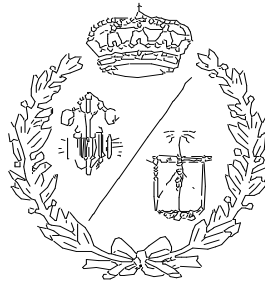


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**CONTAMINACIÓN DERIVADA DEL CONSUMO DE UN
COCHE
ELECTRICO EN EL MIX ENERGETICO
ACTUAL ESPAÑOL**

(Contamination derived from the consumption of an
electric car in the current Spanish energy
mix)

Para acceder al Título de

**GRUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Abraham Coz García

Julio 2018

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	OBJETIVOS.....	7
2.1	Objetivo principal	7
2.2	Objetivos técnicos	7
2.3	Objetivos ambientales.....	8
2.4	Objetivos socioeconómicos.....	8
3.	PRODUCCIÓN ENERGETICA EN ESPAÑA	10
3.1	Producción Renovable.....	11
3.1.1	Centrales eólicas	14
3.1.2	Centrales hidráulicas e hidráulicas marinas	17
3.1.3	Centrales térmicas solares	20
3.1.4	Centrales hidroeléctricas.....	22
3.1.5	Centrales solares fotovoltaicas	23
3.1.6	Centrales térmicas renovable, biogás, y geotérmica.....	23
3.1.7	Residuos renovables	24
3.2	Producción no renovable	25
3.2.1	Centrales Nucleares	27
3.2.2	Centrales térmicas de carbón	32
3.2.3	Centrales de Fuel+Gas	33
3.2.4	Centrales ciclo combinado.....	34
3.2.5	Centrales de residuos no renovables.....	35
3.2.6	Centrales de cogeneración	36
3.3	Emisiones de la producción.....	37
3.4	Importación y exportación de energía.....	39
3.4.1	Portugal.....	40

3.4.2	Francia.....	41
3.4.3	Balance de importaciones y exportaciones	41
4.	POLITICAS QUE PROMUEVEN LAS ENERGIAS RENOVABLES.....	44
4.1	La política energética en España	45
4.2	Objetivos del plan (2011-2020).....	48
4.3	Propuestas para el cumplimiento de los objetivos	51
4.4	Cumplimiento del programa ambiental REE	54
5.	TECNOLOGÍA DEL COCHE ELECTRICO	55
5.1	Historia	55
5.2	Motores.....	58
5.3	Baterías.....	60
6.	FOMENTO DEL COCHE ELECTRICO.....	61
6.1	Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo Eléctrico en España	62
6.2	Estrategia de Impulso del vehículo con energías alternativas (VEA) en España (2014-2020) 63	
6.3	Plan de Impulso a la Movilidad con Vehículos de Energías Alternativas (Movea) ...	64
6.4	Plan de apoyo a la movilidad alternativa (Movalt, 2017)	65
6.5	Actuaciones a nivel autonómico y local	65
7.	SITUACIÓN ACTUAL DEL COCHE DE COMBUSTION	68
7.1	Principio de funcionamiento	68
7.2	Tecnología actual	68
7.3	Fluctuación del precio de los carburantes	70
7.4	Coche hibrido	72
8.	COMPARATIVA DEL COCHE ELECTRICO Y DE COMBUSTION	75
8.1	Coche eléctrico	75

8.2	Coche de combustión.....	79
8.3	Influencia de cada tipología	79
8.3.1	Carbón.....	80
8.3.2	Fuel+Gas.....	80
8.3.3	Ciclo combinado.....	82
8.3.4	Térmica renovable	83
8.3.5	Térmica no renovable y cogeneración.....	84
8.3.6	Residuos no renovables	85
8.3.7	Residuos renovables	86
8.4	Factor de emisiones	86
8.5	Emisiones del vehículo eléctrico	90
9.	RESULTADOS	93
10.	CONCLUSIONES.....	95
10.1	Futuras líneas de actuación	95
10.2	Situaciones supuestas de la implantación del vehículo eléctrico en España.....	96
11.	INDICE DE TABLAS.....	101
12.	INDICE DE GRAFICOS.....	102
13.	INDICE DE ILUSTRACIONES	103
14.	BIBLIOGRAFIA.....	104

1. INTRODUCCIÓN

La conservación del medioambiente se ha convertido en una necesidad básica de la sociedad, y en un principio fundamental para el desarrollo de las naciones. Por esta misma razón, el estudio y análisis de las diferentes fuentes de contaminación es vital para la determinación de las acciones y medidas necesarias para reducirla, y así asegurar la conservación del medioambiente. Una vez delimitadas las causas, se deben buscar medios alternativos o sustitutos que permitan un desarrollo social, económico y medioambiental, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, un desarrollo sostenible.

Las emisiones de gases de efecto invernadero son una de las fuentes de contaminación que más reconocimiento social han tenido en los últimos años, siendo uno de los principales factores en el cambio climático. Son numerosos los acuerdos internacionales para limitar y reducir estas emisiones, y afectan a prácticamente todos los ámbitos de la economía y la sociedad.

Los principales sectores de emisión de gases de efecto invernadero son el sector transporte, el energético y el industrial, provocando que se conviertan en los puntos principales de actuación. Como medidas principales para reducir las emisiones se toman la sustitución de las fuentes más contaminantes, o la mejora de la eficiencia de todos los procesos del sistema.

En el caso concreto del sector eléctrico, la sustitución de las tipologías convencionales de generación, la mejora en la eficiencia y la reducción del consumo innecesario, son las principales líneas de actuación para favorecer al medioambiente. Por esta misma razón, en los últimos años, y para cumplir los límites de emisiones acordados por la unión europea, las energías renovables en el mix energético han sido impulsadas en la gran mayoría de políticas de unión europea.

En España, las energías renovables tienen un papel creciente dentro del sistema. La generación renovable asume prácticamente el 40% de la producción a nivel nacional, instaurándose cada vez más como la base de la generación eléctrica.

Otro de los sectores más contaminantes es el del transporte. La demanda de combustibles fósiles, la poca eficiencia, y los grandes niveles de emisiones de los motores de combustión, provocan que la búsqueda de alternativas sea de vital importancia.

La contaminación, la dependencia energética, y el precio de los carburantes provocan que las alternativas al vehículo de combustión, y a la generación energética mediante energías renovables, deban instaurarse de manera urgente, y que las inversiones en la búsqueda de las nuevas tecnologías sean enormemente grandes. Dentro de estas alternativas se encuentran vehículos alimentados por diferentes tipos de combustibles, aunque el principal, y el estudiado en este trabajo, es el coche eléctrico.

Dado que el coche eléctrico es la alternativa directa, es importante conocer la importancia de estos frente a los vehículos de combustión, y como estos ayudan a reducir las emisiones en el transporte. Por este motivo, se realizará un análisis de las emisiones relacionadas con el consumo de ambos tipos de vehículo, teniendo en cuenta las emisiones que se generan para la producción de energía eléctrica.

Se pretende relacionar las emisiones aproximadas relativas al uso de un vehículo de combustión, tanto gasolina como diésel, con las de un vehículo eléctrico. De esta manera se pretende concienciar de la importancia de evolucionar el transporte hacia modelos alternativos al convencional. Así como resaltar la influencia de la generación en las emisiones nacionales, y las medidas tomadas para el impulso de las renovables y de los modelos alternativos de transporte que se han llevado a cabo en los últimos años y actualmente.

2. OBJETIVOS

Con la finalidad de demostrar la importancia de determinar alternativas al coche de combustión, se puede realizar una comparación de las emisiones relativas al uso de los vehículos de combustión y de los eléctricos. Para ello es necesario analizar no solo los consumos, si no como esta energía es producida y que impactos derivan de esta generación. Se analiza la influencia de las distintas tipologías presentes en España, así como las emisiones de estas.

2.1 Objetivo principal

El objetivo principal es comparar el nivel de emisiones aproximado relativo al uso de los vehículos de combustión, gasolina y diésel, y los vehículos con propulsión eléctrica. De manera que se pueda determinar de forma clara la importancia de una transición entre el modelo de transporte actual y uno alternativo

2.2 Objetivos técnicos

Realizar un estudio sobre las diferentes partes involucradas en el consumo y la contaminación derivada del vehículo eléctrico, así como del vehículo de combustión, diésel y gasolina.

Objetivos específicos:

- Analizar las tipologías de generación eléctrica presentes en España.
- Determinar la influencia de cada una de las diferentes tipologías en la generación nacional.
- Determinar la situación actual del vehículo de combustión, determinar consumos y emisiones.
- Contextualización y análisis del vehículo eléctrico
- Determinación del consumo medio de un vehículo eléctrico
- Realizar un análisis de la fluctuación de los precios del petróleo.

2.3 Objetivos ambientales

Determinar una comparativa entre las emisiones relacionadas con los vehículos (diésel, gasolina y eléctrico), así como determinar los diferentes impactos medioambientales de la generación eléctrica y las propuestas de mejora y objetivos establecidos según la legislación española y europea.

Objetivos específicos:

- Analizar las emisiones relacionadas con cada tipología de generación en los últimos años.
- Analizar y comentar las diferentes medidas de impulso a las energías renovables.
- Determinar los niveles aproximados de emisión de los vehículos eléctricos, gasolina y diésel.
- Promocionar y analizar alternativas en el transporte y la producción energética que permitan una reducción de las emisiones de dióxido de carbono equivalente.
- Comentar la normativa española y europea sobre la promoción de las renovables.
- Comentar la normativa española y europea sobre la promoción de los vehículos de propulsión alternativa, en concreto el vehículo eléctrico.
- Destacar la importancia de la reducción de las emisiones contaminantes, y las tecnologías disponibles en los sectores de transporte y energía.

2.4 Objetivos socioeconómicos

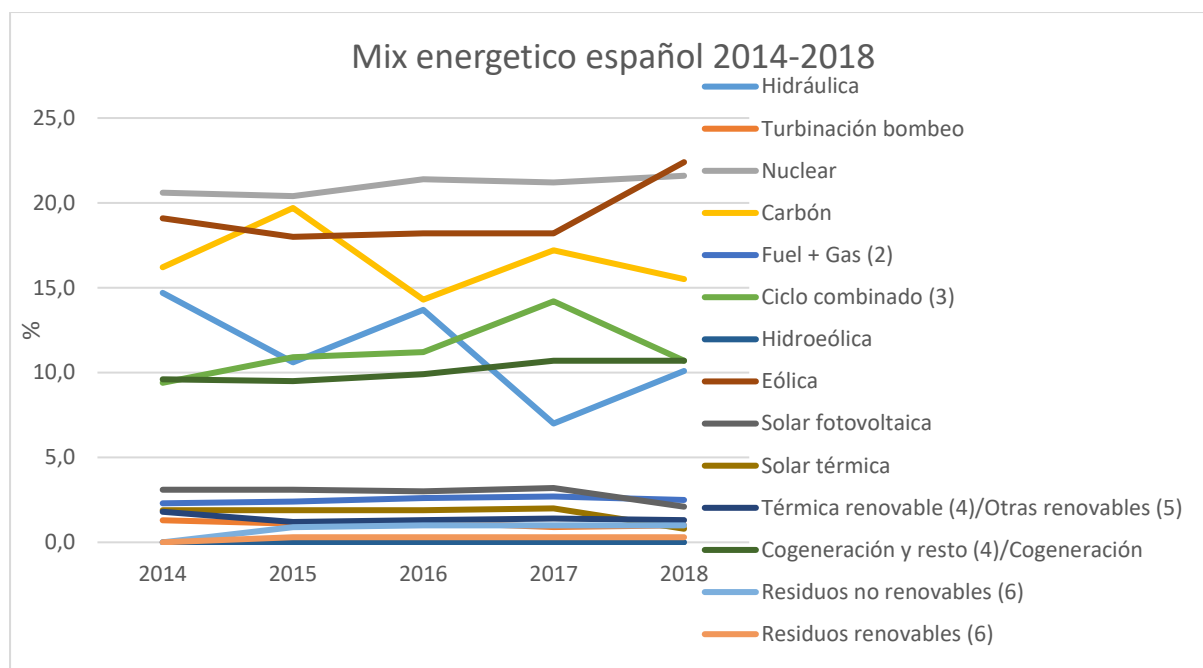
Determinar las relaciones socioeconómicas de los sectores del transporte y energía, en busca de un desarrollo basado en la sostenibilidad y facilitando la coexistencia de sociedad, economía y medioambiente.

Objetivos específicos:

- Afectación de las diferentes tipologías de generación en la sociedad y la economía.
- Dependencia energética de la sociedad ante el sector energético.
- Impacto de la implantación del vehículo eléctrico.
- Medidas socioeconómicas para la promoción de los vehículos de propulsión alternativas.
- Medidas socioeconómicas para la promoción de las energías renovables.

3. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA

La generación eléctrica en España se diversifica en diferentes tipologías según el método utilizado. Las principales tipologías de producción son la nuclear, la térmica de carbón y la eólica. Estas tres tipologías asumieron en 2017 el 56,6% de la producción energética nacional según datos de la Red Eléctrica Española (REE). De esa producción el 21,2% fue nuclear, el 17,2% de las térmicas de carbón y el 18,2% de centrales eólicas.

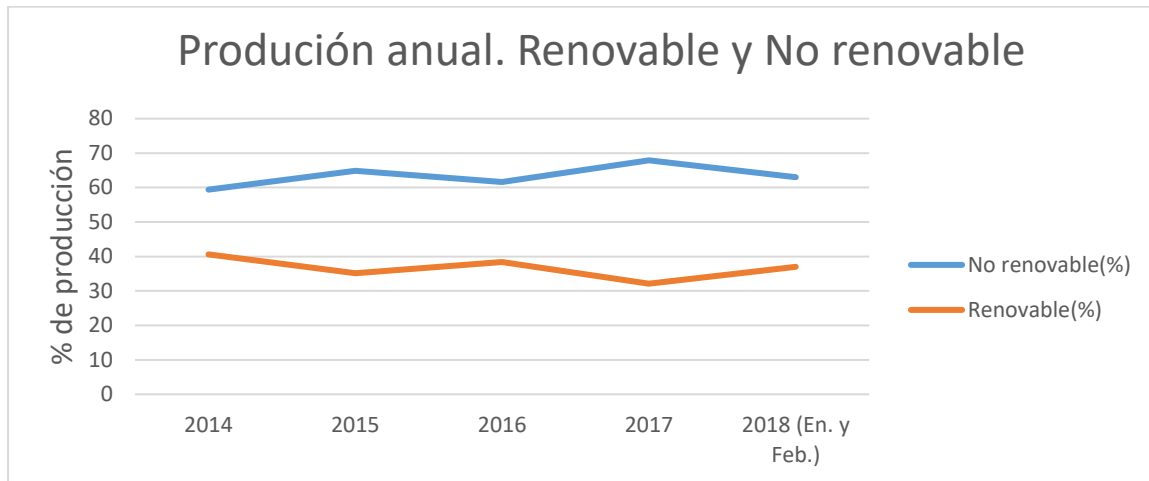


Gráfica 3-1 Mix energético español (2014-2018). (Fuente: REE; Elaboración propia)

Analizando la producción energética según el carácter medioambiental de esta se encuentran dos grandes grupos, las renovables y las no renovables. Esta clasificación se basa en la naturaleza del recurso que se usa para la generación.

Las energías renovables asumieron el 32,1% de la producción, siendo la principal la energía eólica (Gráfica 3-2). Dentro de este grupo se incluyen las centrales de generación hidráulica, hidroeléctrica, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, térmica renovable, biogás, biomasa, hidráulica marina, geotérmica y residuos renovables.

Por otro lado, las de fuentes no renovables asumieron el 67,9 % restante. Dentro de este grupo se incluyen el resto de sistemas de generación, nuclear, térmica de carbón, fuel y gas, cogeneración, ciclo combinado, residuos no renovables y turbinación con bombeo.

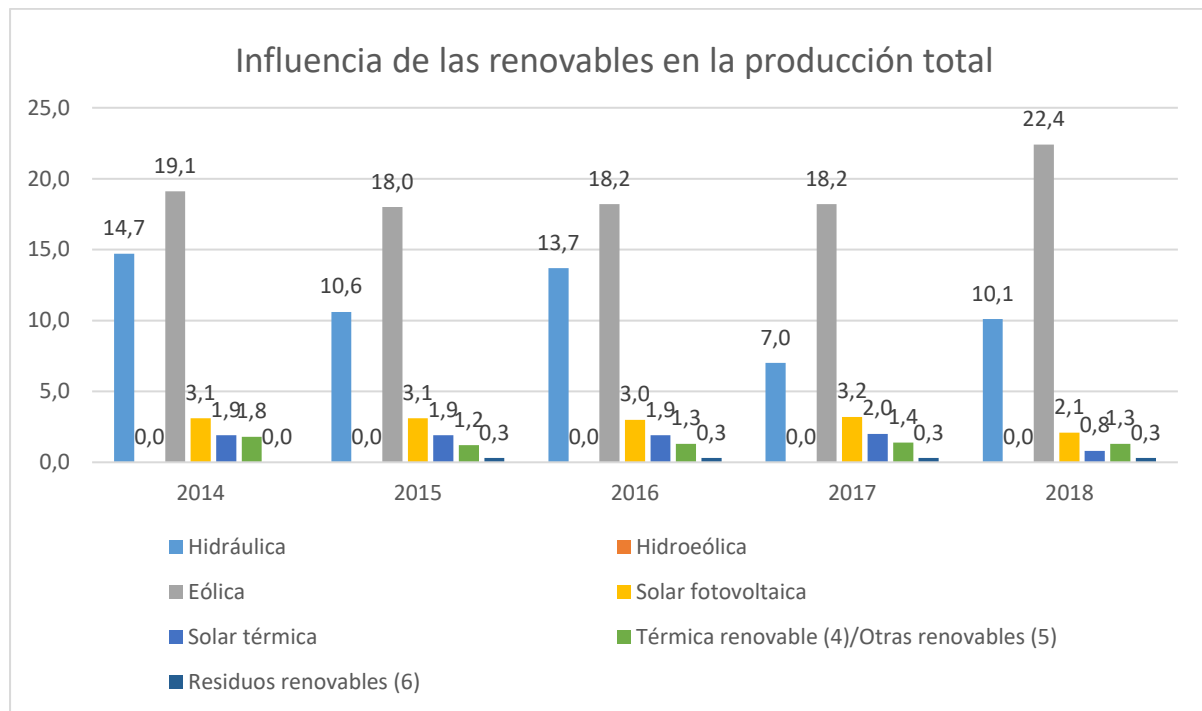


Gráfica 3-2 Producción anual. Renovable y No renovable. (Fuente: REE; Elaboración propia)

Además de la producción propia del estado español se debe tener en cuenta la importación y exportación de energía eléctrica. Mediante la interconexión con Francia o Portugal se consigue equilibrar la producción y el consumo. De esta manera se favorece a crear un sistema capaz de asumir los riesgos que presenta la producción renovable, como el de la incertidumbre y el de la variabilidad, además de construir un mercado de intercambio de energía eléctrica.

3.1 Producción Renovable

Como ya se ha comentado anteriormente la producción energética renovable en España está entorno al 30-40% de la producción total. La generación mediante sistemas renovables tiene una tendencia al alza, aumenta anualmente el porcentaje de energía producida mediante estos sistemas respecto a las no renovables.



Gráfica 3-3 Influencia de las renovables en la producción total. (Fuente: REE; Elaboración propia)

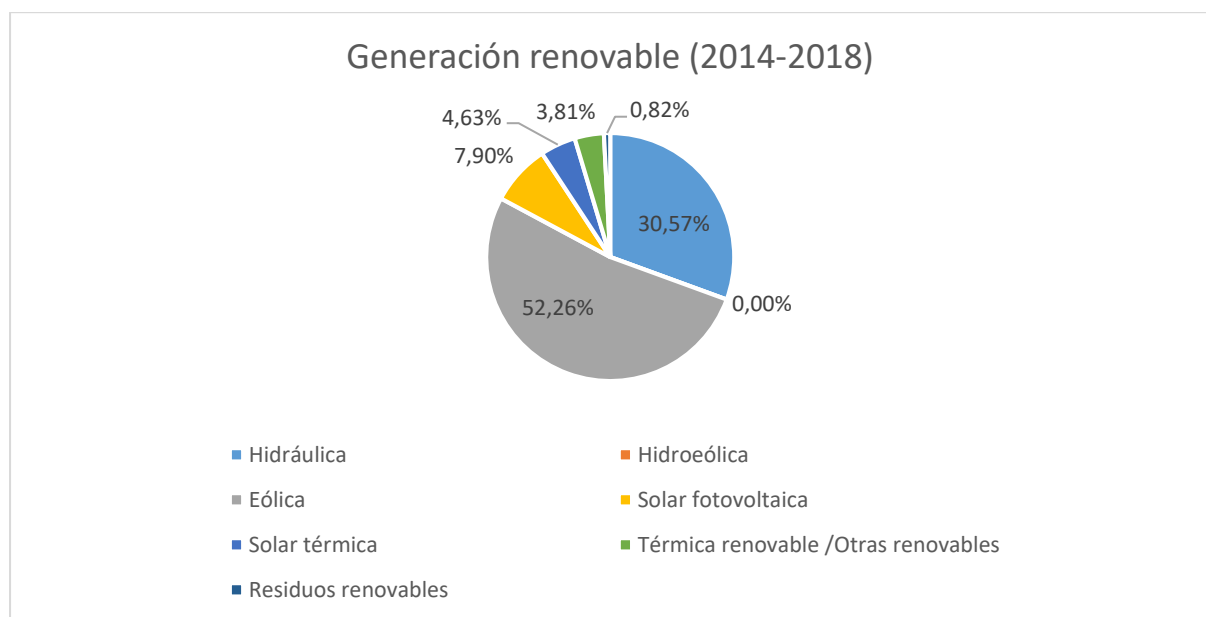
Los sistemas de generación renovable influyen de manera muy significativa en el sistema general de producción, tanto positiva como negativamente.

Las ventajas de las renovables para la producción energética son la seguridad, la disponibilidad de recursos, el respeto al medioambiente y la aceptación social. Las energías renovables no suponen una amenaza ni social ni medioambiental, dado que no contaminan ni producen residuos peligrosos como hacen las no renovables. Esto influye muy positivamente a la percepción que tiene la sociedad respecto a estos sistemas de generación. Por otro lado, los recursos utilizados por estos sistemas de producción son inagotables, tales como el viento, el agua o la luz solar. No crean dependencia a ningún tipo de recurso como podrían ser el uranio, el carbón, el petróleo o el gas.

Como desventajas principales tenemos la disponibilidad de los recursos, la imprevisibilidad, la señal que producen, su poca madurez y el impacto medioambiental. Aunque los sistemas de generación renovables sean respetuosos con el medioambiente no están excluidos de

tener un impacto ambiental considerable. Son sistemas de generación que no contaminan ni emiten gases de efecto invernadero, pero necesitan de grandes superficies y pueden alterar significativamente la zona donde se emplaza la central. Un ejemplo claro de estos impactos podría ser una central hidráulica, siendo necesaria la construcción de una presa, con un gran impacto. Además, existen otro tipo de impactos, como podrían ser el ruido en las centrales eólicas, o la alteración del hábitat de la fauna y flora de las eólicas y de las centrales marinas. Respecto a la disponibilidad de los recursos y la imprevisibilidad. Los recursos utilizados por este tipo de centrales son imprevisibles y no se controla su disponibilidad. Los recursos más utilizados por estos sistemas de generación son la luz solar y el viento. Ambos recursos tienen una difícil predicción y no tienen una disponibilidad continua. El único caso donde el recurso energético primario es controlable es en las centrales hidráulicas, donde existe la posibilidad de almacenar el agua en presas. Es necesario tener en cuenta que los sistemas de generación renovables tienen una maduración mucho menor respecto los sistemas de producción no renovable, dado que estos sistemas llevan un periodo mucho mayor de implantación y uso.

La producción energética mediante sistemas renovables en el sistema español es principalmente eólica e hidráulica (*Gráfica 3-4*).



Gráfica 3-4 Generación renovable (2014-2018). (Fuente: REE; Elaboración propia)

3.1.1 Centrales eólicas

La diferencia de temperaturas, provocadas por la radiación solar, en diferentes zonas la atmosfera provoca que existan diferencias de densidad. El aire a mayor temperatura tiene una densidad menor y asciende reduciendo la presión atmosférica en la superficie terrestre. Dicha reducción de presión provoca que el aire a menor temperatura se desplace para compensar el gradiente de presiones. Es decir, hay una transformación de la energía proveniente del sol a energía cinética. Esta energía cinética se transforma en energía eléctrica en los aerogeneradores. El movimiento del aire provoca el movimiento de las palas, que se transfiere mecánicamente al rotor de un generador eléctrico, generalmente un alternador trifásico.

Un aerogenerador se compone de una parte mecánica que transfiere la energía cinética de la hélice al rotor del generador alternador, y una parte eléctrica que la transforma (*Ilustración 3.1*). El movimiento es captado por las palas, que se unen al eje en el buje. El buje puede ser fijo o modular para permitir un cierto movimiento perpendicular a la dirección del viento. Dentro de la góndola se ubican el multiplicador, el generador eléctrico y el sistema de orientación, siendo estos los sistemas principales. El multiplicador de las revoluciones del rotor (20-30 rpm) mediante un sistema de engranajes para que la velocidad del rotor del generador eléctrico sea superior (1000-1500 rpm). El sistema de orientación ayuda a aumentar o disminuir la velocidad de giro del buje mediante el movimiento de las palas. Cabe destacar que existen otros sistemas auxiliares de vital importancia para el funcionamiento correcto del aerogenerador, así como son los frenos, el sistema de refrigeración o el anemómetro para medir la velocidad del viento.

La parte eléctrica se constituye principalmente por el generador y la conexión a la red. Los aerogeneradores se pueden diseñar con generadores síncronos y asíncronos, y con conexión directa o indirecta a la red. En el caso de la conexión indirecta es necesario un ajuste de la corriente para adaptarla a los parámetros de la red.

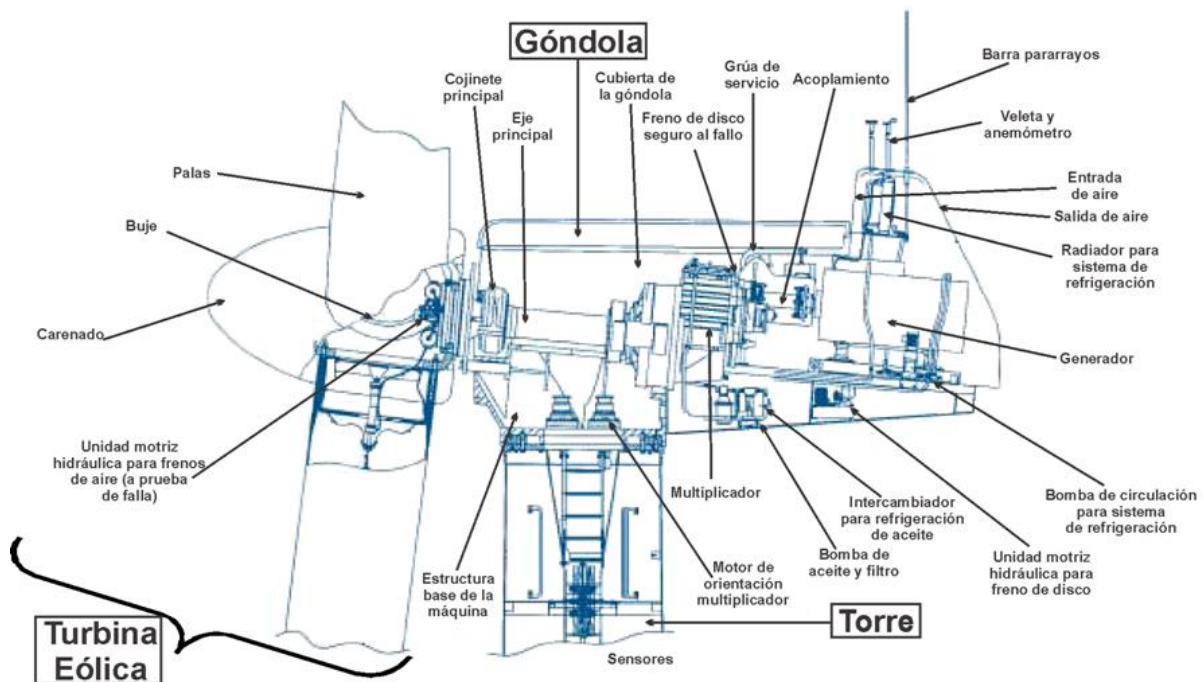


Ilustración 3-1 Esquema de un aerogenerador. (Fuente: www.monografias.com)

Los aerogeneradores no pueden producir electricidad indistintamente de la velocidad del viento ni de su dirección. El viento debe ser horizontal, en los generadores de eje horizontal, e indistinta en los de eje vertical. Esto es debido a que las palas se construyen para proporcionar una resistencia en una de las dos direcciones. Los mismos aerogeneradores son los que controlan la velocidad de rotación que se transfiere al eje del generador, variando el ángulo de incidencia de este. La velocidad debe ser controlada para no ser inferior a la de conexión ni superior a la de corte. La velocidad de conexión es la mínima para el funcionamiento del aerogenerador. Por otro lado, la velocidad de corte es la velocidad máxima a la que se puede producir energía eléctrica sin comprometer el aerogenerador, siendo de 25 m/s para los de eje horizontal.

