



# MASTER EN AUTOMOCIÓN

## ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

### TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Análisis del Impacto sobre la Curva de Demanda.  
Diferentes Escenarios de Recarga de Vehículos Eléctricos.**

**Autor:** D. Luis Ángel Cernuda Navarro

**Tutor:** D. Daniel Moríñigo Sotelo

Valladolid, Febrero del 2016

**Escuela Ingenierías Industriales**

Depto. Ing<sup>a</sup> Energética y Fluidomecánica

Paseo del Cauce s/n

47011 Valladolid  
(España)



**Fundación Cidaut**

Parque Tecnológico de Boecillo, 209

47151 Boecillo (Valladolid)

España





## RESUMEN

Quizás no nos demos cuenta, pero nos encontramos inmersos en plena transformación del sector de automoción. Estamos viviendo una transición paulatina desde los vehículos de combustión interna hasta los vehículos eléctricos, y todo ello pasando por vehículos híbridos de todo tipo.

Los factores son múltiples desde una incipiente concienciación social, una búsqueda de la comodidad y confort, hasta un mayor compromiso con el medio ambiente.

El vínculo de unión de estas nuevas tecnologías aplicadas a la automoción es la necesidad, en mayor o menor medida, de conectarse a la red eléctrica para obtener la energía necesaria para poder desplazarse.

Pese a que hoy en día las ventas anuales de este tipo de vehículos, tanto eléctricos como híbridos, apenas superan las 2.500 unidades en el mercado nacional, es preciso, determinar las consecuencias que podrían acontecer si el número de unidades en el mercado aumentaran súbitamente, y su incidencia en la curva de demanda de energía.

En este trabajo se realizará un análisis de los vehículos con capacidad de enchufarse a la red, tanto eléctricos como híbridos, historia, evolución, tecnologías y principales características.

Del mismo modo, incidiremos en el “viaje” que debe realizar la energía eléctrica en España, desde sus orígenes hasta la conexión del propio coche.

Por último se desarrollará y se aplicará un programa que nos facilitará y ayudará a entender mejor los diferentes escenarios posibles de recarga de los vehículos eléctricos que nos podemos encontrar en un futuro.





## **ANALYSIS OF THE IMPACT ON THE ELECTRICAL ENERGY DEMAND CURVE. DIFFERENT SCENARIOS OF CHARGING OF ELECTRIC VEHICLES.**

### **ABSTRACT**

Perhaps we may not appreciate that we find ourselves in the middle of a full transformation of the automotive sector. We are experiencing a gradual transition from internal combustion vehicles to electric vehicles, and all of this through hybrid vehicles of all kinds.

There are many possible factors influencing this change, including those related to the incipient social awareness, to the search – or improvement of – for comfort and convenience, or related to a greater commitment to the environment.

The connecting link of these new technologies applied to the automotive industry, to a greater or lesser degree, is the need to plug into the grid. This electrical energy will be used to move the vehicle.

Despite the fact that nowadays the annual sales of these vehicle, both electric and hybrid, rarely exceed 2,500 units in the domestic market, it is necessary to assess what the consequences are if the number of units increases rapidly, as well as its impact on energy demand curve.

This paper presents an analysis of the vehicles that can be plugged into the grid, both electric and hybrid, carrying out a quick analysis of their history, evolution, technologies and main characteristics.

Likewise, we will discuss the “trip” that the electricity must make in Spain, from its origins to plug into the car.

Finally, we will develop a program that will help us and facilitate us a better understanding the different scenarios of charging of electric vehicles that we can be in a future.



## AGRADECIMIENTOS

Me acomodo delante de mi viejo ordenador, y me dispongo a escribir unos pequeños párrafos de agradecimiento para este Proyecto Fin de Máster, como colofón final del Máster de Automoción, y me llega a la memoria cantidad de recuerdos, todos ellos compartidos con mis compañeros y profesores, buenos momentos y momentos no tan buenos, muchas cosas aprendidas y muchas otras cosas por aprender. Doy gracias por ello.

Quisiera agradecer a mis padres y a mi familia y amigos, por su apoyo, por su confianza y por su paciencia, por estar siempre cuando se les necesita. Reconozco, que me dejan el listón muy alto.

A su vez, me gustaría dar gracias a Dios, El bien sabe porqué.

Por último y no por ello menos importante, me gustaría tener unas palabras de agradecimiento para mi tutor, Daniel Moríñigo, ya que sin su tiempo, su dedicación y sin su esfuerzo, no hubiera sido posible llevar a cabo este proyecto.



## INDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Objetivos .....	2
2	VEHICULOS CON ACCESO A LA RED ELÉCTRICA .....	3
2.1	Introducción .....	3
2.2	Un poco de Historia .....	3
2.3	Clasificación de los Vehículos .....	4
2.3.1	Vehículo Eléctrico Puro – VE o BEV - .....	4
2.3.2	Vehículo Híbridos .....	5
2.4	Las Baterías .....	9
2.4.1	Tipos de Baterías en los VE .....	13
2.4.2	El Futuro de las Baterías .....	18
2.5	La Carga .....	20
2.5.1	¿Cómo se realizan las Recargas? .....	20
2.5.2	Tipos de Recarga .....	21
2.5.3	Modos de Carga .....	23
2.5.4	Tipo de Conectores .....	26
3	ENERGÍA ELÉCTRICA .....	30
3.1	Introducción .....	30
3.2	Características del Sistema Eléctrico .....	30
3.2.1	Actividad de Generación .....	31
3.2.2	Actividad de Transporte .....	34
3.2.3	Actividad de Distribución .....	36
3.2.4	Actividad de Comercialización .....	38
4	LA SIMULACIÓN: MATLAB .....	39
4.1	Introducción .....	39
4.2	MATLAB .....	39
4.3	Programación .....	39
4.3.1	REE .....	39
4.3.2	Horarios de Inicio y Final de la Recarga .....	40
4.3.3	Tipos de Recarga .....	40
4.3.4	Número de Vehículos .....	45
4.3.5	Outputs .....	45

4.4	Ejemplos de Estudio.....	46
4.4.1	Situación A.....	46
4.4.2	Situación B.....	49
4.4.3	Situación C.....	52
4.4.4	Situación D.....	53
4.4.5	Situación E.....	54
5	POSIBLES MEJORAS.....	56
6	CONCLUSIONES.....	59
7	BIBIOGRAFÍA.....	63
7.1	Artículos, Libros, Conferencias, Apuntes, Blogs.....	63
7.2	Enlaces Digitales.....	65
ANEXO A: SITUACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO E HÍBRIDO ENCHUFABLE.....		71
A.1:	Introducción.....	73
A.2:	Vehículos Eléctricos e Híbridos Enchufables en el Mercado Nacional.....	73
A.3:	Ventas de Vehículos Eléctricos e Híbridos Enchufables.....	94
A.3.1:	Europa.....	97
A.3.2:	Mercado Mundial.....	97
A.4:	Planes de Incentivación de la Compra de Vehículos Eléctricos. Plan MOVELE y Plan PIVE... 101	101
A.4.1:	Causas.....	101
A.4.1:	Plan PIVE.....	101
A.4.2:	Plan MOVELE.....	102
A.4.3:	Plan PIMA AIRE.....	103
A.4.4:	Planes Autonómicos.....	103
A.5:	Nueva Regulación para la Recarga de Vehículos Eléctricos. ITC BT 52.....	104
A.6:	Nuevas Empresas: IBIL.....	104
A.7:	Inconvenientes del VE.....	105
A.8:	Ventajas del VE.....	107
A.9:	El Target del VE.....	108
A.10:	Nuevas Tendencias y Perspectivas Futuras.....	110
ANEXO B: IMPACTO AMBIENTAL.....		113
B.1:	Introducción.....	115
B.2:	Emisiones Contaminantes. Energías Renovables.....	115
B.3:	Fabricación del Vehículo.....	124
B.4:	Uso del Vehículo.....	124
B.5:	Mantenimiento.....	127
B.6:	Reciclado y Reciclaje De Los VE.....	128
B.6.1:	Batería De Los VE.....	129

UNA SEGUNDA VIDA.....	131
B.7: Puntos de Carga. ....	132
B.8: Contaminación Acústica. ....	132
ANEXO C: ESPAÑA: ENERGÍA Y CENTRALES ELÉCTRICAS.....	135
C.1: Introducción .....	137
C.2: Historia: Una mirada hacia atrás. ....	137
C.3: Tecnología .....	140
C.3.1: Centrales Hidroeléctricas .....	141
C.3.2: Centrales Térmicas .....	142
C.3.3: Centrales Eólica o Parques Eólicos .....	143
C.3.4: Centrales Nuclear .....	145
C.3.5: Centrales Solar .....	147
C.3.6: Centrales De Ciclo Combinado .....	150
C.4: Curva de Demanda de Energía .....	155





# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Estamos experimentando uno de los cambios más significativos del mundo de la automoción, e intrínsecamente, uno de los cambios más significativos de la sociedad civil. Continuamente tanto en los medios escritos como audiovisuales estamos escuchando noticias relacionadas con el preocupante incremento de la contaminación acústica, de la contaminación atmosférica y del inminente cambio climático. Es incuestionable que la sociedad ha tomado conciencia de ello.

Para paliar este problema las diferentes Administraciones han aprobado leyes y normativas, nos vienen a la memoria, los tratados y convenios del Protocolo de Tokio o incluso los realizados en Copenhague, que afectaban al mundo industrial, al reciclaje, a la calidad de aire y las emisiones...y evidentemente afectaban al sector del transporte.

El transporte terrestre, que es el caso que nos concierne, según los últimos datos establecidos, es el responsable del 25% de las emisiones domésticas<sup>1</sup> de Gases de Efecto Invernadero (GEI), según el Informe Anual del Observatorio y la Logística en España. Los cuales son causantes en gran medida del calentamiento del planeta, y de importantes y graves problemas de salud.

Los Gobiernos han dado un paso adelante y se han puesto manos a la obra, llevando aprobar nuevos incentivos, nuevas ayudas y nuevas subvenciones. Normativas y legislaciones que fomentan la reducción de emisiones, fundamentalmente generadas por los vehículos de combustión interna que utilizan combustibles fósiles<sup>2</sup>, tales como la gasolina y el diesel, causantes de las emisiones óxido de nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono y partículas.

Esto ha provocado que todos los focos se dirijan al sector de automoción, haciéndoles los principales responsables del cumplimiento de las normas, y obligándoles a realizar un análisis concienzudo tanto de los sistemas existentes como de otras posibles alternativas, tales como<sup>3</sup>: la utilización de biocombustibles, uso vehículos de hidrógeno y los propios vehículos eléctricos.

Actualmente existen vehículos movidos por dichas tecnologías, con sus pros y con sus contras. Por ejemplo, los vehículos con hidrógeno tienen a favor que solamente expulsan vapor de agua, pero utiliza un vector energético, es decir, necesitas invertir energía para producir el hidrógeno. Otras desventajas son las dificultades del transporte y almacén.

El uso del biocombustible tiene como punto a favor que su funcionamiento en el motor es muy similar al del petróleo actual. Pero por el contrario es necesario cultivar grandes cantidades de hectáreas para poder cubrir una pequeña parte del mercado de automoción – y ni que decir tiene que puede considerarse una solución éticamente cuestionable ante la hambruna existente en el planeta -. Ante lo cual se está desarrollando biocombustibles de segunda y tercera generación mediante el uso de etanoles o de algas.

Y por último el vehículo eléctrico<sup>4</sup>, que de entre todas estas tecnologías es la más factible a día de hoy. Como las anteriores tiene aspectos negativos como podría ser la autonomía de las baterías, el precio o el peso de las mismas, así como los engorrosos tiempos de recarga.

---

<sup>1</sup> Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

<sup>2</sup> La Comisión Europea, presentó en 2011 en la Estrategia Europea del Transporte 2050, en el Libro Blanco, como uno de los objetivos principales acabar con los automóviles de combustible convencional en las ciudades en el 2050.

<sup>3</sup> La tecnología con aire comprimido está algo estancada, a falta de financiación. Fuente: PSA y [www.tecmovia.com](http://www.tecmovia.com)

<sup>4</sup> Las emisiones no son completamente nulas, como se cree. dependiendo del mix energético existente habrá unas emisiones u otras hasta la llegada de la energía eléctrica al vehículo, una vez allí, las emisiones provocadas por su funcionamiento serán nulas.

Existen estudios<sup>5</sup> que demuestran que el uso de vehículos movidos por electricidad de fuentes renovables o de gas natural podría reducir en un 70% las muertes por contaminación del aire.

A lo largo de los últimos años, se está generando una especie de expectación sobre la posible eclosión comercial de este tipo de vehículos. Las limitaciones tecnológicas se van poco a poco superando, minimizando el coste de las baterías así como aumentando su potencia y capacidad de almacenaje. A pesar de ello, el elevado precio del producto final - incluso con las cuantiosas ayudas y subvenciones existentes – sigue limitando un poco su despegue en ventas.

El primer escollo, el vehículo, está en gran medida solventado. Pero ahora la incertidumbre o duda va a un paso más allá, estos automóviles necesitan energía eléctrica de la red,... ¿Y existe la suficiente disponibilidad energética para poder hacer frente a una flota significativa de VE? Una incipiente demanda de vehículos eléctricos ¿podría proporcionar un colapso del sistema eléctrico? ¿Habría que modificar la producción de energía eléctrica, su distribución o transporte?

En este trabajo se estudiará el impacto del VE – y del híbrido enchufable – en el sistema eléctrico, su incidencia en la curva de demanda, la relación con las renovables y el impacto de los sistemas de recargas en la red de distribución.

## **1.2 Objetivos**

Para lo cual en primer lugar hablaremos de los vehículos que acceden a la red eléctrica, los eléctricos y los híbridos plug-in, destacando los elementos que más nos influyen a la hora de realizar el estudio de su impacto eléctrico, como son los modos de recarga, tiempos de la misma y las baterías.

Es decir, se realizará un estado del arte de la tecnología actual del VE.

Posteriormente, el estado del arte entre la interacción del vehículo eléctrico y el sistema eléctrico.

Y finalmente la simulación y estudio de varios escenarios de cargas/recargas en el sistema y su incidencia en la curva de demanda.

Como complemento a este trabajo, se ha incluido en los Anexos un análisis de la situación real del mercado de automoción eléctrico, los vehículos que ofrecen las diferentes marcas, cuotas de mercado, incentivos y perspectivas futuras, con la finalidad de conocer si la tecnología de vehículos eléctricos es de recorrido limitado o no.

También nos ocuparemos en los Anexos del Impacto Ambiental, en cómputo general, del uso de los vehículos de estudio.

Por último nos adentraremos en el Anexo C de dicho trabajo en la energía eléctrica en el mercado nacional, los diferentes tipos de centrales y las principales incidencias e influencias de las mismas.

---

<sup>5</sup> Publicado en Proceedings of the National Academy of Sciences por la Universidad de Minnesota.

## 2 VEHICULOS CON ACCESO A LA RED ELÉCTRICA

### 2.1 Introducción

En una primera instancia, podríamos imaginarnos que solamente los vehículos eléctricos son los que tienen acceso al sistema eléctrico, qué duda cabe que son los de mayor cuota de mercado y los más populares, pero despreciar los vehículos híbridos plug-in sería un error.

En esta parte del trabajo quisiera centrarme en las tecnologías que están directamente relacionadas con la conexión con la red eléctrica.

### 2.2 Un poco de Historia

La historia del VE viene de muchos años atrás, últimos años del siglo XIX y podemos decir que es el cuarto intento por parte de estos vehículos en establecerse en el mercado como alternativa real.

El primer intento se produjo entre los últimos años del siglo XIX y hasta aproximadamente 1920, dónde el coche eléctrico disfrutó de su época de máximo esplendor. Pero el incipiente abaratamiento del precio del barril del petróleo más el perfeccionamiento y mejoras en los vehículos con motor de combustión interna acabaron con la práctica extinción de los VE.

Después sucedió la crisis de 1973, o popularmente conocida como la primera crisis del petróleo<sup>6</sup>. Aparecieron algunos modelos eléctricos, ya que el precio del petróleo subió enormemente, pero no pasaron de meros prototipos o coches de serie muy corta.

La ilustración 1 refleja la evolución del precio del petróleo durante esos tiempos tan convulsos.

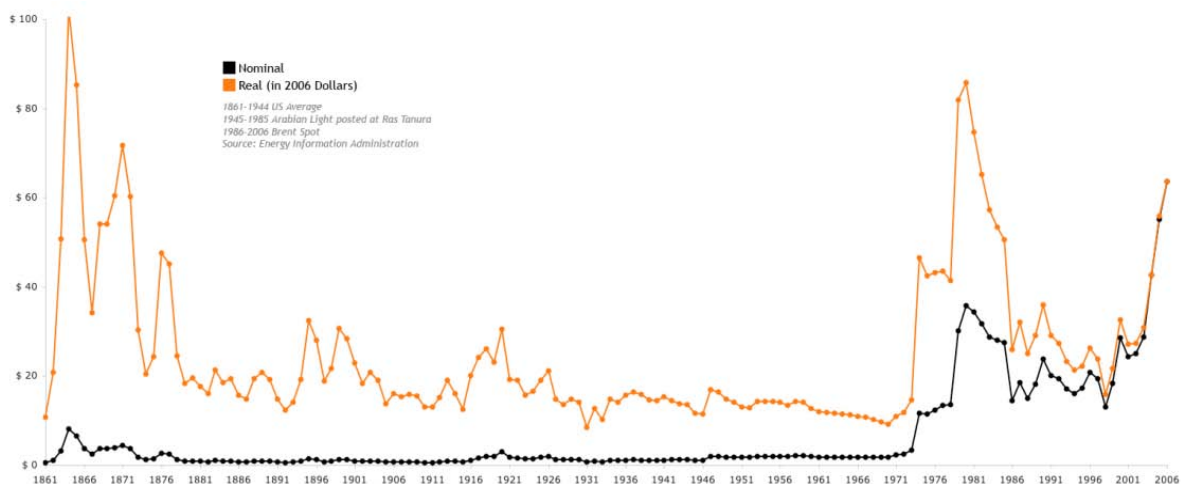


Ilustración 1: Evolución Precio Petróleo. Fuente: Administración de Información Energética

El tercer conato, fue sobre la década de los 90, y principalmente movido al otro lado del charco, es decir, en Estados Unidos, concretamente movido por el estado con más fama de concienciación ecológica, California. El CARB – California Air Resources Board -, como nuestra Concejalía de Medio Ambiente, llevó adelante la Ley ZEV – Zero Emissions Vehicle -, Ley de “Vehículo de Emisión Cero”, dónde se imponían a los fabricantes la obligación de disponer en su catálogo de vehículos modelos con emisiones nulas. La reacción por parte del sector fue bastante “curiosa”, los mismos que pleiteaban

<sup>6</sup> Decisión por parte de la Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo de no exportar a los países que habían apoyado a Israel durante la guerra del Yom Kippur. Que incluía a Estados Unidos y a sus aliados de Europa Occidental. El precio del petróleo. En poco tiempo se multiplicó por cuatro el precio del barril y en apenas 10 años casi por 10.

contra la Ley ZEV fabricaban vehículos eléctricos. Se cree que el lobby de las empresas petrolíferas fue clave para obstaculizar el asentamiento de los VE's. En esta época encontramos la historia singular del modelo de GM EV1 y la desaparición del mismo<sup>7</sup>.

Principios del siglo XXI, aunque quizás sea un poco antes, concretamente en 1997 con la aparición del Toyota Prius, que aunque no era un vehículo eléctrico como tal, fue el comienzo y la primera apuesta fuerte de una empresa importante como Toyota por un vehículo de movilidad sostenible.

La gran diferencia con respecto a otras ocasiones es que existe una mayor conciencia verde, por parte de la sociedad, y que las sanciones y normativas a cumplir son muy restrictivas. Para muestra de ello los siguientes ejemplos:

- El 95% de los vehículos deben ser recuperables en 2015, según directiva europea.
- Normativa Europea de emisiones en vehículos. Euro 6, aplicable a partir del 1 de septiembre del 2014.
- Los fabricantes en 2020 deben cumplir, como media de su gama, unas emisiones máximas de 95g/km en Europa.

## **2.3 Clasificación de los Vehículos**

La clasificación de los automóviles, puede ser múltiple, motores de combustión externa, motores de combustión interna, vehículos movidos por hidrógeno, híbridos en serie o en paralelo...pero en nuestro caso particular nos centraremos en los conectables a la red eléctrica:

### **2.3.1 Vehículo Eléctrico Puro – VE o BEV -.**

Los vehículos eléctricos puros, o denominados en muchas bibliografías como vehículos eléctricos de batería – BEV, Battery Electric Vehicle - son los vehículos conectables más conocido de todos. Son coches realmente 100% eléctricos, ya que son los únicos que disponen como sistema de propulsión al motor eléctrico, careciendo de cualquier suplemento o ayuda proporcionada por un motor de combustión. Motivo por lo cual son considerados vehículos de cero emisiones.

En lugar de tener un depósito con el carburante, disponen de una batería de la que tomará la energía eléctrica el motor eléctrico y la transformará en energía mecánica para mover al vehículo.

Los elementos básicos del mismo son: el motor eléctrico, las baterías, el sistema de conversión de energía y de gestión de la misma, y la transmisión – acople entre las ruedas y el motor eléctrico -.

Alguna de las características de los elementos anteriores son - posteriormente hablaremos un poco más de las baterías y de la carga de las mismas -:

- Los VE pueden disponer o de un único motor eléctrico ubicado en la posición habitual del motor térmico en los coches convencionales, o varios motores eléctricos, de dimensiones más pequeñas, localizados en las ruedas del vehículo.
- El motor eléctrico – ME - puede ser de corriente continua o de corriente alterna.
- Los ME pueden utilizarse como generadores eléctricos, “absorbiendo” la energía cinética del vehículo transformándola en energía eléctrica. Gracias a ello el llamado frenado regenerativo ayuda a cargar la batería del vehículo.

---

<sup>7</sup> Documental “Who killed the Electric Car”. 2006 [www.greencars.org](http://www.greencars.org)

- Las baterías se pueden recargar por red eléctrica (cable o inducción) o mediante la sustitución de las mismas<sup>8</sup>. Se hablará posteriormente con más detalle de ello en el punto 2.5.2, Tipos de Recarga.

La ilustración 2 nos ayudará a una mejor comprensión de su funcionamiento:

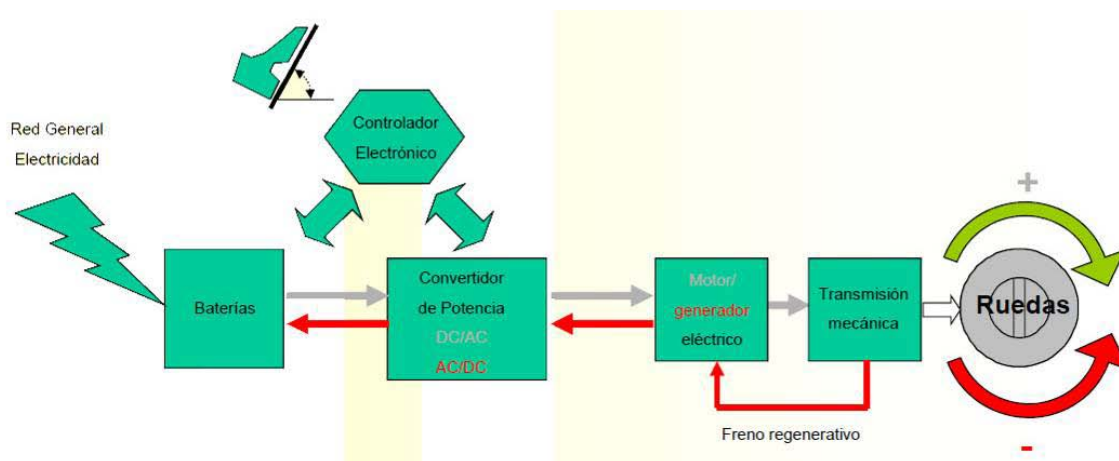


Ilustración 2: Configuración VE. Fuente: IDAE

Pero además de los coches eléctricos puros existen los híbridos plug-in que también se conectan a la red eléctrica.

### 2.3.2 Vehículo Híbridos.

Para solventar el problema actual de la autonomía de los VE, debido principalmente a la capacidad de almacenaje de las baterías, y para minimizar los consumos de los coches convencionales, existe en el mercado un vehículo intermedio entre el BEV y el convencional movido por el motor de combustión interna – MCI -.

Los vehículos híbridos – VEH o Hybrid Electric Vehicle HEV – se basan en el funcionamiento conjunto de dos motores, uno de combustión y otro eléctrico. Pudiendo destacar tres configuraciones diferentes:

- **Híbrido en paralelo:** La fuerza de tracción del vehículo es proporcionada o por el motor térmico, o por el motor eléctrico o por ambos a la vez. El ME trabaja en paralelo con el MCI para impulsar las ruedas del vehículo. Ejemplo de estos vehículos es el antiguo Honda Insight. Representado en la ilustración 3.

<sup>8</sup> En Junio del 2013, la empresa Better Place, única empresa que realizaba el intercambio de baterías se declaró en bancarota. Fuente: Reuters y Bloomberg.

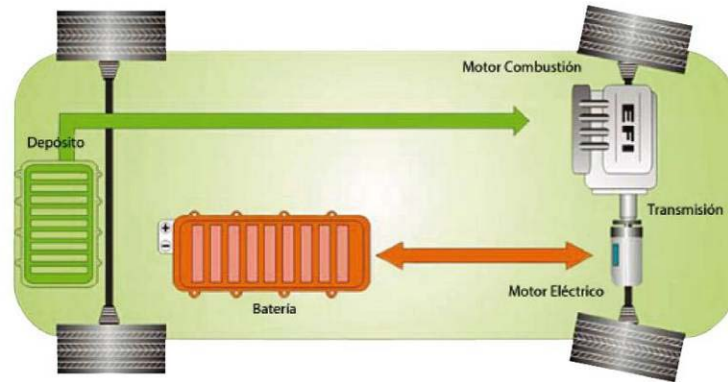


Ilustración 3: Configuración en Paralelo. Fuente: FITSA

- **Híbrido en serie:** Son aquellos que son impulsados enteramente por el motor eléctrico gracias a la energía suministrada por el motor de combustión – al arrastrar un generador eléctrico -.La batería actúa como acumulador de la electricidad – energía – sobrante, y cuando está cargada, permite la desconexión temporal del MCI. Existe una configuración semejante a ésta, denominada Vehículo Eléctrico de Autonomía Ampliada - Range Extended Electric Vehicle REEV - , o Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida – Electric Range Extended Vehicle EREV - . En este caso la autonomía extendida es proporcionada por un pequeño motor de combustión interna con un alternador que suministra energía para la propulsión eléctrica cuando la batería está vacía. En este caso particular la potencia del motor térmico suele ser mucho más pequeña que la del eléctrico. Ejemplo de estos vehículos es el BMW i3 REX. Representado en la ilustración 4.

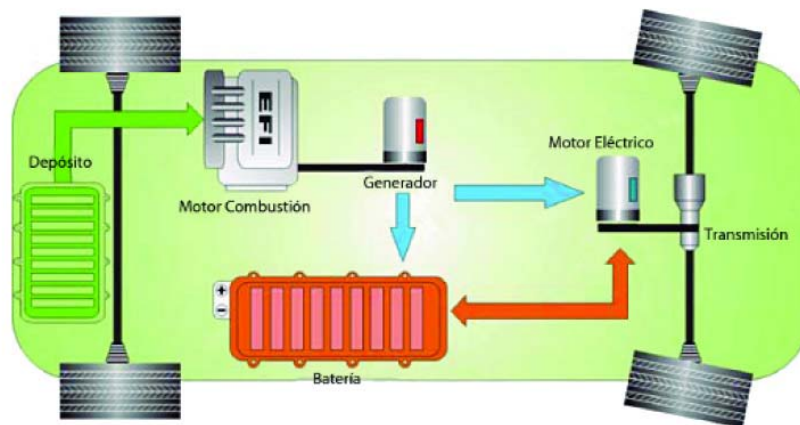
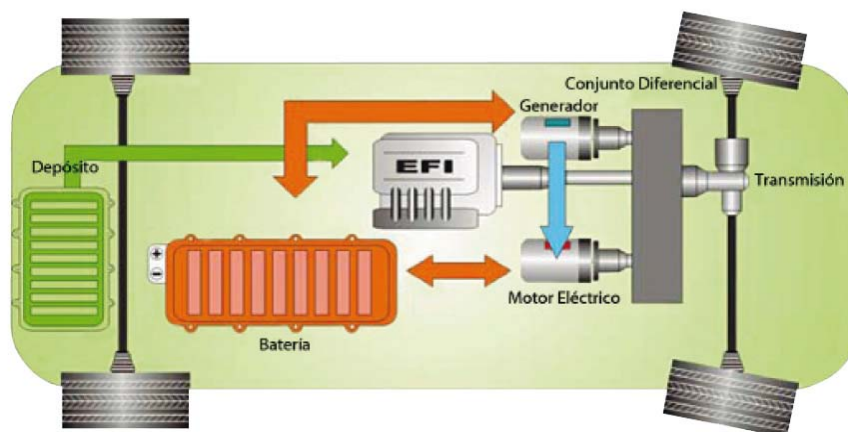


Ilustración 4: Configuración en Serie. Fuente: FITSA

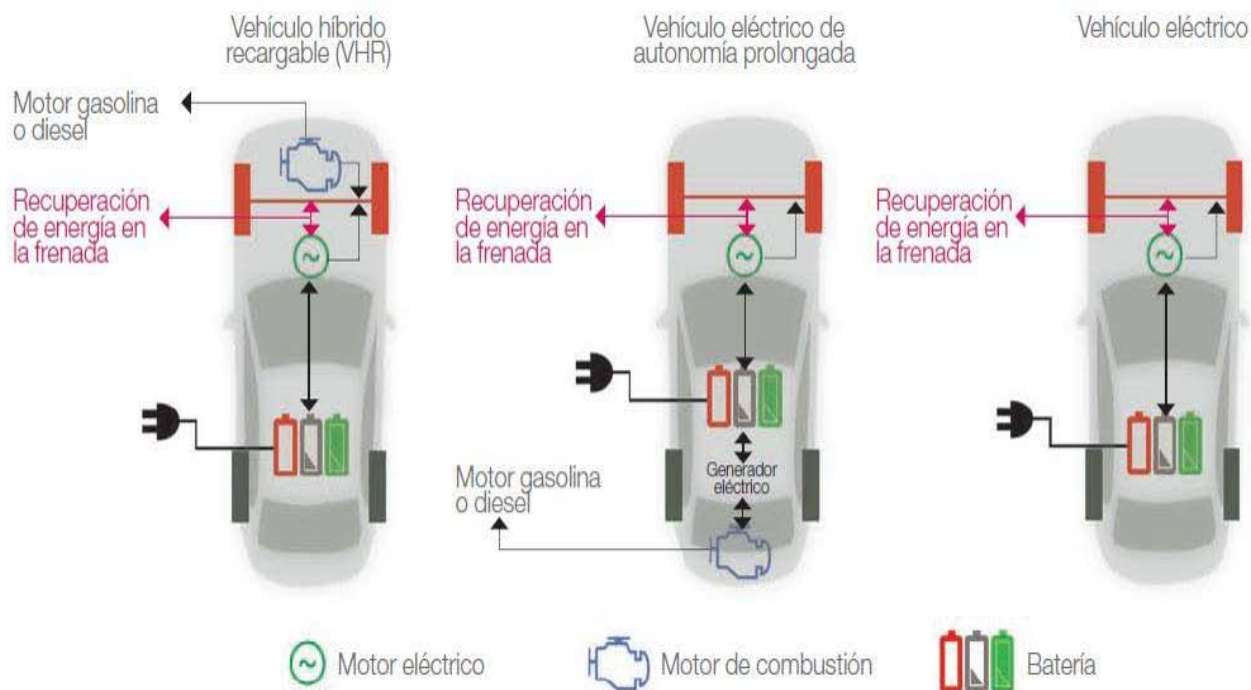
- **Híbrido en serie-paralelo o híbrido mixto:** Aglutina lo mejor de las dos opciones anteriores, compartiendo las características del de serie – generador independiente – y paralelo – doble actuación simultánea de ambos -. Podemos decir que es un vehículo híbrido con arquitectura serie en el que se ha conectado el motor de combustión directamente a las ruedas. De este modo, el MCI como el generador y el ME están todos interconectados a través de un sistema de engranajes diferencial el cual, a su vez, está conectado a la transmisión del vehículo. Ejemplo de estos vehículos es el Toyota Prius, representado en la ilustración 5.





**Ilustración 5: Configuración Mixta. Fuente: FITSA**

Pues todas las variantes híbridas anteriores admiten una opción denominada Híbrido Conectable o Enchufable – Plug-in o **Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable** VEHE o Plug in Hybrid Electric Vehicle PHEV -, en la que las baterías, de mayor tamaño, se pueden recargar a través de la red eléctrica (ilustración 6).



**Ilustración 6: Vehículos Enchufables. Detalle enchufe. Fuente: Refacciones.es**

Quando la batería llega a niveles mínimos, se activa automáticamente el MCI y empieza a funcionar como un VEH. Ejemplo de este tipo de vehículos es el Mitsubishi Outlander PHEV.

La ilustración 7 representa a los modelos más significativos y característicos de cada una de las tecnologías mencionadas con anterioridad. De todos ellos, solamente el Honda ha cesado su comercialización, el resto son un éxito ventas en sus respectivos segmentos.



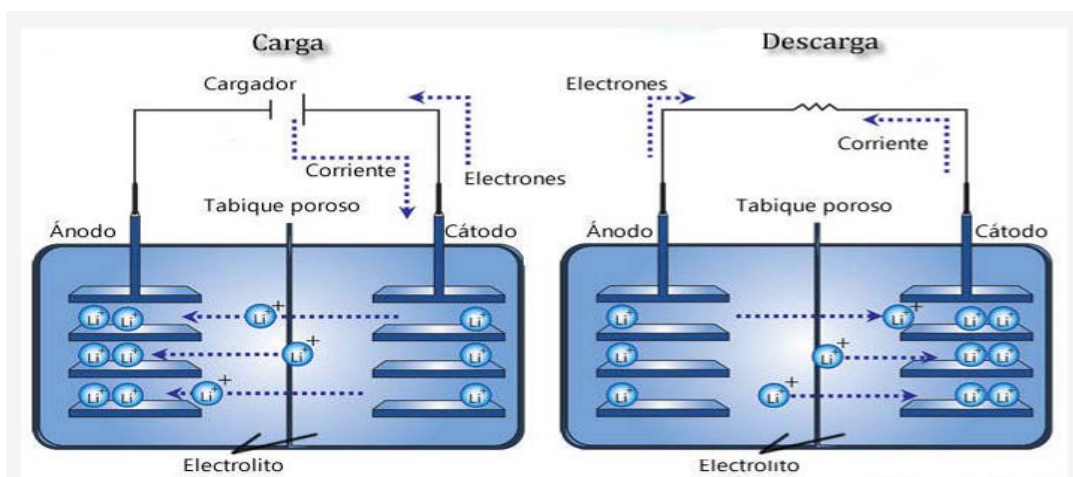
Ilustración 7: Toyota Prius (ai), Mitsubishi Outlander (ad), BMW i3 Rex (bi), Honda Insight (bd)



## 2.4 Las Baterías.

El VE se alimenta de electricidad almacenada en grandes baterías recargables ubicadas en su interior. Su eficiencia es clave para el éxito o fracaso de la movilidad eléctrica en el sector automovilístico.

La batería es un conjunto de celdas en el que cada una de las mismas se produce una reacción química reversible – intercambio de iones y electrones entre sus dos polos -. En la “dirección descarga” se produce una corriente eléctrica que es capaz de mover el motor eléctrico que impulsa el coche. Y en la “dirección de recarga” iones y electrones vuelven a su posición original a partir de un aporte de energía externo. Ilustración 8, detalle del funcionamiento de la batería.



**Ilustración 8: Funcionamiento de la Batería. Fuente: “Estado y tendencias de las baterías industriales de los vehículos híbridos y eléctricos” de David Anderson.**

Pese a que en los últimos años han experimentado grandes evoluciones, todavía siguen teniendo algunos puntos negativos, que con el tiempo se van mitigando:

- Altos costos de fabricación. Actualmente el Litio es uno de los materiales más empleados, pero las existencias del mismo son limitadas y los países donde se encuentran no son políticamente muy estables. Por este motivo, al ser el precio de las baterías elevado, el coste de los VE llega a ser tan elevado que limita su comercialización.
- Efecto memoria de las baterías. Las nuevas baterías han logrado eliminar este problema.
- Ciclos de carga y descarga limitados. Duración limitada de las baterías.
- Capacidad limitada de almacenamiento por unidad de peso y volumen. Las baterías todavía ofrecen pesos y volúmenes demasiado elevados con respecto a su capacidad de almacenamiento - lo cual afecta a la cantidad de kilómetros que podemos hacer con las mismas -. Autonomía limitada por unidad de peso y volumen.
- Tiempos de recarga muy elevados.
- Reciclaje de las baterías<sup>9</sup>.

