendencias y factores disruptivos que podrían tener lugar durante los próximos años y que podrían condicionar las cifras de consumo final a largo plazo, y finalmente, la construcción de distintos escenarios.

La primera fase se ha abordado mediante el estudio de la evolución de la demanda energética histórica de cada uno de los vectores energéticos, analizando e identificando las principales fuentes de consumo en cada uno de los sectores económicos (calefacción en el sector residencial, por ejemplo). Una vez identificados los principales consumidores de cada vector energético, se ha realizado un análisis *bottom-up* de las fuentes de consumo, buscando e identificando variables que permitan determinar las cifras de consumo final obtenidas durante los últimos años. En línea con el ejemplo puesto previamente, las variables que ayudarían a determinar el consumo de calefacción histórico serían los consumos unitarios de los hogares según la fuente de energía final que empleen, la flota de calderas existente en España, y otros. Una vez identificadas estas variables, procedentes de fuentes oficiales, se ha tratado de explicar los valores de consumo registrados durante los últimos años, utilizando el horizonte 2010-2016 para simular un modelo de mercado, reflejando como debe de ser la evolución natural de la renovación de los equipos, y qué impacto han tenido otras variables sobre los consumos finales.

Con el modelo ajustado y establecidas las interrelaciones entre las distintas variables que participan en cada uno de los cuatro bloques, correspondiente a cada uno de los sectores económicos, la tercera fase correspondería a la identificación de tendencias y factores disruptivos que podrían condicionar la matriz de consumo energético a futuro. Por ejemplo, en el caso de las calderas, la renovación de la flota por equipos más eficientes, implicaría una caída en el consumo, mientras que la penetración del vehículo eléctrico en el sector transporte conllevaría un aumento de la participación de la electricidad en este sector a costa de una reducción de los productos petrolíferos. Una vez identificadas las tendencias, se han introducido en el modelo a través de *drivers* o hipótesis que condicionan los valores actuales de las variables.

Finalmente, la última fase consiste en la construcción de escenarios de evolución del sistema energético español para el horizonte 2020-2030. Considerando la dificultad de establecer pronósticos confiables de variables macroeconómicas o relacionadas con tendencias disruptivas a largo plazo, los modelos de previsión generalmente presentan diferentes escenarios realistas presentando diferentes evoluciones de las variables, con el objetivo de ver el impacto que distintos niveles de variación podrían tener sobre los resultados finales. El uso y modificación de escenarios permite además entender el comportamiento de la demanda, considerando posibles cambios en las variables. Así, en este proyecto, se han sometido a análisis tres escenarios.

El primer escenario, el escenario continuista, considera que el panorama en materia de política energética evoluciona de forma lineal de acuerdo a los últimos años, sin registrar grandes logros de ahorro energético; el segundo escenario, hace referencia a una situación en la que se han conseguido grandes avances tecnológicos, reduciendo considerablemente los consumos energéticos de todos los sectores debido a la mejoras de los equipos y vehículos, y medidas de eficiencia energética como un uso más intensivo del vehículo privado. El tercer escenario, por su parte, conlleva la electrificación de algunos sectores como el transporte y el residencial. Para los tres escenarios, se asume que España experimenta el mismo crecimiento demográfico y económico. Finalmente, cabe destacar que los escenarios pretenden ser coherentes entre ellos, pudiéndose comparar unos con otros tanto de forma global como en aspectos puntuales.

PALABRAS CLAVE

Escenarios Energéticos, 2020, 2030. Planificación energética. Prospectiva Energética. Demanda de energía, primaria y final. Intensidad Energética. Petróleo. Energías Renovables. Carbón. Transporte. Edificación.

FORECASTING OF ENERGY DEMAND IN THE LONG-TERM

Author: Puente Aranda, Elena María.

Supervisor: López Hernández, Juan Felipe.

Collaborating Institution: Endesa.

ABSTRACT

Climate change is one of the great concerns in the present. The scientific community has established the maximum limit of accumulated emissions in a billion tons of carbon dioxide to avoid a global warming that would have serious effects, at the current rate this limit could be reached in the year 2045. Europe has the objective of reducing its emissions between an 80 and 95% by 2050, which will mean for Spain a drastic reduction in its greenhouse gas emissions, evidently facing a new energy transition.

Therefore, in a world increasingly aware of greenhouse gas emissions, final energy consumption and energy savings have become one of the fundamental pillars for industrial, social and technological development.

With this situation as a context, planning plays a key role in understanding how the minimum amounts established in the limited time periods should evolve. Thus, due to the relevance of knowing with certainty the sectoral energy consumption during the coming years, this master project aims to make a prediction of the demand of the five energy vectors (coal, natural gas, renewable energy, electricity and petroleum products) of the Spanish system for the horizon 2020-2030. The fundamental objective of this project is to know both the magnitude of variation of the final consumption of each energy vector and the causes of these variations.

There have been several energetic transitions in the history of humanity and all of them have had breakthroughs and have incorporated new ways of consuming energy (from biomass to coal, from coal to oil and from petroleum to electrification). In addition, they have always had two driving forces and a moderating force; the drivers have been technological change on the one hand, and the market on the other, while the moderator has been regulation. Regulation is precisely the instrument used to specify energy policies that includes a battery of regulations or directives. Therefore, before this new energy transition, one of the first phases of the project has been the analysis of the regulatory framework that encompasses it in order to understand the repercussion that this can have on the final energy consumption.

The analysis of the long-term demand of the Spanish energy system has for time horizon the period 2020-2030; while the scope can be defined as a matrix in which the columns are the five final energy vectors, and the rows, the four economic sectors that have the highest energy demand (transport, residential, commercial and industrial). Being a long-term model, socioeconomic, population and energy efficiency variables have been considered. For example, while the model that defines the behavior of the residential

sector would be more conditioned by factors such as energy efficiency and population evolution, the models of the industrial and commercial sector would be more conditioned by macroeconomic variables such as the level of employment, the expected economic growth and the Gross Value Added.

The methodology used for the construction of the residential sector model, the commerce sector and the transport sector basically comprises four phases: the collection of data, the compilation of data, the analysis of disruptive factors that could take place during the next years and that could condition the long-term final consumption figures, and finally, the construction of different scenarios.

The first phase has been addressed by studying the evolution of the historical energy demand of each of the energy vectors during the last years, analyzing and identifying the main sources of consumption in each of the economic sectors (e.g. heating in the residential sector). Once the main consumers of each energy vector have been identified, a bottom-up analysis of the sources of consumption has been carried out, searching and identifying variables that allow determining the final consumption figures obtained during the past years. In line with the previous example, the variables that would help determine the historical heating consumption would be the unit consumption of boilers according to the final energy source they use, the existing boiler fleet in Spain, and others. Once these variables have been identified, from official sources, an attempt has been made to explain the consumption values recorded during the last years, using the 2010-2016 horizon to simulate a market model, reflecting how the natural evolution of the renovation should be of equipment, and what impact other variables have had on final consumption.

Once the model has been adjusted and the interrelations between the different variables that participate in each of the four blocks of the model have been established, the second phase would correspond to the identification of trends and disruptive factors that could condition the matrix of future energy consumption. For example, in the case of boilers, the renewal of the fleet by more efficient equipment would imply a fall in consumption, while the penetration of the electric vehicle in the transport sector would lead to an increase in the share of electricity in this sector at the cost of a reduction in petroleum products. Once the trends have been identified, they have been introduced in the model through drivers or hypotheses, which condition the current values of the variables.

Finally, the last phase consists of the construction of evolution scenarios of the Spanish energy system for the 2020-2030 horizon. Considering the difficulty of establishing reliable forecasts of macroeconomic variables or related to long-term disruptive trends, the forecast models generally present several realistic scenarios presenting different evolutions of the variables, in order to see the impact that different levels of variation could have on the final results. The use and modification of scenarios also allows understanding the behavior of the demand, considering possible changes in the variables. Thus, in this project, three scenarios have been analyzed.

The first scenario, the continuation scenario, considers that the landscape in terms of energy policy evolves in a linear fashion according to the last years, without recording great achievements of energy saving; The second scenario refers to a situation in which great technological advances have been achieved, considerably reducing the energy consumption of all sectors due to improvements in equipment and vehicles and energy efficiency measures such as a more intensive use of private vehicles. . The third scenario, on the other hand, involves the electrification of some sectors such as transport and residential. For the three scenarios, it is assumed that Spain experiences the same demographic and economic growth. Finally, it should be noted that the scenarios aim to be coherent with each other, being able to compare each other both globally and in specific aspects.

KEY WORDS

Scenarios. 2020. 2030. Energy forecasting. Final energy consumption. Fuel. Renewable Energy. Coal. Transport. Electrification. Edification.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN	1
1.1.1 CONTEXTO: LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EUROPEA	1
1.1.2 ESTADO DEL ARTE	1
1.1.3 MOTIVACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER.....	3
1.3 MARCO SOCIO-ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL.....	4
1.4 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL TFM.....	5
1.5 MEDIOS EMPLEADOS.....	5
CAPÍTULO 2. CONSIDERACIONES BÁSICAS DEL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL.....	6
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ENERGÉTICA ESPAÑOLA.....	6
2.1.1 ENERGÍA PRIMARIA.....	6
2.1.2 ENERGIA FINAL.....	7
2.2.2 PRINCIPALES SECTORES ECONÓMICOS DE CONSUMO	10
CAPÍTULO 3. MARCO REGULATORIO. ESTRATEGIAS, POLÍTICAS Y NORMATIVA ESPAÑOLA.....	12
3.1 UNIÓN EUROPEA.....	12
3.1.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA	12
3.1.2 ENERGÍAS RENOVABLES.....	16
3.2 ESPAÑA.....	17
3.2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA	17
3.2.2 ENERGÍAS RENOVABLES.....	18
3.2.3 PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2021-2030	19
CAPÍTULO 4. SECTOR RESIDENCIAL.....	21
4.1 INTRODUCCIÓN	21
4.1.1 DESCRIPCIÓN.....	21
4.1.2 FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO	21
4.1.3 DESARROLLO HISTÓRICO	21
4.1.4 METODOLOGÍA.....	22
4.2 PRODUCTOS PETROLÍFEROS.....	23
4.2.1 INTRODUCCIÓN.....	23
4.2.2 RECOGIDA Y COMPILACION DE DATOS REALES	23

4.3 GAS NATURAL.....	27
4.3.1 INTRODUCCIÓN.....	27
4.3.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES	27
4.4 ENERGÍAS RENOVABLES.....	27
4.4.1 INTRODUCCIÓN.....	32
4.4.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES	32
4.5 SIMULACIÓN DE EVOLUCIÓN DE LA FLOTA. MODELO DE MERCADO.....	34
4.6 TENDENCIAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....	35
CAPÍTULO 5. SECTOR TRANSPORTE	37
5.1 INTRODUCCIÓN.....	37
5.1.1 DEFINICIÓN.....	37
5.1.2 FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO	37
5.1.3 DESARROLLO HISTÓRICO	37
5.1.4 METODOLOGÍA.....	38
5.2 PRODUCTOS PETROLÍFEROS.....	39
5.2.1 INTRODUCCIÓN.....	39
5.2.2 RECOGIDA Y COMPILACION DE DATOS REALES	39
5.3 GAS NATURAL.....	52
5.3.1 INTRODUCCIÓN.....	52
5.3.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES	53
5.4 SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SECTOR: MODELO DE MERCADO	57
5.5 TENDENCIAS EN EL SECTOR TRANSPORTE.....	59
5.5.1 GAS NATURAL COMO VECTOR ENERGÉTICO	59
5.5.2 VEHÍCULO COMPARTIDO, CONECTADO Y COLABORATIVO	59
5.5.3 VEHÍCULO AUTÓNOMO	61
5.5.4 CAMBIO DE HÁBITOS	61
5.5.5 VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	62
5.6 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO.....	63
CAPÍTULO 6. SECTOR COMERCIO, SERVICIOS Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS.....	64
6.1 INTRODUCCIÓN.....	64
6.1.1 DEFINICIÓN.....	64
6.1.2 FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO	64
6.1.3 DESARROLLO HISTÓRICO	65

6.1.4 METODOLOGÍA.....	65
6.2 PRODUCTOS PETROLÍFEROS	66
6.2.1 INTRODUCCIÓN	66
6.2.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES	66
6.3 GAS NATURAL	68
6.3.1 INTRODUCCIÓN	68
6.3.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES	68
6.4 SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SECTOR	69
CAPÍTULO 7. SECTOR INDUSTRIA.....	70
7.1 INTRODUCCIÓN	70
7.1.1 DESCRIPCIÓN	70
7.1.2 FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO	70
7.1.3 METODOLOGÍA.....	71
7.1.4 VARIABLES MACROECONÓMICAS	72
7.3 METALES BÁSICOS.....	74
7.3.1 DESCRIPCIÓN	74
7.3.2 USOS ENERGÉTICOS	74
7.3.3 DESARROLLO HISTÓRICO	75
7.3.4 <i>Benchmarking</i> Intensidad Energética	76
7.4 ALIMENTACIÓN, BEBIDAS Y TABACO	76
7.4.1 DESCRIPCIÓN	76
7.4.2 USOS ENERGÉTICOS	77
7.4.3 DESARROLLO HISTÓRICO	78
7.4.4 <i>Benchmarking</i> Intensidad Energética	76
7.5 QUÍMICA.....	79
7.5.1 DESCRIPCIÓN	79
7.5.2 USOS ENERGÉTICOS	79
7.5.3 DESARROLLO HISTÓRICO	80
7.5.4 <i>BENCHMARKING</i> DE INTENSIDAD ENERGÉTICA.....	81
7.6 MINERALES NO METÁLICOS	81
7.6.1 DESCRIPCIÓN	81
7.6.2 USOS ENERGÉTICOS	82
7.6.3 DESARROLLO HISTÓRICO	82
7.6.4 <i>BENCHMARKING</i> DE INTENSIDAD ENERGÉTICA.....	81

7.7 PASTA, PAPEL Y ARTES GRÁFICAS	84
7.7.1 DESCRIPCIÓN.....	84
7.7.2 USOS ENERGÉTICOS	84
7.7.3 DESARROLLO HISTÓRICO	84
7.7.4. <i>BENCHMARKING</i> DE INTENSIDAD ENERGÉTICA.....	85
7.8 TRANSFORMADOS METÁLICOS.....	86
7.8.1 DESCRIPCIÓN.....	86
7.8.2 USOS ENERGÉTICOS	86
7.8.3 DESARROLLO HISTÓRICO	87
7.8.4 <i>BENCHMARKING</i> DE INTENSIDAD ENERGÉTICA.....	87
7.9 SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SECTOR	88
CAPÍTULO 8. RESULTADOS. ESTUDIO Y COMPARACIÓN DE DISTINTOS	
ESCENARIOS.....	91
8.1 DEFINICIÓN DE ESCENARIOS Y METODOLOGÍA	91
8.2 ESCENARIO 1: CONTINUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	92
8.2.1 SECTOR RESIDENCIAL	92
8.2.2 SECTOR TRANSPORTE.....	96
8.2.3 SECTOR COMERCIAL.....	98
8.2.4 SECTOR INDUSTRIAL.....	99
8.3 ESCENARIO 2: AVANCE TECNOLÓGICO ACELERADO.....	101
8.3.1 SECTOR RESIDENCIAL	101
8.3.2 SECTOR TRANSPORTE.....	103
8.3.3 SECTOR COMERCIAL.....	105
8.3.4 SECTOR INDUSTRIAL.....	106
8.4 ESCENARIO 3: ELECTRIFICAR LA ECONOMÍA.....	107
8.4.1 SECTOR RESIDENCIAL	107
8.4.2 SECTOR TRANSPORTE.....	109
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES.....	110
9.1. CONCLUSIONES TÉCNICAS	110
9.2. CONCLUSIONES PERSONALES	112
BIBLIOGRAFÍA	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Emisiones de CO2 por sector de actividad económico (2016)</i>	4
Figura 2. <i>Evolución de la participación de cada tipo de fuente primaria en el mix energético español.</i>	6
Figura 3. <i>Evolución del consumo de gas natural 1990-2016.</i>	7
Figura 4. <i>Evolución del consumo de PP 1990-2016.</i>	8
Figura 5. <i>Evolución del consumo de carbón 1990-2016.</i>	8
Figura 6. <i>Evolución del consumo de energías renovables 1990-2016</i>	9
Figura 7. <i>Evolución del consumo de electricidad 1990-2016</i>	9
Figura 8. <i>Ahorro de energía final 2016-2020 en el sector Edificación.</i>	18
Figura 9. <i>Evolución del consumo energético en el sector residencial.</i>	22
Figura 10. <i>Consumo de productos petrolíferos por usos.</i>	23
Figura 11. <i>Número de viviendas según ocupación y disponibilidad de calefacción.</i>	24
Figura 12. <i>Distribución del consumo energético de calefacción a nivel nacional.</i>	25
Figura 13. <i>Consumo de gas natural por usos en el sector residencial.</i>	27
Figura 14. <i>Número de clientes de gas natural.</i>	28
Figura 15. <i>Penetración de gas natural frente a PP en el sector calefacción</i>	29
Figura 16. <i>Penetración de gas natural frente a otros vectores en el segmento ACS.</i>	30
Figura 17. <i>Número de cocinas total de acuerdo al número de viviendas.</i>	31
Figura 18. <i>Evolución de la penetración de tipos de cocina.</i>	31
Figura 19. <i>Consumo de energías renovables por usos en el sector residencial.</i>	32
Figura 20. <i>Flota de calderas existentes en el año 2010.</i>	32
Figura 21. <i>Equipos de ACS alimentados por paneles solares.</i>	33
Figura 22. <i>Tasas de equipamiento en el sector residencial.</i>	34
Figura 23. <i>Previsión del número de viviendas rehabilitadas</i>	36
Figura 24. <i>Evolución del consumo energético en el sector residencial.</i>	37
Figura 25. <i>Evolución flota de camiones de más de 3500 kg de PP.</i>	39
Figura 26. <i>Objetivos de consumo de RES (ktep) en el sector transporte.</i>	40
Figura 27. <i>Distribución del nº de camiones por carga y antigüedad.</i>	40
Figura 28. <i>Operaciones de transporte con carga según el tipo de desplazamiento.</i>	41
Figura 29. <i>Operaciones de transporte en función de la antigüedad del vehículo y de la distancia de cada recorrido.</i>	42
Figura 30. <i>Distribución de la flota de camiones existentes</i>	42
Figura 31. <i>Evolución de la flota de furgonetas de PP.</i>	45
Figura 32. <i>Distribución del nº de furgonetas por carga y antigüedad.</i>	45
Figura 33. <i>Porcentaje de furgonetas en función de la carga.</i>	45
Figura 34. <i>Evolución de la flota de autobuses de PP.</i>	47
Figura 35. <i>Distribución del nº de autobuses según número de plazas y antigüedad.</i>	48
Figura 36. <i>Distribución de la flota de autobuses existentes en función del año de matriculación.</i>	48
Figura 37. <i>Evolución de la flota de turismos de PP.</i>	50
Figura 38. <i>Distribución de la flota de turismos existentes en función del año de matriculación.</i>	51
Figura 39. <i>Consumo total GN en el Sector Transporte.</i>	52
Figura 40. <i>Evolución de la flota de camiones de más de 3500 kg de Gas Natural.</i>	53

Figura 41. Evolución de la flota de furgonetas de Gas Natural.....	54
Figura 42. Distribución de la flota autobuses de gas natural en función del año de matriculación.....	55
Figura 43. Evolución de la flota de turismos de Gas Natural.	56
Figura 44. Relación entre el número de coches retirados (obsoletos) y la antigüedad media de la flota.	58
Figura 45. Relación entre el número de coches nuevos como consecuencia del crecimiento económico y la variación del PIB (Periodo 2010-2016).....	58
Figura 46. Interrelación entre las variables consideradas para el cálculo del consumo energético de los coches. Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 47. Relevancia de cada segmento sobre el consumo del sector comercio y servicios (Año 2016).	64
Figura 48. Evolución del consumo energético en el sector comercio, servicios y administración pública.	65
Figura 49. Consumos de productos petrolíferos de cada sector (2016-2017).....	66
Figura 50. Consumos de gas natural de cada sector (2016-2017).	68
Figura 51. Relación entre el PIB y el número de empleados.....	69
Figura 52. Evolución del número de empleados del sector comercio, servicios y admin. pública.	69
Figura 53. Evolución de la estructura de consumo total industrial según fuentes energéticas .	70
Figura 54. Consumo de gas natural del sector industrial (2017).....	71
Figura 55. Evolución del Valor Añadido Bruto (VAB) de sectores industriales.	72
Figura 56. Correlación PIB & Consumo de Energía Final.	73
Figura 57. Penetración de cada vector energético. Metalurgia.	74
Figura 58. Evolución VAB & consumo total de la industria de la siderurgia y metalurgia.	75
Figura 59. Evolución de la intensidad energética en la industria de los metales básicos.	76
Figura 60. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Industria Alimentaria.....	77
Figura 61. Evolución de la industria de la alimentación, bebidas y tabaco.....	77
Figura 62. Correlación entre IPI - Consumo Gas (Alimentación).	77
Figura 63. Regresión IPI-Consumo Gas (Alimentación).	77
Figura 64. Evolución VAB & consumo total de la industria alimentaria.....	78
Figura 65. Evolución de la intensidad energética en la industria alimentaria.	79
Figura 66. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Industria Química.	80
Figura 67. Evolución VAB & consumo total de la industria química.....	80
Figura 68. Evolución de la intensidad energética en la industria química.	81
Figura 69. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Minerales no metálicos. ..	82
Figura 70. Evolución VAB & consumo total de la industria de minerales no metálicos.	83
Figura 71. Evolución de la intensidad energética en la industria de los transformados metálicos.	83
Figura 72. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Industria pasta y papel. ...	84
Figura 73. Evolución VAB & consumo total de la industria del papel, pasta e impresión.	85
Figura 74. Evolución de la intensidad energética de la industria papelera.	85
Figura 75. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Transformados metálicos.	86
Figura 76. Regresión IPI-Consumo Gas (T. Metálicos).....	86
Figura 77. Evolución de la intensidad energética de la industria papelera.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de aparatos de calefacción según eficiencia.	15
Tabla 2. Ahorro de energía final 2016-2020 en el sector Transporte.	17
Tabla 3. Ahorro de energía final 2016-2020 en el sector SSPP.	18
Tabla 4. Objetivos de consumo de RES (ktep) en el sector calefacción y refrigeración.	19
Tabla 5. Objetivos de consumo de RES (ktep) en el sector transporte.	19
Tabla 6. Evolución del consumo de RES por sector económico (ktep).	20
Tabla 7. Tabla total de viviendas principales con calefacción.	25
Tabla 8. Demanda energética de calefacción por superficie según WWF.	25
Tabla 9. Evolución de la flota de camiones de más de 3500 kg de PP (unidades).	39
Tabla 10. Consumos de combustible de diferentes modelos de camiones.	40
Tabla 11. Kilometraje anual medio por tipo de camión.	41
Tabla 12. Datos de entrada (Camiones<3500kg & Productos petrolíferos).	43
Tabla 13. Variables intermedias (Camiones<3500kg & Productos petrolíferos).	43
Tabla 14. Variables de salida (Camiones<3500kg & Productos petrolíferos).	44
Tabla 15. Evolución de la flota de camiones de menos de 3500 kg de PP (unidades).	44
Tabla 16. Evolución de la flota de furgonetas de PP (unidades).	45
Tabla 17. Consumos de combustible de diferentes modelos de furgonetas.	46
Tabla 18. Evolución de la flota de autobuses de PP (unidades).	47
Tabla 19. Consumos de combustible de diferentes modelos de autobuses.	47
Tabla 20. Kilometraje anual medio por tipo de autobús.	48
Tabla 21. Datos de entrada (Autobuses& Productos petrolíferos).	49
Tabla 22. Variables finales (Autobuses & Productos petrolíferos).	49
Tabla 23. Evolución de la flota de turismos de PP (unidades).	50
Tabla 24. Relación entre kilometraje y antigüedad de turismos.	50
Tabla 25. Consumos de GNC diferentes modelos de turismos.	51
Tabla 26. Evolución de la flota de camiones de menos de 3500 kg de Gas Natural (unidades).	53
Tabla 27. Consumos de combustible de diferentes modelos de autobuses.	54
Tabla 28. Consumos unitarios de furgonetas de GNC.	54
Tabla 29. Evolución de la flota de autobuses de Gas Natural (unidades).	55
Tabla 30. Evolución de la flota de turismos de Gas Natural (unidades).	56
Tabla 31. Consumos de GNC diferentes modelos de turismos.	56
Tabla 32. Evolución del número de empleados en el sector servicio y comercio.	66
Tabla 33. Densidad de ocupación según tipo de actividad.	66
Tabla 34. Superficie total (m2) dedicada a distintos sectores de actividad.	67
Tabla 35. Número de edificios dedicados a distintos sectores de actividad.	67
Tabla 36. Número de edificios utilizados para distintas actividades según antigüedad de construcción.	67
Tabla 37. Rangos de consumos totales dentro de edificios empresariales.	67
Tabla 38. Consumos de gas natural del segmento de calefacción de oficinas, comercio y administración pública.	68
Tabla 39. Ponderación de cada sector sobre el IPI.	73
Tabla 40. Evolución de la flota de vehículos (2016/2030). (Escenario Continuista)	97
Tabla 41. Flota de vehículos a 2030. (Escenario Avances tecnológicos)	104

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN

1.1.1 CONTEXTO: LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EUROPEA

La estrategia de la Unión Europea está basada en el deseo de alcanzar de una forma factible, una transformación fundamental en los sistemas de energía. Las áreas políticas que definen esta estrategia están formadas fundamentalmente por cinco dimensiones interrelacionadas, que se pueden resumir de acuerdo a lo siguiente:

- Seguridad, solidaridad y confianza, que se alcanzan a través de la diversificación de las fuentes de energía, suministradores y rutas. Además, los Estados Miembro, los operadores del sistema, la industria energética y otros "stakeholders" deben trabajar conjuntamente para garantizar seguridad en Europa. [1]
- Un mercado energético completamente integrado. El objetivo de ello es alcanzar un mercado energético integrado en la UE, permitiendo flujos libres de electricidad a lo largo de la UE. Para conseguirlo, es necesario una infraestructura eficiente, sin barreras técnicas o regulatorias. Solo así la competitividad entre agentes de mercado será alcanzada. [2]
- Eficiencia energética, que permitirá reducir la dependencia nacional de importaciones, reducir emisiones, generar empleo y crecimiento económico. Además, es materia clave en lo que a reducción de consumo se refiere.
- Descarbonización de la economía. Una política climática ambiciosa es fundamental en las políticas europeas vigentes. El propósito de la Unión Europea es convertirse en un líder mundial en energías renovables. Para alcanzarlo, objetivos actuales desafiantes tales como una cuota del 27% de RES para 2030 se están implementando, o el compromiso de alcanzar al menos una reducción del 40% de emisiones de GHG para 2030, frente a los niveles registrados en 1990. [3]
- Investigación, innovación y competitividad, pilares fundamentales para lograr avances tecnológicos en carbón bajo y tecnologías limpias.

Así, la necesidad de un nuevo modelo energético más sostenible ha obligado a los gobiernos actuales a una transición hacia la descarbonización y las energías renovables. Estos requisitos junto con temas actuales como son la eficiencia energética en el sector de la edificación, la actividad económica nacional y las innovaciones en el sector transporte, producirán cambios tanto en la cantidad de energía futura demanda, como en el mix energético que compone la demanda final nacional.

En este contexto, el problema que se pretende solucionar es reducir la incertidumbre de cómo y cuánto variará el consumo final de energía en función de distintas tendencias.

1.1.2 ESTADO DEL ARTE

La situación energética de las décadas pasadas permitía extrapolaciones como metodología para determinar las previsiones de demanda y consumo de energía final; así, por ejemplo, el crecimiento de la demanda eléctrica mantenía una estrecha relación con el Producto Interior Bruto; a través de la elasticidad de la demanda/PIB se conseguía una explicación adecuada de la

evolución de la demanda. No obstante, determinados acontecimientos como la crisis económica, los cambios de la estructura productiva, la eficiencia energética y otros factores, han generado una nueva situación de volatilidad de precios e inelasticidades en la demanda, de forma que considerar el PIB de forma aislada no es suficiente para explicar el crecimiento de la demanda energética, haciéndose necesaria la aparición de técnicas de previsión más avanzadas.

En la actualidad, existen numerosos modelos y programas que tratan de estimar la previsión de demanda de energía final así como su composición ya que la identificación de distintas tendencias en el largo plazo condiciona la estrategia implementada por las instituciones en el presente. Existen muchos tipos de modelos energéticos así como horizontes temporales de predicción. Las franjas de tiempo que se distinguen son:

- A corto plazo (1-2 años)
- A medio plazo (5-10 años)
- A largo plazo (más de 10 años)

Dependiendo de la utilidad que se le quiera dar a las previsiones realizadas (precios de mercado, decisiones de inversión futura, etc.) se empleará cada uno de ellos. Por otro lado, en función de los objetivos que se deseen alcanzar, se distinguen diferentes modelos:

- Modelo de previsión sobre consumo final de energía, en el que se analizan cada uno de los vectores energéticos que componen la matriz de energía final: productos petrolíferos, electricidad, gas natural, carbón y energías renovables. Suele realizarse para horizontes a medio y largo plazo y consideran políticas energéticas así como objetivos económicos, tecnológicos y medioambientales.
- Modelos de previsión de demanda eléctrica horaria y diaria, en los que se presta especial atención a picos de demanda. En este caso, factores asociados a la laboralidad y temperatura son estudiados en series temporales mediante modelos ARIMA.

1.1.3 MOTIVACIÓN

La construcción de escenarios y de modelos para efectuar previsiones es uno de los pasos a considerar en tareas de planificación en cualquier sector, tanto público como privado. Desarrollar distintos escenarios consiste en hacer que varios factores con alto potencial en la definición de un entorno interactúen mientras que la previsión es el análisis de dicha interacción.

En relación a los horizontes temporales, el medio y largo plazo son los dos horizontes en los que se enmarcaría el presente proyecto. Tanto para el gobierno como para las empresas privadas, la planificación resulta un papel fundamental para identificar tendencias y factores disruptivos que puedan afectar o condicionar el desarrollo del sector, así como para implementar políticas que afectarán a dicho sector.

Por tanto, los modelos de planificación con distintos escenarios resultan fundamentales para las empresas a fin de identificar tendencias que permitan una adaptación rápida y flexible a nuevas realidades de negocio, redefinición de su visión y misión en caso de ser necesario.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

El presente Trabajo Fin de Máster cuenta con los siguientes objetivos:

1. Entender la situación actual del Sistema energético español
 - Estudio de las directivas europeas referentes a la promoción de energías renovables y eficiencia energética.
 - Análisis de la evolución de la demanda energética española: consumo del periodo 2010-2016.
2. Identificar las principales variables que afectan al consume de los distintos vectores energéticos en el Sistema español.
 - Identificación de los principales factores que influyen la demanda.
 - Evaluación de la influencia actual y esperada de estos factores básicos sobre la demanda.
3. Desarrollar un modelo de previsión de consume energético en el largo plazo.
 - Construcción de los bloques básicos del modelo: transporte, residencial, comercios e industria.
 - Incorporación de históricos y verificación de cálculos
4. Desarrollo de escenarios con evaluación cuantitativa y cualitativa
 - Definición de escenarios lógicos a futuro
 - Variación de drivers en el modelo y verificación de resultados

1.3 MARCO SOCIO-ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL

Hay tres factores importantes que afectan el futuro de la energía: el calentamiento global del planeta, la reducción de las reservas de combustibles fósiles y el crecimiento económico que conduce a la creciente demanda de productos petrolíferos. Estas causas han motivado la búsqueda de alternativas basadas en recursos respetuosos con el medio ambiente.

El desarrollo de las energías renovables es esencial para combatir el cambio climático. Se ha confirmado que el planeta ha aumentado su temperatura alrededor de 1° C desde finales del siglo XIX. Las energías renovables no emiten gases de efecto invernadero, siendo la opción más aceptable frente a la contaminación ambiental.

En este contexto, con el objetivo deseable de no superar el aumento de 1.5° C, según lo acordado en París durante la COP21, comenzaría un período de transición energética en el que los gobiernos europeos se vieron obligados a usar la energía de manera eficiente, así como a avanzar en el desarrollo la generación de electricidad renovable como alternativa a los combustibles clásicos para cumplir compromisos internacionales como el Protocolo de Kyoto o políticas supranacionales como los objetivos de reducción de emisiones establecidos por la Unión Europea. Por ejemplo, actualmente se está analizando el grado de demanda para lograr el objetivo de penetración de energía renovable en la energía final del 27% en 2030, así como la posibilidad de aumentarla. Del mismo modo, se está considerando la posibilidad de aumentar el objetivo de eficiencia energética más allá del 27% en el mismo año.

España también se mantiene firme en los objetivos de descarbonización y trabaja para preparar la transición de su modelo energético. En 2017, España emitió un total de 338.8 MtonCO₂; Las emisiones derivadas de los usos energéticos en ese año, debieron el 42% a productos derivados del petróleo, el 17% a gas natural y el 15% a carbón. Desde una perspectiva de los sectores económicos de actividad, el transporte sería el sector con el mayor volumen de emisiones, seguido de la generación de electricidad, la industria y los sectores residencial y de servicios, como puede verse en la Figura 1. Según varios informes La electrificación y la eficiencia energética permitirían una transición energética eficiente y cumplirían los objetivos de descarbonización.

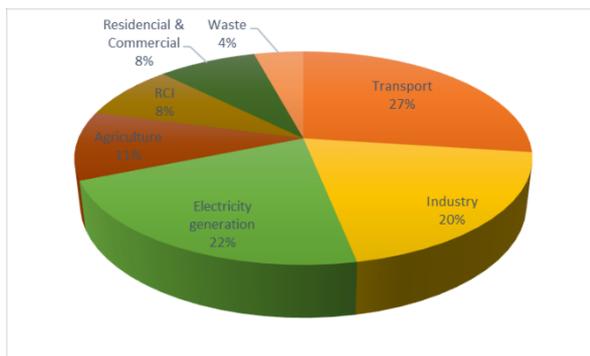


Figura 1. Emisiones de CO₂ por sector de actividad económica (2016). [4]

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica

Además, según el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 (PAEE), el sector de eficiencia energética, en términos de fabricación de equipos y prestación de servicios, tiene un impacto considerable en la economía española, en términos de Valor Agregado Bruto y Empleo. De esta manera, la producción total del sector de eficiencia energética implicaría un aumento del Valor Agregado Bruto del 1,6% sobre el total español para 2020, así como un aumento de puestos de trabajo, lo que elevaría el número de 280.000 empleados.

Todo esto, es solo una razón más para tener como objetivo una mayor transición hacia un sistema eficiente y renovable, tanto por sus ventajas energéticas y medioambientales, como por el desarrollo económico y social asociado.

1.4 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL TFM

Para cumplir con los objetivos establecidos, se ha planteado la siguiente metodología a seguir:

1. Identificación de drivers de demanda y desarrollo de escenarios base para su carga en el modelo. Se realizará un análisis de la evolución de la demanda de vectores de consumo final (gas, productos petrolíferos, carbón y energías renovables) durante los últimos años, identificando los factores y sectores que más influyen en los mismos. Además, se evaluarán las tendencias de los factores básicos y cuáles son los drivers que más influyen el comportamiento de dichos vectores. Por último, se construirán distintos escenarios.
2. Construcción de un modelo de estimación de demanda. Para la consecución de este objetivo, se identificarán dos subtarefas a completar. Por un lado se definirá la lógica del modelo, identificando y evaluando los drivers de demanda y las alternativas de modelado para cada driver clave. Finalmente, se escogerá la más robusta. Por otro lado, se construirán los bloques básicos del modelo, en este caso, el bloque de demanda base y sub-bloques de acuerdo al transporte, edificación y otros.
3. Consolidación del modelo y escenarios, evaluación de resultados. En primer lugar se consolidarán los bloques de demanda base y los sub-bloques. A continuación se cargarán datos históricos y escenarios de evolución. Finalmente se calcularán los resultados y se realizará un contraste de robustez del modelo ante escenarios alternativos de evolución.

1.5 MEDIOS EMPLEADOS

A lo largo de todo el proyecto se van a utilizar una serie de recursos: consultada numerosa bibliografía, además de manejar diferentes aplicaciones informáticas:

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Microsoft Visio
- Visual Basic (VBA)

CAPÍTULO 2. CONSIDERACIONES BÁSICAS DEL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL

El presente capítulo tiene como objetivo analizar el alcance del proyecto, explicando las diferencias principales entre la energía primaria y la energía final y presentando cada uno de los vectores energéticos de consumo final a analizar a lo largo de la memoria. Además, se incluye una breve descripción de los principales sectores económicos consumidores de energía, explicando el alcance final del proyecto.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ENERGÉTICA ESPAÑOLA

2.1.1 ENERGÍA PRIMARIA

Como energía primaria entendemos a todo tipo de energía disponible en la naturaleza antes de ser transformada. Se diferencian fundamentalmente dos grandes grupos de fuentes de energía primaria, por un lado las procedentes de los combustibles fósiles (gas natural, uranio, carbón y petróleo), y por otro lado, las fuentes de energía renovable (hidráulica, solar, eólica, biomasa y geotermia).

Aunque las fuentes de energía no renovables han sido las más utilizadas en el pasado, los datos registrados en los últimos años indican que las tendencias estarían cambiando significativamente, a pesar de seguir siendo los grupos procedentes de combustibles fósiles los más utilizados. Así, la fuente primaria de energía que más ha crecido en la última década ha sido el gas natural, que supone el 23,3% de energía primaria, con un crecimiento anual del 12,4% a costa del carbón. El 45% de ese gas natural se destina a generar calor y frío en procesos industriales, el 15% al consumo residencial (calefacción y agua caliente sanitaria), y el resto, el 40% restante, a generación de electricidad (ciclos combinados).

La Figura 2 indica la distribución del consumo de energía primaria en los años 2005, 2010 y 2016. Aunque no se puede observar el consumo de energía primaria total para cada uno de los años, es importante diferencia que mientras el consumo total en el año 2005 fue de 145.816 ktps, en el año 2017 fue de 122.587 ktps, con lo que se observarían ya el desarrollo tecnológico comentado anteriormente en términos de transformación de energía.

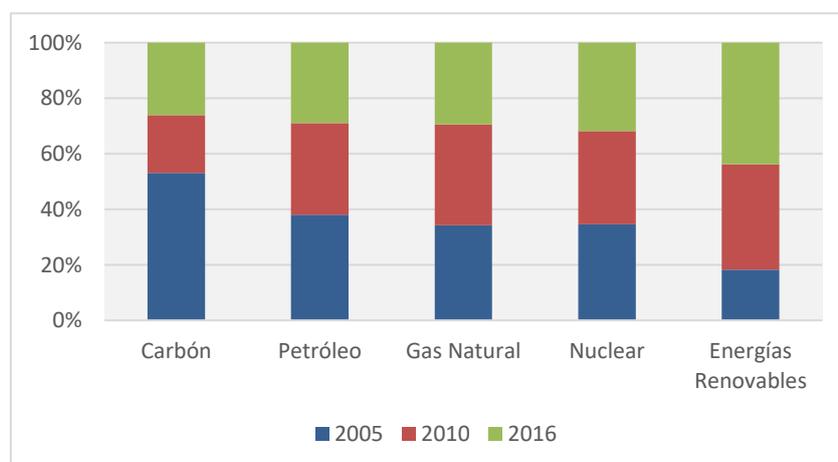


Figura 2. Evolución de la participación de cada tipo de fuente primaria en el mix energético español.

Fuente: IDAE [5] & Elaboración propia.

2.1.2 ENERGIA FINAL

La energía final se refiere a la energía utilizada por el consumidor, por ejemplo, gas natural para calefacción o electricidad para iluminación. Esta energía consumida proviene de la transformación y transporte de la energía presente en los recursos naturales, la energía primaria. Las formas más comunes de energía final son el carbón, la electricidad, el gas natural, los productos petrolíferos y las energías renovables.

Es dentro de este segmento del sistema energético español donde se sitúa el problema que el presente proyecto pretende resolver, cuyo objeto es el análisis del comportamiento de cada uno de estos vectores energéticos para el horizonte 2020-2030, tratando de predecir en qué magnitud variará la participación de cada uno de ellos sobre el consumo total y las causas fundamentales de estos cambios.

La fuente de energía que más ha crecido en la última década ha sido el **gas natural**, que supone un 17,1 % de la energía final.

En el sector industria, el gas natural ha sido una de las principales fuentes de consumo desde 1990 hasta 2016, tal y como se observa en la Figura 4. Además, el gas natural presenta multitud de usos en diversos sectores industriales, siendo las industrias más intensivas en energía, tales como la industria del papel, el cemento, metalurgia o refino, las que mayor dependencia energética presentan del gas natural, además de ser un factor clave para la competitividad de las mismas, no solo por razones económicas, sino técnicas.

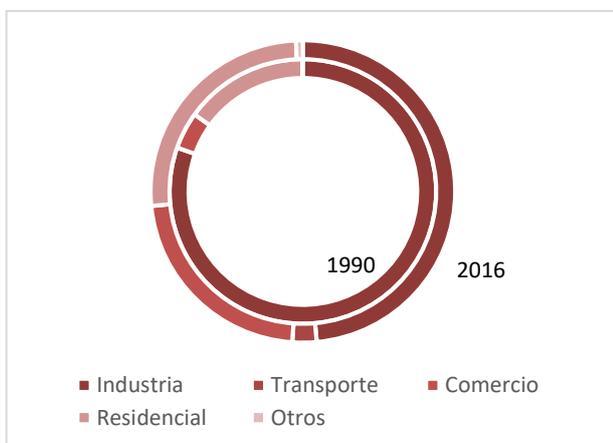


Figura 3. Evolución del consumo de gas natural 1990-2016.
Fuente: Elaboración propia & IDAE.

En el sector doméstico, los usos más habituales son los de la calefacción, el agua caliente y la cocina, aunque también existen aparatos de aire acondicionado y otros electrodomésticos. El consumo de gas natural en el sector residencial ha aumentado debido, además de otros factores, al cambio a sistemas modernos de calefacción a gas; por ejemplo, las calderas de condensación, que más adelante se analizarán, presentan hasta un 65% de eficiencia que sus tecnologías competidoras.

En el sector comercial y servicios, los usos son similares a los del sector doméstico (calefacción, agua caliente y cocina). No obstante, al presentar niveles de consumo superiores a los del sector doméstico, resulta más rentable evaluar instalaciones de cogeneración, así como equipos que combinen frío, calor y agua caliente.

Finalmente, en el sector transporte, la introducción del gas en el transporte está experimentando importantes avances en los últimos meses, ya que por causas económicas y medioambientales, supone una clara alternativa a los combustibles tradicionales.

Los **productos petrolíferos** son aquellos procedentes de la refinación del Petróleo y que derivan directamente de Hidrocarburos, tales como gasolinas, diésel, querosenos, combustóleo y Gas Licuado de Petróleo.

El consumo de España en el año 2017 fue de 63,6 millones de toneladas, tras una leve tendencia alcista en los últimos años. Sin embargo, el máximo consumo se produjo antes de la crisis financiera en el 2007, cuando el consumo alcanzó el máximo histórico de 80,3 millones de toneladas. Desde entonces, existe una clara tendencia de sustitución de los productos petrolíferos por el gas natural y la electricidad, menos contaminantes. Es por esto que, a pesar de la recuperación económica, los niveles de consumo son mucho menores y se espera que disminuyan en un futuro próximo.

El **carbón** es uno de los combustibles fósiles más utilizados a lo largo de la historia, sin embargo, es el más contaminante y se está reduciendo su consumo en los países desarrollados. En España su consumo ha caído durante las últimas décadas; en 1990 se consumieron unos 4000 ktep, cifra que ha sido reducida hasta los 1600 ktep en el 2016.

Las explotaciones presentes en el norte de España han sobrevivido durante los últimos años gracias a ayudas del gobierno. Debido a las políticas europeas estas ayudas deben cesar y se espera que la actividad en las minas cese completamente en el corto plazo. A esto se le suma el cierre de 9 de las 15 centrales eléctricas de carbón que dejarán de funcionar en el año 2020.



Figura 4. Evolución del consumo de PP 1990-2016.

Fuente: Elaboración propia & IDAE.

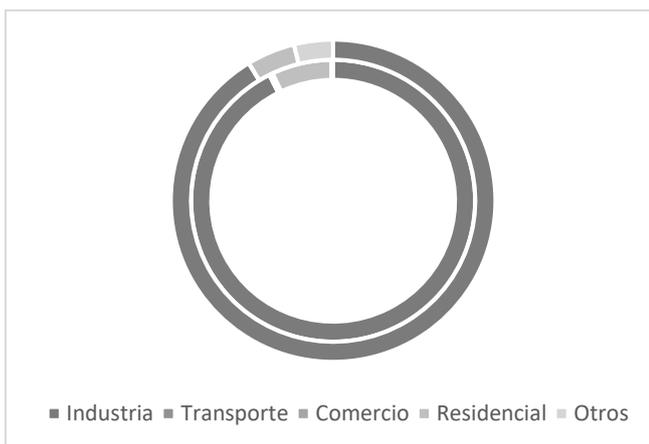


Figura 5. Evolución del consumo de carbón 1990-2016.

Fuente: Elaboración propia & IDEA.

Se denomina **energía renovable** a aquella procedente de fuentes naturales que pueden considerarse inagotables. En España han tenido una pequeña participación en el consumo primario y la generación de electricidad hasta principios de este siglo. Desde entonces, se han producido grandes inversiones incentivadas por políticas energéticas.

En el año 2017, el 38% de la electricidad consumida en España provino de energías renovables. En términos de energía bruta final, la energía procedente de fuentes renovables fue del 16,7%. En las últimas décadas, ha existido una tendencia clara de aumento de penetración de tecnologías de este tipo en la generación de electricidad.

Las energías renovables son un gran recurso para disminuir el problema de dependencia de combustibles fósiles importados que sufre España. En 2008 alcanzó la proporción de combustibles fósiles llegó a su máximo alcanzando el 81,3%, desde entonces ha ido reduciéndose gracias a la instalación de plantas de generación eléctrica a partir de fuentes renovables, tendencia que se espera que siga en el futuro. Tanto es así, que para el año 2030, el gobierno español ha marcado los ambiciosos objetivos de que el 42% del consumo de energía final sea renovable y que la generación eléctrica se componga de un 74% de fuentes renovables.

El porcentaje de electricidad en el consumo de energía final ha subido desde el 19% en 1990 hasta el 24,3% en 2016. Esta subida se debe a la combinación del aumento de la cuota de consumo de sectores en los que la electricidad tiene una mayor relevancia y a la electrificación de diversos ámbitos y procesos.

Desde 1990 el desglose de tecnologías a partir de las cuales se genera la electricidad ha sufrido un cambio radical. En 1990 la primera fuente de electricidad era el carbón, seguida de la nuclear, en menor medida la hidráulica y finalmente el fuel. La participación de las fuentes renovables y las cogeneraciones, hoy en día fundamental, era insignificante. En la actualidad, la distribución de la generación es mucho más diversa: la nuclear ocupa el primer lugar seguida de cerca de la eólica, inexistente hace tres décadas, ocupando aproximadamente un 20% de la generación cada una; el carbón continúa su tendencia bajista, pero aún permanece en tercer lugar con un 15%; la hidráulica depende de los influjos de cada año y varía entre la tercera y la cuarta posición con un 15%; cogeneraciones y



Figura 6. Evolución del consumo de energías renovables 1990-2016
 Fuente: Elaboración propia & IDAE.

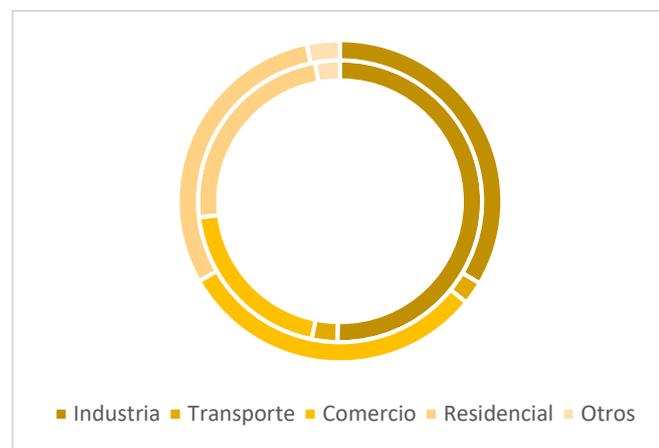


Figura 7. Evolución del consumo de electricidad 1990-2016
 Fuente: Elaboración propia & IDAE.

ciclos combinados generan en torno a un 10% y el resto de la generación pertenece a las renovables con menor participación.

Para el futuro, se espera un incremento significativo de la energía solar, que tanto potencial tiene en nuestro país y de la energía eólica, aunque en menor medida. Estos aumentos compensarán la disminución de la participación de las centrales de carbón, la mayoría de las centrales tienen previsto su cierre en los próximos años y el cierre también de las centrales nucleares que se producirá entre el 2025 y el 2035.

En general, la tendencia durante las últimas décadas en el consumo de energía final ha sido la sustitución del carbón y los productos petrolíferos en algunos sectores como la industria y el residencial por una creciente participación del gas natural y la energía eléctrica, tal y como se analizará a continuación. A diferencia de la energía primaria, el porcentaje de energía renovable sobre el consumo final total se habría mantenido constante durante los últimos años.

El estudio de los vectores de energía final en todos los sectores (transporte, residencial, etc) carece de sentido lógico ya que no todos los vectores energéticos resultan en un peso relevante en todos los sectores, como por ejemplo, es el caso del carbón en el sector servicios. Es por ello, que a continuación se pretende analizar brevemente la evolución y el peso de cada vector en cada sector con el fin de enfocar en cuáles de ellos merece la pena proyectar un consumo a largo plazo.

2.2.2 PRINCIPALES SECTORES ECONÓMICOS DE CONSUMO

Los principales sectores económicos de consumo energético identificados son el sector transporte, el sector industrial, el sector residencial y el sector comercial en el que también se incluyen el sector servicios y la administración pública.

El **sector transporte**, puede subdividirse a su vez en las siguientes categorías: transporte por carretera, transporte aéreo (aviación internacional), ferrocarril, oleoductos, marítimo interior, transporte aéreo (aviación interior) y otros transportes no especificados. A pesar de ello, el transporte por carretera explicaría en muchas ocasiones más del 80% del consumo de energía final, ya que los productos petrolíferos representan un 99% sobre el consumo de energía final total. Así, el sector transporte, que se analizará en detalle en el capítulo 5 de la presente memoria, quedará limitado al **transporte por carretera**.

En cuanto al **sector industrial**, el consumo energético total está compuesto por los insumos procedentes de la industria metalúrgica y siderúrgica, de la química y petroquímica, de los minerales no metálicos, de la industria destinada a la fabricación de equipamiento de transporte y maquinaria, de la minería, de la alimentación, bebidas y tabaco, de la industria papelera e imprenta, de la industria de madera y productos de madera, construcción y textil y cuero. No obstante, no todas presentan la misma importancia, siendo unas más relevantes que otras en cuanto al consumo registrado y a la evolución económica que se espera a lo largo de los años y que condiciona directamente los consumos energéticos procedentes de este sector, tal y como se analizará en el capítulo destinado a tal propósito.

El **sector residencial** es un sector clave en el contexto energético nacional debido a la importancia que reviste su demanda energética. Este sector representó en 2017 el 18,1% del consumo de energía final, valor que ha aumentado significativamente en las últimas décadas debido a varios factores: crecimiento del número de hogares, los hábitos de consumo y el

equipamiento progresivo de los hogares, propiciado por los incrementos de la capacidad de poder adquisitivo y una mejora del nivel de vida. Todos estos fenómenos hacen que se espere que la cuota de consumo de este sector continúe aumentando en los próximos años.

El cuarto sector que más energía consume en España es el que agrupa **comercio, servicios y administraciones públicas**. Su consumo de energía final en el año 2017 supuso el 12% del total, valor que ha ido aumentando paulatinamente desde 1990 cuando tan solo representaba el 6% del consumo. Este incremento se debe a una gran variedad de factores entre los que se encuentran: la entrada de España en la UE, sumada a la globalización, que ha producido un aumento significativo en la actividad comercial en las últimas décadas y el incremento de la hostelería propiciado por el turismo tanto nacional como internacional, la cifra más representativa de este fenómeno es el número de turistas internacionales que visitaron España, partiendo de 34,3 millones en 1990 y llegando a la cifra récord de 82,6 millones en 2018. En contra de estos vectores que indican el futuro crecimiento de este sector, se encuentra el fomento de la eficiencia energética por parte de las políticas de la UE. El efecto final que tendrá todos estos factores se estudia a lo largo del documento.

CAPÍTULO 3. MARCO REGULATORIO. ESTRATEGIAS, POLÍTICAS Y NORMATIVA ESPAÑOLA

La evolución del modelo de consumo energético a largo plazo está fuertemente condicionada por los objetivos establecidos en materia de descarbonización, avanzando hacia un modelo libre de emisiones de CO₂. Entre los distintos instrumentos de la política energética destaca la regulación concretada en una batería de normativas de distinto ámbito territorial. En este contexto, este capítulo se detiene en el análisis de la normativa europea y nacional que configura la política energética con el fin de entender la repercusión que ésta puede tener sobre los consumos finales de energía.