Existen diferentes clasificaciones de los aerogeneradores. Pero las más genéricas son las que los clasifican en función del eje de giro o de la potencia generada.

Según la disposición del eje existen dos tipos, los de eje horizontal y los de eje vertical (*Ilustración 3.2*). Estos a su vez se subdividen en función de la forma de las palas.

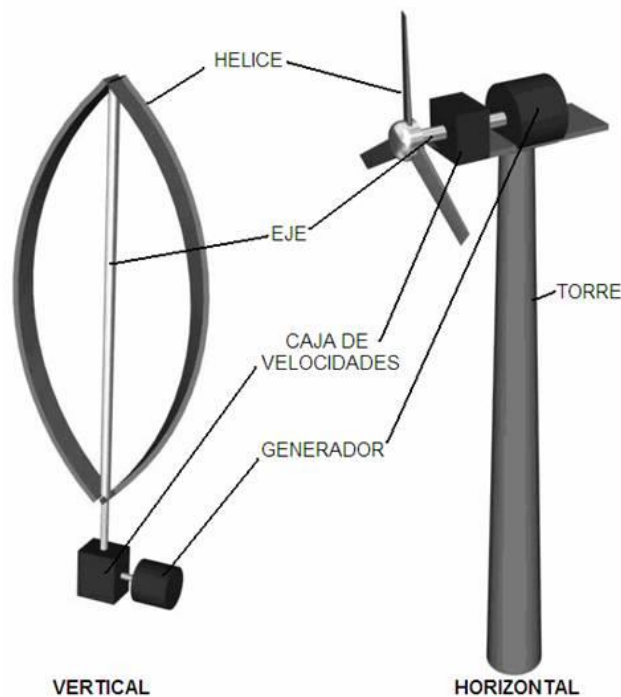


Ilustración 3-2 Aerogeneradores de eje vertical y eje horizontal (Fuente: www.unet.edu.ve)

Según la potencia generada encontramos tres subgrupos, baja (50 kW), media (150 kW) y alta (superiores a 1GW). Los de baja y media potencia son los utilizados para alimentar equipos energéticos según sus requerimientos.

Los aerogeneradores de baja potencia pueden formar grupos para alimentar a zonas aisladas, se deben combinar con generadores de combustión o con baterías para garantizar el suministro continuo. Son los más comunes para la autoproducción.

Los aerogeneradores de media potencia, 150 kW, tienen un uso similar a los de baja potencia, pero para requerimientos energéticos mayores. No suelen ser conectados a baterías, pero se pueden conectar a la red de distribución.

Los aerogeneradores utilizados para la producción de energía eléctrica con los de alta potencia. Estos aerogeneradores suelen ser de eje horizontal con tres palas, y pueden estar situados tanto en tierra como “*offshore*”, en el mar. En España actualmente hay instalada una potencia de 23.005 MW instalados repartidos en más de doce mil aerogeneradores con

potencias entre 1 y 2 MW. Las agrupaciones de aerogeneradores se denominan parques eólicos.

La generación mediante la tecnología eólica representa actualmente el 22,4% de la producción total de la energía eléctrica en España (*enero y febrero 2018*) (*Gráfica 3-3*).

La energía eólica no produce contaminación directa a la atmosfera durante su uso, pero se debe tener en cuenta la contaminación que se genera en el transporte, instalación y mantenimiento. Los impactos medioambientales principales de esta tipología son los relacionados con el ruido, el impacto visual y con el daño a la fauna. La localización de los aerogeneradores depende de las zonas donde se concentre con mayor frecuencia el viento, dichas zonas suelen tener un valor paisajístico y ecológico. Por otro lado, se debe tener en cuenta el impacto sobre las aves y otras especies voladoras, que pueden verse afectadas por el movimiento de las palas o incluso morir por un impacto con estas. Por último, el ruido, o incluso las sombras parpadeantes que se generan pueden repercutir sobre las personas que habiten en los alrededores

3.1.2 Centrales hidráulicas e hidráulicas marinas

Las centrales hidráulicas utilizan como recurso el agua, transformando la energía que esta tenga, potencial o cinética, en energía eléctrica. En España existen diferentes tipologías de producción de energía mediante este principio. Se distinguen principalmente tres tipologías, las centrales hidroeléctricas, las mareomotrices y las de aprovechamiento del movimiento de las olas.

Las centrales mareomotrices aprovechan las diferentes alturas generadas por los ciclos de mareas. Estos desniveles proporcionan la energía potencial necesaria para mediante turbinas y generadores transformarla en energía eléctrica. En cambio, las de aprovechamiento de olas transforman directamente la energía cinética de estas. Estas tecnologías tienen una madurez muy baja y están en desarrollo, pero España tiene un gran potencial por el número de kilómetros de costa. El desarrollo de las tecnologías relacionadas con la producción de energía se lleva a cabo en el Instituto de Hidráulica de la Universidad de Cantabria que dispone de un

gran Tanque de pruebas para investigación y experimentación de ingeniería marina llamado el “*Cantabrian Coastal and Ocean Basin*” de 44 metros de anchura y 30 de longitud y que puede simular olas de hasta 20 metros y vientos de 150km/h. La producción por este tipo de tecnologías tiene una influencia muy baja a nivel nacional. En Mutriku, Guipúzcoa, existe una de las primeras centrales de producción comercial de este tipo de energía (*Ilustración 3-3.*) funciona desde julio de 2011; y dispone de 16 turbinas capaces de producir 600.000 kWh anuales, el consumo de aproximadamente 600 personas.



Ilustración 3-3 Esquema de funcionamiento de la central de Mutriku (País Vasco), España. (Fuente: www.caminospaisvasco.com)

Las centrales hidroeléctricas transforman la energía potencial del agua en energía eléctrica. Existen principalmente dos tipologías de central hidroeléctrica en España, las de agua fluyente y las de embalse. Ambas aprovechan desniveles en la altura del agua para provocar que pase por unas turbinas y generar energía eléctrica.

Las centrales de agua fluyente aprovechan el caudal del río para poner en movimiento las turbinas y así generar energía eléctrica. Son completamente dependientes del caudal del río, no tienen posibilidad de almacenamiento de agua. Al no disponer de esta capacidad la producción de energía no puede regularse. Estas centrales suelen tener un rango de potencias entre 1-5 MW.

Las centrales de embalse son las más comunes en el panorama eléctrico español. Se basan en el mismo principio que las anteriores, un caudal de agua genera el movimiento de unas turbinas que transforman esa energía cinética en eléctrica. La principal diferencia reside es que esta tipología de central hidroeléctricas tiene la capacidad de almacenar agua, y por tanto controlar el caudal. Dentro de esta modalidad existen las centrales de regulación y las centrales de bombeo. Las centrales hidroeléctricas de regulación se utilizan para cubrir picos de demanda. Por otro lado, las de bombeo son aquellas que poseen un sistema reversible, producen agua, y a su vez pueden bombearla para almacenarla en el embalse. Este sistema es muy eficiente y maduro, y permite un mejor control sobre la capacidad de producción y almacenamiento de la central.

En España, las hidroeléctricas han sido potencias desde principios del siglo XX, hecho que las permite ocupar el 10,1% de la producción total española en 2018. (*Gráfica 3-3*). La potencia instalada en España es de 20.332 MW, siendo la central de Aldeavila (*Ilustración 3-4*).



Ilustración 3-4 Central Aldeavila (Castilla y León). 1243 MW. Autor: Marcos Muñoz.

Respecto al impacto medioambiental de esta tipología de producción se debe comentar que como el resto de renovables no genera contaminantes para producir energía. La obra civil necesaria para la mayoría de centrales de esta tipología repercute muy negativamente en el

entorno, así como en su fauna. Los embalses, por ejemplo, provocan que una gran superficie de suelo quede bajo el agua, expulsando a la fauna, y deteriorando de forma casi total la flora.

3.1.3 Centrales térmicas solares

En España, esta tipología produjo en los primeros meses de 2018 el 0,8% de la producción total, 337 GWh. Debido a que solo se dispone de un tiempo delimitado de luz solar y que esta no tiene un valor fijo, este tipo de producción no es continua. Depende directamente de las horas de sol, 2.500 horas de sol anuales en España aproximadamente, y su funcionamiento es casi nulo en días nublados o lluviosos. Otras tipologías dependientes de la energía solar tienen una sensibilidad menor a las horas de sol ya que no impide su funcionamiento, aunque si limita considerablemente su eficiencia.

En las centrales termo solares se canaliza la radiación solar mediante unos espejos o unas lentes para calentar un fluido, generalmente agua. Realizando un ciclo termodinámico convencional se provoca el movimiento de un alternador que produce la energía eléctrica.

Actualmente existen varios métodos para obtención de energía eléctrica mediante el calentamiento de un fluido aprovechando los rayos solares, de las cuales la más común para la producción de calor es la termosolar de concentración (*CSP. Concentrated Solar Power*). Con esta metodología se obtienen temperaturas de entre los 150 °C y 1000°C dependiendo del subtipo.

Dentro de los subtipos de energía termosolar de concentración encontramos las de cilindro parabólico, cilindro cerrado, reflectores Fresnel, discos Stirling y las de concentración en torre. En España son más comunes las de cilindro parabólico, que asumen aproximadamente un 95% de la energía termosolar en España. Estas centrales constan de un espejo parabólico que se orienta automáticamente y que refleja toda la radiación solar sobre una tubería situada en el centro. Una de las mayores plantas se encuentra en Extremadura, con una potencia de 200Mw (*Ilustración 3-5*).



Ilustración 3-5 Plataforma Solar de Extremadura, España. Solaben. 200 MW.

Con lo que respecta al impacto medioambiental, este tipo de centrales tiene 3 impactos principales. El impacto más significativo es el de la superficie ocupada ya que esta tipología de producción requiere grandes superficies de terreno y su construcción afecta al suelo, a la flora y a la fauna. El principal efecto recae sobre el suelo ya que es necesario que el terreno donde se sitúa la central este completamente limpio.

Por otro lado, tenemos los impactos relacionados con los fluidos que se utilizan en este sistema de producción. En algunos casos se utilizan fluidos mineralizados y debido a la gran cantidad de partes móviles existe un alto riesgo de fuga.

Las centrales termo solares tienen una necesidad de mantenimiento bastante elevada, provocando una cantidad considerable de residuos peligrosos, aproximadamente 10 Tm/año. Por último, se debe considerar los efectos lumínicos que producen las centrales termosolares. El reflejo de los rayos solares puede producir puntos de alta intensidad lumínica provocando molestias en los seres humanos o en la biodiversidad.

3.1.4 Centrales hidroeléctricas

Una central hidroeléctrica es una combinación de una central hidráulica de bombeo con una central eólica.

El parque eólico produce energía suficiente para alimentar a los consumidores y a el sistema de bombeo. Mediante el sistema de bombeo se almacena agua en un embalse que luego puede ser aprovechado por la central hidroeléctrica. De esta manera se aprovecha al máximo el recurso eólico permitiendo una producción renovable cuando este no esté disponible.

En España el ejemplo de esta combinación de renovables se encuentra en la isla de El Hierro, en las Islas Canarias. La central hidroeléctrica del hierro consta de un parque eólico de 10Mw y una central hidroeléctrica de 10Mw además de dos depósitos, el superior con una capacidad máxima de 500.000 m³ y el inferior con una capacidad de 150.000 m³ (Ilustración 3-6).

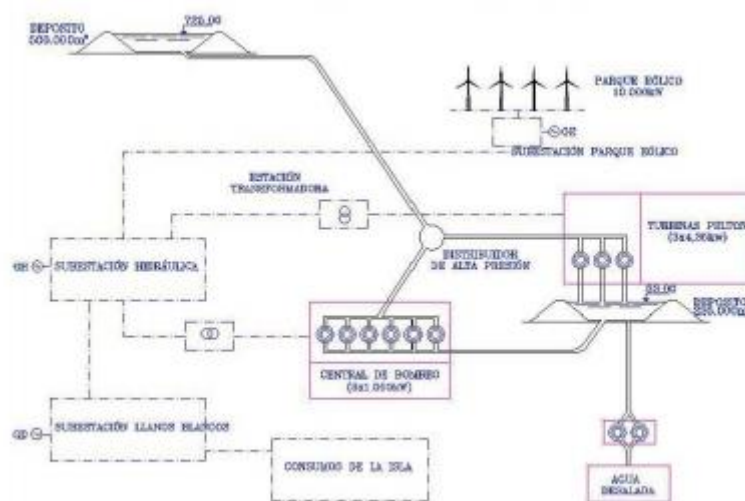


Ilustración 3-6 Generación Hidroeléctrica de la isla de El Hierro (Islas Canarias, España). (Fuente: Garona del viento S.A)

Mediante este proyecto la isla de El Hierro es capaz de producir entorno al 80% de toda la energía demandada en la isla de manera completamente renovable incluso pudiendo cubrir el 100%. Con la implantación de este sistema se produce un ahorro de consumo de 6.000 toneladas de diésel anuales.

Los impactos medioambientales de esta central son los mismo que en las centrales hidroeléctricas y las centrales eólicas. Dándole una importancia mayor a los impactos paisajísticos ya que el conjunto necesita una mayor superficie y la abruptividad de la ubicación exige unas modificaciones mayores del terreno.

3.1.5 Centrales solares fotovoltaicas

Le energía solar fotovoltaica produce directamente energía eléctrica a partir de la radiación solar. Dicha conversión se produce a partir de células fotovoltaicas, un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica en energía eléctrica de corriente continua mediante el efecto fotoeléctrico, emisión de electrones por un material al incidir sobre él una radiación electromagnética.

Una central de generación fotovoltaica se compone de un conjunto de celdas fotovoltaicas, un inversor y los seguidores solares. El inversor se encarga de rectificar la corriente generada a corriente alterna para su distribución y consumo.

Para la producción de energía se suelen utilizar plantas de concentración fotovoltaicas. En estas plantas se implanta una tecnología de concentración para maximizar la radiación solar recibida por la instalación. En esta tecnología se sustituye el material semiconductor por un material reflectante o refractante, aumentando considerablemente la eficiencia. Actualmente las placas fotovoltaicas comunes tienen una eficiencia entorno al 30-60%.

La energía solar fotovoltaica produce entorno al 2-3% de la producción total española (*Gráfica 3-3*), entorno a los 8.000 GWh en los últimos tres años. En España hay 4.675 Mw instalados de energía solar fotovoltaica.

3.1.6 Centrales térmicas renovable, biogás, y geotérmica

Estos tipos de generación son los menos significativos en el sistema de producción español

(Gráfica 3-5 y Gráfica 3-3). Entre las tipologías de generación térmica renovable, biogás, geotérmica e hidráulica marina se generaron en 2017 el 1,4% de la producción.

Estas tres tipologías se basan en la extracción de calor de un recurso renovable. Con ese calor se calienta un fluido que mediante un ciclo termodinámico permite la producción de energía eléctrica.

Las materias primas utilizadas en este proceso son de origen biológico, como podría ser la biomasa o el biogás. Se extraen a partir de residuos orgánicos tratados adecuadamente, como podrían ser los residuos agrícolas o ganaderos.

La geotermia utiliza el propio calor de las capas inferiores de la superficie terrestre, esta tipología es bastante atípica de países como España, pero es más común en países nórdicos, como Dinamarca o Noruega.

Los impactos medioambientales relacionados con las emisiones de estas tipologías son menores. En el caso del biogás existen emisiones debido a la combustión de este, pero en el caso de la combustión de biomasa el balance es nulo. Las emisiones en la combustión de la biomasa se equilibran con la cantidad de dióxido de carbono absorbido durante la generación.

3.1.7 Residuos renovables

La generación mediante recursos renovables se basa principalmente en la producción de energía a través del consumo de residuos, principalmente mediante ciclos térmicos. Se basa en el máximo aprovechamiento de los residuos que no son reutilizables o reciclables, evitando la eliminación de estos en vertederos. *“El 50% de la generación procedente de residuos sólidos urbanos se considera renovable.”* (Red Eléctrica de España (REE), 2018. *Generación renovable de energía eléctrica 2018*)

Como se recoge en la Directiva Europea 2008/98 se debe intentar realizar un reciclado o una reutilización de los residuos previamente a su uso como combustible. La utilización residuos

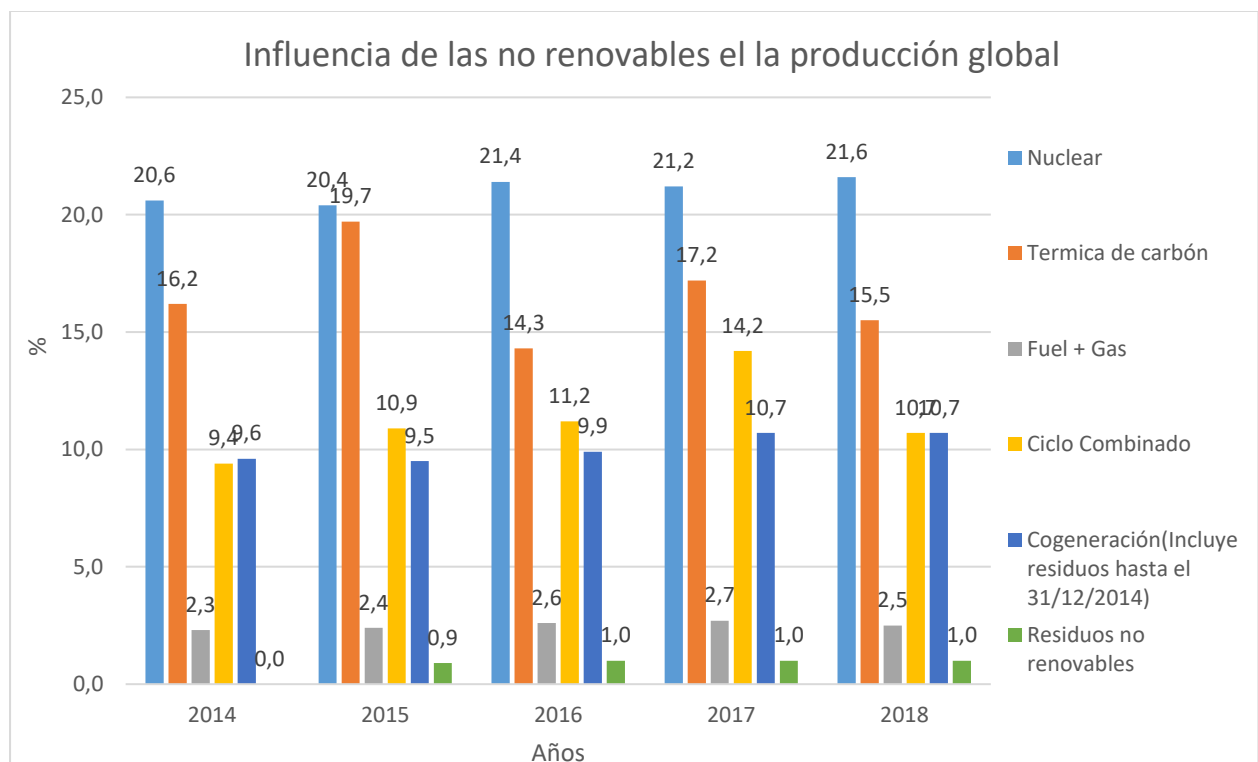
como combustible se reconoce como renovable o no según la materia prima que se obtenga, como por ejemplo el caso de la biomasa.

En la directiva 2009/28 de la unión, relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables, se define la biomasa como *“la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales”*. Siendo estos uno de los residuos considerados como renovables.

Existen varias clasificaciones para los residuos en función del sector del que provienen, de su toxicidad o según los elementos que componen el residuo.

3.2 Producción no renovable

La producción no renovable ocupa la mayor parte de la potencia eléctrica generada en España, entorno al 60% del total.

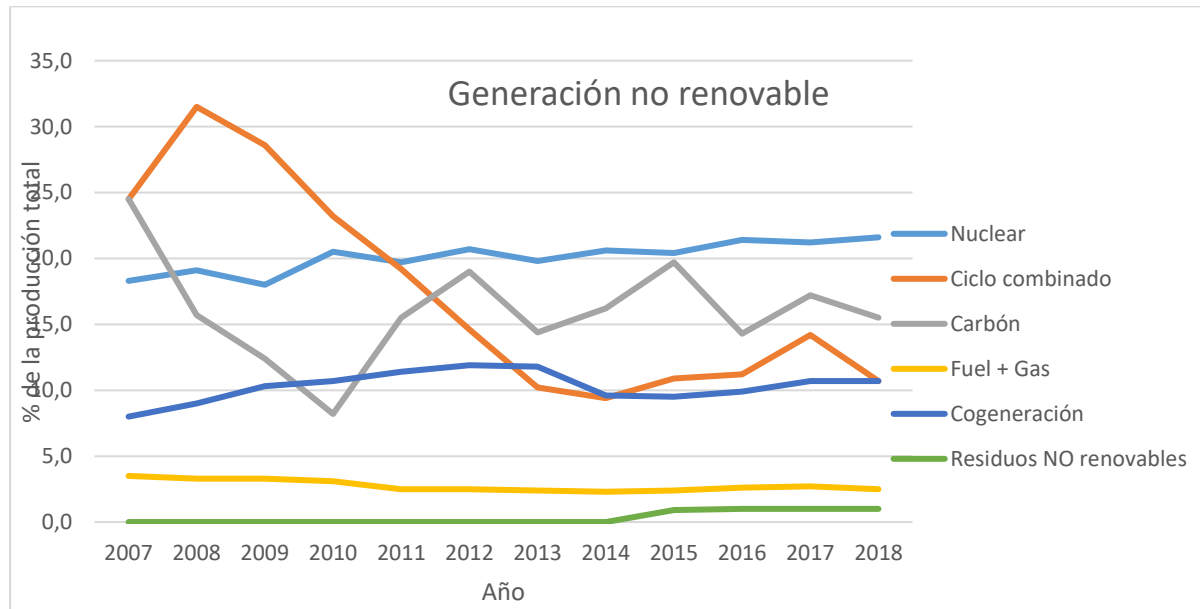


Gráfica 3-5 Influencia de las no renovables en la producción global. (Fuente: REE; Elaboración Propia)

Las principales tipologías no renovables son la nuclear con una producción media del 21% de la generación total entre el 2014 y 2018, y la térmica de carbón con una media del 17% de la generación interior.

El desarrollo de la influencia de las energías no renovables en el sistema de producción eléctrico español varía en función de las características de cada tecnología (*Gráfica 3-6*). Las centrales nucleares son centrales base, de producción constante. Esto es debido a la calidad y a la seguridad de la señal generada. En cambio, las centrales de ciclo combinado se utilizan como centrales punta o auxiliares, para picos de demanda pudiendo incluso funcionar en vacío a la espera de conectar a red.

Se observa además la tendencia negativa de las centrales térmicas de carbón, cuya producción está delimitada por la propia materia prima, carbón exportado, como por los impactos medioambientales que genera.



Gráfica 3-6 Generación no renovable. (Fuente: REE; Elaboración Propia)

Las energías no renovables presentan una gran madurez debido a la antigüedad de su implantación, produciendo grandes cantidades de potencia eléctrica con un elevado rendimiento y un precio menor.

Por el contrario, la producción tiene un impacto sobre el medioambiente realmente significativo. Los gases emitidos por estas tipologías de generación, así como los residuos que se generan son perjudiciales tanto para el medioambiente como para la sociedad en sí. Por un lado, la combustión (fuel, gas y carbón) generan dióxidos de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxidos de azufre (SO_2), metano (CH_4) y monóxido de carbono (CO). Gases altamente perjudiciales y con efectos muy negativos y contaminantes.

Otro impacto que considerar sería el de los residuos nucleares, que no pueden ser tratados en su totalidad y que son severamente peligrosos.

Se debe tener en consideración que España no es un país con existencias energéticas primarias. Se deben importar todas las materias primas para la producción de energía eléctrica de estas tipologías no renovables.

3.2.1 Centrales Nucleares

En los últimos años la tipología nuclear ocupa una posición importante en la generación eléctrica en España (*Gráfica 3-1*). Esto es debido a la calidad de la señal que generan y al gran número de horas de funcionamiento de las que disponen, ya que son capaces de producir durante largos periodos de tiempo sin interrupción.

La tipología nuclear utiliza la energía calorífica desprendida por la fisión del átomo de uranio para calentar agua. El agua transcurre dentro de un ciclo termodinámico para generar energía eléctrica a través de unas turbinas. Basándose en este proceso básico en España existe dos tipologías de reactores en uso, reactores de agua en ebullición (BRW) y reactores de agua a presión (PWR).



Ilustración 3-7 Distribución de las centrales nucleares en España (Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital)

En los reactores de agua en ebullición, el calor desprendido durante la fisión se aprovecha para generar vapor. El vapor, mediante unos secadores y separadores se separa del caudal de refrigeración, reduciendo su humedad. El vapor seco, de mayor calidad, fluye hasta unas turbinas que mueven los generadores. A continuación, el vapor pasa por unos condensadores y vuelve a la vasija cerrando el ciclo.

Por otro lado, los reactores de agua a presión se basan en la utilización de dos circuitos de agua completamente aislados entre sí. El circuito primario pone en contacto directo agua presurizada, para evitar la ebullición, con el combustible. De esta manera se absorbe el calor de la reacción nuclear. Mediante un intercambiador se transfiere el calor del circuito primario al secundario. A partir del calor absorbido por el agua del circuito secundario esta se evapora y circula por un ciclo termodinámico similar al comentado anteriormente. Es crucial destacar que ambos circuitos deben de estar completamente aislado, debido a la radioactividad del

agua que circular por el circuito primario. Existe un tercer circuito destinado a la refrigeración y el control de temperatura.

En España existen siete reactores nucleares en funcionamiento repartidos en cinco centrales, un reactor en cese de explotación (Santa María de Garoña) y dos reactores en proceso de desmantelamiento (José Cabrera y Vandellós I).

Central	Localidad (provincia)	Potencia (Mw)	Tipología	Puesta en marcha:	Estado
José Cabrera	Guadalajara	160	PWR	11/10/1968	Desmantelamiento
Almaraz I	Cáceres	1.049	PWR	10/03/1980	Explotación (26/07/2020)
Almaraz II	Cáceres	1.044	PWR	15/06/1983	Explotación (26/07/2020)
Ascó I	Tarragona	1.032,5	PWR	22/07/1982	Explotación (26/07/2020)
Ascó II	Tarragona	1.027,2	PWR	22/04/1985	Explotación (26/07/2020)
Vandellós I	Tarragona	480	GCR	9/02/1972	Desmantelamiento
Vandellós II	Tarragona	1.087	PWR	17/08/1987	Explotación (26/07/2020)
Trillo	Guadalajara	1.066	PWR	4/12/1987	Explotación (15/11/2024)
Santa María de Garoña	Burgos	466	BWR	2/05/1970	Cese de explotación
Cofrentes	Valencia	1.092	BWR	23/07/1984	Explotación (26/07/2020)

Tabla 3-1 Centrales nucleares en España (Elaboración propia)

El impacto medioambiental principal de una central nuclear son los residuos que se generan. Los residuos nucleares son altamente peligrosos y tienen una durabilidad muy elevada. Por esa misma razón deben ser tratados con niveles de seguridad muy exigentes y sometidos a un control riguroso.

Los residuos radioactivos se suelen clasificar según su actividad, pero también se pueden clasificar según su estado físico (sólido, líquido o gaseoso) o por sus propiedades (compactable/no compactable, incinerable/no incinerable, metálicos...). Según su actividad:

- Residuos de muy baja actividad (vida corta y media, inferior o igual a 30 años).
- Residuos de muy baja actividad (vida larga, superior a 30 años).
- Residuos de baja y media actividad (vida corta y media, inferior o igual a 30 años).
- Residuos de baja y media actividad (vida larga, superior a 30 años).
- Residuos de alta actividad.