Los parámetros más característicos de las mismas son los siguientes:

<sup>9</sup>

- Capacidad (C): Es la cantidad de carga eléctrica que es capaz de almacenar o suministrar. Se suele medir en Amperios-hora.  $1Ah=3.600 C$ .
- Energía Almacenada (E): Es la cantidad de energía que es capaz de suministrar una batería. Se suele medir en Vatios hora.
- Tensión de la Batería (V): Es obtenida a través de la tensión proporcionada por cada celda y mediante la combinación de las celdas en serie y/o paralelo.
- Estado de Carga (SOC): Es un indicativo del estado en el que se encuentra la batería, existen otros parámetros de la misma índole tales como SOH – estado de salud de la batería – o RUL – vida útil restante de la batería -.
- Profundidad de Descarga (DOD): Indica el límite máximo de la batería que se puede descargar, sin que aparezca efectos negativos en la batería.
- Autodescarga: Pérdida de capacidad de una batería cuando se mantiene un circuito abierto.
- Número de Ciclos de Descarga Profunda: Es un indicativo de la duración de la batería, es decir, de su ciclo de vida.
- Rendimiento de Carga/Descarga: La batería no almacena toda la energía eléctrica que recibe por lo que la cantidad de electricidad suministrada debe ser mayor que la teóricamente necesaria. Si por ejemplo de factor de carga es de 1,4; se debe suministrar una carga que sea un 40% superior a la deseada.
- Energía Específica (Wh/kg): Relación de la energía que puede suministrar con el peso.
- Densidad Energética (Wh/l): Relación con el volumen ocupado.
- Potencia específica (W/kg).
- Rango de Temperaturas: Rango de temperaturas dónde la batería funciona de manera óptima.

Aparte de las baterías como sistema de almacenamiento, el mercado ofrece otras alternativas para los vehículos eléctricos e híbridos – sobre todo para estos últimos, por su limitada capacidad de almacenaje - , como son, entre otras, los supercondensadores, los volantes de inercia o los sistemas de almacenamiento de aire comprimido (hidráulico).

Los supercondensadores (supercapacitors) son capaces de almacenar en su interior cargas eléctricas y liberarlas con elevada rapidez, es decir tienen una elevada velocidad de respuesta. Y el número de ciclos de carga y descarga son mayores que las baterías. Pero sin embargo, disponen de una capacidad de almacenamiento menor. Se suelen emplear para tomar la energía proveniente de las frenadas regenerativas. Más frecuente en vehículos híbridos.

Para hacernos un estado de lugar de la situación de cada una de las tecnologías de almacenamiento – teniendo en cuenta las principales configuraciones para las baterías – se muestra en la ilustración 9 una comparativa de la capacidad de potencia que pueden almacenar frente al tiempo que invierten en descargar dicha potencia.

En la ilustración 10, se tiene en cuenta el objetivo e importante dato del coste material de dichos sistemas de almacenaje, con respeto tanto a la unidad de potencia como a la unidad de energía. En función de las necesidades o prioridades del vehículo de estudio, el sistema elegido será uno u otro.

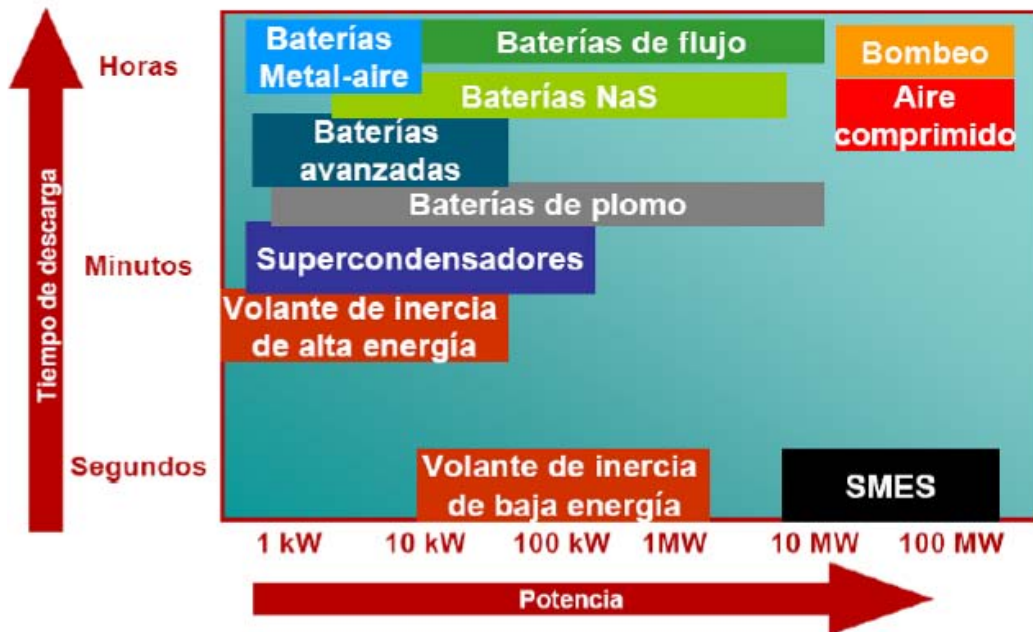


Ilustración 9: Capacidad y coste de sistemas de almacenamiento. SMES: Bobinas Semicondutoras. Fly Wheels: Volantes de Inercia. CAES: Compressed Air Energy Storage, Fuente: REE

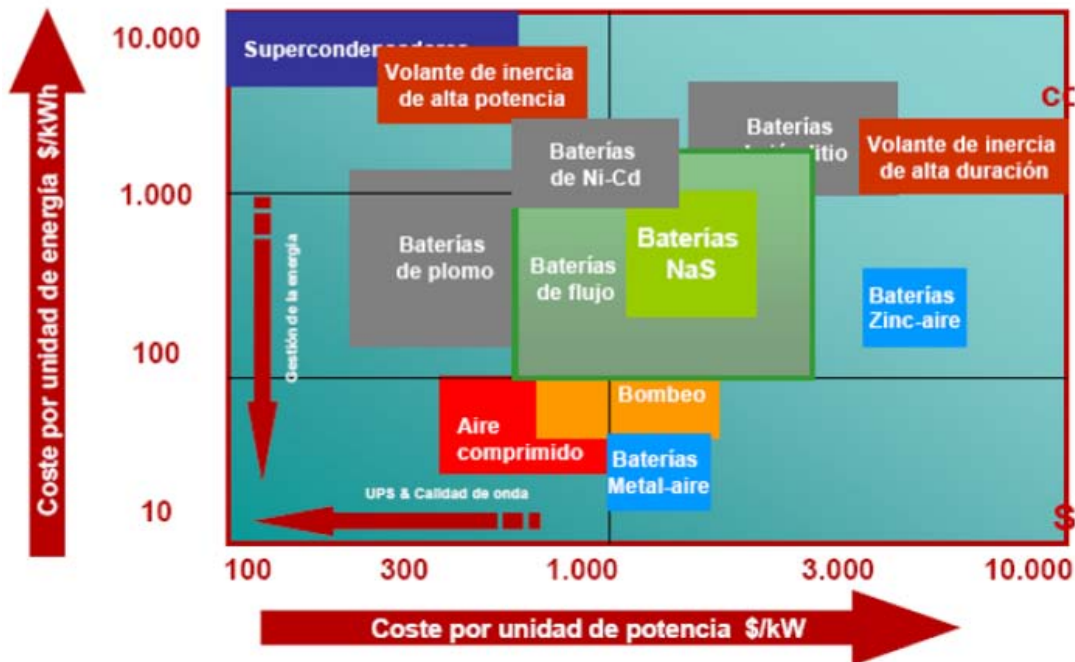


Ilustración 10: Coste de sistemas de almacenamiento. SMES: Bobinas Semicondutoras. Fly Wheels: Volantes de Inercia. CAES: Compressed Air Energy Storage, Fuente: REE

Como una variante más avanzada de estos sistemas de almacenamiento, y como posible solución a largo plazo, estaría el uso de una pila de combustible de hidrógeno – a grandes rasgos la oxidación del hidrógeno causa el movimiento de los ME -, pero comercialmente esto es más conocido como coche de hidrógeno no como coche eléctrico propiamente dicho.

En la ilustración 11 se puede observar la diferente configuración interna de vehículos con sistemas de almacenamiento hidráulico, mecánico con volante de inercia y con pila de combustible.

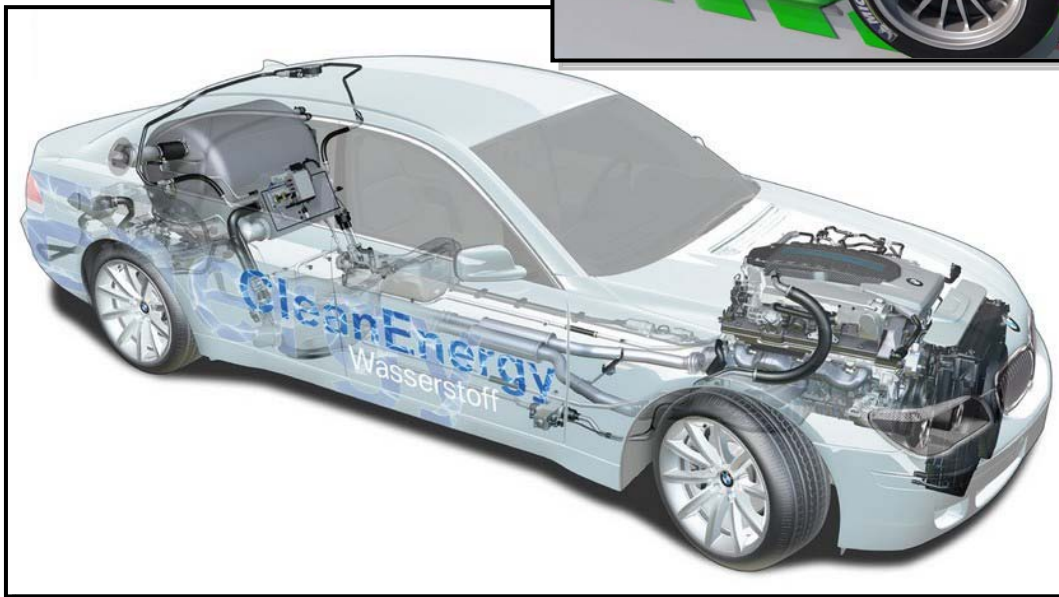
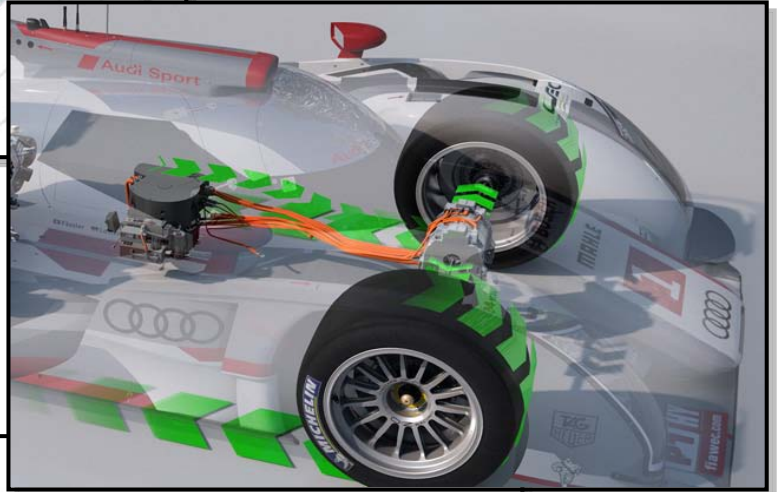
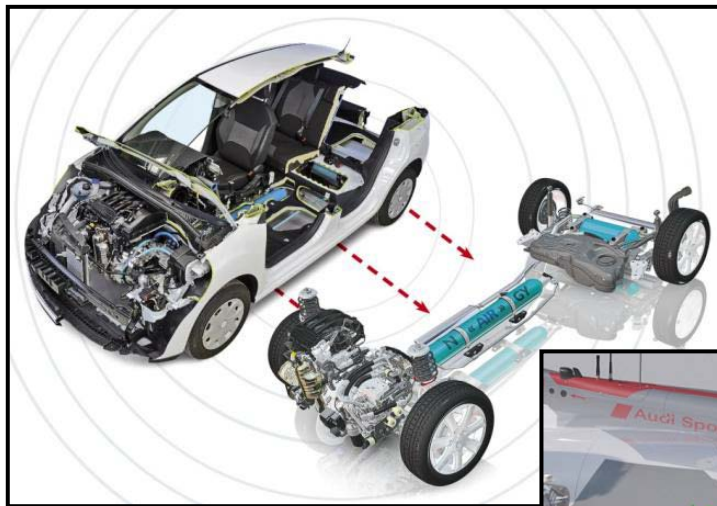


Ilustración 11: Vehículo híbrido hidráulico - arriba -. Vehículo híbrido con volante de inercia -centro -. Vehículo de hidrógeno - abajo -. Fuente: PSA-Audi-BMW

## 2.4.1 Tipos de Baterías en los VE.

Escoger entre los diferentes tipos de baterías depende fundamentalmente de un compromiso entre la densidad energética, la potencia específica, los costes, la durabilidad y la seguridad. Las principales baterías utilizadas en el sector son las siguientes:

### BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO:

Disponen de una tecnología muy madura, ya que se han usado durante mucho tiempo para arrancar los motores de combustión. Entre otras ventajas podemos destacar su bajo coste, su buen comportamiento en un amplio rango de temperaturas, que existe una estandarización universal, que dispone de una buena potencia específica (W/kg), elevado voltaje, elevada potencia y dispone de una tecnología fácil de implementar. A su vez, tiene una buena retención de la carga en el tiempo y es relativamente fácil su reciclaje.

Por otro lado, algunas de sus desventajas son que puede almacenar unos 40 Wh/Kg, una densidad de energía bastante limitada, dispone de una moderada ciclabilidad, posibilidad de desprendimiento de gases – se puede formar hidrógeno y oxígeno en los electrodos – y fuerte impacto medioambiental – plomo –.

Otras características importantes son su potencia de 180 W/kg, energía específica 60-75 Wh/litro, eficiencia energética del 82,5 % y un periodo de vida de unos 500 ciclos de recarga. Alta tolerancia a la sobrecarga, tasa de autodescarga del 5% mensual, valor medio de tensión por celda de 2 Voltios y el rango de temperaturas es de -20 y 60 °C.

Actualmente su uso en los vehículos eléctricos es escaso, por su limitada capacidad, su vida relativamente corta y los periodos de recarga son muy prolongados. Su uso en los VE se limitaría, con la ayuda de un rectificador de tensión, a alimentar elementos como la radio, las luces, elevalunas,...

Otras baterías con plomo:

- Baterías Plomo-Gel: Sin necesidad de mantenimiento. Algunos VE la utilizan.
- Baterías Plomo-Silicona: De relativa reciente aparición en el mercado. Más resistencia que las convencionales.

Fue utilizado por el icónico vehículo eléctrico de General Motors EV1.

### BATERÍAS DE NÍQUEL-METAL:

Fueron una revolución en la historia de las baterías. Destacan por disponer de una mayor energía específica, admitir recargas rápidas, tener un ciclo de vida largo careciendo de cualquier tipo de mantenimiento y a diferencia de las anteriores no tienen problemas ambientales. Entre sus puntos débiles, podemos hablar de un alto índice de descarga en periodos de inactividad – pierden el 30 % de la carga en un mes parado –, coste de producción elevado, siguen teniendo un moderado número de ciclos de vida, menores prestaciones electroquímicas a alta corriente y un moderado “efecto memoria”.

Ejemplos de este tipo de baterías son:

- Níquel-Cadmio: Más rentables de reciclar que otro tipo de baterías. Pero tienen “efecto memoria”. Sus valores de densidad energética son 60 Wh/kg y 50-150 Wh/litro. Su tolerancia a



la sobrecarga es moderada con tasa de autodescarga del 20% mensual. El valor de la tensión medio de las celdas es de 1,25 Voltios y su rango de temperaturas de funcionamiento óptimo se sitúa entre -40 y 60 °C.

- Níquel-Metal-Hidruro (NiMH): Tras los problemas generados por las baterías recargables de Cadmio, se buscó otro tipo de metales con mayor nivel de energía a menor coste y tamaño. La densidad de energía es de unos 70 Wh/kg y 143-300 Wh/litro y con una vida superior a 1000 ciclos de recarga. Tiene una capacidad de un 40 % superior a una de Cadmio de las mismas dimensiones y permite hasta 10 veces más recargas. Su resistencia a la sobrecarga es relativamente baja. Son reciclables.
- Níquel Zinc (NiZn): Aunque son dos veces más caras que las baterías de plomo, ofrecen el doble de densidad energética. Actualmente algunas motos las están probando.

Han sido las utilizadas durante mucho tiempo por el Toyota Prius (Níquel–Metal-Hidruro).

### **BATERÍAS DE ION-LITIO:**

Existen muchas variantes de las mismas y son las más utilizadas en la actualidad – y probablemente permanecerán en un largo periodo de tiempo -, ya que sus características técnicas más importantes mejoran sustancialmente a las dos opciones anteriores.

Con un voltaje, potencia y energía específica mayor que los casos precedentes, también destacan en aspectos tales como la carga utilizable, la densidad energética<sup>10</sup>, la eficiencia de recarga e incluso el número de ciclos de vida, todos ellos muy superiores a las baterías de níquel-metal o de plomo.

Otra característica a subrayar es su bajo o moderado impacto ambiental.

Como inconveniente, tienen una menor robustez ante variaciones de voltaje, lo que hace necesario incorporar costosos sistemas de gestión de las baterías para su protección y correcto funcionamiento. Otro aspecto a destacar, es que debido a su propia composición química su coste de producción es mayor y tienen pérdidas de prestaciones a alta temperatura.

Normalmente las baterías de Ion-Litio tienen en común, como norma general, un ánodo de Litio-Carbono y se diferencian en el óxido de Litio que utilizan en el cátodo. En función de la química utilizada las características técnicas de la batería sería una u otra.

En la ilustración 12 se observa la forma de batería de un Nissan Leaf, como una sección de la misma.



**Ilustración 12: Batería Ion-Litio. Nissan Leaf. Fuente: Motorpasion**

<sup>10</sup> BMW considera que cada 3 años este tipo de baterías pueden aumentar un 20% su capacidad energética.

Ejemplos de este tipo de baterías son:

- Baterías de Litio-Cobalto (Li Co O<sub>2</sub>): Tienen una densidad energética de 170-185 Wh/kg. Se utilizan de forma masiva en los dispositivos móviles, pero debido a los escasos 500 ciclos de recarga como las reacciones exotérmicas – posibles incendios – que se generan en caso de accidente/rotura su uso en coches eléctricos es escaso y poco recomendable.
- Baterías de Litio-Hierro-Fosfato (Li Fe P O<sub>2</sub>): Densidad energética de 90-125 Wh/kg. Destacan por su estabilidad térmica y química. Pese a que su densidad energética se ubica en la zona baja, son consideradas un paso adelante por su seguridad y durabilidad – hasta 2.000 ciclos de recarga -. Son baratos como las de Cobalto, pero a diferencia de éstas se emplean en automoción para mover a los VE y a los PHEV sin riesgos de posibles incendios o auto combustiones.
- Baterías de Litio-Manganeso (Li-Mn<sub>2</sub> O<sub>2</sub>): Densidad energética 90-110 Wh/kg. Son más estables térmicamente que las de Cobalto, y soportan más voltaje, pero tienen una densidad energética inferior. El Mn no es contaminante.
- Baterías de Litio-Níquel-Cobalto-Manganeso (Li Ni<sub>x</sub> Co<sub>y</sub> Mn<sub>z</sub> O<sub>2</sub>): Densidad energética 155-190 Wh/kg. Excelente compromiso entre rendimiento y coste razonable. Soportan hasta 1.500 ciclos y voltajes elevados.
- Baterías de Litio-Titanio (Li<sub>4</sub> Ti<sub>5</sub> O<sub>12</sub>): Densidad energética 65-100 Wh/kg. Soportan hasta 12.000 ciclos de carga – 10 veces más que la competencia, motivo por el cual son las más duraderas -. Pero la densidad es actualmente un poco baja y su coste sigue siendo elevado.



**Ilustración 13: GM EV1 (izda), batería Pb-ácido. Toyota Prius 1997 (cntro), batería NiMH. Tesla Roadster (dcha), batería Li-ion.**

La ilustración 13, se escenifica la disposición de diferentes tipos de baterías en diferentes vehículos comerciales. Como dato anecdótico, pese a ser el Toyota Prius un pionero tecnológico desde el punto de vista de los coches híbridos, nunca ha utilizado en sus baterías las composiciones más vanguardistas

En la ilustración 14 se puede observar el posicionamiento de cada una de las baterías con respecto a los condensadores.

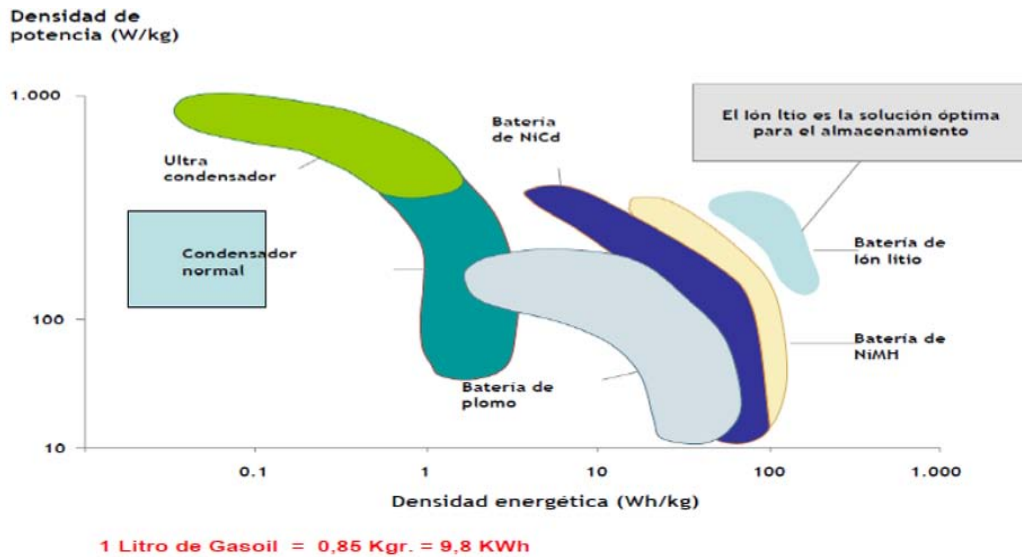


Ilustración 14: Gráfica densidad de potencia/Densidad de energía. Fuente: Aee

Como cómputo general, en la gráfica 15 que se muestra a continuación, el posicionamiento de los diferentes tipos de baterías, tanto comerciales como en fase de desarrollo, con respecto a características tan importantes como son su coste, la seguridad de las mismas, vida útil, potencia y energía. Siendo el valor “0” el valor mínimo y “5” el valor máximo.

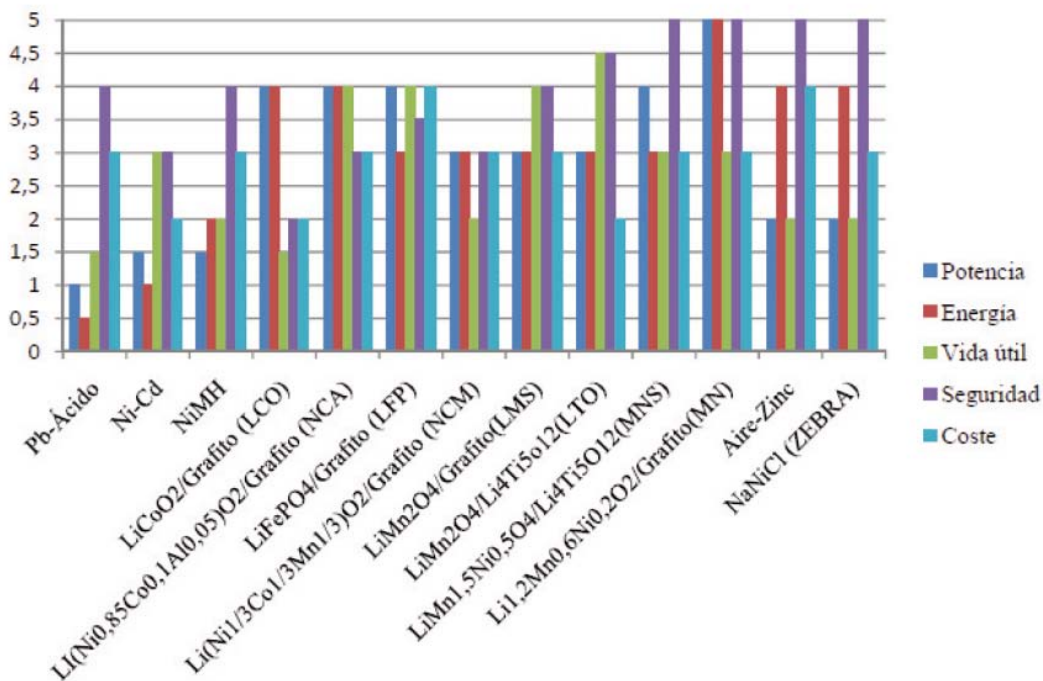


Ilustración 15: Comparativa baterías. Fuente: Ametic

Desde un punto de vista cuantitativo, el balance de las baterías sería el mostrado en la tabla 1 mostrada en la página siguiente<sup>11</sup>:

<sup>11</sup> En función de cada bibliografía el abanico de valores ofrecidos de cada tipo de batería son diferentes dentro de un mismo orden.



Tabla 1: Comparación de prestaciones de las baterías. Fuente: Turker, Harun, [www.hardingenergy.com](http://www.hardingenergy.com), [www.metricmind.com](http://www.metricmind.com), Ametic. Green car batteries, Swartz

Tipos de Baterías	Densidad Energética (Wh/kg)	Energía/Volumen (Wh/l)	Potencia/Peso (W/kg)	Potencia/Volumen (W/l)	Número de Ciclos	Autodescarga (%/mes)	Régimen de Descarga	Eficiencia Energética (%)	Tª de Funcionamiento (°C)	V <sub>nom</sub> (V)	Coste (\$/kWh)
Plomo-Ácido	35-50	60-75	150-400	360	500-1.000	5-10	10C	80	-20° a 60°	2.10	100-150
Níquel Cadmio (NiCd)	30-50	85-100	100-150	ND	1.000-2.000	20	ND	75	-40° a 60°	1.24	250-350
Níquel Zinc (NiZn)	60-85	ND	ND	ND	1.000	ND	ND	ND	-20° a 60°	ND	ND
Níquel-Hidruro Metálico (NiMH)	60-80	180-220	200-300	ND	1.000-2.000	30	ND	70	-20° a 60°	1.20	200-350
Aluminio Aire	200-300	ND	100	ND	ND	ND	ND	<50	ND	ND	ND
Zinc Aire	100-220	750	30-80	ND	500	ND	ND	60	ND	ND	90-120
Sulfuro de Sodio	150-240	ND	230	ND	1.000	ND	ND	85	ND	ND	200-350
Zebra (NaNiCl)	90-120	150-180	130-160	ND	1.000	12 % día	ND	80	270° a 350°	2.58	250-350
Polímero de Litio	150-200	200-250	350	ND	1.000	10	ND	ND	0° a 60°	3.70	150
Li Fosfato	120-140	190-220	Hasta 800	ND	2.000	5	ND	ND	ND	ND	ND
Iones de Litio	80-130	185-220	200-300	3.500-5.800	1.000	<5	10-30C	>95	-20° a 60°	3.70	200
Supercondensadores	<4	<5	2.000-26.000	3.000-30.000	ND	Importante	150C	ND	-40° a 60°	2.70	125.000 (8€/kj 189€/kW)

Cuanto mayor es la capacidad de la batería, mayor será su autonomía, con el consiguiente aumento en el tiempo invertido en su recarga. La tabla 2 muestra una comparativa directa de la autonomía de algunos de los principales vehículos eléctricos.

**Tabla 2: Autonomía de diferentes vehículos eléctricos. Fuente: wikipedia.**

Modelo	Autonomía (kWh)	Autonomía (km)	kWh batería/100 km
Reva L-ion	11	120	9,17
Think City	25	200	12,50
Mitsubishi i-Miev	16	130	12,31
Citröen C-Zero	16	130	12,31
Renault Fluence ZE	22	160	13,75
Nissan Leaf	24	160	15,00
Tesla <sup>12</sup> Roadster 42	42	257	16,34
Tesla Roadster 70	70	483	14,49
<b>MEDIA</b>	28,25	205	13,78

## 2.4.2 El Futuro de las Baterías

El sector está apostando fuerte por la mejora de las baterías, no en vano cualquier inversión puede afectar tanto a la automoción directamente como a la mejora de otros elementos electrónicos, tales como los teléfonos móviles, los portátiles, las tablets,...Pero su desarrollo no va están siendo tan avanzado como se esperaba.

El estudio e investigación de las baterías se está dirigiendo a los siguientes puntos:

- Aumento de la energía, o lo que es lo mismo, de la autonomía del vehículo.
- Reducción del tiempo de recarga.
- Aumento de su vida útil (ciclos de recarga).
- Reducción del coste.
- Reducción de peso y/o volumen, que también tienen incidencia en la autonomía del vehículo.
- Búsqueda de una segunda vida para la batería en otros sectores, como el doméstico para el almacenamiento de la energía

Cuanto más se desarrollen las baterías, mayor será el número de vehículos eléctricos de batería, y por tanto mayor será la demanda de energía eléctrica de la red.

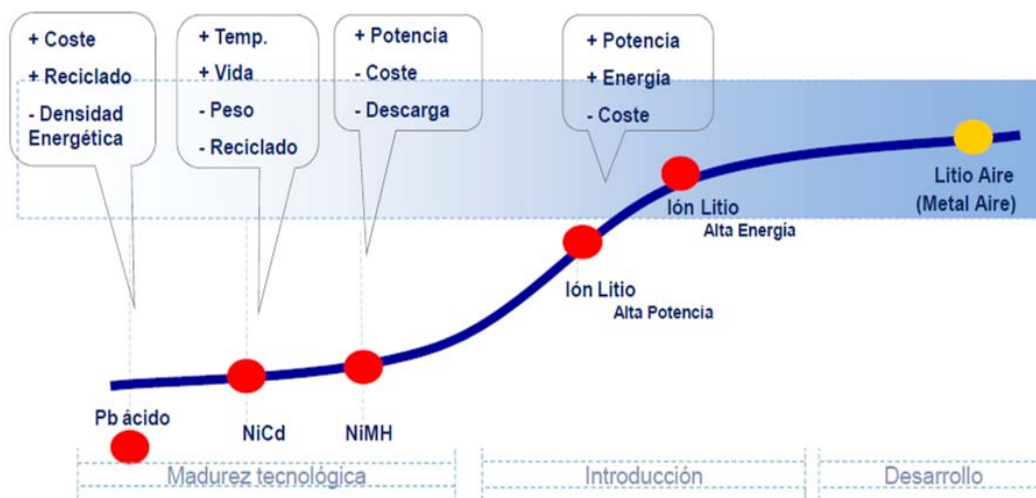
Las últimas novedades presentadas – pero todavía no comercializadas – son las siguientes:

---

<sup>12</sup> Actualmente la marca Tesla ofrece las baterías más potentes del mercado en su modelo S, con 60 y 85 kWh.

- Baterías de Li-Aire (O<sub>2</sub>): Son baterías de aire y litio. Según datos de la Battery University podrían tener una capacidad teórica de 13.000 Wh/kg. Su posible comercialización se puede retrasar una o dos décadas. Sin embargo Axion, principal fabricante europeo de baterías de litio, considera que podrían estar listas en el 2020, pero con prestaciones bastante más limitadas, 500-1000 Wh/kg, con una capacidad de 500 km de autonomía.
- Baterías de Li- Azufre (S): De inminente entrada en el mercado. Densidades energéticas de 350 a 500 Wh/kg, es decir, casi el doble de autonomía de las actuales de litio, sin aumentar el tamaño y peso. Como inconveniente encontramos que el sulfuro se empobrece a los pocos ciclos de recarga. Estudio llevado a cabo por investigadores del laboratorio nacional Lawrence Berkeley, del Departamento de Energía de los EE.UU
- Baterías de Dióxido de Titanio: Se evita el uso del Litio, ya que es un elemento caro y bastante escaso. Tienen forma de gel. Y prometen 10.000 ciclos con recargas del 70% en tan solo 2 minutos. Desarrollado por la Universidad Tecnológica de Singapur.
- Baterías Dual de Carbono: Ambos electrodos están realizados en carbono. Se caracteriza por recargas rápidas – 20 veces más rápido que las de litio convencionales -. Alta densidad energética. Fiables y duraderas, con una vida útil tres veces superior a las de litio – por encima de los 3.000 ciclos de carga y descarga -. Se calientan poco al recargarse, totalmente reciclables y bastante barata de producir.
- Baterías de Iones de Sodio: Es una alternativa como batería de bajo coste. Tienen una capacidad similar a las de litio pero a un precio menor. Se han perfeccionado las antiguas baterías de iones de sodio, logrando una mejora de la vida útil, una mejora de la velocidad de recarga alta y de la estabilidad térmica. Desarrollado por la Universidad Hanyang de Corea del Sur, la Universidad de Roma Sapienza de Italia y el Laboratorio Nacional Argonne de Estados Unidos.

En la ilustración 16 se muestra la evolución que se prevé de las baterías en función de las últimas investigaciones publicadas.



**Ilustración 16: Posible evolución de las baterías. Fuente: ENDESA**

- Baterías de electrolito sólido: Al tener los componentes sólidos se evita las fugas de electrolito y la generación de posibles incendios. Disponen de una vida útil mayor que las de iones de litio y no necesitan complejos sistemas de refrigeración, ya que operan en un alto rango de temperaturas. Destacan en esta tecnología las marcas Bosch con la compra de Seo, Dyson con la compra de Sakti3, o SolidEnergy o Volkswagen.

Un factor clave en la introducción de las nuevas baterías en el sector de la automoción será su densidad energética, en la ilustración 17 podemos observar la tendencia futura de nuevas baterías con mayor energía por unidad de volumen o de peso.

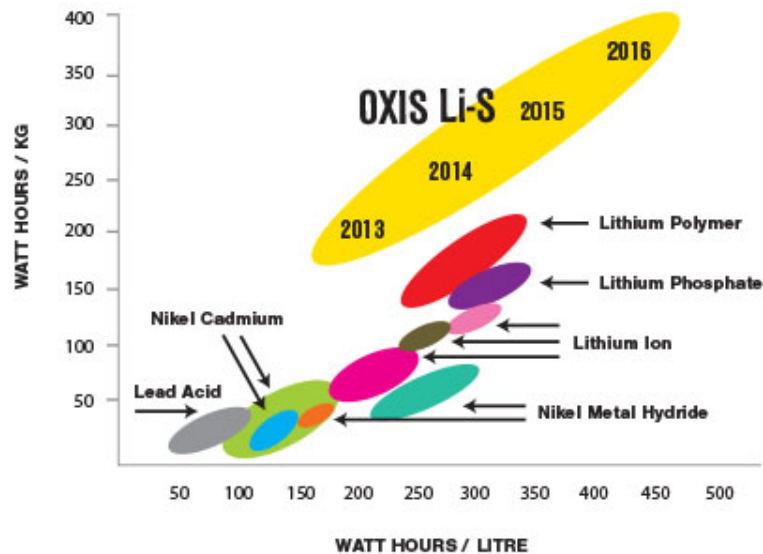


Ilustración 17: Evolución de las Baterías. Fuente: Oxis Energy

Frente a la I+D enfocada a la búsqueda de nuevas composiciones químicas o nuevos materiales que logren un mayor rendimiento de las baterías, se encuentra empresas como Panasonic o Tesla que indagan el procesos de fabricación más óptimos para mejorar las prestaciones de sus baterías de Litio.

## 2.5 La Carga.

Pero las baterías se agotan poco a poco, hasta que llegar un momento que es necesario recargar<sup>13</sup> de energía al vehículo.

La carga de la batería demanda una energía eléctrica con unas características determinadas, diferentes a otro tipo de cargas:

- La relación de potencia de carga/energía almacenada puede ser elevada.
- Incorpora electrónica de potencia, lo que permite un mejor control de la potencia reactiva, es decir, un mejor control de las tensiones de la red.
- Es un almacenamiento directo de carga.
- Se pueden conectar al sistema eléctrico durante un tiempo prolongado.

### 2.5.1 ¿Cómo se realizan las Recargas?

Las principales metodologías son:

<sup>13</sup> Existen sistemas como la tecnología de freno regenerativo, que recargan temporalmente, parte de las baterías.