3.1 UNIÓN EUROPEA

3.1.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Directiva 2012/27/UE. relativa a la eficiencia energética

Teniendo como contexto la necesidad de perseguir y lograr la cifra del 20% en eficiencia energética en el año 2020, se hace necesario adaptar la política energética para perseguir las mejoras en eficiencia energética no solo en 2020, sino más allá. Con tal fin, la presente Directiva establecería una serie de medidas para fomentar tales propósitos en la Unión y establecer acciones que lleven a la práctica algunas de las propuestas incluidas en el Plan de Eficiencia Energética 2011. [6]

En cuanto a las novedades de la presente directiva, cabe destacar:

- Auditorías energéticas para todas las grandes empresas. Desde la entrada en vigor de la presente directiva y en un plazo de tres años, grandes empresas deben someterse a auditorías energéticas cada cuatro años.
- Sistema de obligaciones de eficiencia energética para las empresas que se dedican a la distribución de energía. Cada año, desde el 2014 hasta el 2020, deben alcanzar un ahorro de energía acumulado que será el 1.5% de las ventas anuales de energía a clientes finales.
- Renovación anual del 3% de la superficie total de edificios de una superficie de más de 500 m² con calefacción y/o frío que pertenezcan a la administración central.
- Cambios en la facturación de los clientes para garantizar que la información que se percibe en la factura de la luz es correcta y se basa en el consumo real. Estas facturas deben de ser emitidas con una periodicidad de dos o tres veces al año, con previa solicitud.
- Promoción de sistemas eficientes en la calefacción y refrigeración tales como los sistemas de cogeneración de alta eficiencia y los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración. Los Estados Miembros deben llevar a cabo un análisis de viabilidad de ambos sistemas, además de actualizaciones, e informar a inversores en cuanto a los planes nacionales de desarrollo, para atraer el interés de inversores privados.
- Finalmente, en lo que a términos económicos se refiere, los diputados propusieron establecer métodos de financiación para promover y acelerar las medidas de eficiencia energética, obligando así a los Estados Miembro a facilitar tales subsidios económicos o el uso de los ya existentes.

Recientemente, se ha publicado la Directiva 2018/844/UE del Parlamento Europeo por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE y cuyo objetivo principal es acelerar la renovación de la flota de edificios existentes, introduciendo sistemas de control de edificios como alternativa a las inspecciones tradicionales, además de fomentar el despliegue de la infraestructura necesaria para *e-mobility* e introducir indicadores de inteligencia para evaluar la adecuación tecnológica del edificio en cuestión.

3.1.1.1 Eficiencia energética en la edificación

Directiva 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios

Con la aprobación de esta directiva, se establecieron unos niveles de exigencia de eficiencia energética máximos y un consumo nulo muy bajo. Entre otros, establece que a partir de 2020, todos los edificios de nueva construcción deben de ser de consumo casi nulo (ECCN), con el objetivo fomentar el ahorro energético en el segmento de calefacción. [7]

Algunos expertos en el tema señalan que la nueva edificación supondrá un diseño con las siguientes características:

- Diseño bioclimático y aislamiento térmico, con grandes ventanales orientados hacia el sur de forma que se reduzcan los altos consumos en calefacción.
- Mejorar las prestaciones de las carpinterías, ya que son los elementos principales que debilitan el aislamiento térmico de la vivienda.
- Uso de energías renovables, como placas solares o bombas de calor, permitiendo éstas últimas extraer la energía del aire aportando refrigeración en verano y calefacción en invierno.

Por otro lado, los expertos resumen cuatro alternativas para reducir la factura de la calefacción tradicional con motivo del Día Mundial del Ahorro de Energía:

- Aplicación de reguladores de temperatura. El objetivo es que no se superen los 21 grados durante el día ni se baje de los 17 grados por la noche. Gracias al uso de este complemento, los expertos estiman un ahorro económico en el consumo anual de entre el 8% y el 13%. Si se utiliza un termostato inteligente, estas cifras pueden llegar al 35%-40%.
- Instalación de cerramientos de calidad. Lo ideal es optar por ventanas con rotura de puente térmico y vidrio doble con cámara de aire intermedia. El ahorro en calefacción que se produce es bastante significativo, alrededor 30%.
- Apostar por la materia orgánica como son estufas o calderas de biomasa. Aparte de las convencionales energías renovables (paneles solares, bombas de calor, sistemas híbridos...), las estufas de biomasa utilizan residuos naturales (desde madera -como pellets o serrín- a desechos de la agricultura -huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos, restos de poda de vid...), y sus emisiones son mínimas. Se calcula que suponen un ahorro económico de entre un 40% y un 50% respecto a las calderas que funcionan con gas ciudad o combustibles derivados del petróleo.
- Emprender en general hábitos de ahorro por parte del consumidor, como revisiones periódicas de la caldera, no cubrir radiadores o evitar calentar habitaciones vacías, haciendo un uso más eficiente de la energía.

Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo

Esta directiva modifica a las dos predecesoras, la Directiva 2010/31/UE y su complementaria Directiva 2012/27/UE. El objeto del documento es resaltar la importancia de la reducción de emisiones en concepto de calefacción y refrigeración de los edificios; el 40% de consumo de energía final en la UE se debe a la climatización en edificación. Para ello, es necesaria la renovación del parque inmobiliario, siendo uno de los principales beneficios de esta medida la disminución de la dependencia energética de la UE. [8]

Dentro de la directiva, se proponen medidas para fomentar la renovación de los edificios existentes, tales como:

- Acceso igualitario a la financiación para asegurar que la renovación de los edificios pueda llevarse a cabo incluso en condiciones desfavorecidas.
- Promoción de las hipotecas que sean energéticamente eficientes y tengan certificación para corroborarlo.
- Fomentar desde los organismos públicos la atracción de inversiones en proyectos de edificación con consumo energético eficiente
- Adoptar soluciones ecológicas como la utilización de plantas en los edificios como medio aislante.

Además, recoge la importancia del aprovechamiento de las nuevas tendencias tecnológicas para el aumento de la eficiencia energética: desarrollo de una infraestructura de puntos de recarga para vehículos eléctricos en los edificios, cuyas baterías podrían utilizarse como fuente de energía; digitalización de los sistemas energéticos en los edificios que permiten optimizar el consumo, etc.

3.1.1.2 Eficiencia energética en el transporte

Libro Blanco sobre el Transporte, de 28 de marzo de 2011

Uno de los objetivos para el año 2030 en el sector transporte es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto a los valores del año 2008. Para ello, la entrada de nuevas tecnologías de vehículos así como la gestión de las infraestructuras del transporte resultarán fundamentales. [9]

Una de las tendencias fundamentales que está surgiendo y deberá intensificarse en los próximos años es la movilidad compartida, de forma que aparezcan nuevos modelos de transporte capaces de transportar tanto mayor número de personas como mayor carga de mercancías de una forma eficiente, reservándose así el transporte individual para los últimos kilómetros del trayecto.

En relación al transporte de mercancías, las distancias cortas, consideradas aquellas de menos de 300 kilómetros seguirán realizándose por camión, por lo que es necesario desarrollar tecnología eficiente con la incorporación de nuevos motores que reduzcan su necesidad de consumo, así como la aparición de combustibles menos contaminantes y de transportes más inteligentes. Para los trayectos más largos, las posibilidades son más limitadas de forma que el transporte multimodal debe de hacerse más atractivo.

En relación con el transporte de personas, factores como la necesidad de menor autonomía de los vehículos permitirá el ingreso de nuevas tecnologías como es el caso del vehículo

eléctrico. La eliminación progresiva de los vehículos de propulsión convencional en el ambiente urbano es una contribución fundamental para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Siguiendo esta línea, el uso de autobuses y autocares deberá de intensificarse, siendo los sistemas de propulsión y combustibles alternativos, como el gas natural, hidrógeno y electricidad, especialmente adecuados para este tipo de flotas, taxis y camionetas de reparto.

3.1.1.3 Eficiencia energética en la calefacción y refrigeración

Estrategia de la Unión Europea para la Calefacción y Refrigeración, del 16 de febrero del 2016

La calefacción y la refrigeración son dos aspectos muy importantes al considerar cuando se estudia la demanda de energía final, pues en el sector residencial, el consumo de energía procedente de calefacción y del agua caliente sanitaria representa un 79% del consumo de energía total. Este alto protagonismo en el consumo, no solo se ve reflejado en el sector residencial, ya que se estima, de acuerdo a la Comisión de Energía de la Unión Europea, que el 71% del consumo total del sector industrial corresponde al calentamiento de procesos industriales y espaciales, el 27% a la iluminación de los edificios y procesos eléctricos como el uso de los motores para la operación de las máquinas y finalmente, el 3% restante aproximadamente, al enfriamiento. [10]

Además de las cifras anteriores, es importante mencionar que el 84% de la energía generada para la calefacción procede de combustibles fósiles mientras que tan solo un 16% lo hace a partir de energías renovables. Por tanto, se hace necesaria la introducción de una estrategia para el sector calefacción y refrigeración por parte de la Unión Europea para alcanzar los objetivos de reducción del consumo de energía y de aumentar el uso de energías renovables. Así, la Comisión Europea comunicaba en el año 2016 una estrategia para este sector que incluía algunas medidas:

- Mejorar la información y el control del uso de energía gracias a la implementación de termostatos inteligentes que permiten apagar la calefacción cuando se ha alcanzado una temperatura de confort idónea o incluso cuando no se detecta presencia en la vivienda o edificio.
- Renovación de los equipos de calefacción y refrigeración existentes como las calderas por tecnologías más eficientes o de origen renovable, como las calderas de biomasa o sistemas solares, recogidos en la Tabla 1. La mitad de los edificios de la UE presentarían calderas que ya habrían alcanzado su vida útil: el 22% de las calderas de gas, el 34% de aparatos eléctricos, el 47% de las calderas que usan petróleo y el 58% de aquellas que usan carbón. Aprovechar la necesidad de renovación para sustituirlas por bombas de calor, calefacción solar o geotérmica o calor residual.

Tabla 1. Clasificación de aparatos de calefacción según eficiencia.
 Fuente: Estrategia Calefacción y Refrigeración UE & Elaboración propia

A+++	Paquetes que emplean las renovables
A++	Bombas de calor (renovable) y calderas de biomasa
A+	Cogeneración de gas
A	Calderas de condensación de gas
B	-
C	Calderas de gas sin condensación
D	Resistencia eléctrica

- En el sector industria se pueden conseguir ahorros considerables gracias a las unidades de cogeneración, que combinan en su producción calor y electricidad; además de otras tecnologías para la gestión de la energía.
- La renovación y construcción de edificios con materiales de alto aislamiento permite también la reducción del consumo de energía en términos de calefacción y refrigeración.

3.1.2 ENERGÍAS RENOVABLES

Directiva de Energías Renovables (Directiva 2009/28)

Con el objetivo de cumplir el protocolo de Kioto, es necesario realizar modificaciones en la política energética a fin de aumentar el ahorro energético, con una mayor eficiencia energética, de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. [11]

En marzo de 2007, el Consejo Europeo aprobó el objetivo obligatorio de alcanzar la cuota del **20% de energía procedente de fuentes renovables** en el consumo de energía final, además del objetivo vinculante mínimo del **10% como porcentaje de biocarburantes a usar en el transporte** sobre el conjunto de los combustibles consumidos en dicho sector en 2020. No obstante, no es hasta la publicación de la Directiva 2009/28, del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, cuando se fijan los objetivos nacionales obligatorios en relación con la cuota de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía, así como la cuota de energías renovables consumidas como biocombustibles en el sector transporte.

Esta directiva, también establecería criterios de sostenibilidad para carburantes y biolíquidos. Así pues, para que los biocombustibles usados sumen a la cuota establecida para cumplir con dichos objetivos, deben de proporcionar al menos una reducción del 35% de los gases de efecto invernadero con respecto a los carburantes de origen fósil. No obstante, el umbral mínimo de ahorro de emisiones se eleva al 50% a partir del año 2017, mientras que a partir del año 2018 se elevaran al 60% como mínimo para aquellos biocombustibles producidos en instalaciones con fecha de puesta en marcha posterior al 1 de enero de 2017.

Directiva 2015/1513 relativa al fomento de uso de energía procedente de fuentes renovables

Con la aprobación de esta directiva, se introducen algunas modificaciones tales como la tasa mínima de ahorro de gases de efecto invernadero. [12]

Así, la reducción de gases de efecto invernadero derivada del uso de biocarburantes debe de alcanzar la cifra del 60% como mínimo para aquellos biocombustibles y biolíquidos producidos en instalaciones que comenzasen su operación a partir del 5 de octubre de 2015. Por el contrario, aquellas instalaciones que entrasen en operación con fecha anterior al 5 de octubre del 2015, la reducción de emisiones de efecto invernadero debe ser de un 35% como mínimo hasta el 31 de diciembre de 2017 y del 50% como mínimo a partir del año 2018.

Además, se establecen limitaciones en relación a contribución de cada biocarburante a la producción del biocarburante final. De esta forma, la energía producida a partir de cereales y otros cultivos tales como el almidón, azúcares, oleaginosas y cultivos plantados en tierras agrícolas **no debe de superar el 7% del consumo final** de energía en el sector transporte en el año 2020.

Directiva (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables

En esta Directiva se plantea un objetivo vinculante para el porcentaje de consumo de energía final bruto de la UE que ha de proceder de fuentes renovables, fijándose en un **32% para el año 2030**. Para lograr el objetivo, se determina la producción por parte de energías renovables que debe respetar cada Estado miembro. [13]

Para alcanzar el objetivo se promocionan los sistemas de apoyo a la producción de electricidad mediante fuentes de energía renovables. Estos esquemas de incentivos a las renovables deben siempre evitar distorsiones en los mercados eléctricos y valorar debidamente los costes de la integración de las nuevas plantas en el sistema, así como su efecto sobre la fiabilidad de la red.

3.2 ESPAÑA

3.2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020

El 8 de marzo de 2011, la Comisión comunicó su Plan de Eficiencia Energética 2011 en el que se confirmaba que la Unión no llevaba camino de conseguir sus objetivos de eficiencia energética para 2020. [14]

Consecuentemente, y ante las exigencias de cumplimiento de objetivos marcadas por la Unión Europea, España presentó a través del Plan de Acción de Eficiencia Energética un conjunto de medidas (Tabla 2 y Tabla 3) a adoptar para el ahorro del consumo de energía por tipo de sector. El ahorro de energía final previsto para el año 2016 sería de 13.176 ktep y de 17.842 ktep para el año 2020. Los ahorros, desglosados por tipo de sector, se calcularían como el producto del ahorro unitario del año 2016 o 2020 con respecto al 2007 y la variable de actividad:

- El 51% de los ahorros de energía para 2020 se concentrarían en el sector transporte, donde el 77% del ahorro se atribuiría al transporte de carretera (ahorro de 6.926 ktep para 2020) y el 22% al modo ferrocarril (1.996 ktep). Las mejoras están fundamentalmente vinculadas al desarrollo tecnológico de los vehículos, lo que supondría un consumo menor, y en especial a la introducción del vehículo eléctrico, previéndose un despliegue que alcance los 2.500.000 vehículos para el año 2020. En la Tabla 2 se puede observar cómo algunas medidas relacionadas con los avances tecnológicos en la flota alcanzarían ahorros de hasta 5.329 ktep en el año 2020.

Tabla 2. Ahorro de energía final 2016-2020 en el sector Transporte.
Fuente: PAAEE 2011-2020 [14].

Medida para el ahorro de energía final (Sector Transporte)	2016	2020
Planes de movilidad urbana	802	996
Planes de transporte para empresas	408	508
Mayor particip. medios colectivos en el transporte por carretera	84	92
Mayor participación del modo ferroviario	1121	1996
Mayor participación del modo marítimo	-9	42
Gestión de infraestructuras de transporte	1756	1950
Gestión de flotas de transporte por carretera	401	445
Gestión de flotas de aeronaves	-9	21
Conducción eficiente del vehículo turismo	497	493
Conducción eficiente de camiones y autobuses	607	602
Conducción eficiente de aeronaves	-7	14
Renovación de flotas de transporte terrestre	570	822
Renovación de flotas aéreas	-3	10
Renovación de flotas marítimas	-2	14
Renovación del parque automovilístico de turismos	705	1017

- En relación con el sector de la edificación, se prevé que la mayoría de los ahorros procedan del sector terciario ya que en el sector residencial se compensarán los ahorros obtenidos gracias a la mejora de eficiencia energética (renovación de calderas y equipos de aire acondicionado) con la mayor penetración de equipos de aire acondicionado. Un 73% del progreso se atribuye a

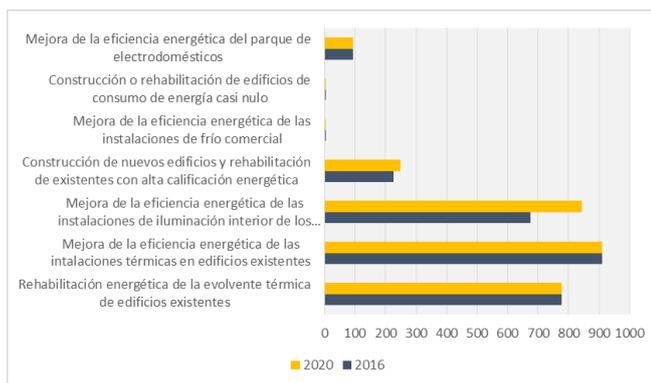


Figura 8. Ahorro de energía final 2016-2020 en el sector Edificación.
Fuente: PAAEE 2011-2020 [14].

- mejoras en la envolvente (775 ktep) e instalaciones térmicas fundamentalmente de los edificios existentes (1249 ktep), tal y como se puede observar en la Figura 8, mientras que el 29% se atribuiría mejoras en la iluminación y algunos electrodomésticos (792 ktep).

- En cuanto al sector público, cuyas medidas tan solo supondrían un ahorro del 0,7% del total, se pretende reducir el consumo en plantas de desalación, potabilización y tratamiento de aguas residuales, así como implementación de mejoras en el alumbrado público, tal y como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Ahorro de energía final 2016-2020 en el sector SSPP.
Fuente: PAAEE 2011-2020 [14].

Medida para el ahorro de energía final (Servicios Públicos)	2016	2020
Renovación de las instalaciones de alumbrado público exterior existentes	19	58
Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación	36	67

En el informe también se haría referencia a las medidas adoptadas para el ahorro de energía en el sector de la agricultura y pesca. No obstante, no se analizarán al no aportar valor al presente proyecto y quedarse fuera del alcance del mismo.

3.2.2 ENERGÍAS RENOVABLES

Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020

Entre los datos más relevantes encontrados en el Plan de Acción para el presente análisis, se encuentran algunos de los objetivos de cuota de renovables para el sector calefacción y refrigeración; y para el sector transporte, tal y como se puede observar en la Tabla 4 y en la Tabla 5. [15]

En relación con el sector calefacción y refrigeración, gran parte del consumo de la biomasa térmica (biomasa sólida) para el año 2020 se repartirá entre el sector doméstico y edificios, además del industrial. La energía geotérmica seguirá desarrollándose en dos formas: por un lado, como energía térmica, excluyendo el calor geotérmico en las bombas de calor; y, por otro lado, como energía renovable a partir de bombas de calor geotérmicas. Además, según el análisis, las bombas de calor aerotérmicas podrían llegar a duplicar su producción entre los años 2015 y 2020.

Tabla 4. *Objetivos de consumo de RES (ktep) en el sector calefacción y refrigeración.*

Fuente: PANER 2011-2020. [15]

	2010	2015	2020
Energía geotérmica	3,8	5,2	9,5
Energía solar térmica	183	308	644
Biomasa	3729	4060	4653
Sólida	3695	3997	4553
Biogás	34	63	100
Energía renovable a partir de bombas de calor	17,4	30,8	50,8
De la cual aerotérmica	5,4	7,4	10,3
De la cual geotérmica	12	23,4	40,5
TOTAL	7680	8495	10061

Finalmente, en relación con el consumo de energía procedente de fuentes renovables en el sector transporte, se prevé que el uso del biodiesel se duplique en la etapa 2015-2020. Además, es importante atender a las elevadas magnitudes de consumo de electricidad debido al despliegue del vehículo eléctrico, gracias a objetivos establecidos.

Tabla 5. *Objetivos de consumo de RES (ktep) en el sector transporte.*

Fuente: PANER 2011-2020. [15]

	2010	2015	2020
Bioetanol/bio-ETBE	3,8	5,2	9,5
Biodiesel	183	308	644
Electricidad procedente de RES	3729	4060	4653
Transporte por carretera	3695	3997	4553
No carretera	34	63	100
TOTAL	7645	8433	9960

3.2.3 PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2021-2030

En el mismo, en primer lugar, se hace referencia a los objetivos establecidos para la Unión Europea en materia energética con la publicación del Paquete de Invierno del año 2016 [16]:

- 40% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 1990.
- Cuota de participación de renovables del 32% para toda la UE.
- Mejora de la eficiencia energética en un 32,5%.
- 15% de interconexión eléctrica con los Estados miembros.

Con el objetivo de impulsar el un mayor despliegue de energías renovables, generación distribuida y eficiencia energética, el presente Plan establece nuevos propósitos para el año 2030:

- 21% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 1990.
- 42% de renovables sobre el uso final de la energía, fundamentalmente a través de la electrificación (5 millones vehículos eléctricos para el año 2030).
- 39,6% de mejora de eficiencia energética.
- 74% de energía renovable en la generación eléctrica.

En el PNIEC se detallarían además los sectores económicos de penetración de las **energías renovables** además de la evolución del consumo de RES en cada uno de ellos a lo largo del

periodo de análisis 2021-2030, tal y como se listan en la Tabla 6. En el sector transporte, los principales motores serían el cambio modal de los vehículos convencionales de combustión, que estarían cada vez más restringidos, al uso de transporte público, el despliegue de la movilidad eléctrica (5 millones de vehículos eléctricos para el año 2030) y un impulso al uso de biocarburantes avanzados. Por su parte, el sector calefacción y refrigeración se electrificaría y aumentaría el uso de renovables térmicas.

Tabla 6. Evolución del consumo de RES por sector económico (ktep).

Fuente: PNIEC & Elaboración propia. [16]

Sector Económico	2021	2030
Generación eléctrica	9793	20988
Bombas de calor	650	4076
Residencial	2607	3123
Industria	1721	2585
Transporte (biocarburantes)	2283	1568
Servicios y otros	355	596
Agricultura	94	278

En relación con los objetivos de **eficiencia energética**, el objetivo para el año 2030 se traduciría en unos consumos de energía primaria de 98,2 Mtep para ese año. En cuanto al ahorro acumulado de energía final para el periodo comprendido, de acuerdo con lo establecido en la Directiva 2012/27/UE, para el año 2021 ascendería a 15.979 ktep, mientras que el objetivo acumulado de ahorro de energía final ascendería a 36.809 ktep, lo que supondría unos ahorros anuales de 669 ktep/año durante el periodo 2021-2030.

CAPÍTULO 4. SECTOR RESIDENCIAL

4.1 INTRODUCCIÓN

4.1.1 DESCRIPCIÓN

El sector residencial presentó en 2016 un consumo total de 15.067 ktep, lo que supone aproximadamente un 19% del consumo de energía final total. Es actualmente uno de los sectores en los que más avances tecnológicos en los equipos eléctricos y térmicos se han aplicado a fin de promover la reducción de emisiones. Entre las medidas contempladas a futuro, se encuentran planes de rehabilitación de edificios e introducción de equipos más eficientes que resulten en reducciones de consumo energético.

4.1.2 FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO

El sector residencial, como se ha mencionado previamente, representa un 19% aproximadamente del consumo de energía final, con usos muy diversos de la misma, entre los que se encuentran el uso en la calefacción, en el agua caliente sanitaria, en la refrigeración, en la cocina, en la iluminación, en los electrodomésticos y en el standby, fundamentalmente.

Además, los usos anteriormente descritos presentan distintas alternativas tecnológicas; así por ejemplo, la calefacción y el agua caliente sanitaria podrían usar calderas de biomasa (energía renovable), bombas de calor (electricidad), calderas convencionales (gas natural) mientras que las cocinas varían desde la vitrocerámica tradicional, alimentada por electricidad, hasta las cocinas de gas natural. Este hecho conlleva un consumo de energía final por uso y por vector muy heterogéneo, de forma que sea preciso estudiar cada uno de los vectores finales de energía en el presente sector, a excepción del carbón, cuya tasa de participación es insignificante, y la electricidad, fuera del alcance de este proyecto.

4.1.3 DESARROLLO HISTÓRICO

En el sector residencial, la electricidad, el gas natural, las energías renovables y los productos petrolíferos son los principales vectores de consumo energético, tal y como se puede apreciar en la Figura 9, por lo que el estudio de este sector quedará acotado a dichos vectores energéticos, suponiendo la evolución del consumo de carbón constante para el horizonte 2020-2030.

El consumo de energía final registrado en el sector residencial a 31 de diciembre de 2016, estuvo repartido entre electricidad (39%), gas natural (23%), carbón (1%), productos petrolíferos (19%) y energías renovables (18%) tal y como se observa en dicha Figura 9. En sus orígenes, esta demanda se habría cubierto fundamentalmente a partir de combustibles fósiles; no obstante, en la Figura 9 se puede apreciar como la demanda eléctrica habría ido aumentando durante los últimos años, en contraste con los productos petrolíferos, que habría registrado una tendencia negativa en la última década.

Además, al igual que en otros sectores, el consumo del sector residencial habría estado condicionado por la crisis económica y no tanto con la evolución de la población. Desde el año 2010, se ha registrado una tendencia decreciente en el consumo unitario de los hogares que podría deberse tanto a una gestión activa del consumo en los hogares, ya que la renta per cápita

de los mismos habría disminuido, como a la implementación de tecnologías más eficientes, ya que el aumento de población y el número de hogares a lo largo de los años debería haber resultado en consumos mayores.

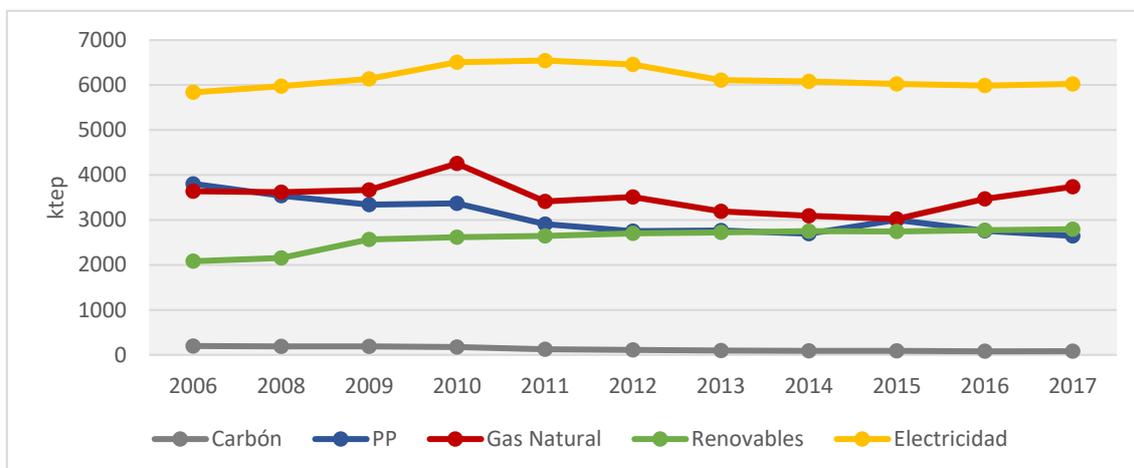


Figura 9. Evolución del consumo energético en el sector residencial.

Fuente: IDAE & Elaboración propia.[5]

4.1.4 METODOLOGÍA

Para facilitar al lector el procedimiento llevado a cabo para el desarrollo del proyecto, se ha dedicado el presente apartado donde se registra la metodología utilizada para la realización de previsiones energéticas sectoriales a 2030, compuesta fundamentalmente por cuatro fases:

1. Análisis de la evolución de la demanda energética durante el periodo 2010-2016. Esta parte se ha incluido en la introducción de cada capítulo, no dedicando un apartado exclusivo para tal propósito.
2. Búsqueda e identificación de variables que participan en el consumo (número de equipos, consumos unitarios, horas de funcionamiento, etc). Esta segunda parte es lo que se conoce como **compilación del modelo**, en la que se explica la demanda energética en el sector residencial a partir de variables procedentes de fuentes fiables (IDAE).
3. **Identificación de los drivers principales** que condicionan la demanda en el futuro, como la penetración de equipos con mejores prestaciones y eficiencia energética, o
4. Obtención de **resultados (previsión)** basándose en hipótesis de la evolución de diferentes drivers del sector residencial. Por ejemplo, la eficiencia energética en el sector de climatización, con la entrada de bombas de calor y calderas de condensación en la flota hasta el año 2030

Para ello, un análisis “bottom-up” de cada vector energético en el sector residencial y de las medidas de eficiencia energética implementadas en los últimos años, con el objetivo de que el pronóstico sea lo más preciso posible. Los pasos mencionados anteriormente deben realizarse para cada una de las fuentes de consumo de cada uno de los vectores energéticos.

4.2 PRODUCTOS PETROLÍFEROS

4.2.1 INTRODUCCIÓN

Los hogares necesitan energía para alimentar numerosos aparatos y equipos; no obstante, como se ha comentado previamente, más de la mitad de la energía final consumida en el sector residencial es para dos usos finales fundamentalmente: climatización y aire acondicionado. Lo mismo ocurre para los

productos petrolíferos, que como se observa en la Figura 10, durante los últimos años (periodo 2010-2016), la calefacción ha supuesto un promedio del 69% del consumo final de productos petrolíferos en este

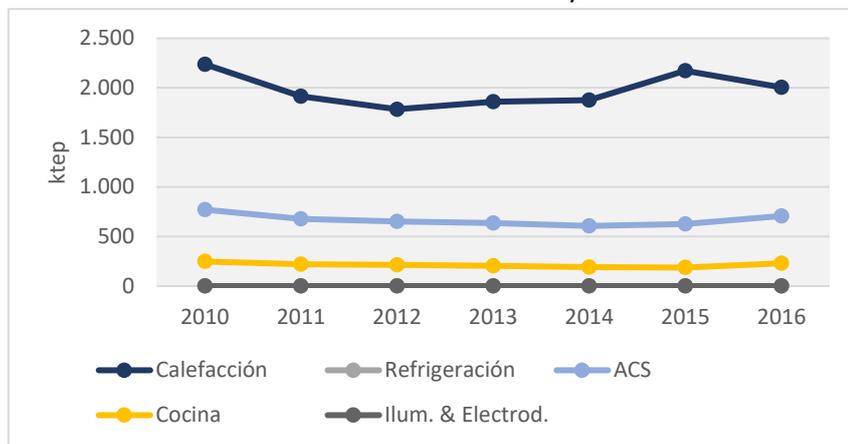


Figura 10. Consumo de productos petrolíferos por usos.
 Fuente: IDAE & Elaboración propia. [17]

sector, seguido del agua caliente sanitaria (ACS) con una participación del 23% y las cocinas (7%), mientras que otros usos fundamentales como la refrigeración, iluminación y electrodomésticos, presentan consumos de gasóleo y GLP nulos al estar alimentados por electricidad prioritariamente.

En este contexto, el alcance del análisis del consumo de productos petrolíferos en el sector residencial quedará acotado a los consumos de calefacción Y agua caliente sanitaria exclusivamente, dado que el consumo de las cocinas representa un porcentaje pequeño que además disminuirá con el tiempo.

4.2.2 RECOGIDA Y COMPILACION DE DATOS REALES

En este apartado se recoge la primera de las cuatro fases que corresponden con el proceso explicado previamente, la recogida y compilación de datos reales. Para abarcar esta primera fase, se ha realizado la siguiente secuencia de tareas:

- En primer lugar, **se han identificado las fuentes de consumo** (calefacción, refrigeración, etc) con una tasa de consumo más **relevante** sobre el consumo final total de productos petrolíferos en el sector residencial (ya explicada en la parte introductoria de esta sección).
- Posteriormente, y como *core* de esta parte, se han **buscado e identificado aquellas variables que permiten determinar el consumo final** de cada uno de los segmentos a estudiar, determinando así los consumos finales anuales de productos petrolíferos para el sector residencial.

Teniendo en cuenta que los consumos del periodo 2010-2016 son conocidos, se utilizarán los datos del periodo 2010-2012 para la construcción y ajuste del modelo, comparando los resultados obtenidos por el modelo para el periodo 2013-2016 con los reales registrados por el IDAE, con el objetivo de ajustar con más precisión las variables.

4.2.2.1 Calefacción

De las fuentes no renovables que alimentan las calderas a nivel estatal, los productos petrolíferos estarían en segunda posición después del gas natural en lo que al número de viviendas en las que tienen presencia se refiere, con una participación del 37,7% en el total de las viviendas y un 31% del consumo final sobre el total de consumo de la calefacción. En línea con lo comentado, se disponen diferentes variables a tener en cuenta para el análisis del consumo de productos petrolíferos en la calefacción:

- Número de viviendas principales y secundarias, clasificadas de acuerdo a la antigüedad y provincia.
- Superficie total de las viviendas, clasificadas de acuerdo a antigüedad y provincia
- Consumo unitario por vivienda/superficie de acuerdo al municipio (kWh/m²)

De acuerdo al censo realizado por el INE bajo la solicitud del Ministerio de Fomento, en el año 2011 se registraron un total de 25.208.812 viviendas en España. De estas, se ha obtenido la distribución que se ilustra en la Figura 11 de acuerdo a su ocupación y disponibilidad de calefacción, según la memoria del “Estudio de la distribución del consumo energético residencial para calefacción en España”, realizado por el Ministerio de Fomento. A estos datos habría que sumar un total de 23.510 viviendas que se descartan al estar ubicadas en las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, y otras 481.500 viviendas al no disponer datos suficientes sobre la tipología, año de construcción u otros.

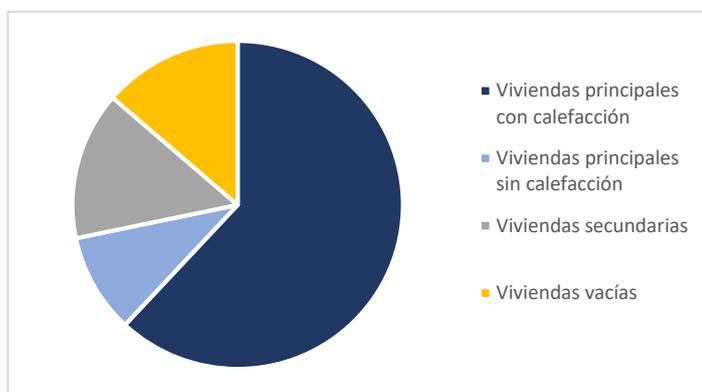


Figura 11. Número de viviendas según ocupación y disponibilidad de calefacción. Fuente: Ministerio de Fomento. [18]

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se estima un total de 15.108.671 viviendas principales con calefacción situadas en las 17 Comunidades Autónomas de las que se dispone de suficiente información para ser analizada desde el punto de vista energético. De estos totales, el informe del Ministerio de Fomento [18] estima una superficie media de 102,95 m²/vivienda, y un consumo energético anual total de calefacción de 76.626.886 MWh.

Además, el consumo de calefacción estaría fuertemente condicionado por las características de la vivienda (unifamiliar o pisos) y por la antigüedad del edificio, pues los edificios nuevos presentan envolventes y otras actualizaciones que resultan en un consumo menor, es importante conocer cifras del número de viviendas existentes de acuerdo a la etapa de construcción y a las características intrínsecas. Esto último se habría obtenido gracias al Censo 2011, y se habría recogido en la Tabla 7.

Tabla 7. Tabla total de viviendas principales con calefacción.

Fuente: Ministerio de Fomento. [18]

	Rural			Urbano		
	Unifamiliares	Pisos	Sin datos	Unifamiliares	Pisos	Sin datos
≤ 1940	419.649	148.298	-	121.391	506.724	-
1941-1960	308.411	173.615	-	184.814	889.612	-
1961-1980	155.306	698.669	-	337.412	3.879.667	-
1981-2007	1.196.559	991.716	-	752.413	3.202.894	-
2008-2011	134.455	124.837	-	71.764	377.465	-
Sin datos	-	82.297	69.655	-	230.798	98.750

El consumo energético promedio para calefacción por vivienda se sitúa en 5.497 kWh/vivienda-año; si bien existiría, como ya se ha comentado, una fuerte desviación en función de la etapa de construcción, tipología de la vivienda y provincia en la que se encuentra. En términos unitarios, la superficie media por vivienda se estima en 102,95 m², con un consumo energético total de calefacción de 76.626.886 MWh. No obstante, considerando que la demanda de calefacción por vivienda viene motivada por la temperatura exterior, es necesario considerar este último factor a la hora de analizar el consumo total de calefacción a nivel nacional.

Gracias al estudio “Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020” realizado por WWF, se ha podido obtener una clasificación de la demanda energética de calefacción según la antigüedad de la vivienda, la provincia a la que pertenece y la tipología de la misma, distinguiendo fundamentalmente tres ciudades: Burgos, Madrid y Sevilla. Las cifras obtenidas se incluyen en la Tabla 8.

Tabla 8. Demanda energética de calefacción por superficie según WWF. (kWh/m²)

Fuente: Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020 [19]

	Antes de 1960			1961-1980			1981-2007			2008-2011		
	Aisladas	Adosadas	Pisos	Aisladas	Adosadas	Pisos	Aisladas	Adosadas	Pisos	Aisladas	Adosadas	Pisos
Burgos	270,9	221,6	136,6	261,2	218,2	135,7	213,5	175,8	116,3	66,3	59,3	44,2
Madrid	171,1	137,0	83,8	164,5	134,9	83,5	135,3	108,6	71,4	38,0	32,3	23,7
Sevilla	75,6	56,7	35,0	73,1	55,8	35,1	66,1	49,4	33,1	15,4	10,5	7,6

Conocida la demanda unitaria de acuerdo a la geografía de estas tres ciudades, y a partir de la temperatura media de las distintas ciudades españolas, se podría interpolar, obteniendo la demanda energética promedio según el domicilio de las distintas viviendas nacionales. Así por ejemplo, en la Figura 12 se puede observar cómo la zona continental (azul más oscuro) presentaría consumos energéticos superiores a la zona mediterránea.

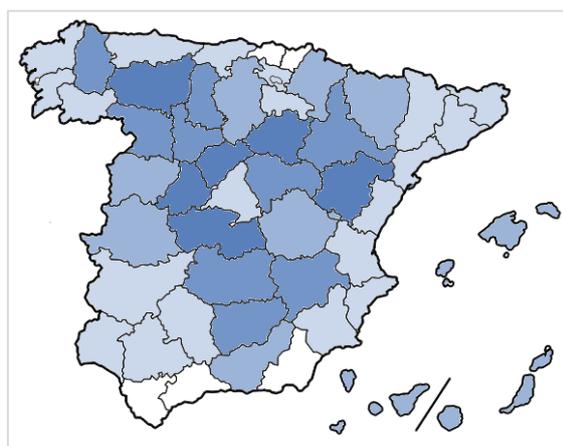


Figura 12. Distribución del consumo energético de calefacción a nivel nacional.

Fuente: Elaboración propia.

No obstante, estos datos solo ayudarían a distinguir la diferencia de consumos en general entre unas zonas y otras, distinguiendo fundamentalmente tres zonas principales de consumo: zona atlántico-norte, zona continental y zona mediterránea, siendo la zona

continental aquella con mayores consumos, tal y como se ha comentado previamente. Además de esta caracterización, es necesario conocer el consumo de estas zonas según la fuente energética utilizada, en concreto, los productos petrolíferos. De esta forma, se habría utilizado el estudio “SPAHOUSECC 2011”, del Instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDAE), que cifra los consumos finales de energía procedentes de calefacción según las tres zonas identificadas, especificando la afluencia de calderas convencionales en la zona continental y equipos de calefacción eléctricos en la zona Mediterránea, el tipo de vivienda de la que se trata (unifamiliar y plurifamiliar) y la fuente energética para el año 2011. Con estas cifras de consumo y el número de viviendas según la fuente energética utilizada, obtenida a partir del Censo 2001 ya que el Censo 2011 no especificaba así las viviendas, se obtendría un consumo unitario anual de cada vivienda principal con calefacción alimentada por productos petrolíferos de **5.385 kWh/vivienda**.

En cuanto al número de equipos o viviendas alimentados con equipos de calefacción alimentados por productos petrolíferos, el informe SPAHOUSEC 2010 [20], en primer lugar indicaría una **tasa de equipamiento de calefacción en los hogares del 90%** en general que se considera constante para años futuros. Con estos datos, y teniendo el número de viviendas principales y secundarias de la flota española (21.660.645), dato estimado a partir del INE [21], sería posible determinar el número de equipos de calefacción para el año 2010:

$$N^{\circ} \text{ calderas total}_{\text{año}} = \text{Tasa equipamiento} * N^{\circ} \text{ hogares}_{\text{año}}$$

Así por ejemplo, para el año 2010, el número de calderas sería:

$$N^{\circ} \text{ calderas total}_{2010} = 0,9 * 21.660.645 = 19.494.580 \text{ calderas}$$

Además, estimaría la **penetración de cada tipo de tecnología de calefacción** para el año 2010: las calderas convencionales supondrían un 60% de la flota total mientras que las calderas de condensación o eficientes, apenas llegarían por aquellos entonces a un 1%. Paralelamente, otras fuentes de información afirmarían que las calderas murales o de condensación habrían aumentado su cuota hasta un 10% aproximadamente en 2016 a costa de un descenso en las convencionales. Por tanto, conociendo estos porcentajes y la cifra total de calderas, podría obtenerse

$$N^{\circ} \text{ calderas convencionales}_{2010} = 0,6 * 19.494.580 = 11.696.748 \text{ calderas}$$

$$N^{\circ} \text{ calderas condensación}_{2010} = 0,01 * 19.494.580 = 146.576 \text{ calderas}$$

El número de calderas alimentadas por gas natural se ha obtenido a partir de datos de la CNMC, como a continuación se explicará, por tanto, teniendo en cuenta el número total de equipos alimentados por gas natural y productos petrolíferos y sustrayéndole el número de equipos alimentados por gas natural, se ha obtenido el número de sistemas de calefacción alimentados por productos petrolíferos para el año 2010:

$$N^{\circ} \text{ calderas total (PP)}_{2010} = 11.843.324 - 7.090.937 = 4.752.387 \text{ calderas}$$

Con el número de calderas alimentadas por fuel-oil y el número de calderas totales, se puede conocer la penetración de esta tecnología sobre la flota:

$$\text{Participación Prod. Petrol.}_{2010} (\%) = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ calderas PP}}{\text{N}^{\circ} \text{ calderas total (Gas + PP)}}$$

$$\text{Participación Prod. Petrol.}_{2010} (\%) = \frac{4.752.387}{11.843.324} = 0.4 (40\%)$$

Con el número de calderas totales de acuerdo a la eficiencia, la participación de los productos petrolíferos sobre este segmento (con peso decreciente a lo largo de los años en búsqueda de tecnologías más limpias) y el consumo unitario anual de productos petrolíferos por tipología de equipo (más o menos eficiencia), se habría determinado el consumo total anual de productos petrolíferos procedente del segmento de la calefacción doméstica para el periodo 2010-2016.

Finalmente, para poder determinar la evolución del consumo productos petrolíferos a largo plazo, se ha utilizado la metodología en el apartado 4.5 de este capítulo, que considera cómo evolucionaría la flota de equipos para los próximos años así como las hipótesis y *drivers* incluidos en el modelo para determinar el consumo energético en cada uno de los escenarios analizados a futuro.

4.3 GAS NATURAL

4.3.1 INTRODUCCIÓN

Los principales usos de gas natural en el sector residencial corresponden a la calefacción, ACS y cocinas, tal y como se puede observar en la Figura 13. Durante los últimos años, tanto viviendas de nueva construcción como viviendas existentes se han ido dotando de

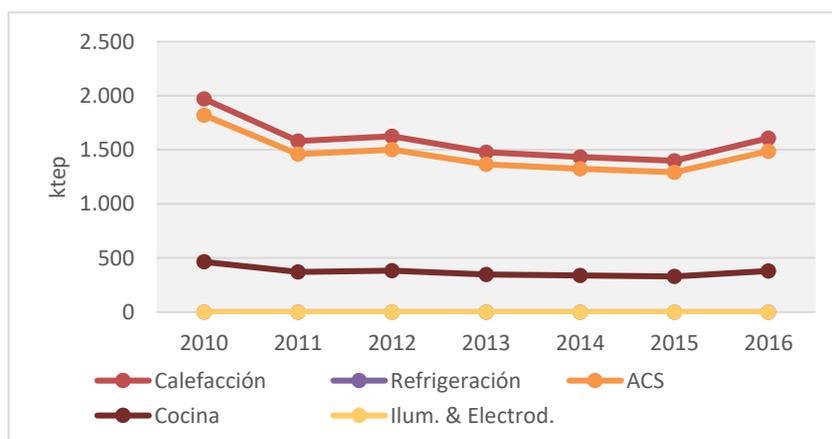


Figura 13. Consumo de gas natural por usos en el sector residencial.

Fuente: IDAE & Elaboración propia. [17]

instalaciones individuales principalmente de gas natural a costa de un disminución de los productos petrolíferos, tendencia repetida en el ACS.

Por tanto, y en línea con lo observado en la Figura 13, el análisis de la calefacción, los equipos de agua caliente sanitaria y las cocinas, permitiría explicar el 100% del consumo de gas natural en este sector, acotándose el alcance de este vector a dichos segmentos.

4.3.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES

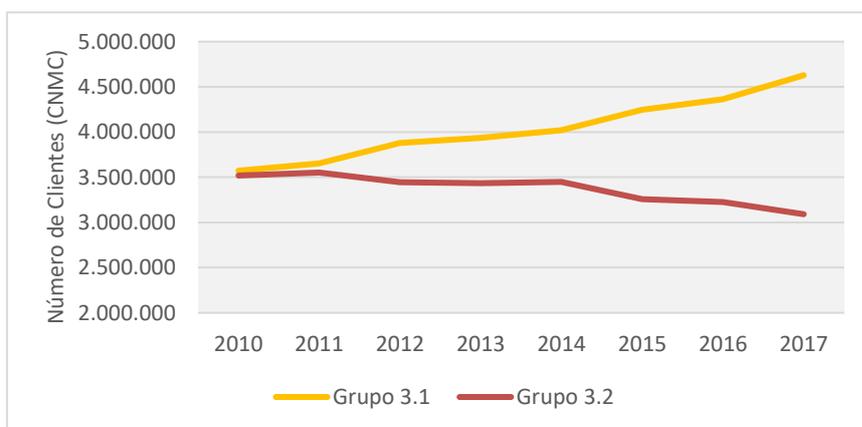
En este apartado se recoge cada una de las variables estudiadas en cada segmento de consumo de gas natural en el sector residencial para poder determinar explicar el consumo energético que tuvo lugar durante el periodo 2010-2016.

4.3.2.1 Calefacción

El consumo de calefacción de gas natural en el segmento de calefacción durante el año 2016 ascendía a 1.608 kteps, con una participación total del 25% sobre el resto de vectores energéticos.

Para el cálculo del consumo de gas natural procedente del sector calefacción, se habrían utilizado entre otros, datos procedentes del "Informe de supervisión del mercado de gas natural en España" [22], de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, a partir del cual se han obtenido el número de clientes de los grupos de presión 3.1 y 3.2, recogidos en la Figura 14.

El grupo de presión 3.1 está formado por consumos menores o iguales a 5.000 kWh/año, con una presión igual o inferior a los 4 bares; el grupo 3.2 por su parte, estaría formado por consumos mayores a los 5.000 kWh/año, con la misma presión que el grupo 3.1, siendo los clientes de uso doméstico los que se acogen a este tipo de tarifas. Este dato, permite determinar



la **tendencia de la cuota de mercado que el gas natural** ha tomado durante los últimos años, en este caso, positiva, aumentando de los 7.090.937 clientes en 2010 a los 7.718.752 clientes en 2017.

Figura 14. Número de clientes de gas natural.

Fuente: CNMC & Elaboración propia. [22]

Esto evidenciaría la implementación de algunas medidas contempladas ya en los Planes de Acción y Ahorro energético como el cambio de gasóleo a gas natural en la calefacción.

Por otra parte, el estudio SPAHOUSE del IDAE [20], determinaría una **tasa de equipamiento de calefacción en los hogares del 90%** en general que se considera constante para años futuros. Con estos datos, y teniendo el número de viviendas principales y secundarias de la flota española (21.660.645), dato estimado a partir del INE, sería posible determinar el número de equipos de calefacción para el año 2010:

$$N^{\circ} \text{ calderas total}_{\text{año}} = \text{Tasa equipamiento} * N^{\circ} \text{ hogares}_{\text{año}}$$

Así por ejemplo, para el año 2010, el número de calderas sería:

$$N^{\circ} \text{ calderas total}_{2010} = 0,9 * 21.660.645 = 19.494.580 \text{ calderas}$$

Además, este mismo informe estimaría la **penetración de cada tipo de tecnología de calefacción** para el año 2010: las calderas convencionales supondrían un 60% de la flota total mientras que las calderas de condensación o eficientes, apenas llegarían por aquellos entonces a un 1%. Paralelamente, otras fuentes de información afirmarían que las calderas murales o de condensación habría aumentado su cuota hasta un 10% aproximadamente en 2016 a costa de

un descenso en las convencionales. Por tanto, conociendo estos porcentajes y la cifra total de calderas, podría obtenerse el número de calderas existentes por tipología.

$$\text{N}^\circ \text{ calderas convencionales}_{2010} = 0,6 * 19.494.580 = 11.696.748 \text{ calderas}$$

$$\text{N}^\circ \text{ calderas condensación}_{2010} = 0,1 * 19.494.580 = 146.576 \text{ calderas}$$

Teniendo en cuenta el número de calderas totales alimentadas por gas natural o por productos petrolíferos (convencionales + condensación), y conocido el número de clientes anual de gas natural a partir de la CNMC, se habría obtenido la **penetración de las calderas de gas natural** sobre el total a lo largo de los años, observando una tendencia creciente, tal y como se observa en la Figura 15:

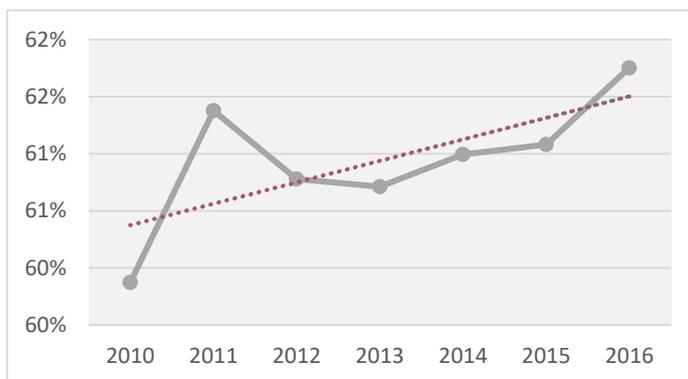


Figura 15. Penetración de gas natural frente a PP en el sector calefacción (Residencial).
 Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Participación Gas Natural}_{2010} (\%) = \frac{\text{Clientes Gas Natural}}{\text{N}^\circ \text{ calderas total (Gas + PP)}} = 60\%$$

$$\text{Participación Gas Natural}_{2010} (\%) = \frac{7.090.937}{11.843.324} = 60\%$$

Por otra parte, de acuerdo al informe "Estudio de la distribución del consumo energético residencial para calefacción en España" elaborado por el Ministerio de Fomento [18], el **consumo medio anual** de una vivienda con calefacción alimentada por gas natural es de 2.677 kWh/año aproximadamente, suponiendo de acuerdo a otras fuentes de datos que el consumo unitario de una caldera de condensación supone un ahorro del 70% en combustible, con un consumo anual de 803 kWh/año.

Con todas las variables anteriores, se habría obtenido el consumo de gas natural por parte del segmento de calefacción para el periodo 2010-2016. No obstante, para poder determinar los consumos a futuro es necesario considerar una hipótesis relacionada con la eficiencia energética y que correspondería a la **penetración del número de calderas de condensación y convencionales** sobre el total. Esta hipótesis variaría de acuerdo al escenario final estudiado; así por ejemplo, en un escenario de alta eficiencia energética, la penetración de las calderas de condensación sería mayor que en un escenario continuista.

Además, el consume de gas durante el periodo 2010-2016 habría disminuido y se estima que esta tendencia negativa continúe, no solo por la penetración de equipos más eficientes con consumos unitarios inferiores, sino también como consecuencia de una rehabilitación y mejora del aislamiento de los edificios. Una mejora en el envolvente térmico gracias a la rehabilitación del 6% anual de los edificios permitiría alcanzar un ahorro estimado del 16% en climatización. Desde 2010, un ahorro del 15% se habría considerado para viviendas de nueva construcción en términos de calefacción gracias a una mejora de la envolvente térmica. Se estima que el

porcentaje medio de hogares rehabilitados está en 0.3% entre 2010 y 2014. (poner los ahorros que se estiman si no llega a suficiente el agua caliente sanitaria). [23]

4.3.2.2 Agua Caliente Sanitaria

De forma similar a como se habría calculado el consumo energético de gas natural en el sector calefacción, se habría calculado el número consumo del segmento de agua caliente sanitaria. Teniendo en cuenta que la tasa de equipamiento del agua caliente sanitaria en los hogares es del 99,99% de acuerdo al IDAE [20], prácticamente, el número total de viviendas principales y secundarias estarían equipadas con sistemas de agua caliente sanitaria, por lo que podría obtenerse el número de equipos total en uso de ACS.

$$N^{\circ} \text{ equipos nuevos ACS} = N^{\circ} \text{ vivienda nuevas} * \text{Tasa Equipamiento (\%)}$$

A partir del número de clientes de gas natural de los grupos de presión 3.1. y 3.2 (consumos residenciales) de la CNMC, se habría obtenido el número total de viviendas con equipos alimentados por gas natural para el periodo 2010-2017. Con estas dos variables previas, número total de equipos de ACS, y número total de equipos de ACS de gas natural, se obtendría la penetración de gas natural durante los últimos años, obteniendo como resultados los ilustrados en la Figura 16, donde se puede apreciar una tenencia claramente creciente hacia equipos alimentados por gas natural.