El tratamiento de los residuos se realiza en función de sus niveles de actividad. Al ser un residuo altamente peligroso existe un protocolo definido de actuación. (*Ilustración 3-8.*)

Durante los primeros años se almacena el combustible en unas piscinas situadas en las propias centrales para reducir la carga calorífica. El combustible y los residuos suelen someterse a procesos de compactación o de secado, con el objetivo de reducir su volumen. A continuación, se trasladan los residuos a los almacenes temporales individualizados (ATI). En el caso que las centrales no dispongan de ATI, se trasladan los residuos a un Almacén Temporal Centralizado (ATC, Villar de Cañas). Este almacenamiento suele ser a medio o largo plazo, entre veinte y sesenta años. Este almacenamiento puede ser tanto en piscinas en la propia central, o en seco recubriendo los residuos con una gruesa capa de hormigón. Por último, dado al largo periodo de actividad se almacenan de forma definitiva en un Almacén Geológicamente Profundo (AGP). Siendo esta la opción aceptada internacionalmente para el almacenamiento de residuos nucleares de alta actividad.

Actualmente existe la posibilidad de adoptar una estrategia de ciclo cerrado, donde los combustibles son reprocesados para una futura reutilización. Además, se está investigando en la transmutación de los residuos para reducir su radioactividad y toxicidad antes del almacenamiento.

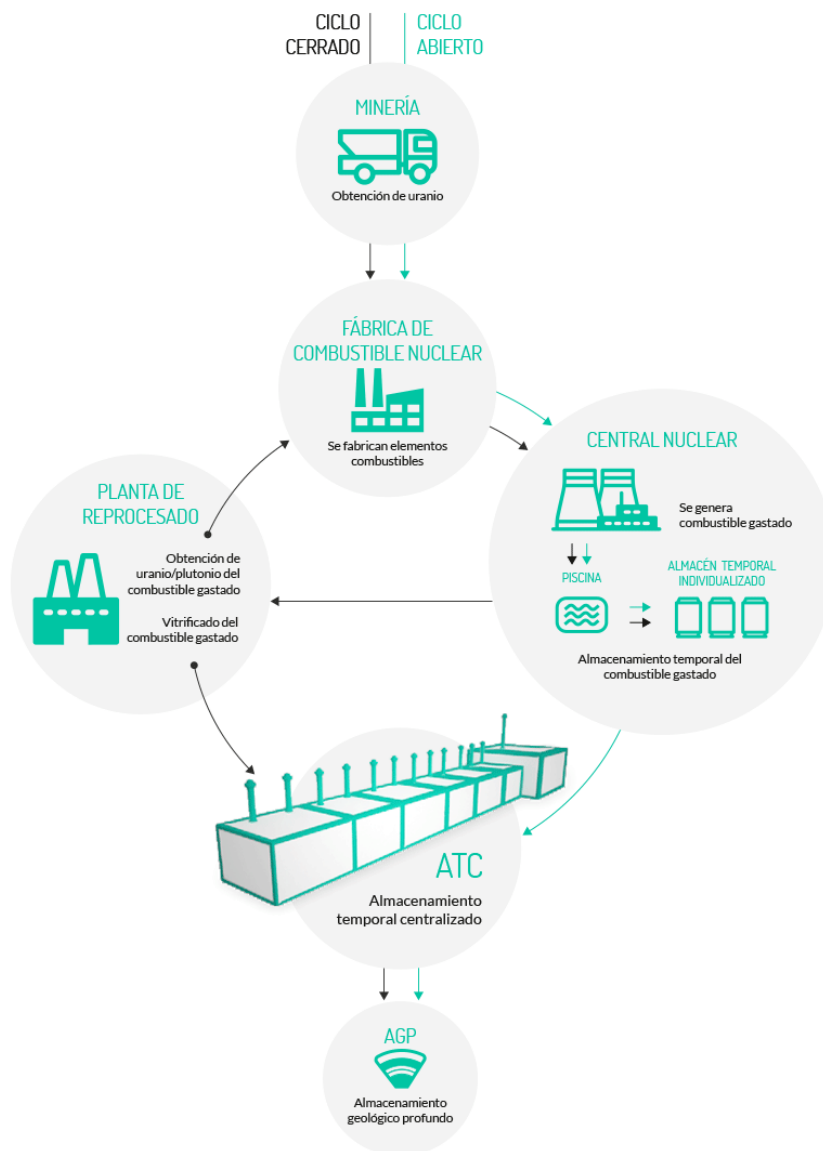


Ilustración 3-8 Esquema del tratamiento de los residuos radioactivos de una central nuclear. (Fuente: Empresa Nacional de Residuos Radioactivos S.A)

3.2.2 Centrales térmicas de carbón

Las centrales térmicas de carbón ocupan la tercera posición en la generación eléctrica nacional, produciendo entorno al 15-20% del total en los últimos años. (*Gráfica 3-1*).

Basándose en la extracción de calor a partir de la combustión de carbón dentro de una caldera se evapora agua que a través de unas turbinas de vapor y mediante unos generadores genera energía eléctrica.

El proceso de combustión mediante carbón tiene una gran inercia térmica, necesita una temperatura mínima para un correcto funcionamiento además de ser un proceso con una regulación lenta. Por este motivo este tipo de centrales tienen poca flexibilidad y solían ser utilizadas como centrales base. Actualmente su uso tiende a ser de centrales de reserva debido al gran impacto ambiental.

En el caso de las centrales térmicas de carbón el combustible utilizado, hulla y antracita principalmente, suele ser de importación debido a sus menores costes respecto al carbón nacional. La extracción nacional de carbón está subvencionada, hecho que se ve reflejado en la factura eléctrica.

El impacto medioambiental más significativo de esta tipología es la emisión de gases, tanto de efecto invernadero como óxidos de azufre y monóxidos de carbono. Debido a la combustión del carbón se generan gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno. Las centrales termoeléctricas de carbón son las más contaminantes en el sistema de generación eléctrico tanto español como europeo, provocando miles de muertes prematuras solo con la generación en España. Por otro lado, cuando la combustión del carbón es pobre en oxígeno se forma monóxido de carbono y vapor de agua. Dicho vapor se combina con los óxidos de azufre provocando la lluvia ácida, con un gran efecto sobre el suelo y las estructuras.

Debido a su gran impacto ambiental, la generación mediante las termoeléctricas de carbón es uno de los principales puntos de actuación para reducir la contaminación, pese ser

actualmente una de las mayores contribuyentes a la generación en España. Julián Barquín, experto en regulación de Endesa, comparte ese análisis: *"El cierre total en España se producirá alrededor del año 2030"*. Por esta misma razón se plantea desde los organismos internacionales de la Unión Europea el cese de las subvenciones para la extracción de carbón nacional, la obstrucción a la apertura de nuevas centrales e incluso el cierre antes del cumplimiento de su vida útil.

3.2.3 Centrales de Fuel+Gas

Esta tipología no tiene una influencia muy grande sobre la generación eléctrica a nivel estatal, produce entorno a un 2,5% de la producción anual (*Gráfica 3-1 y Gráfica 3-5*). Debido a su gran capacidad de regulación es utilizada como central de apoyo a las renovables, resultando en un uso intermitente y con pocas horas de funcionamiento.

Las centrales térmicas de fuel y gas son de tipología termoeléctrica. Como las térmicas de carbón, utilizan un combustible fósil para calentar agua en una caldera mediante el calor aportado por la combustión. El vapor se utiliza para provocar el movimiento de unas turbinas, este movimiento se transmite a unos generadores donde se produce la energía eléctrica.

En este caso el combustible utilizado es gas o fuel, dependiendo de la propia central. En el caso de utilizarse gas, este no se almacena ya que llega directamente desde los gaseoductos desde los puntos de extracción. En cambio, el fuel sí que es almacenado, y además debe ser utilizado a una temperatura superior a la de transporte, es decir, precisa de un precalentamiento. Existen centrales mixtas que pueden utilizar ambos combustibles indistintamente, e incluso el carbón.

En cualquier caso, los combustibles utilizados son de exportación debido a la carencia de estas materias primas en España.

Al ser generaciones mediante combustibles fósiles el principal impacto ambiental es la emisión de gases a la atmosfera. En comparación con la generación mediante la combustión

de carbón las emisiones son ligeramente inferiores además de tener una aportación menor debido a su importancia menos significativa en la producción de energía eléctrica nacional.

3.2.4 Centrales ciclo combinado

La tercera tipología termoeléctrica utilizada en el sistema eléctrico español es la de ciclo combinado. Dicha tipología contribuye en el sistema eléctrico significando entorno al 11,3 % de la producción nacional en los últimos 5 años (*Gráfica 3-5*), e incluso superando el 30% en el 2008 (*Gráfica 3-6*).

En este caso el combustible utilizado es gas, pero a diferencia del resto de tipologías termoeléctricas utiliza dos ciclos térmicos, un ciclo Rankine y un ciclo Bryton. El ciclo Bryton aprovecha la compresión y expansión del gas para generar movimiento en una turbina de gas, y el calor que se desprende se aprovecha en un ciclo Rankine (*Ilustración 3-9*). En este segundo ciclo se utiliza un intercambiador para usar el calor del ciclo anterior para usar el vapor con una turbina de vapor. Ambas turbinas provocan movimiento en generadores de inducción para generar energía eléctrica.

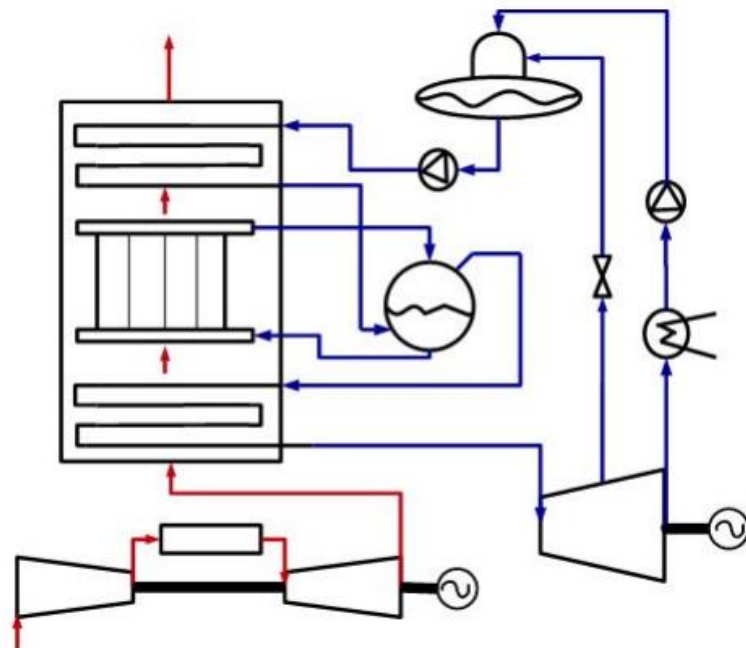


Ilustración 3-9 Combinación de ciclos Rankine y ciclo Bryton en una central de ciclo combinado. (Autor: Joaquín Corredoyra Alcaraz)

El ciclo de gas, ciclo Bryton, se basa en tres etapas. En la primera etapa mediante un compresor se aumenta la presión del aire para inyectarlo en una cámara de combustión y para refrigeración. En la cámara de combustión, segunda etapa, se mezcla la proporción correcta de combustible, gas natural, y aire para la combustión. Por último, se aprovecha la expansión de los gases que provienen de la cámara de combustión en una turbina de gas. El calor que se cede en el ciclo anterior se aprovecha en la caldera de recuperación para calentar el vapor del ciclo Rankine. Generalmente las dos turbinas, gas y vapor, suelen estar acopladas en el mismo eje de manera que provoquen movimiento en el mismo generador.

A diferencia con el resto de las centrales termoeléctricas las de ciclo combinado poseen una flexibilidad y una eficiencia considerablemente superior. Este tipo de centrales no tienen una inercia térmica tan significativa como las centrales térmicas de carbón y permiten una regulación bastante mejor. Además, pueden trabajar tanto a plena carga como a cargas parciales permitiendo incluso un mínimo del 45% de la potencia máxima. Esta posibilidad de variación de carga se puede realizar con niveles de eficiencia elevados dado que son ciclos con una gran madurez y que permiten un muy buen aprovechamiento de combustible.

También se debe considerar que para la construcción de este tipo de centrales se necesita un coste de inversión bastante inferior al del resto de termoeléctricas, una superficie de instalación menor y un consumo de agua de refrigeración inferior.

Respecto a los impactos medioambientales de este tipo de centrales se deben considerar los mismos que para el resto de termoeléctricas. Pero con un impacto significativamente menor debido a su eficiencia, el ahorro de combustible e incluso al menor impacto visual por su tamaño generalmente más reducido.

3.2.5 Centrales de residuos no renovables

La Directiva 2008/98 de la comisión europea sobre los residuos, adaptada para España en la ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, rige la gestión de residuos. En esta legislación se establece una jerarquía para los diferentes tipos de residuos que se generan, en donde se establecen las prioridades de prevención y gestión.

Esta jerarquía intenta reducir al máximo los impactos ambientales provocados por los residuos:

1. Prevención
2. Preparación para la reutilización
3. Reciclado
4. Valorización energética
5. Eliminación

Basándose en la ideología del residuo cero, máximo aprovechamiento y eliminación y almacenaje mínimo de este, una vez se descartan las tres primeras fases se procede a valorar energéticamente los residuos. Dicha valoración permite saber si se puede obtener un beneficio energético de los residuos y evita la eliminación o el almacenaje en vertederos.

En el caso que se obtenga un recurso que permite la generación eléctrica pero que a su vez no sea renovable, como la extracción de metano a partir de residuos ganaderos, se clasifica la generación como renovable o como no renovable. Como ya se ha comentado anteriormente, la utilización de los residuos para obtener biomasa sería un ejemplo de fuente renovable.

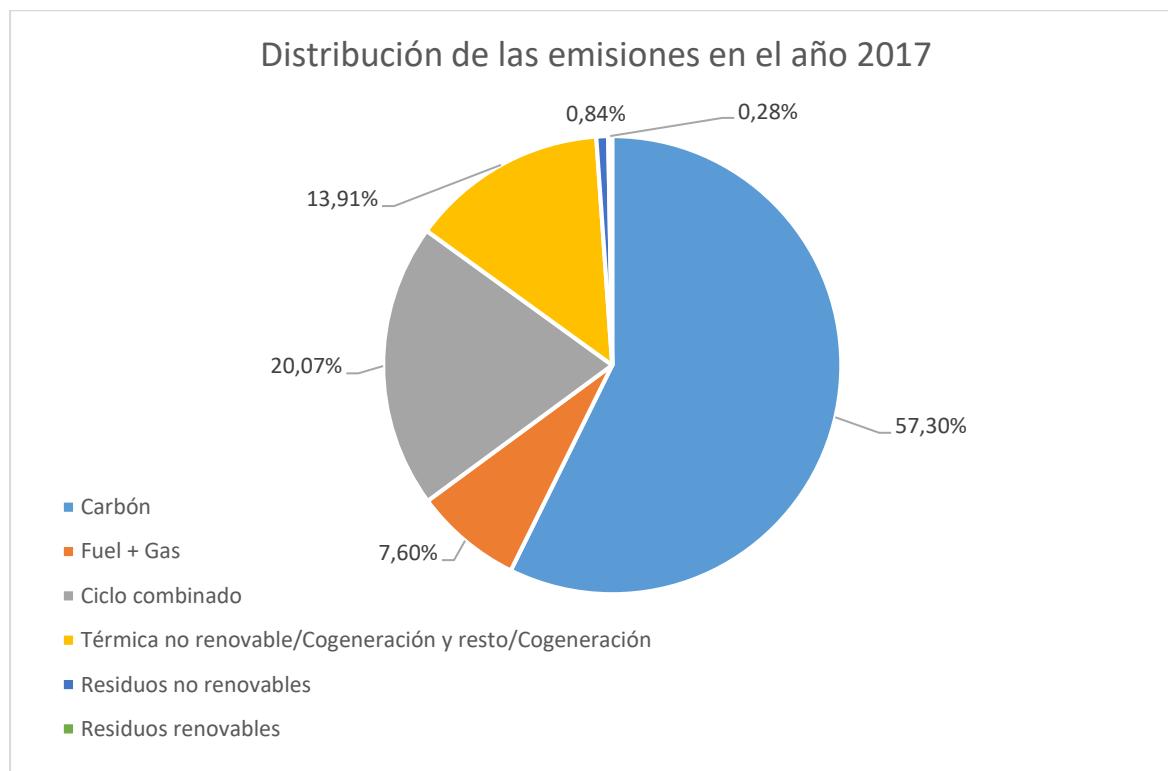
3.2.6 Centrales de cogeneración

Las centrales de cogeneración se basan en el principio de extraer energía eléctrica y energía térmica al mismo tiempo. La cogeneración aprovecha el calor residual de un proceso para generar energía eléctrica. Un proceso utiliza la energía química de un combustible con una utilidad concreta, pero no todo el calor es aprovechado por el proceso, ese calor residual se puede utilizar para calentar un vapor y producir energía eléctrica mediante turbinas.

3.3 Emisiones de la producción

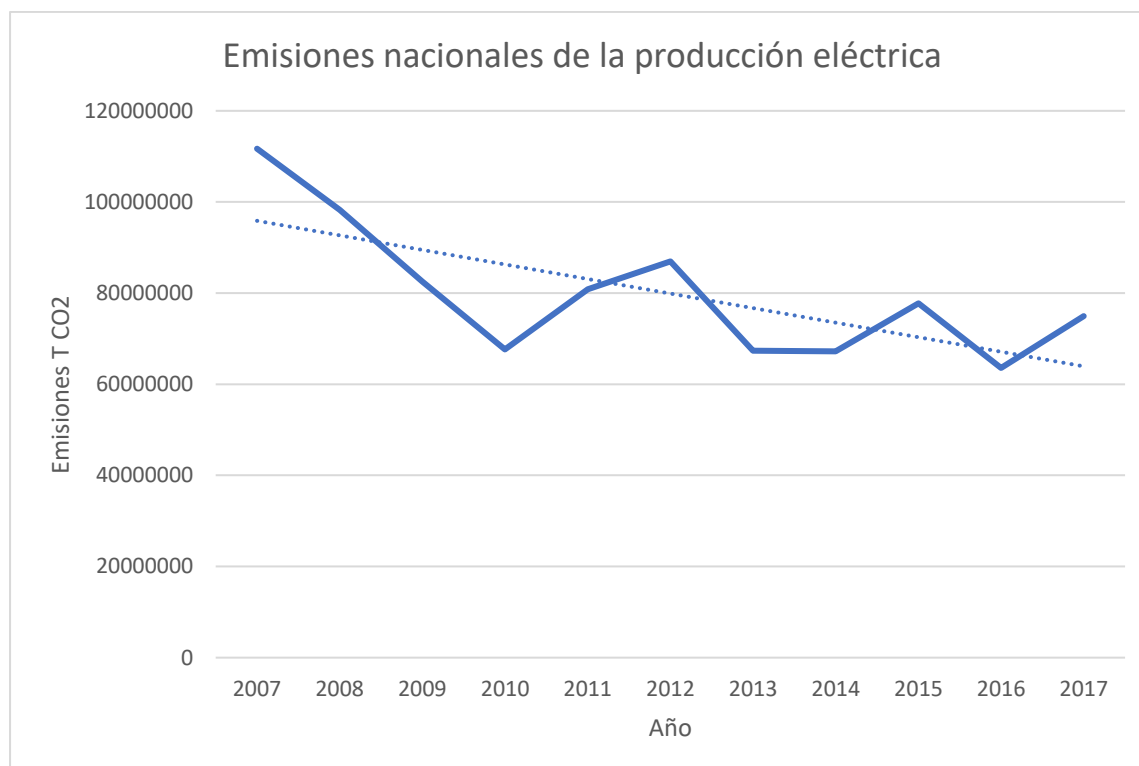
Año	Emisiones anuales totales	Generación	Factor de emisión (tCO ₂ /MWh)
2007	111,691,006	288,208	0.387535714
2008	98,266,148	295,914	0.332076734
2009	67,643,272	280,058	0.241533093
2010	80,868,470	288,483	0.280322875
2011	80,868,470	279,934	0.288884149
2012	86,971,186	283,381	0.306905164
2013	98,266,148	273,767	0.358940485
2014	67,372,926	266,867	0.252458739
2015	77,769,941	267,936	0.290255356
2016	63,577,147	262,279	0.242402497
2017	74,927,789	262,645	0.285281461

Tabla 3-2 Emisiones de la producción de energía eléctrica en España. (Fuente: REE)



Gráfica 3-7 Distribución de las emisiones según la tipología en el año 2007. España. (Fuente: REE; Elaboración propia)

Las emisiones de gases de efecto invernadero, medidas en toneladas de dióxido de carbono equivalente, se concentran en tres tecnologías. La tecnología térmica del carbón, como se ha comentado anteriormente es la que más contribuye a las emisiones generando más de la mitad de estas (57,3 % en el año 2017). Aunque esta tipología no es la que más contribuye en la generación, menos del 20% en los últimos años (*Gráfica 3-6*).



Gráfica 3-8 Emisiones nacionales de la producción eléctrica en España entre los años 2007 y 2017. (Fuente: REE; Elaboración propia)

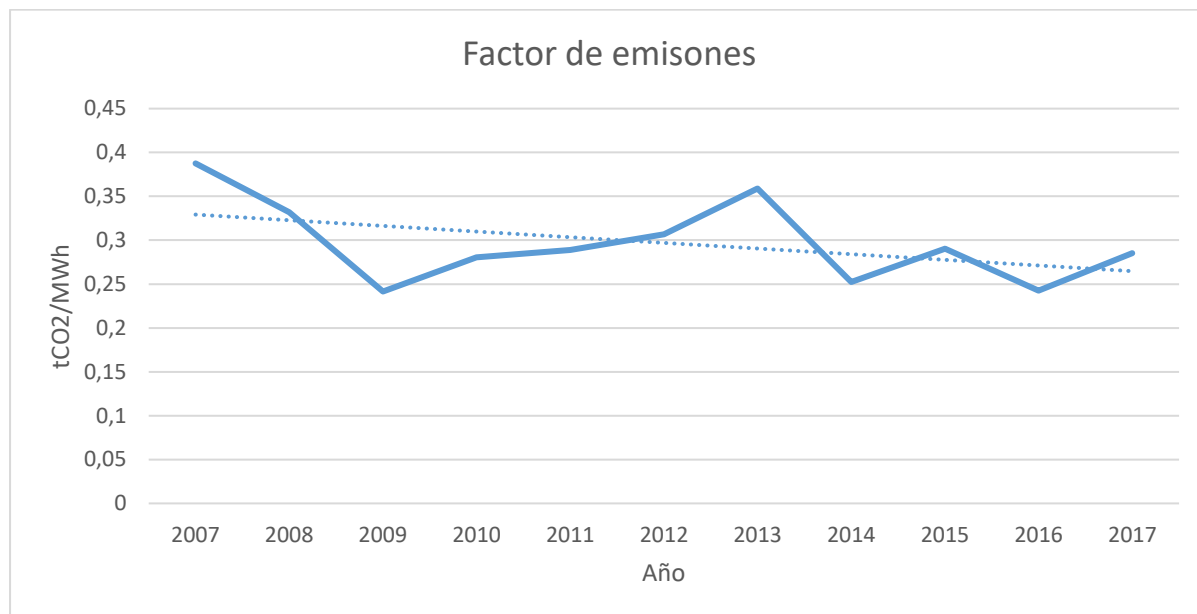
En junio de 2009 entró en vigor la directiva 2009/28 formando parte del denominado Paquete Europeo de Energía y cambio climático. En esta directiva se determinan dos objetivos claves para el 2020: la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar la contribución de las energías renovables y aumentar la eficiencia energética.

La reducción de gases de efecto invernadero propuesta estaba entorno al 20% de las emisiones del año 1990.

Como se observa en las *Gráfica 3-8* y *3-9*, la tendencia actual del estado español es positiva, se tiende a reducir las emisiones de CO2 a nivel nacional. Entre los años 2007 (111.691.006

toneladas de CO₂) 2017 (74.927.789 toneladas de CO₂) se han reducido las emisiones totales en un 30%.

Esta tendencia debe seguir siendo positiva para conseguir los nuevos objetivos para 2030.



Gráfica 3-9 Factor de emisiones en TCO₂/MWh durante los últimos años (Fuente :REE; Elaboración propia)

3.4 Importación y exportación de energía

Las interconexiones con Francia, Portugal, Andorra y Marruecos, y las infraestructuras para la obtención de materias primas como los gaseoductos son de vital importancia para asegurar el suministro y la calidad del sistema eléctrico español.

Por una parte, las interconexiones eléctricas entre Francia y Portugal permiten tener un mayor margen en la regulación, generando una estabilidad ideal para la producción mediante renovables. Aparte de permitir la importación y exportación de energía, pudiendo incluso llegar a generar beneficios, permite que las energías renovables tengan más posibilidades de generación por la posibilidad de compensar la falta de potencia generada en casos excepcionales. Como ya se ha comentado en apartados anteriores, las energías renovables tienen un factor de imprevisibilidad que es negativo para la estabilidad del sistema. Ante situaciones de interrumpibilidad no prevista se permite mediante la conexión internacional

un suministro de energía fiable, evitando la necesidad de mantener centrales de generación convencional en vacío, o incluso disminuir las centrales de apoyo.

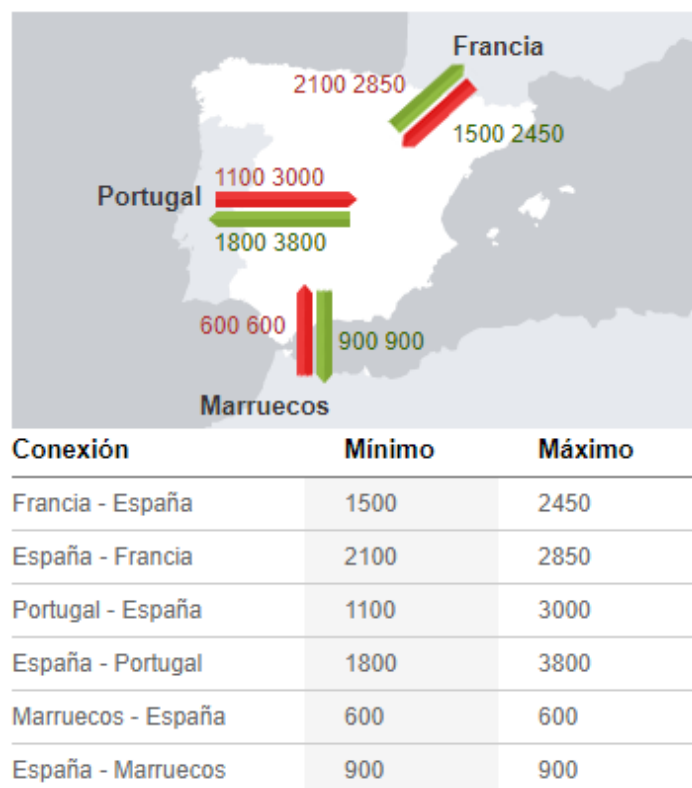


Ilustración 3-10 Capacidad de intercambio comercial (MW) del 02/06/2018 al 15/06/2018 (Fuente: REE)

Por otro lado, la construcción de gaseoductos, por ejemplo, permite la obtención de materia prima para la generación térmica a un coste menor, y con una mayor capacidad de consumo si es necesario.

3.4.1 Portugal

En la interconexión entre España y Portugal destacan la línea Balboa-Alqueva y la línea a través de Sevilla. La línea de Balboa-Alqueva tiene alrededor de 80 km de longitud, situada en la provincia de Badajoz. Esta línea forma parte de un eje de 400kv formado por las líneas Sines-Ferreira do Alentejo-Alqueva-Balboa-Bienvenida. Sines es una subestación eléctrica situada en el litoral atlántico portugués y Bienvenida otra subestación situada en el sur de Badajoz. La otra línea por destacar sería la que conecta las localidades de Puebla de Guzmán y Tavira mediante 25km de línea de 400kv.

Actualmente la interconexión con Portugal permite un intercambio de casi 4000 MW.