- **Recarga Inductiva:** La transferencia de potencia se realiza mediante inducción de corrientes a través de campos electromagnéticos. Es la apuesta del futuro, pero todavía está en fase de desarrollo. Puede ser dinámica o estática. Empresas como BMW y Toyota están invirtiendo grandes cantidades de dinero en esta tecnología. En España, todavía su implantación está en fase experimental, se cree que el principal mercado es el dirigido al transporte público, en concreto a los autobuses eléctricos, permitiendo una menor dimensión de las baterías, y por tanto, un mayor espacio para los ocupantes. La alimentación podría realizarse en cada parada.
- **Recarga Conductiva:** O plug-in, es la recarga más sencilla, y consiste en la conexión directa de la toma de alimentación del vehículo a la red, mediante conductores que permitan una elevada transferencia de potencia. Deben de evitar cualquier tipo de electrocución. Es el tipo de recarga que se analizará en nuestro estudio.
- **Sustitución Directa de las Baterías:** Battery Swapping. Se basa en la sustitución directa de las baterías del vehículo. Generalmente la batería está en régimen de alquiler. Actualmente hay ciertas dudas sobre su éxito en el mercado, ya que la empresa americana *Better Place* apostó fuertemente por este tipo de sistema – además en países de riesgo limitado como es Dinamarca e Israel – y no ha tenido la aceptación esperada. Recientemente se ha declarado en bancarrota. La innovadora marca automovilística *Tesla Motors*, declaró en diciembre del año pasado que tenía listo su sistema de intercambio de baterías, cuya operación a penas duraba 3 minutos, pero no ocultó que el coste del intercambio podría ser un hándicap para su acogida. Ésta opción se presenta más factible en el sector de las dos ruedas – scooters y bicicletas – donde ya existen modelos con baterías extraíbles, o los vehículos logísticos de las grandes empresas.

En la ilustración 18 se presentan las tres principales formas de cargar los vehículos híbridos y eléctricos, la inductiva, conductiva y el intercambio de baterías.



Ilustración 18: Inductiva (izda), conductiva (centro), intercambio de baterías (dcha).

## 2.5.2 Tipos de Recarga.

La escasa autonomía es una de las principales limitaciones de los VE, y para nada ayudan los tiempos de recarga. Éstos oscilan entre 20 minutos, en el mejor de los casos, hasta 12 horas, en las peores condiciones.

Los modos de recarga se pueden resumir en lentos o rápidos, dependiendo del tipo de corriente eléctrica usada – alterna o continua – y de los distintos niveles de amperaje y tensión disponibles en la instalación.

- Recarga super-lenta: Es cuando la intensidad de corriente se limita a 10 amperios o menos, ya que no dispone de una base de recarga con protección o instalación adecuada. Para un coche eléctrico medio, de unos 22-24 kWh<sup>14</sup>, la recarga completa puede durar unas diez o doce horas<sup>15</sup>.
- Recarga lenta: en muchas otras referencias es denominada como recarga convencional o normal. Monofásico. Se realiza a 16 A, demandando unos 3,6 kW de potencia. Su tiempo de recarga puede oscilar entre 6 y 8 horas, unos 150 km. Aprovecha la infraestructura existente. Carga en origen – el hogar - o destino – oficinas de trabajo -.
- Recarga semi-rápida: Quick-charge. Monofásico o trifásico. Se realiza a una potencia de entre 22 a 25 kW. La recarga puede durar una hora o una hora y cuarto, unos 150 km. Renault apuesta por este tipo de recarga, con un cargador específico de bajo coste. Instalaciones adaptadas. Carga en origen o destino.
- Recarga rápida: Fast Charge. Trifásico o en continua. La potencia demandada es muy elevada, entre 44 y 50 kW. Habitualmente se hacen recargas del 80 o 90%, y no completas. El tiempo invertido suele ser de 30 minutos, unos 120 km. Para cargas en trayecto.
- Recarga super-rápida: Trifásico o en continua. La potencia de recarga va *in crescendo*, el doble de la anterior, 90-120 kW. Este tipo de recargas es usado por Tesla Motors, en el que invierte unos 20 minutos en recargar 250 km de autonomía. Cargas en trayecto.
- Recarga ultra-rápida: Su uso es limitado, y todavía es algo experimental. Para vehículos eléctricos a prueba con acumuladores de tipo supercondensadores – autobuses eléctricos -. Su potencia de recarga es la más elevada, 130-150 kW, y en unos 5 ó 10 minutos se pueden recargar las baterías. Las baterías de iones de litio convencionales no soportan las temperaturas tan elevadas que provocan este tipo de recarga, deteriorando gravemente su vida útil.
- Cambios de baterías: Su duración es de varios minutos, pero es un modelo en desuso.

Empresas como ENDESA ofrecen puntos de recarga convencional, semi-rápida y rápida. Físicamente dichas instalaciones, las ubicadas en las viviendas como en las electrolineras, se asemejan a la ilustración 19:



Ilustración 19: Punto de recarga lento - izda-. Punto de recarga rápido - dcha -. Fuente: ENDESA.

<sup>14</sup> Modelo de referencia para el cálculo de los tiempos de recarga.

<sup>15</sup> El tiempo depende del estado de la batería y de la temperatura, entre otros factores.



Un resumen de lo anterior, facilitado por IDEA, se muestra en la tabla 3:

**Tabla 3: Descripción de los diferentes tipos de cargas. Ilustración superior, carga lenta, inferior, carga rápida**

	<b>Carga lenta/doméstica</b>	<b>Carga semirrápida/de oportunidad</b>	<b>Carga rápida</b>
<b>Potencia e intensidad eléctrica</b>	Corriente monofásica de 230V e intensidad de 16A. Potencia hasta 3,7kW  Corriente trifásica de 400V e intensidad de 16A. Potencia hasta 11kW	Corriente monofásica de 230V e intensidad entre 32-63A. Potencia entre 7,4-14,5kW  Corriente trifásica de 400V e intensidad entre 32-63A. Potencia entre 22-43,5kW	Corriente continua de 600 V e intensidad hasta 400A. Potencia de 240kW  Corriente alterna de 500V e intensidad hasta 250A. Potencia hasta 220kW
<b>Tiempo estimado de recarga</b>	5,5 horas (h) para una recarga completa con corriente monofásica  2h con corriente trifásica	Entre 3h (32A) y 1,5h (63A) con corriente monofásica  Entre 1h (32A) y 0,5h (63A) con corriente trifásica	Entre 5-8 minutos
<b>Localización óptima</b>	En viviendas, lugares de trabajo, estaciones de ferrocarril o aeropuertos	En centros urbanos, supermercados, centros comerciales, de ocio	Estaciones de servicio (electrolineras).
<b>¿Cuándo se utiliza?</b>	El VE se deja cargando y se regresa después de varias horas (toda la noche, una jornada laboral, etc.)	El VE se deja cargando mientras se realizan compras o se disfruta de algún entretenimiento (cine, teatro, partido de fútbol, etc.)	El VE se carga sin alejarse de él. Es necesaria la presencia de un supervisor

### 2.5.3 Modos de Carga.

Digamos que es último paso, es decir, es la conexión del vehículo a la red eléctrica. Podríamos pensar que es acercarnos con el coche y directamente enchufar, pero realmente es necesario cumplir una serie de normativas de seguridad y de control<sup>16</sup>.

- Modo 1 de carga: Carga en base de toma de corriente de uso no exclusivo. Infraestructura de recarga con toma doméstica – Schuko - sin comunicación entre la infraestructura de carga y el vehículo eléctrico. No está destinado en exclusiva a la carga de VE. Máximo 16 A por fase (3,7 -11 kW) y en fase de estudio, limitación a 10 A. A mayor intensidad menor tiempo de recarga.
  - Este tipo de carga está prohibido en EEUU, por temas de seguridad. En Estados Unidos la tensión es a 120 V y en Europa es a 230 V.
  - Suele ser recomendable para motos y bicicletas eléctricas. Para los VE se recomienda sistemas de mayor envergadura y seguridad.

<sup>16</sup> Regulado por la Comisión Electrotécnica Internacional, sus siglas en inglés son I.E.C, en su reglamento 61851-1, “Los sistemas conductivos de carga para vehículos eléctricos”.

- Se suelen considerar por los fabricantes como “modo de carga de emergencia”, ya que se usa enchufes convencionales que no han sido diseñados para recargas intensivas de VE.
  - Son ideales para las recargas nocturnas con uso de tarifas reducidas.
- Modo 2 de carga: Base de toma de corriente estándar de uso no exclusivo, con protección incluida en cable. Conexión del vehículo a una base de toma de corriente normalizada, Schuko, con un cable especial con caja electrónica de mando – integra la función *Piloto Control* y *Piloto de Presencia* -, con un sistema de protección diferencial. Máximo 32 A por fase (7,4 -22 kW). El grado de comunicación sigue siendo bajo – solamente se indica al cargador si hay seguridad eléctrica y que el cable está bien conectado al vehículo -.
- Modo 3 de carga: Toma de corriente especial para uso exclusivo para la recarga del vehículo eléctrico. Aparece una nueva toma de corriente, denominada SAVE, Sistema de Alimentación Específica para el Vehículo Eléctrico, que no entraría en ningún conector de la vivienda o de otra infraestructura. Desaparece la caja electrónica de mando, pero se mantiene los *Pilotos de Control* y de *Presencia*, que se ubican en el lado de la instalación fija. Se considera un grado de comunicación elevado. Máximo 64 A por fase (14,8 -43 kW). El sistema específico de carga, que suelen recibir el nombre anglosajón de Wall-Box, incorpora los sistemas de protección, los leds que señalizan el estado de carga, temporizadores para recarga retardada, contadores telemáticos,....
- Los conectores normalmente utilizados son SAE J1772, Mennekes, Combinado o Scame).
  - Es más apropiado para VE que para motos – para éstas es mejor el modo 2 -.
  - En ocasiones, tanto el modo 2 como el modo 3, se puede adquirir con la compra del vehículo.
- Modo 4 de carga: Conexión para la carga en corriente continua (CC). A diferencia de los anteriores modos, donde la carga de la red era en corriente alterna, aquí la instalación convierte la tensión de alterna a continua. Solamente es aplicable a cargas rápidas. Posee un alto grado de comunicación con la red y el vehículo, mediante protocolo de bus de alta velocidad. 400 A (50 -150 kW). Este modo de carga no es viable, ni para viviendas unifamiliares, ni para garajes comunitarios. Se ubican en la calle y en electrolinerías realizadas al efecto. Utiliza el conector tipo CHAdeMO.

Todo lo comentado con anterioridad queda resumido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en su norma IEC-61851-1:2010 denominada “Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos “. La tabla 4 es extraída de dicha norma.



Tabla 4: Modos de carga (IEC - 61851-1)

Modos	Conector específico para el VE	Tipo Carga	Fase	Corriente Máxima (A)	Tensión máxima (V)	Protecciones	Características especiales
Modo 1	No	Lenta en CA	Monofásico	16 por fase	250	La instalación requiere de protección diferencial y magnetotérmica	Conexión del VE a la red de CA utilizando tomas de corriente normalizadas.
			Trifásico	16 por fase	480		
Modo 2	No	Lenta en CA	Monofásico	32 por fase	250	La instalación requiere de protección diferencial y magnetotérmica	Cable especial con dispositivo electrónico intermedio con función piloto de control y protecciones.
			Trifásico	32 por fase	480		
Modo 3	Si	CA	Lenta, monofásico	Según el conector utilizado	Según el conector utilizado	Incluidas en la infraestructura especial para VE	Conexión del VE a la red de alimentación de CA utilizando un equipo específico (SAVE)
			Semi-rápida, Trifásica				
Modo 4	Si	CC	----	Según cargador	Según cargador	Instaladas en infraestructuras	Conexión del VE utilizando un cargador externo fijo.
Modos	Conector específico para el VE	Tipo Carga	Fase	Corriente Máxima (A)	Tensión máxima (V)	Protecciones	Características especiales

En la ilustración 14 podemos observar gráficamente las principales diferencias de los modos de carga, destacando los sistemas de comunicación, los sistemas de seguridad como el tipo de corriente utilizada:

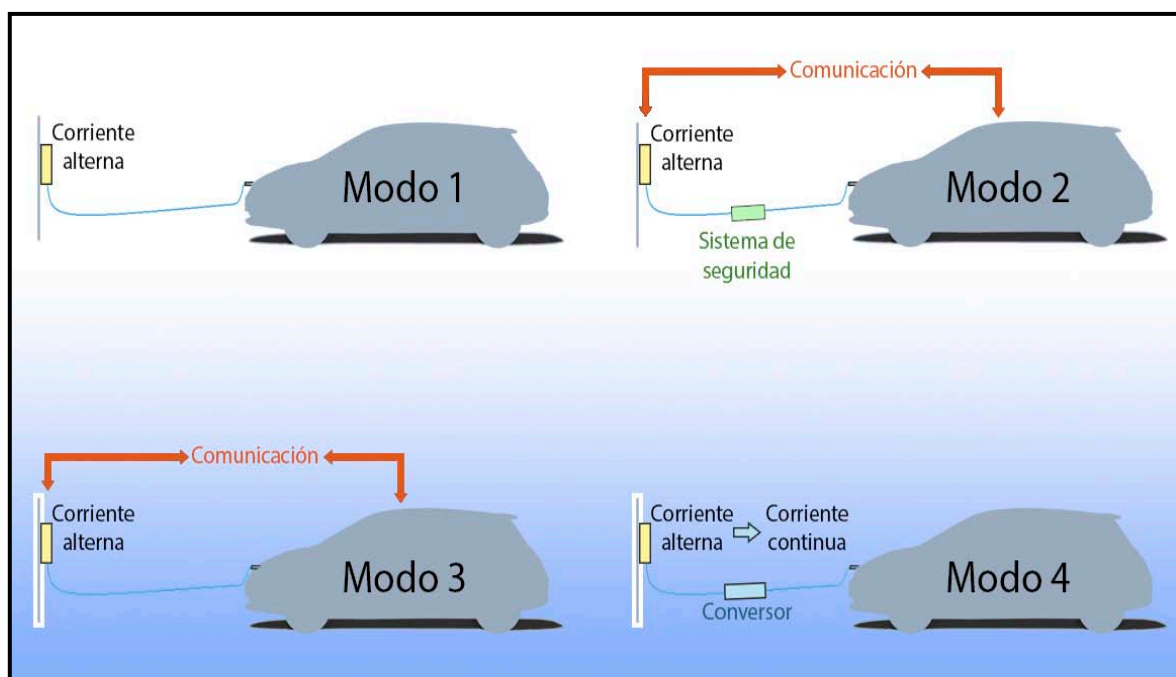


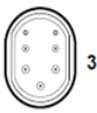



Ilustración 20: Modos de carga. Fuente: Motorpasión

## 2.5.4 Tipo de Conectores.

Todavía no están estandarizados a nivel mundial, por lo que hay varios enchufes con diferente tamaño y propiedades. Según la Comisión Electrotécnica Internacional -, los principales conectores son los indicados en la tabla 5:

Tabla 5: Tipo de Conectores. Fuente: Circutor.

Tipo conector	Nº pins	Tensión máxima	Corriente máxima	Normativas	Características especiales
 1	5 (L1, L2/N, PE, CP, CS)	250 V <sub>c.a.</sub> Monofásica	32 A monofásica (hasta 7,2 kW)	IEC 62196-2	Regulación SAE J1772
CA  2	7 (L1, L2, L3, N, PE, CP, PP)	500 V <sub>c.a.</sub> Trifásica 250 V <sub>c.a.</sub> Monofásica	63 A trifásica (hasta 43 kW) 70 A monofásica	IEC 62196-2	Un solo tipo para carga monofásica o trifásica
 3	4, 5 o 7 según modelo (L1, L2, L3, N, PE, CP, PP)	500 V <sub>c.a.</sub> Trifásica 250 V <sub>c.a.</sub> Monofásica	16 / 32 A monofásica 32 A trifásica (hasta 22 kW)	IEC 62196-2	Tipos diferentes según nivel de potencia
CC  4	9 (2 Potencia, 7 de señal)	500 V <sub>c.c.</sub>	120 A <sub>c.c.</sub>	IEC 62196-1 UL 2551	Carga rápida en CC Conforme JEVS G105 Tipo CHAdeMO

Pero popularmente, cada uno de los diferentes tipos de conectores tiene asociado un nombre comercial:

- Conector doméstico tipo **Schuko**, responde al estándar CEE 7/4 Tipo F. Compatible con las tomas de corriente europea. Tiene dos bornes y toma de corriente. Hasta 16 A. Para recarga lenta y sin comunicación integrada.
- Conector tipo **Yazaki**, también denominado SAE J1772. Estándar norteamericano y específico para vehículos eléctricos. Tiene 5 bornes: dos de corriente, el de tierra, y dos complementarios – el de detección de proximidad, el coche no se puede mover mientras esté conectado, y el de control, comunicación con la red -. **Tipo 1**.
  - Nivel 1: Hasta 16 A, para recarga lenta.
  - Nivel 2: Hasta 80 A, para recarga rápida.

Ambos conectores anteriores son representados en la ilustración 21 que se adjunta a continuación.












Ilustración 21: Conector Tipo Schuko (izda), y tipo Yazaki (drcha). Fuente: EV institute

- Conector **Mennekes**. Tienen 7 bornes, los cuatro para corriente – trifásica -, el de tierra y dos para comunicaciones. **Tipo 2**.
- - o Monofásico, hasta 16 A, para recarga lenta.
  - o Trifásico, hasta 63 A (43,8 kW) para recarga rápida.
- Conector único **Combinado** o **CCS** - Combined Charging System -. Propuesta norteamericana y alemana como solución estándar. Tiene 5 bornes: corriente, protección a tierra y comunicación con la red. Admite recarga tanto lenta como rápida.

En la tabla 6 se realiza un discernimiento de los diferentes tipos de conectores CCS existentes en los principales países.

Tabla 6: Conectores CCS. Fuente: EV institute

	Type 1/USA	Type 2/Europa	GB/China
Alternating current (AC)	 SAE J1772/IEC 62196-2	 IEC 62196-2	 GB Part 2
Direct current (DC)	 IEC 62196-3	 IEC 62196-3	 GB Part 3/IEC 62196-3
„Combined AC/DC charging system“	 SAE J1772/IEC 62196-3	 IEC 62196-3	

- Conector **Scame** o EV Plug-in Alliance. Propuesta francesa. Dispone de 5 ó 7 bornes, dependiendo si la corriente es monofásica o trifásica – más tierra y comunicación con la red. Admite hasta 32 A – para recarga semi-rápida - **Tipo 3**.

Como en casos anteriores en la ilustración 22 se identifican el resto de los conectores más populares, como son el tipo Mennekes, CHAdeMO, CCS y Scame.



Ilustración 22: Tipo Mennekes (izda, arriba), Tipo CHAdeMO (dcha, arriba), Tipo CCS (izda, abajo) y Tipo Scame (dcha, abajo). Fuente: EV institute.

- Conector **CHAdeMO**. Es la alternativa nipona (Nissan, Toyota, Fuji – Subaru -, Mitsubishi) como estándar. Desarrollado para recarga rápida y en corriente continua. Puede llegar admitir hasta 200 A, para recargas ultra-rápidas. **Tipo 4**.

Existe otro tipo de conectores – representados en las ilustraciones 23 y 24 -, como uno específico empleado por la marca Tesla Motors – en el mercado europeo adopta el tipo 2, Mennekes -, u otros usados en el mercado chino, conector GB/T.



Ilustración 23 : Conector Tesla. Fuente: EV institute



Ilustración 24: Conector GB/T. Fuente: EV institute

En España existen al día de hoy, 761 puntos de recarga de uso público, de los cuales 615 son destinados a turismos y comerciales – 4 de ellos para carga rápida -, 136 para motos y 10 para minusválidos.

## 3 ENERGÍA ELÉCTRICA

### 3.1 *Introducción*

En este capítulo nos adentraremos en el sistema eléctrico español<sup>17</sup>, y las características de la misma, con la finalidad de llevar a percibir el impacto de los vehículos eléctricos sobre el sistema, y con ello garantizar una posible movilidad sostenible.

La mayoría de los informes y datos han sido facilitados por la Red Eléctrica Española. REE, fue fundada en 1985, y es considerada la primera empresa del mundo dedicada en exclusividad al transporte y operación del sistema eléctrico, tanto en los sistemas peninsulares como en los insulares y extrapeninsulares.

En su condición de operador del sistema, establece las previsiones de la demanda de energía eléctrica y opera en tiempo real las instalaciones de generación y transporte eléctrico, garantizando que la producción programada en las centrales eléctricas coincida en cada instante con la demanda de los consumidores.

REE es propietaria de toda la red española de transporte de electricidad de alta tensión.

### 3.2 *Características del Sistema Eléctrico*

El sistema eléctrico tiene ciertas peculiaridades que es necesario tener en cuenta:

- La energía eléctrica no se puede almacenar de forma masiva, debe ser pues generada en la misma cantidad que es demandada en todo instante de tiempo.
- La energía eléctrica debe tener una calidad adecuada en relación con la frecuencia, factor de potencia,...
- Se transporta y se distribuye mediante redes, teniendo por tanto un carácter de monopolio natural.

Motivo por el cual, el sector eléctrico siempre ha tenido una fuerte vinculación y/o intervención administrativa.

Debido al gran déficit de tarifa, que iba in crescendo cada vez más, se aprobó una nueva ley, Ley 24/2013 del 26 de diciembre, del sector eléctrico, que derogaba la antigua Ley 54/1997, con la finalidad de garantizar:

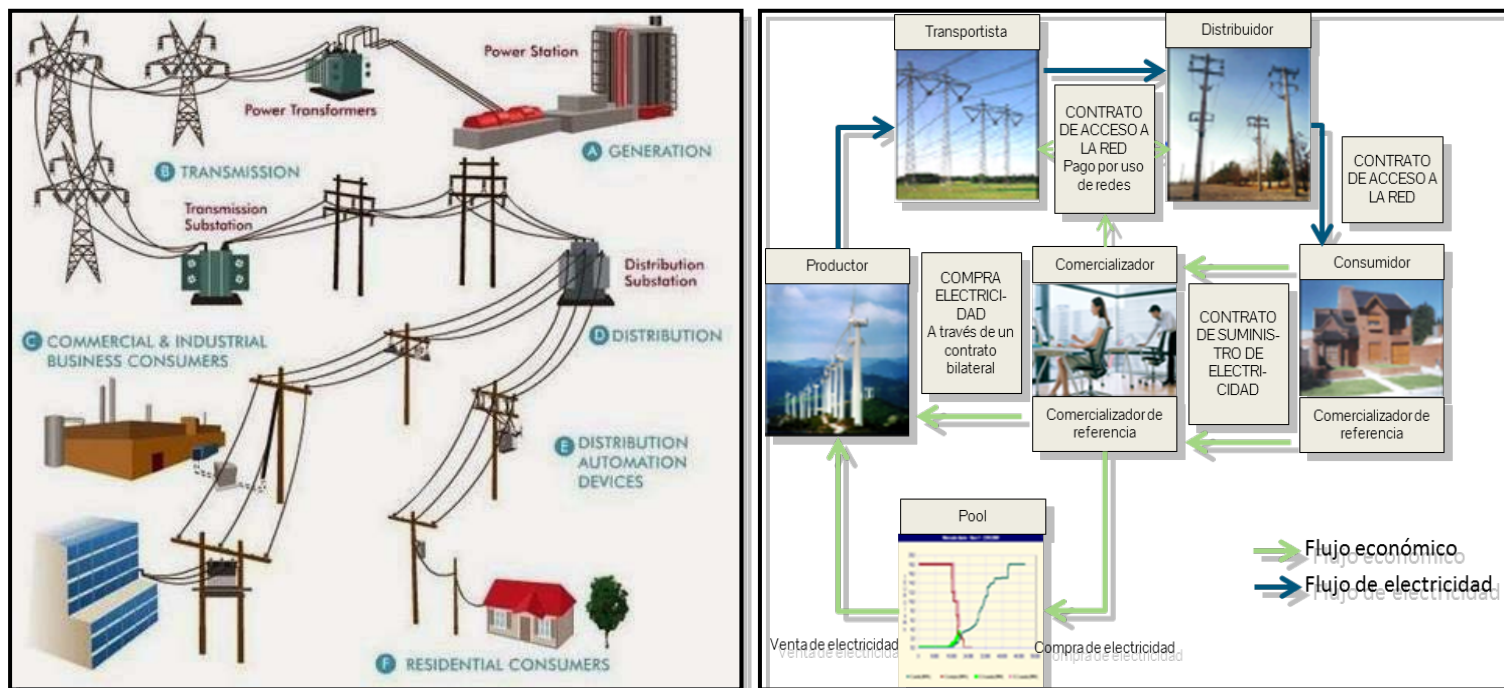
- Un suministro eléctrico con los niveles necesarios de calidad y al mínimo coste posible.
- Asegurar la sostenibilidad económica y financiera del sistema.
- Permitir un nivel de competencia efectiva en el sector eléctrico.
- Todo ello dentro de los principios de protección medioambiental de la sociedad moderna.

---

<sup>17</sup> En uno de los Anexos nos adentraremos y detallaremos un poco más la metodología de funcionamiento del sistema eléctrico español.



En el sector se diferencian cuatro actividades, la generación, el transporte, la distribución y la comercialización. Dichas actividades se representan de manera figurativa en la ilustración 25.



**Ilustración 25: Muestra de las diferentes actividades: generación, transporte, distribución y comercialización a consumidores. Fuente: CNE**

### 3.2.1 Actividad de Generación

La generación de energía eléctrica se realiza en régimen de libre competencia, de manera que la construcción, la explotación, modificación sustancial y cierre de cada instalación de producción de energía eléctrica estará sometida al régimen de autorización administrativa previa. Dicha autorización tiene un carácter reglado rigiéndose por los principios de objetividad, transparencia y no discriminación.

El mercado de producción de energía eléctrica permite que las instalaciones de generación puedan hacer ofertas de venta de la energía que generarán. La intersección de la curva de la oferta y de la curva de la demanda, fija el precio<sup>18</sup> de la energía y el volumen negociado.

El precio y la gestión del sistema de ofertas de compra y venta de energía eléctrica es responsabilidad de la OMIE. En su página web muestra el balance de los mercados diarios e intradiarios, con diferentes opciones, con la posibilidad de conocer las curvas agregadas de oferta y demanda, capacidad y ocupación de importación y exportación, comparativa de precios,.... Por ejemplo el precio medio, del mercado diario del 10/02/2015 es de 60,21 €/MWh en el mercado nacional.

Se encuentran normalmente en puntos alejados de los puntos de consumo. Desde estas centrales se deberá transportar la energía eléctrica hasta los centros de consumo, cuanto más alejados estén y más difícil sea su acceso mayor será la dificultad y el precio invertido.

Tradicionalmente, la evolución del precio del mercado eléctrico dependía de los precios de las materias primas - combustibles - y de la evolución de la demanda. Sin embargo, la incorporación masiva de

<sup>18</sup> Es un Mercado marginal, las unidades casadas en el mercado de generación perciben el precio fijado y no el precio al que han ofertado.

instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables<sup>19</sup> ha provocado que la climatología afecte de manera muy importante al precio de mercado – en los periodos de más viento y en los años de mayor pluviosidad el precio de mercado es especialmente bajo -.

La ilustración 26 ayuda a comprender la variabilidad que experimenta el precio horario de la energía eléctrica a lo largo del día.

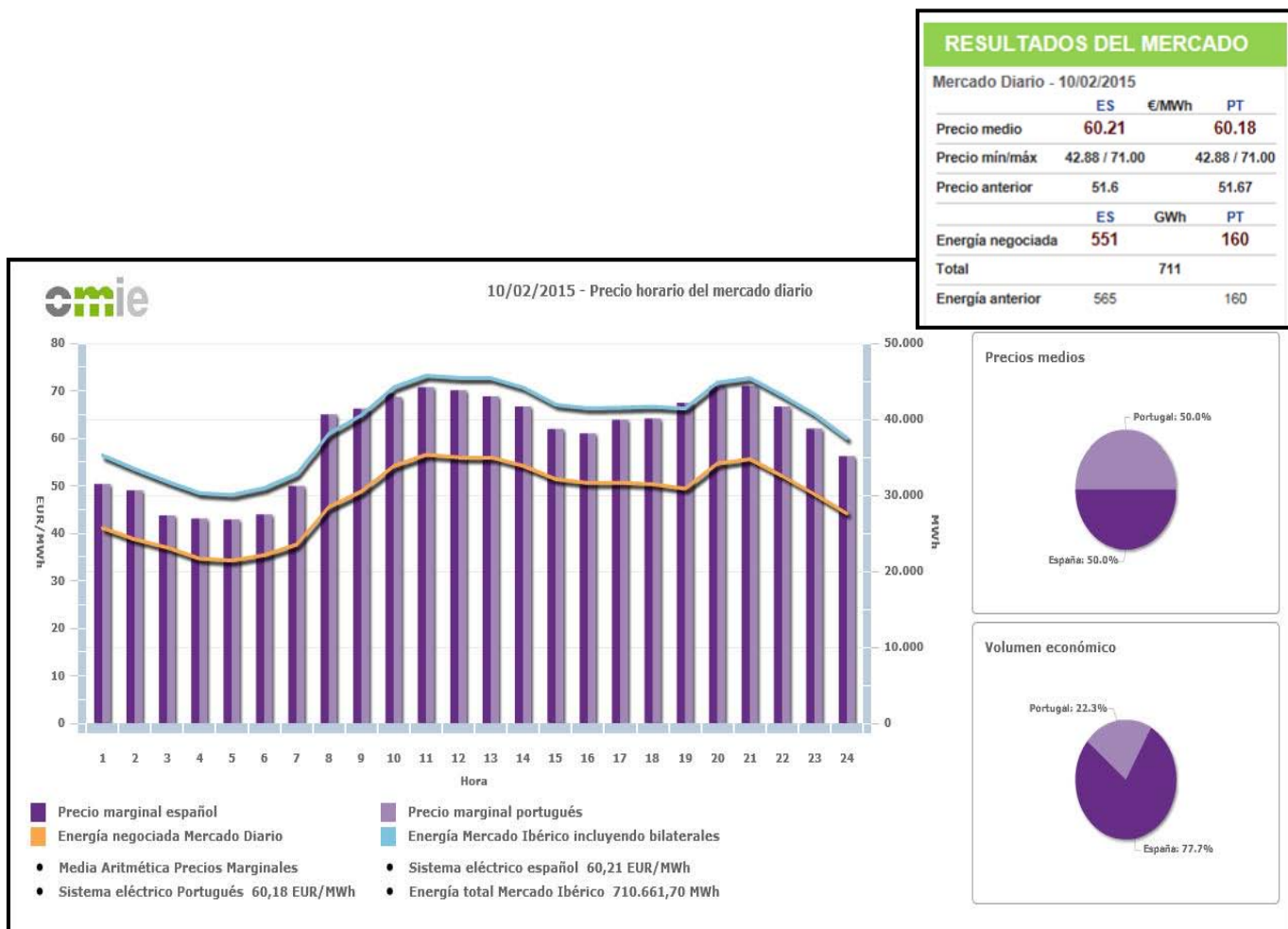


Ilustración 26: Precio horario del mercado diario. Fuente: OMIE

Las instalaciones de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos<sup>20</sup> – denominadas como Régimen Especial, antes del RD Ley 9/2013 – no pueden competir en precio libremente con las instalaciones de generación tradicional – térmicas de carbón, nucleares, ciclos combinados,...- ya que sus altos costes de inversión y de operación hacen que no sean competitivas.

El RD 413/2013 estipuló un régimen retributivo específico para las instalaciones de energía renovable, de cogeneración y de residuos, adicional a los ingresos por la participación en el mercado de producción.

<sup>19</sup> Las Fuentes de Energía se suelen diferenciar entre Renovables, fuentes de energía naturales virtualmente inagotables. Si son dependientes de algún factor como pueda ser el viento o el sol, se denominan Variables, y en el caso contrario No Variables.

Las No Renovables, son las energías convencionales, es decir, aquellas que para obtener energía necesitan recurrir a combustibles finitos o que se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas.

<sup>20</sup> España es uno de los líderes mundiales en el desarrollo de estas tecnologías.



## PARQUE DE GENERACIÓN:

La potencia instalada peninsular<sup>21</sup> a 31 de diciembre del 2014, se ha mantenido prácticamente estable respecto al año anterior, estamos hablando de unos 102.259 MW, un 0,1% menos que el del año anterior.

En cuanto a la cobertura de la demanda, la nuclear cubrió el 21,9%, la eólica el 20,4%, el carbón el 16,4%, la hidráulica el 15,4% y la cogeneración el 10,4%. Por debajo de una participación del 10% se ha situado los ciclos combinados, aportando el 8,5 %, y las tecnologías solares y térmicas renovables, que en conjunto han abarcado el 7% de la demanda.

Las energías renovables se han mantenido en su papel destacado en la producción global de la energía eléctrica, cubriendo el 42,8 % de la producción total. Para hacernos una idea de la importancia de dichas tecnologías, la energía eléctrica de origen eólico ha sido la de mayor contribución en la producción total en los meses de enero, febrero y noviembre.

Otro aspecto muy importante, es que actualmente el saldo de intercambio internacional de energía eléctrica es positivo, es decir, generamos tanto que exportamos energía. En el 2014 el valor de dicha exportación es de 3.543 GWh. Estamos pues preparados a cualquier pico o aumento de demanda de energía.

Para tener una percepción directa de lo comentado se mostrarán las ilustraciones 27 y 28 facilitadas por la REE:

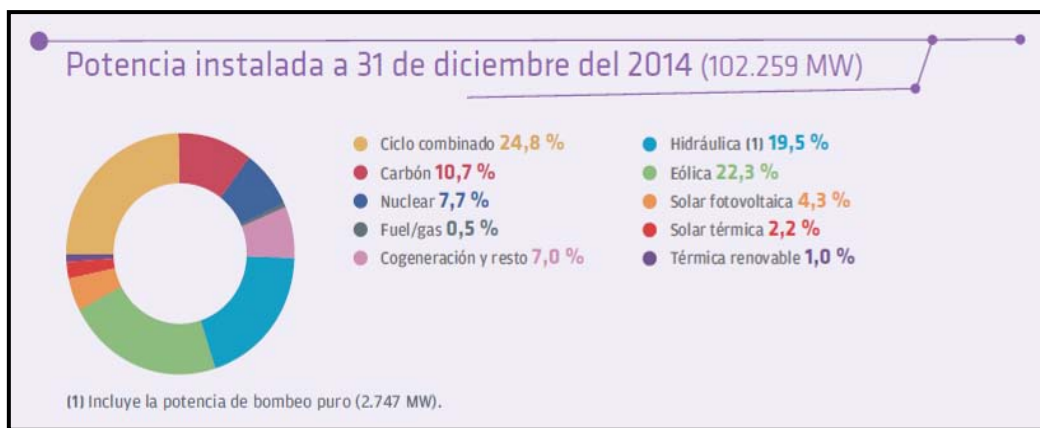


Ilustración 27: Potencia Instalada. Fuente: REE

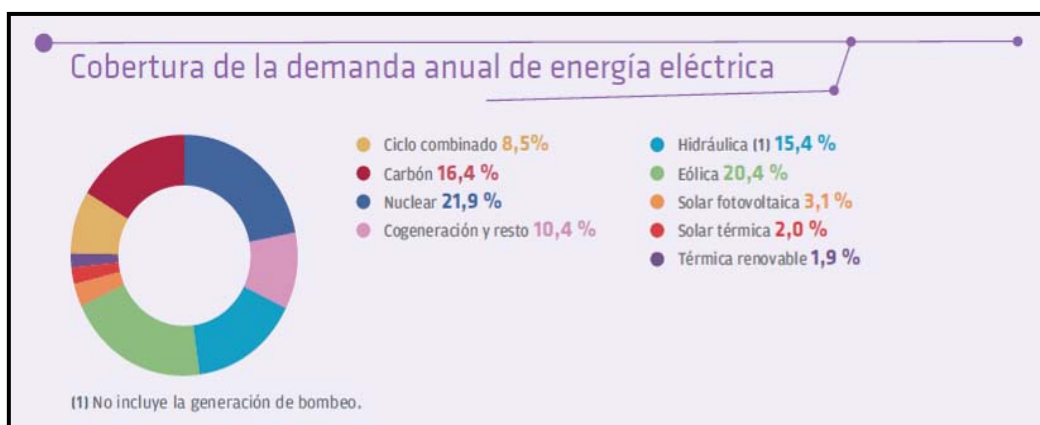


Ilustración 28: Cobertura de la Demanda Anual. Fuente: REE

<sup>21</sup> En principio trabajaremos con datos peninsulares, los no peninsulares son de menor orden.

En la ilustración 29 se muestra que ha habido tiempos en que la demanda de energía ha sido muy superior. Sin duda alguna la crisis económica que nos ha acuciado en los últimos años ha sido determinante.