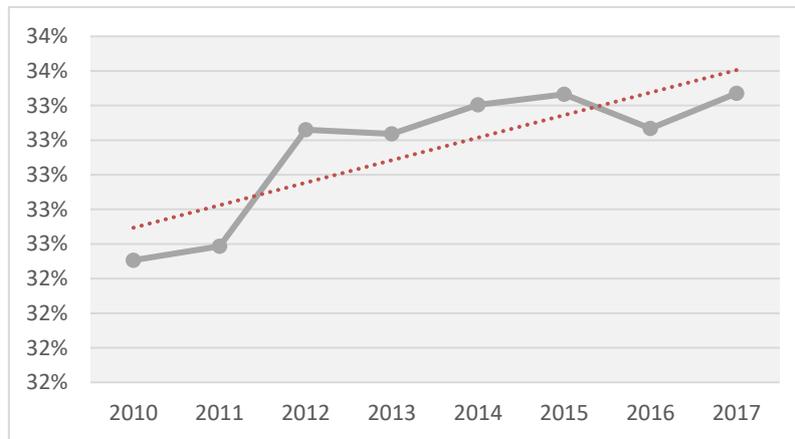


Figura 16. Penetración de gas natural frente a otros vectores en el segmento ACS (Residencial).

Fuente: Elaboración propia.

Considerando como **driver** del modelo para este segmento la penetración de gas natural y conociendo el número de equipos totales anuales y el consumo unitario de cada equipo (0,199 tep/año, de acuerdo al IDAE), se obtendría la evolución del total anual.

4.3.2.3 Cocina

En el caso de las cocinas, como en el resto de componentes, el punto de partida para el análisis habría sido el año 2010. Desde sus orígenes, siempre ha habido una gran competitividad entre el uso del gas natural y la electricidad en este segmento. No obstante, la continua implementación de mejoras de eficiencia energética en las cocinas eléctricas habría dado lugar a un cambio de gas natural a electricidad por parte de la demanda del consumidor; de hecho, el número de cocinas eléctricas alcanzó la cifra de 11.274.358 unidades en 2010, mientras que la cifra de gas apenas llegaba a 5.908.375 unidades. A pesar de ello, aún quedarían muchas cocinas de gas que reemplazar y cuyo consumo no se puede despreciar.

Partiendo del número de cocinas de gas existentes en el año 2010, el número de **cocinas nuevas** que van entrando en la flota, se habría determinado a partir del número anual de hogares de nueva construcción y de la tasa de equipamiento de las cocinas en los hogares, correspondiente a un 98% aproximadamente según el informe del SPAHOUSEC [20], del IDAE. Así, el número de cocinas habría crecido de acuerdo al gráfico que se muestra en la Figura 17.

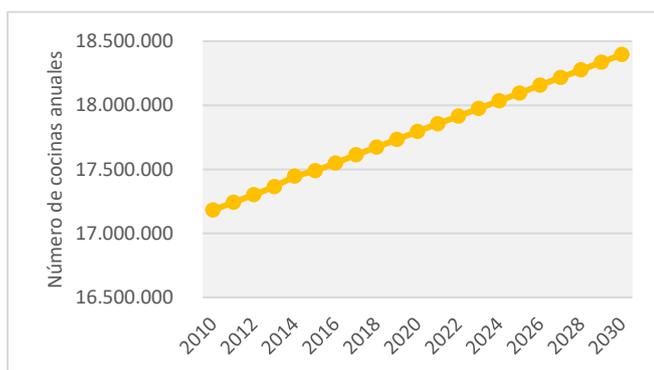


Figura 17. Número de cocinas total de acuerdo al número de viviendas. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la tasa de penetración de la cocina de gas natural frente a la de electricidad a lo largo de los años para determinar el número de cocinas de gas nuevas, es una de los **drivers** a considerar en este segmento de análisis. De acuerdo al Plan de Acción 2011-2020 [14], la evolución es creciente para las cocinas eléctricas frente a las no eléctricas o mixtas, que podría llegar al 74% de los hogares en 2020, frente a la cocina de gas, que disminuiría su participación del 34% en 2010 al 25% en 2020, como se observa en la Figura 18. Teniendo en cuenta la tasa de penetración anual de las cocinas de gas y el número de cocinas nuevas, se podría obtener el número de cocinas de gas.

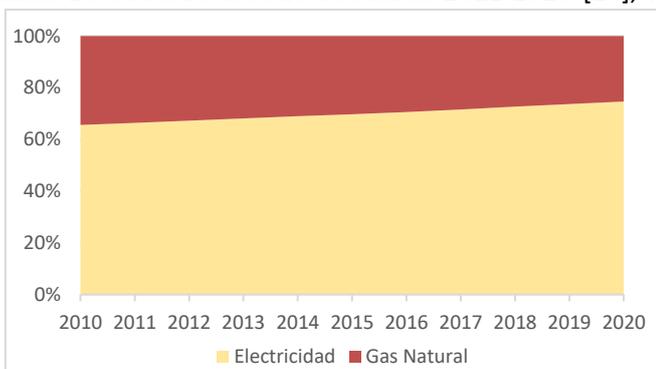


Figura 18. Evolución de la penetración de tipos de cocina. (Periodo 2010-2020).

Fuente: Plan de Acción 2020-2020 y Elaboración propia. [14]

Finalmente, para poder determinar el consumo anual de gas natural procedente del uso de las cocinas en el sector residencial, es necesario conocer el consumo unitario de las cocinas de gas, dependiente del número de horas y de fuegos en uso, y estimado en 0.25 tep/año de acuerdo al informe sobre consumos del sector residencial del IDAE [20].

4.4. ENERGÍAS RENOVABLES

4.4.1 INTRODUCCIÓN

En relación con el consumo de energías renovables por parte del sector residencial, la biomasa, el biogás y la energía solar térmica son las principales fuente de energía renovable utilizadas como consumo final. Como se observa en la Figura 19, existe una gran heterogeneidad en los usos de la energía producida con biomasa, utilizándose fundamentalmente para calefacción (más del 92% sobre el consumo total de biomasa) y producción de agua caliente sanitaria (7%) en el sector doméstico (viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos, barrios o municipios enteros). A nivel europeo, en torno al 83% se destina a usos térmicos y el 17% a la producción de electricidad. En el cómputo global del consumo, además del sector doméstico, destacan las industrias de papel y pasta; las de madera, muebles y corcho; y las de alimentación, bebidas y tabaco, que suman el 90% del total consumido en el sector industrial.

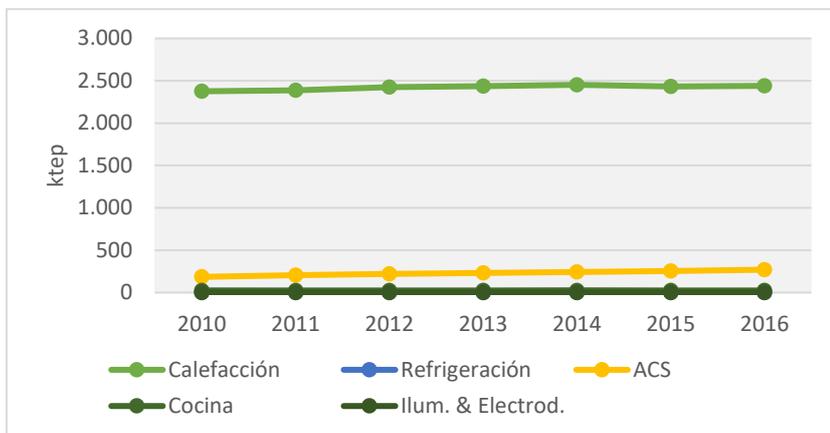


Figura 19. Consumo de energías renovables por usos en el sector residencial. Fuente: IDAE & Elaboración propia. [17]

4.4.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES

4.4.2.1 Calefacción

Para determinar el consumo final de biomasa procedente del segmento de calefacción, se habría partido del número de calderas de biomasa existentes en la flota en el año 2010, según el estudio SPAHOUSEC del IDEA [20], que estima un total de 1.172.606 estufas y calderas de biomasa para ese mismo año. En cuanto al consumo unitario de biomasa por vivienda, se habría obtenido de acuerdo a la misma metodología

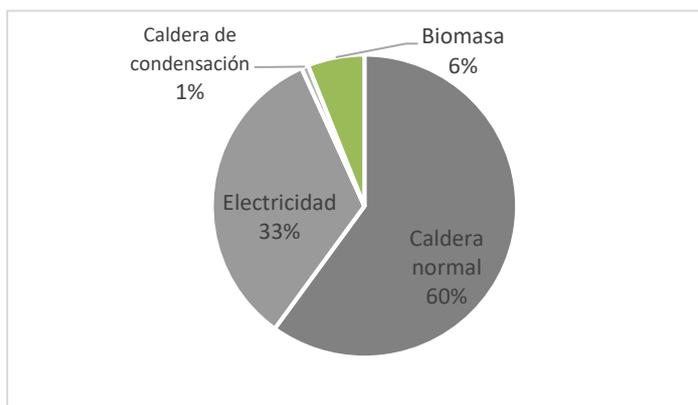


Figura 20. Flota de calderas existentes en el año 2010. Fuente: Elaboración propia & IDAE. [20]

explicada en los productos petrolíferos, un consumo unitario por vivienda de 15.615 kWh/año para las calderas convencionales, obteniendo el consumo final para ese mismo año. En cuanto a la evolución de la tasa de penetración de las calderas de biomasa, se habría partido del valor obtenido para el año 2010 tal y como se recoge en la Figura 20, y considerando la evolución del

resto de vectores energéticos en el segmento calefacción, para los que se dispone de más información, se habría obtenido la tasa de participación de la biomasa y con ello, se estimaría la evolución de la flota de acuerdo a la metodología del apartado

4.4.2.2 Agua Caliente Sanitaria

En cuanto al consumo de energías renovables en el segmento del agua caliente sanitaria del sector residencial, el Código Técnico de Edificación de septiembre de 2006 establece la obligatoriedad de instalación de paneles solares térmicos en viviendas de obra nueva para soportar las necesidades de ACS. Al tratarse de de una medida disruptiva, no existirían datos relacionados con la flota de equipos de ACS alimentados por paneles solares para el año 2010 o sucesivos.

Teniendo en cuenta esto, a partir del número de viviendas de nueva construcción desde el año 2007 procedente del INE, de la tasa de equipación del ACS en los hogares (99,99%), procedente del estudio SPAHOUSEC del IDEA [20], y del porcentaje de viviendas que corresponden a la categoría de viviendas principales (70%) aproximadamente de acuerdo al informe "Estudio de la distribución del consumo energético residencial para calefacción en España" del Ministerio de Fomento, se podrían obtener el número de equipos de ACS alimentados por paneles solares:

$$N^{\circ} \text{ equipos ACS}_{\text{paneles solares}} = N^{\circ} \text{ viviendas}_{\text{nuevas}} * T. \text{ Equip.} * \% \text{ v. principales}$$

La Figura 21 ilustra el número total de equipos de ACS que operarían alimentados por energía solar durante el periodo 2010-2016:

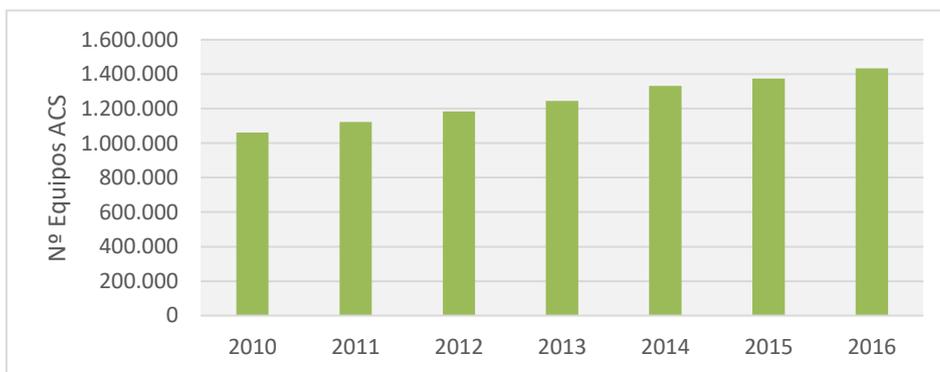


Figura 21. Equipos de ACS alimentados por paneles solares.
 Fuente: Elaboración propia.

Una vez conocido el número de equipos, a partir del informe SPAHOUSEC del IDAE [20], se habría obtenido el consumo unitario promedio de un equipo de agua caliente sanitaria, correspondiente a 0,188 tep/equipo. Por tanto, multiplicando ambas variables se habría obtenido el consumo total anual de energía solar procedente del segmento de ACS del sector residencial:

$$\text{Consumo E. Solar}_{\text{ACS}} = \text{Consumo unitario}_{\text{anual}} * N^{\circ} \text{ equipos}_{\text{año}}$$

$$\text{Consumo E. Solar}_{\text{ACS (2016)}} = 0.188 \frac{\text{tep}}{\text{equipo}} * 1.434.814 \text{ equipos} = 270 \text{ ktep}$$

4.5 SIMULACIÓN DE EVOLUCIÓN DE LA FLOTA. MODELO DE MERCADO

Junto con las variables mencionadas anteriormente, que hacen referencia al número de equipos existentes en la flota de los segmentos de calefacción, electrodomésticos e iluminación fundamentalmente de cada vector energético, se habrían considerado otras variables para determinar cómo sería la evolución lógica y natural de la flota de cada uno de estos equipos. Así por ejemplo, una de las variables a tener en cuenta sería el crecimiento esperado del número de hogares debido a la

entrada de viviendas de nueva construcción, junto con las tasas de equipamiento de cada tipo de equipo, señaladas anteriormente en algunos apartados. A partir del estudio SPAHOUSEC del IDAE [20], se habrían obtenido las tasas de equipamiento de cada tipo de equipo con consumo energético del sector industrial, quedando recogidas en la Figura 22.

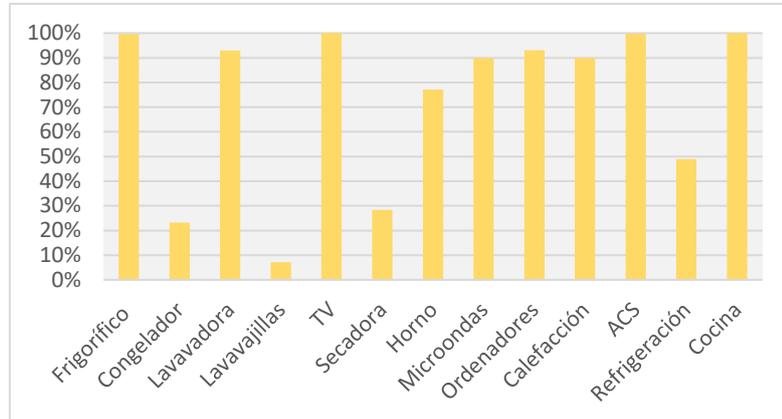


Figura 22. Tasas de equipamiento en el sector residencial.
 Fuente: IDAE. [20]

Con la combinación de estas dos variables, se obtendría el número de equipos nuevos en la flota como consecuencia de un crecimiento en el número de hogares:

$$N^{\circ} \text{ equipos nuevos}_{\text{año}} = N^{\circ} \text{ viviendas nuevas}_{\text{año}} * \text{tasa equipamiento (\%)}$$

No obstante, el número total de ventas de equipos vendría determinado tanto por la construcción de nuevas viviendas como por el reemplazo de aquellos que han quedado obsoletos al alcanzar su vida útil, obteniendo de esta relación dos nuevas ecuaciones para el modelo:

$$N^{\circ} \text{ equipos reemplazantes}_{\text{año}} = N^{\circ} \text{ equipos obsoletos}_{\text{año}}$$

$$N^{\circ} \text{ ventas}_{\text{año}} = N^{\circ} \text{ equipos nuevos}_{\text{año}} + N^{\circ} \text{ equipos reemplazantes}_{\text{año}}$$

Finalmente, el número de equipos operativos cada año para cada segmento analizado vendría definido por la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ equipos}_{\text{año}} = N^{\circ} \text{ equipos}_{\text{año}-1} + N^{\circ} \text{ ventas}_{\text{año}-1} - N^{\circ} \text{ equipos obsoletos}_{\text{año}}$$

Donde:

- $N^{\circ} \text{ equipos}_{\text{año}}$: número de equipos (calefacción, electrodomésticos, etc) operativos anualmente según combustible.
- $N^{\circ} \text{ equipos}_{\text{año}-1}$: número de equipos operativos durante el año anterior según combustible.
- $N^{\circ} \text{ ventas}_{\text{año}-1}$: número de ventas del año anterior según segmento y combustible.
- $N^{\circ} \text{ equipos obsoletos}_{\text{año}}$: número de equipos que se han retirado de la flota al haber alcanzado, como norma general, su vida útil.

Considerando estas ecuaciones para determinar la evolución lógica de la flota, y utilizando como drivers la penetración de tecnologías más o menos eficientes en la cuota de ventas, se obtendría el número total del número de equipos según la eficiencia energética a lo largo de los años. Así por ejemplo, el número total de equipos vendidos de ACS con eficiencia energética A+++ para un año en concreto vendría dado por la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ventas}_{\text{año}(A+++)} = N^{\circ} \text{ventas}_{\text{año}(\text{Total})} * \text{Cuota de ventas}_{\text{año}(A+++)} (\%)$$

Para un escenario de alta eficiencia se consideraría una mayor penetración de clases energéticas más eficientes, mientras que un escenario de electrificación supondría una mayor penetración del vector energético de la electricidad y finalmente, un escenario continuista consideraría una evolución lineal de acuerdo a los datos históricos registrados (periodo 2010-2016) fundamentalmente.

Con el número de equipos según la clase energética a lo largo de los años y los consumos unitarios de cada clase y equipo, se habría obtenido el consumo final energético de cada vector para el sector residencial.

4.6 TENDENCIAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Una vez obtenido, calculado y analizado el consumo histórico de los segmentos de cada vector energético con más relevancia, la tercera etapa de la metodología a seguir corresponde al análisis de las tendencias que podrían condicionar esos consumos a futuro. En este contexto, las tendencias que se han considerado fundamentalmente en el sector residencial hacen referencia a las medidas contempladas en las políticas energéticas establecidas a nivel nacional. Recientemente, y como se ha comentado en marco regulatorio, el Ministerio de Transición Ecológica, ha publicado el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) en el que se establecen distintas medidas a implementar en cada sector económico orientadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la reducción del consumo final energético.

Según el PNIEC, el consumo de energía renovable sobre el total de energía consumida debe suponer un 42% en 2030. Este aumento se debería por un lado a un aumento de las renovables eléctricas en el numerador, y a una disminución de la energía total consumida en el denominador como consecuencia de la implementación de medidas de eficiencia energética que ayuden a reducir los consumos unitarios. Algunas de las cifras que este informe arroja en relación al consumo de energías renovables para el periodo 2021-2030 en el sector residencial son:

- Bombas de calor: deberán aumentar su consumo de 651 a 4.076 ktep (parte de este consumo procederá del sector residencial y parte del sector comercio)
- Residencial: deberá aumentar su participación en renovables de 2.607 ktep a 3.123 ktep

Además, en relación al ahorro de energía final acumulada para el periodo 2021-2030, el PNIEC estima que el sector residencial debería de alcanzar un ahorro del 18%, lo que se traduciría en 6.732 ktep, que procederían por un lado de medidas de eficiencia energética en edificios existentes del sector residencial (4.756 ktep) y por otro lado, de medidas de renovación del equipamiento residencial (1.976 ktep).

En cuanto a las **medidas de eficiencia energética en edificios existentes del sector residencial**, esto incluiría por un lado una mejora del aislamiento de la envolvente térmica, con el objetivo de reducir los consumos en calefacción en un total de 1.200.000 viviendas a lo largo de la década (comenzando con un total de 30.000 viviendas renovadas anualmente en el año 2021 y acabando con un total de 300.000 viviendas renovadas anualmente para el año 2030), como se puede observar en la Figura 23, y por otro lado, una renovación de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria para un total de 300.000 viviendas al año.

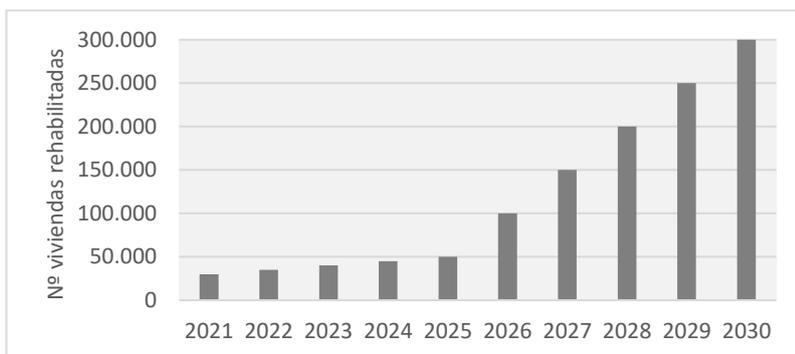


Figura 23. Previsión del número de viviendas rehabilitadas (Envolvente térmica).
 Fuente: PNIEC & Elaboración propia. [16]

Además, al número de viviendas existentes rehabilitadas, habría que añadir el número de viviendas de nueva construcción que ya llevarían incorporado una mejora del aislamiento térmico. Suponiendo que las mejoras de envolvente térmica supondrían un ahorro del 15% en cuanto a necesidades energéticas de calefacción, y que, de acuerdo a los consumos unitarios estimados para cada tipo de combustible, el consumo unitario máximo por vivienda es el de los productos petrolíferos con una media de 5.385 kWh/año, el ahorro máximo obtenido mediante la implementación de esta mejora supondría un total de 1.599 GWh acumulados a lo largo del periodo 2021-2030.

En relación a la renovación de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria para un total de 300.000 viviendas al año, esto supondría un total de 3.000.000 equipos renovados a lo largo del periodo 2021-2020 que supondría un total de 3.000.000 calderas reemplazadas a lo largo de la década, incorporando equipos de calefacción y ACS fundamentalmente de origen renovable. Entre los equipos de mayor eficiencia energética se encuentran las calderas de condensación (alimentadas por productos petrolíferos, gas natural o biomasa) y las bombas de calor. La penetración de un tipo u otro de equipos de calefacción dependería del tipo de escenario a evaluar a futuro; así por ejemplo, en un escenario de alta electrificación, el número de bombas de calor sería mucho mayor que en cualquier otro escenario.

En cuanto a la segunda medida enfocada a la **renovación del equipamiento residencial**, con un ahorro final estimado de 1.976 ktep durante el periodo 2021-2030, el objetivo de la misma es reducir el consumo de energía unitario de los equipos domésticos (fundamentalmente electrodomésticos) a través de una mejora de eficiencia energética en los mismos. Para alcanzar tal objetivo, resulta fundamental que las renovaciones de equipos se hagan antes de acabar la vida útil de los electrodomésticos, con el objetivo de fomentar la entrada de electrodomésticos más eficientes que favorezcan más rápidamente la reducción del consumo energético de este segmento. Además, se hace hincapié en los electrodomésticos con mayor consumo unitario en las viviendas: frigoríficos, congeladores, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas. Suponiendo que anualmente se venden 6,6 millones de electrodomésticos nuevos de línea blanca, el objetivo que se establece es la penetración anual de 2.443.000 aparatos de la clase más alta de eficiencia energética.

CAPÍTULO 5. SECTOR TRANSPORTE

5.1 INTRODUCCIÓN

5.1.1 DEFINICIÓN

El sector transporte, es el sector económico que mayor consumo de energía final presenta, tanto a nivel nacional como en la Unión Europea, con una participación del 43% y 30,1% respectivamente para el año 2017. Más concretamente, la cifra de consumo de energía final procedente del sector transporte para el año 2017 fue de 36.259 ktep, haciendo necesario el análisis del presente sector para entender la evolución a futuros.

5.1.2 FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO

En el sector transporte, los productos petrolíferos es el vector energético con un peso más relevante en lo que a consumo se refieren, alcanzando más del 90% sobre el consumo total, tal y como se observa en la Figura 24. Aunque es evidente que el análisis de los productos petrolíferos permitiría explicar la mayor parte del consumo en la actualidad y a pasado, la movilidad propulsada por energía eléctrica y gas natural es una decisión clave para el desafío energético futuro de reducir las emisiones de efecto invernadero y limitar la contaminación, por lo que se espera un protagonismo creciente de estos dos vectores energéticos en el futuro, siendo por tanto objeto estudio en el presente proyecto.

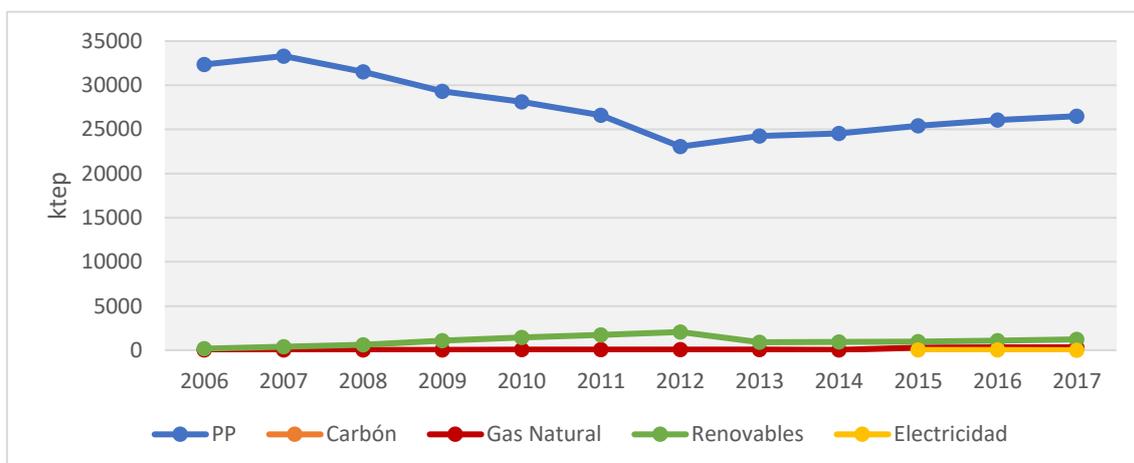


Figura 24. Evolución del consumo energético en el sector residencial.

Fuente: IDAE & Elaboración propia. [17]

5.1.3 DESARROLLO HISTÓRICO

En paralelo, en cuanto a los sectores de actividad, el transporte por carretera es el principal consumidor de energía final, siendo responsable de casi el 80% del consumo final. Los avances tecnológicos y disruptivos que se esperan durante los próximos años tendrán lugar principalmente en el transporte por carretera; el desarrollo del coche eléctrico está siendo el fenómeno que mayores expectativas levanta, aunque se considera que su impacto sobre el balance energético será mayor a largo plazo, ya que en la actualidad, muchas compañías de la industria automovilística están haciendo importantes esfuerzos en investigación para el desarrollo de baterías más eficientes que aumenten la autonomía de los vehículos. No obstante, no cabe duda de que será una de las tendencias durante los próximos años, por lo que el alcance

del análisis del consumo energético en este sector económico se limitará al transporte por carretera.

Además, los usos energéticos dentro del sector transporte terrestre proceden de distintas fuentes; la DGT (Dirección General de Tráfico), distingue las siguientes: turismos, furgonetas, camiones de más de 3500 kg, camiones de menos de 3500 kg, autobuses, motocicletas, tractores industriales, ciclomotores, remolques, semirremolques y otros vehículos. No obstante, y en línea con lo comentado previamente, el presente análisis se limitará a estudiar los consumos y las proyecciones de los mismos de los siguientes vectores: turismos, furgonetas, camiones de ambas categorías y autobuses, sobre los que se considera que la revolución tecnológica será más importante.

5.1.4 METODOLOGÍA

Al igual que en el sector residencial, la metodología utilizada para obtener las previsiones de consumos energéticos procedentes de este sector está formada de cuatro fases fundamentalmente:

- En primer lugar, **se han identificado las fuentes de consumo** (turismos, camiones, autobuses, etc.) con una tasa de consumo más **relevante** sobre el consumo final total de productos petrolíferos en el sector transporte (ya explicada en la parte introductoria de esta sección), obteniendo los consumos históricos. Posteriormente, se ha seleccionado el consumo durante el periodo 2010-2016 para la construcción y ajuste del modelo.
- Posteriormente, y como *core* de esta parte, se han **buscado e identificado aquellas variables que permiten determinar el consumo final** de cada uno de los segmentos a estudiar, determinando así los consumos finales anuales de productos petrolíferos para el este sector. Esto es, se han analizado qué variables permiten determinar el consumo final (número de vehículos existentes anualmente, consumos unitarios, número de kilómetros y otros), tratando de obtener datos de fuentes oficiales. A partir de las mismas, se ha compilado y ajustado el modelo para el periodo 2010-2016. Cabe destacar que como el objetivo de este proyecto es realizar una previsión a largo plazo, es necesario simular y determinar cómo es el comportamiento de la flota de vehículos, teniendo en cuenta y considerando otras variables como el número de coches obsoletos, la vida útil de los mismos y otros.
- Una vez compilado el modelo, se ha realizado un **análisis sobre los factores disruptivos** que podrían condicionar los consumos energéticos a largo plazo; por ejemplo, una mayor penetración del vehículo eléctrico resultaría en un consumo más elevado del vector electricidad en este segmento. Esta fase incluiría además el **diseño de drivers** y su introducción en el modelo.
- Finalmente, se habrían **construido diferentes escenarios** a partir de la modificación de los distintos drivers.

Para evaluar las distintas tendencias actuales en el sector transporte, se han analizado diversos documentos y análisis realizados por diferentes entidades, obteniendo de cada análisis algunos de los datos más relevantes.

5.2 PRODUCTOS PETROLÍFEROS

5.2.1 INTRODUCCIÓN

Es importante mencionar que en el sector transporte, el consumo de energía que hacen turismos y camiones, así como las turbinas utilizadas por los aviones, proviene en un 95% de productos petrolíferos.

5.2.2 RECOGIDA Y COMPILACION DE DATOS REALES

5.2.2.1 Camiones de más de 3500 kg

Flota de camiones

A 31 de diciembre del 2017, se registraron un total de 61.741 camiones de carga superior a 3500 kg en la flota alimentados por productos petrolíferos, de los cuales, como se puede observar en la Figura 25 y en la **Tabla 9**, 2.125.138 (93,31 %) eran de diésel y 78.128 (3,6%) de gasolina, fundamentalmente. Una de las principales causas de estas cifras de combustibles

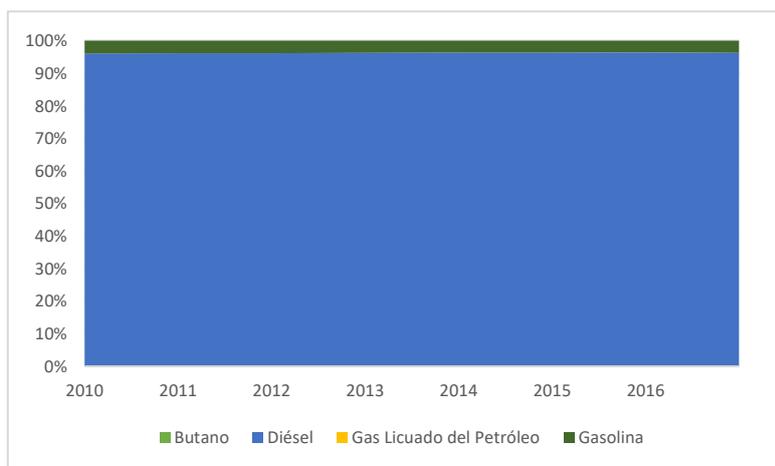


Figura 25. Evolución flota de camiones de más de 3500 kg de PP.

Fuente: DGT & Análisis propio [24].

en los camiones se debe fundamentalmente al precio del combustible, pues los camiones están destinados a transporte de mercancías, realizando así una gran cantidad de kilometraje. El diésel, en su historia, ha presentado normalmente precios inferiores que la gasolina, por lo que al año la diferencia en los costes variables se hace notable. Además, otro motivo presente es la potencia, los motores diésel suelen ofrecer potencias superiores, necesarias para arrastrar varias toneladas. Finalmente, algunos expertos comentan que los motores diésel son más robustos que los de gasolina, suponiendo esto una vida útil de los mismos más altas.

Tabla 9. Evolución de la flota de camiones de más de 3500 kg de PP (unidades).

Fuente: DGT & Análisis propio [24].

Producto Petrolífero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Butano	7	11	11	11	10	10	9	9
Diésel	2.300.931	2.290.099	2.258.182	2.219.186	2.194.342	2.177.580	2.160.664	2.046.794
Gas Licuado de Petróleo	0	0	6	34	41	54	87	205
Gasolina	94.608	91.383	89.176	85.738	82.457	81.317	79.679	78.128

Consumos unitarios

Se ha realizado un estudio del consumo de distintos camiones, obteniendo como resultados los que se muestran en la Tabla 10. Como se puede observar, los rangos de consumo de camiones son muy variables, dependiendo fundamentalmente de la carga que arrastran.

Tabla 10. Consumos de combustible de diferentes modelos de camiones.
 Fuente: Guía para la Gestión del Combustible (IDAE) [25], Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera. [26]

Año	Marca	Combustible	Modelo	Tipo de ciclo	Consumo Medio (l-g/100 km)
2006	Camión	Diesel	24 t	-	26
2006	Camión	Diesel	18 t	-	23
2006	Camión	Diesel	7,5 t	-	21
2017	IVECO	Diesel	EcoStralis - 40 t	-	38
2019	Camión	Diesel	Articulado carga general - 40 t	-	39
2019	Camión	Diesel	3 ejes de carga general - 26 t	-	30
2019	Camión	Diesel	2 ejes de carga general - 18t	-	26
2019	Camión	Diesel	Frigorífico 2 ejes -18 t	-	26
2019	Camión	Diesel	Cisterna- merc. Peligrosas - 40 t	-	36

Como a continuación se analizará, en el apartado clasificación, para camiones de más de 3500 kg, la DGT sólo aporta una clasificación de 4 categorías (de 3 a 4,9 ton., de 5 a 6,9 ton., de 7 a 9,9 ton, y de más de 19 ton.); no obstante, solo se han obtenido datos de consumos de camiones con cargas superiores. Analizando la distribución de camiones existentes en la flota española según la carga que arrastran y la variación de consumos en función de la misma, se ha considerado un consumo medio de **18 litros/100 km** para los camiones con carga superior a los 3500 kg.

Clasificación

En relación con la distribución y clasificación de camiones de más 3500 kg según la carga que arrastran, en la Figura 26 y en la Figura 27 se puede observar cómo el porcentaje de camiones de más de 10 toneladas registrado en 2017 fue alrededor del 29% frente al porcentaje de camiones totales, teniendo en cuenta además de que dentro de ese 29% de camiones de más de 10 toneladas, no hay cifras aproximadas de porcentajes en función de la carga. Es importante tener en cuenta estas variables a la hora de compilar los consumos finales.

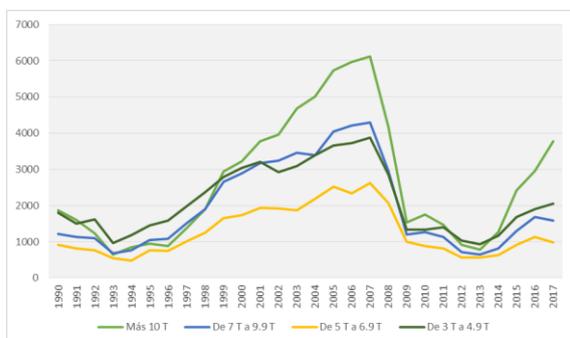


Figura 27. Objetivos de consumo de RES (ktep) en el sector transporte.

Fuente: PANER 2011-2020. [15]

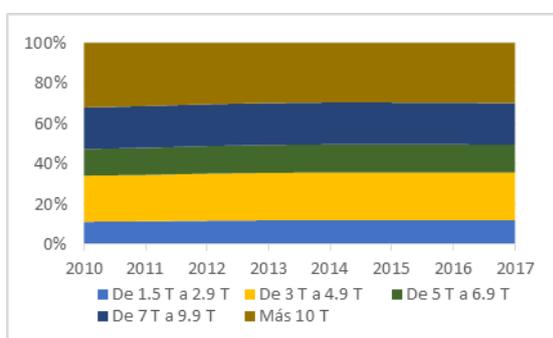


Figura 26. Distribución del nº de camiones por carga y antigüedad.

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Kilometraje anual

Al igual que en el consumo, se ha realizado un análisis del número de kilómetros recorridos por diferentes camiones anualmente, obteniendo como resultados los que se recogen en la Tabla 11. En línea con lo comentado previamente, como el 70% de los camiones registrados en la flota nacional presentan cargas inferiores a las 10 toneladas, se considerará un kilometraje anual promedio de acuerdo a los datos obtenidos para esa carga, mientras que para el 30% restante correspondiente a camiones de cargas superiores a las 10 toneladas, se aplicará un kilometraje medio anual promedio de los datos mostrados en la Tabla 11, al tratarse todos los modelos de cargas superiores a las 10 toneladas.

Tabla 11. *Kilometraje anual medio por tipo de camión.*

Fuente: Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera. [26]

Año	Marca	Combustible	Modelo	Carga	Kilometraje anual medio (km)
2019	Camión	Diesel	Articulado carga general	40 t	102000
2019	Camión	Diesel	3 ejes de carga general	26 t	80750
2019	Camión	Diesel	2 ejes de carga general	18 t	76500
2019	Camión	Diesel	Frigorífico 2 ejes	18 t	52500
2019	Camión	Diesel	Cisterna- merc. Peligrosas	40 t	77000

Transporte Internacional

Hay parte de la flota existente que realiza **transporte internacional**, por lo que los consumos de dichos camiones no deben de ser considerados dentro del consumo total nacional. La Figura 28 muestra el porcentaje de operaciones según el tipo de desplazamiento; las operaciones de transporte internacionales participaron un 3,71% frente al total en 2011, mientras que en 2017 esta cifra alcanzó casi el 5% de las operaciones. En este contexto, podría asumirse que este porcentaje próximo al 5% corresponderá también a la parte de la flota que no reposta combustible en territorio nacional y que, consecuentemente, no debe considerarse a la hora de calcular los consumos finales.

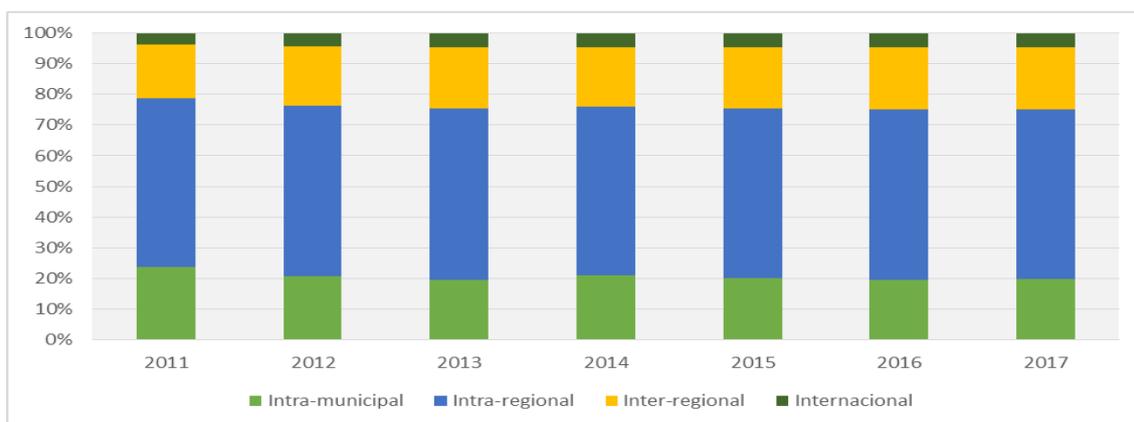


Figura 28. *Operaciones de transporte con carga según el tipo de desplazamiento.*

Fuente: Ministerio de Fomento & Análisis propio. [27]

Relación: Kilometraje anual & Antigüedad del vehículo

No todos los camiones de la misma carga realizan el mismo **kilometraje anual**, estando éste último condicionado a la **antigüedad el vehículo**. Esta última hipótesis puede ser contrastada de acuerdo a la Figura 29, donde se puede observar como todos los tipos de operaciones de acuerdo a los intervalos de distancia, es decir, el número de kilómetros recorridos, disminuye a medida que el vehículo alcanza una antigüedad de 10 años, aproximadamente.

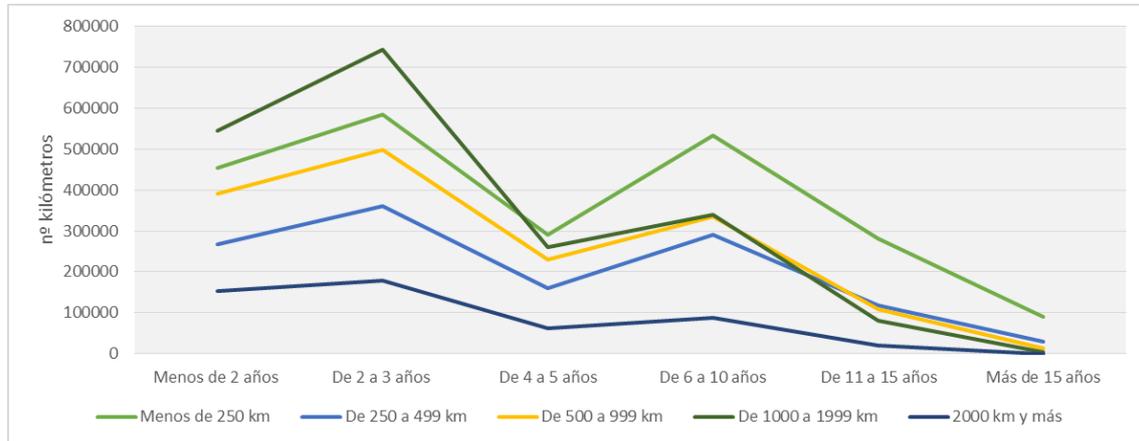


Figura 29. Operaciones de transporte en función de la antigüedad del vehículo y de la distancia de cada recorrido.
Fuente: Ministerio de Fomento & Análisis propio. [27]

Si se analiza detalladamente la distribución de cada serie, se observa cómo durante los primeros años de operación de los camiones, el número de operaciones crece hasta alcanzar el máximo a los 3 años de antigüedad, momento a partir del cual el servicio de los mismos comienza a disminuir hasta alcanzar su vida útil. Por tanto, teniendo en cuenta el **kilometraje medio** de un camión nuevo, alrededor de **70.000 km**, se considera que esta cifra será la media durante los primeros años de operación, disminuyendo notablemente a lo largo de los años.

Con la Figura 29, además, se puede suponer que la mayoría de los camiones alcanzan su vida útil a partir de los 15 años, disminuyendo notablemente su operación no obstante a partir de los 8 años. Teniendo esto en cuenta y analizando la antigüedad de la flota de camiones existentes en territorio español, Figura 30, se puede observar que gran parte de la flota existente ha alcanzado su vida útil ya que la mayoría de las matriculaciones se registran en el periodo previo a 2006. Consecuentemente, el kilometraje medio anual recorrido por cada uno de ellos habría reducido. Concretamente, según los datos analizados en el año 2017, un 12% de los camiones correspondería a camiones con una edad entre el año y los 4 años, un 14% entre 5 y 9 años, un 40% entre 10 y 14 años, mientras que lo restante (33%) correspondería a camiones de más de 14 años.

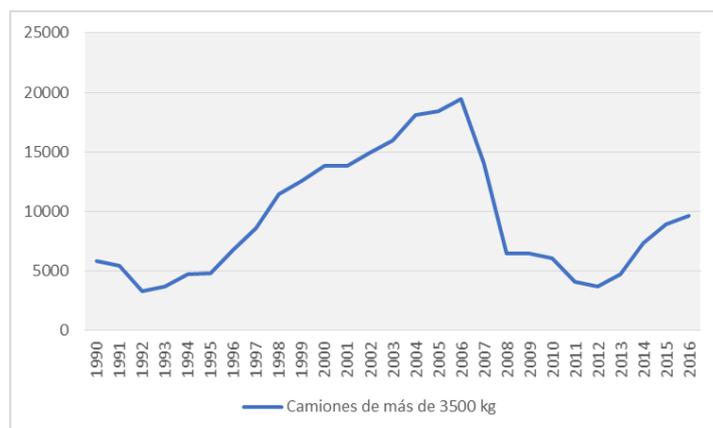


Figura 30. Distribución de la flota de camiones existentes (> 3500 kg de carga) de acuerdo a la antigüedad.
Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Ajuste de consumo de energía total

Finalmente, para facilitar al lector el seguimiento de los pasos seguidos a la hora de determinar el consumo final para un determinado año, y de acuerdo a la metodología explicada al inicio de este capítulo, a continuación se adjuntan tres tablas que pretenden explicar las distintas variables utilizadas para el caso del consumo final de productos petrolíferos para un año en concreto (2013), de los camiones con una carga superior a los 3500 kg. Como se puede apreciar en la Tabla 12, así como se ha ido explicando anteriormente, las diferentes variables relevantes que se han estudiado a la hora de determinar el consumo para este caso concretamente han sido: la flota de camiones existentes en función del combustible usado (diésel/gasolina), el consumo medio en función de la carga que arrastran, distinguiéndose fundamentalmente cargas superiores e inferiores a 10 toneladas, el kilometraje medio según la carga, la distribución de la flota actual de camiones según la carga, la antigüedad de la flota y cómo varía el kilometraje anual unitario recorrido por cada camión de acuerdo a la antigüedad del año de matriculación del mismo.

Tabla 12. Datos de entrada (Camiones<3500kg & Productos petrolíferos).
Fuente: DGT, Ministerio de Fomento & Elaboración propia

Variable	Sub-variable	Valor	Unidad
Flota existente	Camión Diésel	2219186	camión
	Camión Gasolina	85738	camión
Consumo	Camión <10 t	18	l/100 km
	Camión >10 t	24	l/100 km
Kilometraje medio	Camión <10 t	70.000	km/año
	Camión >10 t	50.000	km/año
Distribución según carga	Camión <10 t	30%	%
	Camión >10 t	70%	%
Antigüedad de la flota existente	Menos de 6 años	12%	%
	De 6 a 10 años	41%	%
	De 11 a 15 años	31%	%
	Más de 15 años	15%	%
Descenso Km con antigüedad	De 6 a 10 años	-33%	%
	De 11 a 15 años	-75%	%
	Más de 15 años	-95%	%

Así, se habrían obtenido variables intermedias (kilometraje medio anual, en este caso), que quedarían ilustradas en la Tabla 13. A partir del kilometraje medio anual de un camión nuevo, y conociendo como varía la actividad de los camiones respecto a la antigüedad de los mismos, se habría calculado cual es el kilometraje medio anual de cada uno de ellos en función de su año de matriculación.

Tabla 13. Variables intermedias (Camiones<3500kg & Productos petrolíferos).
Fuente: Elaboración propia

Variable	Sub-variable	Valor	Unidad	
Kilometraje medio según antigüedad	Camión <10 t	< 6 años	50.000	km/año
		6 -10 años	33.344	km/año
		11-15 años	12.513	km/año
		> 15 años	2.612	km/año
	Camión > 10 t	< 6 años	70.000	km/año
		6 -10 años	46.681	km/año
		11-15 años	17.518	km/año
		> 15 años	3.657	km/año

Finalmente, se ha obtenido el consumo anual unitario de cada camión según el tipo de carga que arrastra y su año de matriculación. Teniendo en cuenta estos consumo unitarios y siendo la flota de camiones con carga superior a 3500 kg según el tipo de combustible una variable conocida, ha sido posible calcular el consumo total anual de productos petrolíferos para los años pasados, ilustrando en las

Tabla 14. Variables de salida (Camiones<3500kg & Productos petrolíferos).

Fuente: Elaboración propia

tablas concretamente el año 2013, año en el que se habría conseguido cuadrar la cifra final en mayor proporción. No obstante, estas tablas con mayor detalle sólo se han incluido en la memoria para este análisis, y para los camiones y autobuses en concreto debido

Variable	Sub-variable	Valor	Unidad	
Consumo unitario medio según antigüedad	Camión <10 t	< 6 años	9.000	litros/año*veh.
		6 -10 años	6.002	litros/año*veh.
		11-15 años	2.252	litros/año*veh.
		> 15 años	470	litros/año*veh.
	Camión > 10 t	< 6 años	18.200	litros/año*veh.
		6 -10 años	12.137	litros/año*veh.
		11-15 años	4.555	litros/año*veh.
		> 15 años	951	litros/año*veh.
Consumo total Diésel según antigüedad	Camión <10 t	< 6 años	1.705.418.194	litros/año
		6 -10 años	3.868.962.281	litros/año
		11-15 años	1.091.823.326	litros/año
		> 15 años	112.181.809	litros/año
	Camión > 10 t	< 6 años	1.465.319.539	litros/año
		6 -10 años	3.324.267.352	litros/año
		11-15 años	938.110.111	litros/año
		> 15 años	96.388.204	litros/año
Consumo total Diésel según antigüedad	Camión <10 t	< 6 años	65.888.639	litros/año
		6 -10 años	149.476.920	litros/año
		11-15 años	42.182.471	litros/año
		> 15 años	4.334.132	litros/año
	Camión > 10 t	< 6 años	56.612.455	litros/año
		6 -10 años	128.432.693	litros/año
		11-15 años	36.243.778	litros/año
		> 15 años	3.723.947	litros/año

a la mayor complejidad que el cálculo de estos segmentos presenta. En el resto de vehículos analizados quedarán excluidas a fin de no redundar la memoria.

5.2.2.2 Camiones de menos de 3500 kg

Para el análisis de los camiones de cargas inferiores a los 3500 kg, se ha seguido el mismo procedimiento que para los camiones de cargas de más de 3500 kg. De forma similar a estos últimos, la flota de camiones de menos de 3500 kg existente en España, está fundamentalmente alimentada por diésel, como se puede observar de forma extraordinaria en la Tabla 15. Cabe mencionar además la tendencia negativa en el número de camiones existentes desde el año 2010, se debe fundamentalmente a la recesión económica fruto de la crisis económica que comenzó en el año 2008 y que presentó su auge en el año 2012. Se observa como a partir de ese mismo año, el número de camiones existentes en la flota ha presentado incluso un ligero crecimiento.

Tabla 15. Evolución de la flota de camiones de menos de 3500 kg de PP (unidades).

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Producto Petrolífero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Butano	65	67	66	66	66	66	66	64
Diésel	369.480	358.805	343.764	332.506	326.536	326.279	328.654	331.799
Gas Licuado de Petróleo	0	0	1	2	3	2	4	6
Gasolina	4.353	4.158	3.949	3.776	3.667	3.586	3.537	3.481

5.2.2.3 Furgonetas

Flota de furgonetas

A 31 de diciembre del 2017, el número de furgonetas que utilizaba productos petrolíferos como combustible ascendía a 2.334.795. Como se observa en la Tabla 16 y en la Figura 31, 1.926.437 (83%) eran de diésel, 407.104 (17%) de gasolina, 17 de butano y 1.237 de gas licuado del petróleo. En el caso de las furgonetas, aunque sigue siendo notable, la proporción de furgonetas diésel frente a las de gasolina, no es tan relevante como en el caso de los camiones. Las causas son claras, en los casos en los que los transportistas que hacen decenas o cientos de miles de kilómetros al año, con cargas que comienzan a presentar cifras considerables, el gasóleo es líder por su relación entre consumo y prestaciones.

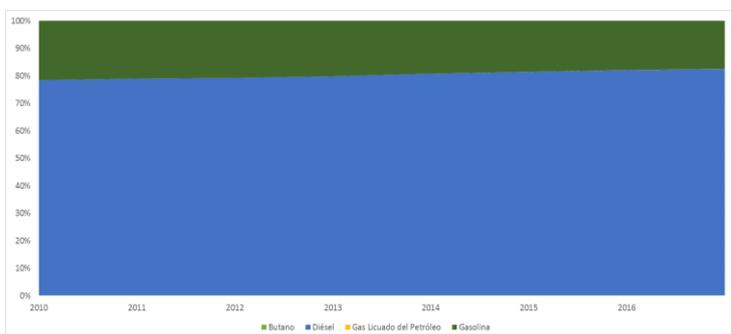


Figura 31. Evolución de la flota de furgonetas de PP (%).
 Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Tabla 16. Evolución de la flota de furgonetas de PP (unidades).
 Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Producto Petrolífero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Butano	11	13	17	15	15	15	16	17
Diésel	1.829.008	1.827.145	1.811.880	1.791.288	1.800.208	1.839.726	1.890.069	1.926.437
Gas Licuado de Petróleo	0	0	25	30	189	429	660	1.237
Gasolina	503.882	487.184	475.462	452.237	429.091	418.825	412.276	407.104

Clasificación

En la Figura 32 y en la Figura 33, se puede observar cómo al igual que en el caso de los camiones, en el año 2016 aumentó el número de matriculaciones de la flota de furgonetas, registrándose un fuerte descenso tras las crisis. No obstante, el número de matriculaciones habría crecido durante los años 2016 y 2017, sobre todo para las furgonetas con una carga de entre 500 y 749 kg, que supondrían un 44% de la flota total en 2017, seguidas de las furgonetas con más de 1000kg de capacidad, que implicarían un 29%.