3.4.2 Francia

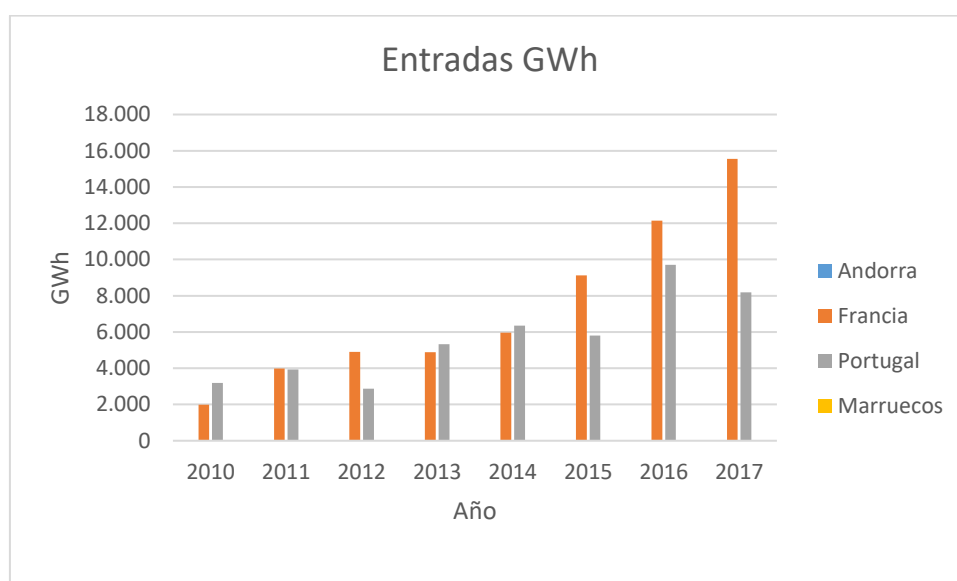
De la interconexión entre España y Francia se deben destacar la línea subterránea desde Girona y la futura línea submarina desde Vizcaya.

La línea subterránea entre Girona y Francia es pionera en el mundo, es una línea de 64 km, con un trazado soterrado de 8,5 km que atraviesa los pirineos en paralelo a la línea ferroviaria. La línea tiene una capacidad de casi 3000 MW.

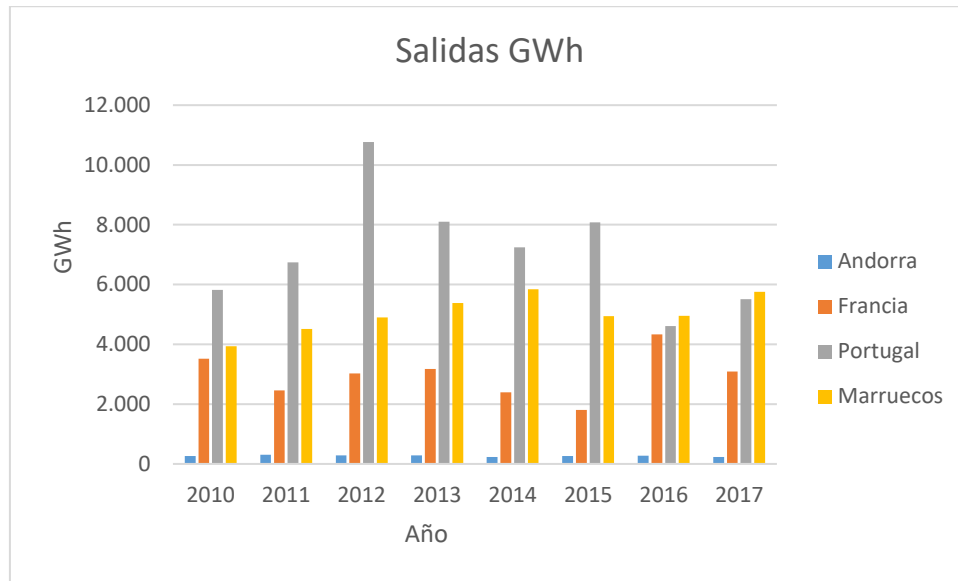
Dado que la legislación europea designa como objetivo clave para el desarrollo del mercado europeo de la energía las interconexiones internacionales, España debe mejorar su capacidad de intercambio energético (hasta aproximadamente un 10%). Para ello se realizará la construcción, prevista para el 2025, de una línea submarina por el Golfo de Vizcaya, de 370 km de longitud.

3.4.3 Balance de importaciones y exportaciones

Los intercambios físicos de energía eléctrica son más considerables con Francia y Portugal. Este es principalmente por la situación geográfica. Las conexiones con Marruecos y Andorra son menos significativas, y principalmente receptoras de energía proveniente de España, aunque se deben considerar a la hora de realizar el balance de intercambio.

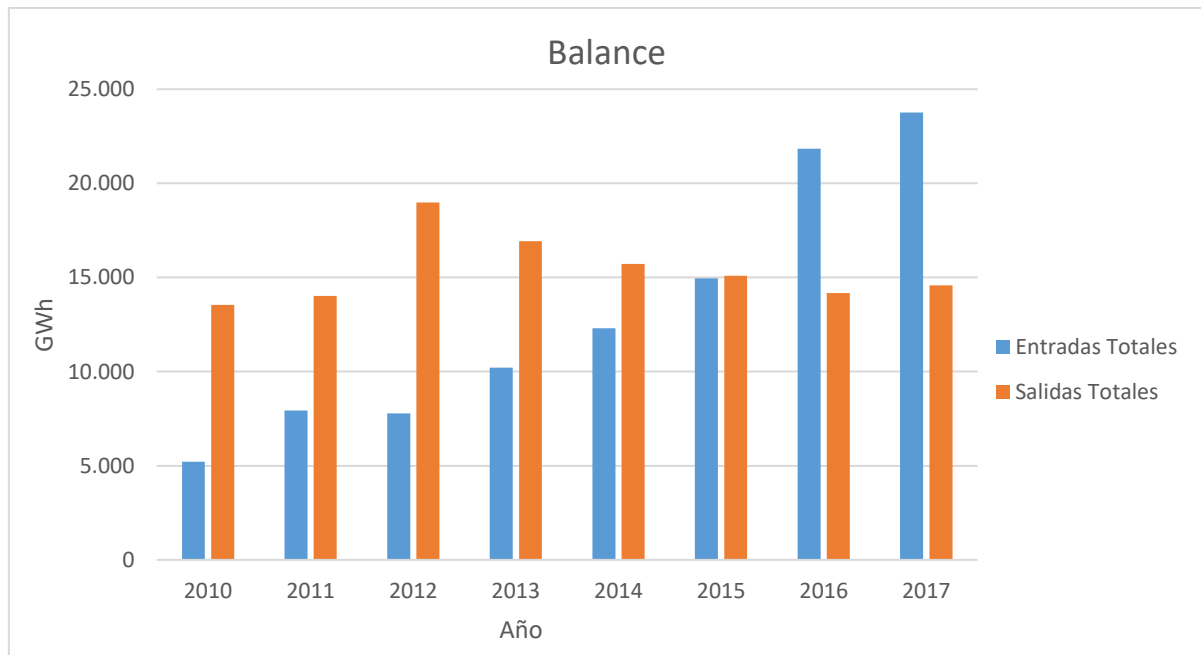


Gráfica 3-10 Entradas GWh en España (Fuente :REE; Elaboración propia)



Gráfica 3-11 Salidas GWh en España (Fuente: REE; Elaboración propia)

Si analizamos las entradas y salidas de energía eléctrica durante los últimos años, según datos de la REE, se observa como hay un incremento de las entradas energéticas en los últimos años. Esto es principalmente debido a las mejoras en las interconexiones, que permiten una mayor capacidad de intercambio, como se comenta en los apartados anteriores.



Gráfica 3-12 Balance de intercambio energético en España (Fuente :REE; Elaboración propia)

Observando el balance total, los años 2016 y 2017 han sido negativos, más entradas que salidas. Las importaciones de energía tienen un sobrecoste que se ve reflejado en la factura eléctrica, aumentando el valor de la factura. Pero se debe tener en cuenta que estos intercambios de energía en cualquier caso ayudan a garantizar el suministro, la estabilidad y la calidad del sistema eléctrico, tanto importando como exportando energía eléctrica.

4. POLITICAS QUE PROMUEVEN LAS ENERGIAS RENOVABLES

El desarrollo de la economía esta intrínsecamente ligado a la demanda energética, y obviamente a su producción. *“A pesar de la incertidumbre actual respecto de la evolución de la economía mundial y su recuperación en el futuro, la demanda energética mundial sigue creciendo a un ritmo considerable: un 5% en el año 2010. En los escenarios elaborados por la Agencia Internacional de la Energía al año 2035, la demanda energética mundial aumentaría un tercio, básicamente en países que no pertenecen a la OCDE”. (Plan de Energías Renovable 2011-2010, Instituto de Ahorro Energético, pág. 35).*

El sistema de producción actual tiene una gran dependencia de los recursos no renovables, que más allá de los impactos ambientales que tienen una gran repercusión sobre la economía. Por este mismo motivo se debe planificar un desarrollo en el sector energético que garantice estas tres premisas, la seguridad del suministro, la preservación del medio ambiente y la competitividad económica. Para dicho objetivo, en los países desarrollados se aplican dos estrategias básicas que afectan tanto a productores como a consumidores. Por un lado, estaría la promoción del ahorro energético y la mejora de la eficiencia, y por otro el fomento de la generación mediante energías renovables. Ambas estrategias deben realizarse conjuntamente para que el cambio en el sistema eléctrico cumpla con las tres premisas comentadas anteriormente. *“Así, tal como propone la Directiva 2008/28/CE, de energías renovables, las propuestas del Plan de Energías Renovables se desarrollan en un escenario denominado de eficiencia energética adicional, entendiendo que los objetivos en eficiencia energética son consustanciales a los de energías renovables.” (Plan de Energías Renovable 2011-2010, Instituto de Ahorro Energético, pág. 36).*

En España, la planificación y estudio del uso de las energías renovables, la eficiencia energética, el pronóstico de la situación en los próximos años, los objetivos para 2020, el análisis de la influencia del sistema energético en la economía y los impactos medioambientales se recogen en el Plan de Energías Renovables. *“Este Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 ha sido aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros de 11 de noviembre de 2011, estableciendo objetivos acordes con la Directiva 2009/28/CE del*

Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, y atendiendo a los mandatos del Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y de la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.” (Plan de Energías Renovable 2011-2010, Instituto de Ahorro Energético, pág. 4).

4.1 La política energética en España

En coordinación con el resto de los países de la unión europea, España avanza en busca de la liberalización de los mercados, la garantía del suministro, el desarrollo de las infraestructuras y la reducción de las emisiones. Para ello se ha tenido que particularizar las estrategias de la unión para sumir unos retos característicos del sistema energético nacional. Entre estos retos se destacan como principales el elevado precio de la energía, las elevadas emisiones y la gran dependencia energética.

España tiene un consumo energético por unidad de producto interior bruto elevado en comparación con otros países de la unión. Esto es provocado por la acumulación de patrones de crecimiento económico muy intensivos en el consumo de energía. No es una situación irreversible, se deben realizar esfuerzos en materia de eficiencia y ahorro energético para lograr que los valores medios de consumo energético se asemejen a los de la Unión Europea.

Por otro lado, la dependencia energética de España es considerable dado que no tiene capacidad de extracción de recursos de forma competente en comparación con los países extractores. Esto es debido a que las materias primas que se pueden extraer a nivel nacional son escasas y con un precio mayor que el de importación, siendo este el caso del carbón o del uranio. Esta dependencia provoca inestabilidad en la garantía de suministro y una gran influencia de los precios de los mercados de materias primas en el sistema. La reducción de la dependencia justifica el uso de energías renovables, permitiendo estabilizar los precios de producción energética y aumentar la seguridad de suministro.

El último de los retos está relacionado con la alta contaminación que deriva de la generación energética y del transporte. Las energías renovables permiten reducir considerablemente las emisiones, así como el resto de los impactos medioambientales. El impacto de las energías renovables no es nulo, pero son considerablemente inferiores respecto al sistema de generación “convencional”.

Para cumplir los objetivos comunes de la Unión Europea y los retos específicos del país, España ha dirigido su política energética hacia la promoción de las energías renovables, el ahorro y la eficiencia energética, el desarrollo de las infraestructuras y la liberalización y fomento de la transparencia de los mercados.

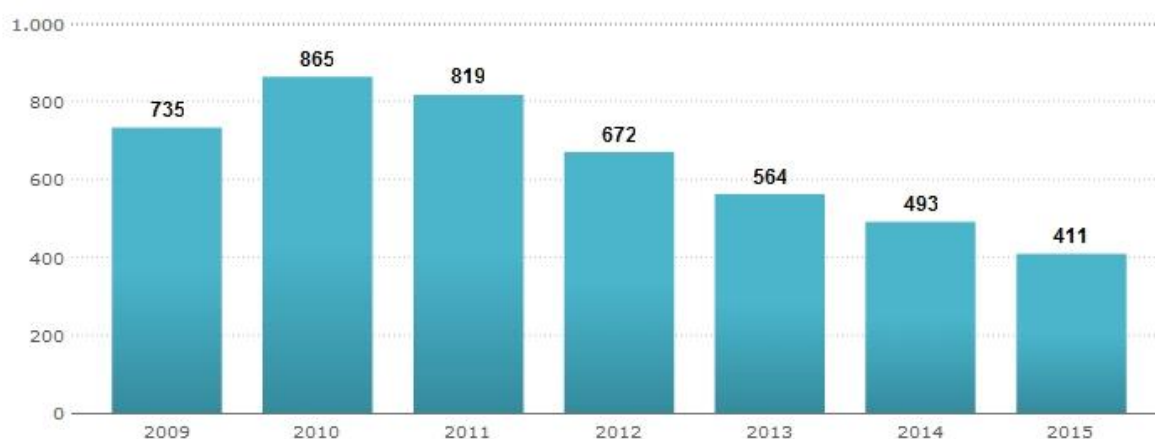
La promoción de las energías renovables se hace mediante un mecanismo conocido como *feed-in tariff*, donde se promueve la producción renovable mediante remuneraciones que se incluyen en la tarifa eléctrica, repartiendo el sobrecoste entre productores y consumidores. La priorización de la producción de energías renovables reduce el precio de generación de las renovables. En su primera fase es la implantación en el sistema de la generación renovable, PER 2005-2010, se ha conseguido instaurar la producción renovable dentro del sistema de manera estable y significativa. Ya que como se observa en la Gráfica 3-2 Producción anual. Renovable y No renovable, la producción renovable representa actualmente casi el 40% de la producción anual. La segunda fase consiste en el desarrollo de las tecnologías. Esta es la fase que se está realizando actualmente y cuyo éxito depende del cumplimiento de los objetivos del PER para 2020.

El desarrollo de las infraestructuras está directamente relacionado con la seguridad del suministro, así como de la diversificación de la generación. Se debe destacar las interconexiones con otros países de la unión, como Francia y Portugal. Además, la inversión en infraestructura también está relacionada con la capacidad de estas para asimilar la producción renovable, así como de la eficiencia del sistema.

Las inversiones de la Red Eléctrica española en la red eléctrica en los últimos años:

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Inversión en la red (millones de €)	865	819	672	564	493	411	398,5	411,8

Tabla 4-1 Inversiones de Red eléctrica Española en la red eléctrica (Fuente :REE; Elaboración propia)



Gráfica 4-1 Inversiones en la red (millones de euros) por parte de REE. (Fuente: REE)

El ahorro y la eficiencia energética se refiere simplemente a reducir el consumo de energía para realizar la misma producción basándose en mejoras de los patrones de consumo y en los métodos productivos. Se han adoptado políticas como los Planes de Acción 2005-2007 y 2008-2012 o como el Plan de Activación 2008-2011. *“Estos esfuerzos se han traducido en un descenso de la intensidad energética final superior al 10% durante los últimos cinco años, con reducciones en todos los ejercicios. (PER 2005-2020).” (Plan de Energías Renovables 2011-2010, Instituto de Ahorro Energético, pág. 11).*

Con la liberación y el fomento de la transparencia en los mercados se quiere optar por que los consumidores tengan la máxima información a la hora de tomar sus decisiones de manera que siempre se pueda optar a la mayor eficiencia posible.

Legislativamente, la promoción de las energías renovables se implementa por primera vez en la Ley 82/1980 sobre la conservación de energía, en el contexto histórico de la segunda crisis del petróleo. Siendo esta ley la primera, se ha ido desarrollando un marco de apoyo legislativo a la implantación de las renovables provocando una mayor estabilidad para la financiación o inversión en estas tecnologías. Cabe destacar la Ley 54/1997, estableció la liberación de la

energía eléctrica y estableció que el 12% del consumo de energía primaria debía de provenir de energías renovables en 2010. Fue la legislación previa a la elaboración de un Plan de Fomento de las Energías Renovables (diciembre de 1999), que fijaba objetivos concretos para las diferentes tecnologías y analizaba la situación y potencial de estas. Con la finalidad de acelerar la instauración de las renovable el gobierno aprobó un nuevo PER 2005-2010, y un Plan de Acción para mejorar la eficiencia energética.

“El PER 2005-2010 mantuvo el objetivo del 12% de energías renovables en el consumo de energía primaria para 2010 e incorporo dos nuevos objetivos para ese año: un 5,83% de biocarburantes en el consumo de gasolina y gasóleo en el transporte y una contribución mínima de las fuentes renovables al consumo bruto de electricidad del 29,4%.” (Plan de Energías Renovable 2011-2010, Instituto de Ahorro Energético, pág. 13).

4.2 Objetivos del plan (2011-2020)

La Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, fija como objetivos generales conseguir una cuota mínima del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía de la Unión Europea (UE) y una cuota mínima del 10% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía en el sector del transporte en cada Estado miembro para el año 2020. (Plan de Energías Renovable 2011-2010, Instituto de Ahorro Energético, pág. 464).

El plan de energías renovables establece como objetivo común de la unión europea unas cuotas mínimas de energía renovable para el sector energético, un 20% de la generación bruta de energía mediante renovable, y para el sector transporte, donde se establece como mínimo la cuota del 10% de renovables. Para asumir estos objetivos medios de la UE, concreta los objetivos para cada uno de los Estados miembros, cuotas para el año 2020 y una trayectoria mínima indicada hasta ese año.

En el caso de España, los objetivos determinados coinciden con los objetivos comunes, un 20% de cuota mínima de renovables para el sector eléctrico y un 10% de cuota mínima de renovables para el sector transporte.

En la siguiente tabla se desglosan tanto los objetivos que determinan la Directiva 2009/28/CE, y el grado de cumplimiento. La metodología de cálculo utilizada en las tablas proporcionadas por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDEA), del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, se aplica la metodología de cálculo especificada en la Directiva 2009/28/CE.

ktep	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A. Consumo final bruto de electricidad procedente de fuentes renovables	4.624	7.323	7.860	8.340	8.791	9.212	9.586	9.982	10.547	11.064	11.669	12.455
B. consumo final bruto de fuentes renovables para calefacción y refrigeración	3.541	3.933	3.992	4.034	4.109	4.181	4.404	4.651	4.834	5.013	5.152	5.357
C. Consumo final de energía procedente de fuentes renovables en el sector transporte	245	1.538	2.174	2.331	2.363	2.418	2.500	2.586	2.702	2.826	2.965	3.216
C.1. Consumo de electricidad procedente de fuentes renovables en el sector del transporte por carretera	0	0	0	0	5	11	21	34	49	67	90	122
C.2. Consumo de biocarburantes del artículo 21.2	0	5	15	45	75	105	142	167	193	177	199	252
C.3. Subtotal renovables para cumplimiento del objetivo en transporte: $(C)+(2,5-1) \times (C.1)+(2-1) \times (C.2)$	245	1.543	2.189	2.376	2.446	2.540	2.674	2.805	2.968	3.103	3.299	3.651
D. Consumo total de fuentes de energía renovables (evitando doble contabilización de la electricidad renovable en el transporte)	8.302	12.698	13.901	14.533	15.081	15.613	16.261	16.953	17.776	18.547	19.366	20.525
E. Consumo final bruto de energía en transporte	32.431	30.872	30.946	31.373	31.433	31.714	32.208	32.397	32.476	32.468	32.357	32.301
F. Consumo final bruto de energía en calefacción y refrigeración, electricidad y transporte	101.719	96.382	96.381	96.413	96.573	96.955	97.486	97.843	98.028	98.198	98.328	98.443
Objetivos en el transporte (%)												
Objetivo obligatorio mínimo en 2020												10,0%
Grado de cumplimiento del objetivo obligatorio en 2020 $(C.3/E)$			5,0%									11,3%
Objetivos globales (%)												
Trayectoria indicativa (media para cada bienio) y objetivo obligatorio mínimo en 2020			11,0%	12,1%	13,8%	16,0%						20,0%
Grado de cumplimiento de la trayectoria indicativa y del objetivo obligatorio mínimo en 2020 $(D/F \text{ o } [D_{\text{año1}}+D_{\text{año2}}]/[F_{\text{año1}}+F_{\text{año2}}])$	8,2%	13,2%	14,7%	15,9%	17,0%	18,5%	19,7%					20,8%

Tabla 4-2 Objetivos globales del plan de energías renovables 2011-2020 y grado de cumplimiento de los objetivos obligatorios e indicativos de la Directiva (Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo)

En la tabla anterior, se resumen tanto los objetivos del sector transporte (C) del sector energético (A y B), así como el consumo final bruto procedente de fuentes renovables en cada uno de los sectores que se analizan. El sector energético se divide en el sector eléctrico (A) y el sector calefacción y refrigeración (B). el grado de cumplimiento también esta desglosado

para cada uno de los sectores comentados. Según estos datos, y las previsiones realizadas para obtenerlos, España puede asumir el cumplimiento de los objetivos.

Los objetivos del sector eléctrico incluyen especificaciones y normativa específica para cada una de las tipologías renovables existentes, de esta manera la Directiva 2009/28/CE concreta el método de cumplimiento y normalización de los objetivos.

Se debe tener en cuenta de que los objetivos comentados no son únicos, si no los “comunes” o “primarios”. Existen otros objetivos como consecuencia de los objetivos primarios. Estos objetivos determinan los beneficios de aplicar las propuestas y asumir positivamente los objetivos principales y comunes para la UE.

- Reducción de los costes de generación.
- Diversificación de la producción renovable.
- Aprovechamiento de las energías renovables de manera eficiente, aumento de la eficiencia y desarrollo de las tecnologías.
- Impactos ambientales de las energías renovables. Estudio y reducción de los impactos ambientales derivados de las tipologías de producción renovable.
- Integración en la red eléctrica. La integración de las renovables en los sistemas eléctricos de manera que no se comprometa la estabilidad, ni la seguridad ni el suministro eléctrico.
- Potencial disponible. Estudio y aprovechamiento de todo el potencial disponible de cada estado miembro para las diferentes tipologías de generación.
- Potencial de mejora.
- Generación de empleo.
- Apoyo público. Ayudas y fondos que subvenciones, apoyen e impulsen las nuevas tipologías de generación renovable.
- Beneficios sociales.

4.3 Propuestas para el cumplimiento de los objetivos

“El Plan de Energías Renovables 2011-2020 contempla 87 propuestas, de las cuales, casi la mitad son propuestas horizontales a todas las tecnologías y el resto sectoriales. Todas estas propuestas se pueden dividir en cinco grandes grupos: marcos de apoyo, propuestas económicas, propuestas normativas, actuaciones en infraestructuras energéticas y, por último, acciones de planificación, promoción, información, formación y otras.” (Resumen del Plan de Energías Renovable 2011-2010, Instituto de Ahorro Energético, pág. 31).

La Directiva europea contemplo dos niveles de propuestas para la consecución de los objetivos definidos en el apartado anterior, a nivel de sectores y a nivel de cada una de las tipologías. A su vez, se dividen en los cinco grupos citados anteriormente.

El marco de apoyo corresponde al conjunto estructurado de instrumentos económicos, jurídicos y técnicos y otros, que ayudan al fomento de la utilización de energías renovables, a su competitividad frente otras tipologías y a la integración de las renovables dentro del sistema eléctrico. Dentro del marco de apoyo encontramos tres sistemas, el Régimen Especial de generación, Sistema de Incentivos al Calor Renovable (ICAREN) y el balance neto de electricidad. El Régimen Especial de generación eléctrica mediante renovables es el principal instrumento de apoyo a las energías renovables retribuyendo y concediendo prioridad a la generación renovable, otorgando una mayor competitividad a estas tecnologías y favoreciendo a la inversión.

Por otro lado, el ICAREN es un sistema de incentivos a la producción de calor mediante fuentes renovables.

Por último, el balance neto de electricidad es un sistema de compensación de saldos de energía que permite a las producciones renovables apoyarse en el sistema para gestionar sus excedentes. Es importante para las fusentes de generación renovable no gestionables, solar o eólica, dado que se evita que se tenga que almacenar el excedente de energía.

Las propuestas económicas son relativas a la ayuda por parte de la administración pública a los proyectos y actuaciones que fomenten, impulsen o mejoren las energías renovables. Dentro de estas propuestas económicas se encuentran ayudas públicas en la inversión en los proyectos de investigación desarrollo o innovación relacionados con diferentes tipologías de generación, determinando en cada caso las ayudas que se pueden reclamar para cada proyecto, y los fondos determinados a cada una de las tipologías (*Tabla 4.3*). Estas ayudan se clasifican como las ayudas públicas a la inversión. Otro tipo de ayudas económicas, las propuestas económicas relativas a la financiación. Estas últimas, de manera similar a las ayudas a la inversión, sirven para financiar proyectos relativos a las energías renovables (*Tabla 4.4*).

	Ayudas públicas a la inversión (millones de €)										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL 2011-2020
1 I+D (1)	0,0	18,3	19,3	20,3	19,3	18,3	16,3	23,2	24,0	20,5	180
2 Estudios previos geotermia	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	8
3 i+d aplicaciones térmicas y biocarburantes (1)	0,0	15,1	24,5	33,3	42,0	51,1	51,5	44,3	31,4	20,1	313
4 Demostración tecnológica en generación eléctrica	0,0	2,7	6,4	9,8	13,6	17,4	18,4	15,1	10,8	5,9	100
5 Aplicaciones eléctricas aisladas de red y balance neto	2,3	2,6	3,5	3,8	3,8	4,9	5,3	5,8	6,5	7,0	46
6 Aplicaciones térmicas mediante convenios con las CCAA	21,7	19,2	21,7	19,7	15,4	13,9	14,6	16,8	17,4	20,0	180
7 Generación de biogás industrial	0,0	5,2	5,5	7,7	11,9	17,0	23,5	32,5	44,9	62,4	211
TOTAL	24	64	81	95	107	123	131	139	136	137	1.037

(1) Los fondos correspondientes a estas líneas podrían cambiar su modalidad de apoyo a lo largo del periodo

Tabla 4-3 Ayudas públicas a la inversión (Millones de €) (Fuente: Resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020 pág.33)

ÁMBITO DE APLICACIÓN	FINANCIACIÓN (Acumulado en millones de euros, periodo 2011-2020)							
	Financiación (fondos públicos y privados para préstamos)						TOTAL fondos préstamos públicos y privados	TOTAL coste para la Administración (2)
	Línea A (1)	Línea B	Línea C	Línea D	Línea E	Línea F		
Eléctricas	26	277	44		38		386	31
Térmicas	2	16		1.601		46	1.665	85
Uso compartido: eléctrico y/o térmico y/o biocarburantes	42	145	132				319	26
Producción Combustible renovable			163				163	13
TOTAL	70	438	339	1.601	38	46	2.532	155

(1): Los fondos correspondientes a estas líneas podrían cambiar su modalidad de apoyo a lo largo del periodo.

(2): El coste para la Administración, en concepto de garantías y/o bonificación al tipo de interés, se ha estimado en el 8% de las cantidades destinadas a préstamos, excepto para la línea D, a la que, por estar dirigida a instalaciones de menor riesgo tecnológico, se le ha imputado un coste del 5%.

Tabla 4-4 Ayudas públicas a la financiación (Fuente: Resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020 pág. 34)

El tercer grupo de propuestas recogidas en el PER son las propuestas normativas. Este grupo recoge todas las medidas de adaptación, modificación a creación de legislación relativa a las fuentes renovables. Se busca la implementación de las fuentes renovables mediante medios legislativos.

El cuarto grupo, actuaciones en infraestructuras energéticas, se compone de tres subgrupos según el campo de aplicación. El primer subgrupo son las actuaciones en las infraestructuras del ámbito eléctrico, el segundo son las actuaciones relativas a la introducción del biogás en las redes de transporte de gas natural, y el tercero las actuaciones relativas al aumento de la presencia de biocarburantes en la logística de hidrocarburos. Los tres subgrupos tratan sobre la implantación de las energías renovables dentro del sistema.

Las actuaciones en la infraestructura eléctrica tienen cinco líneas de actuación principales.

- Requisitos técnicos a las instalaciones de generación renovable. Es fundamental garantizar la seguridad de suministro y la estabilidad del sistema, y por ello se deben establecer los requisitos técnicos para que la generación renovable no comprometa estos principios básicos. La generación renovable requiere de electrónica de potencia para estabilizar la señal y reducir las posibles variaciones en la red de la producción renovable.
- Gestión de la demanda. Como ya se ha comentado anteriormente, la curva de demanda en España presenta grandes variaciones de su gradiente, y presenta horas punta y horas valle. La implementación de las renovables, y su destacada imprevisibilidad, provocan que se deba variar la forma de gestionar las horas punta y valle.
- Sistemas de acumulación. Los sistemas hidráulicos con acumulación, o bombeo son necesarios para permitir la implementación de las renovables en el sistema. Permiten la acumulación de energía, favoreciendo la gestión de la curva de demanda, aprovechando los excedentes de generación y cubriendo las horas punta.
- Las interconexiones, para favorecer la integración de las energías renovables dentro del sistema.