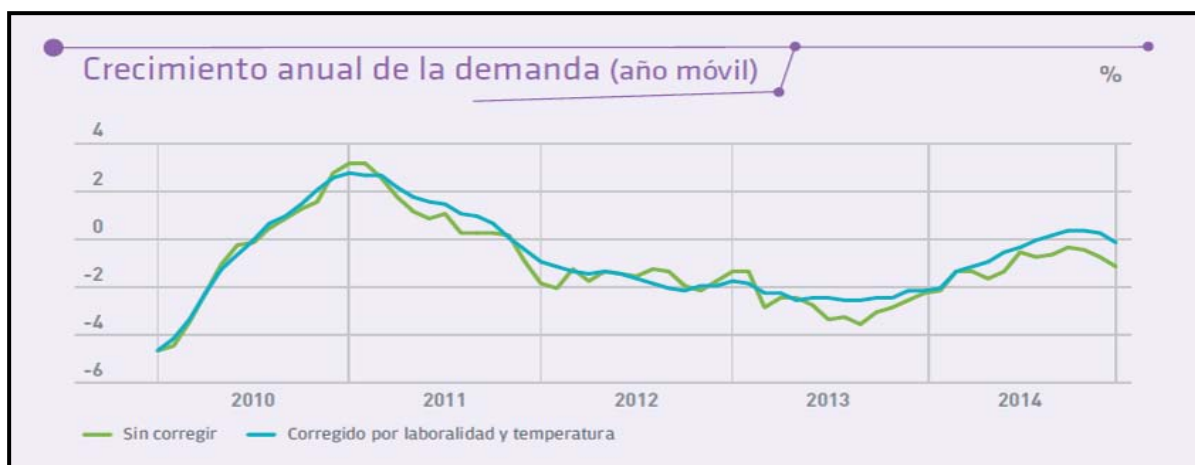


Ilustración 29: Crecimiento anual de la demanda. Fuente: REE

Y la evolución de los balances internacionales es como la representada en la tabla de la ilustración 30.

	Francia	Portugal	Andorra	Marruecos	Total
2010	-1.531	-2.634	-264	-3.903	-8.333
2011	1.524	-2.814	-306	-4.495	-6.090
2012	1.883	-7.897	-286	-4.900	-11.200
2013	1.708	-2.777	-287	-5.376	-6.732
<b>2014</b>	<b>3.224</b>	<b>-694</b>	<b>-241</b>	<b>-5.832</b>	<b>-3.543</b>

Saldo positivo: importador, saldo negativo; exportador.

Ilustración 30: Saldos Internacionales. Fuente: REE

### 3.2.2 Actividad de Transporte

El transporte de la electricidad lo realiza una única empresa en régimen de monopolio, REE, que transporta la electricidad a tensiones muy altas entre 200.000 y 400.000 voltios. Se conoce como régimen regulado.

La actividad continúa sometida a planificación. REE formula una propuesta, después el Ministerio de Industria elabora el plan de desarrollo de la red, posteriormente se deberá someter a la aprobación del Consejo de Ministros quien lo remitirá al Congreso de los Diputados. La última etapa corre a cargo de la Dirección General de Política Energética y Minas que elaborará el Programa Anual de instalaciones sobre la base del Plan de Desarrollo.

La red de transporte de energía eléctrica está constituida por la red de transporte primario y la red de transporte secundario:

- La red de transporte primario está constituida por las líneas, parques, transformadores y otros elementos eléctricos con tensiones nominales iguales o superiores a 380 kV y aquellas otras instalaciones de interconexión internacional, y en su caso, las interconexiones con los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares.
- La red de transporte secundario está constituida por las líneas, parques, transformadores y otros elementos eléctricos con tensiones nominales iguales o superiores a 220 kV no incluidas en el párrafo anterior y por aquellas otras instalaciones de tensiones nominales inferiores a 220 kV, que cumplen funciones de transporte.
- En los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares tendrán consideración de red de transporte secundario todas aquellas instalaciones de tensión igual o superior a 66 kV así como las interconexiones entre islas que por su nivel de tensión no sean consideradas de transporte primario.

#### GESTOR DE LA RED:

El gestor de la red, como se ha comentado con anterioridad es REE, que a su vez, es el responsable del desarrollo y ampliación de la red de transporte, de tal modo que garantice el mantenimiento y mejora de una red configurada bajo criterios homogéneos y coherentes. Es el transportista único desarrollando la actividad en régimen de exclusividad.

#### ACCESO DE TERCEROS A LAS REDES:

Las instalaciones de transporte podrán ser utilizadas por sujetos del mercado y por sujetos no nacionales autorizados. El precio por el uso de redes de transporte viene determinado por las tarifas de peaje aprobadas por el Gobierno. El gestor de la red de transporte solamente se podrá negar al acceso a la red en el caso de que no disponga de la capacidad necesaria.

#### EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y TRANSFORMACIÓN:

La red de transporte ha aumentado en 2014 unos 621 km de circuito, como se puede observar en la ilustración 31, situando el total de la red nacional de transporte en 42.760 km de circuitos. A su vez la capacidad de transformación ha aumentado en 3.535 MVA, elevando la capacidad de transformación total nacional a 84.779 MVA.

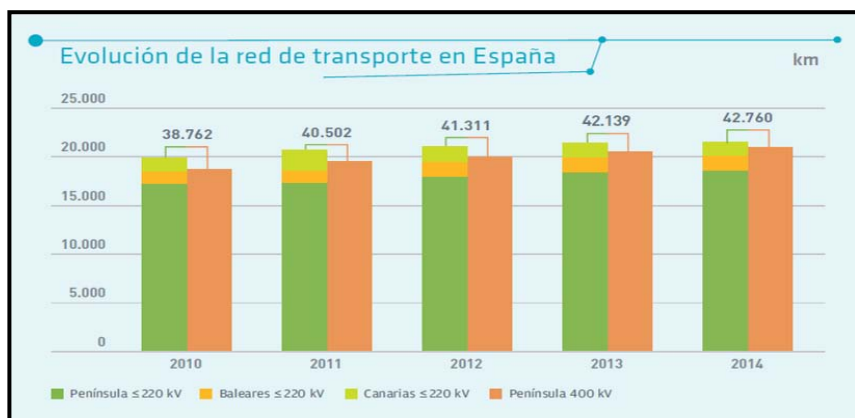


Ilustración 31: Evolución de la red de transporte en España. Fuente: REE

En la ilustración 32 nos adentramos a valores cuantitativos de la evolución del sistema de transporte y transformación.

	2010	2011	2012	2013	2014
Circuito 400 kV (km)	18.792	19.671	20.109	20.639	21.094
Circuito ≤ 220 kV (km)	17.401	18.001	18.370	18.667	18.832
Capacidad de transformación (MVA)	66.596	68.996	74.596	76.871	79.871

Ilustración 32: Evolución del sistema de transporte y transformación. Fuente: REE

### INTERCAMBIOS INTERNACIONALES. REDES TRANSEUROPEAS DE TRANSPORTE:

Para que el mercado interior de la electricidad de Europa tenga un peso importante, es necesario que existan suficientes conexiones internacionales para que el flujo entre las fronteras no se vea excesivamente limitado por la posible escasez de capacidad de las líneas. Motivo por lo cual, la UE declaró en su momento que determinadas instalaciones de transporte de energía – no solamente de electricidad – constituyeran las denominadas Redes TransEuropeas de Transporte<sup>22</sup>.

#### 3.2.3 Actividad de Distribución

La actividad de distribución es aquella que tiene por objeto principal la transmisión de energía eléctrica desde las redes de transporte hasta los puntos de consumo.

Esta actividad está regulada en los artículos 36 a 42 del Real Decreto 1955/2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de energía eléctrica.

Se entiende por distribuidor a toda sociedad mercantil española o de la Unión Europea con establecimiento permanente en España, que tenga como función distribuir la energía eléctrica, así como construir, mantener y operar las instalaciones de distribución.

Es realizada por unas 300 empresas de manera exclusiva (Régimen Regulado).

Los distribuidores serán los responsables de la explotación, el mantenimiento y, en el caso necesario, del desarrollo de su red de distribución.

Están sujetos a autorización administrativa de construcción, modificación, explotación, transmisión y cierre de las instalaciones de distribución de energía eléctrica, con independencia de su destino o uso.

Las instalaciones de distribución podrán ser utilizadas por los sujetos del mercado de producción. El precio por el uso de las redes de distribución viene determinado por el peaje aprobado por el Gobierno.

<sup>22</sup> El día 4 de Marzo del 2015, se celebró en Madrid, la Cumbre para las Interconexiones Energéticas España-Francia-Portugal –Comisión Europea –BEI – Banco Europeo de Inversiones –.

El día 20 de Febrero del 2015, se inauguró la nueva interconexión eléctrica entre España y Francia. Duplicará la cantidad de energía que se puede trasvasar de un país a otro.

Hemos detallado el concepto comercial y legal de la actividad, pero todavía no hemos explicado, aunque pueda ser una obviedad, lo que se entiende por una red de distribución. La red de distribución es la encargada de trasladar la energía eléctrica entre la red de transporte y los usuarios finales.

La red de transporte va con tensiones de 400, 200 y 132kV, ya que son traslados a largas distancias y grandes cantidades, pero la red de distribución, a medida que se va acercando al usuario final va disminuyendo la tensión, normalmente en dos escalones, 66-30 kV a 400-230 V<sup>23</sup>.

Es habitual que exista como último paso de la red de distribución, un centro de transformación que convierte la energía de los 66-30 kV a la tensión que recibimos en nuestras viviendas.

No existe una planificación vinculante para la red de distribución.

La red de distribución dispone de una longitud superior a los 900.000 kms incluyendo redes de baja y de alta tensión. Con una capacidad de transformación en distribución de más de 250.000 MVA.

Algunos de las distribuidoras eléctricas situadas en Valladolid son<sup>24</sup>:

- Afrodisio Pascual Alonso, S.L.
- Electro Distribuidora Castilla y León, S.A.
- Hidroeléctrica San Cipriano de Rueda, S.L.
- Hijo de Jorge Martin, S.A.
- Anselmo León Distribución, S.L.
- Municipal Eléctrica Vitoria, S.L.

Las redes se dimensionan para poder suministrar la máxima potencia contratada por los clientes de la red, para ello se debe tener en cuenta, y se debe aplicar, un factor de posible crecimiento de la demanda y un coeficiente de simultaneidad en la potencia demandada.

El coeficiente de simultaneidad implica que el consumo máximo de un conjunto de clientes no coincide con la suma de los consumos máximos, ya que como puede ser normal, la máxima demanda de cada cliente no coincide en el mismo instante.

Si hubiera un pico grande en la demanda final, posibles VE's, el impacto en una futura inversión, por no satisfacer a la demanda, sería mayor en la red de distribución, por ser la más próxima al cliente final.

Datos básicos de la red de distribución actual<sup>25</sup>:

- Potencia media demanda en un hogar: 341 W.
- Potencia máxima demandada por los hogares: 4 kW.
- Energía consumida media en un hogar año/día: 2.992 kWh/8.2 kWh.
- Potencia máxima de transformación en los centros: 400 kVA.

No existen demasiados estudios del posible impacto de los VE en las redes de distribución, hay investigaciones que no lo consideran un problema a corto/medio plazo.

Desde el punto de vista de la utilidad y operatividad del sistema, sin embargo, un incremento de la penetración del VE en él conlleva varias cuestiones complejas sobre la fiabilidad de conexión.

---

<sup>23</sup> Existe una variabilidad del +/- 10% sobre los valores nominales, en trifásico, por ejemplo, la tensión mínima sería 360 V y la máxima 440 V. El no respeto de estos límites podría tener importantes consecuencias en materia de seguridad.

<sup>24</sup> Fuente, EEE, Energía Eléctrica.

<sup>25</sup> Fuente REE y CAM-Fenercom -Comunidad de Madrid -. Otras fuentes, Iberdrola, considera consumos anuales de 10.000 kWh.

### 3.2.4 Actividad de Comercialización

Los comercializadores de energía eléctrica son aquellas sociedades mercantiles, o sociedades cooperativas de consumidores y usuarios, que, accediendo a las redes de transporte o distribución, adquieren energía para su venta a los consumidores, a otros sujetos del sistema o para realizar operaciones de intercambio internacional en los términos establecidos en la ley.

Esta actividad se encuentra regulada en los artículos 46 y 47 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico y en los artículos 70 a 74 del Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de energía eléctrica.

Actualmente hay más de 250 comercializadores que ha solicitado el inicio de su actividad. Se realiza en régimen liberalizado como la generación. Hay libertad de establecimiento y los precios a los que venden las empresas se determinan en el mercado.

Algunos de los agentes de comercialización son los siguientes<sup>26</sup>:

- Endesa Energía S.A.
- Gas Natural Comercializadora S.A
- E-On Comercializadora de Último Recurso.
- Shell España S.A.
- HidroCantábrico Energía S.A.
- Enel Green Power España, S.L.

En uno de los Anexos de dicho trabajo, nos adentraremos un poco más sobre la Energía Eléctrica en España, especialmente en las fuentes de origen renovable.

---

<sup>26</sup> Facilitados por la CNMC, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. Comercializadores

## 4 LA SIMULACIÓN: MATLAB.

### 4.1 Introducción

En este capítulo vamos a trabajar en la metodología del desarrollo del programa utilizado para el estudio.

### 4.2 MATLAB

MATLAB cuyo nombre abreviado es el de “MATrix LABoratory” – laboratorio de matrices - es un programa de cálculo técnico y científico bastante popular y extendido basado principalmente en la realización de cálculos numéricos utilizando tanto vectores como matrices.

Su logotipo característico es el mostrado en la ilustración 33.

Su lenguaje de programación – lenguaje propio M - tiene el nivel suficiente para desarrollar aplicaciones técnicas de fácil utilización. Es un software bastante utilizado en las universidades y en los centros de investigación y desarrollo.

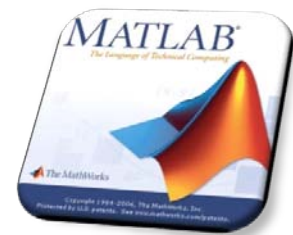


Ilustración 33: Logotipo de MATLAB. Fuente: Matlab

En el punto siguiente denotaremos la programación y los resultados llevados a cabo.

### 4.3 Programación

#### 4.3.1 REE

Una de las principales premisas llevadas a cabo a la hora de afrontar la elaboración del programa es que se debía poder trabajar con los datos facilitados por la REE, la cual, a través de su página web, proporciona la potencia generada en intervalos de 10 minutos en MW.

Esto es de relativa importancia, ya que las curvas de demanda son netamente muy diferentes en función de la época del año en la que trabajemos, no es lo mismo la demanda de energía de los sistemas de acondicionamiento/climatización en los meses de verano/invierno que en los meses de primavera/otoño.

Del mismo modo que trabajamos con los datos oficiales, el programa debería disponer de la capacidad de poder devolver los nuevos datos con la incidencia de las cargas de los vehículos.

Es preciso destacar que REE informa sobre el consumo de energía que se está produciendo en el sistema eléctrico tanto peninsular como insular, incluyendo los datos de la demanda real, la prevista y la programada, la generación en MW y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a las distintas fuentes de generación.

- La demanda real refleja el valor instantáneo de la demanda de energía eléctrica. Su evolución recoge las peculiaridades estacionales y horarias, así como la actividad y el ritmo vital del país.
- La previsión de la demanda es elaborada por Red Eléctrica con los valores de consumo en periodos precedentes similares, corrigiéndola con una serie de factores que influyen en el consumo como laboralidad, climatología y actividad económica.



- Y la programación horaria operativa es la producción programada para los grupos de generación a los que se haya adjudicado el suministro de energía en la casación de los mercados diario e intradiario así como en los mercados de gestión de desvíos y regulación terciaria. Estos dos últimos son gestionados por Red Eléctrica.

De estas tres tablas de datos, la opción demanda prevista es la que mejor se adapta a nuestros requerimientos. Si preveríamos un número determinado de cargas en un intervalo de tiempo, es lógico, que se tendría que añadir a lo estipulado previsto por la REE en términos de laborialidad, días festivos...

Una de las dificultades que se encontraros es a la hora de representar la gráfica de la curva de demanda, la transformación de los datos en función de la franja horaria.

### **4.3.2 Horarios de Inicio y Final de la Recarga.**

Otro de los condicionantes que se estipuló es el horario de inicio y final de la recarga, el motivo es muy sencillo, si queremos realizar un estudio de las situaciones más caóticas o adversas, gracias a la posibilidad de limitar el horario donde se realizarán los instantes de recarga podemos focalizar los mayores consumos en los puntos más críticos.

A su vez se deja la posibilidad de poder elegir un abanico desde las 00:00 hasta las 23:50 del mismo día.

Si bien se limita el margen de recarga, los instantes de conexión a la red se realizarán de manera totalmente aleatoria.

### **4.3.3 Tipos de Recarga.**

Según lo estudiado a lo largo de este trabajo las posibilidades que ofrece el mercado son muchísimas desde cargas bastante lentas a súper-rápidas de más de 120 kW, lo cual aplicando la aleatoriedad a la hora de elegir unas u otras, se podría pensar en una curva de distribución de Poisson o t-Student, como se pensó en un principio.

Pero si realizamos un estudio concienzudo del mercado actual, con la logística existente, las cargas súper-rápidas no están nada extendidas<sup>27</sup> y no todos los coches ofrecen o ni la posibilidad de carga rápida o la carga lenta que ofrecen es bastante variable en función del equipamiento que elija el cliente – variación del amperaje o del voltaje -.

Y el problema se acrecienta cuando los vehículos a enchufar son de origen europeo, americano o japonés, ya que, al menos en su carga rápida, utilizarán conectores totalmente distintos, y no solamente desde el punto de vista físico, que también, sino desde el punto de vista del nivel de potencia de carga disponible.

Bajo las mismas circunstancias nos encontramos a la hora de estudiar las capacidades de las baterías de los coches, es cierto que hay vehículos en el mercado que llegan a ofrecer hasta 85 kWh de capacidad, pero su incidencia en el mercado nacional es muy pequeña, siendo bastante inferior al 1%.

Del mismo modo el mercado automovilístico ofrece la posibilidad de poder recargar vehículos híbridos cuya capacidad apenas supera los 5 kWh.

---

<sup>27</sup> Marcas como Renault, han dejado de usar sus cargas de 43 KW, por otras más populares o habituales.



Si analizamos el mercado, tanto de este año como el de los años precedentes, los vehículos que se sitúan en cabeza por número de ventas suelen ser en cierta medida los mismos – gran incursión en el mercado de los modelos eléctricos de Nissan y de Renault, e híbridos de BMW y de Mitsubishi -. Tomamos como hipótesis que el desarrollo de las futuras ventas siga la tendencia actual.

El programa ofrece la posibilidad de poder elegir entre tres tipos de carga, las cuales dependerán si la carga se hiciera en el propio hogar, en los lugares de trabajo o en electrolineras.

La primera opción es que de las diferentes posibilidades que ofrece el vehículo se elige la opción de carga lenta. Si el coche dispone de varias opciones, se optaría por una de ellas aleatoriamente.

La segunda opción, es carga rápida. Si como ocurre en muchos vehículos, especialmente los híbridos, no se dispone de carga rápida, el programa mantiene la opción de carga lenta, ya que inevitablemente y para reflejar de manera más fehacientemente posible, ese coche tiene que recargarse.

Y por último, la opción 3, la cual se basa en una profunda aleatoriedad entre una posible carga rápida o una lenta. Se intenta simular una situación de caos, que dependiendo de unas circunstancias u otras el conductor cargará de manera rápida o lenta.

Los datos utilizados son los facilitados por ANFAC, en la que nos muestra las ventas de los principales vehículos eléctricos e híbridos del 2015. Ilustración 34 y tabla 7 – los datos mostrados en la tabla se han obtenido directamente de las páginas oficiales de las propias marcas así como de las pruebas realizadas por profesionales del sector - . Es preciso indicar que en los casos que explícitamente está indicado trifásico, el cálculo de la potencia queda determinado por el producto de intensidad x voltaje x (raíz cuadrada de 3).

**Tabla 7: Ventas 2015. Fuente: Elaboración Propia**

Tipo de Coche	Unidades Vendidas	Porcentaje	Capacidad	Tipo más común de carga
<b>Mitsubishi Outlander</b>	389	13,70	12kwh	230V 10 A 22 kW
<b>Smart Fortwo</b>	388	13,67	17,6 kwh	230V 16 A 22 kW
<b>Nissan Leaf</b>	344	12,12	30 kwh	230V 32 A, 230V 10 A 50 kW CHAdeMO
<b>Renault Zoe</b>	312	10,99	22 kwh	230V 16 A 22 kW
<b>Renault Kangoo</b>	267	9,40	22 kwh	230V 16 A 22 kW
<b>Nissan e-NV200</b>	257	9,05	24 kwh	230V 32 A, 230V 10 A 50 kW CHAdeMO
<b>Bmw i3</b>	132	4,65	21,6 kwh	230V 32 A, 230V 16 A

				50 kW CHAdeMO.
<b>Bmw i3 REX</b>	119	4,19	21,6 kwh	230V 32 A, 230V 16 A 50 kW CHAdeMO
<b>Audi A3 Sportback</b>	104	3,66	8,8 kwh	230V 16 A, 230V 10 A
<b>Kia Soul EV</b>	89	3,13	27 kwh	230V 10 A 50 kW CHAdeMO
<b>VW golf GTE</b>	79	2,78	24,2 kwh	230V 16 A, 230V 10 A, 40 kW CCS
<b>Piaggio Porter</b>	76	2,68	14,5 kwh	230V 16 A, 230V 10 A
<b>Porche Cayenne</b>	62	2,18	10,8 kwh	230V 16 A, 230V 32 A
<b>BMW i8</b>	36	1,27	7,1 kwh	230V 32 A, 230V 16 A 50 kW CHAdeMO.
<b>Bmw X5 40e</b>	28	0,99	9kwh	230V 16 A, 230V 10 A
<b>VW egolf</b>	21	0,74	8,7 kwh	230V 16 A, 230V 10 A
<b>Porche Panamera</b>	18	0,63	9,4 kwh	230V 16 A, 230V 10 A
<b>VW e-up</b>	16	0,56	18,7 kwh	2230V 16 A, 230V 10 A, 40 kW CCS
<b>Mercedes s-500</b>	15	0,53	8,7 kwh	230 V 13 A 400 V y 16 A trifásica.
<b>Mercedes Clase B ED</b>	14	0,49	28 kwh	230V 16 A, 230V 10 A 400v 16 A trifásica.
<b>Volvo V60 Plug-in</b>	14	0,49	11,2 kwh	230V 16 A, 230V 10 A,
<b>Peugeot Partner</b>	13	0,46	22,5 kwh	230V 16 A,

				230V 10 A, 40 kW CCS
<b>Tesla Model S</b>	10	0,35	85 kwh	40 A 230 v, mono. 16 A 400 v trifasic
<b>Citroen C-Zero</b>	8	0,28	16 kwh	230V 10 A, 230V 16 A 50 kW CHAdeMO
<b>Toyota Prius Plug-in</b>	8	0,28	5,2 kwh	230 V 16 A
<b>Mercedes C350 e</b>	5	0,18	6,2 kwh	230V 16 A, 230V 13 A
<b>Peugeot ion</b>	4	0,14	16 kwh	230V 10 A, 230V 16 A 50 kW CHAdeMO
<b>Porche 918 Spider</b>	3	0,11	6,8 kwh	230V 16 A, 230V 10 A 230V 32 A
<b>Byd e6</b>	2	0,07	64 kwh	230V 16 A, 30 kw
<b>Citroën Berlingo</b>	2	0,07	22,5 kwh	230V 16 A, 230V 10 A, 40 kW CCS
<b>VW XL1</b>	2	0,07	5,5 kwh	230V 10 A, 230V 16 A
<b>Mitsubishi i-Miev</b>	1	0.04	16 kwh	230V 10 A, 230V 16 A 50 kW CHAdeMO.
<b>Ford Focus</b>	1	0.04	23 kwh	230V 10 A, 50 kW CHAdeMO.
<b>TOTAL</b>	<b>2.839</b>			

Matriculaciones ELÉCTRICOS Y ENCHUFABLES

ESPAÑA		2015												ACUMULADO	
RK	Marca	Modelo	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ACUMULADO
1	mitsubishi	OUTLANDER PH	4	9	23	27	32	33	29	22	88	46	19	57	389
2	SMART	FORTWO ED	0	3	5	0	12	3	11	1	1	199	153	0	388
3	NISSAN	LEAF	14	11	96	27	10	32	31	11	30	48	17	17	344
4	RENAULT	ZOE	6	1	12	11	5	15	27	39	51	61	49	35	312
5	RENAULT	KANGOO ZE	2	8	8	2	13	13	63	20	25	19	18	76	267
6	NISSAN	e-NV200	20	1	32	30	8	20	29	9	10	24	24	50	257
7	BMW	i3	9	17	2	16	27	22	19	10	50	26	11	12	132
8	BMW	i3 REX										9	3	18	119
9	AUDI	A3 SPORTBACK	1	1	2	0	15	2	21	5	21	21	12	3	104
10	KIA	SOUL EV	0	0	4	1	5	17	11	14	13	10	4	7	89
11	VOLKSWAGEN	GOLF GTE							34	10	4	9	15	5	79
12	PIAGGIO	PORTER	2	2	1	4	5	5	18	3	6	11	2	17	76
13	PORSCHE	CAYENNE	3	4	2	4	6	5	9	3	8	8	8	3	62
14	BMW	i8	0	3	0	12	2	3	5	3	3	0	5	0	36
15	BMW	X5 xDrive40e									3	4	5	16	28
16	VOLKSWAGEN	e-GOLF	3	1	2	1	3	2	5	3	0	1	0	0	21
17	PORSCHE	PANAMERA S e-	2	2	2	1	5	2	1	1	1	1	0	0	18
18	VOLKSWAGEN	e-UP!	4	0	0	2	2	2	0	0	3	0	1	2	16
19	MERCEDES	S500 PLUG-IN	0	1	1	1	0	1	0	1	3	1	5	1	15
20	MERCEDES	CLASE B ED									2	3	1	0	14
21	VOLVO	V60 PLUG-IN	1	0	0	0	1	2	3	2	0	0	0	0	14
22	PEUGEOT	PARTNER ELECT	0	0	0	0	2	1	7	0	0	3	0	0	13
23	TESLA	MODELS	1	1	1	3	0	0	2	0	0	0	1	1	10
24	CITROËN	C-ZERO	0	0	0	0	0	1	1	3	0	3	1	0	8
25	TOYOTA	PRIUS PLUG-IN	0	1	1	1	0	0	0	1	3	0	0	1	8
26	MERCEDES	CLASE C350e									1	1	2	1	5
27	PEUGEOT	ION	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	4
28	PORSCHE	918 SPYDER	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
29	BYD	E6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
30	CITROËN	BERLINGO ELECT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
31	VOLKSWAGEN	XLI									0	0	0	1	2
32	MITSUBISHI	i-MIEV	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1
33	FORD	FOCUS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
34	RENAULT	FLUENCE ZE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	OPEL	AMPERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	CHEVROLET	VOLT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTALES</b>			<b>72</b>	<b>67</b>	<b>195</b>	<b>143</b>	<b>157</b>	<b>181</b>	<b>331</b>	<b>164</b>	<b>328</b>	<b>510</b>	<b>357</b>	<b>325</b>	<b>2.839</b>
<b>ELÉCTRICOS</b>			<b>61</b>	<b>45</b>	<b>164</b>	<b>97</b>	<b>94</b>	<b>133</b>	<b>228</b>	<b>116</b>	<b>193</b>	<b>410</b>	<b>283</b>	<b>219</b>	<b>1957</b>
<b>HÍBRIDOS ENCHUFABLES</b>			<b>11</b>	<b>22</b>	<b>31</b>	<b>46</b>	<b>63</b>	<b>48</b>	<b>103</b>	<b>48</b>	<b>135</b>	<b>100</b>	<b>74</b>	<b>106</b>	<b>882</b>

Ilustración 34: Ventas 2015. Fuente: ANFAC

#### **4.3.4 Número de Vehículos**

Se puede introducir el número de vehículos que deseamos, aunque su velocidad de ejecución estará tanto más limitada cuanto mayor sea el número y peores características disponga el ordenador.

#### **4.3.5 Outputs**

Se representa de manera gráfica tanto la curva de demanda original, como la nueva curva de demanda. Y una gráfica comparando ambas curvas.

A su vez crea una nueva hoja Excel, respetando el mes y el día de estudio, de los nuevos datos de demanda con los vehículos de recarga a estudio.

Tanto el programa como las diferentes funciones están incluidos en la documentación digital adjunta.

## 4.4 Ejemplos de Estudio.

En este apartado se analizarán diferentes situaciones o escenarios de carga.

### 4.4.1 Situación A

En la primera situación se trabaja con:

- Mes: 10.
- Día: 6.
- Hora Inicio: 0:00 a.m.
- Hora Final: 7:00 a.m.
- Número de vehículos: 20.000.
- Tipo de carga: 1 (carga lenta)

Durante estos periodos, de tarifa nocturna, suelen realizar los usuarios en la mayoría de los casos la carga de sus vehículos de tipo lenta.

La ilustración 35, nos muestra la curva de demanda del día 06/10/15, día tomado como referencia en todos y cada uno de los ejemplos anteriores.

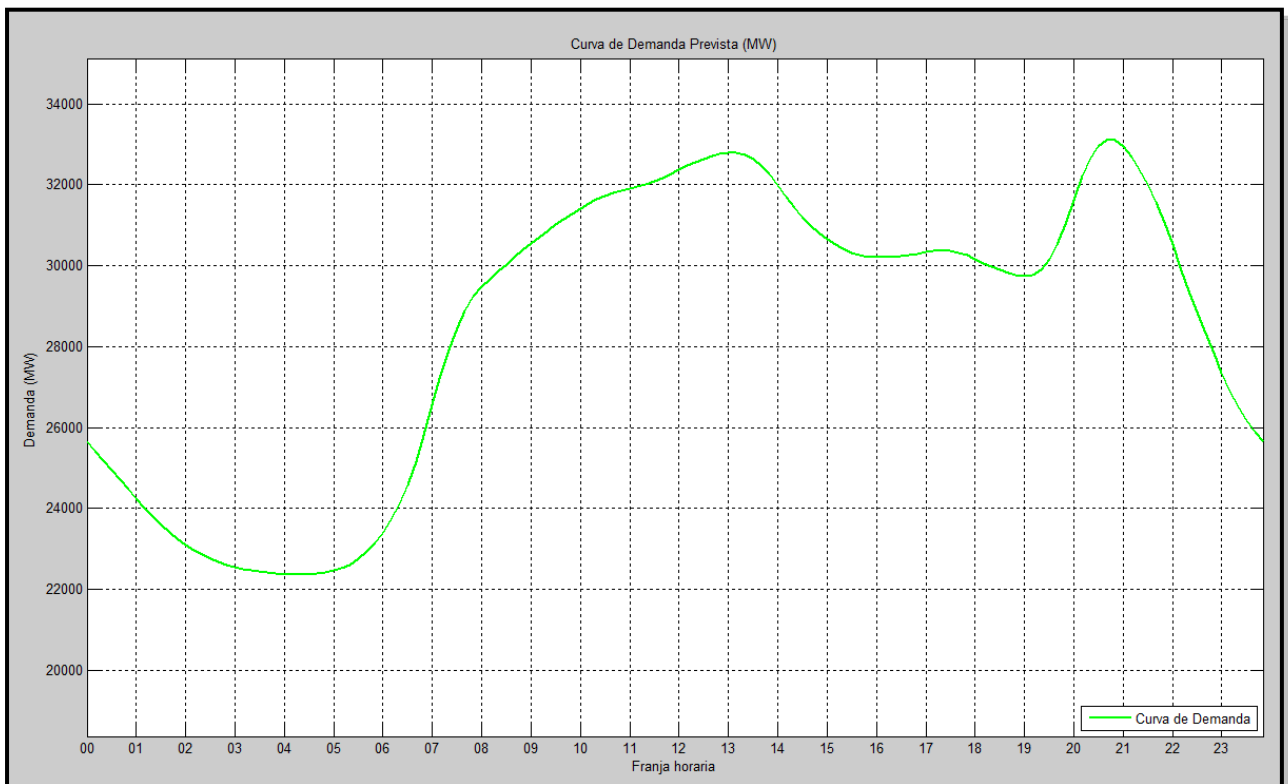
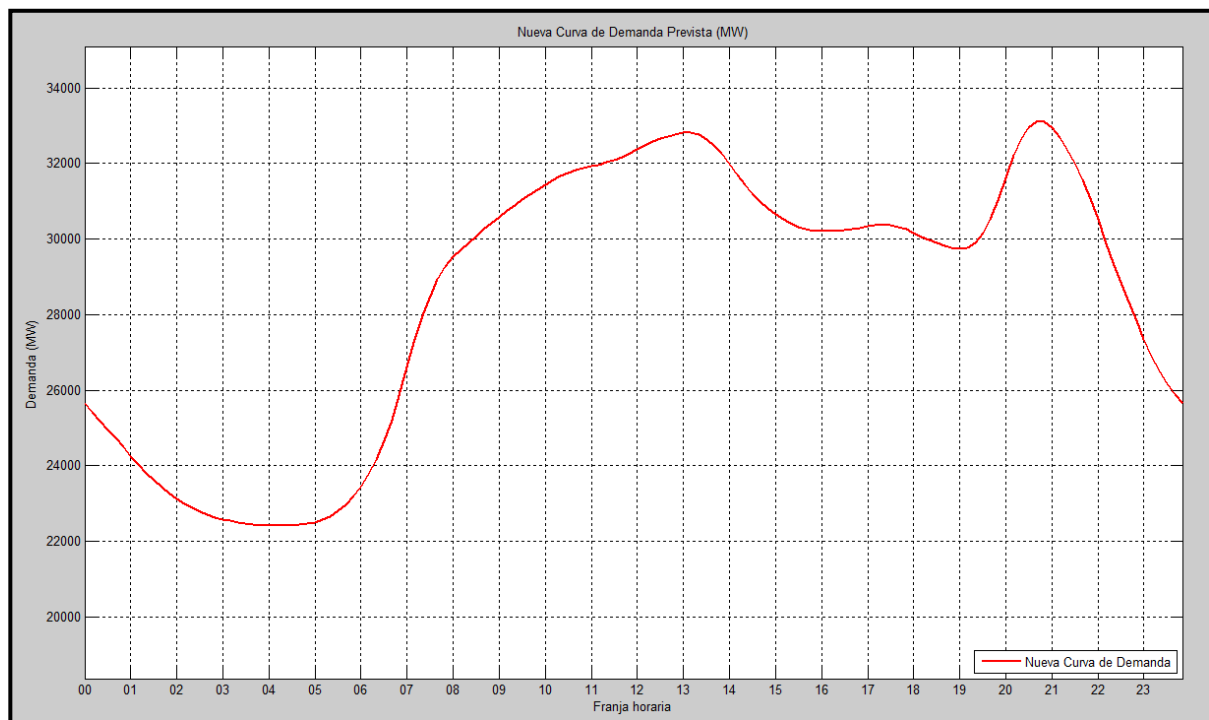


Ilustración 35: Curva de demanda del 06/10/2015. Fuente: MATLAB

En la ilustración 36 se muestra la curva de demanda con la carga lenta en los intervalos señalados entre 0:00 y 7:00 a.m. A primera vista los cambios no parecen muy significativos.



**Ilustración 36: Curva de demanda a 06/10/15 con datos de la secuencia A. Fuente: MATLAB**

Realizando una comparativa de ambas curvas, ilustración 37, con detalle ampliado de la zona de estudio, se muestra lo comentado con antelación, la variación de la curva es muy pequeña. Algo bastante característico cuando el tipo de carga es lenta.

Otro detalle significativo que nos señala la figura, es que a pesar de limitar hasta las 7:00 a.m. los puntos o los instantes en que se realizan las cargas, la potencia demandada por parte de los vehículos se extiende hasta las 12:00 a.m. de ese mismo día.

Podríamos sospechar el número de vehículos introducidos en la situación A, es muy pequeño, al ver el pequeño cambio existente, pero realmente no es así, ya que podemos considerar que como mucho, y de forma estimada, puede existir a día de hoy unos 4.500-5.000<sup>28</sup> coches en las calles con capacidad de poder ser enganchados en la red. Es decir, se ha considerado una multiplicación por 4, del actual mercado eléctrico existente en circulación.

La capacidad de poder absorber vehículos enchufables durante el periodo nocturno, con carga lenta, por parte de la curva de demanda es elevadísima, haciendo una relación directa con las 20.000 unidades del ejemplo, se podrían cargar más de 2.000.000 vehículos perfectamente. Cifras muy lejanas hoy en día.

<sup>28</sup> Dichas cifras se multiplicarían por 4, si tuviéramos en cuenta las motocicletas y otros medios de locomoción.