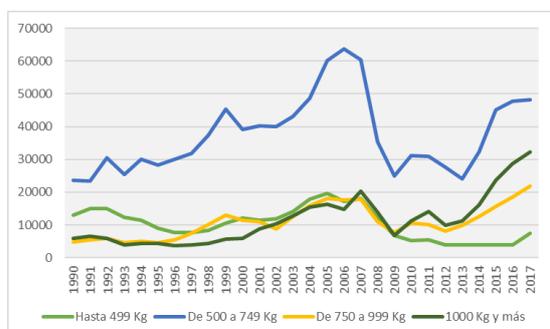


Figura 32. Distribución del nº de furgonetas por carga y antigüedad.

Fuente: DGT & Análisis propio. [20]

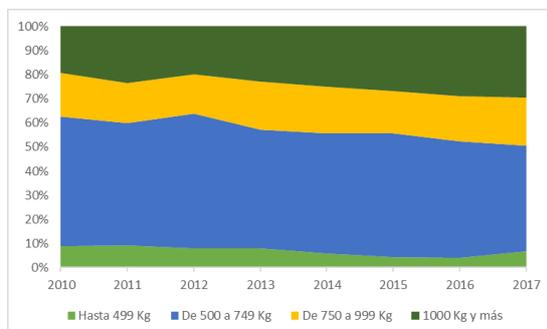


Figura 33. Porcentaje de furgonetas en función de la carga. Fuente: DGT & Análisis propio. [20]

Es importante destacar además que en la actualidad, más de seis de cada diez furgonetas tienen más de 10 años, viéndose afectadas por las restricciones en el acceso al centro de las ciudades, como es el caso de Madrid, en el que salvo excepciones, aquellos vehículos sin etiquetado ecológico tienen restringido el acceso, aumentando cada vez más los requerimientos.

Consumos unitarios

A partir del catálogo de distintos fabricantes de furgonetas, se ha conseguido recopilar información relativa al consumo, tal y como se recoge en la Tabla 17. Los avances recientes en materia de eficiencia energética han diferenciado varias cifras de consumo en función de si el vehículo incorpora el paquete de medidas “BlueEFFICIENCY”, cuyo principal objetivo es lograr mayor economía y “eco compatibilidad”. De acuerdo a este estudio, el consumo medio de una furgoneta **sin paquete de eficiencia** correspondería a **5,54 litros/100km**, mientras que el consumo de una furgoneta **con dicho paquete** correspondería a

Tabla 17. Consumos de combustible de diferentes modelos de furgonetas.
Fuente: Ford, Mercedes-Benz, Renault.

Marca	Combustible	Modelo	Tipo Ciclo	Consumo Medio (l-g/100 km)	Con Paquete Blue Efficiency		Sin Paquete Blue Efficiency	
					Consumo mín.	Consumo max.	Consumo mín.	Consumo max.
Ford	Diésel	Transit Courier	-	5,1	4,3	5,8	4,3	5,8
Ford	Diésel	Transit Connect	-	5,5	4,5	6,4	4,5	6,4
Renault	Diésel	Renault Kangoo	-	4,8	-	-	-	-
Renault	Gasolina	Combi Energy dCi	-	6,2	-	-	-	-
Mercedes-Benz	Diésel	Citan 108 CDI (75CV)	Ciudad	4,9	4,7	5	-	-
			Carretera	4,3	4,2	4,4	-	-
			Ciclo Mixto	4,5	4,3	4,6	-	-
Mercedes-Benz	Diésel	Citan 109 CDI (90CV)	Ciudad	5,0	4,7	5,2	-	-
			Carretera	4,4	4,2	4,5	-	-
			Ciclo Mixto	4,5	4,3	4,7	-	-
Mercedes-Benz	Diésel	Citan 111 CDI (110CV)	Ciudad	4,9	4,8	4,9	-	-
			Carretera	4,3	4,2	4,3	-	-
			Ciclo Mixto	4,5	4,4	4,5	-	-
Mercedes-Benz	Gasolina	Citan 112 (114CV)	Ciudad	7,2	7,4	7,9	7,9	
			Carretera	-	5,4	5,8	5,5	5,5
			Ciclo Mixto	-	6,1	6,4	6,4	6,4
Mercedes-Benz	Diésel	Citan 114 CDI (90CV)	Ciudad	8,2	8,2	8,5	8,5	
			Carretera	-	5,3	5,3	5,4	5,4
			Ciclo Mixto	-	6,4	6,4	6,6	6,6
Mercedes-Benz	Diésel	Citan 116 CDI (90CV)	Ciudad	7,5	7,5	7,8	7,8	
			Carretera	-	5,1	5,1	5,2	5,2
			Ciclo Mixto	-	6	6	6,2	6,2
Mercedes-Benz	Diésel	Citan 119 CDI (90CV)	Ciudad	6,7	6,7	6,7	-	
			Carretera	-	5,3	5,3	-	-
			Ciclo Mixto	-	5,8	5,8	-	-
Fiat	Gasolina	Talento - MultiJet 120 CV	Ciudad	7,8	-	-	-	
			Carretera	-	5,8	-	-	
			Ciclo Mixto	-	6,5	-	-	
Fiat	Gasolina	Talento - EcoJet 125CV S&S	Ciudad	6,9	-	-	-	
			Carretera	-	5,5	-	-	
			Ciclo Mixto	-	5,9	-	-	
Fiat	Gasolina	Talento - EcoJet 145 CV S&S	Ciudad	7,1	-	-	-	
			Carretera	-	5,6	-	-	
			Ciclo Mixto	-	6,1	-	-	
Fiat	Gasolina	Qubo Easy (1.4 Fire & 77 CV)	Ciudad	8,9	-	-	-	
			Carretera	-	5,8	-	-	
			Ciclo Mixto	-	6,9	-	-	
Fiat	Diésel	Qubo Easy-Lounge-Trekking (80 CV)	Ciudad	5,3	4,8	5,7	-	
			Carretera	-	3,7	3,8	-	
			Ciclo Mixto	-	4,3	4,5	-	
Fiat	Diésel	Qubo Lounge-Trekking (95CV)	Ciudad	5,3	4,8	5,7	-	
			Carretera	-	3,7	3,8	-	
			Ciclo Mixto	-	4,3	4,5	-	
Fiat	Diésel	Fiorino 1.4 8v Fire	Ciudad	8,9	-	-	-	
			Carretera	-	5,8	-	-	
			Ciclo Mixto	-	6,9	-	-	
Fiat	13,2 kg metano / 45l gasolina	Fiorino 1.4 Fire Natural Power	Ciudad	7,3	5,6	8,9	-	
			Carretera	-	4,6	3,6	5,6	-
			Ciclo Mixto	-	5,6	4,4	6,8	-
Fiat	Gasolina	Fiorino 1.3 16v MultiJet 80 CV	Ciudad	-	4,5	4,7	5,6	5,6
			Carretera	-	3,4	3,5	3,7	3,7
			Ciclo Mixto	-	3,8	3,9	4,4	4,4
Fiat	Gasolina	Fiorino 1.3 16v MultiJet 95 CV	Ciudad	-	4,7	4,7	5,6	5,6
			Carretera	-	3,5	3,5	3,7	3,7
			Ciclo Mixto	-	3,9	3,9	4,4	4,4

4,99 litros/100km. No obstante, según el estudio “Observatorio de mercado del transporte de mercancías por carretera”, del Ministerio de Fomento, el consumo medio anual de una furgoneta correspondería a los **11,5 litros/100 km**.

Kilometraje

El kilometraje medio anual de una furgoneta, independientemente de su carga, sería alrededor de 50.000 km anuales, de acuerdo al informe del Ministerio de Fomento, aunque esta cifra dependerá de la antigüedad de las furgonetas, disminuyendo a medida que alcancen su vida útil.

Consideraciones

Al igual que en el resto de transporte de mercancías, como ocurriría en los camiones, la **antigüedad de las furgonetas condicionaría el kilometraje anual** recorrido por las mismas. Como se ha contrastado en la Figura 29, el número de operaciones referente a los vehículos que se dedican al transporte de mercancías (camiones y furgonetas fundamentalmente), el número de kilómetros recorridos disminuiría a medida que envejece el vehículo. Finalmente, los ajustes de consumo final habrían seguido la misma metodología usada para el segmento de camiones.

5.2.2.4 Autobuses

Flota de autobuses

Como se recoge en la Figura 34, a 31 de diciembre del 2017, se registraron un total de 61.741 autobuses en la flota alimentados por productos petrolíferos, de los cuales, como también se puede observar en la Tabla 18, 61.337 (98,66%) eran de diésel, 239 (0,38%) de gasolina, 161 (0,26%) de butano y 4 (0,01%) de gas licuado del petróleo. Que la gran mayoría de los autobuses utilicen como combustible el diésel, viene motivado por causas económicas, ya que los costes variables de operar autobuses con diésel, son menores que con cualquier otro producto petrolífero.

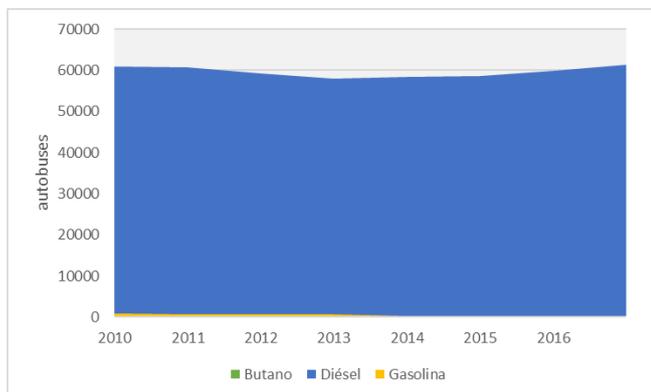


Figura 34. Evolución de la flota de autobuses de PP (%).

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Tabla 18. Evolución de la flota de autobuses de PP (unidades).

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Producto Petrolífero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Butano	134	163	164	163	161	161	161	161
Diésel	61.001	60.669	59.288	58.006	58.323	58.676	59.947	61.337
Gas Licuado de Petróleo			4	4	4	4	4	4
Gasolina	817	783	743	710	243	243	241	239

Consumos unitarios

Se ha realizado un estudio del consumo de distintos tipos de autobuses, obteniendo como resultados los que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Consumos de combustible de diferentes modelos de autobuses.

Fuente: Guía para la Gestión del Combustible (IDAE) [25], Mercedes- Benz & MAN

Año	Marca	Combustible	Modelo	Tipo de ciclo	Consumo Medio (l-g/100 km)
2017	Mercedes - Benz	Diesel/ Híbrido	Mercedes Benz Citaro Euro VI compact Hybrid	SORT 1	37,3
				SORT 2	32,5
				SORT 3	30,1
2017	MAN	Diesel / Híbrido	Lion's City Hybrid	SORT 1	30,9
				SORT 2	29,9
				SORT 3	28,7
2017	Merces - Benz	Diesel	Citaro diésel Euro VI con carrocería original	-	40,2
				-	35,0
				-	32,4
2006	-	Diesel	55 plazas	-	26,0
2006	-	Diesel	55 plazas	-	24,0
2006	-	Diesel	55 plazas	-	23,0
2006	-	Diesel	35 plazas	-	19,0

Además, el estudio "Observatorio de costes del transporte de viajeros en autocar" [28], del Ministerio de Fomento, indica los siguientes consumos en función de la capacidad del autobús: **35 litros/100 km** para autobuses con **más de 55 plazas**, **30 litros/100 km** para autobuses de **39 a 55 plazas**, **23 litros/100 km** para autobuses de **26 a 38 plazas**, y finalmente, **20 litros/100 km** para microbuses de **10 a 25 plazas**.

Con la información anterior, y teniendo en cuenta la distribución de la flota existente en función de su capacidad, se diferenciarán las cifras de consumo de acuerdo a la carga del mismo.

Clasificación

De acuerdo a la Figura 35, de 1994 a 2009, el ritmo de crecimiento fue incrementándose, registrándose decrementos de 2009 a 2011 como consecuencia de la crisis económica. Actualmente, el parque de autobuses a 31 de diciembre de 2017, ascendió a 63.589 vehículos, siendo un 48,6% autobuses de más de 50 plazas, seguido por los de 21 a 35 plazas, con un 24,3% aproximadamente. Paralelamente, se puede observar en la Figura 36, como, a partir del año 2016, aumentaría el número matriculaciones, consecuencia de algunas adquisiciones de flota nueva realizadas entre 2016 y 2018 (689 autobuses nuevos en la Comunidad de Madrid, por ejemplo). [29]

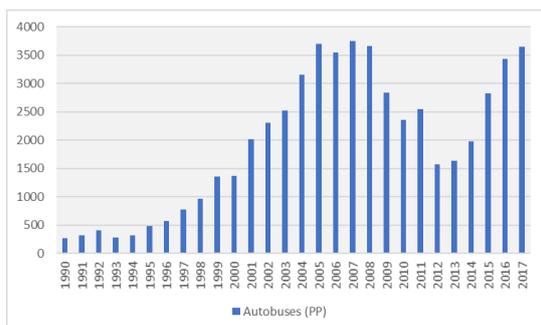


Figura 36. Distribución de la flota de autobuses existentes en función del año de matriculación.

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

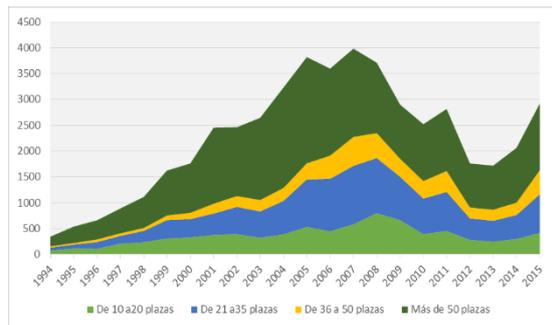


Figura 35. Distribución del nº de autobuses según número de plazas y antigüedad.

Fuente: Ministerio de Fomento & Análisis propio. [24]

Además, en la Figura 36, se puede observar cómo más del 50% de la flota existente en 2016, corresponde a autobuses con más de 10 años de antigüedad. En la actualidad se están realizando fuertes inversiones de fondos públicos destinados a renovar la flota de transporte público, promoviendo el uso de nuevas tecnologías menos contaminantes, que a continuación se analizarán, con el propósito de alcanzar el objetivo fijado por la Comisión Europea, que plantea que las ciudades de los Estados miembros logren que en 2025, el 30% de la flota de autobuses sea “eficiente”.

Kilometraje anual

De acuerdo al informe “Observatorio de costes del transporte de viajeros en autocar”, del Ministerio de Fomento, se estima que el kilometraje medio anual recorrido para autobuses de más de 39 plazas es de 75.000 kilómetros mientras que para autobuses de menos de 28 plazas es de 70.000 kilómetros aproximadamente, tal y como se observa en la Tabla 20. Además, en este caso, a diferencia de los camiones que transportan mercancías, el kilometraje anual no desciende al disminuir la vida útil de los mismos; de hecho, gran parte de la flota actual que estaría operando en la actualidad de forma habitual, habría alcanzado ya la vida útil.

Tabla 20. Kilometraje anual medio por tipo de autobús.

Fuente: Observatorio de costes del transporte de viajeros en autocar (2019). [28]

Año	Segmento	Combustible	Modelo	Kilometraje anual medio (km)
2019	Autobús	Diésel	Autocar de más de 55 plazas	75.000
2019	Autobús	Diésel	Autocar de 39 a 55 plazas	75.000
2019	Autobús	Diésel	Autocar de 26 a 38 plazas	70.000
2019	Autobús	Diésel	Microbus de 10 a 25 plazas	70.000

Ajuste de consumo de energía total

Al igual que con los camiones de carga superior a los 3500 kg, para el cálculo del consumo anual de productos petrolíferos por parte de los autobuses, se partiría de una serie de variables obtenidas a partir de distintas fuentes fiables que se han ido indicando a lo largo de la memoria. Por su parte, el consumo unitario de los autobuses vendría diferenciado y determinado por las características técnicas del autobús, esto es, el número de plazas que lo componen (lo que en los camiones equivaldría a la carga que arrastran), el consumo unitario de acuerdo a ese número de plazas así como la distribución existente y el kilometraje medio.

En este análisis en concreto, el cálculo del consumo total anual según el tipo de producto petrolífero usado (gasolina o diésel) sería directo, pues conociendo el consumo unitario de los autobuses según el número de plazas, los kilómetros anuales que recorren, y el número de autobuses existentes en la flota actual según la carga, podría conocerse el consumo total anual de este tipo de vehículos, cuyas cifras se detallan en la Tabla 21 y en la Tabla 22. Al igual que con el resto de las tipologías de vehículos estudiados, el procedimiento seguido así como las cifras históricas de consumo de energía final obtenidas anualmente se detallaría en el Anexo A de la memoria.

Tabla 21. Datos de entrada (Autobuses & Productos petrolíferos).

Fuente: Elaboración propia

Variable	Sub-variable	Valor	Unidad
Flota existente	Autobus Diésel	58.006	autobús
	Autobús Gasolina	710	autobús
Consumo	A. 10-25 plazas	20	l/100 km
	A. 26-38 plazas	23	l/100 km
	A. 39-55 plazas	30	l/100 km
	A. >55 plazas	35	l/100 km
Kilometraje medio	A. 10-25 plazas	70.000	km/año
	A. 26-38 plazas	70.000	km/año
	A. 39-55 plazas	75.000	km/año
	A. >55 plazas	75.000	km/año
Distribución según carga	A. 10-25 plazas	16%	%
	A. 26-38 plazas	24%	%
	A. 39-55 plazas	11%	%
	A. >55 plazas	49%	%

Tabla 22. Variables finales (Autobuses & Productos petrolíferos).

Fuente: Elaboración propia

Variable	Sub-variable	Valor	Unidad	
Consumo unitario medio según número de plazas	Diésel	10-25 plazas	14.000	litros/año*veh.
		36-38 plazas	16.100	litros/año*veh.
		39-55 plazas	22.500	litros/año*veh.
		> 55 plazas	26.250	litros/año*veh.
	Gasolina	10-25 plazas	14.000	litros/año*veh.
		36-38 plazas	16.100	litros/año*veh.
		39-55 plazas	22.500	litros/año*veh.
		> 55 plazas	26.250	litros/año*veh.
Consumo total según número de plazas	Diésel	10-25 plazas	128.796.522	litros/año
		36-38 plazas	227.497.212	litros/año
		39-55 plazas	145.522.553	litros/año
		> 55 plazas	740.163.811	litros/año
	Gasolina	10-25 plazas	1.576.484	litros/año
		36-38 plazas	2.784.592	litros/año
		39-55 plazas	1.781.213	litros/año
		> 55 plazas	9.059.689	litros/año

5.2.2.5 Turismos

Flota de turismos

A diferencia de los otros tipos de vehículos estudiados con anterioridad, el porcentaje de turismos alimentados con gasolina es ligeramente inferior al de los coches alimentados por diésel, tal y como se recoge en la Figura 37. Estos resultados parecen razonables al analizar posteriormente el número de kilómetros medios anuales recorridos por esta clase de vehículos; a excepción de algunos que prestan servicios públicos como sería el caso de los taxis, el kilometraje medio es muy inferior al del resto de vehículos estudiados. Esto implica que los costes variables superiores de la gasolina frente al diésel, se compensen con los costes de inversión inferiores frente a los diésel, y el número de ventas de ambos modelos sea similar.

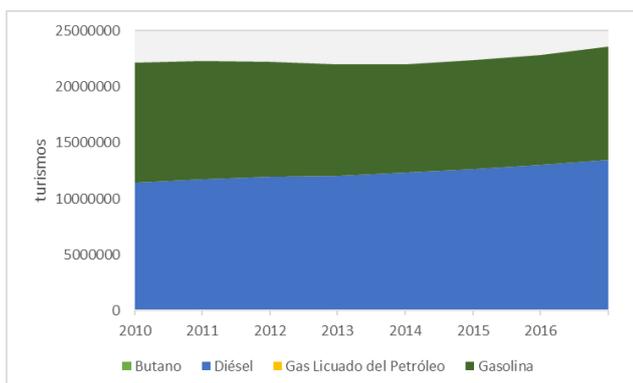


Figura 37. Evolución de la flota de turismos de PP.
Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

A 31 de diciembre de 2017, de acuerdo a los datos de la Dirección General de Tráfico, como se indica en la Tabla 23, el número de turismos alimentados por productos petrolíferos ascendería a las 23.604.304, de los cuales, un 57% haría referencia a coches diésel, mientras que un 43% estarían alimentados por gasolina.

Tabla 23. Evolución de la flota de turismos de PP (unidades).
Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Producto Petrolífero	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Butano	454	487	527	500	449	433	409	391
Diésel	11.466.842	11.763.255	11.937.569	12.061.601	12.325.894	12.665.275	13.037.916	13.489.931
Gas Licuado de Petróleo	0	123	248	888	1.964	4.551	5.984	10.125
Gasolina	10.677.003	10.510.112	10.305.113	9.956.308	9.695.703	9.677.594	9.820.737	10.103.857

Kilometraje anual

Los españoles conducen una media de 300 horas al año. Además, los conductores de la Comunidad de Madrid son los que más kilómetros recorren de media al año, con 12.655 kilómetros, seguidos de los conductores de Castilla-La Mancha, con 12.366 kilómetros anuales, y los de Canarias, con 12.309 kilómetros.

Además, el número de kilómetros recorridos anualmente disminuiría con los años de vida del vehículo, tal y como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Relación entre kilometraje y antigüedad de turismos.
Fuente: INE [31].

Antigüedad	Kilometraje anual medio (km)
De 0 a 4 años	13890
De 5 a 10 años	12784
De 11 a 20 años	9730
De 21 a 50 años	7892

Clasificación

Aunque la antigüedad del vehículo no disminuiría notablemente el número de kilómetros recorridos anualmente hasta alcanzar los 15 años, se ha considerado interesante, al igual que en los otros tipos de transporte, analizar la distribución de la flota de turismos existentes de acuerdo al año de matriculación, como se ilustra en la Figura 38.

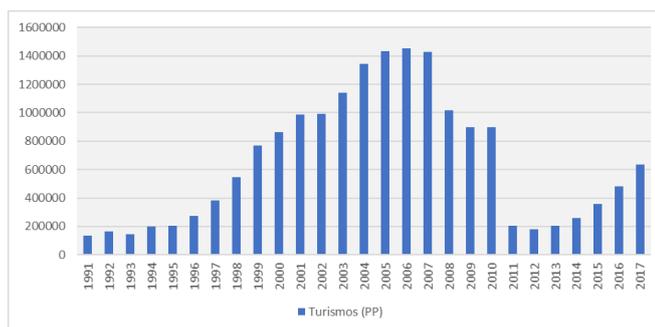


Figura 38. Distribución de la flota de turismos existentes en función del año de matriculación.

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Consumos unitarios

En relación con el consumo unitario de los turismos, se han analizado diferentes modelos en los que el consumo unitario podría diferir más notablemente (por ejemplo, turismo pequeño frente a un todoterreno), así como su consumo de diésel y gasolina, obteniéndose los consumos que se recogen en la Tabla 25. Con el promedio de todos, se considerará un consumo medio de **5 litros/100 km** para los turismos **diésel**, y de **5.1 litros/100 km** para los de **gasolina**.

Tabla 25. Consumos de GNC diferentes modelos de turismos.

Fuente: Análisis propio.

Año	Marca	Modelo	Combustible	Modelo	Consumo Medio (kg/100km)
2019	Renault	Pequeño	Diésel	Renault Captur J87 fase 2 Energy Dci 66	4,2
			Gasolina	Kw (90cv) - 18 (Semi:2E2B N4 y Semi:	5,4
2019	Renault	Todoterreno medio	Diésel	Renault kadjar HFE Tce GPF 103 KW (140	4,8
			Gasolina	CV) - 18	5,5
2019	Renault	Berlina	Diésel	Renault Nuevo Megane Berlina 5P	4
			Gasolina	Energy dCi 96 Kw (130cv) Llantas 18	5,3
2019	Renault	Monovolumen Medio	Diésel	Renault Nuevo Scenic Energy dCi 96 Kw	4,5
			Gasolina	(130cv)	5,8
2019	Seat	Berlina Medio	Diésel	SEAT Toledo MY17 1.6 TDI MAN.5V	4,4
			Gasolina	85KW PK62	4,6
2019	Seat	Berlina Familiar	Diésel	SEAT Nuevo Leon 1,6 TDI AUT.7V 85 KW	4,2
			Gasolina	115 CV PK76	5,1
2019	Seat	Pequeño	Diésel	SEAT Ibiza ST MY17 1.4 TDI MAN. 66 KW	3,8
			Gasolina		4,9
2019	Seat	Todoterreno Pequeño	Diésel	SEAT Ateca MY17 2.3 TDI MAN. 6V 4X4	5
			Gasolina	150 CV PK63	6,2
2019	Seat	Pequeño	Diésel	SEAT Arona MY18 1.6 TDI MAN. 6V 85	4,1
			Gasolina	KW (115CV) PK81	5
2019	Seat	Monovolumen Grande	Diésel	SEAT Alhambra MY17 2.0 TDI AUT.6V	5,2
			Gasolina	110KW 7 plazas PK62	6,5
2019	Volkswagen	Todoterreno pequeño	Diésel	Tiguan 2.0 TDI MAN. 6V 110CV	5,3
			Gasolina		5,9
2019	Volkswagen	Deportivo	Diésel	Nuevo Sirocco 2.0 TDI AUT. 6V 184 CV	4,8
			Gasolina		6,4
2019	Volkswagen	Pequeño	Diésel	Nuevo Polo 1.4 TDI MAN. 5V 75	3,4
			Gasolina		4,8
2019	Volkswagen	Berlina Familiar	Diésel	Nuevo Passat 2.0 TDI MAN. 6V 150	4,1
			Gasolina	CV(G.N.02)	5,2
2019	Volkswagen	Berlina Familiar	Diésel	Golf Sportsvan MY 17 1.6 TDI AUT.7V	4,2
			Gasolina	110CV PK05	5,1
2019	Volkswagen	Monovolumen Medio	Diésel	Golf PLUS 2.0 TDI AUT.6V 140 CV	5,5
			Gasolina		6,8
2019	Volkswagen	Berlina Familiar	Diésel	Golf MY 16 1.6 TDI AUT.7V 110 CV 4P	3,9
			Gasolina	PK61	4,9
2019	Volkswagen	Berlina Familiar	Diésel	BETTLE 1.6 TDI MAN.5V 105 CV	4,5
			Gasolina		5,9

5.3 GAS NATURAL

5.3.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, no existen los suficientes avances para que los motores eléctricos sean capaces de mover 40 toneladas de carga en grandes distancias. Es por ello que el uso del gas es actualmente la única y verdadera alternativa al diésel en lo que al transporte de mercancías pesadas se refiere.

De acuerdo al informe “*The Prospects for Natugal Gas as a Transportation Fuel in Europe*”, [32] el gas natural tiene potencial en los siguientes sectores de transporte:

- Transporte ligero por carretera: coches, taxis y pequeñas furgonetas
- Transporte de pasajeros por carretera público: autobuses urbanos
- Transporte de mercancías: camiones de servicio mediano y camiones de servicio pesado (de este último, usos urbanos y usos interurbanos)
- Transporte marítimo
- Sector ferroviario, aunque teniendo en cuenta el alto grado de electrificación de este sector, se prevé una prospectiva menor de la penetración del gas natural, y por tanto será descartada dentro del análisis de estudio.

Como se observa en la Figura 39, el consumo de gas natural en el sector transporte a nivel nacional ha estado limitado al transporte por carretera, habiéndose registrado un consumo final nulo de gas natural en algunos sectores como el ferroviario y el

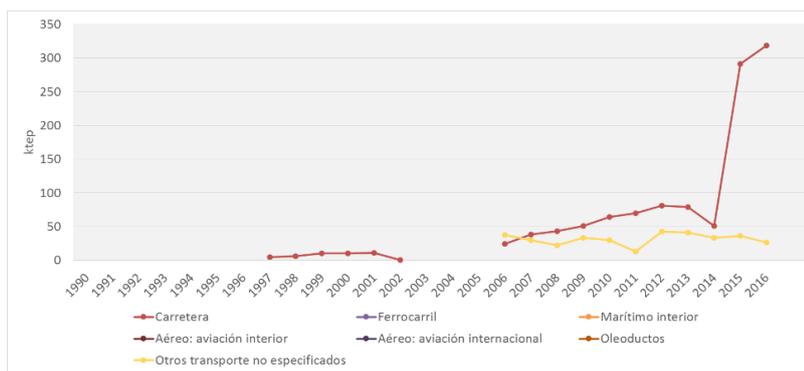


Figura 39. Consumo total GN en el Sector Transporte.

Fuente: Elaboración Propia, Eurostat, IDAE. [17]

marítimo. Por tanto, el alcance del consumo final de gas natural en el sector transporte se limitará al transporte por carretera, ya que se considera que tendrá una mayor proyección en el caso de España que otros sectores del transporte. Además, es importante señalar el extraordinario incremento del consumo final de gas natural durante el periodo 2014-2016.

Durante el año 2012, 12 estaciones de gas natural licuado y 12 estaciones de gas natural comprimido formaban el total de estaciones de gas natural instaladas a nivel nacional; en la actualidad, España cuenta con 40 estaciones de servicio que venden gas natural comprimido (GNC) y 19 de gas licuado (GNL) y para finales de este año habrá 30 (10 de GNL) para repostar. El aumento de la extensión de las estaciones de gas instaladas a nivel nacional resulta crucial para el desarrollo del gas natural como posible alternativa en el transporte, y esta evolución en el número de instalaciones podría ser sin duda, causa del aumento del consumo final de gas natural.

Respecto a las emisiones, la propulsión de gas en el transporte terrestre reduce en la actualidad hasta un 30% las emisiones de gases de efecto invernadero para cumplir con la normativa Euro6, la más exigente de la UE en vigor desde septiembre de 2015. Uno de los

objetivos de la Unión Europea es impulsar una red de gas que cuente con al menos una estación de gas comprimido cada 200 kilómetros y una de gas natural licuado cada 400 kilómetros.

5.3.1.1 METODOLOGÍA

En el caso del consumo del gas natural en el sector transporte, la metodología será muy parecida a el caso de los productos petrolíferos aunque se omitirán algunos campos como por ejemplo la clasificación de los camiones. No resulta interesante analizar la clasificación de la flota actual de vehículos propulsada por GNC de acuerdo a la antigüedad ya que se trata de una novedad y según las cifras estudiadas, los camiones/autobuses operativos propulsados por gas natural a nivel nacional, comenzarían a estar operativos fundamentalmente a partir del año 2013, por lo que se trataría de una flota totalmente nueva, a diferencia de la flota de productos petrolíferos.

Además, otros datos como el kilometraje anual, y la relación entre este último y la antigüedad del vehículo, serían los mismos que los obtenidos en el apartado de productos petrolíferos y que se omiten en éste para no redundar información.

5.3.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES

5.3.2.1 Camiones de más de 3500 kg

Flota de vehículos

Como se observa en la Figura 40, a 31 de diciembre de 2017, se registraron un total de 303 camiones de carga superior a 3500 kg de gas natural comprimido y 9 camiones de gas natural licuado. Uno de los principales condicionantes para el desarrollo de los camiones impulsados por gas natural es el desarrollo de una red

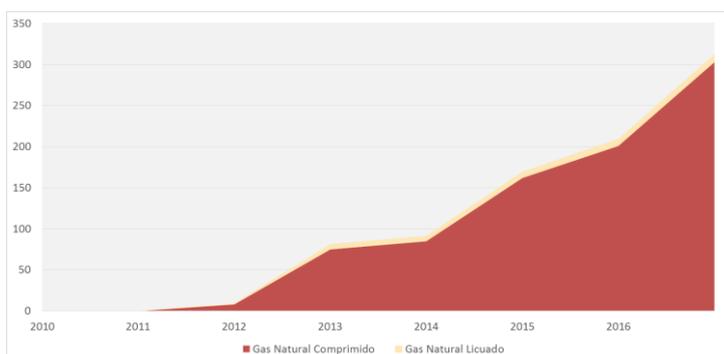


Figura 40. Evolución de la flota de camiones de más de 3500 kg de Gas Natural. Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

robusta que permita el repostaje de los mismos. Este mismo hecho explicaría la razón por la que el número de camiones de gas natural licuado es menor que el número de camiones de gas natural comprimido, como se observa en la Tabla 26 y en la Tabla 27, ya que el número de estaciones de gas comprimido duplica las estaciones de gas licuado.

Tabla 26. Evolución de la flota de camiones de más de 3500 kg de Gas Natural (unidades). Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Gas Natural	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Comprimido	0	0	10	55	65	105	303	645
Licuado	0	0	0	0	0	5	25	49

Tabla 26. Evolución de la flota de camiones de menos de 3500 kg de Gas Natural (unidades). Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Gas Natural	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Comprimido	0	0	8	75	85	162	201	303
Licuado	0	0	1	6	6	7	8	9

En relación a la flota de camiones de carga menor de 3500 kg registrada a finales de 2017 era prácticamente el doble que la flota de camiones de más de 3500 kg para el caso del gas natural comprimido, y más del doble para el caso del gas natural licuado.

Al no haber una red gasista de repostaje lo suficientemente desarrollada, resulta razonable pensar que los camiones de más carga y con mayores consumos, busquen seguridad y autonomía en el trayecto, optando por vehículos que usan combustibles más tradicionales.

Consumos unitarios

La Tabla 27 indica los consumos unitarios de distintos modelos de camiones de acuerdo a las últimas publicaciones sobre camiones propulsados por gas natural. Para el ajuste del consumo final de energía histórico, se considerará un consumo unitario medio por camión de **26 kg/100km**.

Tabla 27. Consumos de combustible de diferentes modelos de autobuses.
Fuente: Scania & Iveco.

Año	Marca	Combustible	Modelo	Consumo Medio (kg/100 km)
2018	Scania	GNL	Scania G 340 GNL - 30t	22,9
2018	Iveco	GNL	Iveco Stralis NP -400CV	29,5
2006	Iveco	GNL	Iveco AS440S40 T/P -400CV	28,22

5.3.2.3 Furgonetas

Flota de vehículos

El gas natural en el segmento de las furgonetas ha aumentado notablemente durante los últimos años, protagonizando incrementos del casi 100% en el caso de la flota de furgonetas propulsadas por gas natural comprimido. De acuerdo a la Figura 41, en el año 2017 se registrarían un total de 500 furgonetas propulsadas por GNC frente a las 259 registradas en el año 2016 y 8 en el año 2012.

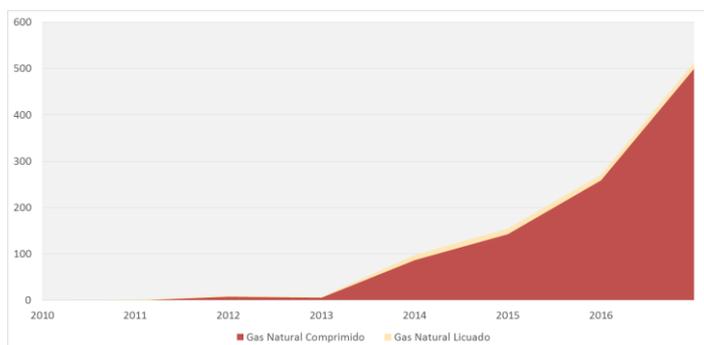


Figura 41. Evolución de la flota de furgonetas de Gas Natural.
Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Consumos unitarios

Teniendo en cuenta el consumo medio de diferentes modelos de furgonetas, y que se ilustran en la Tabla 28, para el ajuste del consumo histórico de gas natural en el sector

Tabla 28. Consumos unitarios de furgonetas de GNC.
Fuente: Análisis propio.

Año	Marca	Segmento	Combustible	Modelo	Consumo Medio (kg/100km)
2019	Fiat	Furgoneta	GNC	Fiat Doblo Natural Power	4,9
2019	Fiat	Furgoneta	GNC	Doblo Maxi Natural Power	4,9
2019	Fiat	Furgoneta	GNC	Florino Natural Power	4,3
2019	Fiat	Furgoneta	GNC	Florino Maxi Natural Power	4,3
2019	Fiat	Furgoneta	GNC	Ducato Natural Power	8,6
2019	IVECO	Furgoneta	GNC	Iveco Daily Natural Power	8,9
2019	Mercedes - Benz	Furgoneta	GNC	Sprinter NGT Panel Van	7,5
2019	Mercedes - Benz	Furgoneta	GNC	Sprinter NGT Group Van	7,5
2019	Mercedes - Benz	Furgoneta	GNC	Sprinter NGT Pickup	7,5
2019	Opel	Furgoneta	GNC	Combo CNG	4,9
2019	Volkswagen	Furgoneta	GNC	Caddy TGI	4
2019	Volkswagen	Furgoneta	GNC	Caddy Maxi TGI	4,3

transporte, se utilizará un consumo medio unitario de furgonetas propulsadas por gas natural de **5,96 kg/100 km**.

5.3.2.4 Autobuses

Flota de vehículos

Como se observa en la Tabla 29, la mayoría de los autobuses de la flota actual están impulsados por gas natural comprimido ya que resulta más adecuado para realizar desplazamientos en entornos urbanos o de media distancia.

Tabla 29. Evolución de la flota de autobuses de Gas Natural (unidades).

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Gas Natural	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Comprimido	0	0	49	124	168	248	524	845
Licuada	0	0	0	0	4	4	4	4

Como ya se habría mencionado previamente, algunas comunidades autónomas como es el caso de la Comunidad de Madrid, están realizando fuertes inyecciones económicas para renovar su parque de autobuses durante los años 2019 y 2020. Según confirman algunos medios de comunicación españoles, se trataría de autobuses propulsados por gas natural comprimido más modernos y menos contaminantes que los anteriores. Algunos de los modelos son Citaro NGT y N280-GNC; se trata de vehículos que cumplirían con la norma Euro 6 y con reducciones del 75% sobre las emisiones de un vehículo habitual diésel. Con estas inversiones, la edad media de la flota disminuiría de los 10 años en 2018, a los 6.6 años en 2019. De esta manera, se alcanzaría el objetivo fijado por la Comisión Europea, que plantea a las ciudades de los Estados miembros lograr que en 2025 el 30% de la flota de autobuses sea “ecoeiciente” (híbridos, eléctricos, etcétera.)

Clasificación

Como se puede observar en la Figura 42, los autobuses impulsados por gas natural han tenido un fuerte despliegue durante los dos últimos años (se adquirieron 689 autobuses de gas natural entre 2016 y 2018).

En algunas regiones como la Comunidad de Madrid, el 83% de la flota es considerada “verde” (gas natural, diésel Euro V e Híbrido y Eléctrico), de los cuales un 65% están alimentados por gas natural. Además, se prevé que estos números aumenten notablemente durante este año y el próximo debido a inversiones aprobadas para la adquisición de 460 nuevos autobuses para la flota municipal, todos ellos propulsados por gas natural comprimido.

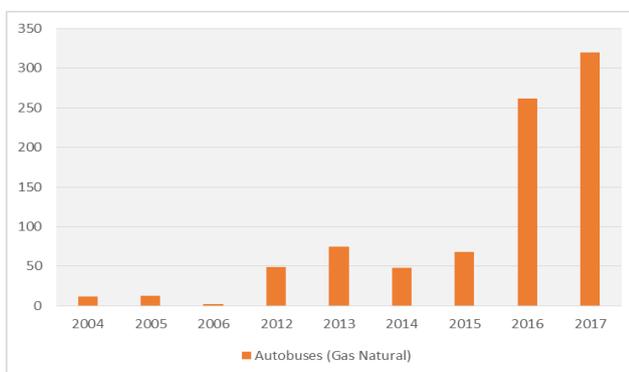


Figura 42. Distribución de la flota autobuses de gas natural en función del año de matriculación.

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Consumo unitario

Los dos autobuses más implementados en la flota actual son el Citaro NGT y el N280-GNC. El consumo medio del “O 530 Citaro GNC con carrocería” de la firma MAN sería de 44,69 kg/100km para ciclo de tipo “Sort 1”, de 35,94kg/100km para ciclo de tipo “Sort 2” y de 31,49 kg/100km para ciclos de tipo “Sort 3”, estimándose un consumo medio total de 37kg/100km.

5.3.2.5 Turismos

Flota de vehículos

Aunque el precio de compra de los coches impulsados por GNC suele ser más alto que el precio de un coche de gasolina, e incluso que el de un coche diésel, algunos subsidios estatales como el “Plan MOVEA” y el “Plan MOVALT”, estarían permitiendo el despegue de esta nueva tecnología, según los datos recogidos en la Figura 43.

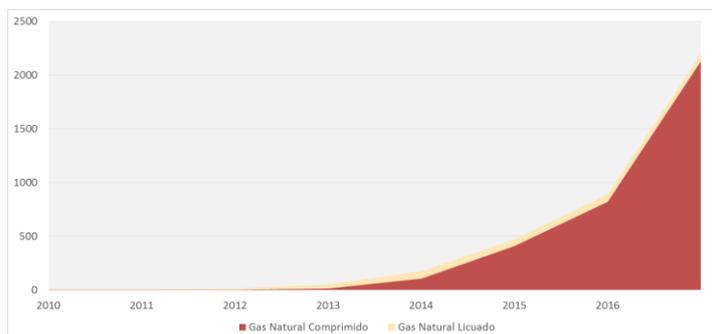


Figura 43. Evolución de la flota de turismos de Gas Natural.

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Tabla 30. Evolución de la flota de turismos de Gas Natural (unidades).

Fuente: DGT & Análisis propio. [24]

Gas Natural	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Comprimido	4	0	4	14	106	409	821	2.128
Licuado	454	0	5	35	62	57	63	62

El número total de matriculaciones registradas durante el año 2017 fue de 1.306 para el caso de los turismos, 231% más que el año anterior de acuerdo a la Tabla 30. Según algunas fuentes, en el año 2018, la matriculación de vehículos propulsados por gas natural en España se situó por encima de los 5.700 vehículos, un 146% más que en el año 2017. [33]

Consumos

La Tabla 31 recoge los consumos medios de turismos de acuerdo a la marca y el modelo, estimándose un consumo medio de gas natural de **3,63 kg/100km**.

Tabla 31. Consumos de GNC diferentes modelos de turismos.

Fuente: GASNAM (Asociación Ibérica de Gas Natural para la Movilidad). [34]

Año	Marca	Segmento	Combustible	Modelo	Consumo Medio (kg/100km)
2019	Audi	Turismo	GNC	A3 Sportback g-tron	3,3
2019	Audi	Turismo	GNC	A4 Avant g-tron	4
2019	Fiat	Turismo	GNC	500 L Natural Power	3,9
2019	Fiat	Turismo	GNC	500 L Living Natural Power	3,9
2019	Fiat	Turismo	GNC	Panda Natural Power	3,1
2019	Fiat	Turismo	GNC	Qubo Natural Power	4,3
2019	Fiat	Turismo	GNC	Punto Natural Power	4,2
2019	Fiat	Turismo	GNC	Punto Van Natural Power	4,2
2019	Lancia	Turismo	GNC	Ypsilon Ecochic GNC	3,1
2019	Mercedes-Benz	Turismo	GNC	B 200 NGD	4,3
2019	Mercedes-Benz	Turismo	GNC	E 200 NGD	4,3
2019	Opel	Turismo	GNC	Zafira Tourer GNC	4,7
2019	Seat	Turismo	GNC	León TGI	3,5
2019	Seat	Turismo	GNC	León TGI	3,5
2019	Seat	Turismo	GNC	Mii Ecofuel	2,9
2019	Skoda	Turismo	GNC	Citigo G-TEC	2,9
2019	Skoda	Turismo	GNC	Octavia Sedán G-TEC	3,5
2019	Skoda	Turismo	GNC	Octavia Familiar G-TEC	3,5
2019	Volkswagen	Turismo	GNC	Eo up!	2,9
2019	Volkswagen	Turismo	GNC	Load up!	2,9
2019	Volkswagen	Turismo	GNC	Golf TGI	3,4

5.4 SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SECTOR: MODELO DE MERCADO

Además de las variables consideradas y explicadas previamente, es necesario estudiar el comportamiento de la flota durante los últimos años para conocer qué variables, además de las explicadas anteriormente, influyen en la evolución de la misma y poder predecir con mayor precisión el comportamiento futuro. Para entender en mayor medida esta parte, se va a ilustrar el segmento de los coches, aunque cabe destacar que cada segmento en cada sector lleva una serie de variables intermedias.

Las variables conocidas para el periodo 2010-2016 en el caso del sector transporte han sido el número de coches que operan en la flota cada año según el combustible utilizado, el número de matriculaciones anuales según la tecnología, la antigüedad media de la flota según el combustible y el número de bajas de los coches. Por tanto, de forma lógica, se ha deducido que el número de coches operan anualmente en la flota española viene dado por la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ coches}_{\text{año}} = N^{\circ} \text{ coches}_{\text{año}-1} + N^{\circ} \text{ matriculacion}_{\text{año}-1} - N^{\circ} \text{ coches obsoletos}_{\text{año}-1}$$

Donde:

- $N^{\circ} \text{ coches}_{\text{año}}$: número de coches operativos anualmente según combustible.
- $N^{\circ} \text{ coches}_{\text{año}-1}$: número de coches operativos durante el año anterior según combustible.
- $N^{\circ} \text{ matriculacion}_{\text{año}-1}$: número de matriculaciones durante el año anterior según combustible.
- $N^{\circ} \text{ coches obsoletos}_{\text{año}-1}$: número de coches que se han retirado de la flota al haber alcanzado, como norma general, su vida útil.

A su vez, se ha supuesto que cada coche que se retira de la flota al acabar su vida útil, es reemplazado por un nuevo, de acuerdo al comportamiento habitual del consumidor, de forma que:

$$N^{\circ} \text{ coches obsoletos}_{\text{año}-1} = N^{\circ} \text{ coches reemplazantes}_{\text{año}-1}$$

En cuanto al número de matriculaciones para un año en concreto, se ha estimado que éste será igual al número de coches que quedaron obsoletos durante el año anterior más el número de coches como consecuencia de la situación económica del país (crecimiento económico). Es decir:

$$N^{\circ} \text{ matriculacion}_{\text{año}-1} = N^{\circ} \text{ coches obsoletos}_{\text{año}-1} + N^{\circ} \text{ coches nuevos (c. e.)}_{\text{año}-1}$$

Donde:

- $N^{\circ} \text{ coches nuevos (c. e.)}_{\text{año}-1}$: número de coches nuevos como consecuencia de una situación económica favorable a nivel nacional

Paralelamente, se ha supuesto que el número de coches obsoletos de la flota debería estar condicionado por la antigüedad media de la flota existente y la vida útil de un coche, que se ha estimado en 12 años aproximadamente. Al analizar la relación entre el número de coches

retirados durante el periodo 2010-2016 y la antigüedad media de la flota para esos mismos años, datos obtenidos a partir de la DGT, se ha obtenido la relación ilustrada en la Figura 44.

Por tanto, al observar la relación obtenida, se puede corroborar que el número de coches obsoletos anualmente es una variable que vendría condicionada por como evolucionada la antigüedad de la flota, que siga una evolución decreciente hacia 2030, al entrar mejoras tecnológicas que implican reducción de consumos en los coches y por tanto un ahorro económico para el consumidor.

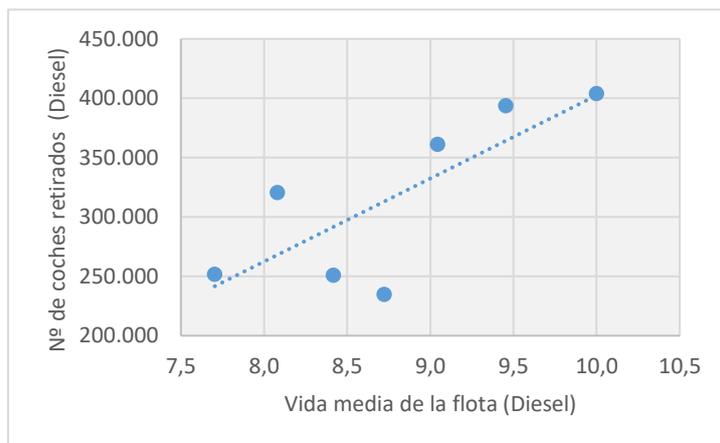


Figura 44. Relación entre el número de coches retirados (obsoletos) y la antigüedad media de la flota.
 Fuente: Elaboración propia.

En paralelo, se ha analizado si resulta coherente el número de coches obtenidos debido al crecimiento económico durante el periodo 2010-2016 a partir de la ecuación considerada previamente, obteniendo el gráfico que se ilustra en la Figura 45, donde se puede observar cómo valores más altos de PIB, correspondientes a la recuperación económica a partir del año 2014, suponen un mayor número de coches nuevos que entran a la flota.

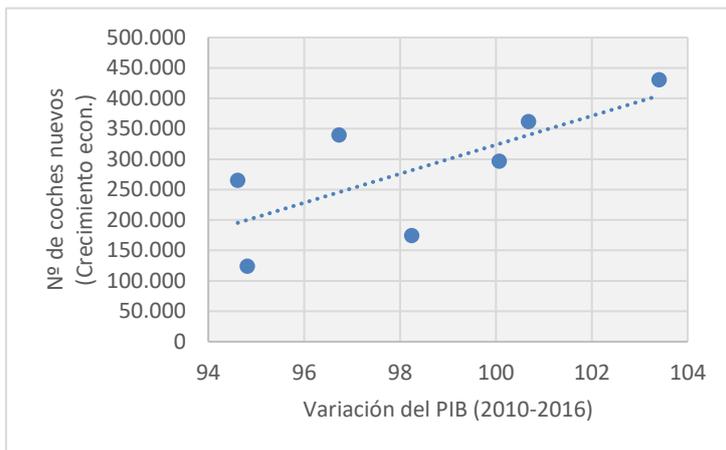


Figura 45. Relación entre el número de coches nuevos como consecuencia del crecimiento económico y la variación del PIB (Periodo 2010-2016).
 Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, se puede concluir en que las variables intermedias y ecuaciones diseñadas para la simulación de la flota de coches tanto a pasado como futuro, resultan coherentes y permitirían calcular el número de coches operativos en la flota teniendo como hipótesis, el crecimiento económico esperado a futuro y la evolución de la antigüedad media de la flota.

Teniendo en cuenta el número de vehículos existentes a pasado, el número de matriculaciones anuales a partir de las variables explicadas anteriormente, y utilizando como driver del modelo la cuota de ventas de vehículos según su tipología (dieselizados, eléctricos o alimentados por gas natural), se obtendría el número de vehículos operativos anualmente según la tecnología. No obstante, otras tendencias que se explicarán a continuación también podrían condicionar las variables utilizadas para el consumo energético, tal y como se analiza en el apartado 5.4 de tendencias en el sector transporte.

5.5 TENDENCIAS EN EL SECTOR TRANSPORTE

Como se ha comentado previamente, el transporte es un sector clave para conseguir la descarbonización del modelo energético nacional, ya que es el sector que mayor volumen de emisiones emite. Además, es un sector en el que hay más facilidad para realizar actuaciones y que se trata de un segmento más homogéneo y con ciclos de renovación más cortos, donde existen menos barreras a un control regulatorio y fiscal, hecho que hace necesario que los objetivos para el sector transporte sean más ambiciosos y permitan compensar las barreras en otros sectores, asegurando la consecución de los objetivos globales de descarbonización para el modelo energético europeo, tanto en el medio como en el largo plazo.

5.5.1 GAS NATURAL COMO VECTOR ENERGÉTICO

En cuanto al **gas natural como vector energético** en el sector transporte, hoy en día es una solución comercialmente viable, que además presenta la principal ventaja de reducir, hasta eliminar completamente las emisiones de SOx, partículas, y en gran medida las de NOx, por lo que se hace especialmente atractivo para zonas urbanas. Sin embargo, esta tecnología solo consigue reducir entre un 10 y un 20% las emisiones de CO2, por lo que, a efectos de la descarbonización del sistema energético español, se trataría de una tecnología de transición, mientras otras soluciones como una mayor penetración del coche eléctrico se despliegan completamente. En algunas ciudades como Madrid por ejemplo, no se habrían adquirido autobuses de productos petrolíferos desde el año 2010, y se habrían ido sustituyendo los existentes progresivamente por gas natural.

No obstante, en cuanto al uso del gas natural en el transporte de mercancías pesadas o autobuses, son otros los escenarios previstos. De acuerdo con algunos informes de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) [35], el porcentaje de participación a nivel internacional del gas natural en el sector transporte alcanzó la cifra de 3% en 2012, mientras que en 2040 se espera que sea alrededor del 11%. Este porcentaje estaría compuesto por un aumento fuerte del gas natural usado en grandes camiones para las proyecciones a 2040, aumentando desde el 1% en 2012 hasta el 15% en 2040. Además, el 50% de la energía consumida por los autobuses para 2040 se prevé que sea de gas natural, así como el 17% de trenes, el 7% de vehículos ligeros y el 6% de furgonetas.