- Propuestas administrativas.

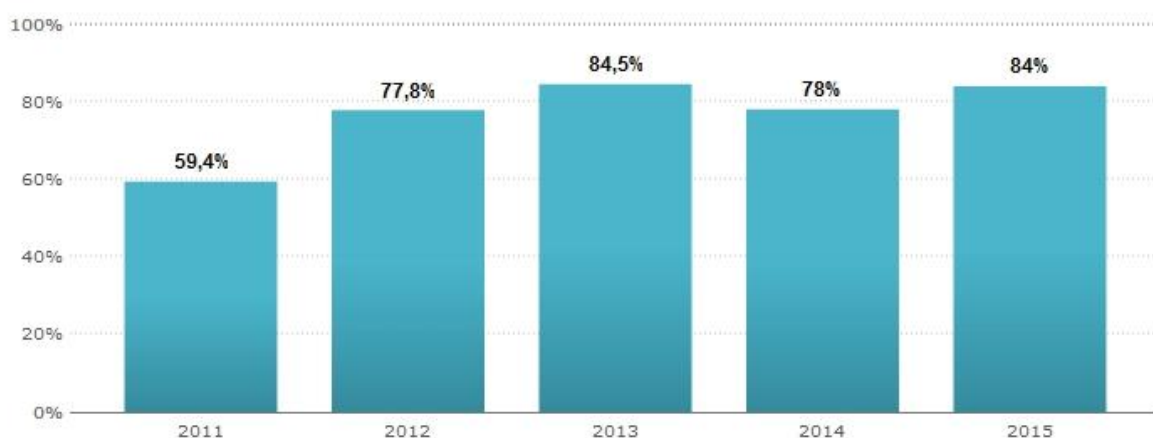
Por último, las acciones de planificación, promoción, información, formación y otras. Este grupo se compone de diferentes propuestas encargadas de establecer las fuentes de energía renovable a distintos niveles del sistema eléctrico mediante la promoción, divulgación e información. Se debe destacar la cooperación con otros países miembros para asumir los objetivos de la directiva europea.

4.4 Cumplimiento del programa ambiental REE

REE proporciona datos sobre el cumplimiento de la normativa ambiental. Dicho cumplimiento tiene una tendencia ascendente, aunque no llega a asumir el completo del programa ambiental, alcanzando un máximo de cumplimiento en 2016 con un 87%.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cumplimiento programa ambiental (%)	59,4	77,8	84,5	78	84	87	73

Tabla 4-5 Cumplimiento del programa ambiental por parte de Red Eléctrica Española (Fuente: REE)



Gráfica 4-2 Cumplimiento del programa ambiental REE. (Fuente: REE)

5. TECNOLOGÍA DEL COCHE ELECTRICO

5.1 Historia

A principios del siglo XIX se empezaron a construir los primeros coches eléctricos. Ampliamente reconocido como el primer coche eléctrico estaría el prototipo de Robert Anderson, que en 1830 fabricó un carruaje de cuatro ruedas impulsado por una pila no recargable. En 1881 ya se presentó uno de los primeros automóviles con batería recargable, fabricado por Gustave Trouvé y que utilizaba un motor siemens.

En sus inicios, el vehículo eléctrico competía tanto con los de vapor como los de gasolina, siendo estas tres las alternativas más comunes de la época.

La tecnología más madura era el motor de vapor, dado a su ya extenso uso tanto industrial como en el transporte, trenes o barcos. Aun así, en el ámbito privado, el vapor no consiguió eliminar el uso de animales de tiro para el transporte. Seguramente debido al gran volumen de estas máquinas y la dificultad para controlar la potencia que suministraba.

Por otro lado, el motor de combustión mediante gasolina empezaba a instaurarse en el parque automovilístico mundial. Era una tecnología poco común y carecía de la infraestructura que posee actualmente, no existía ni la red de carreteras ni el sistema de distribución de carburante del que disponemos actualmente. Además, en sus inicios se consideraba una tecnología ruidosa, cara e incómoda debido a la inexistencia de motores de arranque y el cambio brusco de marchas.

Por estos motivos en sus inicios el coche eléctrico llegó a captar la mayor parte del mercado automovilístico de la época. Un mercado que se limitaba a las clases altas de la sociedad, debido a los precios y la desigualdad social existente en la época.

Con la llegada del motor de arranque (1912) y la fabricación en serie de Henry Ford, el mercado automovilístico cambió radicalmente. El precio de los coches de combustión bajo considerablemente ampliando el mercado. Esta ampliación del mercado provocó que la

calidad esperada por los consumidores incluyera características como la autonomía. La tecnología tenía muy poca madurez, carecía del suficiente desarrollo como para garantizar una buena autonomía con cortos periodos de carga.

La deficiencia en la autonomía unida a la popularidad que obtuvo la gasolina provocó que hubiese un desequilibrio en el mercado a favor del coche de combustión de gasolina.

Hasta mediados de los 60-70, el coche eléctrico prácticamente no tenía representación en el parque automovilístico privado. Eso sí, fue ampliamente utilizado en maquinaria industrial, tranvías, trenes etc., Donde existía la posibilidad de permanecer constantemente conectado a la red de alimentación. Esta conexión permitía solucionar el problema de la autonomía. En estos ámbitos el motor eléctrico triunfo debido al gran desarrollo de la ingeniería eléctrica, permitiendo una amplia variedad de potencias, unas eficiencias mayores, un uso más ininterrumpido y con una amplia variedad de motores con diferentes características específicas.

Durante los años 60-70 comenzó un pequeño impulso a los coches eléctricos debido a la creciente preocupación medioambiental. Pero esta aparición fue sin efectos sobre el mercado proporcionando solo pequeños automóviles urbanos. Un ejemplo serían los *"CityCar"* de Sebring-Vanguard (fabricando unas 2000 unidades) o el *"Elcar"* (micro coche).

Provocado por la crisis del petróleo las grandes marcas automovilísticas debían buscar alternativas a los derivados del petróleo a su vez que continuaban aumentando la eficiencia y disminuyendo el consumo de los motores convencionales. El petróleo pasaba a ser una materia prima con existencias determinadas, controladas por unos pocos y con un precio muy fluctuante y determinante en las economías mundiales. Fue entonces donde empezaron a destacar modelos eléctricos de las grandes compañías como General Motors. Se debe considerar que existían diversos prototipos, vehículos industriales y micro coches, pero esto sin apenas influencia en el mercado privado del automóvil. En 1990 General motors presenta el *"Impact"*, precursor del Experimental *"Vehicle 1"* (EV-1).

A partir de este momento empezaron a instaurarse de una forma poco considerable para el parque automovilístico mundial varias modificaciones de modelos. Estas modificaciones como las del Ford Ecostar, el Chevorlet S-10 o el Ford Ranger eran básicamente para cumplir con las legislaciones medioambientales que se empezaban a instaurar en algunos países pioneros en la reducción del impacto ambiental. De entre todos los modelos que resurgieron cabe destacar el EV-1, ofrecido exclusivamente en alquiler a largo plazo.

En España a lo largo de los años se han desarrollado numerosos prototipos e incluso se han fabricado varios modelos de automóviles eléctricos. Uno de los pioneros en este ámbito a nivel nacional sería Emilio de La Cuadra Albiol, fundador de la Compañía General Española de Coches Automoviles Emilio de la Cuadra (1898), empresa que basaba su construcción en motores eléctricos. El primer coche eléctrico que se fabricó por esta compañía se fabricó en 1899, con 4-5 Km de autonomía. Debido a la poca autonomía de estos vehículos esta, y otras empresas venideras no consiguieron consolidarse con la venta de automóviles eléctricos. El motor eléctrico solo llegó a funcionar en camionetas y pequeños autobuses de marcas como *Autarquía* o *Pegaso*. Desde entonces el vehículo eléctrico de fabricación propiamente española no han sido más que vehículos aislados o prototipos sin llegar a crearse ninguna empresa que fabrique este tipo de vehículos.

Se debe destacar que paralelamente al coche eléctrico se comenzó a desarrollar el coche híbrido, permitiendo solventar algunos problemas del coche eléctrico como la autonomía reduciendo considerablemente las emisiones a la atmosfera.

5.2 Motores

En su conjunto el motor transforma la energía eléctrica, almacenada en las baterías en forma de corriente continua, en energía mecánica. El principio de funcionamiento es el mismo que en la gran mayoría de máquinas eléctricas, se aprovechan las fuerzas provocadas por un campo magnético variable para transformar la energía eléctrica en mecánica. En la gran mayoría de casos se puede aprovechar la energía mecánica durante el frenado para recargar las baterías mediante un frenado regenerativo.

El motor está constituido por cuatro partes, el sistema regulador, rotor, estator y la caja reductora. Esta es la configuración más común para el automóvil eléctrica pero puede variar según el fabricante o el propósito del vehículo. En caso de vehículos fabricados para la competición, o con la finalidad de alcanzar velocidades elevadas, el conjunto del motor se suele realizar mediante varios motores situados en las ruedas motrices. Controlando todos los motores mediante un ordenador central se puede dar independencia a cada rueda mejorando la estabilidad, la velocidad, el par y favoreciendo a un mayor control de la tracción ya que permite el giro de las ruedas a velocidades independientes.

La parte esencial del motor está formada por el rotor y el estator, siendo aquí donde se transforma la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Los campos magnéticos se generan en el estator provocando que una corriente alterna circule por su bobinado y creando un campo magnético giratorio. Este campo magnético giratorio provoca que existan unas fuerzas de reacción en el rotor, generando un par de rotación que se transfiere mediante un conjunto de engranajes a las ruedas motrices. Esta generación de energía mecánica a través de la energía eléctrica se realiza a unos niveles de eficiencia muy elevados dado que las máquinas eléctricas pueden llegar a presentar rendimientos superiores al 90%.

El control de la potencia y los flujos de corriente se realiza electrónicamente en el sistema regulador. Se controlan los valores de tensión y frecuencia entre el motor conjunto motor y las baterías de manera que se modifique la velocidad según la demanda del conductor. Es la parte más compleja y donde tienen lugar las mayores pérdidas por calentamiento del

conjunto, por este motivo es necesaria una refrigeración que puede variar según el fabricante. El sistema de control se forma principalmente de un inversor, un rectificador, un variador, controlador y transformador. Se debe de tener en cuenta que además se estos subsistemas principales se encuentran elementos de control, de conexión, de seguridad y de refrigeración. El inversor permite el cambio de la señal entre motor y batería, cambia la señal proveniente de la batería que es en continua a corriente alterna para alimentar el estator. Además, si el motor permite la obtención de energía eléctrica para recargar las baterías durante su uso se necesita un rectificador que realiza la función inversa. Entre el motor y las baterías se necesita un transformador, que permita aumentar las tensiones de la batería. El conjunto de inversor y transformador permite que se modifiquen las tensiones y frecuencias de la batería para alimentar al motor según las exigencias de velocidad y potencia del conductor. El variador o bloque electrónico de potencia se encarga de regular la velocidad de giro del rotor en mediante el control del campo electromagnético giratorio del estator. Por último, el controlador es un ordenador capaz de calcular y realizar todas las maniobras de coordinación de los elementos detallados anteriormente de manera que cumpla las exigencias del conductor. Además, almacena y recopila información sobre el estado y el funcionamiento del conjunto motor para asegurar un correcto funcionamiento.

El reductor de velocidad y el diferencial son la única parte mecánica del conjunto. Se encarga de reducir la velocidad de giro del rotor, y en caso de ser necesario establece la relación de marchas. En la mayoría de los casos al tratarse de utilitarios pequeños y para uso urbano suele constar de una o dos marchas, pero como ya se ha comentado esto depende del fabricante y de la funcionalidad del vehículo.

5.3 Baterías

La desventaja principal entre los vehículos eléctricos y los de combustión convencionales reside en la autonomía y el repostaje. Ambas características relacionadas directamente con la batería, pieza encargada del almacenamiento de energía para alimentar el motor. Además, no solo se debe tener en cuenta las características técnicas de estos dispositivos, se tienen que fabricar evitando el uso de materiales tóxicos o no renovables y que tengan el menor impacto en el medioambiente posible.

Actualmente en el campo de las baterías se impone el uso de las baterías de ion litio, siendo estas las que mejores prestaciones proporcionan, no tiene efecto memoria y permite una gran capacidad de almacenamiento.

Características más importantes a la hora de valorar una batería desde el punto de vista del usuario:

- Duración de la batería
- Tiempo de recarga
- Vida útil de la batería.

6. FOMENTO DEL COCHE ELECTRICO

La fluctuación de los precios de los hidrocarburos, y la dependencia y la sensibilidad de los sistemas económicos respecto a estos generan una cierta inseguridad e inestabilidad, dado que actualmente son la principal energía primaria.

Dentro de este contexto, el transporte será uno de los principales sectores afectados, y sobre todo en España debido a su gran dependencia energética. *“Si en el futuro no se introducen en el mercado del transporte nuevos vehículos que puedan reducir la dependencia de este sector de los productos petrolíferos, esta demanda cautiva será poco sensible a las fluctuaciones del precio del petróleo en el futuro, con lo que la demanda de petróleo en 2035 puede aumentar desde los 87 millones de barriles diarios del año 2010 hasta los 99 millones de barriles diarios en 2035, según la Agencia Internacional de la Energía” (Plan de Energías Renovable 2011-2010, Instituto de Ahorro Energético, pág. 35).*

Como se deduce de la cita anterior la búsqueda de modelos alternativos de transporte no solo tiene un carácter medioambiental, reducir emisiones, sino que también busca un aumento de la seguridad de los sectores relacionados con el transporte, así como de los mercados de las naciones dependientes de los mercados de petróleo.

En la actualidad, la energía eléctrica solo destaca en un ámbito del sector del transporte, el ferroviario. En el sistema de ferrocarriles español el 70% de la energía total consumida fue eléctrica (Datos IDEA), unos 2.300 GWh sobre los 3.300 totales. El resto fue aportado por el consumo de carburantes, en concreto gasóleo.

Se debe tener en cuenta el esfuerzo de las administraciones para intentar involucrar al coche eléctrico dentro del transporte privado, mediante la Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo eléctrico en España

6.1 Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo Eléctrico en España

La Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo Eléctrico en España trata de establecer una serie de estímulos para favorecer la implantación de este tipo de vehículos en el sector transporte. Dicha estrategia fue realizada durante el 2010, delimitando objetivos para el 2014 y 2020. Mediante tres grupos de trabajo, “Demanda y Promoción”, “Infraestructura y Gestión Energética” e “Industrialización e I+D+I”. Estos grupos estaban formados por asociaciones y empresas relacionadas con el sector, distribuidoras eléctricas, fabricantes de vehículos, ministerios del gobierno e incluso compañías de hidrocarburos. Según los tres diferentes grupos de trabajos se elevaron diferentes programas para el impulso del vehículo eléctrico.

En el ámbito de la demanda y promoción se realiza un estudio de la demanda tanto individual como en el ámbito de servicios públicos. Para el programa de impulso a la demanda, se realiza un estudio de los diferentes transportes públicos, así como de la flota de vehículos de uso profesional (servicios de asistencia médica domiciliaria o los vehículos de distintos ayuntamientos.) El objetivo es determinar si las flotas pueden ser sustituidas por vehículos eléctricos, analizando las características propias de uso de cada flota. El objetivo final de este programa era que 250.000 vehículos eléctricos circularan en 2014, de los cuales el 85% en flotas y el 15% restante para vehículos de uso personal.

Por otro lado, se define el plan de ventajas urbanas. En este plan, se buscaba que las ciudades con un número de habitantes superior a los 50.000 ofrecieran medidas que favoreciesen a los vehículos eléctricos. Dentro de estas medidas se incluía la circulación por áreas restringidas, una reducción del impuesto de circulación o incluso aparcamiento público gratuito.

Respecto a la industrialización e I+D+i, se determinan dos programas: Programa de fomento del desarrollo e industrialización de los VE en España, sus componentes y equipos de entorno, y el Programa de I+D+i. El programa de desarrollo y fomento de la industrialización buscaba maximizar la industrialización de componentes y módulos, tanto específicos como asociados,

para el vehículo eléctrico e híbrido enchufable, y establecer líneas de fabricación de vehículos eléctricos en plantas españolas para satisfacer la demanda que se buscaba generar sin comprometer la competencia de los fabricantes de vehículos españoles.

Por otro lado, el programa de I+D+i se limitaba a establecer apoyos específicos y explícitos a todos aquellos proyectos de investigación, desarrollo o innovación que estuviesen relacionado con el vehículo eléctrico o sus componentes. Además de promover centros de excelencia de I+D+i del vehículo eléctrico (Programa Inventar).

Por último, el tercer grupo de trabajo trataba de la infraestructura de recarga necesaria y del impacto y gestión de la demanda energética asociada al vehículo eléctrico. Se establecían objetivos para la instalación de puntos de carga, *“El Programa prevé que existan -en horizonte 2014- 62.000 puntos en domicilios particulares; 263.000 puntos en aparcamientos de flotas; 12.150 en aparcamientos públicos, y 6.200 en vías públicas. Se prevé igualmente instalar a partir del 2011 un punto de carga rápida por cada 400 puntos de carga de vehículos particulares, por lo que en el horizonte 2014 se alcanzarían 160 estaciones.”* (Estrategia integral para el impulso del vehículo eléctrico en España, pág. 19)

6.2 Estrategia de Impulso del vehículo con energías alternativas (VEA) en España (2014-2020)

Esta estrategia busca establecer el plan de actuación del gobierno español para asumir tres objetivos principales de la Unión Europea, reforzar la seguridad y competitividad de los sistemas eléctricos de la unión, la reducción de emisiones y mejorar la calidad del aire en Europa.

En primer lugar, reforzar la competitividad y garantizar la seguridad energética debido a la gran dependencia de las naciones de la unión respecto a las importaciones de energía.

El segundo objetivo sería reducir las emisiones en un 20% tomando como base las emisiones de 1990. Dicho objetivo se recoge en el Paquete Europeo de energía y Clima 2013-2020. Este

objetivo ya ha sido actualizado en octubre de 2014 por el Consejo Europeo, estableciendo la reducción de emisiones al 40% para 2030.

El último objetivo está relacionado con la calidad de aire en las ciudades europeas. Se busca una reducción de las emisiones de los contaminantes nocivos para la salud, así como la contaminación acústica.

Para cubrir los tres objetivos principales anteriores la UE insta a desarrollar y utilizar nuevos combustibles y sistemas de propulsión. Esto se realiza mediante una Estrategia para el Transporte Limpio (*Clean Power for Transport Package*) donde se buscan alternativas tipo eléctricos, gas licuado, gas natural comprimido o líquido, biocombustibles o hidrogeno.

La Estrategia de Impulso de Vehículos con Energías Alternativas se estructura en 5 líneas estratégicas y 30 medidas que cubren 3 ejes de actuación: la Industrialización, el Mercado y la Infraestructura.

6.3 Plan de Impulso a la Movilidad con Vehículos de Energías Alternativas (Movea)

El plan Movea recoge un conjunto de ayudas para la adquisición de vehículos de energías alternativas. Este plan se instauró por primera vez en el 2016, se amplió en 2017 y actualmente se espera la aprobación de un tercer plan en los presupuestos generales del estado de 2018.

En el primer plan Movea (2016) era una medida que formaba parte de la Estrategia de Impulso del Vehículo con Energías Alternativas (2014-2020). El Ministerio de Industria, Energía y Turismo junto con otros Ministerios y entidades asociadas determinó una partida de 16,6 millones de euros en ayudas en la adquisición de vehículos y en implantación de puntos de recarga. Las ayudas eran tanto para vehículos de propulsión eléctrica, de gas licuado de petróleo o de gas natural, y no solo se limitaba a automóviles si no que incluía motocicletas o bicicletas.

En los planes de 2017 se delimitó la partida en 14.26 millones de euros, y para 2018 se espera una partida de 50 millones de euros.

6.4 Plan de apoyo a la movilidad alternativa (Movalt, 2017)

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), publicó en 2017 un plan de ayudas para la adquisición de vehículos de propulsión alternativa financiado con fondos europeos, FEDER. De la misma forma que el plan Movae comentado anteriormente, se determinaban ayudas para la compra de vehículos y la infraestructura de recarga.

La partida de ayudas a la adquisición constaba de 20 millones de euros, de los cuales se entregaban ayudas de entre 500 y 18.000 euros. Las ayudas estaban destinadas tanto a personas físicas, autónomos, empresas y entidades tanto públicas como privadas. Para el desarrollo de infraestructuras se ofertaron 20 millones de euros en ayudas.

6.5 Actuaciones a nivel autonómico y local

A nivel autonómico y local se han implantado varias medidas para el fomento del coche eléctrico y otras alternativas. Estas medidas van desde la sustitución del transporte público convencional, por las ayudas a la adquisición de vehículos nuevos y puntos de recarga, o incluso con la determinación de ciertos beneficios a los usuarios que utilicen este tipo de vehículos. Actualmente los principales inversores en materia de propulsión alternativa son los autónomos, empresarios y particulares. Las empresas relacionadas con el sector, y las interesadas en fomentar una actitud más amigable respecto al medioambiente, son las principales interesadas en la creación de la gran mayoría de puntos de recarga.

Por comunidades autónomas se debe destacar el papel de la comunidad de Madrid y de Cataluña, ya que estos conformaron casi el 70% de los nuevos coches eléctricos vendidos en España durante el 2017. Cataluña ha implantado ayudas propias para la construcción de una red de puntos de recarga rápida que permita fomentar los desplazamientos. De esta manera

se procura que las largas distancias no se vean tan afectadas por la falta de autonomía de los vehículos eléctrico.



Ilustración 6-1 Distribución de los puntos de recarga en España (Fuente: <https://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/mapa>)

Son numerosas las ciudades que ya tienen una flota de vehículos de transporte público que utilizan vehículos de propulsión alternativa, como por ejemplo los autobuses de gas natural en Barcelona. En Barcelona el 35% del total de vehículos de “*Transports Metropolitans de Barcelona*” (TMB) que dan servicio a las líneas de la ciudad y diez municipios del entorno.

Actualmente, y debido a los niveles de contaminación del aire, las dos principales ciudades de nuestro país, Barcelona y Madrid, se ven obligadas a frente a determinadas condiciones limitar el tráfico convencional, solo permitiendo la circulación a aquellos vehículos con una contaminación baja o nula. Además, en la mayoría de ciudades de territorio español los vehículos eléctricos y de propulsiones alternativas gozan de aparcamiento gratuito en zonas de limitación horaria o de una reducción en el impuesto de circulación.

7. SITUACIÓN ACTUAL DEL COCHE DE COMBUSTION

7.1 Principio de funcionamiento

A partir de la energía química de un combustible, mediante su combustión, se obtiene energía mecánica. La reacción de combustión mezcla el combustible con aire y provoca el desplazamiento de un pistón. El pistón tiene un desplazamiento vertical, y mediante el cigüeñal este desplazamiento se transforma en rotación, dicha rotación es la que se aprovecha para el movimiento de las ruedas y desplazar el vehículo.

Existen diferentes tipologías de motor de combustión, pero la clasificación principal es mediante el tipo de combustible. Actualmente los combustibles principales utilizados en los turismos son la gasolina y el diésel, ambos derivados de la refinación del petróleo. La gasolina necesita una mezcla de aire, aceite y gasolina que explota mediante una chispa. En cambio, el diésel tiene su explosión provocada por la compresión del combustible.

7.2 Tecnología actual

El motor de combustión interna lleva presente en el sector transporte desde los principios de los vehículos de uso privado. La tecnología ha desarrollado grandes cambios, aumentando su rendimiento y reduciendo tanto el consumo como las emisiones sin comprometer la potencia que estos ejercen.

Las tecnologías más comunes en los motores de gasolina serían las Ecoboost de Ford, TSI de Volkswagen, HDI de Citroën o los PureTech de Honda. Todas tienden al diseño de motores más pequeños 'downsizing', con un menor consumo y reduciendo las emisiones.

Las emisiones medias aproximadas de la combustión serían de 2,196 kg de dióxido de carbono por cada litro de gasolina, y de 2,471 kg de dióxido de carbono por cada litro de diésel. Se debe tener en cuenta que no solo se emite dióxido de carbono en la combustión. Las emisiones para la combustión de gasolina serían de aproximadamente un 14% de dióxido de

carbono, un 71% de nitrógeno, un 13% de vapor de agua y entre un 1-2% de monóxido de carbono, óxidos nítricos e hidrocarburos. En cambio, el espectro de las emisiones de los vehículos diésel es mucho mayor. Son partículas volátiles de mayor tamaño que las emitidas por los de gasolina, como se indica en el estudio "Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado" del *Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera*, los motores diésel, a pesar de consumir menos combustible, son hasta cuatro veces más contaminantes que los de gasolina. Estos emiten niveles mayores de dióxido de nitrógeno y de partículas en suspensión, siendo los principales contaminantes del aire. "Cuatro coches de gasolina emiten tantas partículas en suspensión como uno diésel" (*Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado*, Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC))

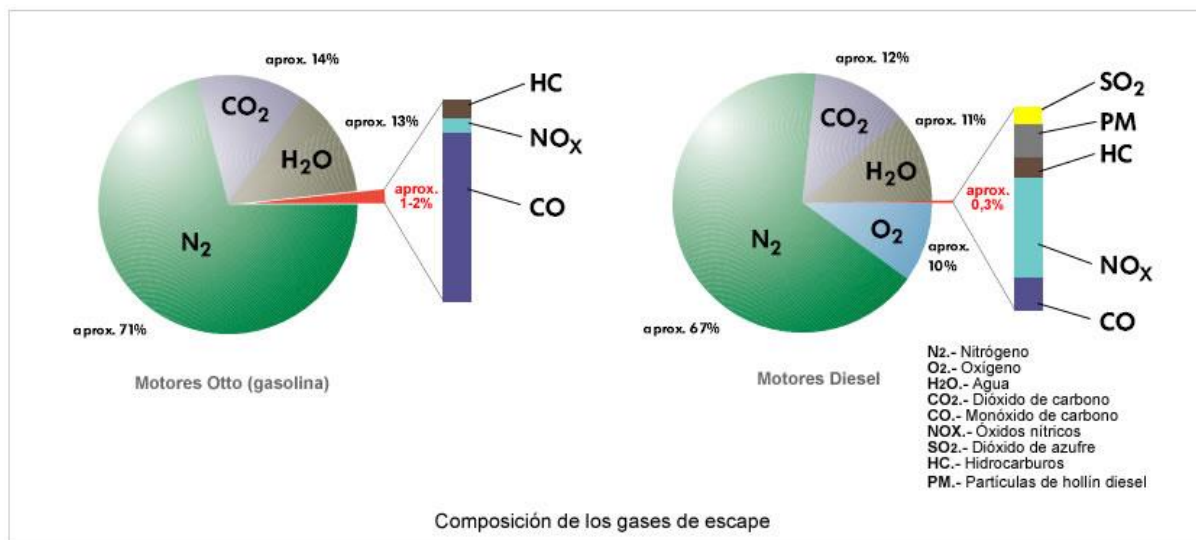


Ilustración 7-1 Composición de los gases de escape para motores de ciclo Otto y ciclo Diésel (Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>)

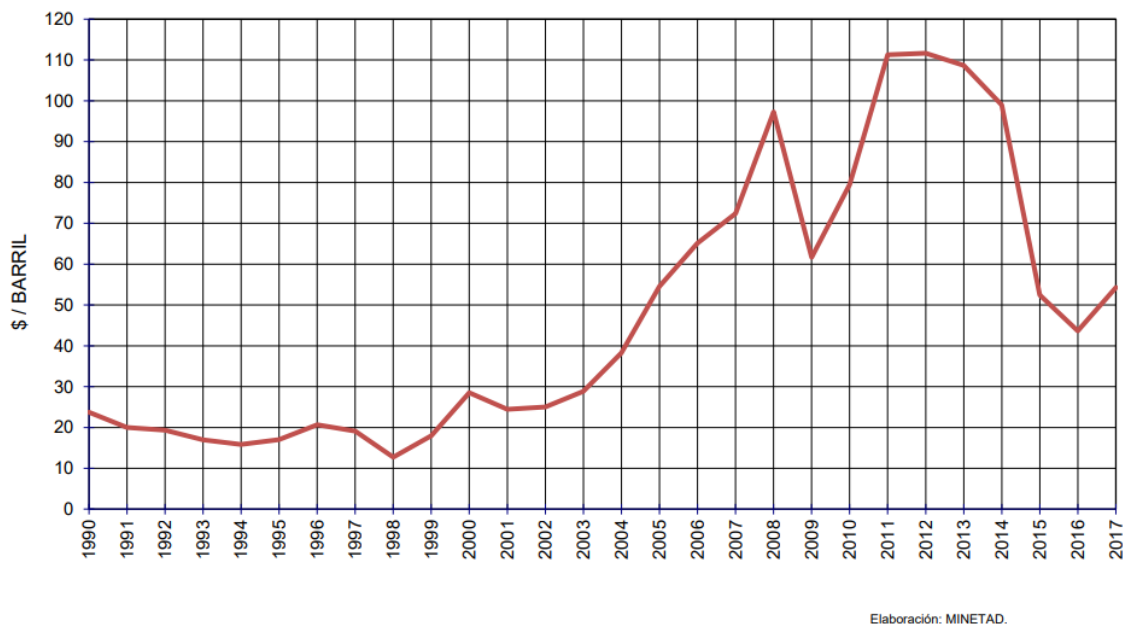
Existen numerosas tecnologías destinadas a la reducción del consumo y emisiones, y es un sector que goza de grandes inversiones en investigación y desarrollo. Tecnologías como el encendido por compresión HCCI de Mazda para el 2018, la relación de compresión variable de Infinity, la eliminación de los árboles de levas de Koernigsen o la inyección de agua de BMW son ejemplos de próximas mejoras que plantean los diferentes fabricantes de motores de gasolina para mejorar el rendimiento, el control de la combustión y la reducción de las emisiones.