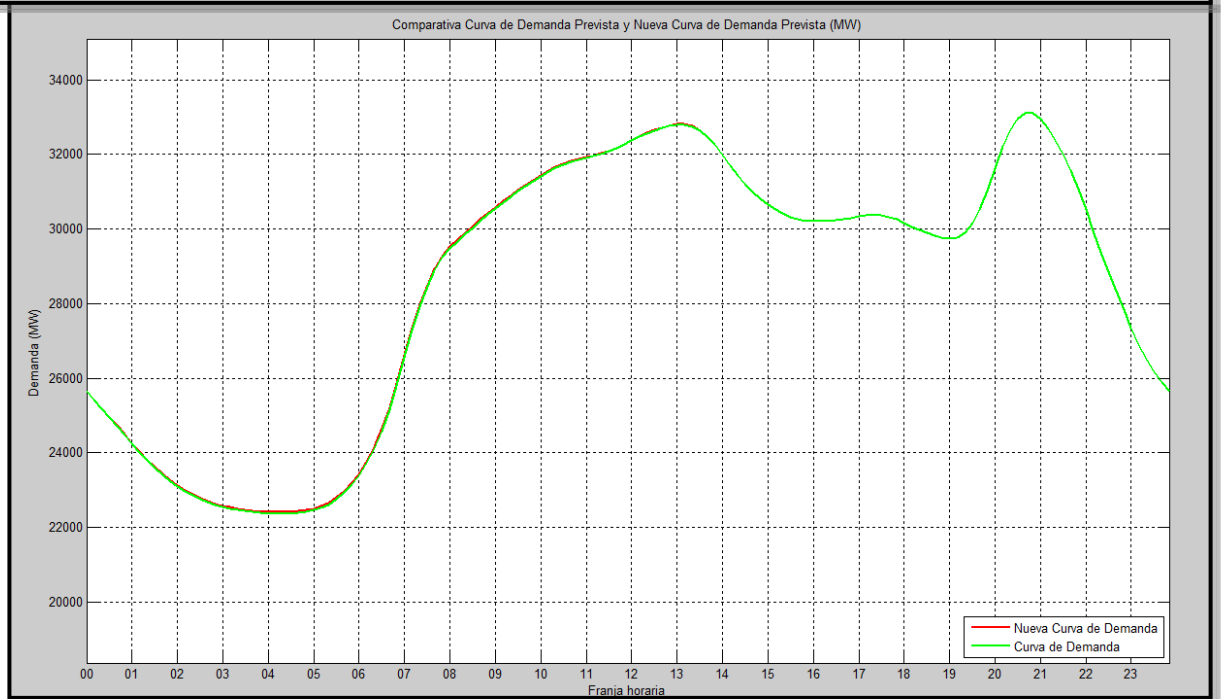
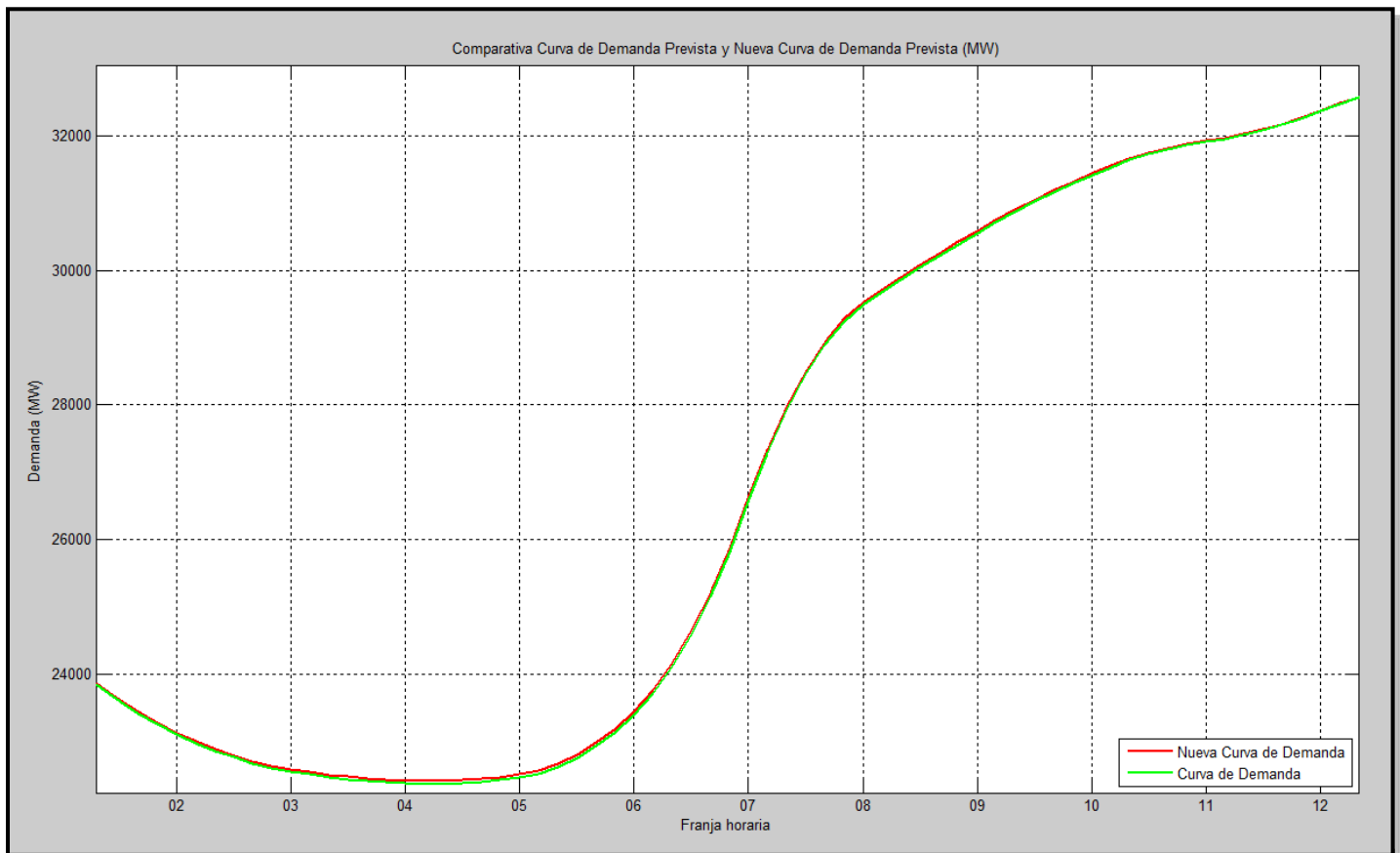


Ilustración 37: Comparativa de ambas curvas, con detalle ampliado. Fuente: MATLAB



## 4.4.2 Situación B

En la segunda situación se trabaja con:

- Mes: 10.
- Día: 6.
- Hora Inicio: 9:00 a.m.
- Hora Final: 14:00 p.m.
- Número de vehículos: 20.000.
- Tipo de carga: 2 (carga rápida)

Durante estos periodos, suelen realizar los usuarios, en la mayoría de los casos, la carga de sus vehículos de tipo rápida. Es decir durante los periodos laborales que pueda disponer el lugar de trabajo de este tipo de cargas.

En la ilustración 38, se adjunta nuestra curva de demanda de referencia, como base del estudio de los diferentes casos.

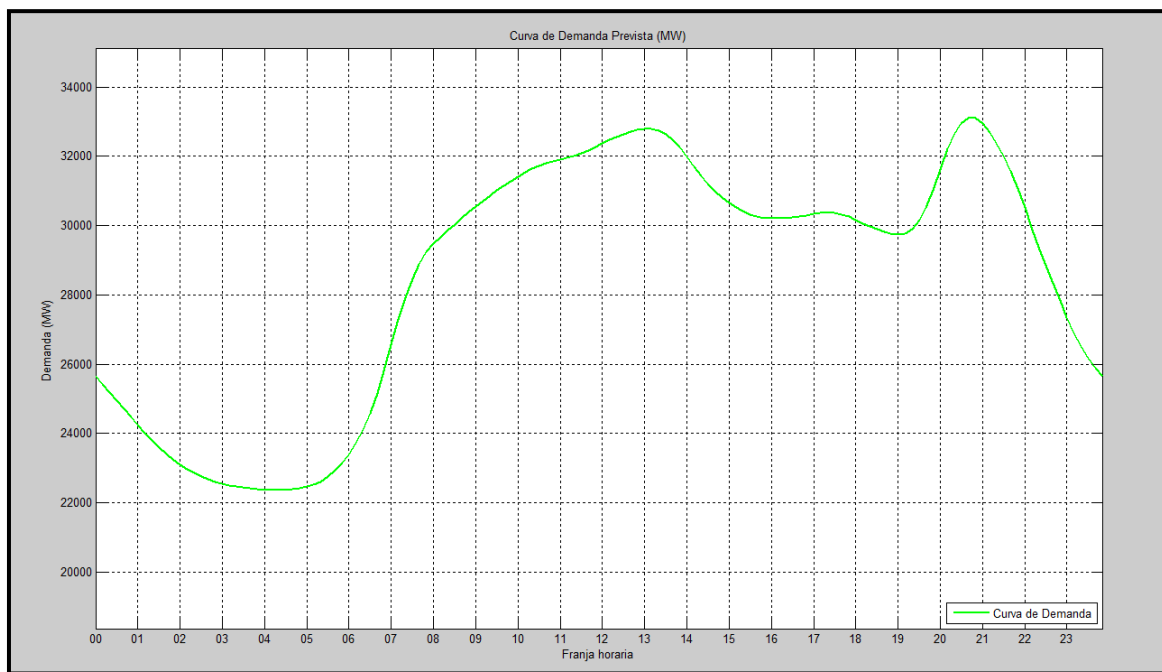
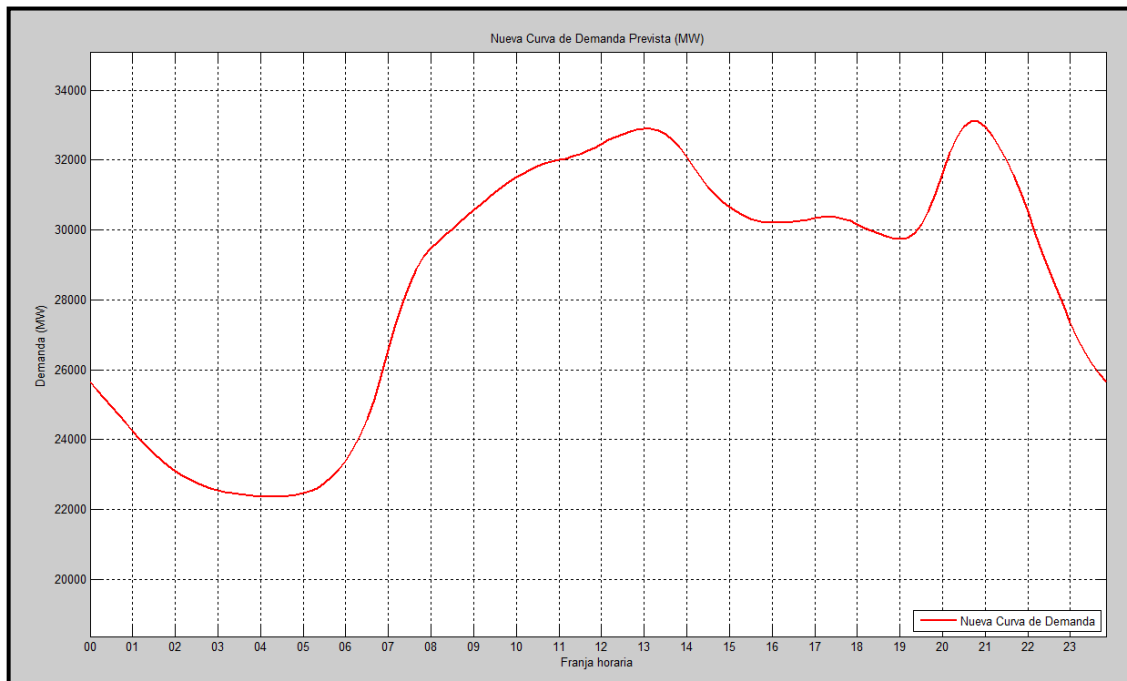


Ilustración 38: Curva de Demanda de referencia, 06/10/15. Fuente: MATLAB

La ilustración 39 muestra la curva una vez introducido las 20.000 unidades con carga rápida, del mismo modo, los cambios en un primer vistazo no parecen significativos. Será necesario la comparativa directa entre ambas curvas para poder sacar alguna conclusión.



**Ilustración 39: Curva de demanda con carga rápida. Fuente: MATLAB**

Gracias a la ampliación, ilustración 40, podemos observar que los cambios producidos son más significativos que en el escenario A, lo cual es razonable, ya que la carga rápida necesita más potencia.

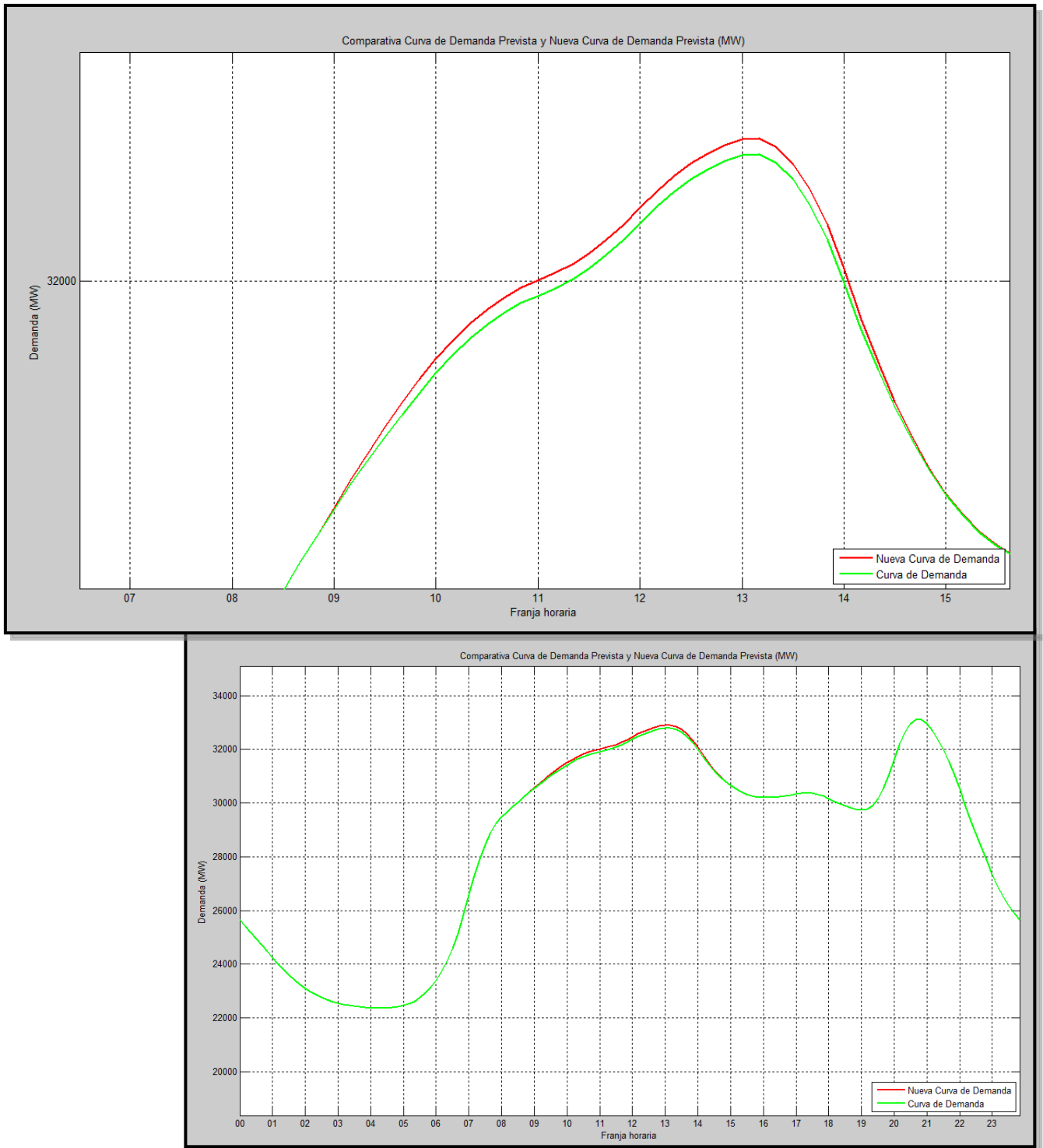
Aunque la subida es asumible, las cargas durante estos periodos y sobre las 20:00-22:00 - intervalo donde muchas familias están cenando -, es preciso no incentivarlas, ya que nos aumenta el pico de demanda de energía. Motivo por lo cual es muy importante la proliferación de smart grids o recargas inteligentes que optimicen dichas demandas de energía.

Y por otro lado, otro de los objetivos marcados por la CECRE es intentar aplanar lo más posible las curvas de demanda, aspecto que las cargas en estos periodos no ayudan.

Los abanicos críticos de instantes de cargas no son fijos, ya que dependiendo de la época del año, día de la semana pueden variar significativamente.

Pese a ser el sistema de carga más rápido, realmente no es el más utilizado por los usuarios, ya que por defecto se suele intentar cargar en los hogares, debido entre cosas, a la escasez de puntos de carga rápida.

Estableciendo una relación directa, podríamos cargar más de un millón de coches con carga rápida, respetando los intervalos de los instantes de carga, antes de llegar a alcanzar la máxima demanda del año de estudio – un poco superior a los 40.000 MW -.



**Ilustración 40: Comparativa de curvas. Fuente: MATLAB**

### 4.4.3 Situación C

En la tercera situación se trabaja con:

- Mes: 10.
- Día: 6.
- Hora Inicio: 0:00 a.m.
- Hora Final: 23:50 a.m.
- Número de vehículos: 100.000.
- Tipo de carga: 3 (carga aleatoria)

En este tercer caso analizado, aumentamos significativamente el número de unidades puestas en juego, esta vez 100.000 unidades, casi un 10 % del total de vehículos matriculados este año. Y a diferencia de los dos casos anteriores no se limitan los instantes en que se pueden realizar la conexión del vehículo.

Para mayor aleatoriedad, la carga podrá ser lenta o rápida – si el vehículo dispone de dicha opción –.

A diferencia de las dos simulaciones anteriores, mostraremos directamente la comparativa de ambas curvas, ilustración 41.

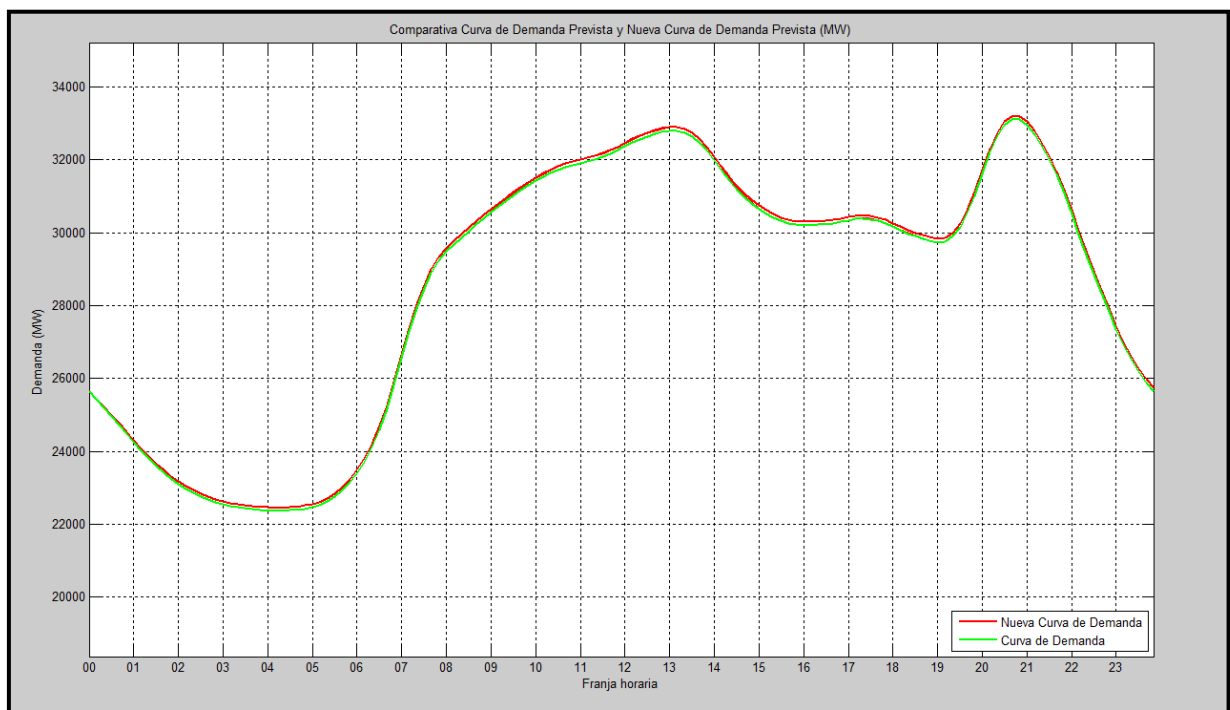


Ilustración 41: Comparativa de curvas - carga aleatoria -. Fuente: MATLAB

Con respecto a la demanda total de energía sigue siendo muy poco significativa con respecto al total. Se puede observar que la leve subida es más o menos constante a lo largo de la curva de demanda.

#### 4.4.4 Situación D

En la cuarta situación se trabaja con:

- Mes: 10.
- Día: 6.
- Hora Inicio: 0:00 a.m.
- Hora Final: 23:50 a.m.
- Número de vehículos: 500.000.
- Tipo de carga: 3 (carga aleatoria)

Mismo caso que el anterior pero con un aumento significativo del número de vehículos, ahora trabajamos con 500.000 unidades.

Para hacernos una idea del volumen que esto significa, si estudiáramos exclusivamente el número de vehículos eléctricos matriculados, y siguiendo la tendencia de los últimos años <sup>29</sup> – año 2015, 1957 unidades, año 2014, 1102 unidades, año 2013, 822 unidades, año 2012, 484 unidades y año 2011, 377 unidades -.

La línea de tendencia considerada es una línea polinómica de tercer grado, ilustración 42. Si se siguiera esta tendencia no se conseguirían un nivel de matriculaciones anuales de 500.000 VE hasta casi dentro de 25 años – exactamente 23 años -, y un parque total automovilístico de 500.000 pasados 18 años – desde fecha de hoy -.

Según los últimos estudios estas tendencias son bastante optimistas, ya que se prevé que las matriculaciones de VE se estabilicen con la llegada de nuevas tecnologías como los vehículos de hidrógeno.

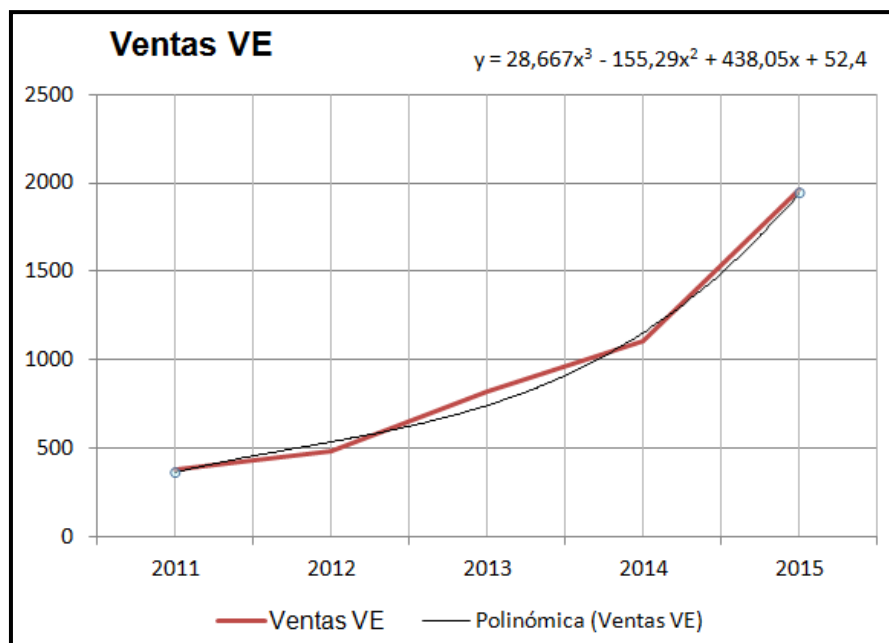


Ilustración 42: Línea de tendencia ventas VE. Fuente: Propia

<sup>29</sup> Dicha tendencia puede ser afectada por cualquier circunstancia, como por ejemplo un cambio de normativa. En Noruega se quiere aprobar que en el 2025 solamente se pueda vender coches eléctricos.

Pese a que los aumentos de demanda empiezan a ser significativas a simple vista, siguen quedando bastante alejados de los máximos alcanzados durante el año, 4 de Febrero a las 19:56 horas, 40.726 MW. Y muchísimo más distanciado del registro alcanzado en diciembre del 2007, 45.450 MW.

La ilustración 43 muestra la comparativa de ambas curvas.

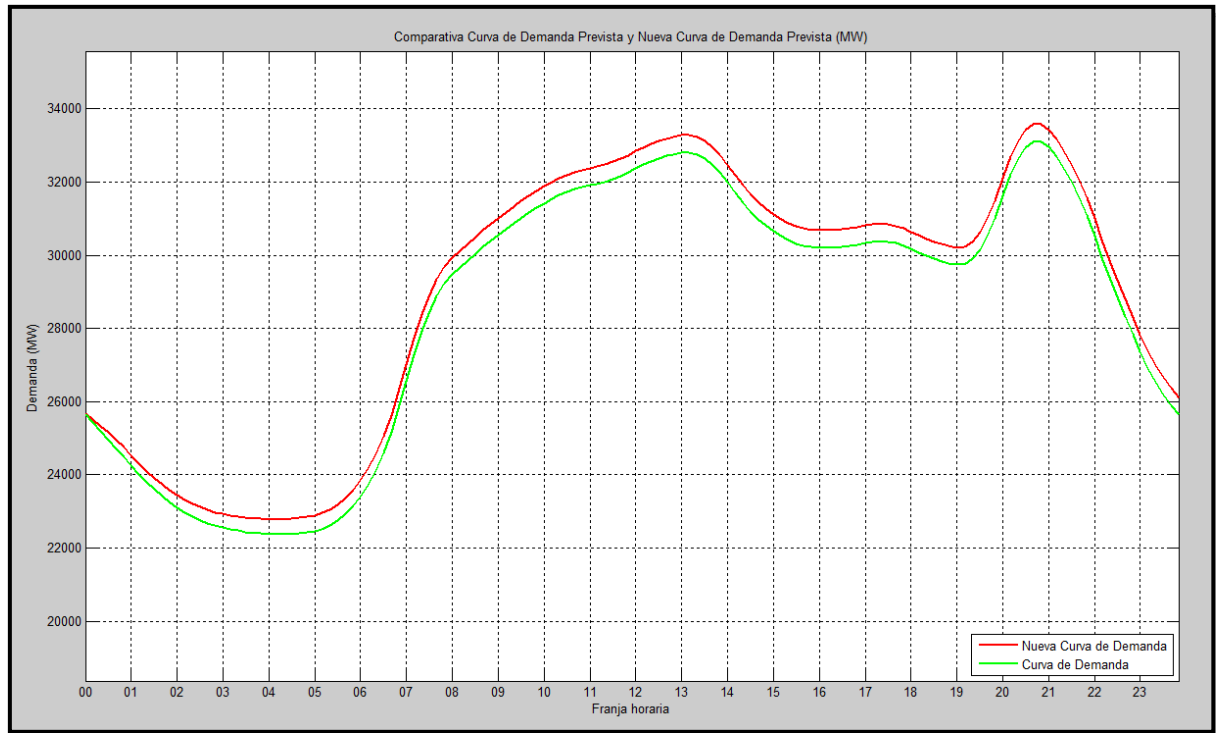


Ilustración 43: Comparativa de curvas con 500.000 unidades. Fuente: MATLAB

#### 4.4.5 Situación E

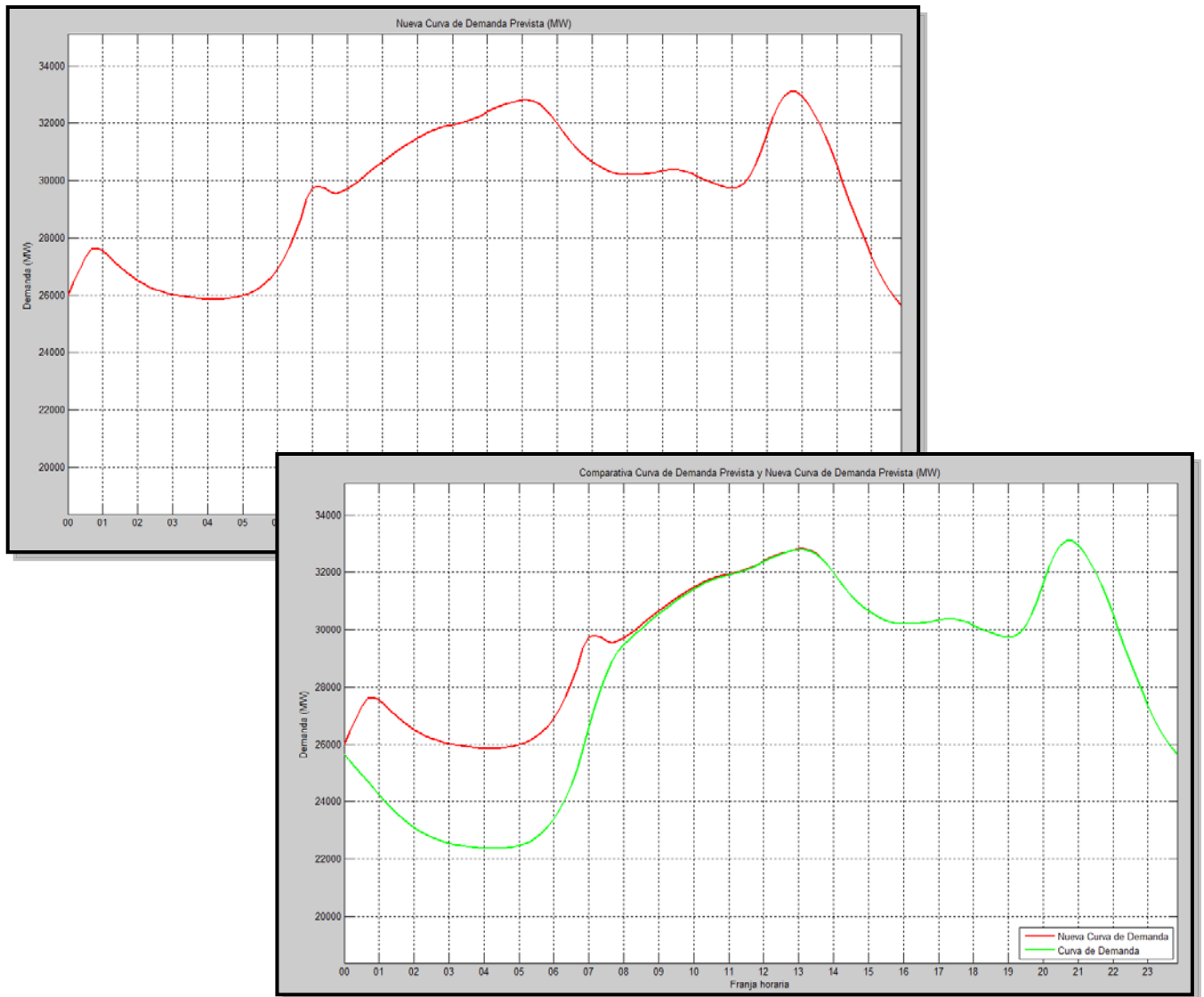
En la quinta situación se trabaja con:

- Mes: 10.
- Día: 6.
- Hora Inicio: 0:00 a.m.
- Hora Final: 7:00 a.m.
- Número de vehículos: 1.000.000.
- Tipo de carga: 2 (carga rápida).

En este caso particular el tiempo de ejecución fue muy elevado. Se quería representar la posibilidad de poder cargar los vehículos con carga rápida - máxima demanda - cuando nos encontramos en la zona valle de la curva.

La ilustración 44 nos muestra la curva modificada, tanto de manera individual como en la comparativa con la original.

Aunque ha aumentado mucho el nivel de la curva, todavía existe mucho margen, sería óptimo poder realizar este tipo de carga durante estos periodos horarios, para lo cual habría que facilitar la instalación de cargas rápidas en lugares más comunes, como los propios hogares.



**Ilustración 44: Comparativa de curvas caso 5. Fuente: MATLAB**

## 5 POSIBLES MEJORAS

A lo largo del desarrollo de la programación se han descubierto posibles mejoras o condicionantes que podrían mejorar la fidelidad y precisión del mismo, algunas de las mismas podrían ser las siguientes:

- Disponibilidad minuto a minuto de las potencias demandadas, previstas o programadas.
- Disponibilidad de la demanda de energía a largo plazo, es decir, conocer la demanda de energía con las previsiones de mercado existentes en años futuros, como el 2020, en función de lo cual hacer previsiones de nuevas instalaciones o no, o mejoras en intercambios de energía entre diferentes países.
- Alto grado de aleatoriedad, podemos acercarnos en cierta medida en unos resultados más o menos realistas, pero existen múltiples variables que no podemos controlar, como son los modos de conducción, la incidencia del freno regenerativo, la posibilidad o existencia de puntos de recarga, tanto lentos como rápidos, cercanos al propio consumidor, condiciones climatológicas,...
- Normalmente las cargas rápidas no se realizan hasta el 100%, suelen realizarse hasta un 75-80% de la misma. Esta circunstancia también puede suceder en una carga lenta, pero en este caso, que el propio usuario no desee realizar la carga completa.
- Las cargas rápidas no son perfectamente lineales.

Ejemplo del punto anterior podemos mostrar el desarrollo de una carga de tipo CHAdeMO. El proceso se inicia muy rápido con intensidades de hasta 110 A. Cuando la recarga alcanza un 54% comienza a disminuir la intensidad de modo que cuando se llega al 80% la intensidad es de unos 44 A y cuando alcanza el 92% la intensidad es de 14 A. Es comparable al llenado de un vaso hasta el borde: al principio se vierte rápidamente el líquido para ir disminuyendo el caudal a medida que se va llenando.

Muestra de dicha evolución está en la ilustración 45.

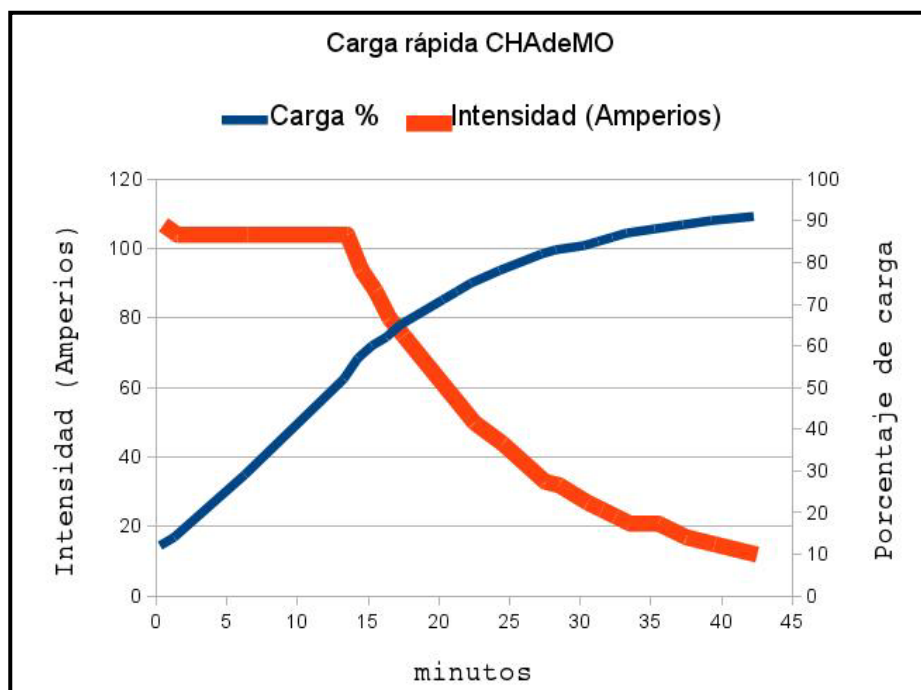
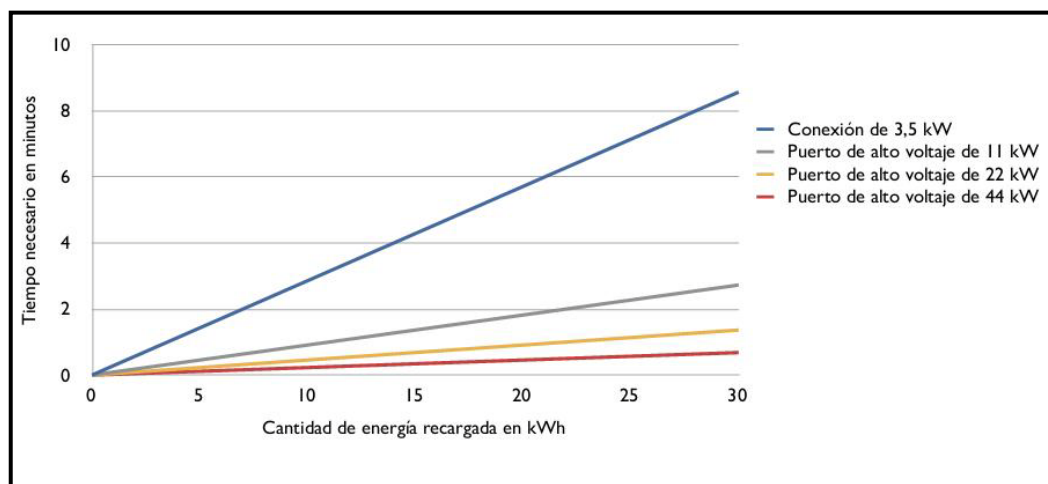


Ilustración 45: Carga Rápida CHAdeMO. Fuente: cocheselectricos.com



En cargas lentas, otras fuentes bibliográficas, muestra las siguientes gráficas de tiempo invertido vs capacidad de almacenamiento, ilustración 46.