5.5.2 VEHÍCULO COMPARTIDO, CONECTADO Y COLABORATIVO

Por otro lado, la penetración continua de digitalización y el grado de colectivización del transporte son las dos principales incertidumbres que definirán el futuro de la movilidad de pasajeros.

La movilidad **compartida** hace referencia a un mejor uso de los recursos, pues según algunas fuentes, los coches pasan aparcados un 95% de su vida útil, no resultando en un buen aprovechamiento. [36] Así, la movilidad compartida busca una mayor utilización de los coches existentes, permitiendo el alquiler de vehículos de forma temporal.

Además, el término de vehículo **conectado y colaborativo** hace referencia a dos conceptos. Por un lado, la conexión en red del automóvil con otros automóviles o con la infraestructura de transporte (como semáforos); por otro lado, el término también cubre la creación de redes ocupantes de vehículos con el mundo exterior. En la actualidad existen

servicios que conectan pasajeros con vehículos registrados, distinguiendo dos vertientes: por un lado el “*Ridesharing*”, que se refiere a compartir el coche para viajes esporádicos o trayectos de larga distancia (como lo que hoy se conoce como Blabacar), mientras que el “*Carpooling*” es para distancias más cortas.

Repercusiones sobre el modelo energético futuro

El **automóvil del futuro se utilizará de forma mucho más intensiva**. En el futuro, los vehículos autónomos compartidos se utilizarán mucho mejor en términos de capacidad.

El **inventario de coches disminuirá significativamente** como consecuencia del aumento del factor de utilización de los mismos. La consultora PwC estima que la flota actual de vehículos en Europa es alrededor de 280 millones de vehículos y que podría caer hasta los 200 millones en 2030 (descenso del 25%) [37]. Paralelamente, en Estados Unidos se prevé una caída del 22%, disminuyendo el número hasta los 212 millones de vehículos, mientras que en China, la flota podría aumentar hasta un 50%, alcanzando casi los 275 millones de vehículos, a pesar del mayor ratio de utilización.

Reducción de las congestiones de tráfico, como consecuencia de reducción del número de vehículos en la flota, y la consecuente reducción de emisiones.

La mayoría de las empresas que optan por estas nuevas tecnologías con los objetivos de sostenibilidad, apuestan por el modelo completo, incorporando **electrificación** a sus vehículos, por lo que la penetración eléctrica en los vehículos aumenta.

Todas las innovaciones relacionadas con el vehículo conectado y colaborativo, darán lugar a una **tasa de innovación muy alta dentro de la industria automotriz**. Los ciclos de renovación de cinco a ocho años, que siempre han sido comunes en este sector, podrían disminuir al año.

Las **ventas de vehículos aumentarán** independientemente de la caída en el número de vehículos registrados en la flota. Los vehículos que se utilizan de una forma tradicional, se mantendrán en la flota durante un largo periodo de tiempo en comparación con los vehículos autónomos compartidos. No obstante, como la tasa de renovación de los vehículos compartidos autónomos será mucho mayor debido a la disminución de su vida útil, las ventas anuales aumentarán. En Europa, la tasa de ventas podría aumentar un 34% a lo largo del proceso de transformación, desde los 18 millones a los 24 millones de vehículos.

Todas estas tendencias mencionadas anteriormente tendrían una repercusión directa sobre el consumo final energético procedente del sector transporte, al disminuir la flota de vehículos gracias a un uso más eficiente e intensivo del transporte.

Estado actual de desarrollo

En la actualidad se están desarrollando aplicaciones móviles que para convertir la movilidad colaborativa en una realidad; ejemplo de ello es el caso de Madrid, en el que la EMT está desarrollando “*Maas Madrid*” – *Mobility as a Service* – para ofrecer información combinada de transporte público con los nuevos servicios complementarios de movilidad compartida.

En cuanto a la movilidad compartida, el Ayuntamiento de Madrid ya ha puesto en operación el servicio de coche compartido *Carsharing*, con el que los usuarios alquilan los vehículos. La

primera empresa de *Carsharing*, Car2go, se implantó en noviembre de 2015 y la última en julio de 2018, con más de 190.000 usuarios en la ciudad.

5.5.3 VEHÍCULO AUTÓNOMO

El gran desarrollo en áreas como la inteligencia artificial, aprendizaje automático, así como las redes neuronales, están permitiendo lograr el desarrollo de vehículos autónomos, que no requieren de intervención humana incluso en aquellas situaciones más complejas de tráfico.

Repercusiones sobre el modelo energético futuro

Es importante destacar que se estima que la producción de esta clase de coches conllevará la electrificación de los mismos, sustituyendo así los automóviles eléctricos progresivamente a los impulsados por combustible. Esto también se debe al hecho de que las dimensiones autónomas y electrificadas se apoyan mutuamente.

Estado actual de desarrollo

En la actualidad, ya existen empresas tecnológicas con proyectos piloto con estas tecnologías, como es el caso de Google. Además, Uber ha lanzado la primera flota de vehículos autónomos y según fuentes periodísticas, Tesla ha sacado también la movilidad autónoma en vehículos comercializados, prometiendo un millón de coches autónomos en las calles para el año 2020. [38] No obstante, aunque las funciones automatizadas se han multiplicado, se estima que el uso pleno de la conducción autónoma estaría aún lejos de hacerse realidad.

Incertidumbres regulatorias en la actualidad así como obstáculos tecnológicos están impidiendo que el porcentaje de movilidad compartida y autónoma supere ciertos umbrales. Tan pronto como estos factores sean superados, el porcentaje se disparará. Según algunas previsiones de PwC, en 2030, más de 1 de cada 3 kilómetros conducidos podrían implicar compartir conceptos. En 2030, el 40% de los nuevos kilometrajes podría provenir del vehículo autónomo. Todas las innovaciones mencionadas anteriormente, darán lugar a una tasa de innovación muy alta.

5.5.4 CAMBIO DE HÁBITOS

Otros de los cambios que se esperan a futuro es un cambio modal a medios de transporte no motorizados como caminar o el uso de bicicletas. Además, la **gente viajará más kilómetros**. Debido al aumento de cifras de la población y las mayores demandas de movilidad, el kilometraje registrado anualmente seguirá aumentando. Al mismo tiempo, dado que la conducción será más fácil y segura, las tendencias generales de movilidad se moverán en la dirección de movilidad individual. PwC estima que el kilometraje anual en Europa podría aumentar para 2030 a 5.8 billones de kilómetros [37].

El **automóvil del futuro se utilizará de forma mucho más intensiva**. En el futuro, los vehículos autónomos compartidos se utilizarán mucho mejor en términos de capacidad. Como resultado de esto, los vehículos serían reemplazados mucho antes a pesar de que su kilometraje activo de vida útil aumentará. La gente viajará más kilómetros.

Un uso más intensivo de los vehículos dará lugar a la renovación de la flota de automóviles más dinámicamente. La vida útil de un coche actualmente es de aproximadamente 12 años, tiempo que las personas tardan en renovarlo. Una renovación más rápida permitiría la

incorporación más progresiva de vehículos con consumos unitarios menores debido las medidas de eficiencia energética incorporadas con el paso de los años, lo que a su vez supondría una reducción del consumo del conjunto de vehículos gradualmente.

Repercusiones sobre el modelo energético futuro

- Reducción de contaminación al dejar de utilizar un modo de transporte convencional
- Reducción del uso de vehículos privados
- De acuerdo al PNIEC, el conjunto de medidas de cambio modal a medios no motorizados, reducción del tráfico de pasajeros, el teletrabajo, el vehículo compartido y el transporte público colectivo llevarán a un ahorro de 5.622 ktep de ahorro de energía final acumulado durante el periodo 2021-2030 en el sector transporte, de un total de 13.888 ktep que representa el sector transporte hoy en día.

Estado actual de desarrollo

- Al igual que con el Carsharing, la Comunidad de Madrid ha lanzado otras iniciativas como el Bike sharing y los patinetes eléctricos. A las varias empresas que prestan servicio de bicicletas compartidas en Madrid, hay que sumar BiciMad, servicio público gestionado por el Ayuntamiento de Madrid.
- La restricción de acceso a las zonas centrales de ciudades con más de 50.000 habitantes es una de las medidas que se impone en el PNIEC para alcanzar estos objetivos. A nivel nacional, esta medida solo se habría implementado hasta ahora en la Comunidad de Madrid, no obstante, podría ser el primer paso para avanzar hacia este objetivo.

5.5.5 VEHÍCULO ELÉCTRICO

Una de las medidas fundamentalmente contempladas hoy en día en el sector transporte para alcanzar la cuota de energías renovables que la política energética española plantea hoy en día es la penetración del vehículo eléctrico alimentado por generación eléctrica procedente de origen renovable. En la actualidad, son muchos los informes y organismos que cifran la penetración eléctrica que tendrá lugar para el año 2030. Así por ejemplo, el PNIEC estima que para alcanzar el objetivo del 42% de consumo de energía renovable sobre el total, alrededor de 5.000.000 vehículos eléctricos deben de circular por la flota para el año 2030. No obstante, para que dicho objetivo sea factible, es necesario que haya paridad de precios entre el vehículo convencional y el vehículo eléctrico y son muchas las fuentes que apuntan que hasta el año 2025 no llegará la auténtica revolución eléctrica en el transporte, debido a una reducción del precio de las baterías. Paralelamente, la llegada de la movilidad compartida que se espera que utilice vehículos 100% eléctricos, facilitará la transición tanto a un transporte electrificado como a una cultura de **servicio frente** a la cultura de propiedad del vehículo.

5.6 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

Finalmente, y con el objetivo de facilitar al lector la comprensión de la interrelación entre los factores utilizados en el sector transporte, se ha incluido la Figura 46, que ilustra únicamente las variables consideradas para determinar a futuro el consumo energético de los turismos.

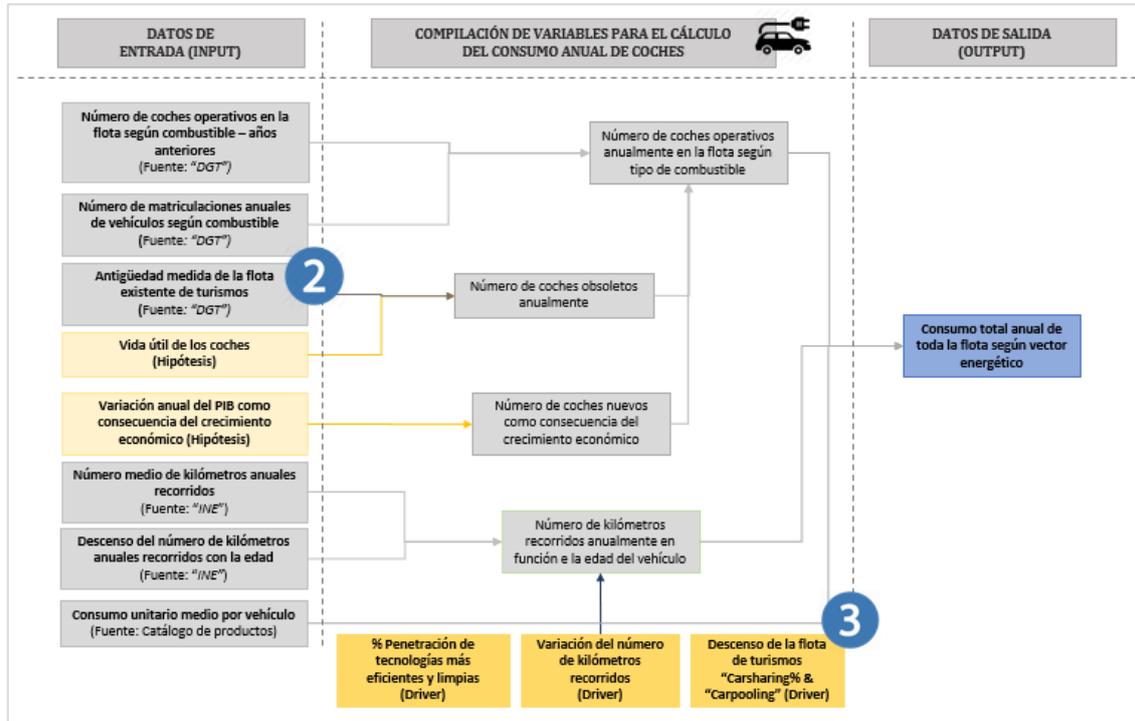


Figura 46. Interrelación entre las variables consideradas para el cálculo del consumo energético de los coches.
 Fuente: Elaboración propia.

Los números azules que aparecen en dicha Figura 46 hacen referencia a las fases que componen la metodología explicada al comienzo del capítulo. Así por ejemplo, el número dos haría referencia a la búsqueda, identificación y obtención de parámetros que ayuden a determinar los consumos de energía final anuales del segmento coches, mientras que el número tres correspondería a la identificación de drivers que podrían condicionar el consumo energético a largo plazo, como podría ser un aumento del número de coches eléctricos, resultando en un mayor consumo eléctrico, o un aumento del número de kilómetros anual como consecuencia de un uso más intensivo en los coches. La variación de estos drivers daría lugar a la elaboración de distintos escenarios que se explicarán y analizarán en detalle en el capítulo de resultados.

Finalmente, cabe destacar que cada segmento analizado en el sector transporte conlleva el uso de unas variables e interrelaciones diferentes que condicionan el consumo, ilustrándose en concreto el de los coches para facilitar la comprensión del proceso. No obstante, como se ha visto previamente, el cálculo del consumo de camiones está muy condicionado por las cargas que estos soportan, mientras que el consumo y kilometraje de autobuses varía en gran medida con el número de plazas de los mismos, siendo éstas otras variables a considerar en los respectivos análisis.

CAPÍTULO 6. SECTOR COMERCIO, SERVICIOS Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

6.1 INTRODUCCIÓN

6.1.1 DEFINICIÓN

El sector comercio, servicios y administración pública incluye las demandas de servicios energéticos con origen en edificios con actividad económica pública y privada (comerciales, sanitarias, públicas, centros de trabajo, etc.). Este sector, engloba todas las actividades del sector terciario a excepción del transporte, la hostelería y las administraciones públicas:

- Comercio al por mayor y al por menor
- Actividades financieras y de seguros
- Actividades inmobiliarias
- Actividades profesionales
- Actividades administrativas
- Actividades artísticas
- Servicios de información y comunicaciones
- Servicios de informática

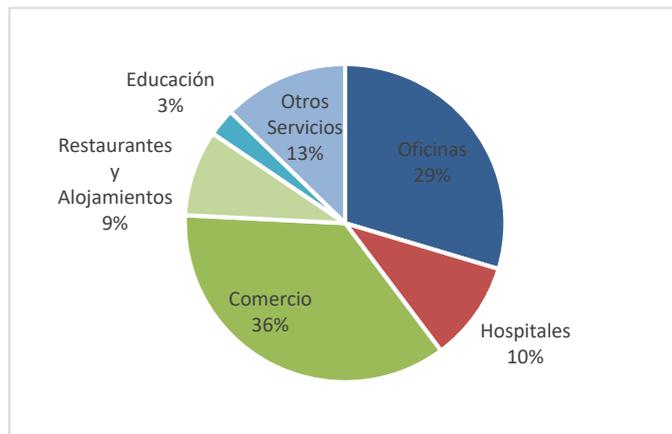


Figura 47. Relevancia de cada segmento sobre el consumo del sector comercio y servicios (Año 2016).

Fuente: IDAE & Elaboración propia. [38]

Como se puede observar en la Figura 47, comercio, oficinas y hospitales explicarían hasta un 75% del consumo de energía final; hay que mencionar el especial peso de la electricidad, con porcentajes del 63%, 49% y 54% sobre el total de energía final en oficinas, hospitales y comercio respectivamente, para el año 2016. A la electricidad, le seguiría el consumo de gas natural, con pesos del 20%, 40% y 36% en oficinas, hospitales y comercio respectivamente. Como el análisis de la electricidad no entra dentro del alcance del presente proyecto, en este capítulo se analizará las implicaciones del consumo de gas natural en los tres segmentos con mayor relevancia analizados anteriormente.

6.1.2 FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO

El sector comercial, al igual que pasa con el sector residencial, descompone sus demandas de servicios energéticos según los usos de energía final, encontrando como categorías la calefacción, refrigeración, iluminación, agua caliente, cocinas, equipos eléctricos y electrónicos diversos. Adicionalmente, se incluyen demandas de alumbrado público.

En el caso del sector comercial, los datos e hipótesis con mayor influencia en los resultados del modelo vienen derivados del cambio en la superficie edificada del sector servicios, tanto existente, como nueva o reformada.

6.1.3 DESARROLLO HISTÓRICO

El consumo energético del sector comercio está fuertemente condicionado por la actividad económica del país. Así por ejemplo, la recuperación económica desde la crisis del 2007 haría resultado en una mejora del VAB del sector comercios del 3.4%, lo que se habría traducido en un aumento de la demanda para ese mismo año del 5.6%.

Como se puede observar en la Figura 48, este sector está fuertemente electrificado, presentando demandas de productos petrolíferos y gas natural en los segmentos de calefacción y agua caliente sanitaria fundamentalmente. Por tanto, los vectores energéticos a analizar son el gas natural, los productos petrolíferos y la electricidad, quedando la metodología de este último fuera de la memoria de este proyecto.

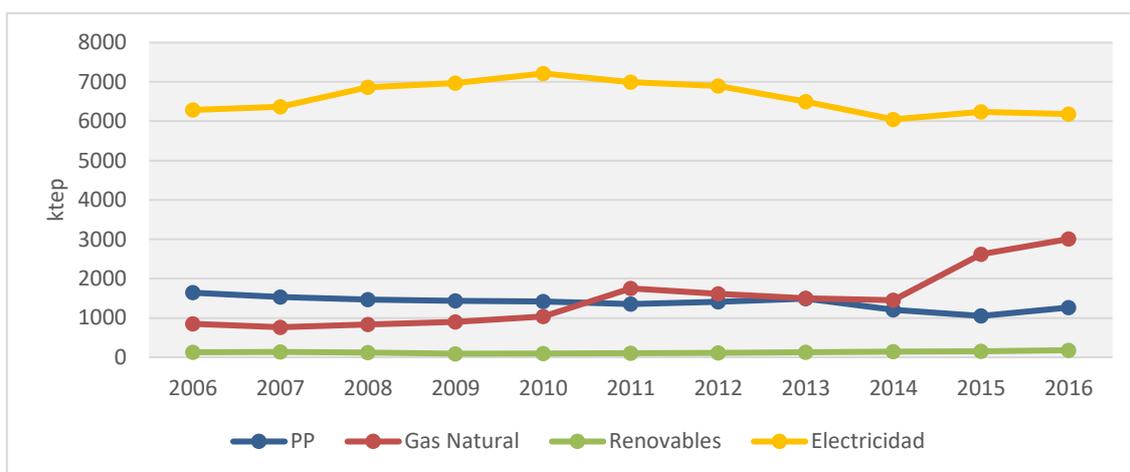


Figura 48. Evolución del consumo energético en el sector comercio, servicios y administración pública.

Fuente: IDAE & Elaboración propia.

6.1.4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este sector difiere ligeramente de la metodología *bottom-up* utilizada en los otros sectores debido a deficiencias de información sobre flota de equipos existentes y consumos unitarios de los mismos en el comercio y servicios. La metodología empleada en este caso se compone también de cuatro fases fundamentalmente:

- Análisis de la evolución de la demanda energética durante el periodo 2010-2016. Esta parte se ha incluido en la introducción de cada capítulo, no dedicando un apartado exclusivo para tal propósito.
- En este caso, debido a las deficiencias de información en cuanto a los consumos unitarios de equipos en este sector así como el número de equipos existentes, se utilizarán otro tipo de **variables como el número de empleados y variables económicas**.
- **Identificación de los drivers principales** que condicionan la demanda en el futuro, como la penetración de equipos con mejores prestaciones y eficiencia energética.
- Obtención de **resultados (previsión)** basándose en hipótesis de la evolución de diferentes drivers del sector residencial. Por ejemplo, la eficiencia energética en el sector de climatización, con la entrada de bombas de calor y calderas de condensación en la flota hasta el año 2030

6.2 PRODUCTOS PETROLÍFEROS

6.2.1 INTRODUCCIÓN

Dentro de este sector tan heterogéneo, como se puede observar en la Figura 49, los productos petrolíferos tienen consumos más relevantes en el comercio y en las oficinas fundamentalmente, por lo que se trata de explicar exclusivamente estos dos segmentos teniendo en cuenta que no se dispone de información desglosada sobre consumos o flotas como en el caso del sector transporte y residencial. Este consumo, procede fundamentalmente de los servicios de calefacción y agua caliente sanitaria, ya que la mayoría de estos edificios siguen presentando calderas convencionales propulsadas por fueloil

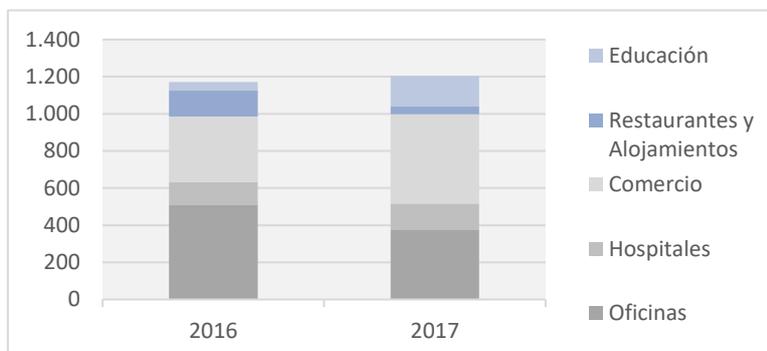


Figura 49. Consumos de productos petrolíferos de cada sector (2016-2017).
Fuente: IDAE & Elaboración propia. [38]

6.2.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES

6.2.2.1 Calefacción & Refrigeración

En línea con lo comentado en la introducción y teniendo en cuenta que los consumos de estos sectores están muy condicionados por variables económicas, se ha tratado de obtener una aproximación del consumo energético a partir del número de empleados. A partir del Instituto Nacional de Estadística, se habría obtenido el número total de empleados de cada subsector económico perteneciente al presente sector de análisis para el periodo 2010-2018, recogidos en la Tabla 32.

Tabla 32. Evolución del número de empleados en el sector servicio y comercio.
Fuente: INE. [40]

Sector de actividad	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Comercio, Transporte y Hostelería	5.783.300	5.601	5.357	5.298	5.422	5.628	5.763	5.851	6.008
Información y comunicaciones	472	482	455	460	475	502	523	555	570
Actividades financieras y seguros	392	381	379	353	357	342	355	347	351
Actividades inmobiliarias	187	182	170	168	179	192	205	211	230
Actividades profesionales, científicas y técnicas	2.153	2.085	2.018	2.022	2.157	2.220	2.234	2.285	2.373
Administración Pública, Educación y Sanidad	4.017	3.994	3.921	3.935	3.986	4.051	4.117	4.226	4.333
Actividades Artísticas, recreativas y otros servicios	1.624	1.608	1.630	1.619	1.642	1.669	1.690	1.749	1.720

Además, a partir del Código Técnico de Edificación [41], se habría obtenido la densidad de ocupación según la zona o tipo de actividad, en m²/persona, recogida en la Tabla 33. Por tanto, a partir del número de empleados y la densidad de ocupación, se habría obtenido una media del número de metros cuadrados existentes destinados a oficinas y comercio (Tabla 34).

Tabla 33. Densidad de ocupación según tipo de actividad.
Fuente: Código Técnico de Edificación. [41]

Segmento	Ocupación (m ² /empleado)
Administrativo (Oficinas)	15
Docente (Aulas, talleres, gimnasios)	30
Hospitalario (Hospitalización)	20
Comercial	30
Almacenes	40

Tabla 34. Superficie total (m²) dedicada a distintos sectores de actividad.

Fuente: Elaboración propia.

Sector de actividad	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Oficinas	1,26E+08	1,24E+08	1,2E+08	1,19E+08	1,25E+08	1,28E+08	1,3E+08	1,33E+08	1,38E+08
Administración Pública	1,19E+08	1,19E+08	1,16E+08	1,17E+08	1,18E+08	1,2E+08	1,22E+08	1,25E+08	1,28E+08
Comercio	2,52E+08	2,42E+08	2,27E+08	2,25E+08	2,31E+08	2,41E+08	2,46E+08	2,51E+08	2,59E+08

Estimando una superficie media de 450 m² por cada edificio de oficinas, de 200 m² por cada establecimiento dedicado al comercio y servicios, de 400 m² para la hostelería y de 500 m² para la administración pública, se habrían obtenido el número total de edificios dedicados a cada actividad, recogidos en la Tabla 35.

Tabla 35. Número de edificios dedicados a distintos sectores de actividad.

Fuente: Elaboración propia.

	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018
Oficinas	279.842	274.702	266.379	265.339	276.691	283.853	288.641	296.165	306.484
Administración Pública	238.467	237.156	232.683	233.326	236.107	239.816	243.724	250.468	256.575
Comercio	1.260.165	1.210.048	1.133.899	1.122.532	1.153.515	1.203.404	1.228.314	1.255.320	1.294.410

Para determinar la precisión de los resultados obtenidos, se ha comparado el número de edificios totales obtenidos anualmente con los datos arrojados por el Instituto Nacional de Estadística para el año 2015, indicados en la Tabla 36. A pesar de existir diferencias entre el número de edificios totales, las cifras del número total de edificios existentes resultan coherentes por lo que se utilizarán para determinar los consumos de calefacción.

Tabla 36. Número de edificios utilizados para distintas actividades según antigüedad de construcción.

Fuente: INE. [42]

	<1900	1900-1920	1921-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2001	2002-2011	>2012	No consta	TOTAL
Comercial	13.401	36.135	35.686	25.735	59.062	211.028	280.036	213.446	235.776	181.623	2.356	1.076	1.295.360
Oficinas	1.999	5.898	5.981	5.590	10.328	36.178	51.190	36.706	56.613	71.932	593	344	283.352
Deportivo	177	704	597	523	1.779	2.872	12.874	13.846	11.620	8.777	240	617	54.626
Espectáculos	147	433	380	303	425	666	904	765	707	380	10	183	5.303
Ocio y Hostelería	1.598	4.340	3.019	2.076	4.418	17.556	45.028	64.020	28.005	24.475	172	2.161	196.868
Cultural	1.151	2.853	3.131	2.820	4.965	8.269	9.315	5.843	4.305	4.139	96	695	47.582
Sanidad	424	1.147	1.137	958	1.506	3.993	8.346	7.886	6.483	5.133	117	252	37.382

Una vez obtenido la superficie y el número de edificios totales, a partir del informe “Guía de Auditorías energéticas en edificios de oficinas en la Comunidad de Madrid”, se habrían obtenido los rangos de consumos totales según la actividad dentro de edificios empresariales, recogidos en la Tabla 37.

Tabla 37. Rangos de consumos totales dentro de edificios empresariales.

Fuente: Guía de Auditorías energéticas en edificios de oficinas en la Comunidad de Madrid.

	Consumo energía final (kWh/m ² año)
Calefacción	33,4 - 47,8
Refrigeración	35,6 - 73,9
Ventilación + Bombas	17,9 - 32,2
Iluminación	58,7 - 78,2
Total térmico	86,9 - 154,0
Total edificio	145,6 - 232,2

Finalmente, suponiendo un 25% del total a aclimatar alimentado por productos petrolíferos (habiendo considerando la participación de todos los vectores energéticos), y considerando un consumo unitario anual de 107 kWh/m², se habrían calculado los consumos anuales totales.

6.3 GAS NATURAL

6.3.1 INTRODUCCIÓN

El gas natural, y de forma similar a los productos petrolíferos, concentra su demanda en los segmentos de calefacción y refrigeración de las oficinas y el comercio, tal y como se aprecia en la Figura 50. No obstante, tal y como se ha analizado en la introducción, la penetración del gas

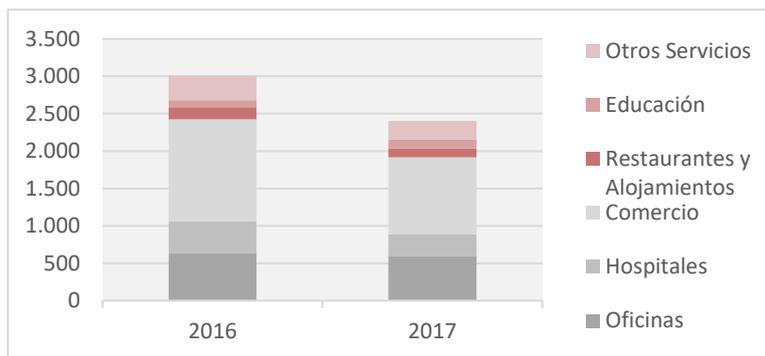


Figura 50. Consumos de gas natural de cada sector (2016-2017).

Fuente: Elaboración propia. [38]

natural en este sector para dichos segmentos de consumo es superior a la de los productos petrolíferos, y por tanto así se supone que es también a la hora de analizar con detalle los consumos del sector oficinas y comercio.

6.3.2 RECOGIDA Y COMPILACIÓN DE DATOS REALES

6.3.2.1 Calefacción & Refrigeración

La metodología utilizada, así como los datos y fuentes de información utilizadas para el cálculo del consumo de gas natural en la calefacción y refrigeración de este sector, es exactamente la misma que para el caso de los productos petrolíferos, por lo que no se ha incluido con el objetivo de no redundar la memoria. No obstante, teniendo en cuenta que la tasa de penetración del gas natural es superior que la de los productos petrolíferos, se habría supuesto que un 45% de la superficie total a aclimatar y refrigerar de este sector, utilizaría como vector energético el gas natural, obteniendo consumos muy similares a los presentados en la introducción y que incluye el IDAE. Estos consumos aparecen recogidos en la Tabla 38:

Tabla 38. Consumos de gas natural del segmento de calefacción de oficinas, comercio y administración pública.

Fuente: Elaboración propia.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Oficinas	6.063	5.952	5.772	5.749	5.995	6.150	6.254
Administración Pública	5.741	5.710	5.602	5.617	5.684	5.774	5.868
Comercio	12.135	11.653	10.919	10.810	11.108	11.589	11.829
TOTAL (GWh)	23.940	23.314	22.293	22.177	22.788	23.513	23.950
TOTAL (ktep)	2.059	2.005	1.917	1.907	1.960	2.022	2.060

6.4 SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SECTOR

Como se ha comentado previamente, el consumo energético de este sector estaría muy condicionado por el desarrollo económico del país, por lo que se ha considerado la proyección del PIB a futuro para realizar la previsión de consumo.

En este contexto, como se puede observar, en la Figura 51, durante el periodo 2010-2016 se observa una relación lineal clara entre el número de empleados y la situación económica del país.

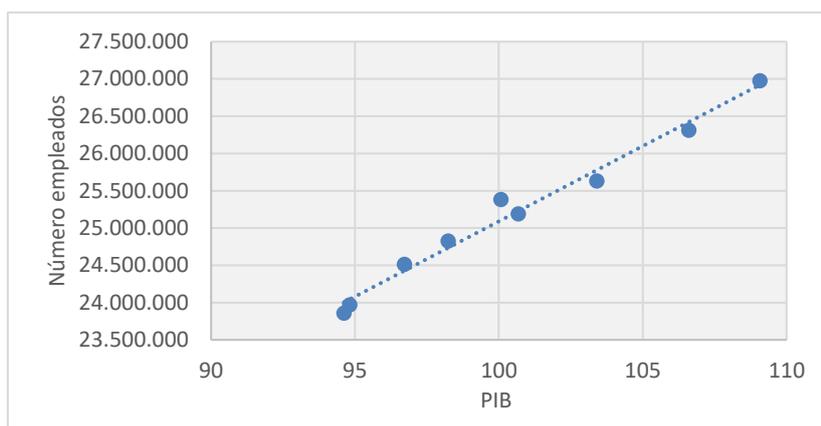


Figura 51. Relación entre el PIB y el número de empleados.

Fuente: Elaboración propia

Con el número total de empleados y el peso de ellos por sectores económicos (hostelería, comercio, etc.), se habría obtenido el número total de empleados estimados a futuro según se recoge la Figura 52. Una vez conocido el número de empleados y de acuerdo a la metodología explicada previamente, se obtendría la superficie total y con ello el consumo final de cada vector energético.

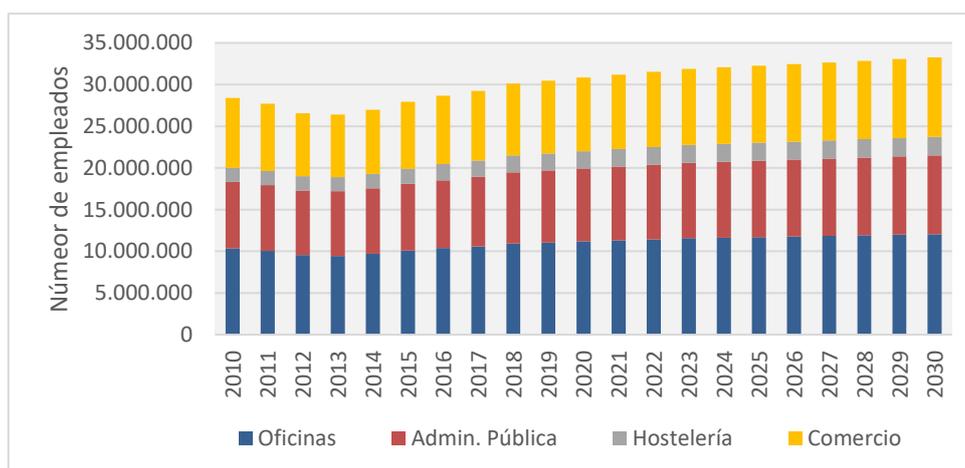


Figura 52. Evolución del número de empleados del sector comercio, servicios y admin. pública.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 7. SECTOR INDUSTRIA

7.1 INTRODUCCIÓN

7.1.1 DESCRIPCIÓN

El sector industria es el protagonista de un 31% aproximadamente del consumo energético de nuestro país. Atendiendo a la naturaleza y características, el consumo de electricidad y gas natural suponen prácticamente un 75% del consumo energético de las empresas industriales.

7.1.2 FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO

El gas natural, tiene multitud de usos en la industria a nivel nacional, destacando su participación en la industria del papel, química y petroquímica, construcción, refino para el petróleo, cemento y metalurgia. Como se puede observar en la Figura 53, es la segunda fuente energética más utilizada en este sector, después de la electricidad. En cuanto al origen principal de su consumo,

algunos ejemplos serían los procesos industriales que requieren calor y frío como la conservación de los alimentos en las cámaras de refrigeración, el secado en la papelería, la destilación de diferentes bebidas alcohólicas o la utilización de hornos en procesos de fundición industriales.

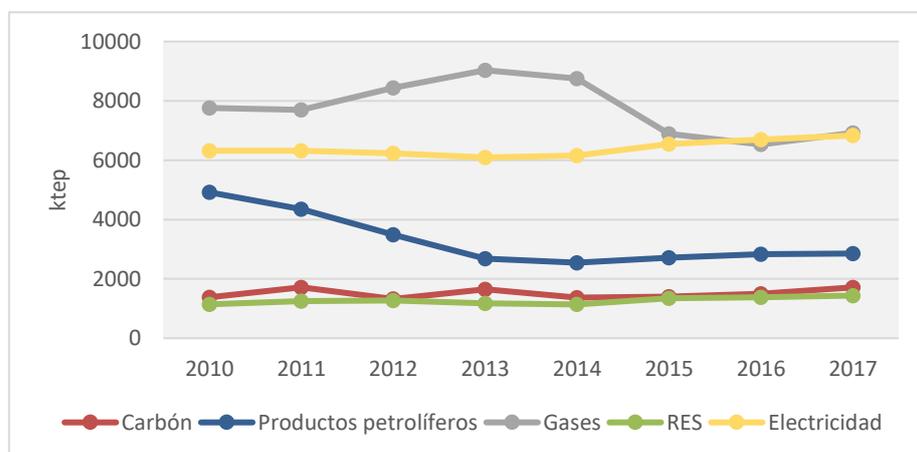


Figura 53. Evolución de la estructura de consumo total industrial según fuentes energéticas (2010-2016).

Fuente: IDAE & Elaboración propia. [17]

Además, el gas natural se ha convertido en una fuente imprescindible para el sector industrial, no solo por razones económicas si no también técnicas, sobre todo en aquellas industrias en las que las aportaciones de calor altas son necesarias (metalurgia, minería, construcción, química y de materiales).

Entre las principales unidades consumidoras de energía, se encuentran instalaciones, usos térmicos y usos hidráulicos y mecánicos. Así, por ejemplo, algunas instalaciones con usos energéticos serían las instalaciones de ventilación forzada, climatización, iluminación, agua caliente sanitaria, ascensores, equipos generales (PCs, impresoras, servidores y otros) y el resto (equipos de seguridad y control). En cuanto a los usos térmicos, destacan las calderas, hornos, máquinas de secado o secadores, frío industrial y aire acondicionado. Finalmente, los usos hidráulicos identificados son los motores, el aire a presión o comprimido, bombas, trituración y molienda, resto de maquinaria industrial (transporte, laminación, máquinas de vacío, etc).

7.1.3 METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este sector ha sido diferente a la utilizada en otros sectores debido a las diversas fuentes de consumo energético del sector industrial y a la dificultad de realizar un análisis *bottom-up* con precisión para cada uno de ellas.

Por ello, dado que la producción industrial de un país está fuertemente ligada con el desarrollo económico del mismo, se ha tratado de analizar aquellas variables macroeconómicas que mayor relación presentan con el consumo energético y que por tanto, podrían condicionarlo en un futuro.

En primer lugar, se han analizado los consumos de cada vector energético en distintas ramas del sector industrial con el objetivo de identificar aquellas industrias con mayor consumo energético, distinguiéndose siete ramas industriales que representan el 85% del consumo de gas natural como se recoge en la Figura 54, el 95% de los productos petrolíferos y el 100% del carbón. Así, el análisis en detalle del sector industrial se centrará en la siderurgia y fundición (1), metalurgia no férrea (2), industria de alimentación, bebidas y tabaco (3), fabricación de minerales no metálicos (4), industria del papel y artes gráficas (5), industria química (6) y transformados metálicos (7).

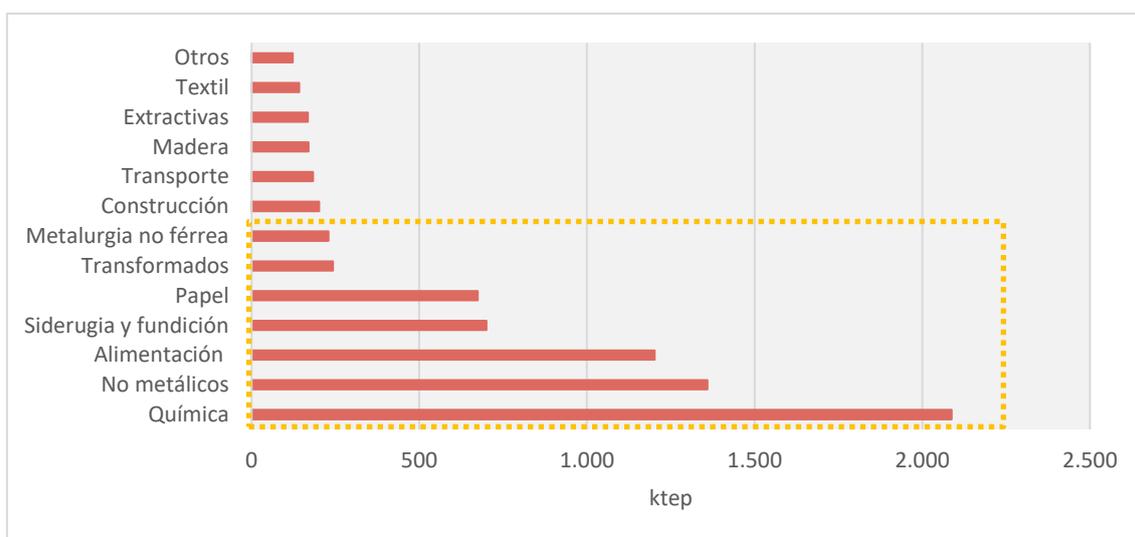


Figura 54. Consumo de gas natural del sector industrial (2017).
 Fuente: Elaboración propia & EUROSTAT. [43]

Respecto al porcentaje de participación cada vector energético sobre el total: el 37% sobre el total procedería de electricidad, el 41% de gas, y el resto de productos petrolíferos, carbón y energías renovables, contando estas últimas con muy poca relevancia en la actualidad en el sector industrial.

Una vez identificados aquellos sectores con mayor relevancia sobre el consumo total, se analizan variables económicas relacionadas con los consumos energéticos en las distintas ramas industriales, obteniéndose las intensidades energéticas para diferentes países de la Unión Europea con el objetivo de identificar aquellos países líderes en materia de eficiencia energética.

En cuanto a la evolución del consumo energético de la industria, se establecen en el capítulo de resultados una serie de escenarios de mayor y menor eficiencia que vendrán condicionados por la situación energética del resto de países de la Unión Europea.

7.1.4 VARIABLES MACROECONÓMICAS

La demanda energética de un país, y aún más la demanda industrial, está íntimamente relacionada con su situación económica, que se concreta a partir de algunos indicadores tales como el Producto Interior Bruto (PIB), Índice de Producción Industrial (IPI) y el Valor Añadido Bruto (VAB). Esto se explica al considerar que cuando un país comienza a desarrollarse, tanto el sector industria como el sector transporte van aumentando en importancia, y estas actividades presentan consumos importantes de energía.

7.1.4.1 Valor Añadido Bruto (VAB)

El valor añadido bruto es un indicador económico que mide el valor añadido generado por un conjunto de productores de un sector económico en concreto.

En general, la mayoría de los sectores industriales redujeron su producción desde el año 2008 hasta el año 2014 como consecuencia de su relación directa o indirecta con el sector de la construcción, tal y como se puede apreciar en la Figura 55. En relación a lo comentado previamente, también se notaría un cambio en el mix debido a la caída del sector de la construcción, que habría afectado a otros subsectores y al consumo energético asociado a los mismos; un ejemplo claro de ello sería el cemento.

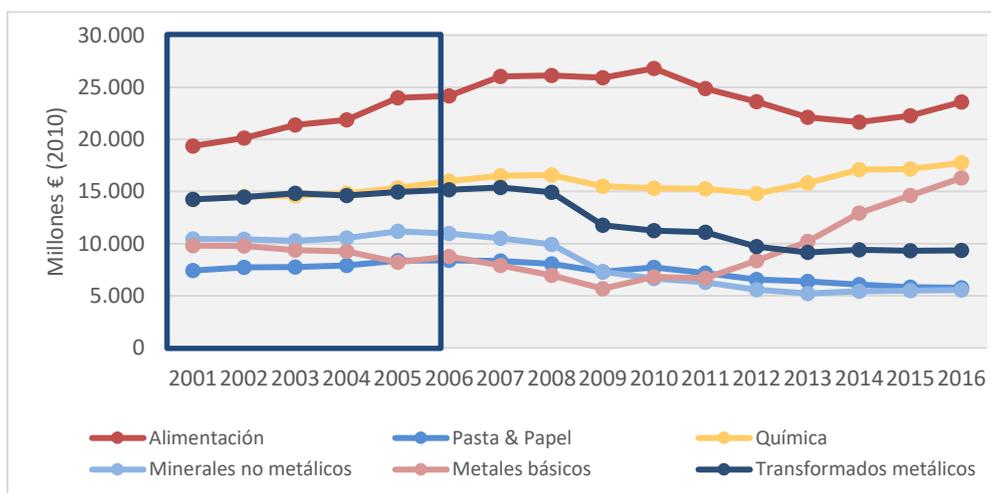


Figura 55. Evolución del Valor Añadido Bruto (VAB) de sectores industriales.

Fuente: Elaboración propia & EUROSTAT. [44]

No obstante, a partir del año 2014 se aprecia un punto de inflexión con la consecuente recuperación de la producción de la mayoría de los sectores analizados en la industria, con especial protagonismo la industria alimentaria y química, que habría experimentado un crecimiento más relevante de su cuota de tejido productivo.

7.1.4.2 Producto Interior Bruto (PIB)

España, entre 1990 y 2005, presentó un crecimiento medio del PIB por encima del 3%, y un crecimiento continuo del consumo de energía final. Algunas de las causas principales que motivaron este crecimiento del consumo energético fueron el desarrollo del sector servicios, dando lugar a la terciarización y pérdida de peso del sector industrial, el desarrollo del sector de la construcción y la mejora económica de la sociedad, que originó a su vez a una mejora del equipamiento en el sector residencial y sector transporte.

No obstante, a partir del año 2005, comienza a observarse una tendencia negativa referente al consumo de energía final. Este descenso, además de la crisis económica ocurrida en 2008, ha sido causa de algunos factores tales como desarrollos tecnológicos relacionados con aumento de eficiencia en las centrales de generación, mejoras tecnológicas en procesos industriales, comportamientos más eficientes por parte de los consumidores, y medidas de ahorro y eficiencia energética impuestas por los gobiernos.

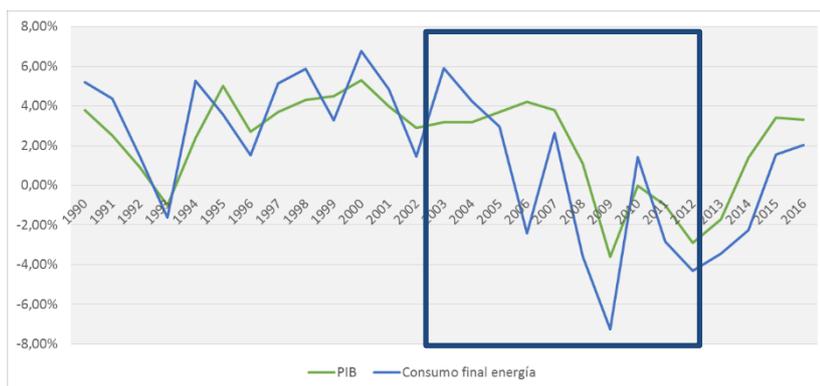


Figura 56. Correlación PIB & Consumo de Energía Final.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.4.3 Intensidad energética

En términos macroeconómicos, la forma habitual de medir la eficiencia energética es a través de la intensidad energética. Este indicador refleja la relación entre el consumo energético y el volumen de actividad económica y se calcula como el cociente entre el consumo energético y el producto interior bruto (PIB). Así, el concepto sería inverso a la eficiencia energética: una necesidad de mejora de eficiencia energética implica la reducción de la intensidad. Es decir, un valor bajo de intensidad energética implica que el consumo energético empleado para producir una unidad de valor, en euros, es menor, lo cual es positivo.

A partir del VAB de cada segmento industrial y de su demanda energética se ha obtenido la intensidad energética para cada rama industrial, tal y como se analizará a continuación, observando una mejora general de este parámetro a lo largo de los años.

7.1.4.4 Índice de Producción Industrial (IPI)

Es un índice de volumen ideado para determinar cómo evoluciona en el corto plazo el valor añadido por el sector industrial. Para su elaboración, el INE selecciona un conjunto de productos o bienes representativos de toda la industria y un listado de empresas de cada sector que fabriquen estos bienes [45]. Las ponderaciones de los Grandes Sectores Industriales del IPI aparecen recogidos en la Tabla 39. [46]

Tabla 39. Ponderación de cada sector sobre el IPI.

Fuente: INE.

Destino Económico	Ponderación [%]
Bienes de consumo	25,95
Bienes de consumo no duraderos	23,94
Bienes de consumo duraderos	2,01
Energía	21,78
Bienes de equipo	22,23
Bienes intermedios	30,04
GENERAL	100

7.3 METALES BÁSICOS

7.3.1 DESCRIPCIÓN

El sector de la siderurgia incluye como actividades fundamentales la producción básica de hierro, acero, ferroaleaciones y fundición, así como la fabricación de productos de primera transformación, largos (barras y perfiles) y planos (chapas). Estos productos, tienen múltiples aplicaciones, aunque destacan en la construcción (tanto civil como edificación), maquinaria y equipos de transporte.

A nivel internacional, España se encuentra entre los 15 mayores productores siderúrgicos, y entre los 5 primeros en la Unión Europea. En total, cuenta con 40 fábricas de hierro, 22 de acero, de las cuales 21 son de arco eléctrico, y 50 instalaciones de laminación y primera transformación. A nivel geográfico, es un sector concentrado en la zona Centro-Este, tora la cornisa cantábrica y Barcelona.

7.3.2 USOS ENERGÉTICOS

La electricidad es junto con el gas natural los dos vectores energéticos más utilizados en esta industria. Como se puede observar en la Figura 57, los productos petrolíferos han ido perdiendo participación con el paso de los años a favor de la electricidad y se espera que esta tendencia continúe hasta dar lugar a consumos nulos.

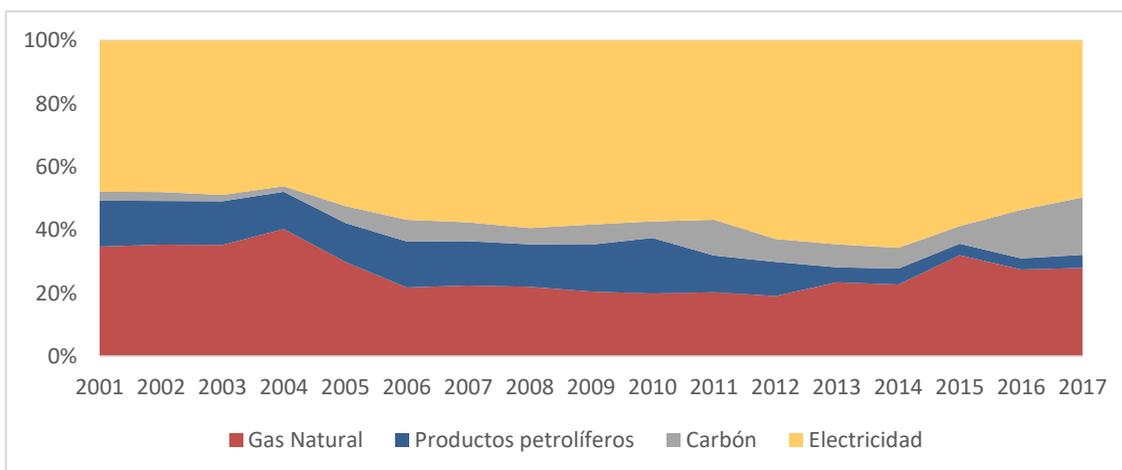


Figura 57. Penetración de cada vector energético. Metalurgia.

Fuente: Elaboración propia.

En sus orígenes, la industria de la siderurgia y fundición habría sido aquella con mayor participación en el consumo de carbón (83%). No obstante, determinados cambios en los procesos productivos habrían propiciado un cambio en los consumos energéticos. Así por ejemplo, el cierre de la mayoría de los altos hornos, alimentados por carbón (hulla coquizable) explicaría la caída de este vector; otro ejemplo sería la eliminación del fuel inyectado en los altos hornos por su sustitución por gas natural. Paralelamente, la importancia creciente del horno eléctrico explica la recuperación del consumo eléctrico a partir de 1993, manteniéndose aún con incrementos anuales.

7.3.3 DESARROLLO HISTÓRICO

La principal caída del gasto energético total se produjo en 2009, debido a la drástica parada que sufrieron las plantas de producción, que llegaron a cerrar el 80% de sus instalaciones, algunas de ellas pasando a producir apenas el 20% de su producción habitual, tal y como se recoge en la Figura 58. Esta caída coincidiría con la crisis económica y se intensificaría en este sector al estar íntimamente ligado con el sector de la construcción. Por otra parte, el crecimiento registrado durante el periodo 2012-2015 se debió fundamentalmente a las exportaciones.

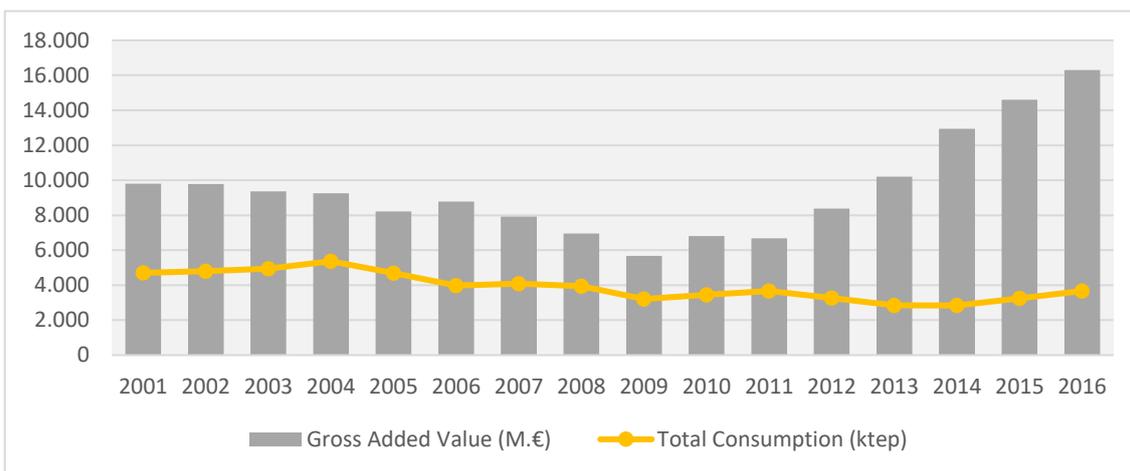


Figura 58. Evolución VAB & consumo total de la industria de la siderurgia y metalurgia.
 Fuente: Elaboración propia & EUROSTAT. [44]

En cuanto al **crecimiento económico previsto**, se estima que la industria mundial mantenga un alto ritmo de crecimiento pero la competencia con China es difícil (dumping). Además, según la patronal siderúrgica, este sector ha notado el parón de la industria del automóvil, que debido a las declaraciones sobre el vehículo diésel y la ralentización de la penetración del vehículo eléctrico, estaría condicionando la producción de su sector y el de otros sectores relacionados, como sería el caso de la siderurgia, que habría frenado su producción durante los últimos meses. [47]

Además, uno de los factores más condicionantes en la competitividad de la industria a nivel internacional es el precio de la energía, pues en algunas industrias electro intensivas como ésta, los costes energéticos representan más del 60%. Los altos precios de la electricidad registrados durante los últimos años en el país, podrían originar una deslocalización de la industria española a futuro, tal y como se está viendo en la actualidad en empresas como Alcoa. Las empresas siderúrgicas en países como Alemania y Francia reciben un trato especial por parte de sus respectivos Gobiernos; siendo beneficiarias de subvenciones y exenciones de CO2 y consumo eléctrico. Italia ha presentado tradicionalmente elevados costes de la electricidad, no solamente por el componente energético, sino también por impuestos. En la actualidad, emplea los conocidos certificados blancos que no se consideran ayudas de Estado y son de aplicación a la siderurgia.