7.3 Fluctuación del precio de los carburantes

El petróleo es uno de los recursos naturales que más influencia tiene en el desarrollo de las naciones debido a que la principal fuente de energía. España, como la gran mayoría de países de la UE, no es principal extractor y sufre una gran dependencia de estos recursos.

“En 2014 la producción interior de crudo fue de 305.411 toneladas y la de gas natural sumó 268,900 GWh, lo que supuso un grado de autoabastecimiento del 0,49 % y del 0,09 %, respectivamente, sobre el consumo nacional.” (*Ministerio para la transición ecológica, Secretaría de estado de la energía*)

Debido a que el petróleo es un recurso natural con reservas limitadas, y es base de las economías mundiales, las naciones tienen una alta sensibilidad ante la variación de los precios de este.

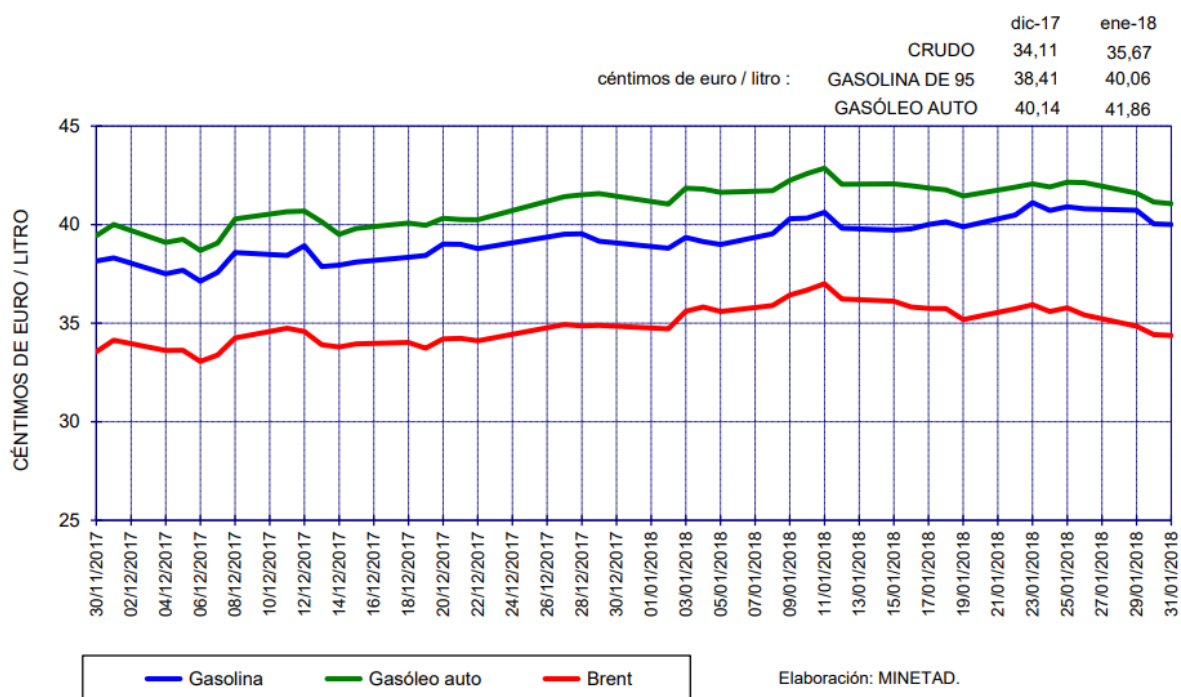


Gráfica 7-1 Evolución del precio del barril de Brent \$/Barril (Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital)

La evolución del precio del barril de Brent es inestable y variable. La demanda de petróleo es muy superior a la oferta de este, que está limitada, provocando que el precio aumente de manera drástica al disminuir las reservas. Además, se debe tener en cuenta que los principales

extractores de este recurso natural tienen situaciones geopolíticas inestables, lo que afecta enormemente a su precio.

Debido a la sensibilidad de las diferentes naciones al precio de los combustibles fósiles y los impactos derivados del consumo de estos, los países deben de tener un control y una gestión concreta para este tipo de recursos. Por esta misma razón, los combustibles distribuidos dentro de la unión europea tienen una serie de impuestos dirigidos a la gestión del consumo y la reducción de impactos. El precio de los carburantes es mayor que el precio real de estos, como se observa en la (gráfica 7-2), pero esta diferencia aumenta con los impuestos. Estos impuestos se determinan en cada una de las comunidades autónomas que componen la nación (tabla 7-1).



Gráfica 7-2 Evolución del precio de los combustibles en comparación con el precio del barril de Brent (Fuente: Ministerio de energía, Turismo y Agenda Digital)

La composición de la gasolina y el diésel está determinada por normativa, tanto a nivel nacional como a nivel comunitario (UE). De esta manera se intenta garantizar unos mínimos de calidad y estabilizar los precios de los carburantes minimizando y restringiendo las emisiones derivadas de la combustión.

Fecha Actualización: 16/05/2018

IV.11. PRECIOS MEDIOS NACIONALES DE CARBURANTES Y COMPONENTES ENERGÉTICOS DEL IPC

	Euros/litro				IPC. Componentes energéticos			
	GASOLINA 95		GASÓLEO A		Índice 2011=100			
	PVP	Sin impuestos	PVP	Sin impuestos	Productos energéticos	Carburantes y lubricantes	Electricidad	Gas
2013	1,431	0,718	1,359	0,753	121,3	126,5	106,7	123,0
2014	1,384	0,678	1,303	0,706	120,3	122,6	111,4	123,9
2015	1,228	0,553	1,114	0,553	109,4	107,7	110,9	111,9
2016	1,152	0,491	1,015	0,472	100,0	100,0	100,0	100,0
2017	1,218	0,546	1,101	0,541	108,0	107,3	109,7	106,8
2018 (1)	1,246	0,568	1,152	0,584	110,2	111,3	106,8	110,9
2017 II	1,215	0,542	1,085	0,529	106,2	106,2	105,3	107,7
III	1,193	0,524	1,071	0,511	105,6	105,0	105,6	108,7
IV	1,226	0,552	1,127	0,564	110,4	109,1	114,3	106,9
2018 I	1,240	0,563	1,147	0,580	110,3	110,7	107,9	111,9
II (1)	1,265	0,582	1,168	0,597	109,8	113,1	103,6	108,0
2018 Feb	1,237	0,561	1,143	0,577	111,1	110,3	111,4	112,1
Mar	1,230	0,554	1,137	0,571	108,2	109,7	102,9	111,6
Abr	1,265	0,582	1,168	0,597	109,8	113,1	103,6	108,0
Tasas de variación interanual en %								
2013	0,4	-3,0	-0,5	-4,1	0,0	0,2	-2,7	5,7
2014	-3,3	-5,5	-4,1	-6,3	-0,8	-3,1	4,4	0,8
2015	-11,2	-18,5	-14,5	-21,7	-9,0	-12,2	-0,5	-9,7
2016	-6,2	-11,3	-8,9	-14,6	-8,6	-7,1	-9,8	-10,6
2017	5,8	11,2	8,5	14,7	8,0	7,3	9,7	6,8
2018 (1)	0,4	0,6	2,8	4,5	0,8	2,2	-4,1	5,8
2017 II	4,1	7,9	6,7	12,0	7,9	5,5	13,4	8,3
III	3,7	6,5	4,4	5,6	5,4	4,3	5,3	11,6
IV	3,1	6,0	5,0	8,6	4,1	4,3	2,2	7,2
2018 I	0,008	-0,059	2,149	3,471	0,3	1,6	-5,1	7,5
II (1)	1,582	2,626	4,707	7,574	2,3	3,9	-0,8	0,9
2018 Feb	-1,1	-1,9	1,2	1,9	1,4	0,7	0,5	7,7
Mar	0,3	0,3	2,3	3,6	1,3	1,6	-1,4	6,6
Abr	1,6	2,6	4,7	7,6	2,3	3,9	-0,8	0,9

(1) Período disponible

Tabla 7-1 Precios medios de los carburantes en España y tasas de variación interanual (Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital)

7.4 Coche híbrido

Un vehículo híbrido es aquel que combina más de una fuente de propulsión, generalmente combina un motor de combustión con un motor eléctrico. Los vehículos híbridos se pueden clasificar según si son híbridos, híbridos enchufables, híbridos ligeros o incluso si con vehículos eléctricos con extensión de autonomía. Estos últimos se suelen clasificar como

vehículos de propulsión eléctrica, ya que principalmente se impulsan con energía eléctrica, pero tienen un pequeño generador eléctrico para aumentar su autonomía.

Los vehículos híbridos, *“Hybrid Electric Vehicle”* (HVE), son aquellos que combinan la propulsión eléctrica con la propulsión mediante el motor de combustión, pero que carecen de unas baterías recargables que se puedan conectar a la corriente externa. Son vehículos donde se aprovecha el movimiento generado por el motor de combustión para poder recargar las baterías y en caso de ser posible, impulsarse mediante un motor eléctrico. Estos vehículos vienen equipados con tecnología que les permite recuperar la energía con las frenadas, las retenciones y las aceleraciones, cuando el motor térmico esté proporcionando un excedente de potencia. El motor eléctrico se utiliza para regular y optimizar el consumo y la potencia del motor de combustión.

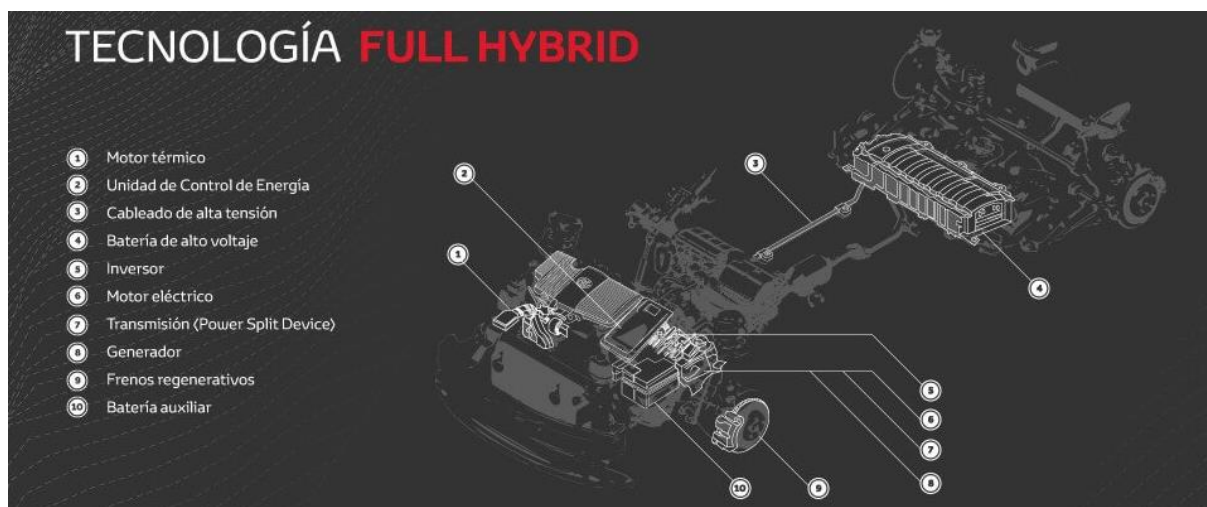


Ilustración 7-2 Esquema de un vehículo híbrido de Toyota (Fuente: Toyota)

Los híbridos enchufables, *“Plug-in Hybrid Electric Vehicle”* (PHVE), se presentan como una tecnología de transición entre el coche de combustión común y el eléctrico. Consta de un motor de combustión y uno eléctrico, pero en este caso el motor eléctrico tiene una influencia mayor en lo referente al impulso del vehículo. En este caso el vehículo consta de una batería de mayor capacidad que puede recargarse mediante la conexión a red, lo que permite que la potencia de este motor pueda llegar a impulsar de forma independiente al vehículo. Estos

vehículos también tratan de optimizar el funcionamiento del motor térmico y utilizan tecnología para reutilizar la energía excedente de este.

Los híbridos ligeros, *“mild-hybrid”* (MHEV), son vehículos que simplemente tienen una pequeña asistencia de un motor eléctrico. Constan de una batería algo mayor que las convencionales de la mayoría de los vehículos, y de un motor eléctrico de poca potencia que asiste al motor de combustión. Esta asistencia, por ejemplo, en el arranque, reduce el consumo de combustible y las emisiones.

Actualmente el vehículo híbrido, en todas sus variantes, es la solución más común al vehículo de combustión convencional. Pero su alto nivel de complejidad y las mejoras necesarias hacen que esta clase de vehículos no sean tan competitivos económicamente contra los convencionales. Cada año aumenta considerablemente el número de ventas con respecto a años anteriores, 17.000 unidades en el periodo de enero-marzo, lo que equivale a un incremento del 30% con respecto a el mismo periodo de 2017. Estas cifras están muy alejadas de los números de ventas de vehículos de combustión, entre los superiores a las 130.000 matriculaciones en mayo 2018 (*Datos de ANIACAM*).

8. COMPARATIVA DEL COCHE ELECTRICO Y DE COMBUSTION

8.1 Coche eléctrico

A partir de los 10 coches eléctricos más vendidos durante el 2017, y tomando características de los propios fabricantes se elabora una media del consumo:

Modelo	Marca	Consumo (kWh/100 km)
ZOE	Renault	13,3
Leaf	Nissan	11,0
I3	BMW	13,1
Four Two	Smart	12,9
Model S	Tesla	20
E-Golf	Volkswagen	12,7
Model X	Tesla	25
C-Zero	Citroën	12,6
Ioniq	Hyundai	12
Four-Four ED	Smart	13,1
Consumo Medio (kWh/100 km)	Con Tesla	12,59
	Sin Tesla	13,7

Tabla 8-1 Calculo del consumo medio a partir de datos de los fabricantes

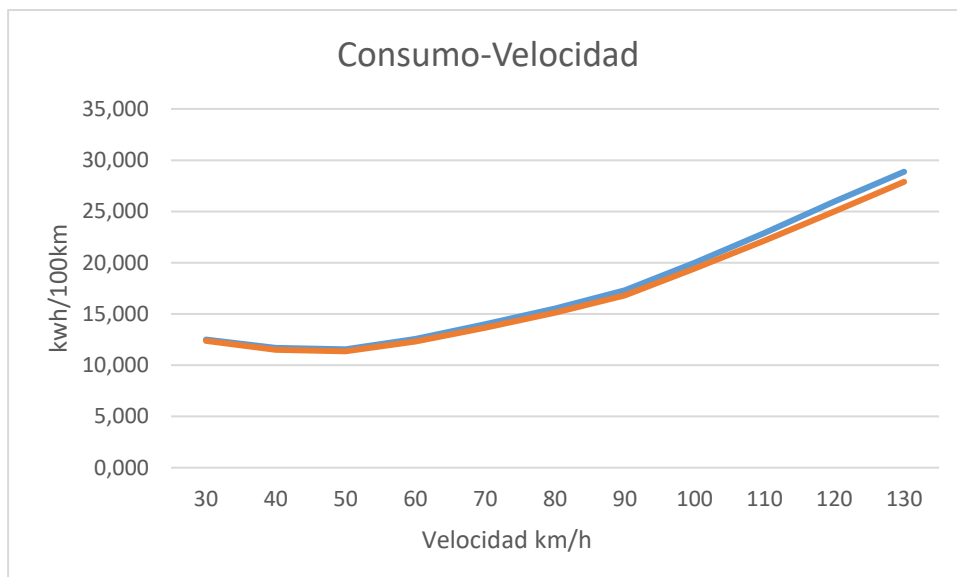
El consumo depende principalmente:

- Del sistema de climatización. El sistema de climatización depende de la energía del propio vehículo, su uso aumenta el consumo.
- Temperatura exterior. Tomando los datos del Zoe R90 de Renault, se observa como la temperatura afecta al consumo. Una conducción a -15°C implica un aumento de un tercio del consumo respecto el mismo vehículo a la misma velocidad. (Gráfica 8-2).

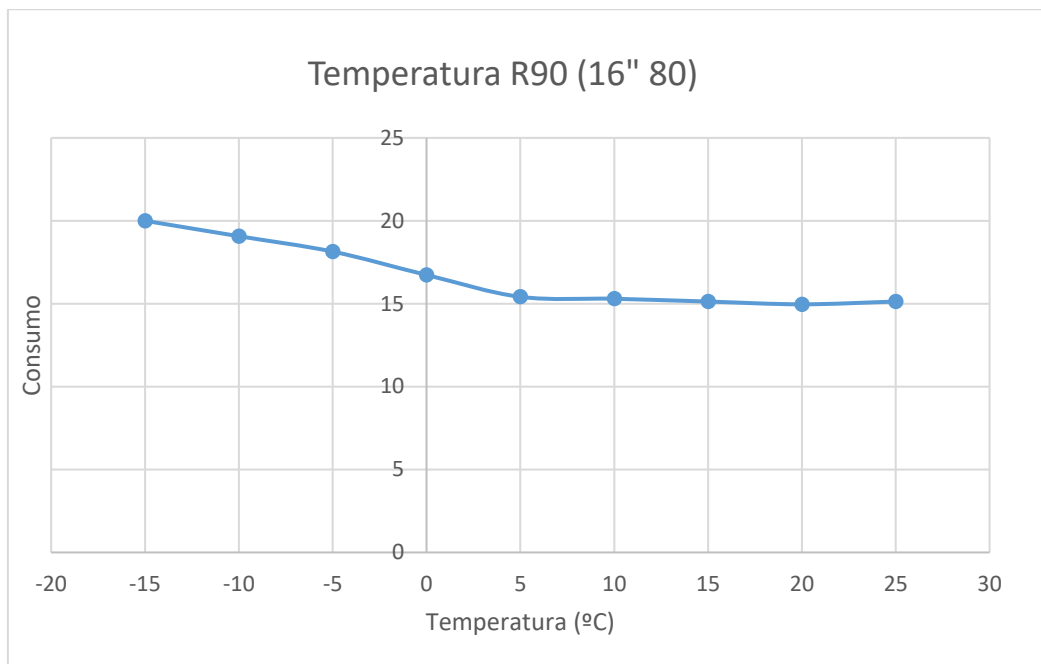
- De la velocidad que proporciona el motor. (Ejemplo Renault ZOE)

Batería	41 kWh		Consumo (kWh/100km)	
Velocidad	Q90	R90	Q90	R90
30	328	331	12,500	12,387
40	351	356	11,681	11,517
50	355	361	11,549	11,357
60	326	333	12,577	12,312
70	293	300	13,993	13,667
80	264	271	15,530	15,129
90	237	244	17,300	16,803
100	205	211	20,000	19,431
110	179	185	22,905	22,162
120	158	164	25,949	25,000
130	142	147	28,873	27,89

Tabla 8-2 Relación entre la velocidad, la autonomía y el consumo del Renault Zoe (Fuente: Renault)

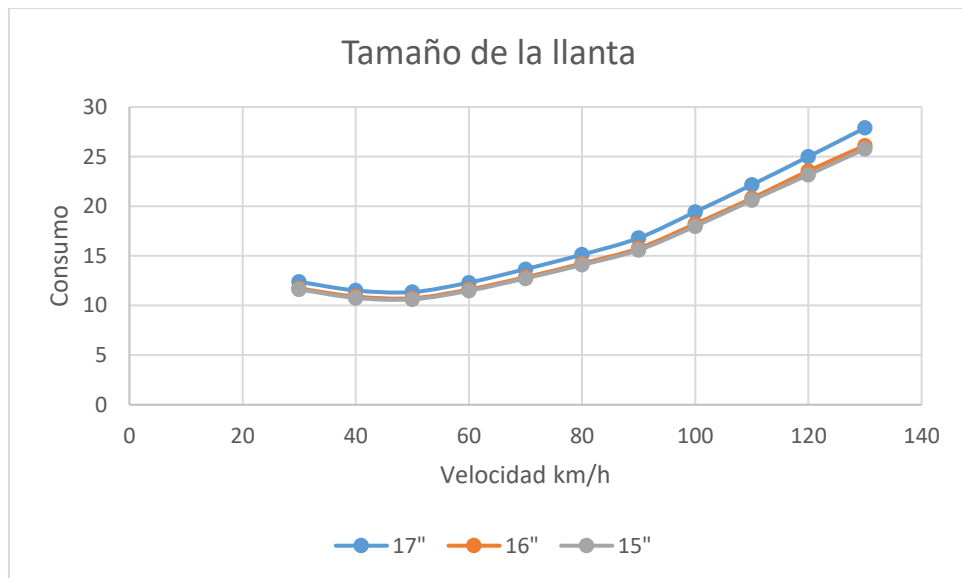


Gráfica 8-1 Relación consumo velocidad ZOE R-90 con temperatura y diámetro de llantas constantes (Fuente: Renault)



Gráfica 8-2 Relación consumo Temperatura con diámetro de llantas y velocidad constantes del ZOE R-90 (Fuente: Renault)

- Diámetro de las llantas. Como se observa en el gráfico, el tamaño de las llantas afecta a el consumo. El diámetro de las llantas y el peso mayor de estos afectan al momento de inercia de las ruedas del vehículo, aumentando el consumo (Gráfica 8-3).



Gráfica 8-3 Relación entre el consumo y el diámetro de la llanta del ZOE R-90 (Fuente: Renault)

- Modo de conducción. Los vehículos eléctricos incorporan sistemas de regulación que permite delimitar la potencia máxima que puede ofrecer. De esta misma manera, muchos coches eléctricos tienen limitada la velocidad máxima a la que puede circular. Es importante considerar que la conducción de cada usuario influye de manera muy significativa, siendo la variable que más afecta a la autonomía y al consumo.
- Peso y de la resistencia al viento. A mayor peso y mayor resistencia aerodinámica, el motor del vehículo eléctrico de ejercer más fuerza, afectando negativamente en el consumo.

Se debe tener en cuenta que dentro de estos diez coches más vendidos existen dos modelos que difieren de las características de los otros. Los modelos Tesla, son vehículos de alta gama que difieren tanto en potencia como en consumo respecto a los otros. Por esta misma razón se debe tener en cuenta que no deberían tomarse sus características para definir el coche eléctrico medio. En el estudio se tienen en cuenta para aumentar el consumo y tener un determinado margen de error en las comparativas con los vehículos de combustión.

Es necesario valorar en todo momento que los consumos medios utilizados difieren de los reales, ya que son datos proporcionados por los fabricantes y los test realizados son en un laboratorio. Los consumos reales son ligeramente superiores, entorno al 20-30%, pero depende completamente del conductor y de las condiciones del entorno.

Los fabricantes realizan las pruebas de consumo y autonomía de los vehículos eléctricos en función de unas determinadas pautas establecidas por los gobiernos donde se quiera realizar la venta, y en función de estas se experimenta mediante unos denominados ciclos EPA (EUA) y NEDC (UE).

El ciclo NEDC, "*New European Driving Cycling*", es un ciclo de conducción que se compone de cuatro pruebas de conducción urbana, y una de conducción extraurbana para determinar el uso de la energía de un determinado vehículo, con la finalidad de informar a los consumidores y determinar los impactos ambientales. El valor obtenido es una referencia del consumo de un vehículo, pero no es un valor real, generalmente el consumo real es algo mayor que el

determinado experimentalmente. La prueba representa una conducción suave, sin grandes aceleraciones, buscando grandes periodos a ralentí y velocidades constantes, condiciones que no suelen darse en la conducción real que suele tener una conducción más dinámica.

8.2 Coche de combustión

Según datos del gobierno, el parque automovilístico de turismo ronda los veintitrés millones de coches. Dada la gran variedad de vehículos que podemos encontrar, se establece un valor medio de consumo valorando los modelos más recientes. Se determina el número de vehículos diésel y gasolina a partir de series estadísticas publicadas por el gobierno (datos del 2016).

Dichos modelos tienen un consumo medio considerablemente reducido respecto a sus modelos predecesores gracias a las nuevas tecnologías, comentadas anteriormente.

Se opta por un consumo medio de 6,5 litros cada cien kilómetros para los vehículos de gasolina y 5,5 litros a los cien para los vehículos diésel.

8.3 Influencia de cada tipología

A continuación, se analiza el desarrollo del factor de emisiones para cada una de las tipologías de generación que forman el mix energético nacional, como es lógico se obvian aquellas tipologías que no producen emisiones de dióxido de carbono.

El factor de emisiones no es un valor constante ya que se modifica en función del funcionamiento de la propia central. Esto es debido a que el sistema eléctrico de potencia es un sistema complejo que actúa en función de la demanda variable. Según el punto de funcionamiento y las horas de funcionamiento de cada central se genera a distintos niveles de rendimiento.

8.3.1 Carbón

Año	Emisiones anuales	Generación (GWh)	Factor de emisión (tCO ₂ /MWh)
2007	67,098,598	70,630	0.950
2008	8,400,621	46,508	0.181
2009	27,123,794	34,793	0.780
2010	403,866	23,701	0.017
2011	8,664,126	43,267	0.200
2012	51,122,747	53,813	0.950
2013	37,551,186	39,528	0.950
2014	41,154,288	43,320	0.950
2015	50,149,589	52,789	0.950
2016	35,616,709	37,491	0.950
2017	42,936,455	45,196	0.950

Tabla 8-3 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas de carbón en España

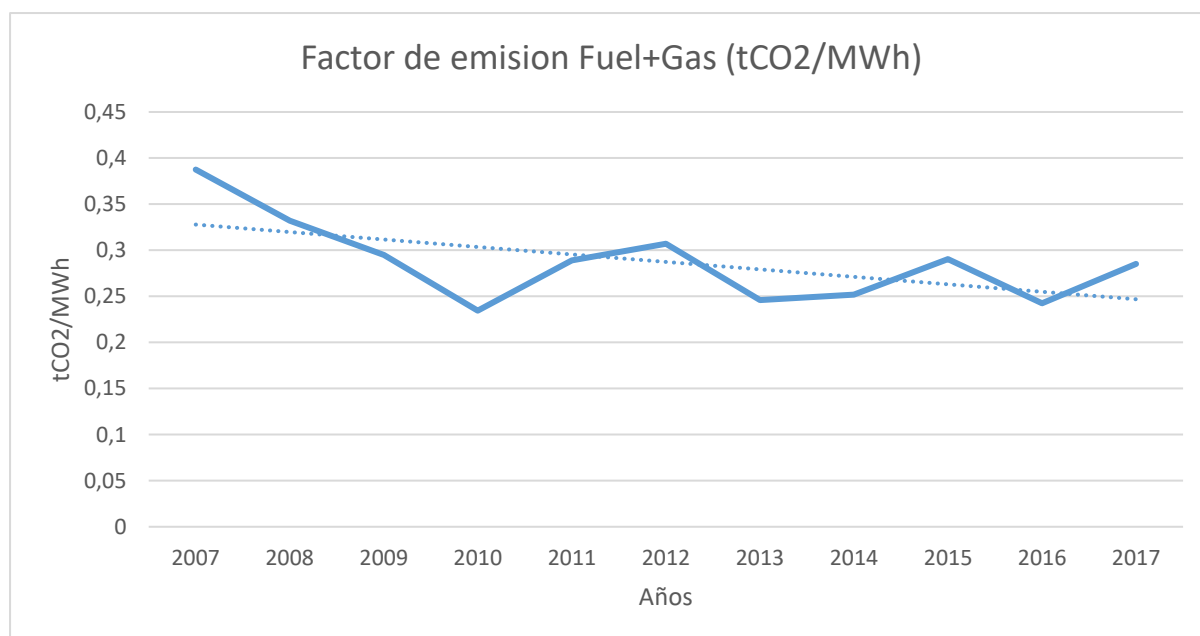
Como ya se ha comentado en los primeros apartados, la tipología térmica de carbón es la principal emisora del sistema de potencia español llegando a tener un factor de emisión próximo a la unidad (*Tabla 8-2*). Se observa claramente como los años de menor generación por esta tipología derivan en un factor de emisiones mucho menor, y por este motivo es uno de las tipologías en el punto de mira a la hora de reducir las emisiones y preservar el medio ambiente.