**Ilustración 46:** Tiempo necesario para el proceso de carga dependiendo de la potencia de carga y la cantidad de energía. Fuente: [movilidadelectrica.com](http://movilidadelectrica.com)

Otros puntos a mejorar podrían ser los siguientes:

- Mejorar la interacción entre diferentes días de estudio.
- Se puede llegar a la situación que algunos de los usuarios de los vehículos híbridos, no lleguen a utilizar nunca un punto de recarga.
- Los propios vehículos disponen de sofisticados sistemas de seguridad, que a modo de protección, limitan en función de las circunstancias la cantidad de amperaje necesario para realizar la carga.
- Al cabo de un tiempo, la efectividad de las cargas irán mermando.



## 6 CONCLUSIONES

La llegada de nuevas tecnologías al mundo de la automoción, como es la instauración de la tecnología eléctrica, ha llevado consigo una nueva preocupación tanto al usuario directo como a las propias administraciones garantes del suministro eléctrico.

Desde un punto analítico a través de los resultados obtenidos podemos establecer las siguientes conclusiones:

- Al ritmo de ventas actuales de vehículos enchufables, la incidencia de sus demandas de potencia no suponen un grave problema de suministro.
- Se debe procurar realizar las cargas rápidas, cuando la curva de demanda se sitúen en las zonas valle, periodos de tarifa nocturna, ya que son las cargas que más demandan del sistema.
- Incluso estimando conexiones rápidas de más de 1.000.000 unidades, el sistema de generación lo puede absorber, durante los periodos valle de la curva.
- Estableciendo una relación directa, en las zonas cumbre de la curva, con la estimación realizada a fecha de 06/10/15 si se conectan más de 1.000.000 de unidades con carga rápida, se obtendrá una demanda máxima diaria menor que la máxima anual del año de estudio.
- Del mismo modo, en las zonas de pico de la curva de demanda, se debe fomentar el uso de cargas lentas, ya que minimizan el efecto sobre la curva.
- Lamentablemente, según algunos estudios, el usuario realiza justo el uso contrario al indicado, principalmente por la ausencia de cargas rápidas en los propios hogares.
- Con cargas lentas durante los periodos de tarifa reducida, se pueden llegar a conectar más de 2.000.000 de vehículos, cifra muy lejana de alcanzar en un periodo de medio/largo plazo.
- Con distribuciones totalmente aleatorias, tanto desde el punto de vista del tipo de carga, como desde el punto de vista del instante de la conexión a la red, si se trabajase con previsiones sobrevaloradas de 500.000 unidades, con las previsiones actuales, obtendríamos una demanda nacional netamente inferior a años anteriores, como el 2007. El sistema está capacitado para generar tanta cantidad de energía.
- Gracias a una correcta gestión de las cargas de los VE se puede llegar a obtener una curva equilibrada, plana, de demanda. Objetivo primordial en la gestión de la red. Evitamos las continuas paradas y arrancadas de ciertas centrales de energía – térmicas, en su mayoría – podemos perfeccionar el funcionamiento de las centrales renovables.
- Es muy aconsejable la proliferación de de cargas inteligentes, que nos mejore la optimización de los periodos de carga, fomentar baterías en el hogar, mejorar la interconexión con otros países – la energía no se puede almacenar -, V2G, mejora del redireccionamiento del flujo de energía, mejor coordinación entre los diferentes actores que entra en juego, fomentar el almacenamiento de energía,...

Otras revelaciones obtenidas a lo largo del desarrollo de dicho trabajo fueron las siguientes:

- Pese a la creencia popular, los vehículos eléctricos disponen de un largo bagaje en la historia de la automoción.

- El acceso a la red eléctrica, no se limita hoy en día solamente a los vehículos eléctricos puros, sino también a los diferentes tipos de híbridos – en serie, paralelos o mixtos -. Todas las marcas del mercado disponen de alguno de estos tipos de tecnología.
- Los elementos críticos, tanto en la tecnología en sí de dichos vehículos, como su incidencia posterior en la curva de demanda son las baterías y el tipo de recarga.
  - Cuando las baterías sean más grandes, mayor autonomía y mayor tiempo de conexión en la red. Más necesidad de Energía.
  - Dependiendo de la potencia de la recarga, se definirá un abanico de cargas, desde lentas hasta ultra-rápidas. De mayor a menor tiempo de recarga.
  - La falta de homogenización en el tipo de conexiones es un hándicap a la hora de realizar cualquier tipo de estudio o análisis del mercado.
  - Otro aspecto influyente es la escasez de puntos de recarga. Se ha trabajado con la posibilidad de poder elegir entre carga rápida o carga lenta, pero en realidad el número de cargas rápidas existentes actualmente apenas llega a la decena de unidades
- La energía eléctrica no se puede almacenar de forma masiva, debe ser pues generada en la misma cantidad que es demandada.
  - Motivo por lo cual es muy importante determinar la futura incidencia de los vehículos conectables.
- A nivel nacional, desde un punto de vista de generación de energía, se ha cambiado la tendencia.
  - Actualmente exportamos energía. Hay excedencia. Pese a la mejoría económica, no se ha aumentado la demanda de energía. Debido principalmente a una mayor concienciación y en la mejora de la tecnología.
  - Las energías renovables cubren el 42,8 % de la producción total.
- La curva de la demanda depende de múltiples factores, tanto estacionales, dependiendo del mes del año, de las costumbres, ciclos climáticos,...
- Con la ayuda de sistemas de gestión inteligente la red de distribución - baja tensión - puede absorber más de 5 millones de vehículos. Dando un plazo de unos 20 años para la instalación de los mismos.
  - Es preciso controlar la calidad de la línea, ya que puede quedar afectada por la inclusión de un elevado número de vehículos en la red.
- REE está realizando investigaciones para la prever futuros escenarios, como posibles cambios climáticos – en función de lo cual la generación de la energía en las centrales renovables está directamente afectada -,...

La REE, tiene entre sus responsabilidades la de garantizar la seguridad de suministro, motivo por el cual debe anticiparse a las futuras necesidades del sistema eléctrico, posibles cambios que se avecinen o la entrada de nuevas tecnologías.

Esta labor de vigilancia le ha permitido que se realicen con éxito algunos cambios claves en el sector eléctrico, como fue la integración del consumo derivado de la implantación de los trenes de alta velocidad, o como el auge de las fuentes energéticas de origen renovable.

Gracias a este tipo programas se puede facilitar la integración de los vehículos enchufables, del mismo modo se puede ayudar a entender cómo se verá afectada la generación de electricidad o como se puede ayudar al equilibrio del sistema eléctrico.





## 7 BIBIOGRAFÍA

En esta sección se muestra la bibliografía consultada para la realización del trabajo, aunque no haya sido citada expresamente en el texto:

### 7.1 Artículos, Libros, Conferencias, Apuntes, Blogs.

- ANDERSON, DAVID. (2008) *Status and trends in the HEV/PHEV/ battery industry*. En Curso de Verano 2008 en Rocky Mountain Institute. Colorado (EEUU).
- AMETIC, INDUMETAL RECYCLING, S.A. (2012) *Cuantificación de la Problemática de las Baterías de Propulsión de Vehículos eléctricos/híbridos*. En el Anexo I&II del Proyecto Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento, y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil – Proyecto en el ámbito del subprograma Avanza Competitividad I+D+i, incluido en el Plan Avanza 2, dentro de la Acción Estratégica de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información -.
- ARMERO, MARIO (2014). *Vehículo Eléctrico (vehículo alternativo): Mercado e Industria*. ANFAC. En Conferencia Mercado e Industria (26/08/15). Santander.
- ASTALS COMA F, MARTÍNEZ SERRA F, PALLISÉ CLOFENT J.(2011) *La Previsión a Medio Plazo de las Necesidades Energéticas del Parque de Vehículo Eléctrico*. En Congreso de Ingeniería del Transporte “IX Congreso de Ingeniería del Transporte”. Madrid. Instituto de Investigación Aplicada del Automóvil.
- BECKER ROBLES, FERNANDO (2010). *Análisis de la Influencia sobre el Sector Eléctrico de una penetración a Gran Escala del Coche Eléctrico*. Proyecto Fin de Carrera. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas- ETSI ICAI.
- CRUZ ZAMBRANO, MIGUEL. (2012) *Vehículo Eléctrico y Gestión de la Demanda*. Documento de Preliminar del Grupo de Trabajo de Conama 2012. Clúster de Eficiencia Energética. Barcelona.
- CRUZ, IGNACIO (2008). *Tecnologías de Almacenamiento de Energía*. Jornadas Técnicas en PowerExpo 2008(28/9/2008) Zaragoza.
- DEPOORTER, STEPHANIE Y ASSIMON, PIERRE-MARIE (2011); *Les véhicules électriques en perspective*. De la Colección « Études et documents » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD). Número : 41. Francia.
- ESCUELA INGENIEROS INDUSTRIALES. (2013-2015) Apuntes para plaza de Ingeniero Industrial del Estado.
- FOCH, RAMÓN. PALAU GARRABOU, JOSEP M. MORESO VENTURA, ANNA. (2012) *El Transporte Eléctrico y su Impacto Ambiental. Reflexiones y Propuestas para la Mejora de la Evaluación Ambiental*. Editado por Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid.
- FUENTES MAJANO, AUGUSTO. (2010) *Análisis Estratégico de Reciclado de Baterías para Vehículos Eléctricos*. Proyecto Fin de Carrera. Madrid: Universidad Carlos III.
- FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID. (2009) *Guía del Vehículo Eléctrico I*. Editado por Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid y la Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid. Madrid.



- FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID. (2015) *Guía del Vehículo Eléctrico II*. Editado por Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM) y la Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid. Madrid.
- FUNDACIÓN INSTITUTO TECNOLÓGICO PARA LA SEGURIDAD DEL AUTOMÓVIL- FITSA -. (2007) *Tecnologías de Propulsión Híbridas y las Evidencias Científicas de su Eficacia*. Dentro de la Colección 2006: Evidencias científicas de la eficacia de las Tecnologías. Editado por FITSA.
- GALINDO MARTÍN N. (2010) *Impacto de la Incorporación del Vehículo Eléctrico en la Integración de Energías Renovables en el Sistema Eléctrico*. Proyecto Fin de Carrera. Madrid: Universidad Carlos III.
- GONZÁLEZ HERRERO, JM. (2009) *Integración de los Vehículos Eléctricos en los Sistemas Eléctricos*. Proyecto Fin de Carrera. Madrid: Universidad Carlos III.
- GARCÍA DE JALÓN, JAVIER; RODRÍGUEZ, JOSÉ IGNACIO; VIDAL, JESÚS. (2005) *Aprenda Matlab 7.0 como si estuviera en primero*. Departamento de Informática. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- GOMEZ T, FRIAS P, COSSENT R (2013). *Redes Eléctricas Inteligentes*. Fundación Gas Natural Fenosa. En Seminario de Gestión Ambiental (19/03/13). Pamplona.
- IBEAS CUBILLO, DIEGO. (2011) *Review of the history of the electric supply in Spain from the beginning up to now*. Proyecto Fin de Carrera. Madrid: Universidad Carlos III.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA – IDEA –. (2012). *El vehículo eléctrico para flotas*. Editado por IDEA. Madrid.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. (2011) *Guía del Vehículo Eléctrico para Castilla y León: Aspectos Básicos para el Desarrollo e Implementación del Vehículo Eléctrico*. Editado por Junta de Castilla y León y el Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN).
- KREVAT, LEE (2013). *San Diego Electric Vehicles Growth*. Conferencia en IEEE Transportation Electrification Initiative and Arizona State University's (ASU) LightWorks Lecture Series en Scottsdale (28/10/13), Arizona (EEUU).
- MAIA, RICARDO; SILVA, MARCO; ARAÚJO, RUI, Y NUNES, URBANO. (2011) *Electric Vehicle Simulator for Energy Consumption Studies in Electric Mobility Systems*. Conferencia en IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems. Viena (Austria).
- MAS, PEDRO; MUÑOZ, DAVID. (2012). *Reciclado de vehículos. Una oportunidad en tiempos de crisis*. En el IX Ciclo de Conferencias de la Cátedra CESVIMAP: Reciclado de vehículos: Cálculo de Impacto Medioambiental. Ávila: Universidad Católica de Ávila.
- MATEO, CARLOS. GÓMEZ, TOMÁS. SÁNCHEZ MIRALLES, ÁLVARO. CANDELA, ANTONIO. (2010) *A reference Network Model for Large Scale Distribution Planning with Automatic Street Map Generation*. Publicado en Revista IEEE Transactions on Smart Grid. Vol. 3, nº 1, págs. 517-525
- MORENO HERRERO, JESÚS (2013). *Impacto del Vehículo Eléctrico sobre las Redes de Distribución*. Proyecto Fin de Carrera. Madrid: ETSI Minas.
- MUÑOA, JON ASÍN, (2012) *Las Infraestructuras de Recarga para el Vehículo Eléctrico*. Editado en: Revista Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente; vol. (100): 98-109. Madrid.
- LECOCQ, NOE. (2012) *Voitures électriques et CO<sub>2</sub>*. Info et intox. Conferencia Inter-Environnement Wallonie. Valona (Bélgica).
- LÓPEZ-LEITÓN JA, COLLADO JV. (2011) *Beneficios e Inconvenientes de la Penetración del Vehículo Eléctrico en el Sistema Español*. Proyecto Fin de Carrera. Madrid: ICAI.
- OBSERVATOIRE REGIONAL DE L'ÉNERGIE, DU CLIMAT ET DE L'AIR DE PROVENCE, ALPES, COTE D'AZUR -RECA -. (2014) *Étude Relative à l'Impact du Véhicule Électrique et de la Production*

*Photovoltaïque sur les Réseaux de Distribution d'Électricité. Etude du cas Provence Alpes-Côte d'Azur.* Editado por Atiane Energy y HP.

- PATTERSON, J. ALEXANDER, M. & GURR, A. (2011) *Preparing for a life Cycle CO<sub>2</sub> Measure*. Editado por Ricardo, Low Carbon Vehicle Partnership. Londres (Inglaterra).
- PAYÁ, AGUSTÍN (2015), *Vehículo Eléctrico: "víctima" de una pregunta mal formulada.* (Consulta:28/10/15) Y otros artículos. En el Blog de Coches Eléctricos e Híbridos ubicado en 20 minutos.com. <http://blogs.20minutos.es/coches-electricos-hibridos/>
- PAYÁ, AGUSTÍN (2015), *La "segunda vida" de las baterías de los coches eléctricos.* (Consulta: 17/06/15). Y otros artículos. En el Blog de Coches Eléctricos e Híbridos ubicado en 20 minutos.com. <http://blogs.20minutos.es/coches-electricos-hibridos/>
- PÉREZ NAVARRO, JORGE. (2012). Análisis Técnico-Económico del Vehículo Eléctrico y las Estaciones de Recarga. En Oficina de Programas de la Unión Europea. Editado Diputación de Teruel y Move on Green. Teruel.
- PLÁ DE LA ROSA, JUAN LUIS. (2010) *El Coche Eléctrico*. Impartido en Cursos de Verano Universidad Rey Juan Carlos. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.
- ROIG ESTRADA, M. (2012) *Perspectiva Actual de la Tecnología del Coche Eléctrico. Análisis de los Cambios en los Procesos de Producción con la Llegada del Vehículo Eléctrico*. Proyecto Fin de Carrera. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- ROSSO MATEO, ÁNGEL (2010). *Evaluación del Impacto de los Vehículos Eléctricos en las Redes de Distribución*. Proyecto Fin de Carrera. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas-ETSI ICAI 2010; 32:35.
- TRIGO MARTÍNEZ, IGNACIO. (2013). *Análisis de Costes y Beneficios de la Implantación del Vehículo Eléctrico*. Proyecto Fin de Carrera. Madrid: ICAI.
- TÜRKER HARUN.(2012) *Véhicules Electriques Hybrides Rechargeables : Évaluation des Impacts sur le Réseau Électrique et Stratégies Optimales de Recharge*. Tesis para la Obtención del grado de Doctor. (Docteur de l'Université de Grenoble). Grenoble (Francia)
- W. TESSUM, CHRISTOPHER, D. HILL, JASON, Y D. MARSHALL, JULIAN (2014) *Life cycle air quality impacts of conventional and alternative light-duty transportation in the United States*. Publicado en Revista PNAS – Proceeding of the National Academy of Sciences. Vol. 111, pág. 18490-18495.
- YOUNES, ZOULFICAR; BOUDET, LAURENCE; SUARD, FRÉDÉRIC; GÉRARD, MATHIAS; RIOUX, ROLAND; (2013) *Analysis of the Main Factors Influencing the Energy Consumption of Electric Vehicles*. Conferencia Internacional Electric Machines & Drives (15/05/13). Chicago (EEUU).

## 7.2 Enlaces Digitales.

- ANFAC, Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones
  - [www.anfac.com](http://www.anfac.com) (Consulta:15/01/15 ; 15/01/16)
- Asociación Española de Industria Eléctrica.
  - [www.unesa.es](http://www.unesa.es). (Consulta:01/10/15)
- ANIACAM, Asociación Nacional de Importadores de Automóviles, Camiones, Autobuses y Motocicletas

- [www.aniacam.com](http://www.aniacam.com). (Consulta:10/01/15)
- Autofácil
  - [www.autofacil.es/tecnica/](http://www.autofacil.es/tecnica/) (Consulta:17/03/15)
- Comisión Nacional de Energía. Grupos de Trabajo sobre Smart Grids.- CNE-
  - [www.cne.es](http://www.cne.es) (Consulta:23/08/15)
- Contrôle, Régulation, Mesure, Automatismes – Corema-.
  - [www.corema.fr](http://www.corema.fr). (Consulta:08/03/15)
- Ecologistas en Acción
  - [www.ecologistasenaccion.es](http://www.ecologistasenaccion.es). (Consulta:28/10/14)
- Endesa
  - [www.endesavehiculoelctrico.com](http://www.endesavehiculoelctrico.com). (Consulta:26/05/14)
- Energía y Sociedad
  - [www.energíaysociedad.es](http://www.energíaysociedad.es). (Consulta:20/10/14)
- Energy news
  - [www.energynews.es/category/movilidad-electrica/](http://www.energynews.es/category/movilidad-electrica/) (Consulta:17/11/15)
- Fundación Mapfre
  - [www.fundaciónmapfre.es](http://www.fundaciónmapfre.es) (Consulta:05/04/15)
- Hardingenergy
  - [www.hardingenergy.com](http://www.hardingenergy.com) (Consulta:28/11/14)
- Híbridos y Eléctricos.
  - [www.hibridosyelectricos.com](http://www.hibridosyelectricos.com). (Consulta:15/07/15-01/02/16)
- IBIL, Red Pública de Recarga.
  - [www.ibil.es](http://www.ibil.es) (Consulta: 12/10/14).
- IDEA, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
  - [www.idae.es](http://www.idae.es) (Consulta:28/09/14)
- Invertia
  - [www.invertia.com](http://www.invertia.com). (Consulta:30/10/15)
- MOVELE, Proyecto de Movilidad Eléctrica
  - [www.movele.es](http://www.movele.es) (Consulta:28/09/14)
- Metricmind. Supplier of power electronic
  - [www.metricmind.com](http://www.metricmind.com). (Consulta:28/10/15)
- Movilidad Eléctrica.
  - [www.movilidadelctrica.com](http://www.movilidadelctrica.com). (Consulta:15/07/15-01/02/16)
- Operador de Mercado y el Operador del Sistema del Polo Español.
  - [www.omie.es](http://www.omie.es). (Consulta:21/02/15)
- Revista Ambienta
  - [www.revistaambienta.com](http://www.revistaambienta.com) (Consulta:01/03/15)

- Revista Cevimap
  - [www.revistacesvimap.com](http://www.revistacesvimap.com) (Consulta:05/05/15)
- Tecnia.
  - [www.tecnialia.com](http://www.tecnialia.com). (Consulta:15/10/15)
- Voiture Electrique Populaire
  - [www.voiture-electrique-populaire.fr](http://www.voiture-electrique-populaire.fr). (Consulta:15/07/15-01/02/16)



## **ANÁLISIS DEL IMPACTO SOBRE LA CURVA DE DEMANDA. DIFERENTES ESCENARIOS DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.**

### **DOCUMENTO 3: ANEXOS.**





## **ANEXO A: SITUACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO E HÍBRIDO ENCHUFABLE.**



## A.1: Introducción

En este apartado se expondrá la situación actual, así como las perspectivas, en la que se encuentra el vehículo eléctrico y el vehículo híbrido enchufable dentro del mercado nacional. Vehículo híbrido enchufable ya que el híbrido normal no afectaría al suministro de energía eléctrica.

En función de su incidencia e inclusión en el mercado, estará supeditado su impacto en el sistema eléctrico.

## A.2: Vehículos Eléctricos e Híbridos Enchufables en el Mercado Nacional.

A continuación se muestran los principales vehículos eléctricos e híbridos enchufables disponibles en el mercado nacional. El abanico de modelos a elegir no es muy elevado, pero las perspectivas en los próximos años son muy esperanzadoras. Todos los datos e ilustraciones – representaciones de dichos modelos – son facilitados por el enlace digital oficial del estado, MOVELE.:

**Marca:** Audi.

**Modelo:** A3 Sportback e-tron.

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 48

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 33.263



Ilustración 47: Audi A3 e-tron. Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	150/204
Autonomía Rango Extendido:	940
Ciclos de carga y descarga:	No disponible
Consumo (Wh/km):	11

#### Batería:

Tecnología:	Li-Ión.
Capacidad (Ah/Kwh):	8,8
Voltaje (V):	345.
Garantía de batería (años):	8

### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)		Tiempo de recarga (h)	
Monofásico	De serie	2.30	3.45	100% batería
	Opcional	3.60	2.15	100% batería
Trifásico	Opcional	0.00	2.00	80% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Mennekes

Opcional	Mennekes	Mennekes
----------	----------	----------

Otra información que puede ser de interés para el usuario:

- La energía eléctrica se almacena en una batería de 8,8 kWh de capacidad con sistema de ventilación, de los que se utilizan aproximadamente el 80% - 7 kWh -.
- El principal modo de recarga de la batería es mediante un cargador que viene en el coche que se conecta en la red. En la toma doméstica en Alemania, 220 V y 12 A, tarda 3:45 horas y 2:30 h en una toma de 220 V y 16 A.
- El sistema con conector trifásico no suele ser muy útil en España. Opcionalmente se ofrece la posibilidad de adquirir un armario que será instalado en la pared del garaje, en el que se puede introducir el cable y cerrarlo con llave, de forma que hace las funciones de *wallbox*<sup>30</sup> y nos evita sacarlo del maletero cada vez que sea necesario realizar una recarga.
- Dispone en opción un cable para la recarga tipo 3, con conector Mennekes a ambos lados.
- La marca alemana Audi ha llegado un acuerdo con la empresa IBIL para el suministro de energía eléctrica.

**Marca:** BMW i

**Modelo:** i3

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 190

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 28.979



Ilustración 48: BMW i3. Fuente: MOVELE

#### Datos Técnicos:

##### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	125/170
Autonomía Rango Extendido:	No aplica
Ciclos de carga y descarga:	2.000
Consumo (Wh/km):	129

##### Batería:

Tecnología:	Li-Ión.
Capacidad (Ah/Kwh):	21,6 KW/h
Voltaje (V):	360
Garantía de batería (años):	8

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
---------------	---------------	-----------------------

<sup>30</sup> Wallbox o también denominado Sistema de Alimentación de Vehículo Eléctrico (SAVE), conjunto de equipos instalados con la finalidad de suministrar la energía eléctrica para la carga de un VE, incluyendo protecciones del punto de carga, el cable de conexión – conductores de fase, neutro y protección – y la base de toma de corriente o el conector. Este sistema permitirá la comunicación entre el VE y la instalación fija.

<b>Monofásico</b>	De serie	3.70	6.00	100% batería
	Opcional	7.40	3.50	100% batería
<b>Trifásica</b>	Opcional	7.40	2.50	80% batería
<b>Continua</b>	Opcional	50.00	0.45	80% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	Schuko	Mennekes
<b>Opcional 1</b>	Mennekes	Mennekes

Otra información que puede ser de interés para el usuario:

- Si se quiere cargar en menos de 8 horas se suele recurrir a la extra de carga rápida en AC, hasta 7,36 KW (230 V y 32 A), que carga en 3,5 horas.
- La carga rápida en CC sale por 600,18 €, permite hasta 50 kW, es decir, carga completa (11,5% a 97%) en sólo 45 minutos.

En la ilustración 49 se muestra tanto el cable como el Wallbox que ofrece la marca bávara BMW a la hora de adquirir uno de sus vehículos eléctricos.



Ilustración 49: BMW Wallbox y cable de BMW. Fuente: BMW

**Marca:** BMW i

**Modelo:** i3 REX

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico de Autonomía Ampliada (REEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 170

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 32.690



Ilustración 50: BMW i3 REX. Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	125/170
Autonomía Rango Extendido:	150
Ciclos de carga y descarga:	2.000
Consumo (Wh/km):	115

#### Batería:

Tecnología:	Li-Ión.
Capacidad (Ah/Kwh):	21,6 KW/h
Voltaje (V):	360
Garantía de batería (años):	8

### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
<b>Monofásico</b>	De serie 3.70	6.00 100% batería
	Opcional 7.40	3.00 100% batería
<b>Trifásica</b>	Opcional 7.40	2.50 80% batería
<b>Continua</b>	Opcional 50.00	0.40 80% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	Schuko	Mennekes
<b>Opcional 1</b>	Mennekes	Mennekes

**Marca:** BMW i

**Modelo:** i8

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 37

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 107.355



Ilustración 51: BMW i8. Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	96/131
Autonomía Rango Extendido:	No aplica
Ciclos de carga y descarga:	No disponible
Consumo (Wh/km):	119

#### Batería:

Tecnología:	Li-Ión.
Capacidad (Ah/Kwh):	7.1 KW/h
Voltaje (V):	355
Garantía de batería (años):	8

### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
<b>Monofásico</b>	De serie 3.70	6.00 100% batería

	Opcional	3.70	2.50	100% batería
--	----------	------	------	--------------

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Mennekes
Opcional 1	Mennekes	Mennekes

Otra información que puede ser de interés para el usuario:

- La capacidad de carga de la batería es 5.2 kW/h neta y 7.1 kW/h bruta.

**Marca:** Chevrolet

**Modelo:** Volt

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico de Autonomía Ampliada (REEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 83

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 44.525



Ilustración 52: Chevrolet Volt. Fuente: MOVELE

#### Datos Técnicos:

##### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV): 111/151

Autonomía Rango Extendido: 583

Ciclos de carga y descarga: No disponible

Consumo (Wh/km): 130

##### Batería:

Tecnología: Li-Ión.

Capacidad (Ah/Kwh): 45 KW/h

Voltaje (V): 370

Garantía de batería (años): No disponible

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
Monofásico	De serie 3.60	4.00 100% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Yazaki

Otra información que puede ser de interés para el usuario:

- Este modelo es gemelo del Opel Ampera y del Cadillac ELR, es decir, compartes todos los elementos excepto algún detalle estilístico. Las semejanzas y diferencias se puedes vislumbrar en la ilustración 53.





Ilustración 53: Cadillac ELR (arriba). Opel Ampera (abajo). Fuente: GM

- Las baterías son climatizadas y no ventiladas, de este modo se pueden refrigerar y calentar cuando sean necesarias.
- En el Salón de Detroit'15 se presentó la nueva versión eléctrica del Chevrolet Volt y un nuevo modelo para un segmento inferior, Chevrolet Bolt. Tanto un modelo como otro se pueden observar en las ilustraciones 54 y 55. Todavía no se comercializan.



Ilustración 54: Chevrolet Volt '2016. Fuente:GM



Ilustración 55: Chevrolet Bolt '2016. Fuente: GM

**Marca:** Citroën

**Modelo:** C-Zero Airdream Seduction

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 150

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 25.247



Ilustración 56: Citroën C-Zero. Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	49/67
Autonomía Rango Extendido:	No aplica
Ciclos de carga y descarga:	1.500
Consumo (Wh/km):	130

#### Batería:

Tecnología:	Li-Ión.
Capacidad (Ah/Kwh):	16 KWh
Voltaje (V):	84
Garantía de batería (años):	No disponible

### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)		Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie	17.6	11.00	100% batería
	Opcional	30.8	6.00	100% batería
<b>Trifásico</b>	Opcional	(330 V)	0.50	80% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Yazaki



Ilustración 57: Peugeot ION. Fuente: MOVELE



Ilustración 58: MITSUBISHI I-MIEV. Fuente: MOVELE

Otra información que puede ser de interés para el usuario:

- Este modelo es gemelo de los siguientes vehículos, representados en la ilustración 57 y 58:
  - MITSUBISHI i-MiEV.
  - Peugeot ION.

**Marca:** KIA

**Modelo:** SOUL Eléctrico

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 212

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 35.790



Ilustración 59: KIA SOUL Eléctrico. Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV): 81/110  
Autonomía Rango Extendido: No aplica  
Ciclos de carga y descarga: 1.500  
Consumo (Wh/km): 147

#### Batería:

Tecnología: Li-Ión.  
Capacidad (Ah/Kwh): 75/27 KW/h  
Voltaje (V): 360  
Garantía de batería (años): 7

### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)		
Monofásico	De serie	2.4	11.00	100% batería
	Opcional	6.6	3.00	100% batería
Continúa	Opcional	50 (440V)	0.50	80% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Yazaki
Opcional	Mennekes	Yazaki
Opcional	Schuko	CHAdeMO

Otra **información** que puede ser **de interés** para el usuario:

- Elegido Coche del año 2015 en Noruega.

**Marca:** Mercedes-Benz

**Modelo:** S 500 PLUG-IN HYBRID

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 33

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 112.200



**Ilustración 60:** MB S 500 Plug-in Hybrid.

**Fuente:** MOVELE

**Datos Técnicos:**

**Motor y prestaciones.**

**Potencia máxima (KW/CV):** 330/415  
**Autonomía Rango Extendido:** No aplica  
**Ciclos de carga y descarga:** 2.000  
**Consumo (Wh/km):** 135

**Batería:**

**Tecnología:** Li-Ión.  
**Capacidad (Ah/Kwh):** 22 Ah/8.7 Kwh  
**Voltaje (V):** 360  
**Garantía de batería (años):** 6

**Información de recarga:**

Tipo de carga	Potencia (kW)		Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie	3.00	4.00	100% batería
	Opcional	3.60	3.00	100% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	Schuko	Mennekes
<b>Opcional1</b>	Mennekes	Mennekes

**Marca:** MITSUBISHI

**Modelo:** OUTLANDER

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 52

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 47.000



**Ilustración 61:** MITSUBISHI OUTLANDER PHEV.

**Fuente:** MOVELE

**Datos Técnicos:**

**Motor y prestaciones.**

**Potencia máxima (KW/CV):** 149/203

**Batería:**

**Tecnología:** Li-Ión.

Autonomía Rango Extendido:	No aplica	Capacidad (Ah/Kwh):	12 kWh
Ciclos de carga y descarga:	2.000	Voltaje (V):	300
Consumo (Wh/km):	135	Garantía de batería (años):	5

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
<b>Monofásico</b>	De serie (200-240V 15A AC)	4.00 100% batería
	Opcional (230 V 10A AC)	6.00 100% batería
<b>Continua</b>	Opcional 50 (100 A)	0.50 80% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	Mennekes	Yazaki
<b>Opcional</b>	Schuko	Yazaki
<b>Opcional</b>	Schuko	CHAdEMO

**Marca:** NISSAN

Modelo: e-NV200 EVALIA

Categoría: Furgón/Furgoneta (M1).

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

Autonomía en modo Eléctrico (km): 170

PVP recomendado antes de impuestos (€): 25.523



Ilustración 62: NISSAN e-NV200 EVALIA.  
Fuente: MOVELE

#### Datos Técnicos:

##### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	80/109
Autonomía Rango Extendido:	No aplica
Ciclos de carga y descarga:	2.000
Consumo (Wh/km):	17

##### Batería:

Tecnología:	Li-Ión.
Capacidad (Ah/Kwh):	24
Voltaje (V):	360
Garantía de batería (años):	5

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
<b>Monofásico</b>	De serie 2.30 (10 A)	12.00 100% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	Schuko	Yazaki
<b>Opcional</b>	Schuko	CHAdEMO



Otra información que puede ser de interés para el usuario:

- Existe una versión comercial COMBI.
- Recarga NISSAN e-NV200:

Recarga NISSAN e-NV200			
Cargador	Potencia (kW)	Amperios	horas
EVSE suministrado	2,3	10	12
WallBox 16 A	3,6	16	8
WallBox 32 A	6,6	32	4
CHAdeMO	50	100	0.7

**Marca:** PORSCHE

**Modelo:** Cayenne S E-Hybrid

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 36

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 70.396



Ilustración 63: PORSCHE Cayenne S E-Hybrid.  
Fuente: MOVELE

#### Datos Técnicos:

##### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	315/428
Autonomía Rango Extendido:	No aplica
Ciclos de carga y descarga:	No Disponible
Consumo (Wh/km):	208
Capacidad (Ah/Kwh):	Energética: 10,8 kWh. Nominal: 28 Ah.

##### Batería:

Tecnología:	Li-Ión.
Voltaje (V):	382
Garantía de batería (años):	6

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
Monofásico	De serie 3.6	2.70 100% batería
	Opcional 7.2	1.30 100% batería.

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Yazaki

**Marca:** PORSCHE

**Modelo:** Panamera S E-Hybrid

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 36

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 89.032



Ilustración 64: PORSCHE Panamera S E-Hybrid.

Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV): 306/416  
Autonomía Rango Extendido: No aplica  
Ciclos de carga y descarga: No Disponible  
Consumo (Wh/km): 17  
Capacidad (Ah/Kwh): Energética: 9.400 Wh.  
Nominal: 24,5 Ah.

#### Batería:

Tecnología: Li-Ión.  
Voltaje (V): 384  
Garantía de batería (años): 6

### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
Monofásico	De serie 2.30	4.00 100% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Yazaki

**Marca:** RENAULT

**Modelo:** ZOE

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 195

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 17.561



Ilustración 65: RENAULT ZOE. Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV): 65/88

#### Batería:

Tecnología: Li-Ión.

Autonomía Rango Extendido:	No Aplica	Capacidad (Ah/Kwh):	55Ah/ 22 kWh
Ciclos de carga y descarga:	No Disponible	Voltaje (V):	400
Consumo (Wh/km):	163	Garantía de batería (años):	No disponible

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)		Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie	3 kW (16 A)	9.00	100% batería
<b>Trifásica</b>	De serie	43 kW (63 A)	0.50	80% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	Mennekes	Mennekes
<b>Opcional 1</b>	Mennekes	Mennekes

**Marca:** SMART

**Modelo:** Fortwo Electric Drive

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 145

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 19.972



Ilustración 66: SMART Fortwo Electric Drive.  
Fuente: MOVELE

#### Datos Técnicos:

##### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	55/75
Autonomía Rango Extendido:	No Aplica
Ciclos de carga y descarga:	No Disponible
Consumo (Wh/km):	151

##### Batería:

Tecnología:	Li-Ión.
Capacidad (Ah/Kwh):	No Disponible
Voltaje (V):	No Disponible
Garantía de batería (años):	10

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)		Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie	3.00	7.00	100% batería
	Opcional (Wallbox)	3.00	6.00	100% batería
<b>Trifásica</b>	Opcional	22.00	1.00	80% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	Schuko	Yazaki



**Marca:** TAZZARI EV

**Modelo:** EM1 CITYSPORT

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 170

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 22.800



Ilustración 67: TAZZARI EV EM1 CITYSPORT.  
Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV): 15/20  
Autonomía Rango Extendido: No aplica  
Ciclos de carga y descarga: 2.000  
Consumo (Wh/km): No disponible

#### Batería:

Tecnología: Li-Ión.  
Capacidad (Ah/Kwh): 200Ah  
Voltaje (V): 80 V  
Garantía de batería (años): 2

### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
Monofásico	De serie 1.00	8.00 100% batería
	Opcional 2.00	5.00 100% batería
Trifásico	Opcional 30.00	1.00 80% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Yazaki

Otra información que puede ser de interés para el usuario:

### SISTEMAS DE RECARGA:

- Standard 230 V**, incluido a bordo:
  - Toma de recarga a bordo tipo industrial CEE 16 A 230 V.
  - Cable de recarga – 3 m – para conexión a la red, clavija industrial 2P + T 16 A.
  - Cargador estándar a bordo 230 monofásico; 1700 W máx. – 8,5 A a 230 V -.
  - 100 % en 8 horas – Lithium 150 K - 10 horas – Lithium 200 K -.
- MultiFast 230 V**, opcional, a bordo:
  - Cargador monofásico, 3 velocidades; 2700 W – 13 A a 230 V -.
  - Modo Slow = 100 % en 14 horas – Lithium 150 K / 17.5 horas – Lithium 200 K -.
  - Modo Fast= 100 % en 9 horas – Lithium, 150 K /11 horas – Lithium 200 K -.