Así, la industria española podría crecer ligeramente gracias al apalancamiento en exportaciones, creciente en los últimos años y a una moderada recuperación del consumo interior, pero también existiría riesgo de deslocalización de la misma.

7.3.4 Benchmarking Intensidad Energética

A partir del Valor Añadido Bruto y los consumos energéticos totales de esta industria, se habría obtenido la evolución de la intensidad energética de distintos países de la Unión Europea, ilustrados en la Figura 59. Durante los años de crisis (periodo 2008-2012), se habría registrado un aumento de la intensidad energética debido fundamentalmente a algunos consumos energéticos fijos de la industria que no desaparecerían a pesar de una caída en la actividad productiva como consecuencia de la crisis. Como se ha observado en la Figura 58, la actividad económica habría ido mejorando desde el año 2012, con tendencia positiva, que se habría traducido en una mejora de la intensidad energética, como puede observarse en dicha Figura 59.

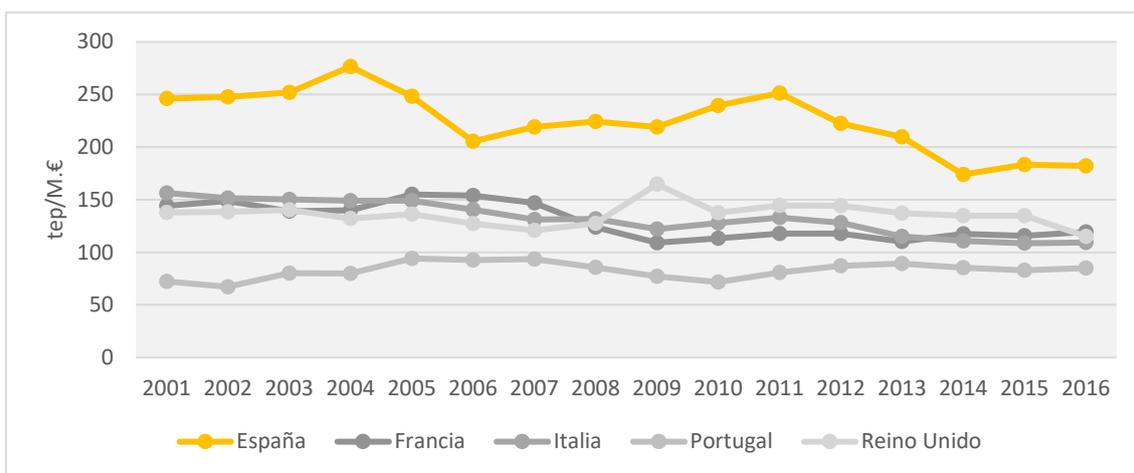


Figura 59. Evolución de la intensidad energética en la industria de los metales básicos.
 Fuente: Elaboración propia. [43]

Sin embargo, España en la actualidad no lidera la posición de la intensidad energética frente a otros países como Portugal, Italia o Francia, donde se registran intensidades energéticas inferiores durante el último año. Así, el objetivo establecido para la intensidad energética en cuanto al escenario de benchmarking con la UE de la industria será el mínimo que Portugal registró en 2010, con **72 tep/millones de €**.

7.4 ALIMENTACIÓN, BEBIDAS Y TABACO

7.4.1 DESCRIPCIÓN

El sector de la alimentación incluye como actividades fundamentales el procesamiento y la conservación de todo tipo de materias primas y derivados, tanto cárnicas como vegetales, pescados, etc., la fabricación de todo tipo de productos alimentarios, la fabricación de todo tipo de bebidas y la fabricación del tabaco. En España, existen en la actualidad más de 31.000 empresas, siendo un sector muy atomizado. La mayoría de estas industrias están ubicadas en Andalucía, Castilla y León y Cataluña. En cuanto a la producción de alimentos y bebidas, en términos económicos, un 80% corresponde a la alimentación, destacando la industria cárnica, y un 20% a las bebidas. [48]

7.4.2 USOS ENERGÉTICOS

Utiliza el 22% de todo el combustible consumido por la industria española con características y potenciales propios asociados a energías renovables como la valorización de residuos (biomasa) para cubrir necesidades energéticas, como puede observarse en la Figura 60. Además, esta industria es la protagonista del 11% del consumo total de la electricidad utilizada en procesos industriales en España, pues todo tipo de maquinaria de procesamiento de alimentos y bebidas en las factorías requiere de electricidad para su funcionamiento, además de los usos térmicos, principalmente la refrigeración, tanto de materias primas como de alimentos procesados.

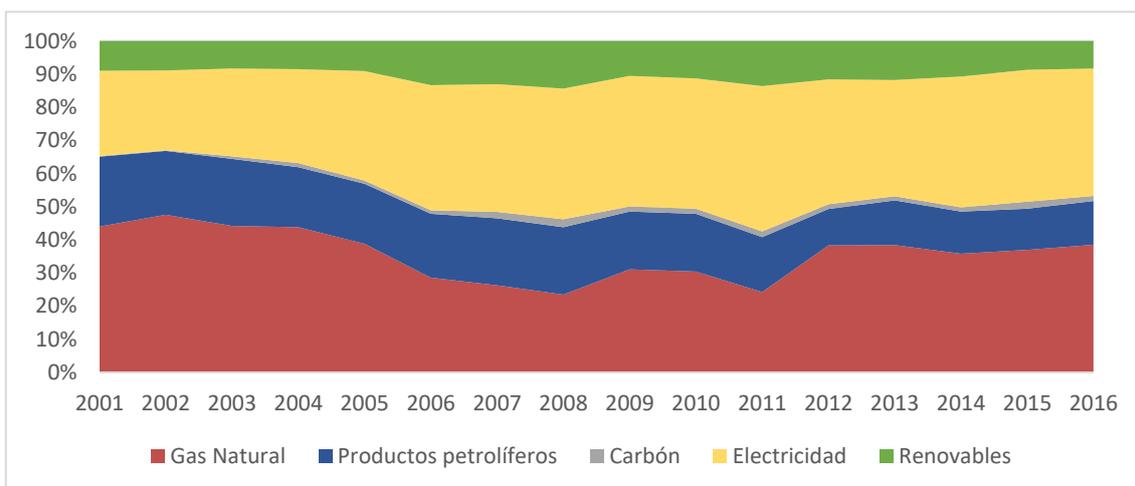


Figura 60. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Industria Alimentaria. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la correlación de los consumos energéticos frente al índice de producción industrial de la industria alimentaria, se puede observar en la Figura 62 cómo existe una mayor correlación entre el consumo del gas y el IPI que entre los productos petrolíferos o el carbón. El gas natural se utiliza en la industria alimentaria para los procesos de cocimiento y secado, fundamentales dentro del proceso productivo. Otro factor interesante es la relación negativa entre los consumos de gas natural y productos petrolíferos con el Índice de Producción Industrial; esto es debido a la implantación de medidas de eficiencia energética, ya que se aprecia una evolución general decreciente de la intensidad energética durante la última década así como la energía final consumida anualmente, sin apreciarse cambios en el mix de productos.

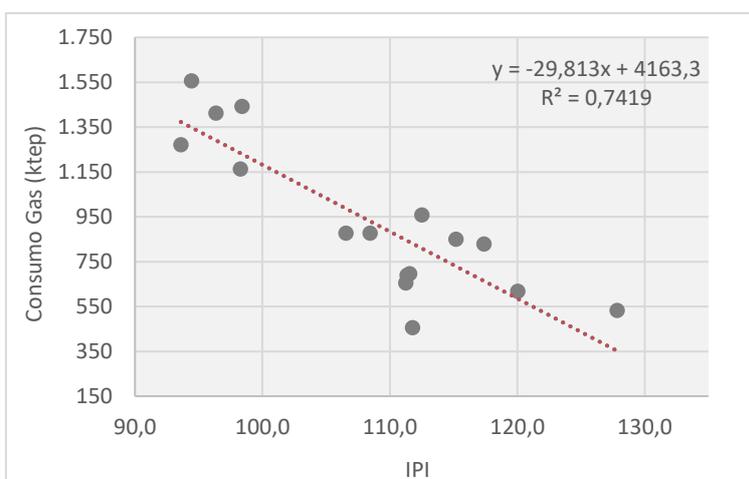


Figura 62. Correlación entre IPI - Consumo Gas (Alimentación). Fuente: Elaboración propia.

7.4.3 DESARROLLO HISTÓRICO

En España, la industria alimentaria es el primer sector industrial de la economía española, siendo la industria que mayor valor añadido bruto aporta a la economía nacional, con 113.593,07 M.€ de valor de producción, lo que supone aproximadamente un 2,5% del PIB y un 15,5% del valor añadido. [49]

A diferencia de otros sectores industriales, el sector de la alimentación, bebidas y tabaco habría aumentado el valor añadido bruto aportado a la contabilidad nacional durante el periodo de la crisis económica del 2008, tal y como se observa en la Figura 64. Esto se debería por un lado a que se trata de productos de primera necesidad dentro del sector, lo que hace que en términos macroeconómicos se considere un sector estable en periodos de recesión y por otro lado al desarrollo de su actividad en el mercado exterior, con una cifra de exportaciones que se aproximó a los 30.000 M€ en 2017, habiendo aumentado un 33% en los últimos cinco años. [50]

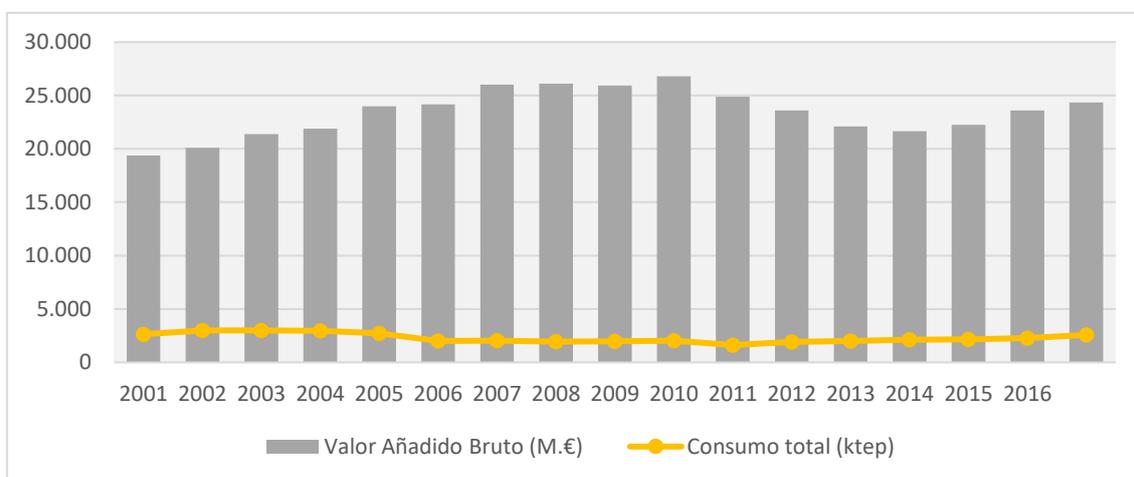


Figura 64. Evolución VAB & consumo total de la industria alimentaria.
Fuente: Elaboración propia & EUROSTAT. [44]

En cuanto a los principales drivers económicos, se espera un crecimiento sostenible y continuo de la producción de alimentos en los próximos años, de acuerdo a FIAB. Gracias a la internacionalización de la industria y la expansión de las exportaciones a mercados en alza como el asiático. [50]

En esta misma línea, un estudio acerca de la industria alimentaria llevado a cabo por Randstad y en el que han participado 900 empresas del sector, recoge que el 52% de estas prevé aumentar su plantilla en el futuro próximo gracias a las previsiones de crecimiento que ofrece este colectivo. [51]

7.4.3 BENCHMARKING DE INTENSIDAD ENERGÉTICA

En cuanto a la industria alimentaria, una de las principales ramas industriales a nivel nacional, España lideraría en intensidad energética, alcanzando el mínimo en el año 2011, con un valor de 73 tep/m.€, tal y como se puede observar en la Figura 65. Desde el año 2002, este sector habría conseguido reducir más de un 55% su valor de intensidad energética, avanzando hacia el objetivo de desacoplar el consumo energético con los niveles de producción.

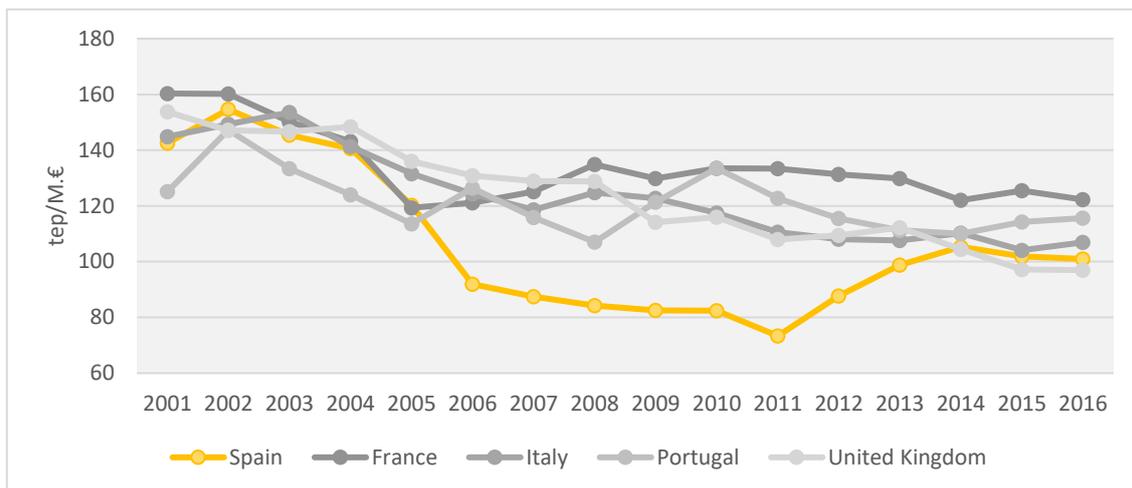


Figura 65. Evolución de la intensidad energética en la industria alimentaria.
 Fuente: Elaboración propia. [43]

A pesar del aumento de intensidad energética registrado durante los últimos años debido a una ligera caída en el VAB, España sigue siendo líder en términos de intensidad energética y se espera que siga una evolución decreciente hacia los valores registrados en años previos (periodo 2006-2011).

7.5 QUÍMICA

7.5.1 DESCRIPCIÓN

La industria química incluye la fabricación de diversos productos, destacando por cifra de negocio los principios activos y productos farmacéuticos (alrededor del 27%), el plástico y caucho (19%), los químicos orgánicos (13%), y detergentes, pinturas, fertilizantes y otros. A nivel nacional existen más de 3.000 empresas, generando 88.000 empleos y con una cifra de negocio de más de 55.000 MM€. El 60% del negocio está asociado a la fabricación de productos intermedios para el resto de industrias productivas, lo que lo convierte en un sector clave dentro de la industria productiva. Por otra parte, el 40% de su producción restante está destinado directamente al consumidor final. Geográficamente, es un sector altamente concentrado en las provincias de Huelva, Tarragona, Barcelona y Madrid.

7.5.2 USOS ENERGÉTICOS

Los usos eléctricos son muy variados, pues se trata de una industria que engloba multitud de procesos productivos de muy diversa naturaleza. En la Figura 66 se puede observar un claro empuje del gas natural, que habría aumentado su participación desde apenas un 4% en 1986 a más de un 40% en 2011 y aún continúa subiendo. El carbón y los productos petrolíferos habrían

ido perdiendo peso a lo largo de los años mientras que el consumo de electricidad estaría influenciado por la actividad de la química inorgánica, intensiva en esta energía

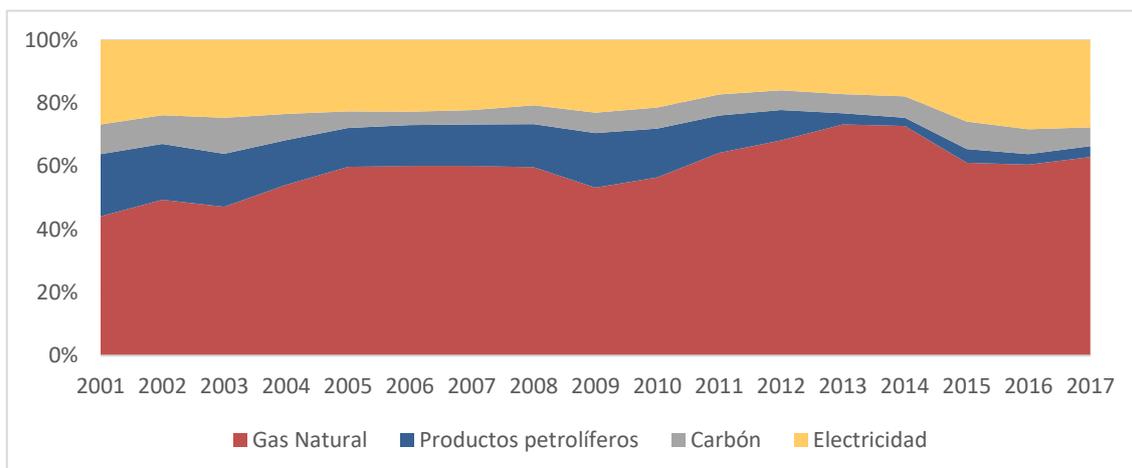


Figura 66. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Industria Química.
Fuente: Elaboración propia.

7.5.3 DESARROLLO HISTÓRICO

Desde unos años atrás ha crecido sensiblemente, en gran medida debido al desplazamiento de las materias primas tradicionales por nuevas materias primas sintéticas en numerosas industrias, por ejemplo:

- En la industria textil, el uso de fibras sintéticas que suplen la lana, el algodón y otros.
- En la industria del caucho, obtención de productos con propiedades superiores a los del caucho natural.
- En la industria de envases y embalajes, empleo del polietileno como alternativa al cristal y al celofán.

La recuperación de la senda de crecimiento tras la crisis económica como se observa en la Figura 67 ha ido asociada, como en muchos otros sectores, a un importante y continuo crecimiento de las exportaciones (35.700M€ en 2017 vs. 21.000M€ en 2009).

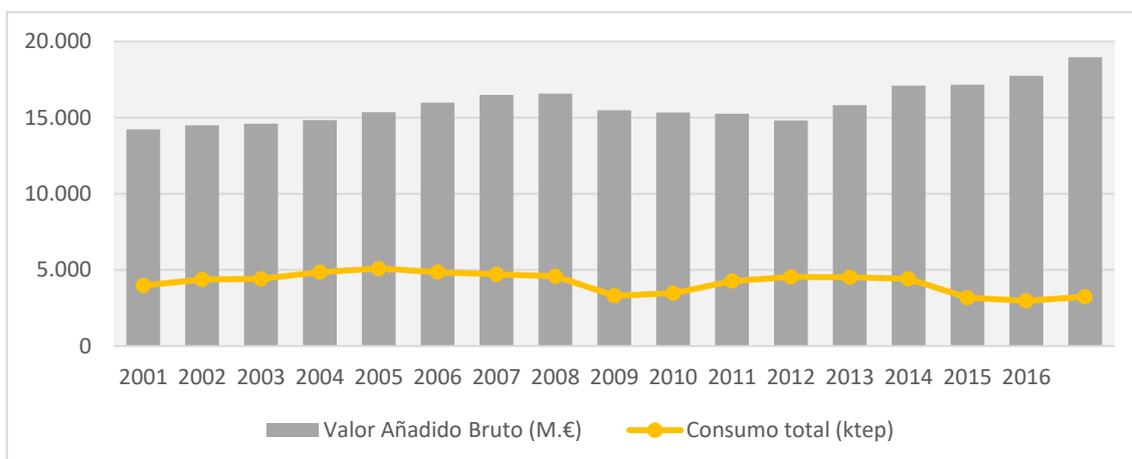


Figura 67. Evolución VAB & consumo total de la industria química.
Fuente: Elaboración propia & EUROSTAT. [43]

Así, puede observar un punto de inflexión claro en la producción en el año 2013, con un crecimiento estable desde este año hasta el presente; esto se debe fundamentalmente a las exportaciones. Las caídas de consumo eléctrico registradas fundamentalmente en el periodo 2011-2014, además del efecto de la crisis durante los primeros años, han venido determinado por una mayor penetración del gas.

En cuanto a las previsiones económicas, existen perspectivas de crecimiento, si bien es alto el riesgo de deslocalización debido a los precios de la energía. Podría continuar la tendencia de la cogeneración observada durante los últimos años con un crecimiento de la actividad, acompañada de una reducción de la intensidad y penetración eléctrica.

7.5.4 BENCHMARKING DE INTENSIDAD ENERGÉTICA

En cuanto a los niveles de intensidad energética, como se recoge en la Figura 68, España en la actualidad no lidera la posición de la intensidad energética frente a otros países como Reino Unido, Italia o Francia, donde se registran intensidades energéticas inferiores durante el último año. El aumento de la intensidad energética registrado durante el periodo de crisis se debe en primer lugar a una caída en los niveles de producción y consecuentemente, del valor añadido bruto y la imposibilidad de eliminar algunos consumos fijos energéticos de la industria a pesar del parón en la producción.

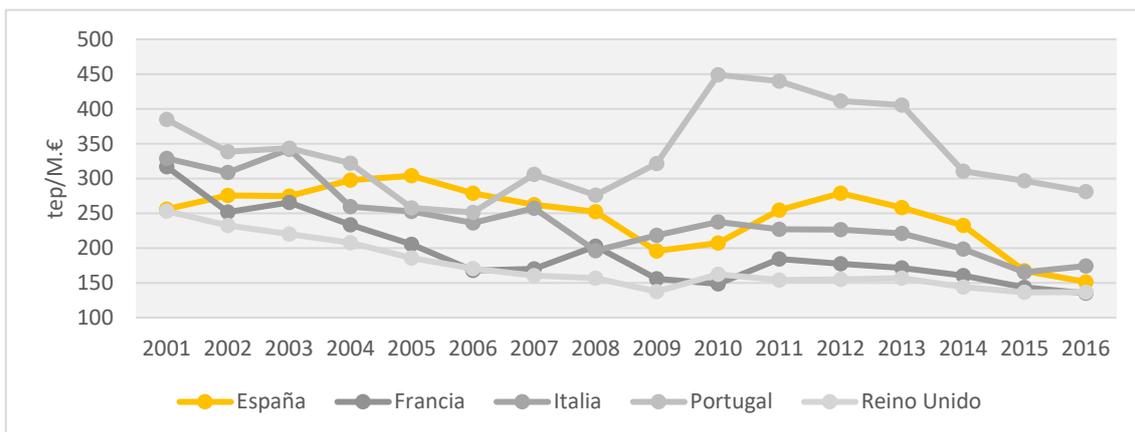


Figura 68. Evolución de la intensidad energética en la industria química.

Fuente: Elaboración propia. [43]

7.6 MINERALES NO METÁLICOS

7.6.1 DESCRIPCIÓN

El sector de los minerales no metálicos incluye en resumen la fabricación de vidrio y productos de vidrio, la fabricación de productos cerámicos, de cemento cal y yeso, así como el trabajo de la piedra (corte, tallado y acabado) y la fabricación de productos abrasivos. Aglutina principalmente las industrias cuyas principales aplicaciones están relacionadas con la construcción. Destaca la producción de cerámicos, que es intensiva en el uso del gas, de la cual se exporta el 80%, pues España es uno de los productores más importantes a nivel global. A nivel geográfico, es un sector concentrado en Castellón, Madrid, Barcelona y Asturias.

7.6.2 USOS ENERGÉTICOS

La fabricación de materiales cerámicos es muy intensiva en el uso del gas, siendo la electricidad una fuente de energía secundaria. La producción de cemento es más intensiva en electricidad, por el contrario. Presenta un alto potencial para la cogeneración, de modo que la intensidad eléctrica se espera que decrete a futuro.

Como se puede observar en la Figura 69, el gas natural (productos cerámicos, principalmente) y el coque de petróleo (industria cementera) son dos energías protagonistas en este sector. Por su parte, el carbón presentaría consumo nulo tras haber sido sustituido por el coque de petróleo mientras que el gas natural a su vez habría sustituido a productos petrolíferos, siendo utilizado en la cogeneración. Además, es el principal consumidor de productos petrolíferos a nivel nacional en el sector industria.

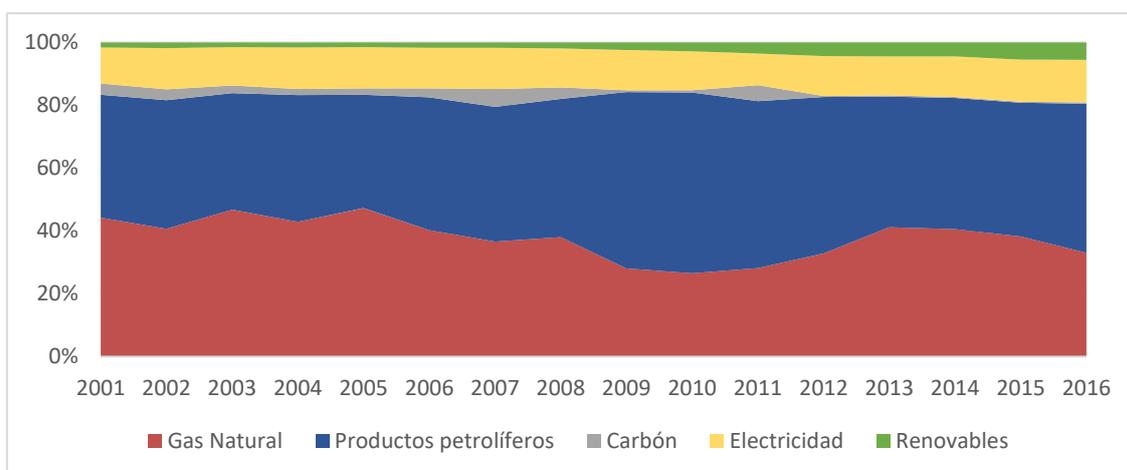


Figura 69. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Minerales no metálicos.
 Fuente: Elaboración propia.

7.6.3 DESARROLLO HISTÓRICO

Se trata de un sector cuya demanda está principalmente ligada a la construcción, tanto obra civil, principalmente el subsector del cemento, como edificación.

En los últimos años y debido a la caída de actividad de la construcción en España, este sector ha experimentado una fuerte caída, que se ha traducido en una elevada tasa de paro, dificultad de acceso al crédito y escepticismo de inversores extranjeros, que ha motivado el cierre/desaparición de muchas compañías.

En términos relativos, el subsector que más se ha visto afectado ha sido la industria cementera, que se ha visto obligada a reducir su producción a la tercera parte.

Por el contrario, algunos subsectores como el cerámico, con una caída de las ventas nacionales de hasta -50% acumulado, ha encontrado en el comercio exterior la vía para su recuperación y ya han alcanzado niveles de producción similares a 2008.

En la Figura 70 se puede observar una caída de la producción del cemento evidente, que se debe en gran parte a la caída de la construcción desde 2010. La producción de materiales cerámicos además se ha recuperado tras la caída de la crisis gracias a las exportaciones, aunque esto no refleja el crecimiento de la demanda eléctrica, ya que consume principalmente gas.

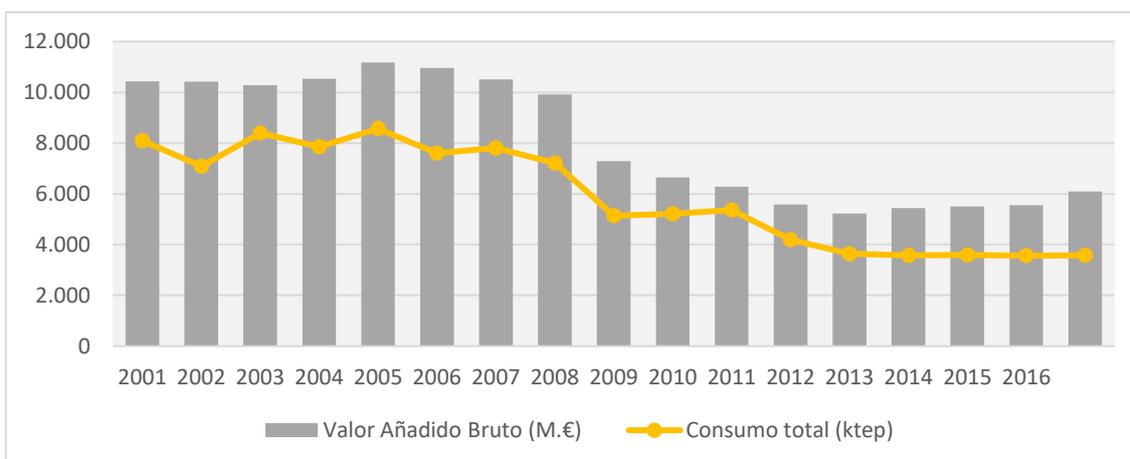


Figura 70. Evolución VAB & consumo total de la industria de minerales no metálicos.
 Fuente: Elaboración propia & EUROSTAT. [44]

En cuanto a las previsiones futuras económicas, se espera que continúe la reducción de la actividad aunque la caída podría ralentizarse gracias a las exportaciones y al aumento del consumo interno. Podrían mantenerse estables además tanto la intensidad energética como la penetración eléctrica, muy estables durante los últimos años.

7.6.4 BENCHMARKING DE INTENSIDAD ENERGÉTICA

En términos de intensidad energética, la industria de los minerales no metálicos no es referente en la Unión Europea, presentando niveles inferiores al resto de países analizados a excepción de Portugal, tal y como se recoge en la Figura 71.

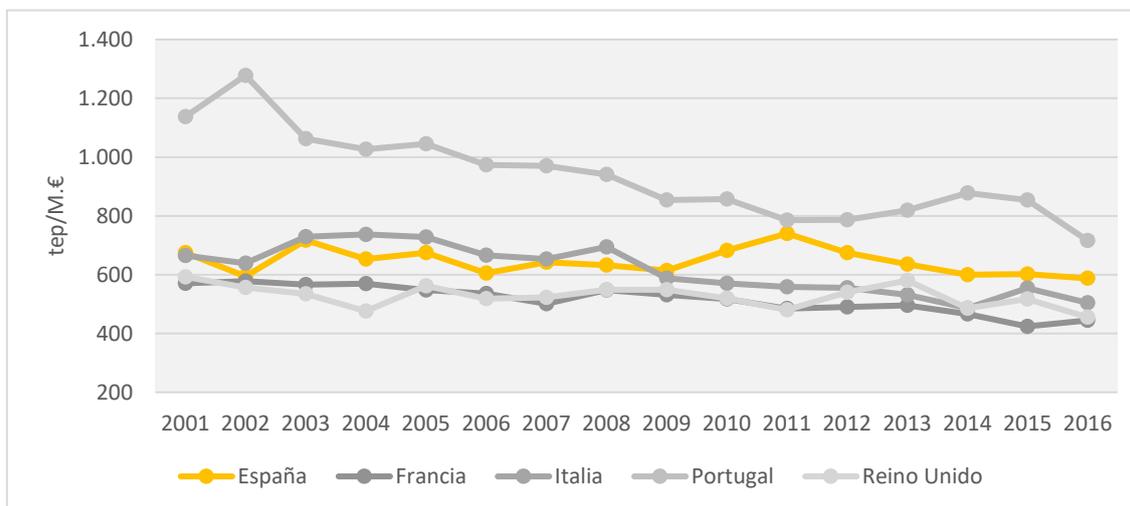


Figura 71. Evolución de la intensidad energética en la industria de los transformados metálicos.
 Fuente: Elaboración propia. [43]

7.7 PASTA, PAPEL Y ARTES GRÁFICAS

7.7.1 DESCRIPCIÓN

Este sector se basa en la fabricación de celulosa, pasta papelera, papel, cartón y topo tipo de artículos de esos materiales. También incluye las artes gráficas y reproducción de soportes grabados (impresión, encuadernación, etc.). Las principales materias primas empleadas para la producción de papel y cartón son la madera y el papel reciclado. España destaca por la fabricación de celulosa con eucalipto y por ser la segunda más recicladora de Europa, después de Alemania. La aportación al conjunto de la economía ambos subsectores es similar (de 3.000 M€ en cada uno). En España hay alrededor de 82 fábricas, 11 de celulosa y 71 de papel. Geográficamente, las zonas con mayor presencia son Aragón, Cataluña y País Vasco.

7.7.2 USOS ENERGÉTICOS

Las fuentes de energías dominantes en este sector son el gas natural y la energía eléctrica que habrían ido ganando a favor del fuel-oil. Estamos pues ante un gran consumidor de gas natural, como se observa en la Figura 72, pero además ante la fuente de producción de energía de mayor crecimiento, siendo el uso de mayor importancia el vapor-cogeneración. Debido a la alta penetración de la cogeneración, el sector papelero no solo produce gran parte de la electricidad que consume, sino que además tiene la capacidad para aportar excedentes al sistema eléctrico nacional (hasta un 2-3% de la generación nacional).

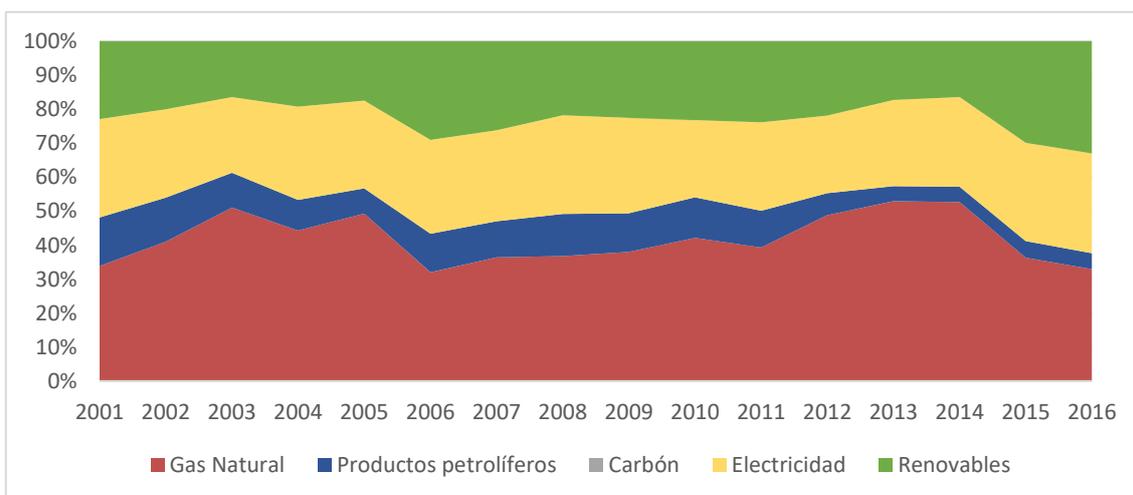


Figura 72. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Industria pasta y papel.
 Fuente: Elaboración propia.

7.7.3 DESARROLLO HISTÓRICO

Desde 2005 y hasta el 2013, la producción ha experimentado un crecimiento del 0,77%, siendo el papel y el cartón los principales impulsores del mismo, no obstante, con la llegada de la crisis, al igual que otras ramas industriales analizadas, habría reducido su actividad, como puede verse reflejado en la Figura 73. En la actualidad, las exportaciones juegan un papel relevante en el sector, representando actualmente el 62% en el caso de la celulosa y el 49% en el caso del papel y el cartón.

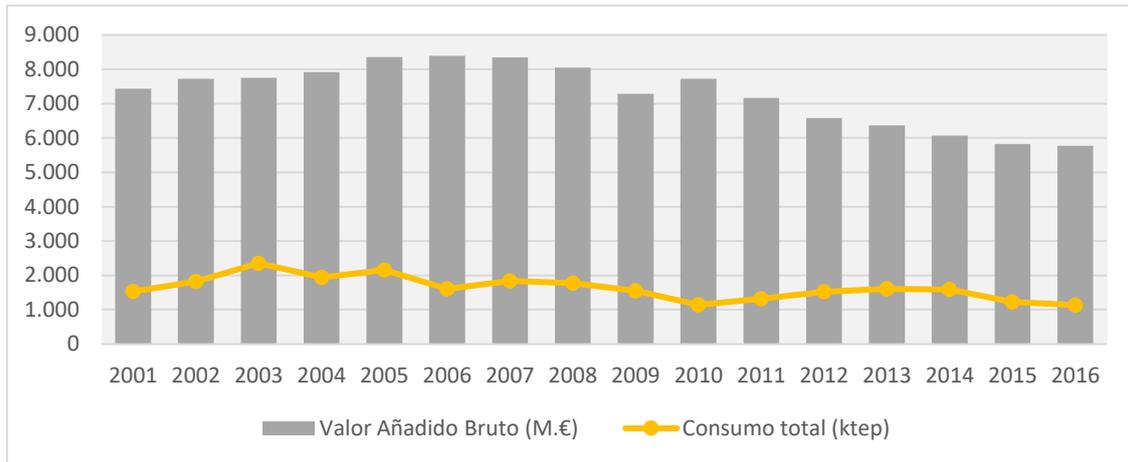


Figura 73. Evolución VAB & consumo total de la industria del papel, pasta e impresión.
Fuente: Elaboración propia & EUROSTAT. [44]

7.7.4. BENCHMARKING DE INTENSIDAD ENERGÉTICA

Al analizar los niveles de intensidad energética de distintos países de la Unión Europea, tal y como se puede observar en la Figura 74, Reino Unido es el líder en términos de eficiencia energética en la industria papelera. España por su parte, habría mejorado sus niveles de intensidad energética durante el periodo 2004-2010; no obstante, los consumos estructurales de la industria y la caída del VAB durante los años de crisis, habría dado lugar a un aumento en la intensidad energética.

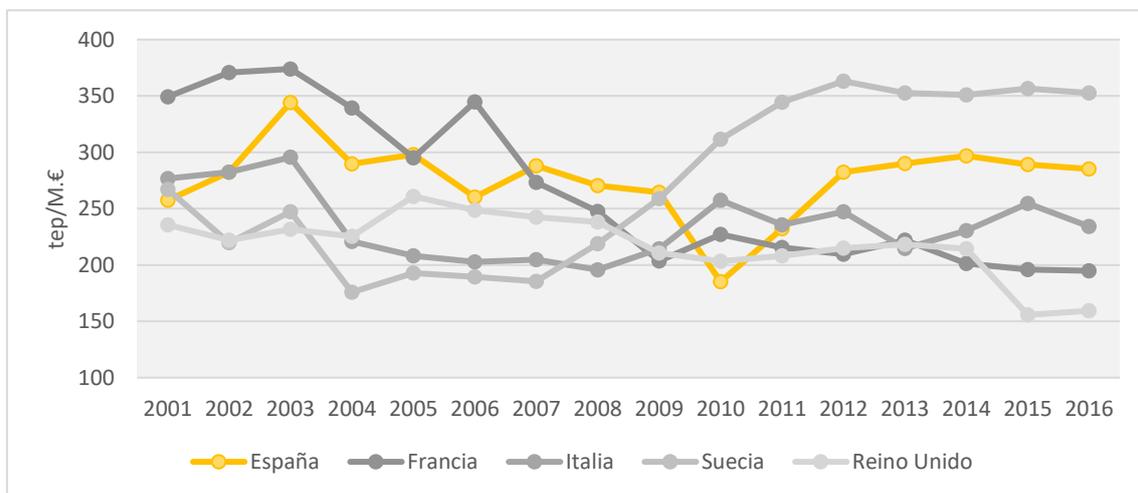


Figura 74. Evolución de la intensidad energética de la industria papelera.
Fuente: Elaboración propia. [43]

Se espera que la producción crezca ligeramente principalmente por el subsector de artes gráficas, si bien hay riesgo de deslocalización tal y como afirma la Comisión Europea. Tiene además alto potencial de cogeneración pero durante los últimos años ha mantenido su nivel de intensidad energética.

7.8 TRANSFORMADOS METÁLICOS

7.8.1 DESCRIPCIÓN

Este sector se basa en la fabricación de celulosa, pasta papelera, papel, cartón y topo tipo de artículos de esos materiales. También incluye las artes gráficas y reproducción de soportes grabados (impresión, encuadernación, etc.). Las principales materias primas empleadas para la producción de papel y cartón son la madera y el papel reciclado. España destaca por la fabricación de celulosa con eucalipto y por ser la segunda más recicladora de Europa, después de Alemania. La aportación al conjunto de la economía de ambos subsectores es similar (de 3.000 M€ en cada uno). En España hay alrededor de 82 fábricas, 11 de celulosa y 71 de papel. Geográficamente, las zonas con mayor presencia son Aragón, Cataluña y País Vasco.

7.8.2 USOS ENERGÉTICOS

La caída de la producción en el año 2010 se debió a la crisis económica (sector vinculado a la construcción). Esta caída se ha visto estabilizada por el crecimiento de alguno de sus subsectores, como por ejemplo, el de las armas y munición. Como se recoge en la Figura 75, la penetración eléctrica es oscilante, si bien presenta tendencia decreciente a largo plazo.

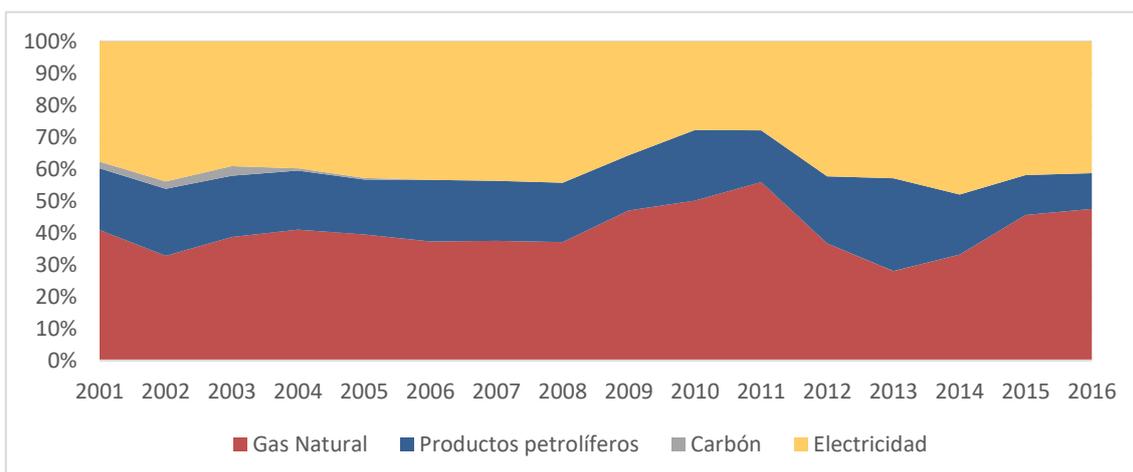


Figura 75. Participación vectores energéticos sobre consumo total. Transformados metálicos.
 Fuente: Elaboración propia.

Tanto el consumo de gas natural, como de productos petrolíferos y carbón está estrechamente vinculado a la producción, cuyo valor material queda reflejado en el IPI. La mayor caída del IPI y de los consumos, como se observa en la Figura 76, se explica por las economías de escala en la industria, ya que desde la llegada de la crisis económica, se truncó su tendencia decreciente de la intensidad eléctrica.

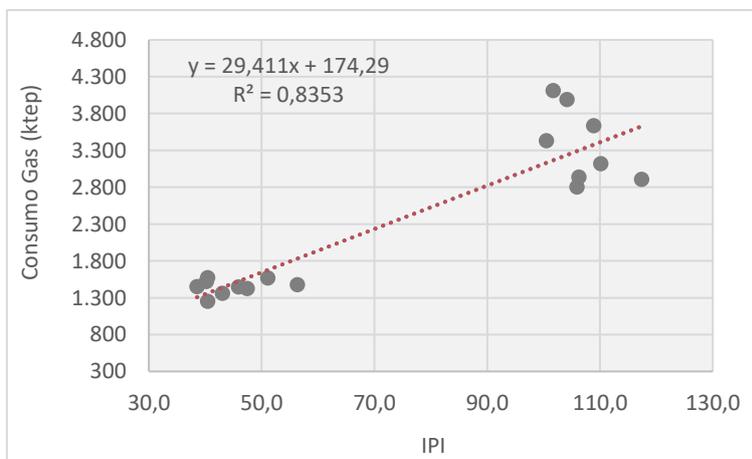


Figura 76. Regresión IPI-Consumo Gas (T. Metálicos).
 Fuente: Elaboración propia.

7.8.3 DESARROLLO HISTÓRICO

Se trata de un sector cuya demanda está ligada a la construcción, pues incluye ferretería, carpintería metálica, estructuras metálicas para obra y otros. Por ello, se produjo un importante descenso en la demanda con el consiguiente descenso en la producción a partir de 2009, debido a la quiebra del sector de la construcción.

El sector ferretero, que desde 2009 hasta 2013 había caído un 36%, cambió su tendencia negativa en 2013 creciendo un 1%, tras varios años seguidos de crecimiento negativo. No obstante, la industria se habría manteniendo gracias al subsector de armas y munición, que se ha desarrollado mucho en los últimos años, ya que el mercado de armas ha crecido un 1.128% desde 2014.

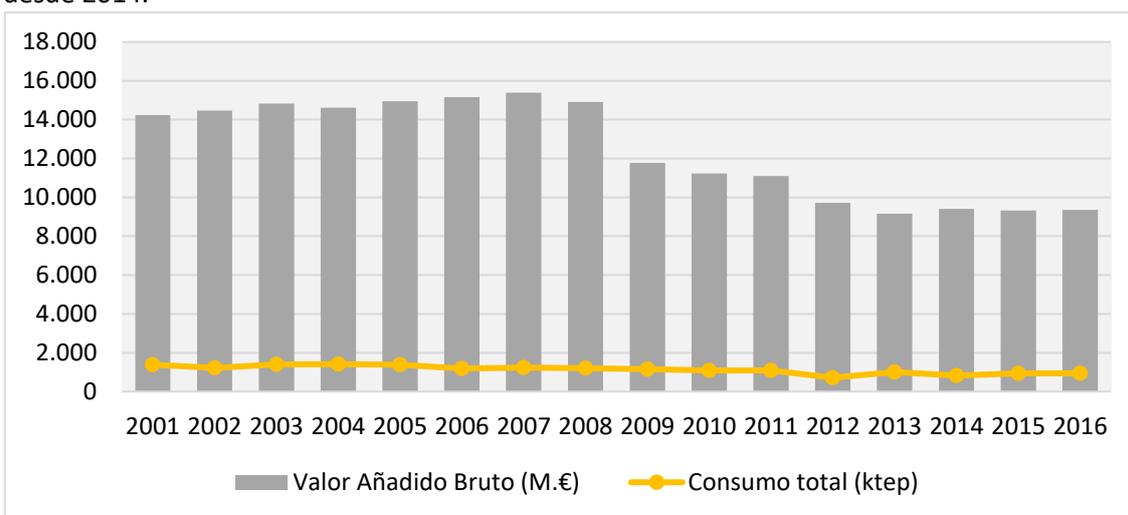


Figura 77. Evolución de la intensidad energética de la industria papelera.
Fuente: Elaboración propia. [43]

7.8.4 BENCHMARKING DE INTENSIDAD ENERGÉTICA

En términos de eficiencia energética, España junto con Portugal ha sido líder en eficiencia energética como se observa en la Figura 78, registrando su óptimo en 2012 con un valor de 74 tep/m.€. Por lo que, en un escenario eficiente, se consideraría una evolución hacia dicho valor para 2030.

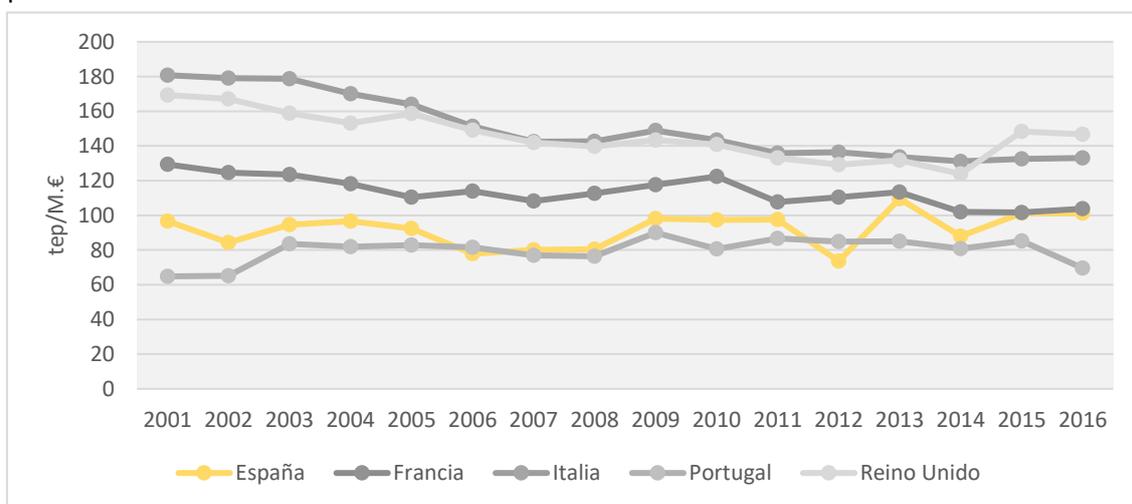


Figura 78. Evolución de la intensidad energética de la industria papelera.
Fuente: Elaboración propia. [43]

7.9 SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SECTOR

El sector industrial, al igual que el resto de sectores económicos debe evolucionar hacia óptimos de intensidad energética si se quiere cumplir con los objetivos de reducción de emisiones establecidos a futuro. Por ello, un escenario eficiente del sector industrial sería aquel que contemplase la evolución desde el presente hacia valores óptimos de intensidad energética registrados a nivel nacional, en caso que España fuese líder en intensidad energética en ese segmento industrial, o registrados a nivel internacional, en otros países de la Unión Europea analizados que sean líderes en términos de eficiencia energética.

Para entender la evolución del consumo energético, además de analizar la intensidad energética, es necesario evaluar la evolución estimada de la actividad industrial. Para ello, se ha determinado la relación entre el Valor Añadido Bruto de la industria en general (a excepción de la construcción) con el

PIB anual, obteniéndose como resultado la Figura 79. En el gráfico se pueden observar claramente tres periodos, el periodo precrisis (primera curva ascendente, hasta el año 2008), el periodo correspondiente a la

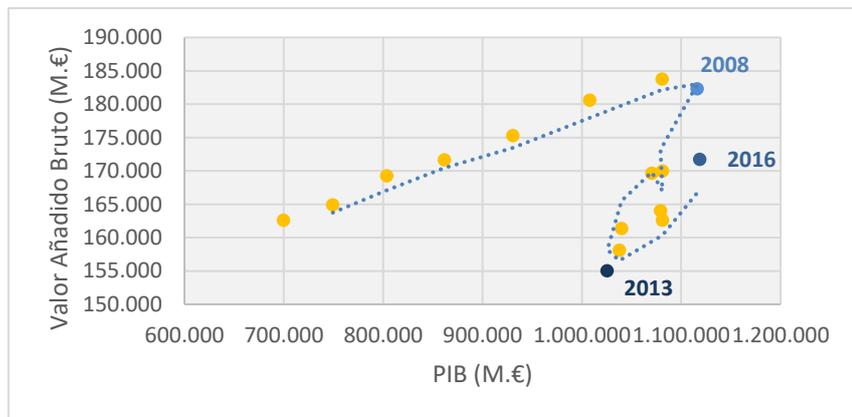


Figura 79. Relación entre el VAB (Industria excepto construcción) y PIB.
Fuente: Elaboración propia.

crisis (desde 2008 hasta 2013) y el periodo de recuperación económica (desde 2013 hasta 2016), confirmándose así la fuerte correlación existente entre el PIB y el Valor Añadido Bruto industria.