8.3.2 Fuel+Gas

La influencia de esta tipología de generación en el mix energético se mantiene se mantiene prácticamente constante (*Gráfica 3-6*), aunque se reduce con respecto a los primeros años, 2007 y 2008. Dado esta constancia en la participación en la generación total, el factor de emisiones se mantiene prácticamente constante (*Tabla 8-3 y Gráfica 8-4*).

Año	Emisiones anuales	Generación (GWh)	Factor de emisión (tCO ₂ /MWh)
2007	8,400,621	9,988	0.38753571
2008	8,222,911	9,888	0.33207673
2009	7,683,629	9,276	0.29476783
2010	7,321,668	8,822	0.23447898
2011	6,057,486	7,024	0.28888415
2012	6,116,754	7,098	0.30690516
2013	5,491,082	6,574	0.24609564
2014	5,102,790	6,257	0.25196599
2015	5,257,557	6,497	0.29025536
2016	5,491,480	6,765	0.2424025
2017	5,695,781	7,011	0.28528146

Tabla 8-4 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas de Fuel+Gas en España (Fuente :REE; Elaboración propia)



Gráfica 8-4 Factor de emisión Fuel+Gas (tCO₂/MWh)

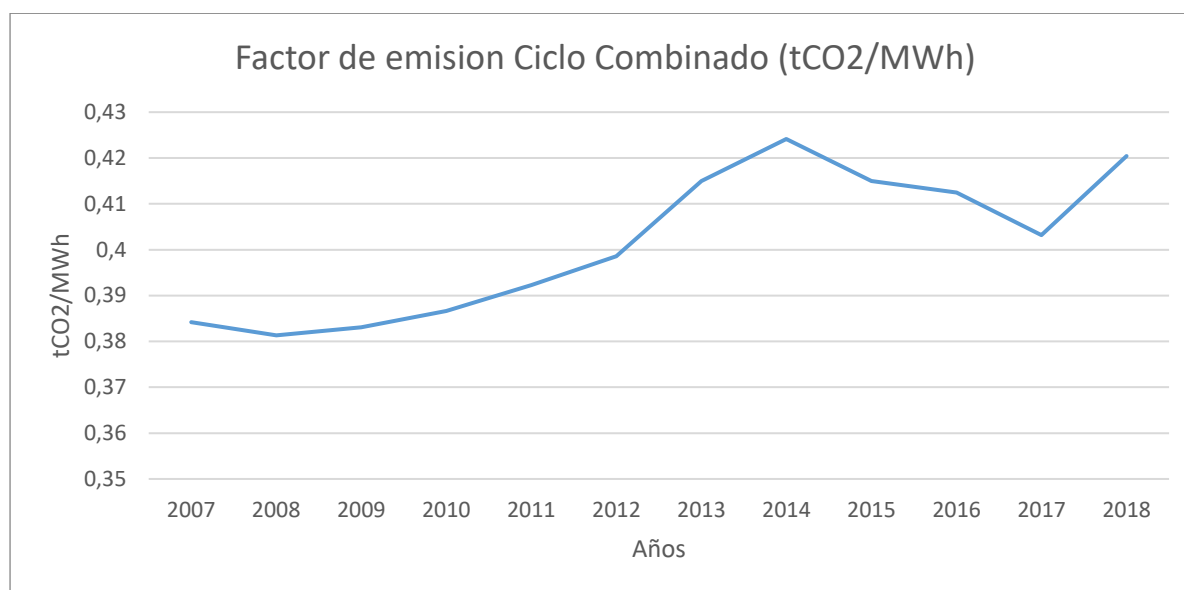
8.3.3 Ciclo combinado

Año	Emisiones anuales	Generación (GWh)	Factor de emisión (tCO ₂ /MWh)
2007	27,123,794	70,600	0.38418896
2008	35,538,149	93,198	0.38132068
2009	30,729,259	80,224	0.38304419
2010	25,826,072	66,799	0.38662373
2011	21,049,929	53,657	0.39230339
2012	16,460,886	41,300	0.39856868
2013	11,547,529	27,827	0.41497812
2014	10,635,491	25,075	0.42414505
2015	12,154,925	29,291	0.41497486
2016	12,069,345	29,260	0.41248051
2017	15,036,167	37,296	0.40315236
2018	3,296,101	7,840	0.42044766

Tabla 8-5 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas de ciclo combinado en España (Fuente :REE; Elaboración propia)

El factor de emisiones del ciclo combinado es bastante variable y se ve incrementado en los últimos años debido a su funcionalidad como central de apoyo a las energías renovables (*Tabla 8-4 y Gráfica 8-5*), que cada vez tienen más influencia en el mix (*Gráfica 3-2*).

Comparando su factor de emisiones con el de las térmicas de carbón se concluye en lo comentado anteriormente. Las centrales de ciclo combinado tienen un rendimiento mucho mayor que las centrales térmicas de carbón, y su factor de emisiones máximo en los últimos años es prácticamente un 50% menor que el de las térmicas de carbón (*Tablas 8-4 y 8-3*).



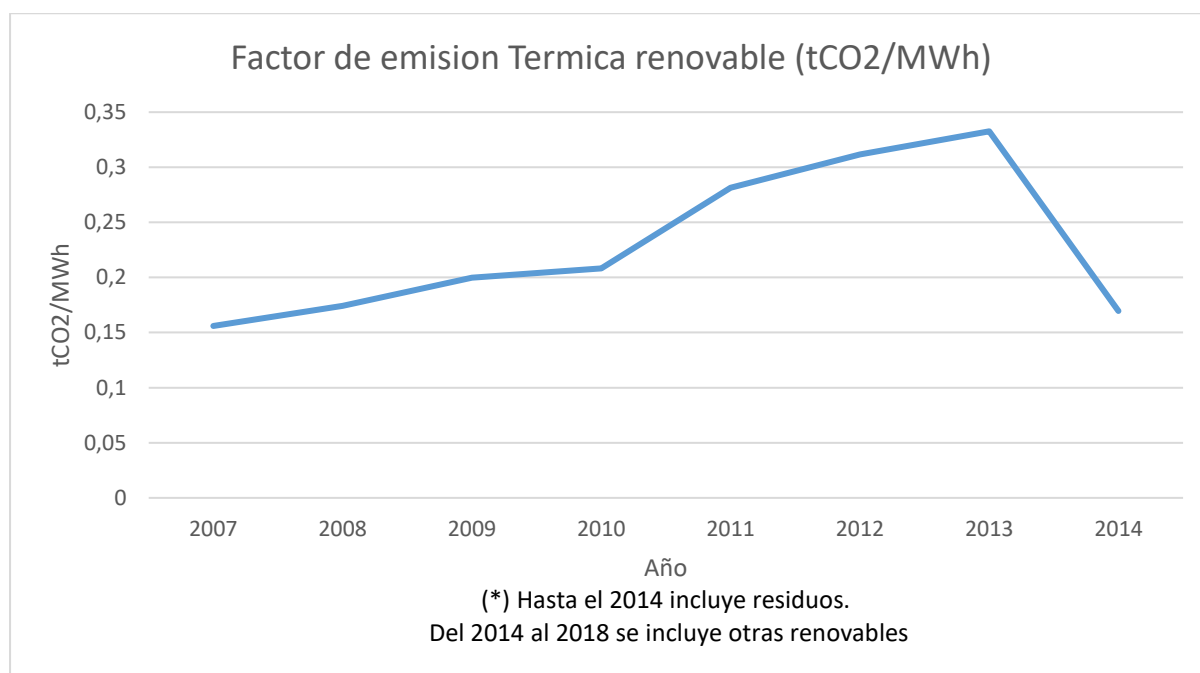
Gráfica 8-5 Factor de emisión Ciclo Combinado (tCO₂/MWh) (Fuente :REE; Elaboración propia)

8.3.4 Térmica renovable

El factor de emisiones de las centrales térmicas renovables aumenta considerablemente en los últimos años, esto es debido a un incremento de su uso y una mayor presencia en el mix energético español. (Tabla 8-5 y Gráfica 8-6). Se debe tener en cuenta que hasta el año 2014, la REE incluye la generación mediante residuos dentro de esta tipología.

Año	Emisiones anuales	Generación (GWh)(*)	Factor de emisión (tCO ₂ /MWh)
2007	403,866	2,589	0.155995149
2008	450,753	2,589	0.174105331
2009	517,529	2,589	0.199897716
2010	539,206	2,589	0.208270566
2011	728,423	2,589	0.281356498
2012	806,845	2,589	0.311647471
2013	861,146	2,589	0.332621423
2014	802,056	4,729	0.169613507
(*) Hasta el 2014 incluye residuos. Del 2014 al 2018 se incluye otras renovables			

Tabla 8-6 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas renovables en España (Fuente :REE; Elaboración propia)



Gráfica 8-6 Factor de emisión Térmica renovable (tCO₂/MWh) (Fuente :REE; Elaboración propia)

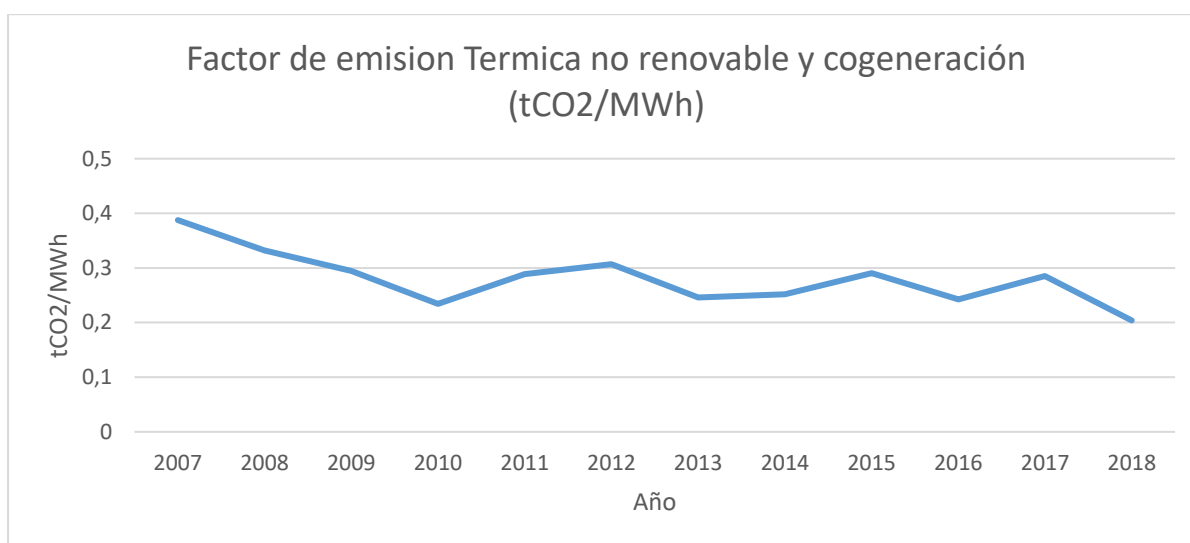
8.3.5 Térmica no renovable y cogeneración

Las centrales térmicas no renovables tienen una influencia más o menos constante en el mix energético español. Su factor de emisiones así lo refleja, manteniéndose constante entorno a los 0,2-0,3 (tCO₂/MWh) (Tabla 8-6 y Gráfica 8-7), a excepción de los años 2007 y 2008. En los años 2007 y 2008 la relación entre emisiones y energía producida es mucho mayor que en el resto, superando las 0,33 (tCO₂/MWh).

Año	Emisiones anuales	Generación(GWh)	Factor de emisión (tCO ₂ /MWh)
2007	8,664,126	23,450	0.387535714
2008	9,871,389	26,721	0.332076734
2009	10,568,296	28,601	0.294767833
2010	11,440,743	30,973	0.234478982
2011	11,929,272	32,319	0.288884149
2012	12,463,954	33,767	0.306905164
2013	11,921,983	32,296	0.246095641

2014	9,546,802	25,886	0.251965992
2015	9,416,313	25,449	0.290255356
2016	9,585,446	25,907	0.242402497
2017	10,423,065	28,170	0.285281461
2018	3,508,413	9,482	0.203963158

Tabla 8-7 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas no renovables y cogeneración en España (Fuente :REE; Elaboración propia)



Gráfica 8-7 Factor de emisión Térmica no renovable y cogeneración (tCO₂/MWh) (Fuente :REE; Elaboración propia)

8.3.6 Residuos no renovables

Dado que esta tipología estaba incluida dentro de las térmicas renovables hasta el 2014 la REE no da constancia de las emisiones producidas hasta dicho año. A partir del 2014 se observa que el factor de emisiones se mantiene constante (Tabla 8-7).

Año	Emisiones anuales	Emisiones anuales totales	Factor de emisión (tCO₂/MWh)
2015	595,226	2,480	0.24
2016	625,672	2,607	0.24
2017	625,839	2,608	0.24

2018	203,179	847	0.24
-------------	---------	-----	------

Tabla 8-8 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales de residuos no renovables en España (Fuente :REE; Elaboración propia)

8.3.7 Residuos renovables

De la misma manera que los residuos no renovables, esta tipología estaba incluida dentro de térmicas renovables hasta el 2014. Como se basa en el mismo principio que la generación con residuos no renovables el factor de emisiones anual se mantiene constante y es de igual valor para ambas generaciones mediante residuos.

Año	Emisiones anuales	Emisiones anuales totales	Factor de emisión (tCO₂/MWh)
2015	196,332	818	0.24
2016	188,495	785	0.24
2017	210,482	877	0.24
2018	72,063	300	0.24

Tabla 8-9 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales de residuos renovables en España (Fuente :REE; Elaboración propia)

8.4 Factor de emisiones

Realizando una media ponderada se obtiene el factor de emisiones anual, se tiene en cuenta el factor de emisiones de cada tipología, así como la influencia que esta ha tenido en la generación de ese año.

El factor de emisiones varía considerablemente en función de las horas de funcionamiento y el punto de funcionamiento. Dado que el sistema está sometido a una demanda variable, el punto de funcionamiento de las centrales no es siempre el de rendimiento máximo ni el de mínimas emisiones, aunque sería lo ideal. En la *tabla 8-9* se observa el cálculo del factor de emisiones medio anual y el factor medio anual teniendo en cuenta la influencia de cada tipología en la generación anual. Se debe tener en cuenta la influencia de cada una de las tipologías para valorar la importancia que estas tienen en la producción.

Año	2007		2008		2009		2010	
Tipología	Factor de emisiones (tCO ₂ /MWh)	Influencia producción	Factor de emisiones (tCO ₂ /MWh)	Influencia producción	Factor de emisiones (tCO ₂ /MWh)	Influencia producción	Factor de emisiones (tCO ₂ /MWh)	Influencia producción
Carbón	0,950	24,5	0,181	15,7	0,780	12,4	0,017	8,2
Fuel+Gas	0,388	3,5	0,332	3,3	0,295	3,3	0,234	3,1
Ciclo Comb.	0,384	24,5	0,381	31,5	0,383	28,6	0,387	23,2
Térmica renovable(*1)	0,156	0,9	0,156	1	0,156	1,2	0,156	1,2
Térmica no renovable (*2)	0,388	8	0,332	9	0,295	10,3	0,234	10,7
Residuos no Renovables	-	-	-	-	-	-	-	-
Residuos Renovables	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidráulica	0	9,4	0	7,8	0	9,4	0	14,5
Turbinación con bombeo	0	1,1	0	0,9	0	0,9	0	1,1
Nuclear	0	18,3	0	19,1	0	18	0	20,5
Hidroeólica	0	-	0		0	0	0	0
Eólica	0	9,6	0	10,9	0	13,7	0	15,1
Fotovoltaica	0	0,2	0	0,8	0	2,2	0	2,2
Solar térmica	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Factor medio anual (tCO₂/MWh)	0,37285		0,19088		0,24818		0,12532	

2011		2012		2013		2014		2015	
Factor de emisiones (tCO ₂ /MWh)	Influencia producción	Factor de emisiones (tCO ₂ /MWh)	Influencia producción	Factor de emisiones (tCO ₂ /MWh)	Influencia producción	Factor de emisiones (tCO ₂ /MWh)	Influencia producción	Factor de emisiones (tCO ₂ /MWh)	Influencia producción
0,200	15,5	0,950	19	0,950	14,4	0,950	16,2	0,950	19,7
0,289	2,5	0,307	2,5	0,246	2,4	0,252	2,3	0,388	2,4
0,392	19,2	0,399	14,6	0,415	10,2	0,424	9,4	0,926	10,9
0,156	1,5	0,156	1,7	0,156	1,9	0,156	1,8	0,156	1,2
0,289	11,4	0,307	11,9	0,246	11,8	0,252	9,6	0,388	9,5
-	-	-	-	-	-	-	-	0,24	0,9
-	-	-	-	-	-	-	-	0,24	0,3
0	10,8	0	7,3	0	13,7	0	14,7	0	10,6
0	0,8	0	1,1	0	1,2	0	1,3	0	1,1
0	19,7	0	20,7	0	19,8	0	20,6	0	20,4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	15,2	0	17,1	0	20	0	19,1	0	18
0	2,7	0	2,9	0	3	0	3,1	0	3,1
0	0,7	0	1,2	0	1,6	0	1,9	0	1,9
0,14886		0,28554		0,21704		0,22656		0,33607	

2016		2017		Factor Medio (tCO ₂ /MW h)	Influencia a media	
Factor de emisiones (tCO ₂ /MW h)	Influencia producción	Factor de emisiones (tCO ₂ /MW h)	Influencia producción			
0,950	14,3	0,731	17,2	0,692	16,10%	0,111
0,332	2,6	0,295	2,7	0,305	2,78%	0,008
1,215	11,2	0,824	14,2	0,557	17,95%	0,100
0,156	1,3	0,156	1,4	0,156	1,37%	0,002
0,332	9,9	0,295	10,7	0,305	10,25%	0,031
0,24	1	0,24	1	0,240	0,97%	0,002
0,24	0,3	0,24	0,3	0,240	0,30%	0,001
0	13,7	0	7	0,0	10,81%	0,000
0	1,2	0	0,9	0,0	1,05%	0,000
0	21,4	0	21,2	0,0	19,97%	0,000
0	0	0	0	0,0	0,00%	0,000
0	18,2	0	18,2	0,0	15,92%	0,000
0	3	0	3,2	0,0	2,40%	0,000
0	1,9	0	2	0,0	1,04%	0,000
0,31542		0,28447		Factor medio (tCO ₂ /MWh)		0,17824
				Factor medio ponderado		0,25638

Tabla 8-10 Cálculo del factor de emisiones medio (Fuente :REE; Elaboración propia)

8.5 Emisiones del vehículo eléctrico

Tomando el consumo eléctrico de un coche como el consumo de los modelos de la muestra (*Tabla 8-1*), podemos relacionar el consumo con la generación de dióxido de carbono.

Si relacionamos los consumos medios de cada uno de los coches eléctricos de nuestra muestra con el factor de emisión de la generación eléctrica podemos obtener el factor de emisión de dióxido de carbono asociado al consumo del vehículo eléctrico.

Como ya se ha comentado en el apartado anterior para realizar el cálculo del factor de emisiones de forma anual se tiene en cuenta el porcentaje de generación que tiene cada una de las tipologías, de esta manera no simplemente se tiene en cuenta el factor de emisiones individual de cada una de las formas de generación, si no que se valora el sistema de forma más general.

Vehículo	2007	2008	2009	2010
Renault ZOE	4,95886	2,53870	3,30077	1,66681
Nissan Leaf	4,10132	2,09968	2,72996	1,37856
BMW I3	4,88429	2,50052	3,25114	1,64175
Smart FourTwo	4,80972	2,46235	3,20150	1,61668
Tesla Model S	7,45694	3,81759	4,96357	2,50648
E-Golf	4,73516	2,42417	3,15187	1,59162
Tesla Model X	9,32117	4,77199	6,20446	3,13310
C-Zero	4,69787	2,40508	3,12705	1,57908
Hyundai Ioniq	4,47416	2,29056	2,97814	1,50389
Smart Four-Four ED	4,88429	2,50052	3,25114	1,64175
Factor emisiones anual (kgCO ₂ /kWh)	0,37285	0,19088	0,24818	0,12532
Factor de emisión medio (kgCO ₂ / kWh)	5,43238	2,78112	3,61596	1,82597
SIN TESLA	4,69321	2,40270	3,12395	1,57752

Tabla 8-11 Factor de emisiones de los vehículos de propulsión eléctrica (Elaboración propia)

2011	2012	2013	2014	2015
1,97978	3,79765	2,88660	3,01327	4,46979
1,63741	3,14091	2,38741	2,49218	3,69682
1,95001	3,74054	2,84319	2,96796	4,40258
1,92024	3,68343	2,79978	2,92264	4,33536
2,97711	5,71075	4,34075	4,53123	6,72150
1,89047	3,62632	2,75637	2,87733	4,26815
3,72139	7,13843	5,42593	5,66404	8,40187
1,87558	3,59777	2,73467	2,85467	4,23454
1,78627	3,42645	2,60445	2,71874	4,03290
1,95001	3,74054	2,84319	2,96796	4,40258
0,14886	0,28554	0,21704	0,22656	0,33607
2,16883	4,16028	3,16223	3,30100	4,89661
1,87372	3,59420	2,73196	2,85184	4,23034

2016	2017	Factor de emisiones medio	*Sin Tesla
4,19504	3,78342	3,32643	3,32643
3,46959	3,12915	2,75118	2,75118
4,13196	3,72653	3,27641	3,27641
4,06888	3,66964	3,22638	3,22638
6,30834	5,68936	5,00215	-
4,00579	3,61274	3,17636	3,17636
7,88542	7,11170	6,25268	-
3,97425	3,58430	3,15135	3,15135
3,78500	3,41362	3,00129	3,00129
4,13196	3,72653	3,27641	3,27641
0,31542	0,28447	3,64406	3,14823
4,59562	4,14470	3,64406	
3,97031	3,58074	3,14823	

Como resultado de los cálculos se obtienen dos valores, según la muestra que se considere (*Tabla 8-10*).

- Muestra completa: 3,64406 (kgCO₂/kWh)
- Muestra sin tesla: 3,14823 (kgCO₂/kWh)

Como ya se había comentado anteriormente los vehículos de la marca Tesla difieren de una manera significativa respecto al resto de vehículos, son coches de lujo de mucha mayor potencia y precio. Esto afecta claramente a su consumo y desvían la media del coche eléctrico estándar. Sus factores de emisión medios son de 5,00215 (kgCO₂/kWh) para el Model S y de 6,25268 (kgCO₂/kWh) para el Model X, siendo la media para los otros ocho vehículos de la muestra de 3,14824 (kgCO₂/kWh).

Como era de esperar por sus consumos medios, sus emisiones son prácticamente el doble. Se debe tener en cuenta en todo momento que los consumos medios utilizados difieren de los reales, ya que son datos proporcionados por los fabricantes y los test realizados son en un laboratorio. Los consumos reales son ligeramente superiores, entorno al 20-30%, pero depende completamente del conductor y de las condiciones del entorno.

9. RESULTADOS

A partir de los cálculos del aparatado anterior se determina el consumo medio de un coche eléctrico a partir de una muestra de los vehículos más vendidos en los últimos años. Definido su consumo, y mediante un análisis comparativo de las emisiones para cada una de las tipologías de generación y su influencia anual se define un valor aproximado de cuanto emite de manera secundaria un vehículo eléctrico en España.

Tomando los consumos medios de cada una de las tres familias principales de vehículos presentes en el estudio, y mediante un número estimado de vehículos a partir de datos del parque automovilístico del gobierno de España y de las asociaciones de vehículos de movilidad alternativa IDEA, se calcula la contaminación aproximada.

Con un parque de vehículos aproximado de 23 millones, de los cuales treinta y seis son eléctricos, las emisiones totales aproximadas anuales son de 317 toneladas de CO₂. Del total de emisiones, dado al gran número de vehículos que presenta esta familia, los Diésel son los que más contaminan.

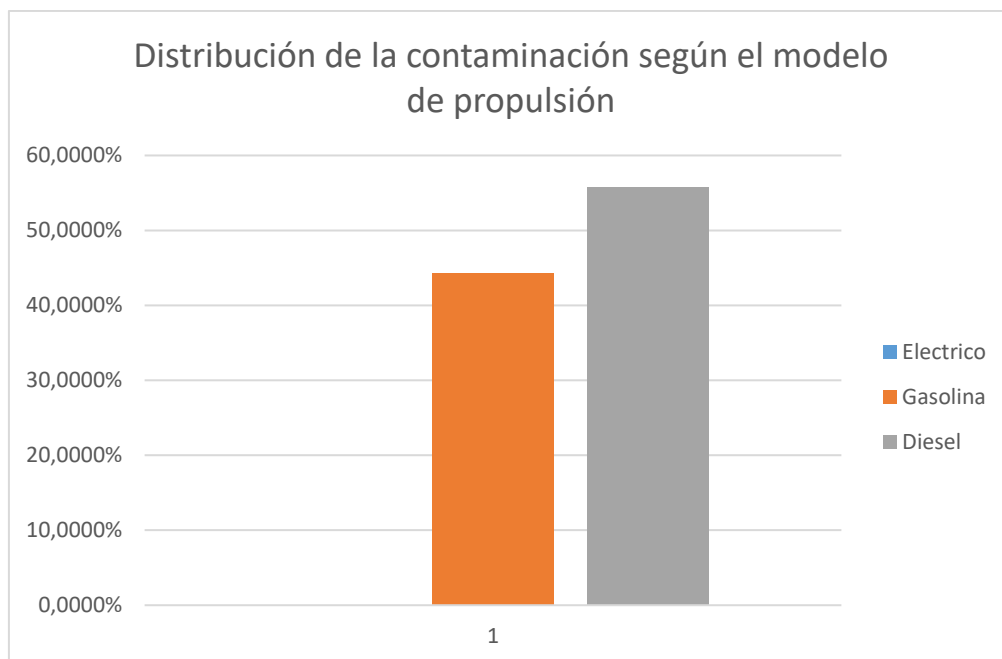
Vehículo	Consumo (kWh/100km) /(L/100km)	Emisiones	kgCO ₂ /100Km	nº vehículos	Totales (kgCO ₂ /100Km)
VE	13,70	0,250 (kgCO ₂ /kWh)	3,644	36000	131186,282
Gas.	6,5	2,196 (kgCO ₂ /L)	14,274	9820000	140170680
Gasoil	5,5	2,471 (kgCO ₂ /L)	13,591	13000000	176676500
TOTAL					316978366

Tabla 9-1 Comparativa de las emisiones derivadas a las diferentes tipologías de propulsión, gasolina, diésel y eléctrico (Elaboración propia)

Se observa que los vehículos eléctricos corresponden al 0.04% de las emisiones totales del sector del transporte.

La mayor proporción de la contaminación del sector del transporte corresponde a los vehículos impulsados por diésel. Esto es debido, en mayor medida al gran número de vehículos de esta tipología presentes en el parque automovilístico español.

Los vehículos diésel, al gozar de un menor consumo que la gasolina y pese a contaminar más por litro de combustible consumido, contaminan menos que los vehículos de gasolina (*Tabla 9-1*).



Gráfica 9-1 Distribución de la contaminación según el modelo de propulsión (Elaboración propia)

10. CONCLUSIONES

Como era de esperar el coche eléctrico es mucho menos contaminante que los vehículos de combustión. No emiten en el momento del uso, pero si para la generación de la electricidad que los alimenta.

Gracias a las energías renovables, la producción energética es mucho menos contaminante, aunque no deja de tener impactos considerables que deben ser tratados. El impulso de las energías renovables y el apoyo de su investigación y desarrollo es de vital importancia para asegurar un suministro eléctrico de calidad en un futuro, planteándose de manera que se conserve al máximo el medioambiente. Además, son una buena solución ante la gran dependencia energética que sufren la mayoría de países de la unión, permite la obtención de energía independientemente de los recursos naturales y los precios de este.