- Modo Very Fast = 100 % en 5 horas – Lithium 150 K/ 6,5 horas – Lithium 200 K -.
3. **SuperFast Portable 400 V**, opcional, a bordo en el maletero delantero:
- Cargador Trifásico + kit predisposición toma 32 A.
  - 80 % en 2 horas – Lithium 150 K /2,5 horas – Lithium 200 K -.
4. **SuperFast 400 V**, opcional, externo al vehículo.
- Cargador trifásico externo (+ kit a bordo), para toma trifásica de 32 A.
  - 80 % en 50 minutos – Lithium 150K /1 hora – Lithium 200 K -.
  - 30 kW potencia máxima.

Los cargadores de baterías de 400 V se proporcionan además de los cargadores Standard 230 V o MultiFast 230 V, por lo que el vehículo se puede recargar con cualquiera de los dos tipos de alimentación.

Una vez que la recarga alcanza el 100%, arranca al ciclo automático ecualización, con una duración que varía en función del estado puntual de ecualización de las baterías.

**Marca:** Volkswagen

Modelo: e-Golf

Categoría: Turismo (M1).

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

Autonomía en modo Eléctrico (km): 190

PVP recomendado antes de impuestos (€): 29.168



Ilustración 68: Volkswagen e-Golf. Fuente: MOVELE

#### Datos Técnicos:

##### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	85/116
Autonomía Rango Extendido:	No aplica
Ciclos de carga y descarga:	No Disponible
Consumo (Wh/km):	127

##### Batería:

Tecnología:	Li-Ión.
Capacidad (Ah/Kwh):	24.2
Voltaje (V):	326
Garantía de batería (años):	8

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)		Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie	2.30	13.00	100% batería
	Opcional	3.60	8.00	100% batería
<b>Continua</b>	De serie	40.00	0.50	80% batería.

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Mennekes
De serie 2	Mennekes	Mennekes

**Marca:** Volkswagen

**Modelo:** e-up!

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 160

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 22.069



**Ilustración 69: Volkswagen e-up!. Fuente: MOVELE**

**Datos Técnicos:**

**Motor y prestaciones.**

Potencia máxima (KW/CV): 60/82  
 Autonomía Rango Extendido: No aplica  
 Ciclos de carga y descarga: No disponible.  
 Consumo (Wh/km): 117

**Batería:**

Tecnología: Li-Ión.  
 Capacidad (Ah/Kwh): 18.7  
 Voltaje (V): 374  
 Garantía de batería (años): 8

**Información de recarga:**

Tipo de carga	Potencia (kW)		Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie	2.30	9.00	100% batería
	Opcional	3.60	6.00	100% batería.
<b>Continua</b>	De serie	40.00	0.50	80% batería.

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Mennekes
De serie 2	Mennekes	Mennekes

**Marca:** VOLVO

**Modelo:** V60 Plug in Hybrid

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 50

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 50.607



**Ilustración 70: VOLVO V60 Plug in Hybrid. Fuente: MOVELE**

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV): 50/68  
Autonomía Rango Extendido: No aplica  
Ciclos de carga y descarga: 2.000  
Consumo (Wh/km): 133

#### Batería:

Tecnología: Li-Ión.  
Capacidad (Ah/Kwh): 2.5Ah 11.2 kW/h  
Voltaje (V): 375  
Garantía de batería (años): 5

### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)		Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie	( 6 A)	7.50	100% batería
	Opcional	( 10 A)	4.50	100% batería
	Opcional	( 16 A)	3.50	100% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	Schuko	Yazaki

**Marca:** BYD

**Modelo:** e6

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 300

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 45.368



**Ilustración 71: BYD e6. Fuente: MOVELE**

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

#### Batería:

Potencia máxima (KW/CV):	90/122	Tecnología:	Fe Battery.
Autonomía Rango Extendido:	No aplica	Capacidad (Ah/Kwh):	220 Ah 64 kwh
Ciclos de carga y descarga:	4.000	Voltaje (V):	312 v
Consumo (Wh/km):	205	Garantía de batería (años):	5

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie 2.00	5.00	100% batería
<b>Trifásica</b>	De serie 30.00	1.60	80% batería.

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	Schuko	Yazaki

Otra información que puede ser de interés para el usuario:

- Solamente se vende para el uso de TAXI.

**Marca:** NISSAN

Modelo: LEAF

Categoría: Turismo (M1).

Tipo: Vehículo Eléctrico (BEV)

Autonomía en modo Eléctrico (km): 199

PVP recomendado antes de impuestos (€): 24.000



Ilustración 72: NISSAN LEAF. Fuente: MOVELE

#### Datos Técnicos:

##### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	80/109
Autonomía Rango Extendido:	No aplica
Ciclos de carga y descarga:	No disponible.
Consumo (Wh/km):	150

##### Batería:

Tecnología:	Laminada Iones de Litio.
Capacidad (Ah/Kwh):	66
Voltaje (V):	360
Garantía de batería (años):	5

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie 3.60	8.00	100% batería
	Opcional 6.60	4.00	100% batería.
<b>Continua</b>	De serie 50.00	0.30	80% batería.

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Yazaki
Opcional 1	Mennekes	CHAdemo.

Es el VE más vendido de España por tercer año consecutivo, 2012, 2013 y 2014.

**Marca:** RENAULT

**Modelo:** FLUENCE Z.E.

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 185

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 22.416



Ilustración 73: RENAULT FLUENCE Z.E. Fuente: MOVELE

#### Datos Técnicos:

##### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV):	70/95
Autonomía Rango Extendido:	No aplica
Ciclos de carga y descarga:	No Disponible
Consumo (Wh/km):	141

##### Batería:

Tecnología:	No Disponible
Capacidad (Ah/Kwh):	65
Voltaje (V):	360
Garantía de batería (años):	No disponible

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
Monofásico	De serie 0.00	0.00 100% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Yazaki
Opcional 1	Mennekes	Yazaki

**Marca:** RENAULT

**Modelo:** ZOE

**Categoría:** Furgón/Furgoneta (M1).

**Tipo:** Vehículo Eléctrico (BEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 210

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 17.561



Ilustración 74: RENAULT ZOE. Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

Potencia máxima (KW/CV): 65/88  
Autonomía Rango Extendido: No aplica  
Ciclos de carga y descarga: No disponible  
Consumo (Wh/km): 146

#### Batería:

Tecnología: Li-Ión.  
Capacidad (Ah/Kwh): 22  
Voltaje (V): 400  
Garantía de batería (años): No disponible

### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)
Monofásico	De serie 0.00	16.00 100% batería
Trifásica	De serie 0.00	4.00 80% batería.

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
De serie 1	Schuko	Yazaki
Opcional 1	Mennekes	Yazaki

Solamente se vende con batería en alquiler, motivo por lo cual se cree que a pesar de ser el segundo VE en ventas, se ve mermado su éxito comercial.

**Marca:** TOYOTA

**Modelo:** PRIUS PLUG-IN HYBRID

**Categoría:** Turismo (M1).

**Tipo:** Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV)

**Autonomía en modo Eléctrico (km):** 25

**PVP recomendado antes de impuestos (€):** 35.550



Ilustración 75: TOYOTA PRIUS Plug-in Hybrid. Fuente: MOVELE

### Datos Técnicos:

#### Motor y prestaciones.

#### Batería:

Potencia máxima (KW/CV):	136/185	Tecnología:	Li-Ión.
Autonomía Rango Extendido:	No aplica	Capacidad (Ah/Kwh):	5,2
Ciclos de carga y descarga:	No disponible.	Voltaje (V):	345.6
Consumo (Wh/km):	62	Garantía de batería (años):	5

#### Información de recarga:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (h)	
<b>Monofásico</b>	De serie	3.6 ( 230 V 16 A)	1.50 100% batería
	Opcional	3.6 ( 230 V 16 A)	2.50 100% batería

Cable facilitado	Conector al punto de recarga	Conector al vehículo
<b>De serie 1</b>	No Disponible	No disponible



### A.3: Ventas de Vehículos Eléctricos e Híbridos Enchufables.

Aunque han aumentado mucho las cifras de ventas de ambos tipos de vehículos todavía están muy lejos de considerarse cifras importantes.

Lejos quedan los 377 vehículos eléctricos que se vendieron en el 2011 en España – cuota de mercado del 0,05% -, pero los 1.968 del 2014 – sumando furgonetas eléctricas, cuadríciclo eléctricos e híbridos enchufables -, quedan muy lejos de las 855.308 unidades totales que se matricularon.

En la ilustración 76 queda revelada la tendencia de las ventas de los coches eléctricos desde el año 2011 hasta el último año completo a fecha de hoy <sup>31</sup>.

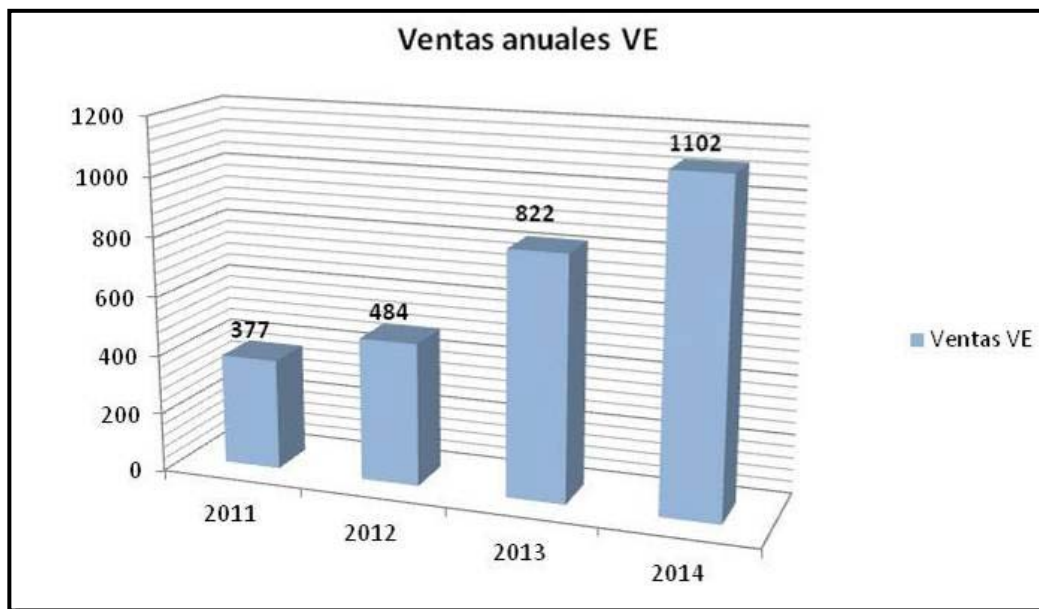


Ilustración 76: Evolución de Ventas Anuales de VE en España. Fuente: ANFAC

Uno de los posibles hándicaps es el precio de adquisición, que sigue siendo sumamente elevado, y sin las ayudas y promociones gubernamentales como las de los propios concesionarios el número de ventas descenderían drásticamente.

En un desglose más detallado, en la ilustración 77, se muestran la proporción de los principales vehículos enchufables vendidos a lo largo del 2014.



Ilustración 77: Ventas 2014 Coches Eléctricos e Híbridos Enchufables. Fuente: ANFAC

<sup>31</sup> Pese que no ha terminado en la fecha de la elaboración de estas líneas el año 2015, debido a la mejora económica y a la aplicación de restricciones en la circulación de las grandes ciudades, las ventas en 2015 han aumentado.

A continuación, en la tabla 8, el ranking de ventas de los principales modelos de vehículos eléctricos. Fuente ANFAC.

**Tabla 8: Ranking eléctricos 2014. Fuente: ANFAC**

Ranking Eléctricos 2014					
1.	NISSAN Leaf	465	9.	BYD e6	15
2.	RENAULT ZOE	289	10.	TESLA Model S	15
3.	BMW i3	204	11.	CITRÖEN Berlingo EV	15
4.	NISSAN e-NV200	184	12.	VW e-UP!	14
5.	RENAULT Kangoo Z.E.	164	13.	MITSUBISHI i-MiEV	13
6.	SMART ForTwo ED	35	14.	PEUGEOT Partner EV	11
7.	RENAULT Fluence Z.E.	19	15.	CITRÖEN C-Zero	2
8.	VW e-Golf	16	16.	KIA Soul EV	2

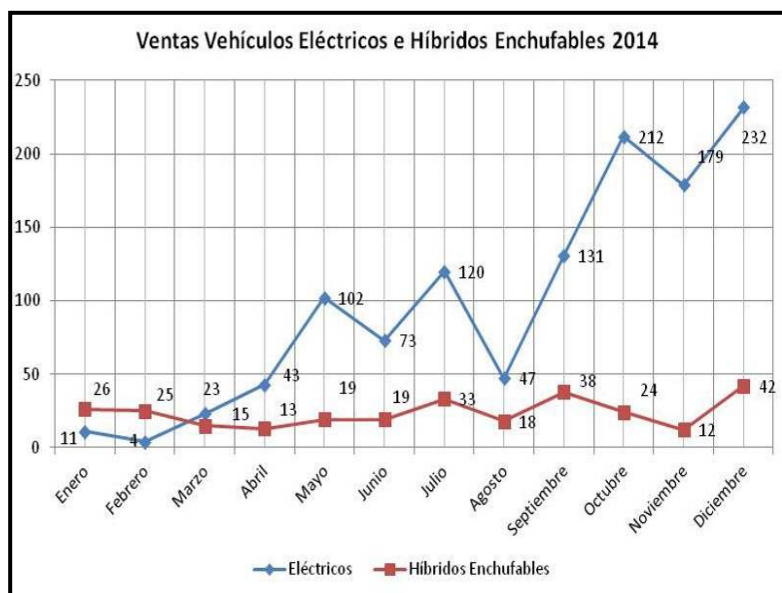
Téngase en cuenta, que el número de ventas del vehículo más vendido en España, el Renault Megane, es por ejemplo de 29.036 vehículos.

Y el ranking de ventas de los principales modelos híbridos enchufables PHEV, tabla 9. El acumulado durante todo el año es de 290 unidades, frente a las 12.079 unidades por ejemplo de híbridos convencionales.

**Tabla 9: Ranking híbridos enchufables 2014. Fuente: ANFAC**

Ranking Híbridos Enchufables 2014					
1.	MITSUBISHI OUTLANDER PHEV	209	4.	PORSCHE PANAMERA	18
2.	VOLVO V60 PLUG-IN	28	5.	TOYOTA PRIUS PLUG-IN	15
3.	BMW i8	22			

En la evolución de las matriculaciones a lo largo del año 2014, tanto modelos eléctricos como híbridos, destacamos el tardío repunte que experimentan los coches eléctricos, debido a la tardanza de las primas gubernamentales y del comienzo de la ligera mejora económica, ilustración 78.



**Ilustración 78: Evolución mensual de las ventas de Vehículos Eléctricos e Híbridos Enchufables 2014. Fuente: Propia**

Es de destacar en esta gráfica que las ventas de los VE y PHEV fueron fuertemente activada por la aprobación del Plan MOVELE en Junio del 2014. Con anterioridad a dicho Plan las ventas fueron irrisorias. Así pues, para Luis Valero, responsable de Vehículo Eléctrico de Renault Iberia, marca líder del sector de turismos eléctricos: “Los VE es un nicho de mercado que sin incentivos se cae”.

### A.3.1: Europa.

La situación en el mercado europeo es muy dispar. Destacan los mercados franceses y noruegos. En el país vecino se han matriculado un total de 10.560 coches eléctricos, es decir un 20 % más que el año 2013. A pesar de ello solamente significa una cuota del mercado del 0,59%.

Sin embargo, **Noruega**, es la referencia europea en el ámbito de la concienciación eléctrica. Durante el año 2014, las ventas se duplicaron con respecto el año anterior, unas 20.000 unidades, lo que supone una cuota del mercado del 12,7%.

Durante los primeros 6 meses del año 2014, las ventas de coches eléctricos, en el acumulado de todos los países miembros de la UE, ha aumentado un 91% con respecto al mismo intervalo del año 2013.

La expectativa de ventas de este tipo de vehículos está actualmente pasando un momento de incertidumbre, debido principalmente a la bajada tan drástica que ha experimentado el precio del barril de petróleo, reduciéndose casi un 50%.

Del mismo modo las ventas europeas, como queda reflejado en la ilustración 79, son muy parejas con respecto al ranking nacional de modelos más vendidos.

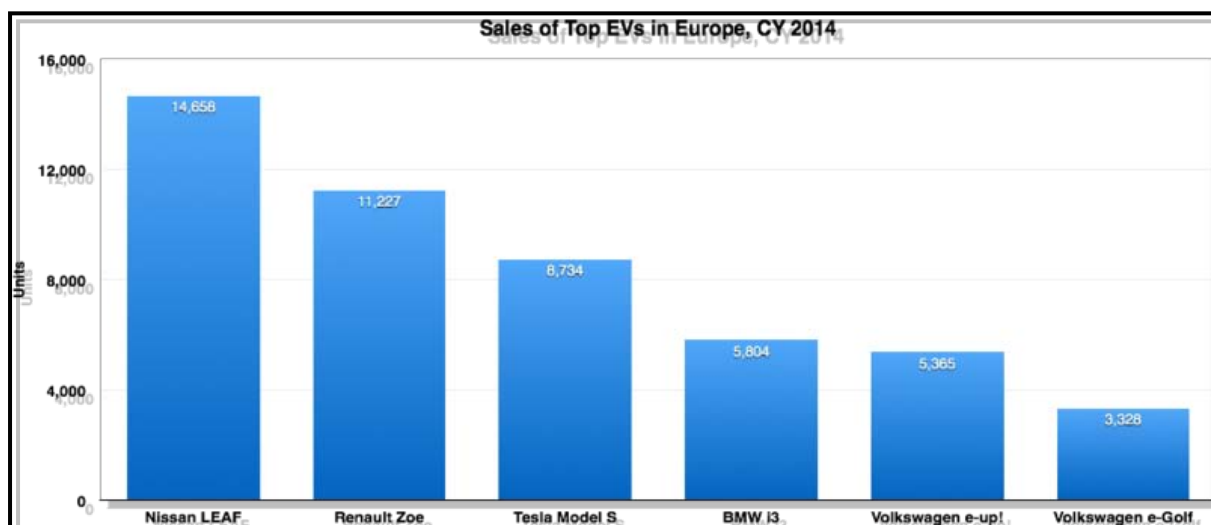


Ilustración 79: Evolución ventas europeas turismos eléctricos. Fuente: ACEA

Destaca la fuerte incidencia en el mercado del Tesla Model S, y más sabiendo que es un coche de más de 100.000 €. A lo largo del año 2015-2016, la marca americana va poner en venta dos modelos más, y con un precio más asequible, Model X y Model 3, con lo que su contribución en el panorama europeo puede aumentar el 15% del mercado eléctrico que actualmente ostenta.

Con los datos parciales del año 2015 disponibles en este momento, las ventas de coches eléctricos puros han aumentado un 53% e híbridos un 22,6% en las fronteras europeas.

### A.3.2: Mercado Mundial.

Tomando referencia el último año natural completo a la hora de redactar estas líneas, año 2014, el parque actual mundial de coches eléctricos era de 740.000 vehículos<sup>32</sup>.

<sup>32</sup> A lo largo del año 2015, ya se ha superado la cifra de 1.000.000 de unidades, lo más sorprendente es que se ha producido en tan sólo 5 años.

En ese año, en **Estados Unidos**, se han vendido 290.000, lo que supone un crecimiento del 69% con respecto al año anterior.

En el **mercado chino**, las ventas son inferiores, con unas 54.000 nuevas matriculaciones, pero lo importante es que supone un aumento del 120 %. A lo largo del año 2015, China está apostando fuertemente por este nicho, sobre todo en la renovación de sus actuales autobuses térmicos por autobuses eléctricos - lo mismo está haciendo el Reino Unido, con el objetivo de tener un parque de autobuses libre de emisiones en el 2020 -.

Lejos de estos niveles de crecimiento, y con valores cercanos al 45%<sup>33</sup>, se encuentra el parque nipón.

Pese a ello, los verdaderos líderes si tenemos en cuenta el número de ventas de coches eléctricos por habitante, son Islandia, Noruega y Holanda.

Según el enlace digital, "Evoession", el balance hasta el año 2015<sup>34</sup>, sería el mostrado en las ilustraciones 80 y 84.

Como aspecto anecdótico, ninguno de los líderes en ventas del mercado chino se vende en el mercado nacional - ilustración 83, 82 y 81- , pero guardan cierta semejanza con modelos tales como el Smart ForTwo, Daewoo Matiz o el Hyundai Elantra, algo muy habitual en el país oriental. Su importación está de la mano de la empresa Bergé. Sin embargo, las motocicletas y ciclomotores sí que se venden y su éxito ha sido elevado.

---

<sup>33</sup> Los datos anteriores han sido facilitados por un análisis realizado por el centro de investigación de origen alemán, Centre for Solar Energy and Hydrogen Research

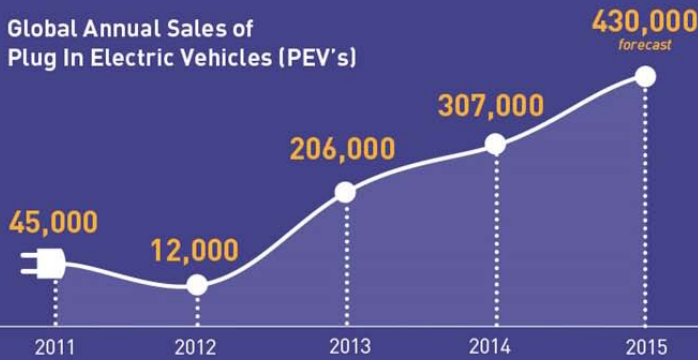
<sup>34</sup> En el resumen anual de ventas, puede que exista una discrepancia en las ventas del 2012, con 12.000 unidades, probablemente sea 120.000 unidades.

THE 2015 GUIDE

TO

# ELECTRIC VEHICLES

Global Annual Sales of Plug In Electric Vehicles (PEV's)



Approximately 712,000 fully electric vehicles have been sold globally (as of Dec 2014)

Estimated sales by December 2015 - 1.13 million

## Country Breakdown



1	US	291,332	6	Norway	43,442
2	Japan	108,248	7	Germany	25,205
3	China	83,198	8	UK	24,500
4	Netherlands	45,020	9	Canada	10,658
5	France	43,605	10	Sweden	8,076

Six Countries Achieved Over 1% PEV Market Share for New Car Sales in 2014

Norway	13.84%
Netherlands	3.87%
Iceland	2.71%
Estonia	1.57%
Sweden	1.53%
Japan	1.06%

## Key Country Progress



### CHINA



Top Selling Models (total sales)



### USA



Top Selling Models (total sales)



### JAPAN



Top Selling Models (total sales)

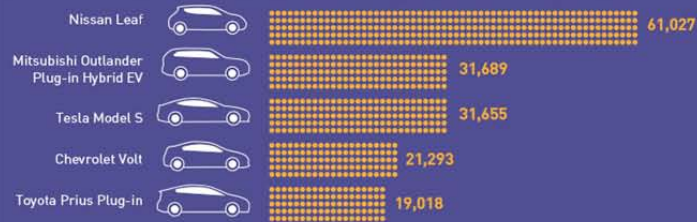


Ilustración 80: Ventas mundiales coche eléctrico (I). Fuente: Evobsession



## At A Glance

### Best Selling Models (2014 – Global Units Sold)



### Best Range (Advertised Range)



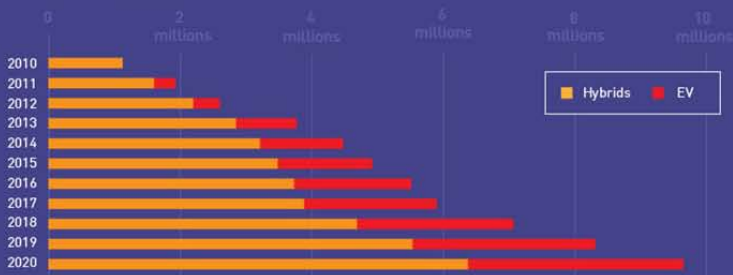
### Most Expensive



### Future Of Electric Cars



### Sales Forecasts



#### Sources

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_electric\\_cars\\_currently\\_available](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_electric_cars_currently_available)  
[http://www.acea.be/uploads/news\\_documents/ACEA\\_Electric\\_Vehicle\\_registrations\\_04\\_14-13.pdf](http://www.acea.be/uploads/news_documents/ACEA_Electric_Vehicle_registrations_04_14-13.pdf)  
<http://www.thebest.com/using/autoblog/5-most-expensive-electric-cars/>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_car\\_use\\_by\\_country](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_use_by_country)  
<http://www.autoblog.com/2015/02/19/frost-and-sullivan-expects-500-000-evs-to-be-sold-worldwide-in-2017/>  
<https://www.navigantresearch.com/wp-assets/brochures/MD-LDV-14-Executive-Summary.pdf>

brought to you by  
**Carleasingmadesimple.com**  
 The clever way to lease a new car

Ilustración 84: Ventas mundiales coche eléctrico (II). Fuente: Evobsession



Ilustración 83: BYD QIN, líder de ventas mercado chino.



Ilustración 82: KANDI EV, 2º en ventas en mercado chino.



Ilustración 81: Chevy QQ3. 3º en ventas mercado chino. Guarda cierta semejanza con el Daewoo Matiz europeo.

## **A.4: Planes de Incentivación de la Compra de Vehículos Eléctricos. Plan MOVELE y Plan PIVE.**

### **A.4.1: Causas.**

Las motivaciones de iniciativas a la compra de vehículos eléctricos e híbridos son múltiples y diversas, dentro de las cuales podemos destacar:

- Cumplimiento del Compromiso Europeo, denominado “20-20-20”, para el año 2020, es decir, el compromiso llevado a cabo por todos los estados miembros de:
  1. Reducir el 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE de los niveles de 1990.
  2. El aumento de la participación en el consumo energético de la UE producido a partir de recursos renovables a un 20%.
  3. Mejora de un 20% de la eficiencia energética de la UE.
- Ante lo cual, una de las medidas efectuadas por la UE, fue la publicación del Reglamento 715/2007, un reglamento basado principalmente en la reducción de las emisiones contaminantes de los vehículos ligeros. Las populares restricciones contaminantes Euro 5, Euro 6 que debe cumplir el sector de la automoción. Lo cual fomenta la investigación en vehículos cada vez menos contaminantes, como los eléctricos y los híbridos enchufables.
- Renovación del parque automovilístico, fomentando la adquisición de vehículos menos contaminantes y más seguros.
- Ayudas al Sector de la Automoción. España es uno de los principales productores mundiales de vehículos, y en especial, de los VE, ya que es el país que mayor número de modelos diferentes salen de sus fábricas.
- Fomento de políticas verdes, con la reducción de contaminación de las ciudades y la reducción/exclusión del tráfico urbano por el centro de las ciudades – a excepción de los vehículos eléctricos e híbridos -.

### **A.4.1: Plan PIVE.**

Es la sexta convocatoria<sup>35</sup> de un Plan puesto en marcha por el Gobierno Central. Se basa principalmente en una ayuda de como mínimo de 2.000 €<sup>36</sup>, a toda aquella persona que envíe su vehículo viejo al desguace y adquiera otro vehículo más eficiente y menos contaminante.

---

<sup>35</sup> El día 27 de Febrero del 2015, en el Consejo de Ministros, se ha aprobado la séptima edición del plan PIVE, con una dotación de 175 millones de euros, con sensibles modificaciones con respecto a los programas anteriores:

- Obligatoriedad de que el beneficiario de las ayudas tenga la titularidad del coche a chatarrar durante al menos el año anterior a la compra del automóvil nuevo.
- El coche que se retira tendrá que tener la ITV vigente a la entrada en vigor del Real Decreto.

El 14 de mayo del 2015, se aprobó el nuevo Plan PIVE 8, con una nueva dotación de 225 millones, pero rebajando la ayuda a 1.500 €. En diciembre del 2015, se ha producido una próloga.

<sup>36</sup> Existen ciertas excepciones si la persona que adquiere el vehículo nuevo tiene cualquier tipo de discapacidad, o movilidad reducida o demuestre su condición de familia numerosa.



El logotipo característico es este tipo planes es el indicado en la ilustración 85. Estos planes de incentivos comenzaron allá en el año 2012, como continuación del antiguo Plan 2000E.

Alguno de los condicionantes son los siguientes:

- El presupuesto total del Gobierno para este Plan es de 175 millones de euros.
- El vehículo que envíes al desguace deberá tener más de 10 años. En el caso de ser un turismo.
- El precio del vehículo nuevo no debe superar el precio máximo de 25.000 € - sin IVA -. Esta restricción no afecta a vehículos eléctricos puros, híbridos enchufables y de autonomía extendida.
- Está vigente desde el 27 de junio del 2014 hasta el 27 de junio del 2015, o hasta que se haya agotado el presupuesto.



Ilustración 85: Logotipo Plan Pive. Fuente: Ministerio de

Este tipo de Plan, como norma general y ante el éxito cosechado, se suelen renovar cada año por parte del Gobierno, pero con presupuestos totales diferentes y con ligeras modificaciones o variaciones de las condiciones a cumplir.

#### A.4.2: Plan MOVELE

Plan MOVELE o Proyecto de Movilidad Eléctrica, representado en la ilustración 86, es un Plan que fomenta en una primera instancia la compra de VE y de PHEV, pero también está orientado al desarrollo de nuevas oportunidades para los fabricantes de automóviles y componentes, así como de electrónica, de tecnologías de la información y comunicación.

Según las premisas del Gobierno, este Plan debe contribuir al desarrollo de nuevos negocios destinados a la gestión de cargas y nuevos modelos en lo referente a suministro y utilización de las baterías.

El presupuesto para el 2015 se ha reducido, pasando de 10 millones de euros del año anterior a los 7 millones de este año y ampliando el número de vehículos a los que está dirigido, pasando de ser exclusivos de los VE, a ser para todos los vehículos eficientes, como los de gas natural, el GLP o el hidrógeno.

Pese que no se han concretado todavía la cuantía de las ayudas, se estima que pueden ser similares a las del Plan MOVELE 2014:

- Las cuantías dependen de la categoría del vehículo a adquirir.
- Así como de la autonomía en modo eléctrico del mismo, siendo el abanico de ayudas desde 3.000 € la mínima, hasta 6.500 € si el vehículo dispone de una autonomía de modo eléctrico de más de 90 kms.



Ilustración 86: Logotipo Movele. Fuente: Ministerio de Industria.

### A.4.3: Plan PIMA AIRE

Para el año 2015, todavía no ha sido aprobado. Está principalmente orientado a la renovación del parque móvil español de vehículos comerciales, motocicletas y ciclomotores.

### A.4.4: Planes Autonómicos

Pero las ayudas para la adquisición de este tipo de vehículos no son solamente de ámbito nacional, hay Comunidades Autónomas que impulsan este tipo de subvenciones, como por ejemplo:

1. En el **País Vasco**, existe un Programa de ayudas a inversiones en transporte y movilidad eficiente (EVE), que ofrece ayudas económicas de hasta 6.250 €.
2. En **Andalucía**, los conductores se pueden acoger a las ayudas del Programa de impulso al vehículo eléctrico, gestionado por la Agencia Andaluza de la Energía y que subvenciona hasta los 5.000 € por compra de un vehículo eléctrico. A su vez se disponen de ayudas para el alquiler de VE.
3. **Madrid**, en este caso los VE están exentos de las limitaciones del Servicio de Estacionamiento Regulado en Madrid – S.E.R. - y pueden aparcar en la zona del S.E.R. identificando su vehículo con la Tarjeta Cero Emisiones, sin necesidad de obtener el tique de aparcamiento. Se dispone también de una tarjeta MOVELE, que gracias a la cual, la recarga en los puntos de recarga en vía pública es gratuita. Ambas tarjetas están expuestas en la ilustración 87.



Ilustración 87: Tarjeta MOVELE (izda), Tarjeta Cero Emisiones de la Comunidad de Madrid (dcha). Fuente: AMM

4. En la **Comunidad Valenciana**, existen diferentes tipos de subvenciones para la instalación de puntos de recarga y planes de movilidad. Está a expensas de aprobarse la nueva normativa para el 2015.
5. **Comunidad Canaria**, en este caso la Agencia Insular de Energía y la Agencia de la Energía de las Canarias Occidentales destinaron una partida de su presupuesto para subvencionar la adquisición de VE – turismos y renovación de flotas comerciales -.
6. **Barcelona**, en la ciudad condal existen bonificaciones de hasta el 75% sobre el impuesto anual de circulación, zonas verdes gratuitas, peajes blandos e incluso la posibilidad de utilizar carriles de alta ocupación.
7. **Valladolid**, como ciudad donde se ha realizado dicho trabajo, destacamos que en el nuevo Plan de Movilidad del Ayuntamiento se va a incluir la instalación de 29 nuevos puntos de recarga,

que junto con los 34 ya existentes y con nuevas medidas complementarias se pretende dar un nuevo impulso al mercado del VE en la ciudad.

La demanda por todos los fabricantes de vehículos es que las ayudas, subvenciones y todo tipo de normativas que afecten a los VE, sean claras y estables en el tiempo.

### ***A.5: Nueva Regulación para la Recarga de Vehículos Eléctricos. ITC BT 52.***

La ITC BT 52, es otro pasito más a la inclusión de nuestros vehículos de estudio en el ámbito diario, ya que se centra en uno de los puntos débiles del éxito de este tipo de vehículos, los puntos de recarga.

El pasado 12 de Diciembre del 2014, tras 4 años de espera, fue aprobado por el Consejo de Ministros el Real Decreto que regula los requisitos mínimos para las instalaciones de puntos de recarga de vehículos eléctricos en edificios de viviendas, en aparcamientos públicos, privados y en vías públicas.

Esta Normativa, ITC BT 52 (Instrucción Técnica Complementaria), pretende favorecer la implantación progresiva de los vehículos eléctricos en la movilidad española.

A falta de la publicación en el Boletín Oficial del Estado, las principales novedades son las siguientes:

1. Las viviendas unifamiliares nuevas, deben disponer de la infraestructura necesaria para instalar un punto de conexión de recarga de vehículos eléctricos.
2. En aparcamientos colectivos privados, debe haber una preinstalación con cargo al coste de fabricación del edificio. La preinstalación no incluirá el contador, ni los cables, ni interruptores, sino simplemente huecos y las canalizaciones.
  - a. Los propietarios de cada plaza deberán poder instalar, si así lo desean, un punto de recarga individual.
  - b. El consumidor será el que decida si opta por un sistema colectivo – con una línea eléctrica única de acceso al parking con derivaciones en cada plaza – o el individual – con una línea eléctrica específica para cada punto de recarga en el aparcamiento desde el contador de cada vivienda -.
3. En aparcamientos colectivos públicos (centros comerciales, edificios públicos,...), se establece un mínimo de un punto de recarga por cada 40 plazas de aparcamiento.
4. Y en vías públicas, la instalación de nuevos puntos de recarga de vehículos eléctricos en la vía pública deberá estar en línea con los diferentes planes de movilidad municipales o supramunicipales en relación con estos automóviles sin emisiones.

### ***A.6: Nuevas Empresas: IBIL***

Entorno al mundo de la automoción eléctrica y al sector de suministro de energía eléctrica se han creado empresas tales como IBIL, nombrada con anterioridad. IBIL es una empresa fruto de la colaboración entre el Gobierno del País Vasco – EVE, Ente Vasco de la Energía - y Repsol, que

funciona como gestor de carga del sistema eléctrico de acuerdo con la Ley del Sector Eléctrico 54/1997 y el Real Decreto 647/2011 que regula dicha actividad.

El objetivo principal de dicha empresa es crear una infraestructura de recarga de vehículos eléctricos tanto en el ámbito privado como en el público. Y a su vez, ofrecer unos servicios añadidos para lograr el desarrollo del uso de este tipo de vehículos con criterios de sostenibilidad y respeto al medio ambiente.

IBIL alquila puntos de recargar y te cobra una cantidad fija cada mes en concepto de alquiler del terminal más una cantidad fija mensual por cierta cantidad de energía eléctrica – a emplear durante la franja de tarifa súper valle, que va de 1 a 7 de la madrugada -.

El sistema es parecido a los bonos de datos para conectarse a Internet por móvil, ejemplo de dicha publicidad queda relatado en la ilustración 88 de debajo.



**Con IBIL y Nissan, por la compra de tu Nissan Leaf o de tu Nissan e-NV200 tienes**

- EL TERMINAL INTELIGENTE** IBILbox 116-M.
- 90 RECARGAS** en la red pública de PUNTOS IBIL.
- LA INSTALACIÓN** del terminal en garaje comunitario o unifamiliar.
- EI ALTA** del servicio de recarga incluida.

Por solo **21€/mes\***

Ilustración 88: Promociones Comerciales del acuerdo establecido entre NISSAN e IBIL

### A.7: Inconvenientes del VE.

Mucho de ellos ya los hemos comentado a lo largo de este documento, y otros son propios de la inclusión de una nueva tecnología:

- Elevado precio de la adquisición de un vehículo, incluso con las ayudas públicas. El precio de la batería puede suponer un 60% del precio total del vehículo.
- Las existencias de Litio, uno de los principales materiales usados en las baterías, ni son muy abundantes ni se encuentran en países muy estables desde el punto de vista político.
  - Riesgo de una nueva dependencia de materiales “raros”, ya que no solamente se produce en un material como el Litio.