Para obtener las cifras futuras del Valor Añadido Bruto, se ha considerado una evolución lineal creciente del PIB de acuerdo a los últimos años, con tendencia creciente. Con la evolución anual del Valor Añadido Bruto, se habría determinado el peso que cada segmento industrial aporta al VAB total industrial en base a cifras históricas, obteniéndose la evolución que se muestra en la Figura 80:

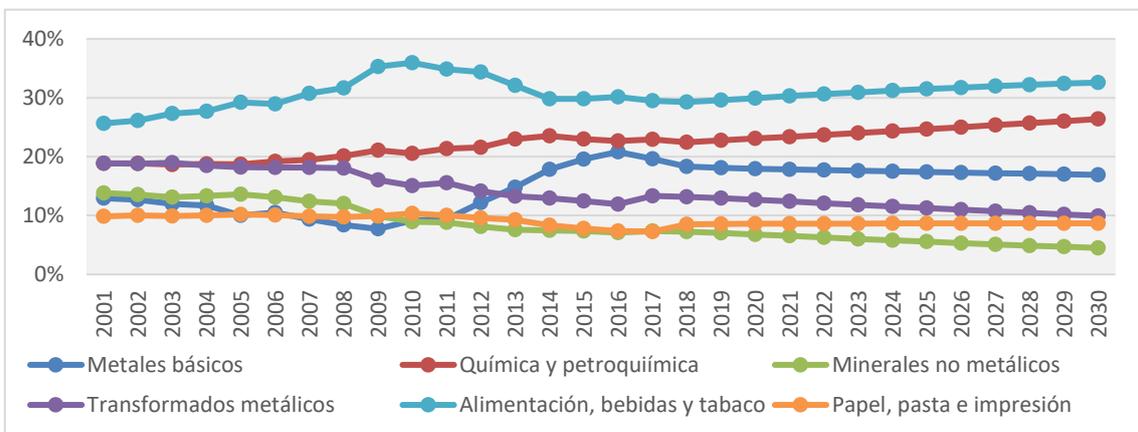


Figura 80. Evolución del nivel de influencia de cada segmento industrial sobre el VAB total industria.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la previsión de PIB se habría obtenido la previsión del VAB y teniendo en cuenta el nivel de influencia de cada segmento industrial sobre el total del VAB industrial, se habría calculado el valor añadido bruto para cada industria, tal y como se observa en la Figura 81.

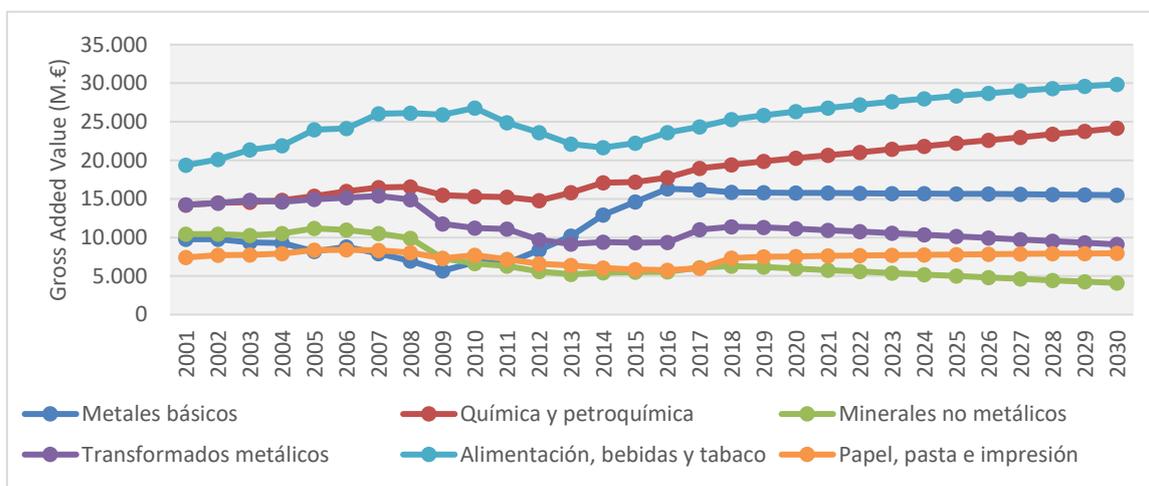


Figura 81. Evolución del VAB para cada segmento industrial.

Fuente: Elaboración propia.

A partir del valor añadido bruto y teniendo en cuenta los niveles de penetración de unos vectores energéticos (carbón, gas, renovables, electricidad o productos petrolíferos) u otros de acuerdo al escenario de análisis, se obtendría el consumo energético final, que vendría dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo}_{\text{vector}} \text{ (ktep)} = \text{VAB}_{\text{sector}} \text{ (m. €)} * I. \text{Energética} \left(\frac{\text{ktep}}{\text{m. €}} \right) * \text{Penetración}_{\text{vector}} (\%)$$

A su vez, para el cálculo del Valor Añadido Bruto de cada segmento industrial se habrían tomado como variables de entrada para el análisis la evolución del PIB nacional y la evolución del VAB nacional, industrial y de que cada rama industrial a analizar para el periodo 2001-2016. La metodología utilizada para la previsión del VAB de cada segmento industrial a futuro se puede resumir en las siguientes fases:

- En primer lugar, mediante la función COEFICIENT.R2 de Microsoft Excel, y tomando las variables de entrada mencionadas anteriormente, se ha analizado qué conjunto de variables presentan una correlación mayor, pues esta función permitiría determinar el cuadrado del coeficiente de correlación de momento del producto Pearson a partir de dos conjuntos de datos conocidos.
- Una vez identificados los dos conjuntos de datos históricos que mayor correlación presentan para cada segmento industrial, se habría determinado la pendiente de la evolución histórica del conjunto de datos, a través de la función PENDIENTE. En paralelo, y utilizando los mismos datos, mediante la función INTERSECCIÓN.EJE, se habría calculado el punto en el que intersecaría el eje y a partir de los valores x e y de las series de datos aplicados.
- Finalmente, una vez obtenida la pendiente del conjunto de datos con mayor correlación y la intersección con el eje, suponiendo que la serie de datos utilizados serían la evolución

del VAB de la industria general y la evolución del VAB del sector agroalimentario, el cálculo de éste último para un año en concreto se habría determinado a partir de la siguiente ecuación:

$$VAB_{\text{segmento}(2020)} = VAB_{\text{industria}(2020)} * \text{PENDIENTE} * \text{INTERSECCION. EJE}$$

Además, a partir del VAB futuro obtenido para cada segmento, se habría calculado la evolución del peso que cada rama industrial aporta al total del valor añadido bruto industrial, con el fin de asegurar que los resultados obtenidos tienen sentido, obteniendo como resultados aquellos recogidos en la Figura 82:

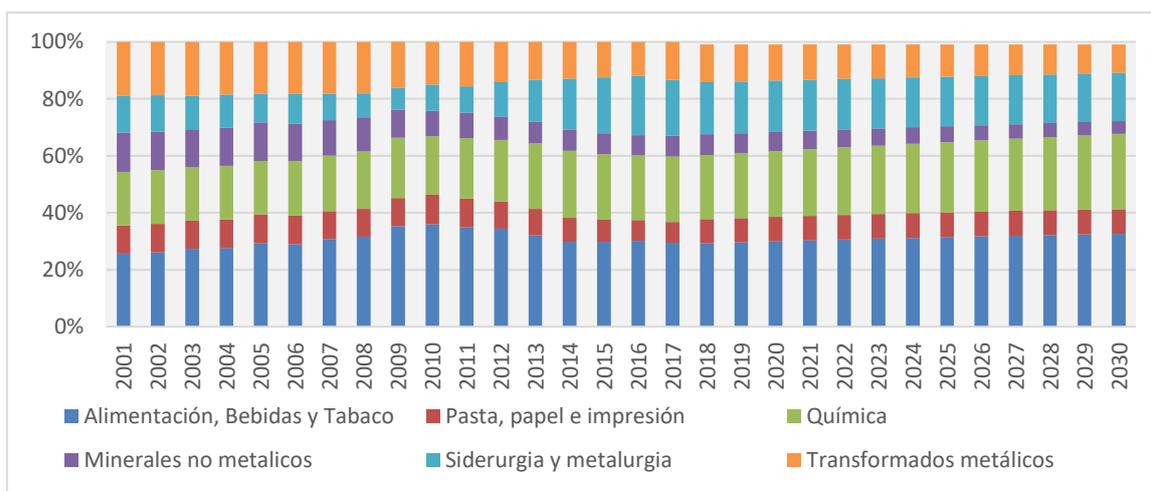


Figura 82. Evolución del peso de cada segmento industrial sobre el VAB total de las industrias analizadas.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en cuanto a los niveles de intensidad energética, los valores vendrán definidos de acuerdo al escenario a analizar, distinguiéndose fundamentalmente tres:

- El escenario continuista supondría una evolución constante de la intensidad energética de acuerdo al último par de datos (intensidad energética y penetración de un vector energético) registrados (año 2016).
- El escenario de grandes avances tecnológicos supondría una evolución de la intensidad energética a 2030 hacia niveles opimos registrados a lo largo de los últimos años, tanto a nivel nacional como internacional, con los valores correspondientes de penetración energética de ese año.
- Escenario de electrificación, en el que la penetración de los carbones y productos petrolíferos iría disminuyendo progresivamente hasta alcanzar cuota nula en el año 2030, con la consecuente subida de la participación de la electricidad.

CAPÍTULO 8. RESULTADOS. ESTUDIO Y COMPARACIÓN DE DISTINTOS ESCENARIOS

Como se ha podido analizar, los escenarios y previsiones energéticas de España para el medio y largo plazo, están contenidos en los documentos de planificación energética estudiados en el capítulo anterior y que aprueba el propio Gobierno de España.

8.1 DEFINICIÓN DE ESCENARIOS Y METODOLOGÍA

Para el análisis de los resultados y las repercusiones que determinadas medidas tendrían sobre el consumo final de energía, se han establecido tres escenarios.

En primer lugar, primer escenario hace referencia a un escenario continuista en que los drivers del modelo evolucionarán de forma lineal de acuerdo a la tendencia registrada durante el periodo 2010-2016.

En segundo lugar, se analizará un escenario en el que se representa un horizonte con grandes avances tecnológicos, que han dado lugar a una penetración relativa de equipos más eficientes en el sector residencial y comercial, fundamentalmente en los segmentos de electrodomésticos, calefacción e iluminación. El sector industrial también evoluciona hacia óptimos de intensidad energética registrados a pasado, mientras que en el sector transporte, la movilidad compartida se convierte en un hecho real, dando lugar a una relevante penetración de vehículo eléctrico frente al continuista, y produciéndose además un descenso en el consumo unitario de los vehículos.

Finalmente, el tercer escenario ilustra un contexto de electrificación de la economía, en el que la flota de turismos y furgonetas eléctricas asciende a 4.117.000 vehículos aproximadamente. En el sector residencial también hay un cambio de tendencia en el segmento de calefacción, aumentando la penetración de los sistemas eléctricos como las bombas de calor.

Se va a utilizar como metodología para ilustrar los resultados la descomposición de Laspeyres ya que permite cuantificar la contribución relativa que distintos factores tienen sobre el consumo final de energía. Además, permite analizar efectos de cualquier naturaleza, ya sea de naturaleza tecnológica, como por ejemplo mejoras en eficiencia energética; de naturaleza económica, como por ejemplo, un aumento de la flota de coches como consecuencia del crecimiento económico; o relacionada con política energética. El modelo de Laspeyres es un modelo clasificado bajo la modalidad de *Index Decomposition Analysis* (IDA), que permite ver con facilidad la repercusión que distintas variables tienen sobre la función objetivo, en este caso, el consumo energético final.

La descomposición en este caso a emplear, permite expresar qué porcentaje del aumento (o descenso) del consumo registrado en cada uno de los vectores finales, ha sido debido a un crecimiento de la actividad económica, a la mejora/empeoramiento de la intensidad energética en la realización del uso final.

8.2 ESCENARIO 1: CONTINUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para este primer escenario, se supone un comportamiento lineal siguiendo la tendencia registrada durante el periodo 2010-2016 para todos los sectores estudiados. Se asume, por tanto, que las políticas energéticas y medioambientales no han cambiado notablemente en búsqueda de ahorro energético y promoción de tecnologías más eficientes y limpias. Por consiguiente, este escenario correspondería al menos ambicioso en términos de eficiencia y supondría un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero como consecuencia de un aumento en el consumo de energía final, pasando de 70.830 ktep en 2016 a 83.494 ktep en 2030, tal y como se puede observar en la Figura 83.

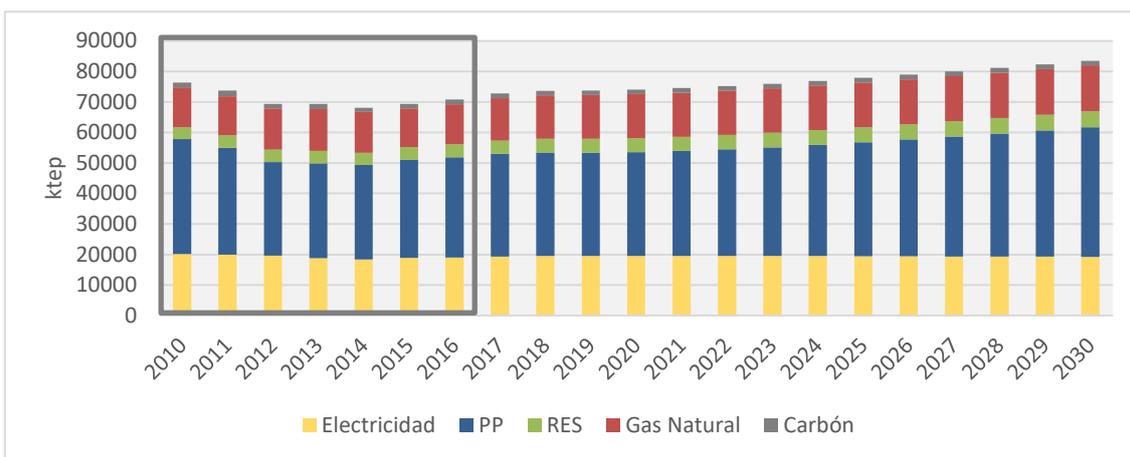


Figura 83. Evolución del consumo energético total (Escenario Continuista) (Periodo 2010-2030).
Fuente: Elaboración propia.

8.2.1 SECTOR RESIDENCIAL

En cuanto al comportamiento del sector residencial, en la Figura 84 se puede observar una reducción del consumo de energía final debido a los descensos registrados en los consumos de electricidad y productos petrolíferos fundamentalmente, ya que el consumo de energías renovables aumentaría.

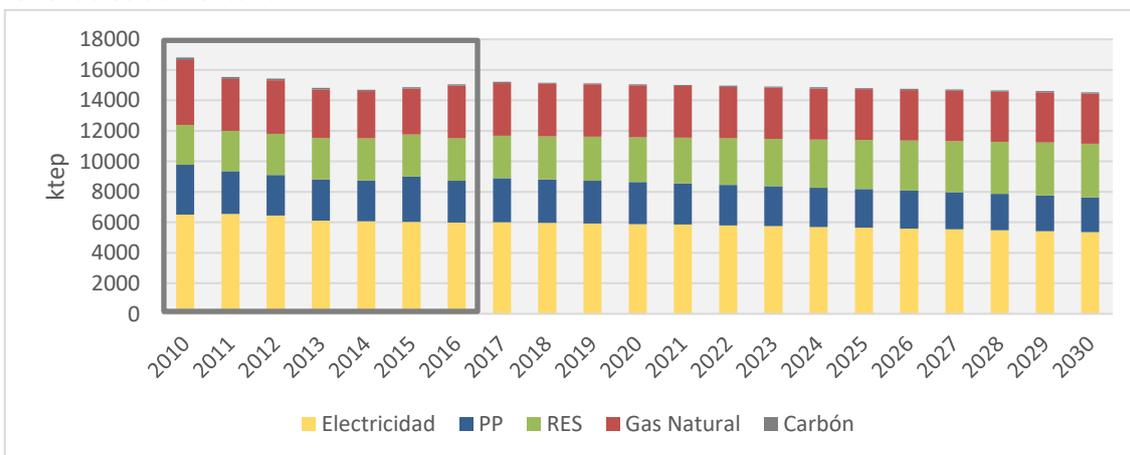


Figura 84. Evolución de consumos energéticos del sector residencial (Escenario continuista).
Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, en la Figura 85 se pueden observar las reducciones de consumo total registradas anualmente, alcanzando una reducción de 534 ktep aproximadamente durante el periodo 2017-2030.

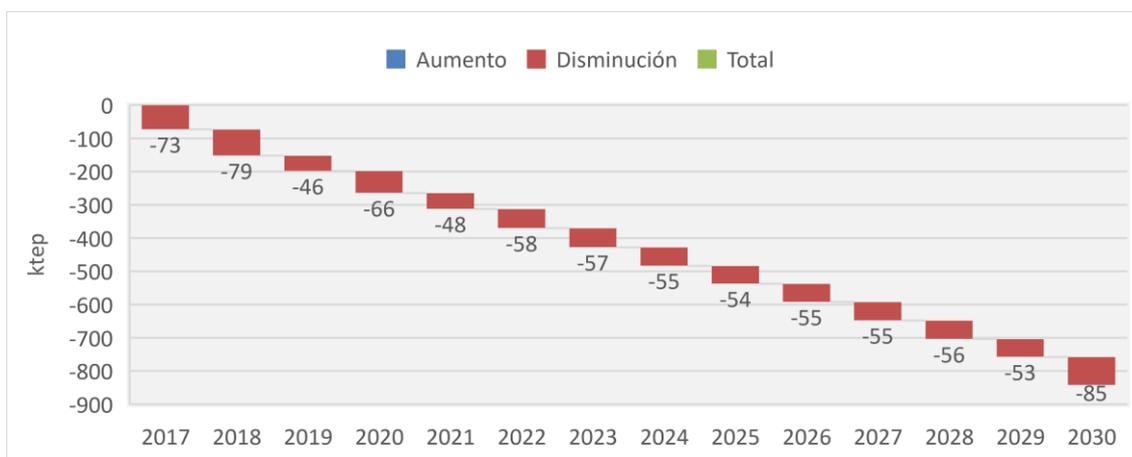


Figura 85. Evolución del consumo neto total del sector residencial.

Fuente: Elaboración propia.

La razón principal de un descenso en el consumo anual de este sector a pesar de registrar un aumento en el número de hogares y con ello, un crecimiento en la flota de aparatos, sería fundamentalmente la continuación del esfuerzo que se habría hecho durante el periodo 2010-2016 en materia de renovación de equipos por otros de mayor eficiencia. Ejemplo de esto último sería el comportamiento que registra la Figura 86 en cuanto a la evolución del consumo eléctrico de los electrodomésticos. El recuadro que se representa hace referencia al comportamiento real en materia de consumos que tuvo lugar durante dicho periodo, observándose un aumento en la curva que representa la flota de electrodomésticos como consecuencia del aumento de los hogares, y sin embargo reduciendo la curva de consumo total como consecuencia de una reducción en la curva de consumo unitario de los mismos.

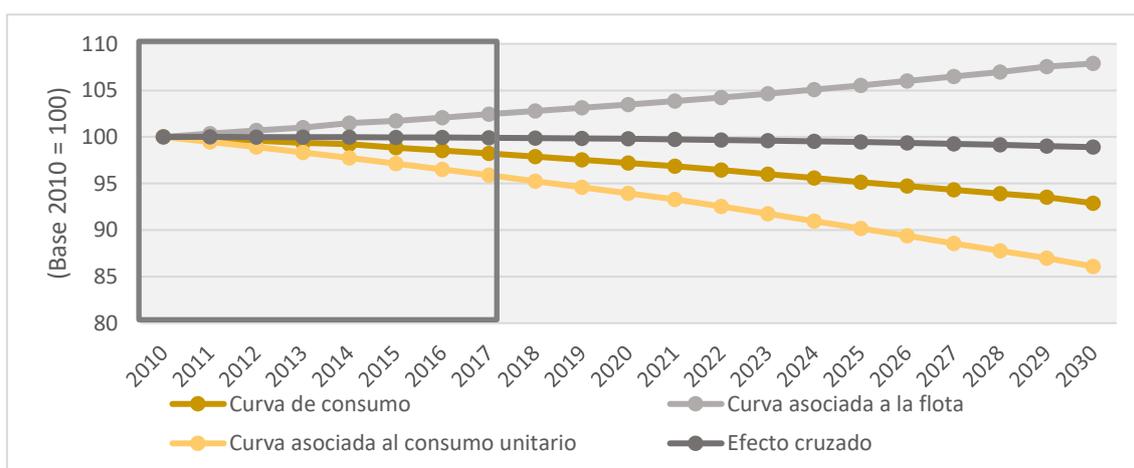


Figura 86. Curvas de Laspeyres para consumo de electrodomésticos.

Fuente: Elaboración propia.

En línea con lo comentado previamente, en la Figura 87 se muestra la evolución de las ventas de electrodomésticos según la clase de eficiencia energética, observándose el crecimiento en la cuota de

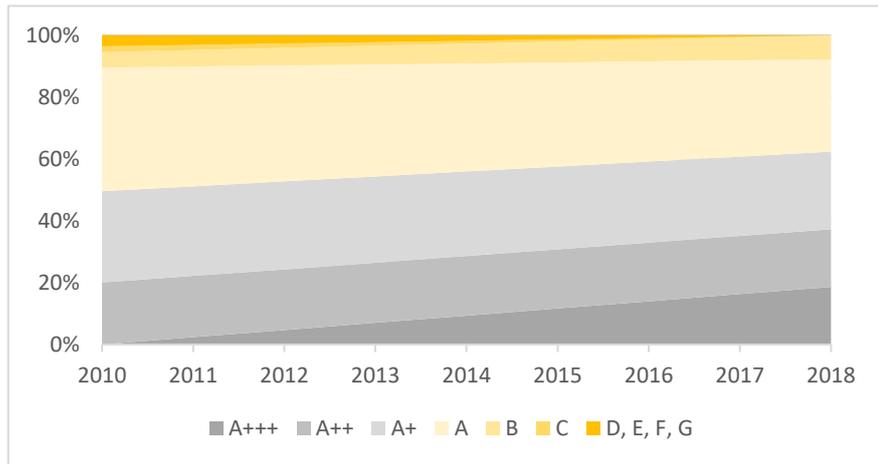


Figura 87. Penetración de electrodomésticos según eficiencia energética (Periodo 2010-2018).

Fuente: Elaboración propia.

electrodomésticos en más de un 20% durante estos últimos años, que daría lugar a una progresión lineal y a una reducción considerable de los consumos.

Lo mismo habría ocurrido con el segmento de la iluminación, donde se comenzaría a contar con la presencia de iluminación LED cuyo consumo es mucho menor al de las bombillas halógenas e incandescentes tradicionales. Estos factores, teniendo en cuenta que los electrodomésticos y la iluminación representan más del 50% del consumo eléctrico del sector residencial, explicarían esa tendencia negativa del consumo eléctrico a lo largo de los años.

El caso contrario ocurriría con el consumo de energías renovables en este sector, tal y como se ha comentado previamente. Con la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación de 2007, se establecería la obligatoriedad de alimentar a los sistemas de Agua Caliente Sanitaria del sector residencial a partir de paneles solares. Por tanto, todas las viviendas de nueva construcción a partir de tal año, llevarían incorporado este sistema, con el consecuentemente incremento de consumo de este vector. Así por ejemplo, en la Figura 88, se puede observar cómo durante el periodo 2010-2018, en el que el número de viviendas de nueva construcción es conocido a partir del INE, el consumo de energía solar habría aumentado a medida lo hacía el número total acumulado de viviendas de nueva construcción.

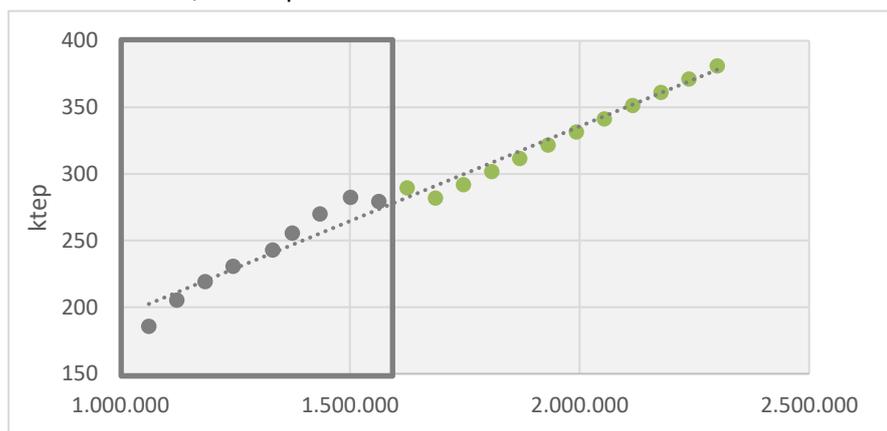


Figura 88. Relación entre total acumulado de viviendas de nueva construcción y consumo de energía solar (periodo 2010-2030).

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los consumos de gas y productos petrolíferos, que habrían reducido sus consumos en 190 y 462 ktep respectivamente, la eficiencia energética, nuevamente jugaría un papel importante en la previsión de consumo de estos sectores. Como se puede observar en la Figura 89, el número de calderas totales habría aumentado a lo largo de los años como consecuencia del incremento en la flota de viviendas totales. No obstante, durante el periodo 2010-2016 ya se habrían comenzado a instalar equipos de más eficiencia y con menores consumos unitarios (+10% de calderas de condensación), comportamiento que se supondría constante a lo largo de los años.

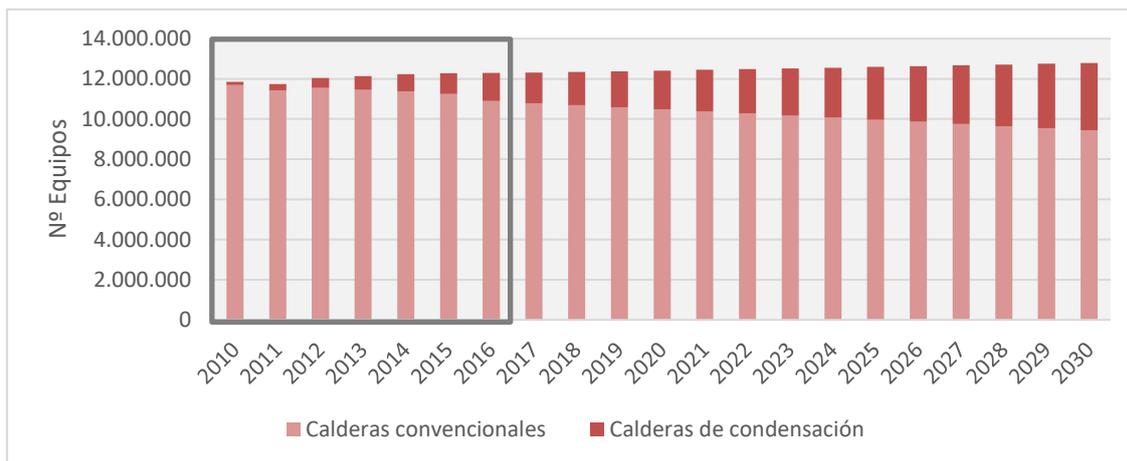


Figura 89. Número de equipos de calefacción alimentados por PP & Gas Natural.
 Fuente: Elaboración propia.

Además de una renovación de equipos por otros de mayor eficiencia, se observaría como la penetración del gas natural aumentaría frente a la de los productos petrolíferos, por lo que sería de esperar que la curva asociada a la flota de calderas de gas natural creciese a costa de la de los productos petrolíferos, además de descender la curva asociada al consumo unitario como consecuencia de penetración de calderas de mayor eficiencia, tal y como se puede observar en la Figura 90.

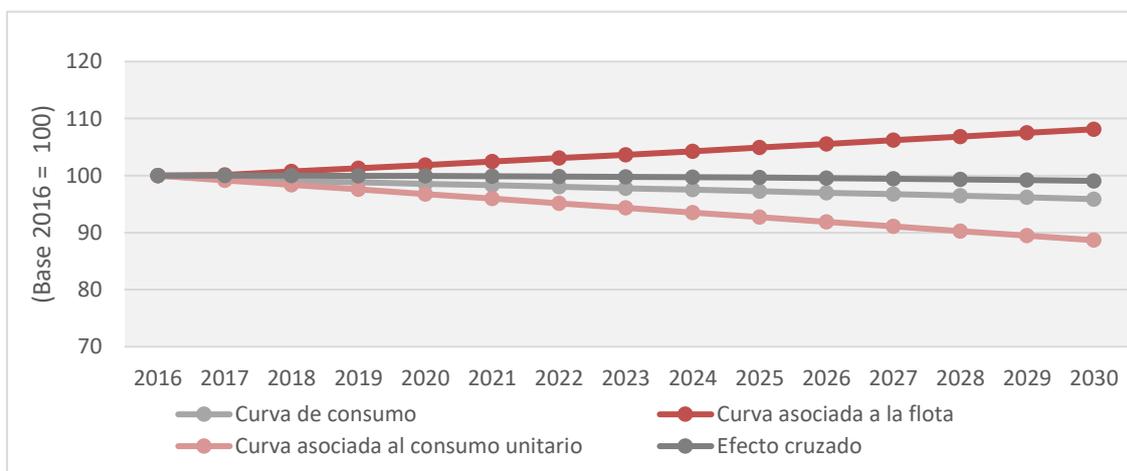


Figura 90. Curvas de Laspeyres para consumo de gas natural del segmento calefacción.
 Fuente: Elaboración propia.

8.2.2 SECTOR TRANSPORTE

En cuanto al sector transporte, la continua participación dominante de los productos petrolíferos en este sector más el aumento de la flota de vehículos como consecuencia del crecimiento económico, darían lugar a un crecimiento considerable hasta el año 2030, registrando valores similares a los del periodo precrisis, tal y como puede observarse en la Figura 91.

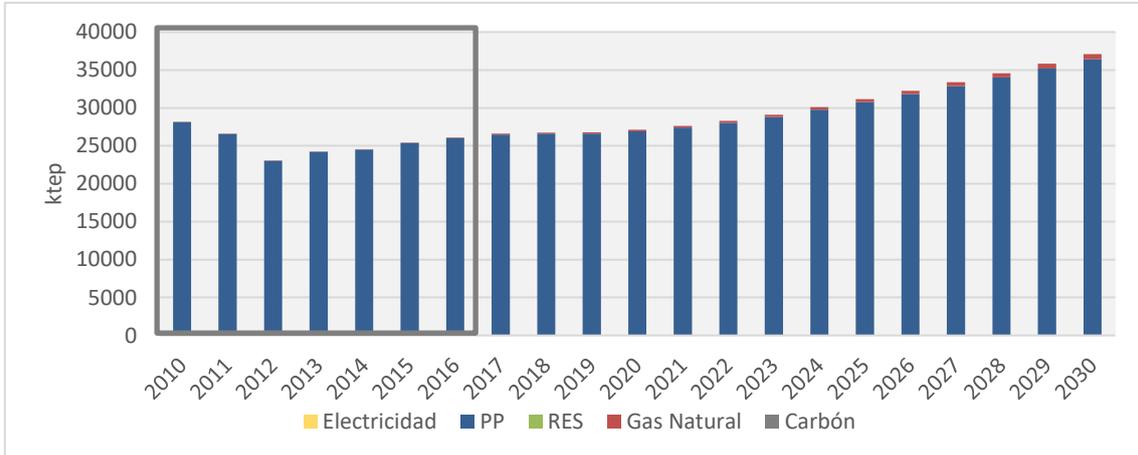


Figura 91. Evolución del consumo energético del sector transporte (Escenario continuista).
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 92, el número de matriculaciones registradas para el periodo 2010-2017 presentaría una alta correlación con la evolución del PIB durante esos años. Por ello, una de las ecuaciones y relaciones lógicas del modelo de transporte sería que el número de matriculaciones de vehículos en general para los próximos años, vendría dado tanto por el número de vehículos reemplazados que han alcanzado su vida útil y han quedado obsoletos, como por el crecimiento económico esperado. Teniendo en cuenta que se habría supuesto un crecimiento lineal para este periodo, el número de matriculaciones aumentaría de igual forma y con ello el consumo total.

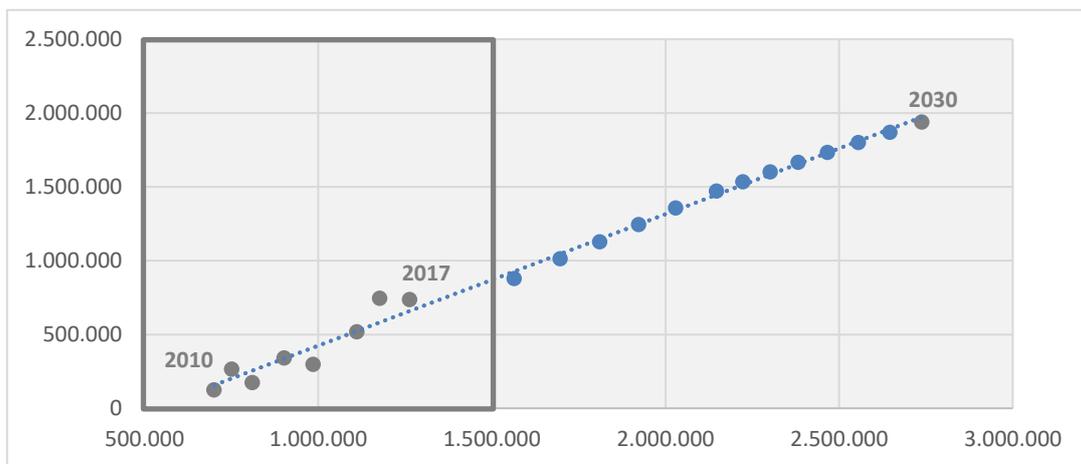


Figura 92. Relación entre actividad económica (PIB) y número de matriculaciones de coches.
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al escenario de ventas de turismos de tecnologías alternativas, las ventas de vehículos eléctricos y de GNC apenas llegarían al 10% en 2030 de acuerdo a la evolución del periodo 2010-2016, tal y como recoge la Figura 93. Esta baja participación se vería reflejado en la flota final de vehículos, alimentada en más de un 95% por tecnologías convencionales (diesel y gasolina) y apenas 234.000 vehículos eléctricos operando en la flota para el mismo año.

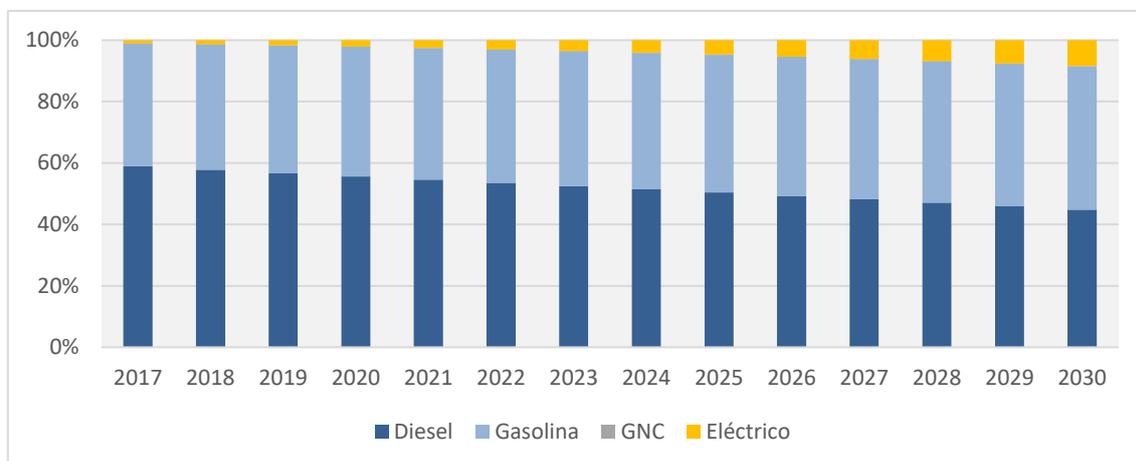


Figura 93. Cuota de ventas de turismos según tecnología.
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los otros segmentos de transporte analizados, a excepción de los autobuses cuya situación sería algo más optimista en términos de electrificación, en el resto de segmentos seguiría teniendo un gran protagonismo los productos petrolíferos, y más concretamente el diesel para los vehículos pesados, cuya participación aumentaría como consecuencia del aumento registrado en la flota, tal y como recoge la Tabla 40.

Tabla 40. Evolución de la flota de vehículos (2016/2030). (Escenario Continuista)
Fuente: Elaboración propia.

	Variables	Turismos	Autobuses	Camiones < 3500 kg	Camiones > 3500 kg	Furgonetas
PRODUCTOS PETROLÍFEROS	Número total (2016)	23.593.788	60.188	332.191	2.240.343	2.302.345
	Ventas (%) (2016)	99%	91%	100%	98%	99%
ELECTRICIDAD	Número total (2016)	14.842	137	66	1.047	259
	Ventas (%) (2016)	1%	1%	0%	2%	0%
GNC	Número total (2016)	1.024	524	303	201	1.854
	Ventas (%) (2016)	0%	8%	0%	0%	1%
PRODUCTOS PETROLÍFEROS	Número total (2030)	23.780.718	69.226	2.637.464	364.687	3.073.696
	Ventas (%) (2030)	91%	70%	98%	99%	97%
ELECTRICIDAD	Número total (2030)	239.837	465	1.090	1.620	4.675
	Ventas (%) (2030)	8%	2%	0%	1%	3%
GNC	Número total (2030)	3.791	3.442	26.032	3.821	30.166
	Ventas (%) (2030)	0%	0%	3%	2%	2%

8.2.3 SECTOR COMERCIAL

Desde el 2010, el consumo energético habría experimentado una caída gradual como consecuencia de la caída en la actividad económica y el descenso de la penetración eléctrica a favor del gas natural, tal y como puede observarse en la Figura 94. Las previsiones de consumo para este sector son también crecientes al igual que en el resto de escenarios, ascendiendo de 10.726 ktep en 2016 a 11.406 ktep en 2030.

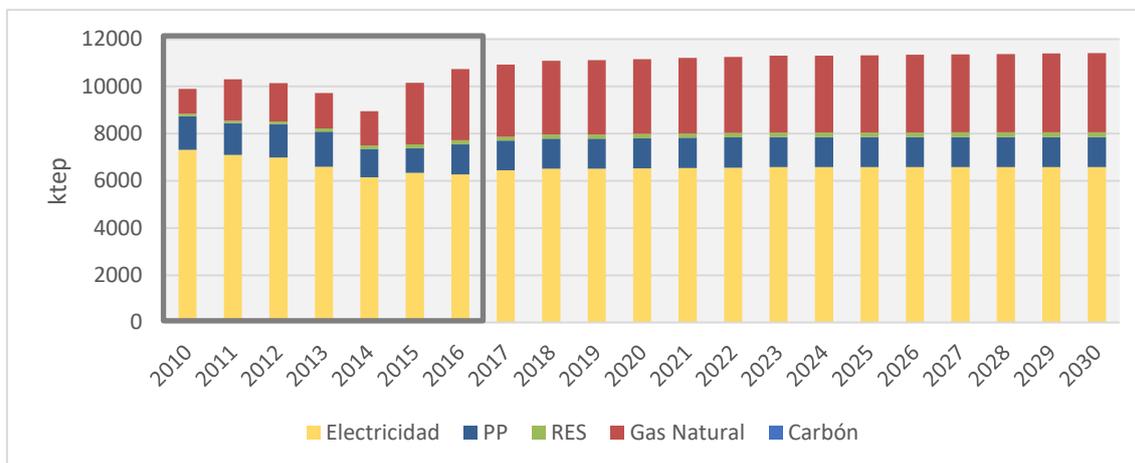


Figura 94. Evolución del consumo energético del sector transporte (Escenario continuista).
Fuente: Elaboración propia.

A pesar del crecimiento de la actividad económica, lo que se traduciría en un mayor consumo energético, durante los últimos años se habrían implementado medidas de eficiencia energética que habrían permitido que la subida de consumo para los próximos años no fuese tan grande. Para entender con mayor detalle la evolución esperada de este sector, se ha incluido la Figura 95 en la que se indica la relación entre el número de empleados dedicados al sector servicios en general y el PIB del país. De acuerdo con la proyección de PIB establecida, el número de empleados crecería para estos sectores (oficinas, comercio y administración pública) y como consecuencia, también lo haría el número de edificios dedicados a estas actividades. Unas necesidades mayores de iluminación y calefacción conllevarían un consumo mayor general.

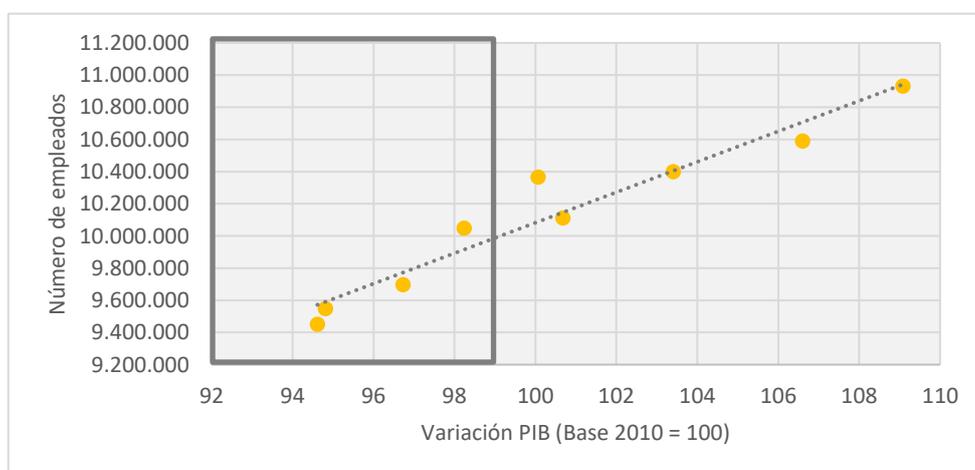


Figura 95. Correlación entre el PIB y el número de empleados.
Fuente: Elaboración propia.

Algunas de las medidas implementadas fundamentalmente estarían relacionadas con la iluminación y la calefacción. Así por ejemplo, en la Figura 96 se puede observar como con la llegada de las lámparas fluorescentes, que causarían una gran revolución en el sector de la iluminación de los comercios y servicios, muchas empresas y sus oficinas optarían por estas tecnologías debido a su reducido consumo en comparación con las lámparas tradicionales. Además, la entrada en vigor de la prohibición de bombillas halógenas establecida por la Unión Europea a partir del 1 de enero de 2018, habría dado lugar a una transición hacia bombillas de menor consumo, como las de bajo consumo y LED, que comenzarían a tomar relevancia a partir de 2019.

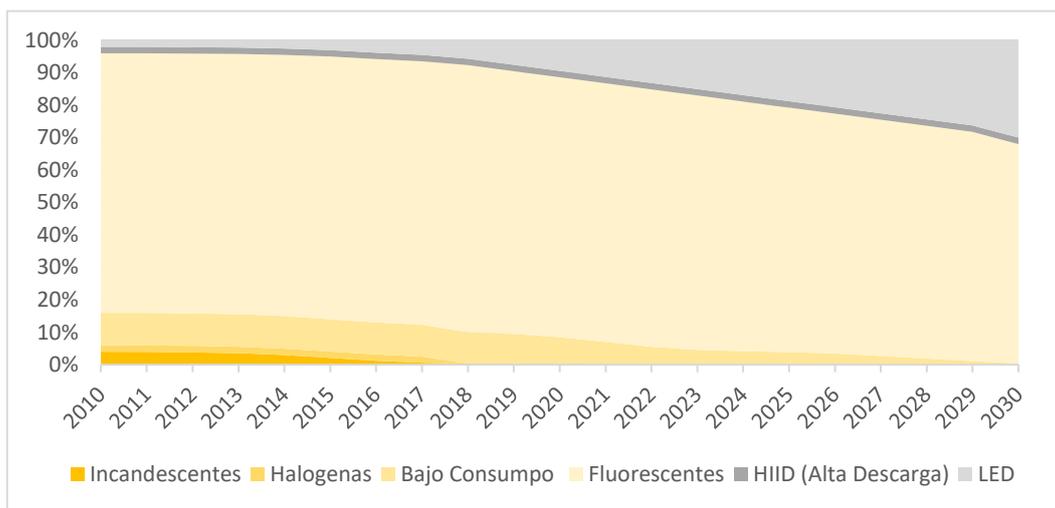


Figura 96. Penetración de bombillas según tipología.
Fuente: Elaboración propia.

8.2.4 SECTOR INDUSTRIAL

Finalmente, el sector industrial presentaría una tendencia creciente de consumo energético, ascendiendo desde los 18.937 ktep en 2016 a los 20.457 ktep en 2030, tal y como se observa en la Figura 97.

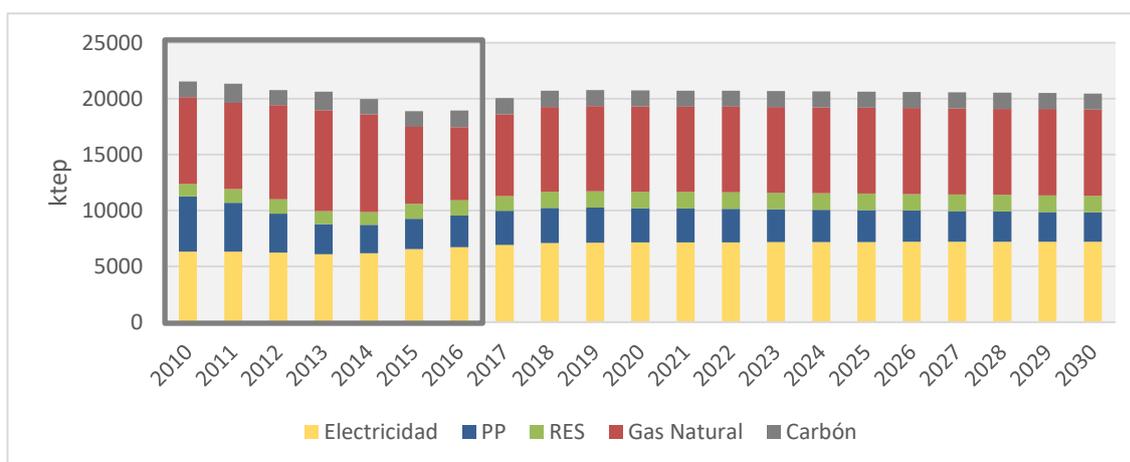


Figura 97. Evolución del consumo energético del sector transporte (Escenario continuista).
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la evolución del consumo energético industrial en este escenario, en cuanto a la intensidad energética, se habría hecho evolucionar de forma constante de acuerdo al último calculado a partir de la información disponible en Eurostat (2016), suponiendo así que no se implementan mejoras de eficiencia energética en este escenario, tal y como se observa en la Figura 98.

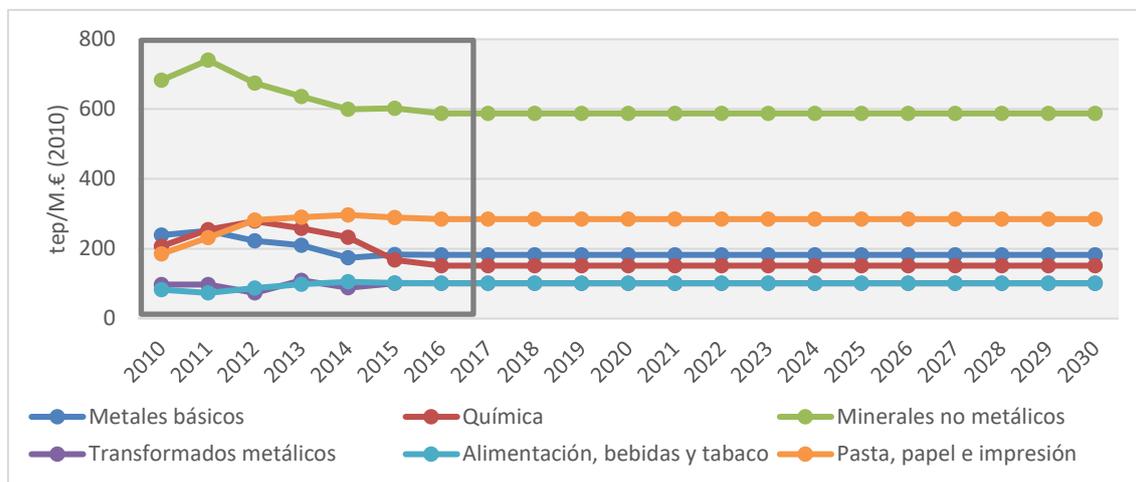


Figura 98. Evolución de la intensidad energética de cada rama industrial (Escenario Continuista).
Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la evolución de la intensidad energética, se habría determinado la evolución del VAB de cada segmento industrial de acuerdo a la metodología explicada en el capítulo 8, obteniendo los resultados que se recogen en la Figura 99:

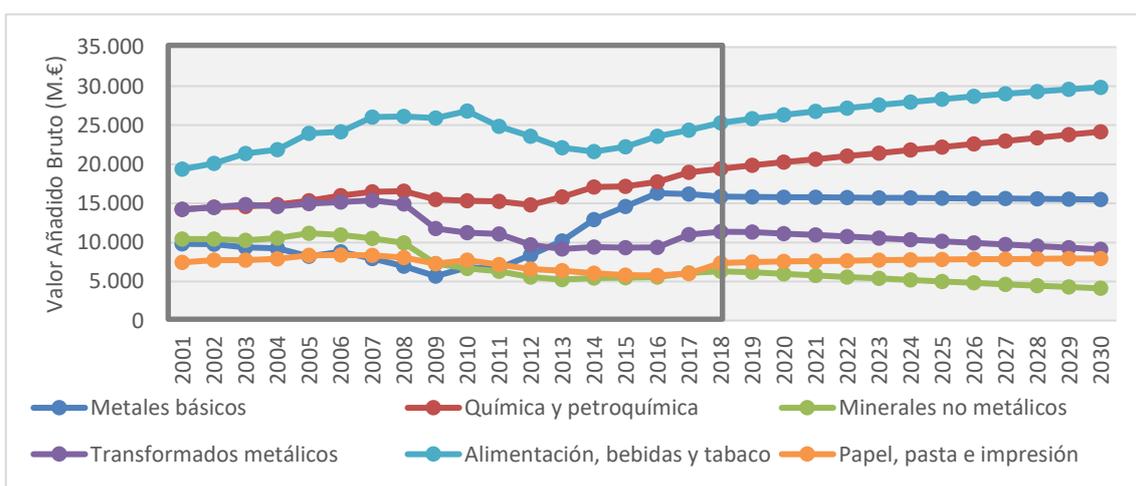


Figura 99. Evolución del VAB de cada segmento industrial (Escenario Continuista).
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con la penetración de cada vector energético sobre el total del consumo energético, se habrían obtenido los valores ilustrados en la Figura 97, donde los crecimientos de consumos registrados anualmente se deberían a una tendencia positiva general del VAB en la industria española hasta 2030.

8.3 ESCENARIO 2: AVANCE TECNOLÓGICO ACELERADO

En un escenario de alta eficiencia, se consideran que se incluirían medidas específicas para cambiar la trayectoria de emisiones y de otros gases de efecto invernadero que se analizarán a continuación en cada uno de los sectores económicos, evolucionando de 70.830 ktep en 2016 a 73.546 ktep en 2030, frente a los 83.494 ktep registrados en el escenario continuista, tal y como se recoge en la Figura 100.

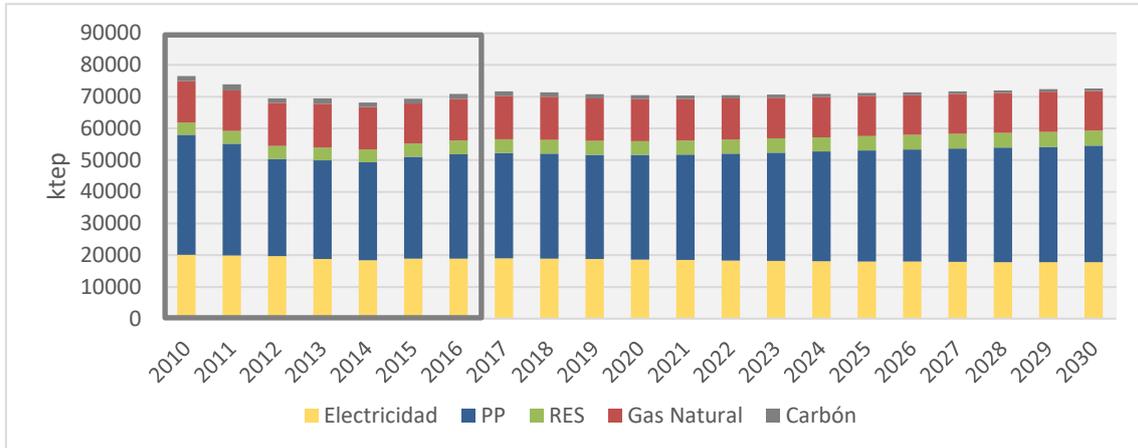


Figura 100. Evolución del consumo energético total (Escenario eficiente) (Periodo 2010-2030).
 Fuente: Elaboración propia.

8.3.1 SECTOR RESIDENCIAL

En el sector residencial, una fuerte renovación de la flota de equipos así como mejoras en la envolvente de los edificios daría lugar a reducción de consumos importantes fundamentalmente en los vectores de electricidad y productos petrolíferos, tal y como se puede observar en la Figura 101.