En España, las energías renovables tienen un papel creciente dentro del sistema. La generación renovable asume prácticamente el 40% de la producción a nivel nacional, instaurándose cada vez más como la base de la generación eléctrica.

Actualmente, el coche eléctrico es la solución más usual a toda la problemática que envuelve al vehículo convencional, pero no tiene una alta implementación en el parque automovilístico de España. Los planes del gobierno para fomentar vehículos de propulsión alternativas son insuficientes, en comparación con el resto de la UE, los fondos y las ayudas deberían de ser mayores debido a la necesidad de investigar en las nuevas tecnologías. La sustitución de los vehículos de combustión por vehículos eléctricos sería un gran avance en reducción de emisiones y en la dependencia energética del transporte.

10.1 Futuras líneas de actuación

Sería conveniente realizar un análisis exhaustivo del ciclo de vida completo del vehículo eléctrico. El alto requerimiento tecnológico de este tipo de vehículos conlleva a la utilización de materiales de tecnología punta, y en muchos casos estos materiales suelen ser escasos o

muy contaminantes. Por esa misma razón sería conveniente ampliar el estudio de la viabilidad medioambiental de todos los componentes que conforman el vehículo eléctrico, con una focalización concreta en las baterías.

Por otro lado, se podrían utilizar los cálculos aproximados de este estudio para concretar la viabilidad económica de la implantación del vehículo eléctrico teniendo en cuenta tanto los gastos de implementación (puntos de recarga, gasto energético, adaptación del sistema eléctrico...) como las posibles ayudas y beneficios que se producirían.

10.2 Situaciones supuestas de la implantación del vehículo eléctrico en España.

1. Tomado una generación eléctrica compuesta íntegramente por las centrales térmicas de carbón españolas, el vehículo eléctrico (VE) emitiría un 33,6 % menos que el vehículo de gasolina tomado para el estudio. Además, suponiendo que la generación tiene el mayor factor de emisiones registrado (0,95 kgCO₂/KWh, tabla 8-9), las emisiones del vehículo eléctrico son un 8,79% menores que las del coche de gasolina.

	Media (kgCO ₂ /KWh)	Registro Max	VE (kWh/100km)	Emisiones (kg CO ₂ /100KM)	
100% Carbón	0,691711002	0,95	13,70	9,479143155	13,0187115
% respecto al coche de gasolina (14,247 (kgCO₂/100Km))				-33,59%	-8,79%

Tabla 10-1 Supuesto de máxima contaminación del VE (Elaboración propia)

2. Influencia del vehículo eléctrico en la demanda según su uso. Realizando un breve análisis de la demanda media diaria y de la generación media diaria a lo largo de los últimos años, se determina un valor de demanda y generación media. Se observa la influencia del consumo de los vehículos eléctricos si estos formaran íntegramente todo el parque automovilístico español (aprox. 22.8 millones de coches).

GWh	2014	2015	2016	2017	2018 (3 meses)
Demanda	258131	263.283	265127	268140	90729
Generación	266.867	267.936	262279	262.645	89.858
Demanda diaria media anual	707,208	721,3232	728,370	734,630	756,075
Generación diaria media anual	731,142	734,071	720,546	719,575	748,816
Demanda media diaria	729,5215046				
Generación media diaria	730,8304822				

Tabla 10-2 Análisis de la demanda y generación del sistema eléctrico español últimos 5 años (Elaboración propia)

VE	13,70			
Desplazamiento diario	KWh	GWh	% de Demanda	% de Generación
100 km	312723154,9	312,7231549	42,87%	42,79%
75 km	234542366,2	234,5423662	32,15%	32,09%
50 km	156361577,5	156,3615775	21,43%	21,40%
25 km	78180788,73	78,18078873	10,72%	10,70%

Tabla 10-3 Aumento de la demanda y de la generación por la influencia del vehículo eléctrico

Se observa como la influencia del vehículo eléctrico puede aumentar considerablemente el consumo energético, pudiendo asumir el 42,87% de la demanda media diaria (Tabla 10-3).

Esta situación puede resultar beneficiosa si se aprovecha este consumo para homogeneizar la curva de demanda variable que presenta el sistema eléctrico español. Pero a su vez, puede repercutir gravemente en la estabilidad y seguridad provocando que se requieran unas grandes modificaciones para adaptar la red a la nueva situación.

Emisiones (kgCO₂/100km)	
Eléctrico (parque completo)	83157526,25
Gasolina + Diésel	316847180
Total actual	316978366,3
% Reducción	73,7%

Tabla 10-4 Reducción de las emisiones (Elaboración propia)

3. La distribución actual del parque automovilístico tiene un 0,2% de Vehículos eléctricos, un 43% de vehículos a gasolina y un 56,8% de vehículos diésel, siendo las emisiones totales aproximadas de unos 316978366 (kgCO₂/100km) (*Tabla 9-1*).

Sustituyendo los vehículos actuales por eléctricos se reducirían las emisiones del sector transporte en algo más del 70%.

Para que el conjunto de vehículos eléctricos emitiera de la misma forma que lo hacen los vehículos de diésel y gasolina actualmente sería necesario que el número de vehículos eléctricos fuese superior a los 86 millones.

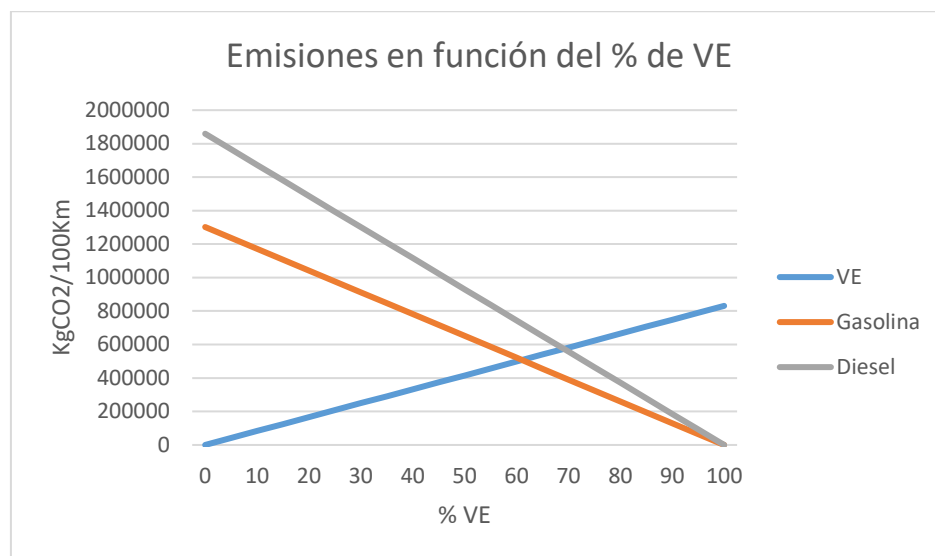
4. Reducción necesaria del consumo de los vehículos de combustión para emitir los mismo que los vehículos eléctricos (*Tabla 10-5*).

Vehículo	KgCO ₂ /100km	Consumo	Diferencia respecto al VE		
Eléctrico	3,644	0,250	KgCO ₂ /100km	L/100km	Reducción del consumo
Gasolina	14,274	2,196	10,630	4,841	74,47%
Diésel	13,591	2,471	9,946	4,025	73,19%

Tabla 10-5 Reducciones del consumo necesario para igualar emisiones (Elaboración propia)

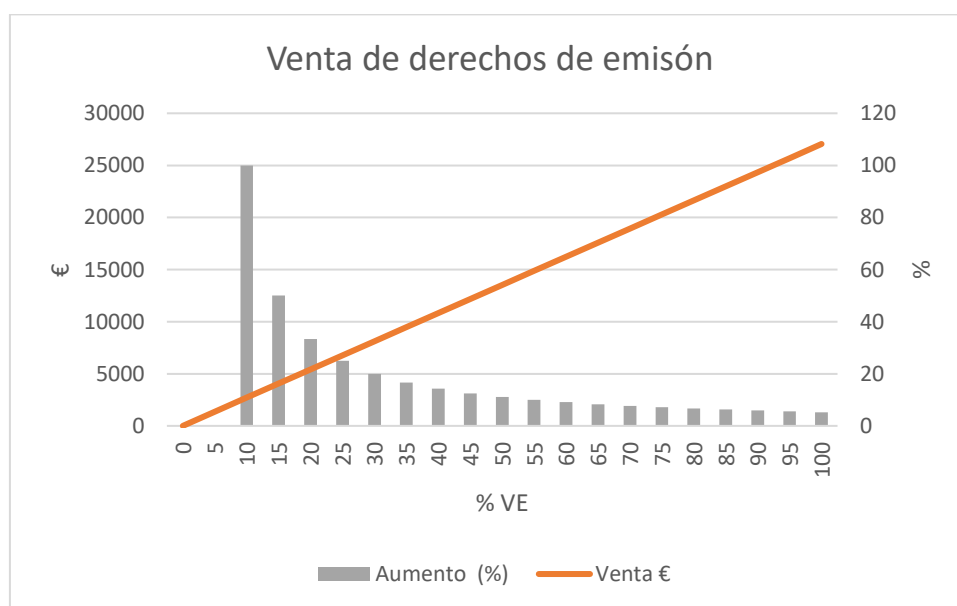
Sería necesario reducir el consumo de los vehículos de combustión un 70%.

5. Beneficios económicos por la venta de derechos de emisión. Dado la importancia que tienen hoy en día los derechos de emisión es relevante conocer cómo podría influir el vehículo eléctrico a la economía del país. Si aumentamos el número de vehículos eléctricos, los beneficios por la venta de derechos de emisión podrían



Gráfica 10-1 Emisiones en función del % de Vehículos Eléctricos (Elaboración propia)

El precio medio de la venta de derechos de emisión es de 0.01161 €/Kg. La venta de derechos de emisión aumenta en función del número de vehículos eléctricos presentes en el parque automovilístico español, gráfica 10-2. Los derechos de emisión no producen un gran aporte económico, llegando a poder generar una cuantía superior a los 0,0012 €/km. Teniendo en cuenta que se ha supuesto un parque automovilístico de 22.8 millones de vehículos, si estos realizaran 1 km diario, significarían 27.053,68€/día, más de 9 millones de € al año. Para calcular estos ingresos debemos suponer que la reducción de emisiones por la sustitución de los vehículos de combustión son íntegramente ventas de derechos de emisión.



Gráfica 10-2 Venta de derechos de emisión en función del %VE (Elaboración propia)

11. INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 3-1 Centrales nucleares en España (Elaboración propia).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 3-2 Emisiones de la producción de energía eléctrica en España. (Fuente: REE)</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4-1 Inversiones de Red eléctrica Española en la red eléctrica (Fuente :REE; Elaboración propia)</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 4-2 Objetivos globales del plan de energías renovables 2011-2020 y grado de cumplimiento de los objetivos obligatorios e indicativos de la Directiva (Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo)</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 4-3 Ayudas públicas a la inversión (Millones de €) (Fuente: Resumen del Plan de Energías Renovables ...</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 4-4 Ayudas públicas a la financiación (Fuente: Resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020)... </i>	<i>52</i>
<i>Tabla 4-5 Cumplimiento del programa ambiental por parte de Red Eléctrica Española (Fuente: REE)</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 7-1 Precios medios de los carburantes en España y tasas de variación interanual (Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital)</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 8-1 Calculo del consumo medio a partir de datos de los fabricantes</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 8-2 Relación entre la velocidad, la autonomía y el consumo del Renault Zoe (Fuente: Renault)</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 8-3 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas de carbón en España</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 8-4 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas de Fuel+Gas en España (Fuente :REE; Elaboración propia)</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 8-5 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas de ciclo combinado en España (Fuente :REE; Elaboración propia)</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 8-6 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas renovables en España (Fuente :REE; Elaboración propia)</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 8-7 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales térmicas no renovables y cogeneración en España (Fuente :REE; Elaboración propia)</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 8-8 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales de residuos no renovables en España (Fuente :REE; Elaboración propia)</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 8-9 Emisiones, Generación y Factor de emisiones de las centrales de residuos renovables en España (Fuente :REE; Elaboración propia)</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 8-10 Calculo del factor de emisiones medio (Fuente :REE; Elaboración propia)</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 8-11 Factor de emisiones de los vehículos de propulsión eléctrica (Elaboración propia)</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 9-1 Comparativa de las emisiones derivadas a las diferentes tipologías de propulsión, gasolina, diésel y eléctrico (Elaboración propia).....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 10-1 Supuesto de máxima contaminación del VE (Elaboración propia)</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 10-2 Análisis de la demanda y generación del sistema eléctrico español últimos 5 años (Elaboración propia)</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 10-3 Aumento de la demanda y de la generación por la influencia del vehículo eléctrico</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 10-4 Reducción de las emisiones (Elaboración propia)</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 10-5 Reducciones del consumo necesario para igualar emisiones (Elaboración propia).....</i>	<i>98</i>

12. INDICE DE GRAFICOS

Gráfica 3-1 Mix energético español (2014-2018). (Fuente: REE; Elaboración propia).....	10
Gráfica 3-2 Producción anual. Renovable y No renovable. (Fuente: REE; Elaboración propia)	11
Gráfica 3-3 Influencia de las renovables en la producción total. (Fuente: REE; Elaboración propia)	12
Gráfica 3-4 Generación renovable (2014-2018). (Fuente: REE; Elaboración propia).....	13
Gráfica 3-5 Influencia de las no renovables en la producción global. (Fuente: REE; Elaboración Propia).....	25
Gráfica 3-6 Generación no renovable. (Fuente: REE; Elaboración Propia)	26
Gráfica 3-7 Distribución de las emisiones según la tipología en el año 2007. España. (Fuente: REE; Elaboración propia)	37
Gráfica 3-8 Emisiones nacionales de la producción eléctrica en España entre los años 2007 y 2017.(Fuente: REE;Elaboración propia)	38
Gráfica 3-9 Factor de emisiones en TCO ₂ /MWh durante los últimos años (Fuente :REE; Elaboración propia) ...	39
Gráfica 3-10 Entradas GWh en España (Fuente :REE; Elaboración propia)	42
Gráfica 3-11 Salidas GWh en España (Fuente:REE; Elaboración propia)	42
Gráfica 3-12Balance de intercambio energético en España (Fuente :REE; Elaboración propia)	42
Gráfica 4-1 Inversiones en la red (millones de euros) por parte de REE. (Fuente :REE)	47
Gráfica 4-2 Cumplimiento del programa ambiental REE. (Fuente: REE).....	54
Gráfica 7-1 Evolución del precio del barril de Brent \$/Barril (Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital)	70
Gráfica 7-2 Evolución del precio de los combustibles en comparación con el precio del barril de Brent (Fuente: Ministerio de energía, Turismo y Agenda Digital)	71
Gráfica 8-1 Relación consumo velocidad ZOE R-90 con temperatura y diámetro de llantas constantes (Fuente: Renault)	76
Gráfica 8-2 Relación consumo Temperatura con diámetro de llantas y velocidad constantes del ZOE R-90 (Fuente: Renault)	77
Gráfica 8-3 Relación entre el consumo y el diámetro de la llanta del ZOE R-90 (Fuente: Renault)	77
Gráfica 8-4 Factor de emisión Fuel+Gas (tCO ₂ /MWh)	81
Gráfica 8-5 Factor de emisión Ciclo Combinado (tCO ₂ /MWh) (Fuente :REE; Elaboración propia).....	83
Gráfica 8-6 Factor de emisión Térmica renovable (tCO ₂ /MWh) (Fuente :REE; Elaboración propia).....	84
Gráfica 8-7 Factor de emisión Térmica no renovable y cogeneración (tCO ₂ /MWh) (Fuente :REE; Elaboración propia)	85
Gráfica 9-1 Distribución de la contaminación según el modelo de propulsión (Elaboración propia)	94
Gráfica 10-1 Emisiones en función del % de Vehículos Eléctricos (Elaboración propia)	99
Gráfica 10-2 Venta de derechos de emisión en función del %VE (Elaboración propia)	100

13. INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 3-1 Esquema de un aerogenerador. (Fuente: www.monografias.com)</i>	15
<i>Ilustración 3-2 Aerogeneradores de eje vertical y eje horizontal (Fuente: www.unet.edu.ve)</i>	16
<i>Ilustración 3-3 Esquema de funcionamiento de la central de Mutriku (País Vasco), España. (Fuente: www.caminospaisvasco.com)</i>	18
<i>Ilustración 3-4 Central Aldeavila (Castilla y León). 1243 MW. Autor: Marcos Muñoz</i>	19
<i>Ilustración 3-5 Plataforma Solar de Extremadura, España. Solaben. 200 MW.</i>	21
<i>Ilustración 3-6 Generación Hidroeólica de la isla de El Hierro (Islas Canarias, España). (Fuente: Garona del viento S.A.)</i>	22
<i>Ilustración 3-7 Distribución de las centrales nucleares en España (Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital)</i>	28
<i>Ilustración 3-8 Esquema del tratamiento de los residuos radioactivos de una central nuclear. (Fuente: Empresa Nacional de Residuos Radioactivos S.A.)</i>	31
<i>Ilustración 3-9 Combinación de ciclos Rankine y ciclo Bryton en una central de ciclo combinado. (Autor: Joaquín Corredoyra Alcaraz)</i>	34
<i>Ilustración 3-10 Capacidad de intercambio comercial (MW) del 02/06/2018 al 15/06/2018 (Fuente: REE)</i>	40
<i>Ilustración 6-1 Distribución de los puntos de recarga en España (Fuente: https://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/mapa)</i>	66
<i>Ilustración 7-1 Composición de los gases de escape para motores de ciclo Otto y ciclo Diesel (Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm)</i>	69
<i>Ilustración 7-2 Esquema de un vehículo híbrido de Toyota (Fuente: Toyota)</i>	73

14. BIBLIOGRAFIA

- [1] AFICIONADOS A LA MECANICA. 2014. *Gases de escape y sistemas anticontaminación*: [sitio web]. [Fecha de consulta: 05/06/2018]. Disponible en:
www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm
- [2] ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EOLICA, AEE. 2018. *La eólica en España*: [sitio web]. [Fecha de consulta: 17/04/2018]. Disponible en: <https://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/la-eolica-en-espana/>
- [3] CAMINOS EUSKADI. *Implantación de la central de oleaje*. [sitio web]. Euskadi (País Vasco, España): Caminos Euskadi. Profesión: Actualizaciones destacadas; Implantación de la central de oleaje. [18/04/2018]. Disponible en:
www.caminospaisvasco.com/Profesion/Obras/central-oleaje-mutriku/central-oleaje
- [4] CARRANZA CASTILLO, O. 2012. *Tesis Doctoral: Estudio de técnicas de control de rectificadores Boost Trifásicos con filtro LCL para reducción de la distorsión armónica en corriente, aplicadas al procesado eficiente de energía en aerogeneradores síncronos de imanes permanentes operando a velocidad variable*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia (UPV); (Departamento de ingeniería electrónica). Disponible en:
riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14575/tesisUPV3716.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [5] CLAVERO, D. 2017. Tecnologías del motor de combustión interna. *Diariomotor* [sitio web]. [01/06/2018]. ISSN: 0214-9958. Disponible en: www.diariomotor.com/noticia/tecnologias-motor-combustion-interna
- [6] CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (CSN). *Centrales Nucleares en España*: [sitio web]. Madrid: Consejo de seguridad nuclear. [Fecha de consulta: 17/04/2018]. Disponible en: www.csn.es/centrales-nucleares-de-espana

[7] CORREYDORA ALCARAZ, J. 2016 Modelado de un simulador de ciclos combinados y optimización de los niveles de presión de la turbina de vapor en la caldera de recuperación de calor. Proyecto de fin de grado. E.T.S.I. Industriales (UPM); Departamento de Ingeniería Eléctrica. Disponible en: <http://oa.upm.es/43129/>

[8] DORTA, J; RODRIGUEZ, J. 2015. Análisis de las fluctuaciones de los precios del mercado del petróleo y determinación del precio del consumidor final. Facultad de economía, empresa y turismo. Disponible en:
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1571/Analisis%20de%20las%20fluctuaciones%20de%20los%20precios%20del%20mercado%20del%20petroleo%20y%20determinacion%20del%20precio%20del%20consumidor%20final.pdf?sequence=1>

[9] ELECTROMAPS. 2018. *Mapa de puntos de recarga par vehículos eléctricos*. [sitio web]. electromaps. [28/05/2018]. Disponible en: www.electromaps.com/puntos-de-recarga/mapa

[10] GARONA DEL VIENTO S.A. *Central hidroeólica de El Hierro*. [sitio web]. El Hierro (Islas Canarias, España). 2018. Proyecto: Central Hidroeólica de El Hierro. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: <http://www.goronadelviento.es/>

[11] HIBRIDOS Y ELECTRICOS. 2018. *El motor intrarueda llega este año para revolucionar el coche eléctrico*: [sitio web]. Híbridos y eléctricos. Enero 2018 [Fecha de consulta: 27/05/2018]. Disponible en: www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/motor-intrarrueda-llega-ano-revolucionar-coche-electrico/20180108105908016667.html

[12] IBARRA SEGURA, R. 2017. *Trabajo de fin de estudios: El coche eléctrico de batería en España*. Universidad Politécnica de Cartagena; Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/154807149.pdf>

[13] IDEAS MEDIOAMBIENTALES. 2018. *Energía termosolar y medioambiente*: [sitio web]. [Fecha de consulta: 17/04/2018]. Disponible en: <https://ideasmedioambientales.com/termosolar-y-medio-ambiente/>

[14] INSTITUTO CATALAN DE ENERGÍA. *Plan estratégico para el despliegue de infraestructura de recarga para el vehículo eléctrico en Cataluña 2016-2019 (PIRVEC)* [sitio web]. Generalitat de Catalunya. [Fecha de consulta: 20/04/2018]. Disponible en:

http://icaen.gencat.cat/es/plans_programes/pirvec/

[15] INSTITUTO DE ENERGIA SOLAR. 2017. *Gráficos significativos energía solar fotovoltaica*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Disponible en: www.ies.upm.es/sfs/IES-UPM/Portada/2017_01_17%20datos%20fotovoltaica%20en%20Espa%C3%B1a.pdf

[16] INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGIA, IDEA. 2017. *Plan de apoyo a la movilidad alternativa: Plan Movalt infraestructura*. Madrid: Ministerio para la transición ecológica; Gobierno de España. [Fecha de consulta: 25/04/2018]. Disponible en: www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/plan-movalt-infraestructura

[17] INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGIA, IDEA. 2017. *Plan de apoyo a la movilidad alternativa: Plan Movalt vehículos*. Madrid: Ministerio para la transición ecológica; Gobierno de España. [Fecha de consulta: 25/04/2018]. Disponible en: www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/plan-movalt-vehiculos

[18] INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACION Y AHORRO DE ENERGIA, IDAE. 2011. *Plan de Energías Renovables 2011-2020 (PER)* [Documento en línea]. Madrid: Gobierno de España. [Fecha de consulta: 05/05/218]. Disponible en: www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/plan-de-energias-renovables-2011-2020

[19] INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACION Y AHORRO DE ENERGIA, IDAE. 2011. *Resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020 (PER)* [Documento en línea]. Madrid: Gobierno de España. [Fecha de consulta: 05/05/218]. Disponible en: www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/plan-de-energias-renovables-2011-2020

[20] MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. 2010. *Estrategia integral para el impulso del vehículo eléctrico en España*: [documento en línea]. Gobierno de España. Junio 2015. [Fecha de consulta: 2/06/2018]. Disponible en: www.minetad.gob.es/es-ES/GabinetePrensa/NotasPrensa/Documents/estrategiaintegralveh%C3%ADculoelectrico060410.pdf

[21] MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. 2017. *Ayudas a la adquisición de vehículos de movilidad alternativa (MOVEA)*. Madrid: Gobierno de España. [Fecha de consulta: 25/04/2018]. Disponible en: www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/plan-movea/2017/Paginas/ayudas-movea.aspx

[22] MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO. *Estrategia de impulso del vehículo con energías alternativas*: [documento en línea]. Madrid: Gobierno de España. Junio 2015. [Fecha de consulta: 2/06/2018]. Disponible en: www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/estrategia-impulso-vehiculo-energias-alternativas/Documents/Estrategia-Impulso-Vehiculo-Energ%C3%ADas%20Alternativas-VEA-Espa%C3%B1a-2014-2020.pdf

[23] MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. *Energía nuclear*: [sitio web]. Madrid: Secretaría de estado de la energía. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.minetad.gob.es/energia/nuclear/Centrales/Espana/Paginas/CentralesEspana.aspx

[24] MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA; ENRESA. El Almacén Temporal Centralizado (ATC). [sitio web]. Empresa Nacional de residuos radioactivos (ENRESA). Fecha de consulta: [20/04/2018]. Disponible en: www.enresa.es/esp/inicio/actividades-y-proyectos/atc

[25] RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [documento en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Series estadísticas nacionales: Balance eléctrico. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales

[26] MOTORPASION. 2010. *Historia del coche eléctrico*: [sitio web]. Weblogs SL. 10 de junio de 2010. [Fecha de consulta: 21/05/2018]. Disponible en: www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos

[27] MOTORPASION. 2010. *Historia del coche eléctrico en España: casi 120 años de investigación y prototipos*: [sitio web]. Weblogs SL. 27 de enero de 2018. [Fecha de consulta: 21/05/2018]. Disponible en: www.motorpasion.com/clasicos/la-historia-del-coche-electrico-en-espana-casi-120-anos-de-investigacion-y-prototipos

[28] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [documento en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Series estadísticas nacionales: Estructura de generación. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales

[29] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [documento en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Series estadísticas nacionales: Generación renovable. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales

[30] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [documento en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Series estadísticas nacionales: Emisiones de CO₂ asociadas a la generación. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales

[31] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [documento en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Series estadísticas nacionales: Potencia eléctrica instalada. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales

[32] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [documento en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Series estadísticas nacionales: Intercambios internacionales físicos de energía eléctrica. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales

[33] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [documento en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Series estadísticas nacionales: Producible hidráulico y reservas hidroeléctricas. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales

[34] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [documento en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Series estadísticas nacionales: Mercados eléctricos. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales

[35] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Pág.: 2. Evolución de la energía renovable peninsular. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico

[36] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Estadísticas del sistema eléctrico español*. [en línea]. Madrid: REE. Marzo 2018. Pág.: 2. Evolución de la estructura de la generación peninsular (TWh). [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico

[37] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Principales indicadores*. [en línea]. Madrid: REE. 2018. Cumplimiento programa ambiental (%). [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/conocenos/principales-indicadores/cumplimientos-programa-ambiental

[38] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Principales indicadores*. [en línea]. Madrid: REE. 2018. Emisiones directas (TCO2 eq.) [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/conocenos/principales-indicadores/emisiones-directas-co2-equivalente

[39] RED ELECTRICA DE ESPAÑA. 2018. *Actividades*. [en línea]. Madrid: REE. 2018. Operación del sistema eléctrico: Interconexiones internacionales. [Fecha de consulta: 15/04/2018]. Disponible en: www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico/interconexiones-internacionales

[40] RENAULT ESPAÑA; CORRIENTE ELECTRICA. *Partes de un motor eléctrico*: [sitio web]. [Fecha de consulta: 17/04/2018]. Disponible en: <https://corrienteelectronica.renault.es/partes-motor-electrico/>

[41] BALBAS GARCÍA, FRANCISCO JAVIER. 2018. *Sistemas de energía eléctrica en alta tensión*. Editorial Universidad de Cantabria. Cantabria (España). ISBN 978-84-8102-820-1

[42] TOYOTA. 2018. *Equipo híbrido: marcar el gol de la eficiencia. Así actúa cada elemento dentro del sistema híbrido*: [sitio web]. [Fecha de consulta: 17/04/2018]. Disponible en: www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/2017/componentes-sistema-hibrido-toyota.json

[43] UNIÓN EUROPEA. 2009. DIRECTIVA 2009/28/EC de la unión europea y del consejo de 2009 de 23 de abril de 2009 sobre la promoción del uso de la energía procedente de fuentes renovables y la modificación y posterior derogando las Directivas 2001/77 / CE y 2003/30 / CE. Boletín Oficial de la Unión Europea del 5 de junio de 2009. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028>

[44] QUEROL, X.; ALASTUEV, A; MORENO, T; MARIA DEL MAR, V; CASANOVA KINDELAN, J; PEREZ, L; SUNYER, J; KÜNZLI, N; Instituto de ciencias de la tierra ("Jaume Almera"); CSIC. 2006. *Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado*. Fundación Gas Natural. ISBN-13: 978-84-611-4157-9; ISBN-10: 84-611-4157-1; Disponible en:

http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org/wp-content/uploads/2015/12/4RESUMEN-Calidad_del_aire_urbano_salud_y_trafico_rodado.pdf