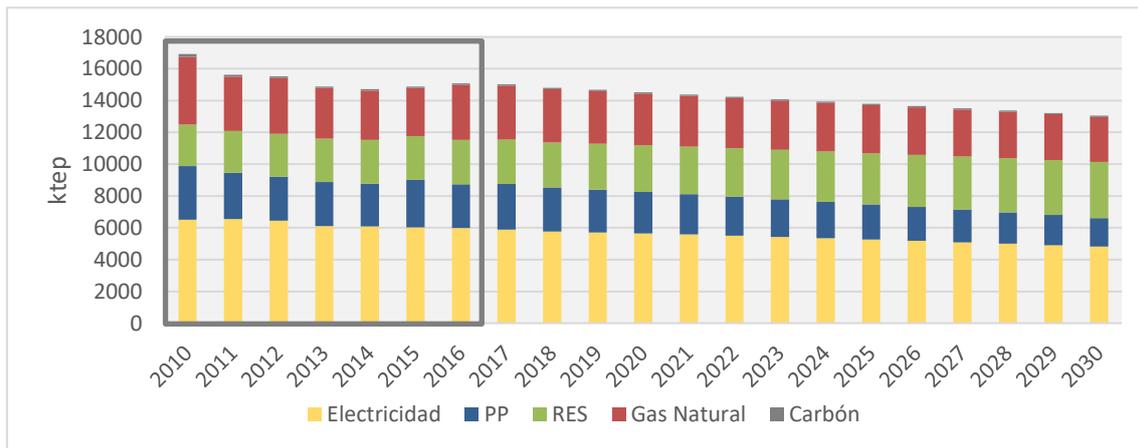


Figura 101. Evolución de consumos energéticos del sector residencial (Escenario avance tecnológico).
 Fuente: Elaboración propia.

Así, por ejemplo, en la Figura 102, a pesar de un aumento de la flota del número de calderas alimentadas por productos petrolíferos como consecuencia de un crecimiento en la flota de viviendas, la curva de consumo presentaría tendencia decreciente debido a la implementación de los avances tecnológicos que darían lugar a una reducción del consumo unitario de la flota penetrante a lo largo de los años.

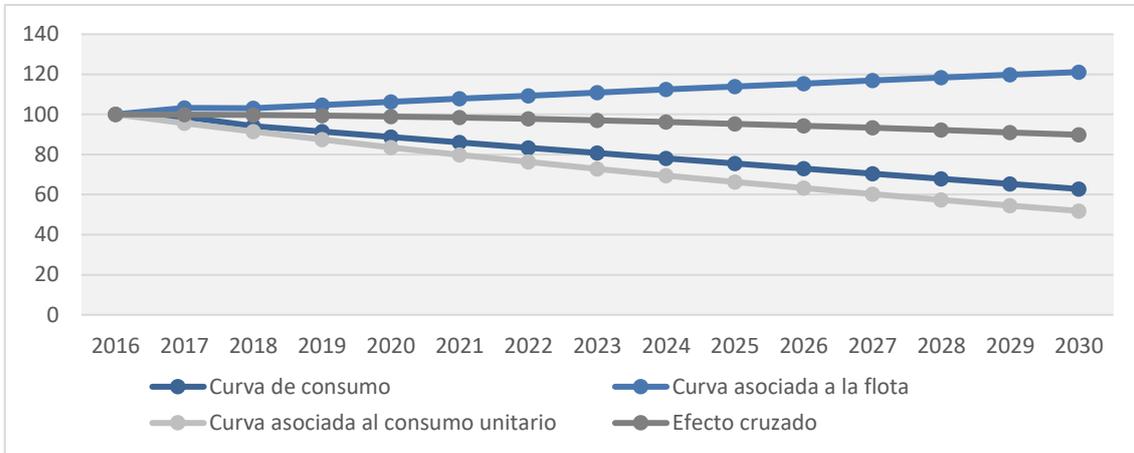


Figura 102. Curvas de Laspeyres para consumo de productos petrolíferos del segmento calefacción.
Fuente: Elaboración propia.

A la renovación de equipos de calefacción, se añadirían mejoras en la envolvente de los edificios tanto en viviendas de nueva construcción como en viviendas rehabilitadas. De acuerdo al Plan Nacional Integrado de Energía y Clima aprobado recientemente por el Gobierno, se rehabilitarían un total de 1.200.000 residencias para el horizonte 2020-2030, comenzando con 30.000 viviendas anuales para 2020 y acabando con 300.000 viviendas anuales para 2030. Considerando estas cifras más el número anual de viviendas de nueva construcción estimadas por el INE para el periodo 2020-2030 que ya llevarían incorporado estas medidas, y que la mejora de la envolvente daría lugar a un ahorro del 16% en necesidades de climatización de las viviendas, se habrían obtenido los ahorros anuales del consumo energético del segmento de calefacción para el sector residencial que se recogen en la Figura 103:

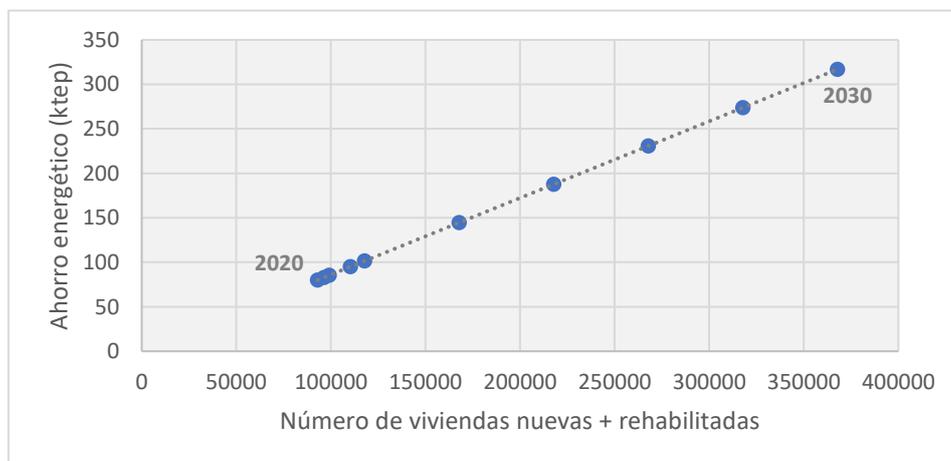


Figura 103. Ahorro energético asociada a la mejora de la envolvente térmica de edificios.
Fuente: Elaboración propia.

Otro ejemplo de esta mejora en términos de consumos unitarios se vería reflejada en la red de electrodomésticos, donde se habrían ido reemplazando los electrodomésticos de clases menos eficientes por aquellos de más en línea con el periodo 2010-2016, dando lugar a la curva de consumo que se representa en la Figura 104, para el caso de las lavadoras. Mientras que en 2010 se registrarían aproximadamente 16 millones de lavadoras con un consumo total eléctrico de 4.400 GWh registrados, en 2030 una flota de más de 17 millones representaría un consumo de 3.600 GWh aproximadamente, gracias a la penetración de lavadoras de clase energética A+++, cuyo consumo unitario disminuiría hasta un 75% del de las clases menos eficientes (D,E,F)

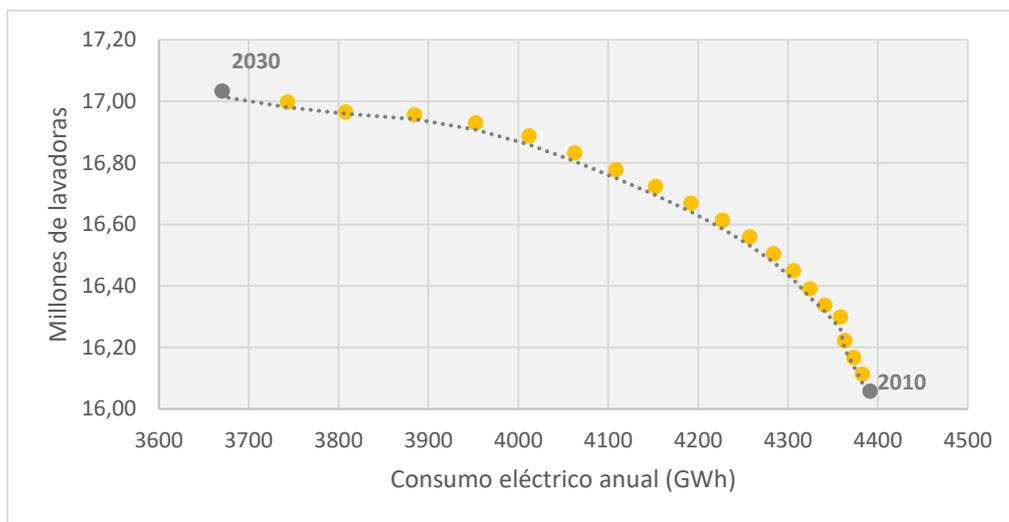


Figura 104. Evolución del consumo eléctrico de lavadoras (Periodo 2010-2030).
Fuente: Elaboración propia.

8.3.2 SECTOR TRANSPORTE

En cuanto al sector transporte, este escenario consideraría algunas tendencias que se esperan a futuro y que se comentarán a continuación en más detalle, dando lugar a un consumo total de 34.929 ktep a 2030, frente a los 37.110 registrados en el escenario continuista, tal y como se recoge en la Figura 105.

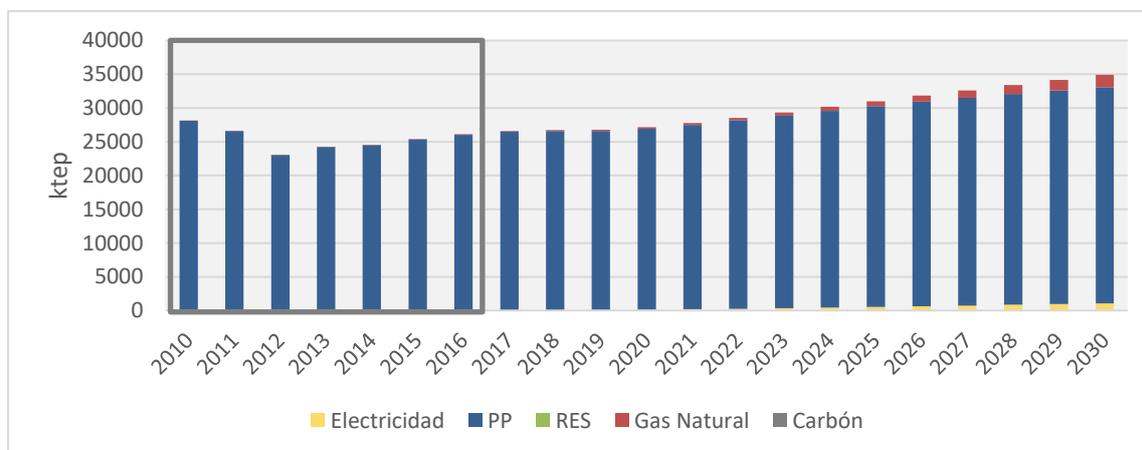


Figura 105. Evolución de consumos energéticos del sector transporte (Escenario avance tecnológico).
Fuente: Elaboración propia.

Entre las medidas consideradas para este escenario frente a los otros dos, se encontraría la reducción de la flota existente de turismos a 2030, tal y como se puede observar en la Figura 106, pues una de las principales tendencias sería la movilidad compartida, dando lugar a la denominada multipropiedad de los vehículos a través del “carsharing” y a un uso más intensivo, en términos de kilometraje de los mismos.

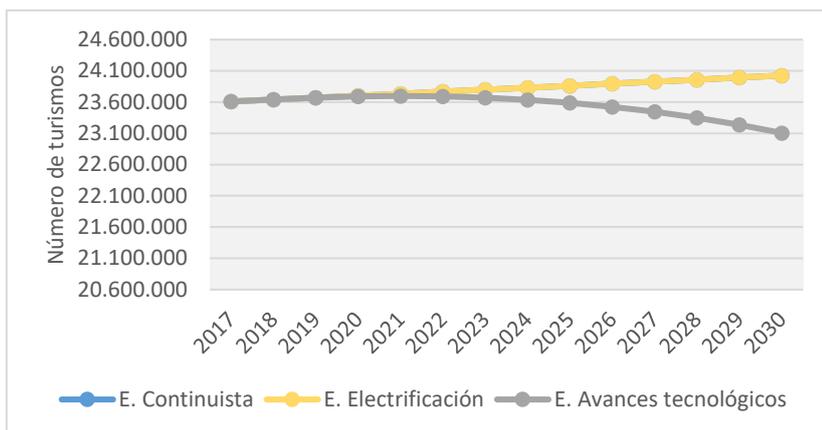


Figura 106. Evolución de la flota de turismos a 2030.

Fuente: Elaboración propia.

En línea con la definición del escenario, se asumiría una mejora del consumo unitario de todos los vehículos, tal y como han venido haciendo durante la última década, habiendo supuesto una reducción del consumo progresiva desde el año 2017 hasta alcanzar una

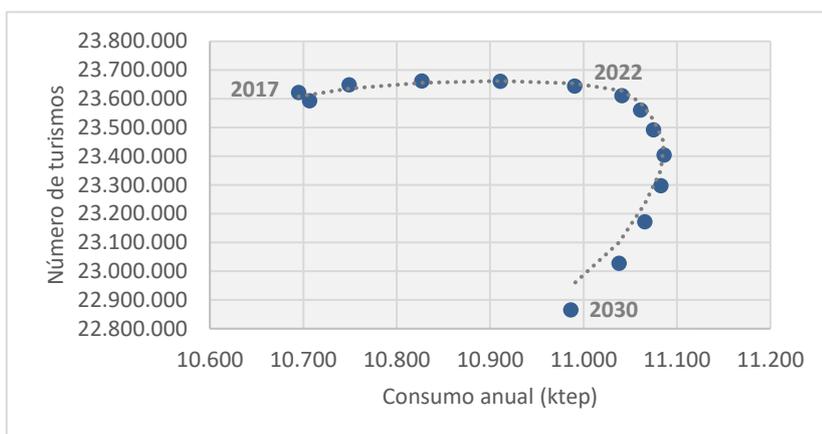


Figura 107. Correlación entre el número de turismos total y el consumo anual de productos petrolíferos (Periodo 2017-2030)

Fuente: Elaboración propia.

reducción del 20% a 2030. La curva de consumo que se representa en la Figura 107, sería el resultado obtenido ante esta implementación y ante una progresión en la penetración de vehículos alternativos, como eléctricos y de gas natural.

Finalmente, la Tabla 41 registra el número de vehículos y la penetración de cada tecnología para los distintos segmentos de transporte analizados en el 2030:

Tabla 41. Flota de vehículos a 2030. (Escenario Avances tecnológicos)

Fuente: Elaboración propia.

	Variables	Turismos	Autobuses	Camiones < 3500 kg	Camiones > 3500 kg	Furgonetas
PRODUCTOS PETROLÍFEROS	Número total (2030)	22.865.160	68.492	339.219	2.498.786	2.454.866
	Ventas (%) (2030)	91%	58%	87%	98%	50%
ELECTRICIDAD	Número total (2030)	234.376	513	15.126	43.209	520.209
	Ventas (%) (2030)	9%	6%	9%	2%	40%
GNC	Número total (2030)	6.600	524	25.013	122.590	133.462
	Ventas (%) (2030)	0%	36%	3%	0%	10%

8.3.3 SECTOR COMERCIAL

Para este escenario, el consumo energético del sector comercial evolucionaría desde los 10.726 ktep en 2016 a 10.204 ktep en 2030, tal y como se recoge en la Figura 108. Las principales caídas se registrarían en los vectores de gas natural y electricidad, debido a una reducción considerable de los consumos procedentes de los segmentos de iluminación y calefacción. Los productos petrolíferos también reducirían sus consumos, mientras que la penetración de energías renovables se habría mantenido constante a lo largo de los años.

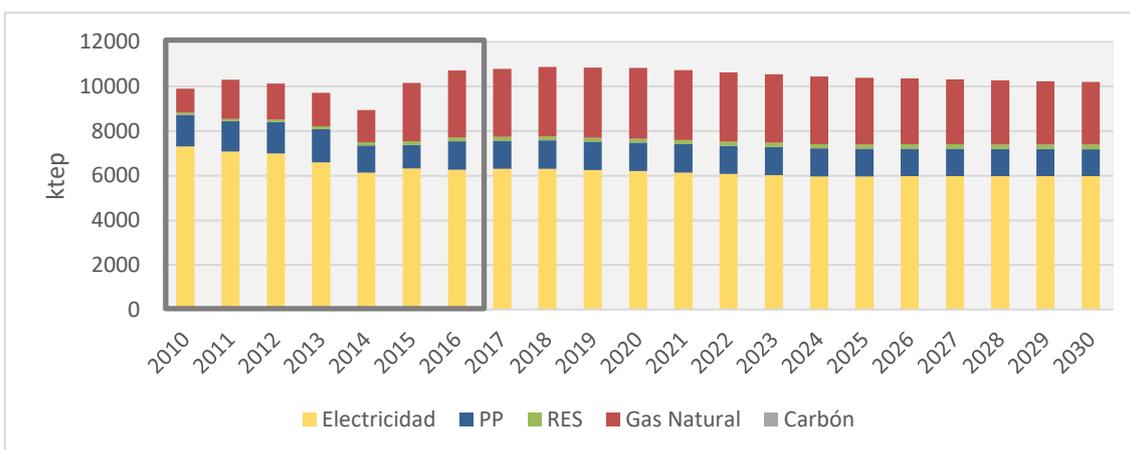


Figura 108. Evolución del consumo energético del sector transporte (Escenario Avances tecnológicos).
Fuente: Elaboración propia.

La medida más relevante en este sector que llevarían a una caída del consumo a pesar del crecimiento económico proyectado para el horizonte 2020-2030, sería una fuerte penetración de la iluminación LED y la reducción del consumo unitario de los equipos de calefacción. Como ejemplo de ello, se ha ilustrado en la Figura 109 el comportamiento de la iluminación, segmento que a pesar de aumentar el número de equipos (bombillas), la penetración de tipos más eficientes daría lugar a una tendencia más suave en el crecimiento del consumo.

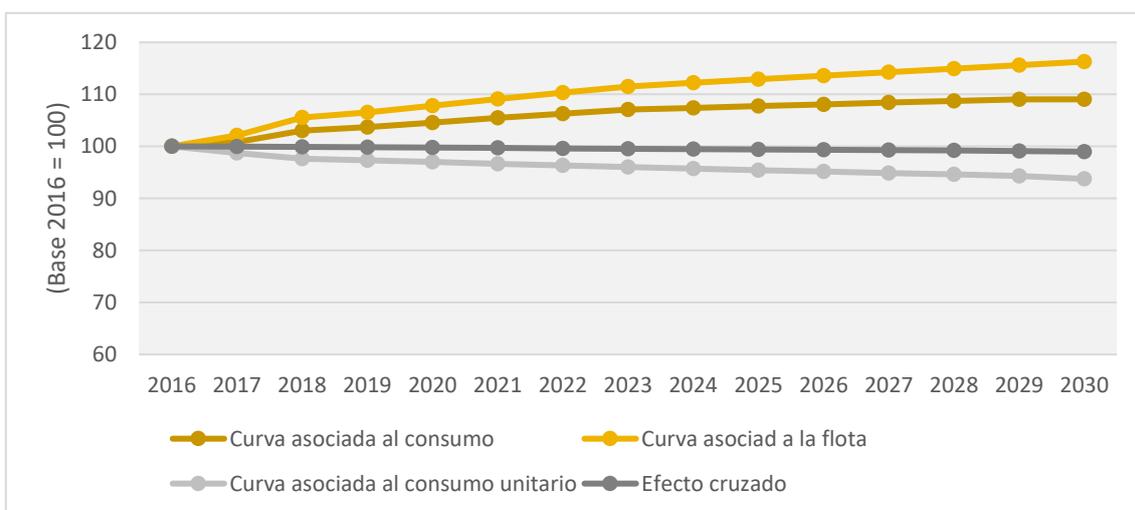


Figura 109. Curvas de Laspeyres para consumo de productos petrolíferos del segmento iluminación.
Fuente: Elaboración propia.

8.3.4 SECTOR INDUSTRIAL

En cuanto al comportamiento del sector industrial, se considera que éste evolucionaría hacia avances tecnológicos que diesen lugar a una mejora en eficiencia energética y por tanto una reducción de la intensidad energética registrada para cada segmento industrial a pasado, dando lugar a una reducción del consumo total de 18.937 en 2016 ktep a 14.356 ktep en 2030, según se recoge en la Figura 110.

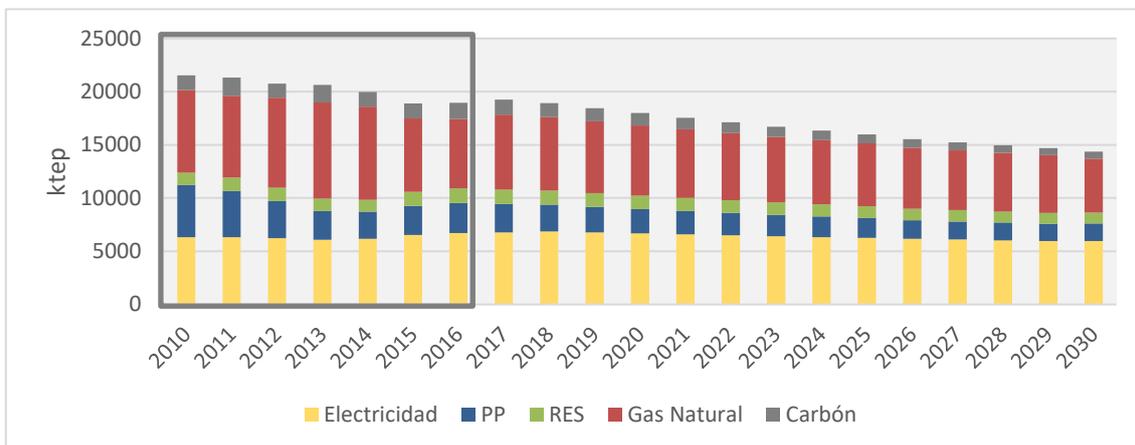


Figura 110. Evolución del consumo energético del sector industrial (Escenario avances tecnológicos).
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la evolución del consumo energético a lo largo de los años, en primer lugar se habría calculado e identificado el valor óptimo de intensidad energética registrado tanto a nivel nacional como en la Unión Europea para cada uno de las ramas industriales a lo largo de los años pasados, y se habría hecho evolucionar la intensidad energética desde el año 2016 hacia ese óptimo en 2030, obteniéndose los resultados que se ilustran en la Figura 111.

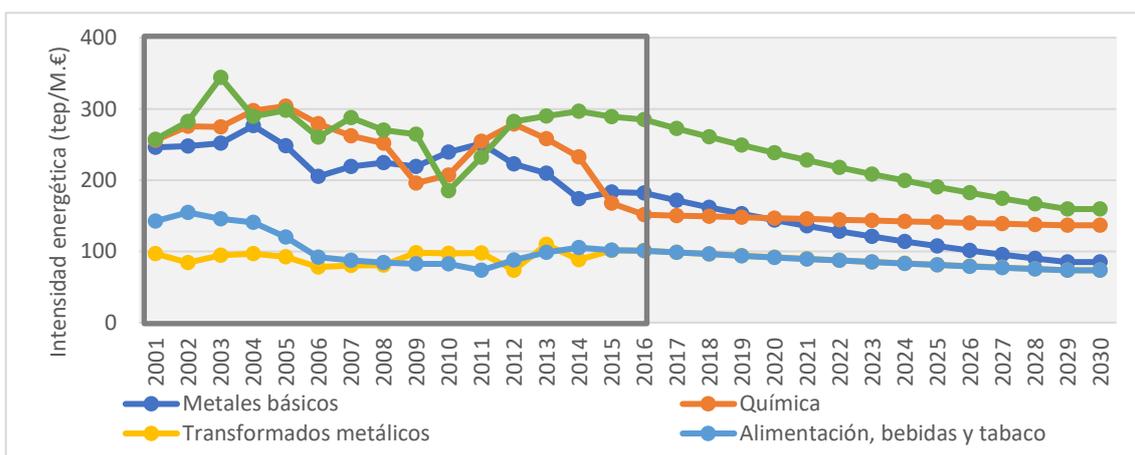


Figura 111. Evolución de la intensidad energética de cada rama industrial (Escenario Avances tecnológicos).
Fuente: Elaboración propia.

A partir de la evolución de la intensidad energética ilustrada en la Figura 111 y considerando la misma evolución del Valor Añadido Bruto que en el escenario continuista así como los mismos valores de penetración energética de cada vector sobre el consumo total, se habría obtenido el consumo energético total a 2030.

8.4 ESCENARIO 3: ELECTRIFICAR LA ECONOMÍA

Este tercer escenario hace referencia a una transición energética hacia la electrificación en los sectores transporte y residencial, por lo que se analizarán los resultados exclusivamente en dichos sectores. Además, en este escenario se suponen medidas más notorias de eficiencia energética en el sector residencial frente al escenario continuista, pasando de a 70.830 ktep en 2016 a 75.802 ktep en 2030, tal y como se recoge en la Figura 112, frente a los 83.494 ktep registrados en el continuista.

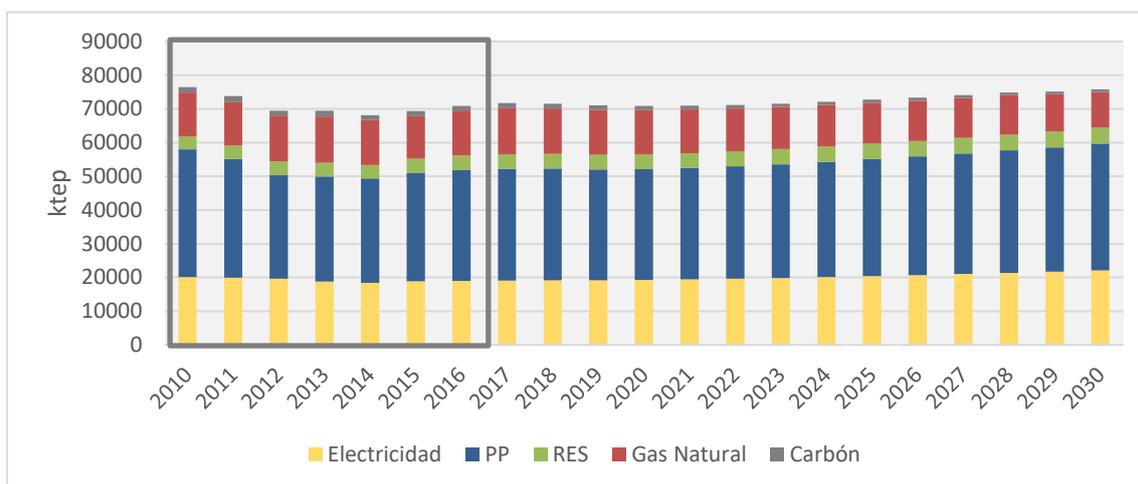


Figura 112. Evolución del consumo energético total (Escenario Electrificación) (Periodo 2010-2030).
Fuente: Elaboración propia.

8.4.1 SECTOR RESIDENCIAL

Los principales cambios del sector residencial en este escenario sería una mayor penetración de equipos eléctricos en el sector de calefacción fundamentalmente, con la consiguiente reducción así del consumo de los productos petrolíferos y gas natural, tal y como se puede observar en la Figura 113. El consumo total evolucionaría desde los 15.075 ktep registrados en 2016 a los 13.544 ktep en 2016. Además, aunque la participación de electricidad aumentaría en 2030 sobre el total consumido con respecto a 2016, en términos absolutos disminuiría debido a mejoras de eficiencia energética implementadas.

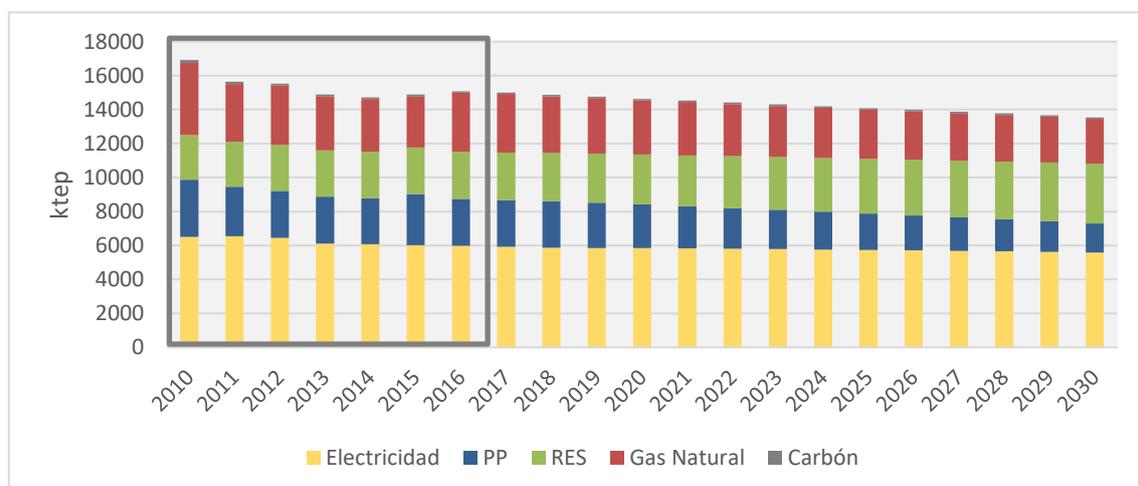


Figura 113. Evolución de consumos energéticos del sector residencial (Escenario Electrificación).
Fuente: Elaboración propia.

Un claro ejemplo de lo comentado anteriormente sería el caso de las cocinas, que registraban una tasa de penetración de gas natural del 29% en 2016 con respecto al 34% en 2010 tal y como se puede observar en la Figura 114, estimando una penetración decreciente de acuerdo a lo estimado por el Plan Nacional de Ahorro 2017-2020, a favor de las cocinas eléctricas debido a sus mejores prestaciones, ahorro económico y energético.

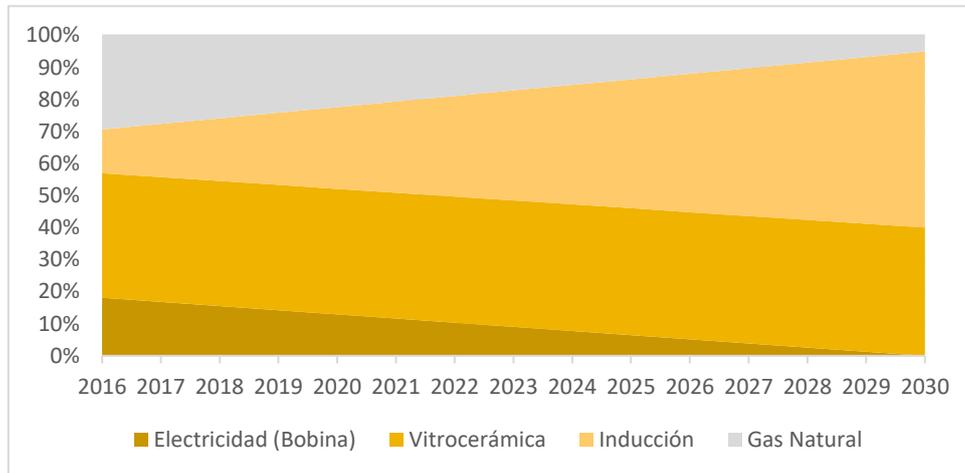


Figura 114. Evolución de penetración de cocinas de acuerdo a eficiencia energética (Escenario Electrificación). Fuente: Elaboración propia.

Así, la Figura 115 recoge cómo evolucionaría las curvas de Laspeyres que definen la flota de las cocinas eléctricas hasta 2030. Mientras que la curva asociada a la flota aumentaría considerablemente durante los próximos años debido a un cambio por parte del consumidor de gas natural a electricidad y de la entrada de nuevos hogares, no así lo haría el consumo, debido a una fuerte penetración tecnologías más eficientes (cocinas de inducción), que suponen mejoras considerables en términos de consumo unitario y resultarían en una curva neta de consumo decreciente con el paso de los años, compensando así la entrada de nuevas cocinas como consecuencia del crecimiento del parque.

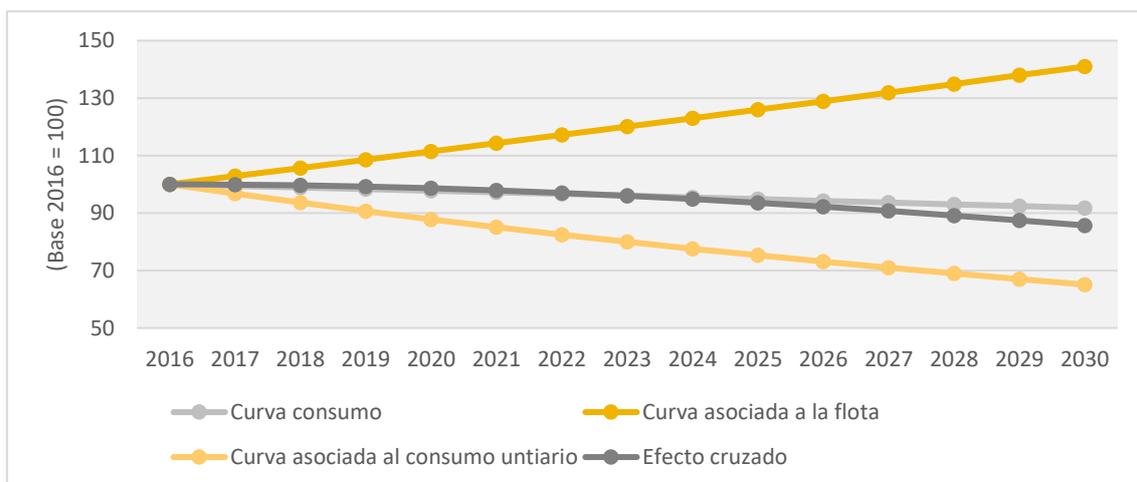


Figura 115. Curvas de Laspeyres para consumo de gas natural del segmento calefacción. Fuente: Elaboración propia.

8.4.2 SECTOR TRANSPORTE

En un escenario de electrificación, a pesar de que los vehículos eléctricos representarían la mayor parte de la cuota de mercado a 2030, la mayor parte de los consumos seguirían procedimiento del vector energético de productos petrolíferos, tal y como se puede observar en la Figura 116. Estos crecimientos se deberían fundamentalmente a un aumento en la flota de vehículos totales.

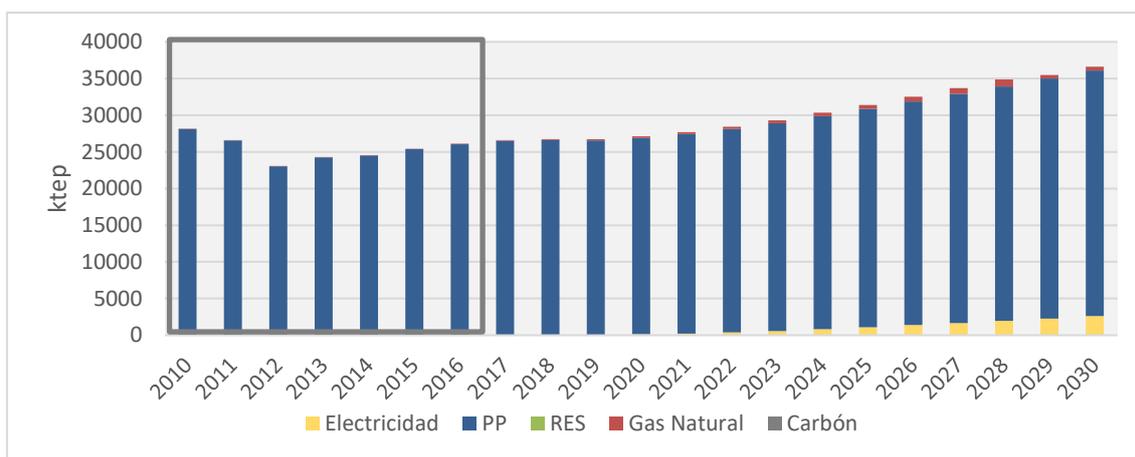


Figura 116. Evolución de consumos energéticos del sector transporte (Escenario Electrificación).
Fuente: Elaboración propia.

Además, siguiendo una evolución de la cuota de ventas para turismos, como se recoge en la Figura 117, llegando hasta el 85% para este segmento y 78% para el caso de las furgonetas, se llegaría a un total 3.274.355 turismos y 842.520 furgonetas circulando por la flota a 2030, con un total de 2.616 ktep de consumo eléctrico procedente de estos segmentos y de camiones y autobuses.

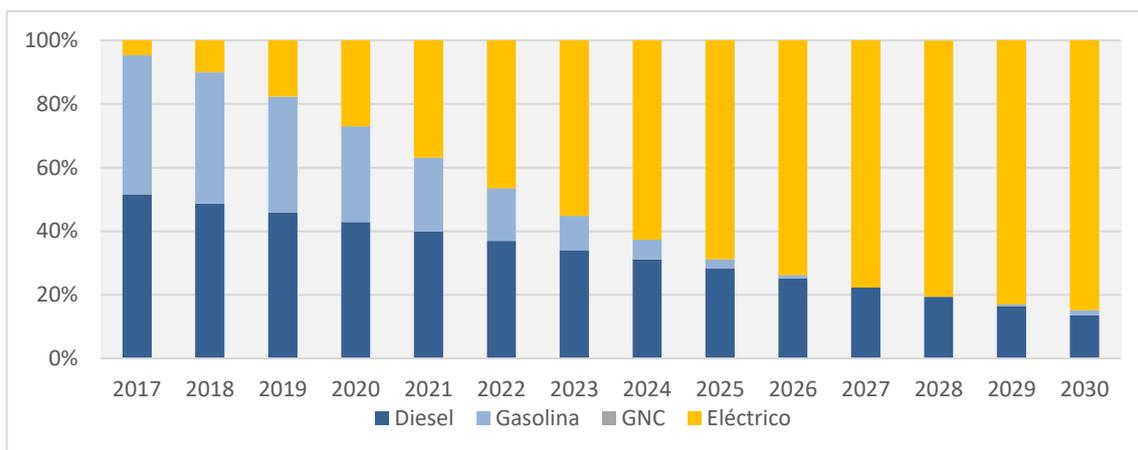


Figura 117. Cuota de ventas de turismos según tipología (Escenario Electrificación).
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES

En este capítulo se recogen tanto las conclusiones técnicas como las personales a las que se ha llegado tras la realización del TFM.

9.1. CONCLUSIONES TÉCNICAS

El objetivo global de este Trabajo Fin de Máster era analizar cómo evolucionará el modelo energético español en el largo plazo, evaluando los consumos energéticos a pasado, construyendo un modelo de previsión e identificando tendencias y factores disruptivos que podrían condicionar el consumo energético futuro.

Se consideran cumplidos dichos objetivos ya que la memoria ha ido revisando los objetivos establecidos con suficiente información y análisis, lo que ha permitido al autor tener una base sólida y clara en este campo. Del estudio de este Trabajo Fin de Máster, las siguientes conclusiones se pueden remarcar.

Las políticas energéticas en España se caracterizan por ser más ambiciosas que las planteadas en el ámbito de la Unión Europea, tanto en términos de objetivos de CO2 para las renovables como de ahorro energético y cuota de renovables. Junto a estos objetivos, los decisores públicos han incorporado un elenco de regulaciones como principal instrumento de esta política, como se ha analizado en este Trabajo. Por otro lado, no hay que olvidar que, para hacer frente a estos objetivos, elementos como los cambios tecnológicos resultan indispensables. Cambios tecnológicos que, en muchos casos, conllevan costes sociales y económicos en el corto plazo originando necesidades financieras para atajar los mismos. Y es en este escenario, de objetivos de los decisores públicos junto a los retos tecnológicos del sector, sin obviar la importancia de los costes energéticos en la competitividad empresarial, la realidad económica y el debate de la necesidad de financiación pública para dicha transición energética como transferencia de bienestar a generaciones futuras, donde habría que ubicar el Trabajo.

En relación al modelo de consumo energético realizado, se han identificado deficiencias de la información disponible del sector residencial y comercial fundamentalmente, dando lugar a múltiples dificultades para la compilación de los diferentes bloques de modelos. Estos factores habrían obligado al autor a aplicar hipótesis complementarias para estimar la evolución del mercado durante los próximos años. Por tanto, una de las conclusiones de esta parte es transmitir la necesidad de fuentes estadísticas de suficiente calidad y periodicidad de actualizaciones.

Con respecto a la evaluación del consumo energético a futuro, en el horizonte 2020-2030 se prevé un incremento de la participación del gas natural y de la electricidad, procedente esta última fundamentalmente de las energías renovables. Además, es especialmente llamativa la disminución e incluso desaparición del carbón a lo largo de los años. Se considera que este vector desaparecerá, teniendo en cuenta que los consumos que quedan, fundamentalmente en el sector industrial, son residuales frente a los registrados hace veinte años. Paralelamente, la aportación de los productos petrolíferos tenderá a disminuir en la mayoría de los sectores gracias a una mayor penetración de la electricidad. Respecto a la evolución de esta última, tanto un comportamiento creciente como decreciente podría tener lugar durante los próximos años. Por un lado, podría crecer por una mayor influencia del sector residencial, transporte y servicios.

En cuanto a la contribución del sector transporte, hay dos factores condicionantes que podrían dar lugar a una transición de los productos petrolíferos a la electricidad en este sector: las políticas energéticas y la regulación, y la demanda del consumidor. Por un lado, los objetivos de emisiones establecidos, incentivos financieros y restricciones de acceso a los centros de ciudades son políticas fundamentales que permitirían la creación de una sociedad comprometida con el vehículo eléctrico. Y, por otro lado, a pesar de que los gobiernos promuevan la adopción del vehículo eléctrico, en la actualidad existen todavía un número de barreras que sobrepasar para que los clientes se sientan “a gusto” con el cambio del vehículo convencional al vehículo eléctrico, como el tiempo de recarga requerido, la autonomía, los costes y la falta de infraestructura suficiente para la carga del mismo. Además de la penetración del vehículo eléctrico, otros factores como la movilidad compartida y, con ello, una reducción del número de vehículos en la flota, así como la reducción de los consumos unitarios de los mismos, permitiría reducir las cifras finales de consumo de productos petrolíferos de este sector a futuro.

En el sector residencial, un aumento de la participación de la electricidad y del gas natural a partir de bombas de calor y calderas de condensación de alta eficiencia es actualmente una tendencia. Junto a estos factores, el aumento del confort de las personas con el consiguiente aumento del número de equipos en los hogares dará lugar a un aumento del consumo de estos vectores, como ya se ha registrado durante los últimos años.

Sin embargo, los consumos energéticos, más concretamente la electricidad en este caso, podría disminuir debido a un fenómeno ligado al sector industrial: la competitividad de la industria española está fuertemente condicionada por los costes energéticos. Los altos precios de electricidad registrados en el mercado eléctrico durante el último año están causando un estrés considerable al rendimiento económico de estos sectores, además de un impacto negativo en su competitividad a nivel internacional, lo que podría dar lugar a la pérdida de peso del sector industrial en términos de actividad y a la deslocalización de la industria en búsqueda de precios energéticos más competitivos. Asimismo, la emergencia de medidas de eficiencia energética con el fin de cumplir los objetivos de emisiones establecidos por la Unión Europea, podría dar lugar a una reducción de los consumos energéticos totales en el país.

Finalmente, después de haber analizado con profundidad los resultados, se puede concluir en que eficiencia energética no es sinónimo siempre de reducción. Así, por ejemplo, un escenario de alta eficiencia vendría definido por una reducción del consumo unitario de los equipos en el sector residencial y comercial, de una mejora de la intensidad energética en el sector industrial, y de una penetración eléctrica en el sector transporte. Con una mayor inserción del vehículo eléctrico, se registraría un aumento del consumo eléctrico respecto a los años anteriores; no obstante, los vehículos eléctricos hacen un uso más eficiente de la energía primaria que los vehículos convencionales, y aún más si esta energía procede de fuentes renovables.

9.2. CONCLUSIONES PERSONALES

Respecto a mi trayectoria académica, la realización de este proyecto me ha ayudado a profundizar en un campo muy importante e innovador como es el complejo mundo de la eficiencia energética en todos los sectores de consumo. El agotamiento de los recursos fósiles y el calentamiento global siempre me ha producido un especial interés; por tanto, analizar medidas para ayudar a combatirlos ha sido muy estimulante.

La necesidad de contar con múltiple información me ha enseñado a buscar datos de fuentes fiables, así como a referenciarlos de la manera correcta. Al mismo tiempo, se han mejorado notablemente aspectos relacionados con la memoria técnica del proyecto.

En cuanto a la parte regulatoria, el análisis de normativa y directivas desde un punto de vista legal, ha supuesto un enriquecimiento personal y complementario al perfil puramente ingenieril.

El haber analizado detalladamente un gran porcentaje de las fuentes de consumo del modelo energético, me ha permitido tener una versión general del sistema energético, aprendiendo de todo tipo de energías y viendo además la repercusión que factores socioeconómicos pueden tener sobre estos consumos.

BIBLIOGRAFÍA

1. COMISIÓN EUROPEA. (2015). “The Energy Union Package. Disponible: <https://ec.europa.eu/energy/en/publications/energy-union-package-0>
2. COMISIÓN EUROPEA. (2017). “Energy Strategy and Energy Union”. [En línea]. Disponible: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union>
3. COMISIÓN EUROPEA. (2017). “Climate Action – Decarbonising Economy”. [En línea]. Disponible: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en/es
4. MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. (2017). “Las emisiones de CO2 disminuyen en España un 2.2% en 2018 con respecto al año anterior”. [En línea]. Disponible: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/las-emisiones-de-co2-disminuyen-en-espa%C3%B1a-un-22-en-2018-con-respecto-al-a%C3%B1o-anterior/tcm:30-497589>.
5. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2017). Balance del consumo de energía final. [En línea]. Disponible: <http://sieeweb.idae.es/consumofinal/>
6. PARLAMENTO EUROPEO. “Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del consejo de 25 de octubre de 2012”. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>
7. PARLAMENTO EUROPEO. “Directiva 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios”. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>
8. PARLAMENTO EUROPEO. “Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo”. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf>
9. PARLAMENTO EUROPEO. “Libro Blanco sobre el Transporte, de 28 de marzo de 2011”. [En línea]. Disponible: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white-paper-illustrated-brochure_es.pdf
10. PARLAMENTO EUROPEO. “Estrategia de la Unión Europea para la Calefacción y Refrigeración, del 16 de febrero del 2016”. [En línea]. Disponible: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/ES/1-2016-51-ES-F1-1.PDF>
11. PARLAMENTO EUROPEO. “Directiva de Energías Renovables (Directiva 2009/28)”. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2009/140/L00016-00062.pdf>
12. PARLAMENTO EUROPEO. “Directiva 2015/1513 relativa al fomento de uso de energía procedente de fuentes renovables”. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2015/239/L00001-00029.pdf>
13. PARLAMENTO EUROPEO. “Directiva (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables”. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2018/328/L00082-00209.pdf>
14. MINISTERIO DE FOMENTO. GOBIERNO DE ESPAÑA. (2010). “Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020”. [En línea]. Disponible: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11905_PAEE_2011_2020_A2011_A_a1e6383b.pdf

15. MINISTERIO DE FOMENTO. GOBIERNO DE ESPAÑA. (2010). “Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020”. [En línea]. Disponible: <https://energia.gob.es/desarrollo/EnergiaRenovable/Paginas/paner.aspx>
16. MINISTERIO DE FOMENTO. GOBIERNO DE ESPAÑA. (2019). “Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030”. [En línea]. Disponible: <https://elperiodicodelaenergia.com/wp-content/uploads/2019/02/PNIEC-2021-2030-2.pdf>
17. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. Consumo para usos y energías del sector residencial (2010-2017). [En línea]. Disponible: <https://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas>
18. MINISTERIO DE FOMENTO. GOBIERNO DE ESPAÑA. (2018). “Estudio de la distribución del consumo energético residencial para calefacción en España”. [En línea]. Disponible: https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/201804_estudio_distribucion_consumo_energetico_res.pdf
19. WWF. (2018). “Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020”. [En línea]. Disponible: http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_potencial_rehab_vf_dic2010.pdf
20. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2011). “Análisis del consumo energético del sector residencial en España”. [En línea]. Disponible: http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_potencial_rehab_vf_dic2010.pdf
21. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Censo de población y viviendas. [En línea]. Disponible: https://www.ine.es/censos2011_datos/cen11_datos_inicio.htm
22. COMISIÓN NACIONAL DE LOS MERCADOS Y LA COMPETENCIA. Informes anuales del gas. [En línea]. Disponible: https://www.cnmec.es/listado/sucesos_energia_mercado_gas_informes_anuales_gas/block/250
23. INTEREMPRESAS. Las ventas de calderas murales crecen más de un 12%, consolidando el mercado de la condensación. [En línea]. Disponible: <http://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/239271-ventas-de-calderas-murales-crecen-mas-de-12-por-ciento-consolidando-mercado-de.html>
24. DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. Disponible: https://sedeapl.dgt.gob.es/WEB_IEST_CONSULTA/informePersonalizado.faces
25. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2006). *Guía para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte por Carretera*. Disponible: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10232_Guia_gestion_combustible_flotas_carretera_06_32bad0b7.pdf
26. MINISTERIO DE FOMENTO. GOBIERNO DE ESPAÑA. (2018). *Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera*. Disponible: https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/observatorio_costes_abril_2018.pdf
27. MINISTERIO DE FOMENTO. GOBIERNO DE ESPAÑA. (2016). *Encuesta permanente de Transportes de Mercancías por Carretera*. Disponible: https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/pdf/A724B88E-EEB3-4B0F-AD87-F8308A6E9CC0/142148/EPTMC2016Tablas.pdf
28. MINISTERIO DE FOMENTO. GOBIERNO DE ESPAÑA. (2018). *Observatorio de costes del transporte de viajeros en autocar*. Disponible: <https://apps.fomento.gob.es/CVP/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=TTW127>

29. La EMT Comprará 460 autobuses en los próximos dos años. (2018). El País. Disponible: https://elpais.com/ccaa/2018/07/17/madrid/1531849731_395730.html
30. MINISTERIO DE FOMENTO. (2019). *Observatorio de costes del transporte de viajeros en autocar*. Disponible: <https://apps.fomento.gob.es/CVP/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=TTW149>
31. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. (2008). *Encuesta de Hogares y Medio Ambiente 2008. Vehículos: Clasificación por características de la persona de referencia*. Disponible: <http://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t25/p500/2008/p10/&file=10020.px>
32. THE OXFORD INSTITUTE FOR ENERGY STUDIES. (2014). *The Prospects for Natural Gas as a Transport Fuel in Europe*. University of Oxford. Disponible: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2014/03/NG-84.pdf>
33. *Gas natural para un transporte sostenible de mercancías*. (2019). ABC. Disponible: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-natural-para-transporte-sostenible-mercancias-201904220226_noticia.html
34. ASOCIACION IBERICA DE GAS NATURAL PARA LA MOVILIDAD (GASNAM). (2019). *Vehículo de gas natural*. Disponible: http://marcas.elespanol.com/wp-content/uploads/2016/09/2016-06_Gasnam_Catalogo_GNV_LQ.pdf
35. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (EIA). (2016). *International Energy Outlook 2016: Transportation sector energy consumption*. Disponible: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/transportation.pdf>
36. EL ESPAÑOL. (2018). “El coche privado se pasa aparcado el 95% del tiempo; tenerlo en propiedad es innecesario”. Disponible: https://www.elespanol.com/economia/empresas/20180704/coche-privado-aparcado-tiempo-tenerlo-propiedad-innecesario/319719097_0.html
37. PWC. (2018). Las cinco tendencias que transformarán el mercado del automóvil. Disponible <https://www.pwc.es/es/automocion/cinco-tendencias-transformacion-mercado-automovil.html>
38. DIARIO MOTOR. (2019). Tesla promete un millón de coches autónomos en las calles el año que viene. Disponible: <https://www.diariomotor.com/noticia/tesla-millon-coches-autonomos-2020/>
39. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2011). Estudios, informes y estadísticas. Detalle del consumo del sector servicios. [En línea]. Disponible: <https://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas>
40. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Actividad, ocupación y paro. [En línea]. Disponible: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735976595
41. CODIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN. Cálculo de la ocupación. [En línea]. Disponible: <http://www.acfingenieria.com/wp-content/uploads/2015/03/Densidad-ocupacion.pdf>
42. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Censos de Población y Viviendas 2011: Edificios. [En línea]. Disponible: <http://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?type=pcaxis&path=/t20/e244/edificios/p03/&file=pcaxis&L=0>
43. EUROSTAT. Gross added value: [En línea]. Disponible: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/teina410_r2

44. EUROSTAT. Gross added value: [En línea]. Disponible: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/teina410_r2
45. EPDATA. Índice de Producción Industrial, según INE: [En línea]. Disponible: <https://www.epdata.es/datos/indice-produccion-industrial-ipi-ine-estadistica-datos-graficos/79/espana/106>
46. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Índice de producción industrial: [En línea]. Disponible: https://www.ine.es/prensa/ipi_prensa.htm
47. ABC. La crisis del automóvil afecta ya a la producción siderúrgica en España. [En línea]. Disponible: https://www.abc.es/economia/abci-crisis-automovil-afecta-produccion-siderurgica-espana-201907041355_noticia.html
48. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION . La Industria de Alimentación y Bebidas. [En línea]. Disponible: <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/industria-agroalimentaria/marco-estrategico/>
49. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION . Informe anual de la industria alimentaria española Periodo 2017-2018. [En línea]. Disponible: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/industria-agroalimentaria/informeanualindustria2017-2018_tcm30-87445.pdf
50. AGENCIA EFE. La industria alimentaria bate récords y exportaciones rondan los 30.000 millones. [En línea]. Disponible: <https://www.efe.com/efe/espana/economia/la-industria-alimentaria-bate-records-y-exportaciones-rondan-los-30-000-millones/10003-3577065>
51. RANDSTAD. *El futuro del empleo en el sector de la industria alimentaria*. [En línea]. Disponible: <https://research.randstad.es/informe-el-futuro-del-empleo-en-el-sector-de-industria-alimentaria/>