- Duración de la carga de las baterías <sup>37</sup>. Y por tanto su autonomía, su adquisición se hace dudosa si se realiza muchos kilómetros diarios.
- Como consecuencia de lo anterior, y no siempre tenido en cuenta, el abanico de opciones de estos coches suele ser menor, ya que extras como la calefacción de asientos, faros, desempañado de retrovisores,...repercuten muchísimo en la autonomía de la batería.
- Otros aspectos que repercuten en la autonomía son: temperatura ambiental, tipo de ruta a realizar, estilo de conducción, condiciones del tráfico,...
- Longevidad limitada de las baterías, cuando la capacidad de carga empieza a ser inferior al 70% de la misma, no se suele recomendar su uso para vehículos de tracción.
- Tanto el peso elevado de las baterías como el elevado espacio que ocupan dentro de la distribución del coche son un inconveniente.
- Si la expansión es creciente de este tipo de vehículos, siendo su incidencia muy elevada, el precio de la energía eléctrica aumentará y el de los combustibles fósiles disminuirá.
- El otro aspecto, intrínseco de este proyecto, la nueva demanda de energía hay que poderla satisfacer rápida, económica y limpia.
- Dependiendo del mix energético, como explicaremos en el anexo posterior, puede darse el caso que el coche térmico llegue a ser más verde que el propio eléctrico.
- No existe mucha disponibilidad de puntos de carga, a la hora de suministrar energía. Y no todos los existentes se encuentran realmente operativos.
- Tiempo de recarga elevado - para tener una emergencia,...-.
- No hay todavía una homogenización en los conectores, modos,...propio de las nuevas tecnologías.
- Desde un punto de vista social, mucho de los actuales talleres generalistas existentes del mundo de la automoción, ni están capacitados ni disponen de la tecnología ni formación suficiente para poder enfrentarse a este tipo de coches <sup>38</sup>. Dependencia a corto-medio plazo de los talleres oficiales.
- La ausencia de ruido de estos coches, ya ha acarreado algún accidente de tráfico, motivo por lo cual se están homologando y experimentando con diferentes tipos de ruidos, para paliar este tipo de incidentes.
- Existe una nueva “enfermedad” o estrés psicológico en algunos de los usuarios de estos automóviles, llamada “range anxiety”, basada en la ansiedad que les genera la posibilidad de poderse quedar sin batería – y tirados en el medio de la carretera – a lo largo de su uso diario.
- Del mismo modo que se ha hablado de la interacción de los móviles en la salud de las personas, no se sabe a ciencia cierta los posibles efectos futuros de las interacciones electromagnéticas de los VE en sus usuarios.
- No es una desventaja en sí, pero necesitamos un nivel de adaptación en su conducción, ya que entre otras características tienen una velocidad punta un poco menor, pero por el contrario disponen de una aceleración casi instantánea.

---

<sup>37</sup> Habría otra alternativa a las baterías, no tenida en cuenta en este proyecto, ya que no es muy factible para un uso privado, que es el aporte directo de energía – sin baterías – mediante raíles, como si fuera un Scalextric, o mediante catenarias como el usado en los trenes eléctricos – ya hay pruebas con camiones en Suecia -.

<sup>38</sup> Por ejemplo, muchos propietarios del Renault Zoe han tenido – y tienen – problemas con la representación de la energía recuperada, el sistema la recupera pero no queda indicado en la pantalla, lo que hace complicado conducir eficientemente. Según algunas fuentes todavía no se ha solventado correctamente por parte de la marca.

- Al ser tan incipiente su tecnología, al adquirir un VE, puede ser un “early adopter”, es decir, en pocos años, antes de hacer rentable tu inversión, la tecnología ha mejorado muchísimo, tu coche está desfasado, antiguo y con prestaciones insuficientes.
  - Ante lo cual, puede quedar justificada la adquisición mediante modo “renting”.
- Desde el punto de vista de un posible usuario, existen las lógicas barreras psicológicas debidas al desconocimiento e inseguridad de una nueva tecnología.
- Grandes inversiones gubernamentales para la incentivación de la compra de estos tipos de vehículos. Este aspecto puede ser un punto positivo a la hora de enfrentarse a una posible compra. En 2014, durante el periodo de ayudas estatales aumentaron las ventas en un 168% frente al periodo sin ayudas.
- Ciertos grupos ecologistas reflexionan, que sin menospreciar las grandes ventajas que tiene el coche eléctrico, desde un punto de vista medioambiental, temen que su promoción incite a comprar más vehículos – eléctricos en este caso – por núcleo familiar, ya que estipulan que hay que usar o promocionar medios de transporte alternativos al coche.
- Nueva metodología a ahora de realizar las inspecciones técnicas de vehículos – ITV – Posible revisión de baterías y/ motores eléctricos.

### **A.8: Ventajas del VE.**

La otra cara de la moneda, y compendio de lo descrito en este proyecto con la añadidura de otros aspectos no tenidos en cuenta:

- Al disponer de menor número de piezas, la fiabilidad de los vehículos es mayor.
- Mayor pureza en las ciudades, ausentes de cualquier tipo de polución y menor ruido.
- Mayor ahorro económico de gasto de energía.
- Menor estrés y menor nivel de nerviosismo, ya que este tipo de coches se conducen de una manera más relajante.
- Desde un punto de vista de nivel de utilización, son más baratos que los térmicos, tanto a nivel de consumo de energía como las ventajas comentadas de tasas o beneficios a la hora de estacionar dichos vehículos.
- Aunque no es intrínseco al propio uso del automóvil, desde un punto de vista social, España <sup>39</sup> es uno de los principales productores de vehículos eléctricos en el mundo. Produce cinco modelos que son exportados a todo el mundo.
- Disponibilidad de la totalidad del par desde el principio.
- A pleno rendimiento, no aumenta su temperatura como los motores térmicos.
- Mejor eficiencia del motor eléctrico con respecto al térmico – 90% vs 40% -.
- El motor nunca se cala.

---

<sup>39</sup> Valladolid, está fuertemente ligado al vehículo eléctrico, ya que fue pionero en la construcción del Renault Twizy, primer coche comercial eléctrico de la marca.

- No hay problemas de arranque en frío.
- Las vibraciones transmitidas son menores.
- Dispone de un importante freno motor.
- Carece de cualquier filtro de combustible, aceites, filtro de los mismos, volantes de inercia,...
- En los vehículos deportivos, se puede conseguir gracias a dicha tecnología una potencia distribuida en las ruedas - y un mejor control del par motor -, mejorando la estabilidad en curvas, y por tanto la seguridad.
- Posibilidad de descentralizar la generación de movimiento, poniendo los motores eléctricos en las ruedas y pudiendo mejorar la distribución de espacio en el vehículo.
- Algunos autores llevan a comentar que puede ser más seguro que un automóvil convencional, tanto en un accidente como las posibles consecuencias del mismo – riesgo de explosión o derrames -.
- Posibilidad de proceso reversible, del mismo modo que se puede cargar la batería del coche, el coche puede aportar energía a la red eléctrica, de manera reversible, denominado Vehicle 2 Grid.
- Desde un punto de vista empresarial, como subcontrata, ya que si dispones en tu flota de algún vehículo eléctrico, tienes beneficios a la hora de acceder a la adjudicación de un concurso. La mayoría de las administraciones públicas incluyen la obligatoriedad de disposición de vehículos eléctricos para la prestación de servicios dentro de los pliegos de condiciones.
  - La ausencia de ruido, les permite realizar ciertos trabajos o tareas en horarios nocturnos en las ciudades que no pueden realizar los vehículos de combustión.
- Beneficios a la hora de estacionar y circular en la ciudad, exención de impuestos de matriculación,...comentado en apartados anteriores.

Otra de las ventajas que encontramos a la hora de la aceptación de este tipo de vehículos es la toma de conciencia global de la preocupación por el entorno y el medio ambiente, que años atrás, ni se mencionaba en ningún medio ni coloquio. A parte de la voluntad de las diferentes administraciones, de los propios fabricantes de coches y elevados esfuerzos en investigación y desarrollo con la finalidad de mejorar cada día más este tipo de tecnología.

### ***A.9: El Target del VE.***

Una vez hecho el balance de pros y contras de este medio de locomoción, el principal mercado al que está dirigido sería mayoritariamente el siguiente<sup>40</sup>:

- Población que dispone de más de dos vehículos particulares. Ya que están limitados por los kilómetros que se realizan, no solamente en los viajes diarios, sino si se realizan alguna escapada de fin de semana o durante las vacaciones veraniegas o invernales.

---

<sup>40</sup> Basado en los datos del estudio « Les véhicules électriques en perspective » realizado por la Commissariat Général au Développement Durable.

- Dispone de una estación de recarga privada.
- Disponen de una estación de carga en el lugar de trabajo – o sobre el lugar de destino final, normalmente los desplazamientos se realizan por trabajo/estudio (21%), compras (19) o hacer una visita o acompañar a una persona -.
- Como vehículo de transporte público, como por ejemplo, al uso como “taxi”.
- No es recomendable para usuarios que les guste la conducción deportiva.
- Incipiente utilización como vehículos logísticos dentro de la empresas.

Los vehículos híbridos no disponen de estas limitaciones, ya que por un lado suelen tener una cierta autonomía como vehículo totalmente eléctrico – unos 40 kms, dependiendo del modelo – y por otro lado pueden utilizar el motor térmico para grandes desplazamientos.



## **A.10: Nuevas Tendencias y Perspectivas Futuras.**

Una vez analizado los vehículos disponibles en el mercado, el número de matriculaciones y las ayudas gubernamentales para la adquisición de los mismos. La pregunta que nos podemos hacer es la siguiente: ¿Y si el futuro de la movilidad no es el coche eléctrico? La apuesta por parte de la Administración por el VE o por PHVE puede ser muy fuerte, pero si el sector de la automoción no va por la misma dirección, todos los esfuerzos llevados a cabo por la primera serían en balde.



**Ilustración 89: Toyota MIRAI. Fuente: Toyota**

Las ventas van creciendo poco a poco en el mercado nacional, pero siguen siendo bastante pequeñas comparándolas con la de los vehículos movidos por combustibles fósiles. El nuevo Plan MOVELE 2015, no es que no se haya mantenido el presupuesto, es que ha disminuido un 30%, ampliándose a otro tipo de vehículos. Y el coste de la energía eléctrica es cada vez mayor<sup>41</sup>,... ¿Y si el futuro es el coche de hidrógeno, frente al coche eléctrico o convencional? ¿Por qué no? La marca japonesa Toyota acaba de sacar al mercado el Toyota MIRAI<sup>42</sup>, el primer coche comercial movido por hidrógeno, como en su tiempo ya hizo con el Toyota PRIUS, y ya sabemos la historia tan exitosa que tuvo su primer coche híbrido.

Para no quedarse rezagado, la otra gran marca nipona, Honda, comercializará a lo largo del 2016 su versión con tecnología de pila de combustible, el Honda FCV, rival directo del MIRAI. Ambos modelos están representados en las ilustraciones 89 y 90.

Ya no tendría sentido el estudio de las curvas de demanda o del posible impacto de los sistemas de recarga en la red de distribución. E incluso los puntos de recarga, olvidémonos pues de la eficacia de las baterías, de los diferentes tipos de modo de carga o del tiempo invertido para recarga. Olvidémonos incluso de la fuerte depreciación que tienen los coches eléctricos.

El futuro es incierto, y toda especulación que queramos plantear probablemente no sea la acertada, es más, cuando se llega a este punto, el futuro y las perspectivas, cae en mi recuerdo dos anécdotas. La primera fue algo que estudié en bachillerato: “En el año 2000 se habrán acabado todas las reservas de petróleo y su precio irá in crescendo”. Hoy en día el petróleo está más barato que nunca y el número de

---

<sup>41</sup> Según las previsiones de Meff Power, se estima que en los primeros 3 meses del 2015 se aumente un 71,3% el coste de la energía – alrededor del 60% del recibo - [www.economista.com](http://www.economista.com).

<sup>42</sup> En un mes se han multiplicado por cuatro las peticiones previstas para todo el 2015. TOYOTA ha recibido más de 1.500 pedidos. [www.regióndigital.com](http://www.regióndigital.com)

reservas de petróleo se desconocen<sup>43</sup>. Y la segunda anécdota, es la película de “Regreso al Futuro II”, que transcurre en el año 2015 y donde los coches volaban. Hoy en día, esto es bastante utópico, pero en 1989 se pensaba que era muy factible.



**Ilustración 90: Honda FCV. Fuente: Honda**

Quizás, caigamos en ciertas especulaciones, e incluso como una de las conferencias realizadas en el Aula Magna de la Universidad resaltó el catedrático Jesús Casanova, innovaciones tecnológicas aplicadas a los motores de combustión que se creían imprescindibles se han descartado cinco años más tarde.

Recopilando información de diferentes dirigentes del sector de automoción, la tendencia a seguir parece ser que sea la siguiente:

- Mejora en la eficacia de los motores de combustión interna. Todo ello debido a las fuertes normas de anticontaminación Euro 6 y las futuras más restrictivas.
- Aumento de la micro-hibridación de los vehículos.
- Aumento de los coches híbridos enchufables y eléctricos. Pero seguirán siendo testimoniales con respecto a la variedad de vehículos con motores de combustión, es decir, frente a un modelo concreto híbrido enchufable, la marca, en ese segmento concreto, puede ofrecer 6-7 variantes con combustión interna diferente.
  - Se ha confirmado a día de hoy, que a lo largo del año 2015 aparecerán en el mercado al menos 6 nuevos modelos híbridos enchufables.

Algunos especialistas consideran que la posible evolución en el parque automovilístico puede ser mostrada en la ilustración 91, con una práctica desaparición de los vehículos convencionales y un reparto casi ecuánime entre los vehículos eléctricos, los de hidrógeno y los híbridos – contabilizando los conectables y no conectables -.

---

<sup>43</sup> Se cree que la bajada del precio del petróleo es debida en gran medida, al uso de nuevas técnicas de extracción como el fracking o fracturación hidráulica.

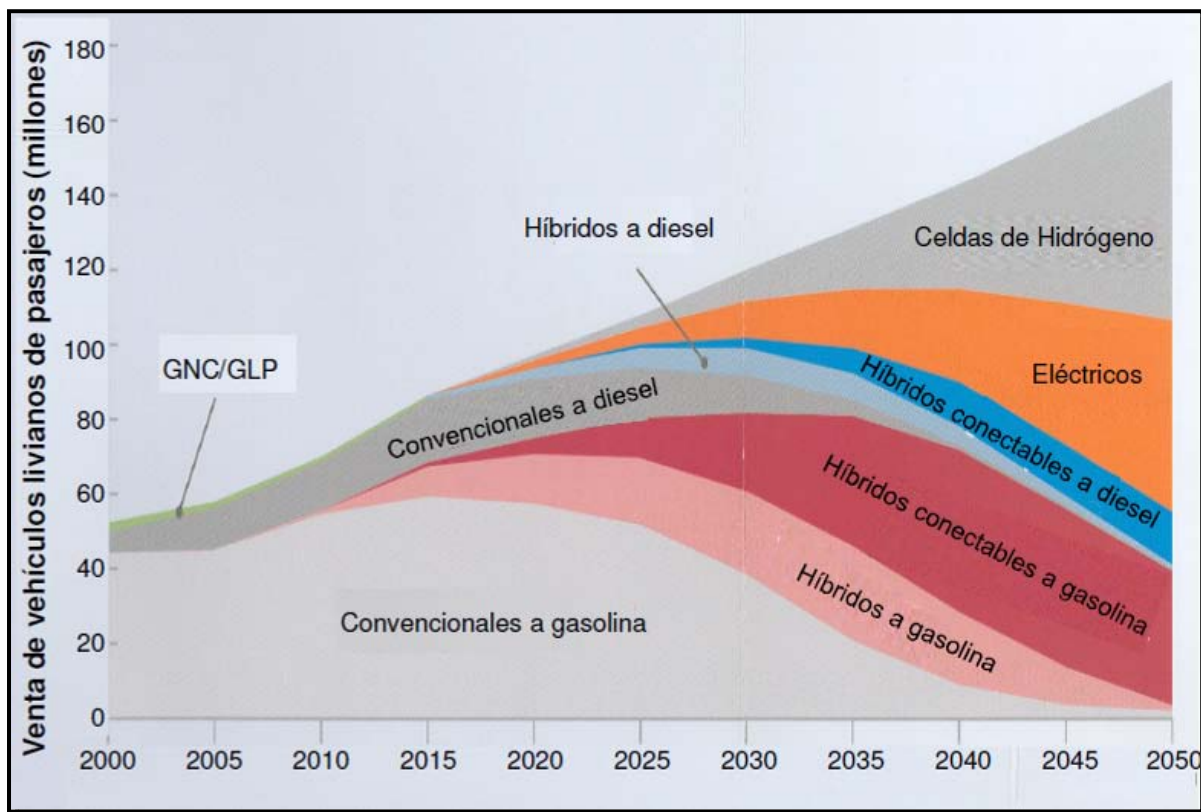


Ilustración 91: Ventas Anuales de Vehículos por Tipo de Tecnología. Escenario del Blue Map 2000-2050. Fuente: AIE. Blue Global Map 2010-2050.

### Previsiones para del 2010 para el 2015.

Para que nos hagamos una idea real de la intrusión del VE en el mercado, y de las previsiones que había, en el año 2010. Teniendo la presidencia de turno España de la Comunidad Europea, Miguel Sebastián, a la sazón Ministro de Industria, Turismo y Cultura, junto con los estudios llevados a cabo por Frost & Sullivan, se plantearon una estimación de los VE en España a corto plazo, el año 2015.

La primera hipótesis era un poco optimista, habría un parque de un millón de vehículos para el 2014.

La segunda hipótesis, un poco más modesta, el objetivo era alcanzar el 1,5% del parque actual de turismos – se estimaba que unos 330.000 vehículos -, un 4% del sector de las motocicletas – unas 100.000 – y el 1% de las furgonetas, camiones y el resto de los vehículos – 60.000 unidades -.

Para que nos orientemos un poco de la veracidad de estas estimaciones, el parque de vehículos eléctricos en 2014, fue de 6.780 unidades.

Es cierto, que las ventas a lo largo del año 2015, y sobre todo a partir de junio, han experimentado un repunte, pero no solamente han aumentado las ventas de los VE, han aumentado las ventas de todos los vehículos, tanto debido a la leve mejoría de la economía como a la bajada del precio del petróleo, cada vez más barato.

## **ANEXO B: IMPACTO AMBIENTAL.**



## **B.1: Introducción**

El transporte incide sobre el medio ambiente desde esencialmente tres focos importantes: el posible cambio climático, la dependencia energética y la contaminación local.

El primer aspecto está justificado ya que un tercio de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo son generadas por los medios de transporte, las cuales generan el efecto invernadero y el consecuente calentamiento del planeta.

Por otro lado está la dependencia energética, para que nos hagamos una leve idea, Europa es la región del mundo que más depende del exterior para consumir energía – el 53 % del abastecimiento proviene de terceros países -, con los problemas que ello conlleva, tanto a nivel estratégico-político como a nivel económico.

Y finalmente la contaminación local, es decir, los atascos, los humos, los ruidos, el tráfico,...los óxidos de nitrógeno que en elevadas cantidades pueden afectar a los sistemas respiratorios y nerviosos, partículas de pequeño tamaño – hay estadísticas que indican que dichas partículas producen 250.000 muertes al año en Europa -,...un largo etcétera que afecta al confort diario.

Pese que todavía no está redactado, y por lo tanto las medidas no son definitivas, existe un borrador en el “Papel Blanco sobre Transporte 2050” para la Unión Europea en el que se propone:

- Supresión de los coches de combustión en el centro de las ciudades para 2050, con el objetivo intermedio de que en 2030 la mitad de los vehículos sean eléctricos.
  - Es bueno recordar que los 95 gramos de emisiones de CO<sub>2</sub> por kilómetro que se impondrá en el 2020, es de media de la gama del fabricante, es decir, en marcas concretas como BMW, las emisiones de los deportivos compensarán con las emisiones nulas de los eléctricos.
- Cambio de un 50% de viajes de media distancia, tanto de pasajeros como de mercancías, desde la carretera al tren y a otros modos de transporte.
- Y en otros medios de transporte, recorte del 40% de las emisiones de los barcos y un uso del 40% de combustibles de bajo carbono en aviación.

En este apartado del proyecto se quiere establecer la relación existente entre los vehículos de estudio y el medio ambiente que nos rodea, ya que existe la creencia de que un VE es 100% ecológico y que no emite ningún tipo de emisiones, pero aunque desde un punto de vista de uso diario podría considerarse que es cierto, existe por contra, entre otros aspectos, que la propia energía eléctrica que consume puede estar vinculada, por ejemplo, a centrales térmicas que emiten gran cantidad de emisiones contaminantes.

## **B.2: Emisiones Contaminantes. Energías Renovables.**

Sería preciso establecer la diferencia entre los vehículos totalmente eléctricos y los híbridos enchufables, en los primeros, como se ha comentado con anterioridad, carecen de cualquier tipo de motor térmico, mientras que los segundos sí que disponen de uno, de mayor o menor tamaño.



Centrándonos en los VE, podemos considerar que no se emite ningún tipo de gases contaminantes ni durante su funcionamiento ni durante su recarga.

Pero para realizar un análisis completo de la incidencia con el medio, debemos atender al ciclo completo de la energía, es decir, al cada vez más frecuente término de “del pozo a la rueda”, cómo se extrae la energía, como se genera o se transforma, las pérdidas que se producen, la recarga... hasta mover las ruedas del coche.

Como es lógico, cuanto mayor es la eficacia en cada uno de los pasos anteriores, menor es la pérdida y menor son las emisiones “superfluas” que se emitirán. Normalmente se suelen tomar unos ratios de rendimiento/eficacia tales como los mostrados en la tabla 10:

Sistema	Notación	Rendimiento (%)
Central (Ponderación)	$\eta_g^{44}$	48,47
Transporte y Distribución.	$\eta_t$	93,70
Convertidor Eléctrico	$\eta_c$	97,00
Batería	$\eta_b$	98,80
Rendimiento. Enchufe-Batería	$\eta_c \cdot \eta_b$	95,84
Rendimiento. Central-Batería	$\eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b$	89,80
Sistema Mecánico Vehículo	$\eta_{mec}$	80,00
Motor y Sistema Eléctrico	$\eta_m$	88,30
Rendimiento. Batería-EMec	$\eta_{mec} \cdot \eta_m$	70,64
Rendimiento Central-E Mecánica	$\eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_m$	63,43
TOTAL (Medio-E Mecánica)	$\eta = \eta_g \cdot \eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_m$	30,75

Tabla 10: Rendimientos del vehículo eléctrico en España. Fuente: R. Bargalló, J. Llaverías, H. Martín. “El vehículo eléctrico y la eficiencia energética global”.

Con los datos anteriores, seríamos capaces de determinar cuál es el consumo real, en cada una de las partes del sistema, desde del “medio” hasta la transformación en energía mecánica aprovechable en el VE. Se ha decidido añadir la ilustración 92, ya que facilita mejor la comprensión de los fríos guarismos de la tabla 9.

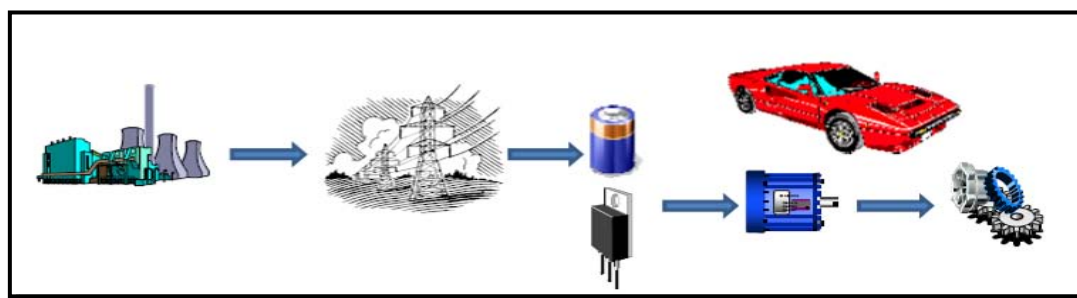


Ilustración 92: Cadena energética relativa al vehículo eléctrico. I, sistema mixto generador  $\eta_g$ . II, Transporte y distribución  $\eta_t$ . III, Convertidos electrónico y batería  $\eta_c \cdot \eta_b$ . IV, Motor eléctrico  $\eta_m$ . V, Sistema mecánico del vehículo  $\eta_{mec}$ . Fuente: R. Bargalló, J. Llaverías, H. Martín. “El vehículo eléctrico y la eficiencia energética global”

<sup>44</sup> Recientemente el  $\eta_g$ , que hace referencia al rendimiento medio de la Red Eléctrica Española, ha sido corregido con un valor cercano al 38 %, próximo a la media europea.

Tomando como media, y según los datos facilitados por los fabricantes entre kWh y autonomía (kms)<sup>45</sup>, un consumo de 13,78 kWh por cada 100 kms, los guarismos serían los mostrados en la tabla 11:

kWh <sub>EMec</sub> /100km	kWh <sub>B</sub> /100km	kWh <sub>E</sub> /100km	kWh <sub>C</sub> /100km	kWh <sub>M</sub> /100km
Son los kWh que cada 100km se transforman en energía mecánica aprovechable, a partir de los 13,78 kWh de la batería	Son los kWh que cada 100km se consumen de la batería	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del enchufe de carga para proporcionar los 13,78 kWh a la batería.	Son los kWh que cada 100km se han producido en la central para proporcionar los 13,78 kWh a la batería.	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del medio para proporcionar los 13,78 kWh a la batería
9,73	13,78	14,38 <sup>46</sup>	15,35 <sup>47</sup>	31,66

Tabla 11: Consumo del Coche Eléctrico. Fuente: R. Bargalló, J. Llaverías, H. Martín. “El vehículo eléctrico y la eficiencia energética global”

Para valorar la incidencia en el medio de la energía eléctrica consumida dependerá del mix energético de cada país. Pudiéndose llegar el caso extremo, que toda la energía eléctrica que pudiera consumir el VE tuviera como origen una fuente de energía no limpia, con lo que el compromiso con el medio ambiente de dichos vehículos quedarían fuertemente deteriorado.

La tabla 12 nos muestra la situación actual de la Unión Europea con respecto al índice global.

	Mundial	Unión Europea
<b>Petróleo</b>	32,6	36,8
<b>Gas Natural</b>	23,7	21,6
<b>Carbón</b>	30	16,7
<b>Energía Hidroeléctrica</b>	6,8	5,2
<b>Energía Nuclear</b>	4,4	12,3
<b>Renovables</b>	2,5	7,4

Tabla 12: Mix Energético. Fuente: BP

Como datos significativos, destacamos que la mayoría de los países europeos han apostado por los recursos que tenían del pasado, es decir, Alemania por el carbón, Francia por la nuclear, Reino Unido por el carbón y gas, Suecia por la hidráulica, Polonia carbón y Dinamarca eólica y carbón importado.

En Francia, por ejemplo, las centrales térmicas – responsables de gran parte de sus emisiones de CO<sub>2</sub> - son utilizadas para regular la producción de electricidad y atender con la mayor flexibilidad a los puntos de consumo, como refuerzo a las nucleares. Ya que éstas necesitan varias semanas para pararse y reorganizar. EDF- Électricité de France -, principal empresa de generación y distribución de electricidad de Francia, va a poner en marcha nuevas centrales de ciclo combinado para disminuir la producción de las centrales térmicas clásicas, con la consiguiente disminución de óxidos de carbono, nitrógeno y azufre.

<sup>45</sup> Ejemplo Renault Fluence ZE, kWh=24, Autonomía (Km)=175 km. kWh<sub>Batería</sub>/100km =13,71.

<sup>46</sup> Son los kWh que pagamos cada 100km

<sup>47</sup> Son los kWh empleados para los cálculos de contaminación de kgCO<sub>2</sub>/kWh de las centrales



Por el contrario, centros de estudios como Cerema – Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement – alertan de la relación existente entre el aumento de consumo de energía eléctrica nuclear debido a los VE y el aumento de residuos radiactivos.

Otro caso curioso es Dinamarca, que pese a los grandes esfuerzos del país en las energías renovables, posee uno de las electricidades más sucias de Europa, debido principalmente a la intermitencia del viento, ante la cual tiene que recurrir a centrales térmicas para regular la producción.

Podemos considerar, que con los datos del 2013 como referencia, el mix español “es de los más equilibrados” ya que cada una de las principales opciones tiene más de un 15%, como se puede deducir de la tabla 13.

Datos 2013 (%)	Combustibles (incluye biomasa y biogás)	Nuclear	Hidráulica	Otras Renovables (eólica, solar,...)
Alemania	66.5	15.8	4.4	13.3
Francia	8.9	74.0	13.3	3.8
Reino Unido	70.7	18.9	2.2	8.1
Italia	65.5	0.0	18.9	15.7
España	40.9	19.4	15.0	24.7
Suecia	9.9	42.4	41.0	6.7
Polonia	93.7	0.0	2.0	4.3
Dinamarca	65.9	0.0	0.0	34.1

Tabla 13: Mix Energético. Fuente: Boletín Estadístico Mensual de Electricidad de la AIE

Sobre las emisiones que generan las diferentes centrales hay datos que difieren dependiendo de la bibliografía.

Según el enlace digital francés, “voiture-electrique-populaire”, las centrales hidráulicas, eólicas e incluso nucleares emiten algo de CO<sub>2</sub>, a diferencia de lo registrado y mostrado por la REE, como podremos observar en el anexo C, sobre la energía y la curva de demanda.

En función de la página especializada francesa, [www.Vouture-electrique-populaire.fr](http://www.Vouture-electrique-populaire.fr), los datos serían los señalados en la tabla 14.

	kgCO <sub>2</sub> /kWh	g/km
Suède	0,04	5
France	0,09	11
Autriche	0,2	25
Finlande	0,24	30
Belgique	0,29	36
Espagne	0,48	60
Italie	0,59	74
Allemagne	0,6	75
Pays-Bas	0,64	80
Grèce	0,64	80
Royaume-Uni	0,64	80
Portugal	0,64	80
Irlande	0,7	88
Danemark	0,84	105
Luxembourg	1,08	135

Moyenne			
Européenne	0,46	57,5	
Hydrolique	0,004	0,5	
Nucléaire	0,006	0,75	
Energie	Eolien	0,015	1,88
	Photovoltaïque	0,06	7,5
	Gaz naturel	0,427	53
	Fuel	0,891	111
	Charbon	0,978	122

Tabla 14: Emisiones de Carbono de los países europeos para la producción de electricidad. Fuente: Vouture-electrique-populaire.

Como se puede intuir en la tabla anterior, en países como Luxemburgo, el uso ecológico de los coches eléctricos está un poco puesto en entredicho. Casos más acusados, son India y China, por su elevada tasa de centrales térmicas de carbón, 68% y 81% respectivamente. Es decir, estamos hablando de valores cercanos a 200 g/km.

En Alemania, por ejemplo, el 80% de la demanda adicional de electricidad para los vehículos eléctricos debe ser asegurada por las centrales clásicas, con lo que ello conlleva a nivel de emisiones.

Si en vez de tomar los 13,78 kWh/100km de párrafos anteriores, se toma un valor de 0,125 kWh/km, la comparativa del coche eléctrico con respecto a térmico podría ser el mostrado en la tabla 15:

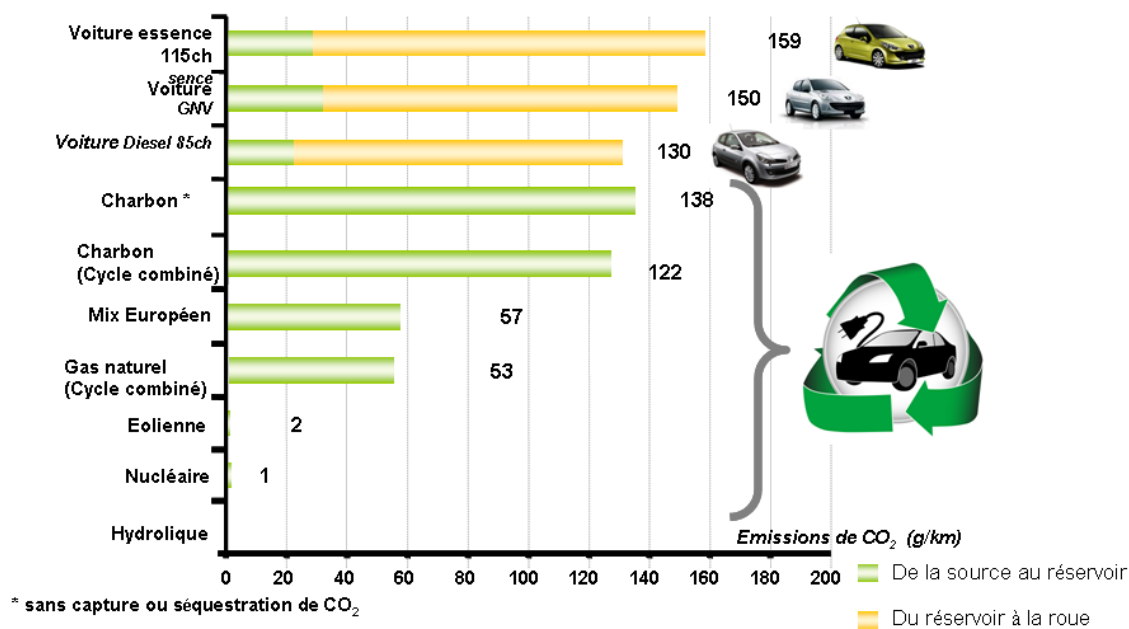


Tabla 15: Emisiones CO<sub>2</sub> en el VE. Fuente: Vouture-electrique-populaire

Como complemento a la gráfica anterior, adjuntamos dos gráficas interesantes, por una parte, la incidencia en las emisiones de los vehículos híbridos, tanto de diesel, gasolina como de gas natural, indicada en la tabla 16. Y por otra parte el coste de CO<sub>2</sub> en las diferentes etapas de vida del vehículo<sup>48</sup>, tanto en circulación como en la propia producción de energía como las baterías, tabla 17.

La variación entre 2010 y 2020, se debe principalmente a la evolución tecnológica y el cambio de mix energético que se prevé – en este caso particular, en el país vecino, Francia -.

<sup>48</sup> Lo importante de esta gráfica, es tener una idea de la proporción de cada una de las partes, aunque esté dado en coste – valor estimado de 32€ la tonelada, con incrementos anuales del 5,8% -. Tomado del estudio « Les véhicules électriques en perspective » de CGDD.

## Émissions de CO<sub>2</sub> du puits à la roue (WTW)

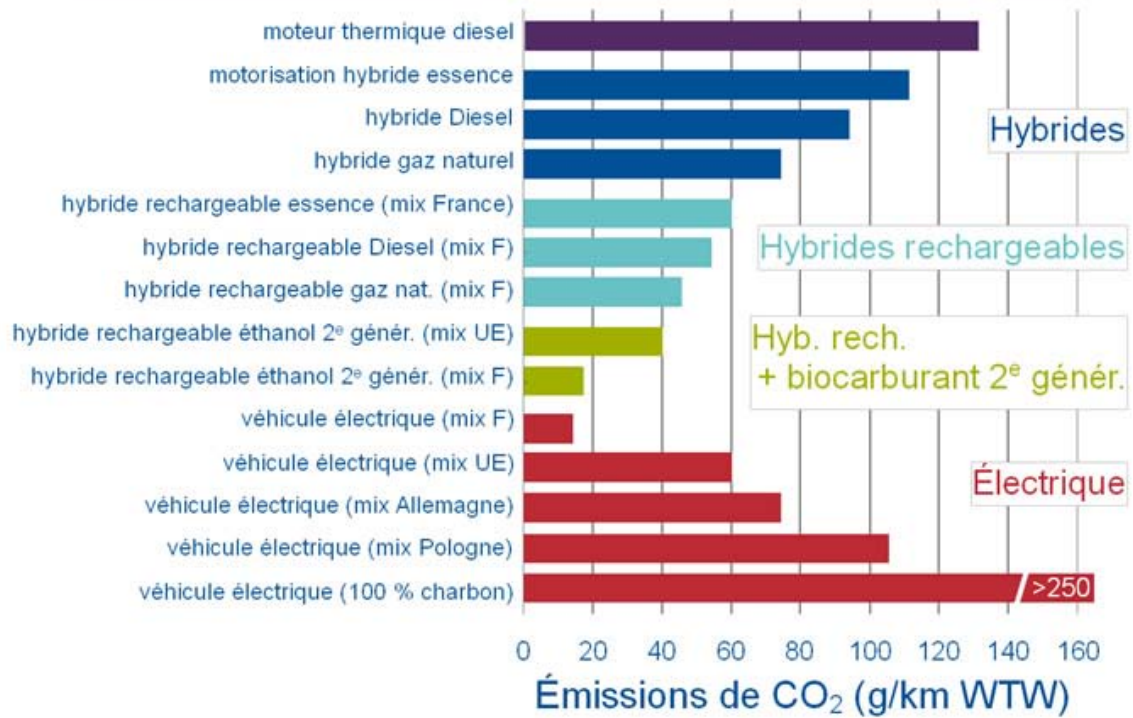


Tabla 16: Emisiones Co2, desde el pozo a la rueda - well to wheel -. Fuente: IFP

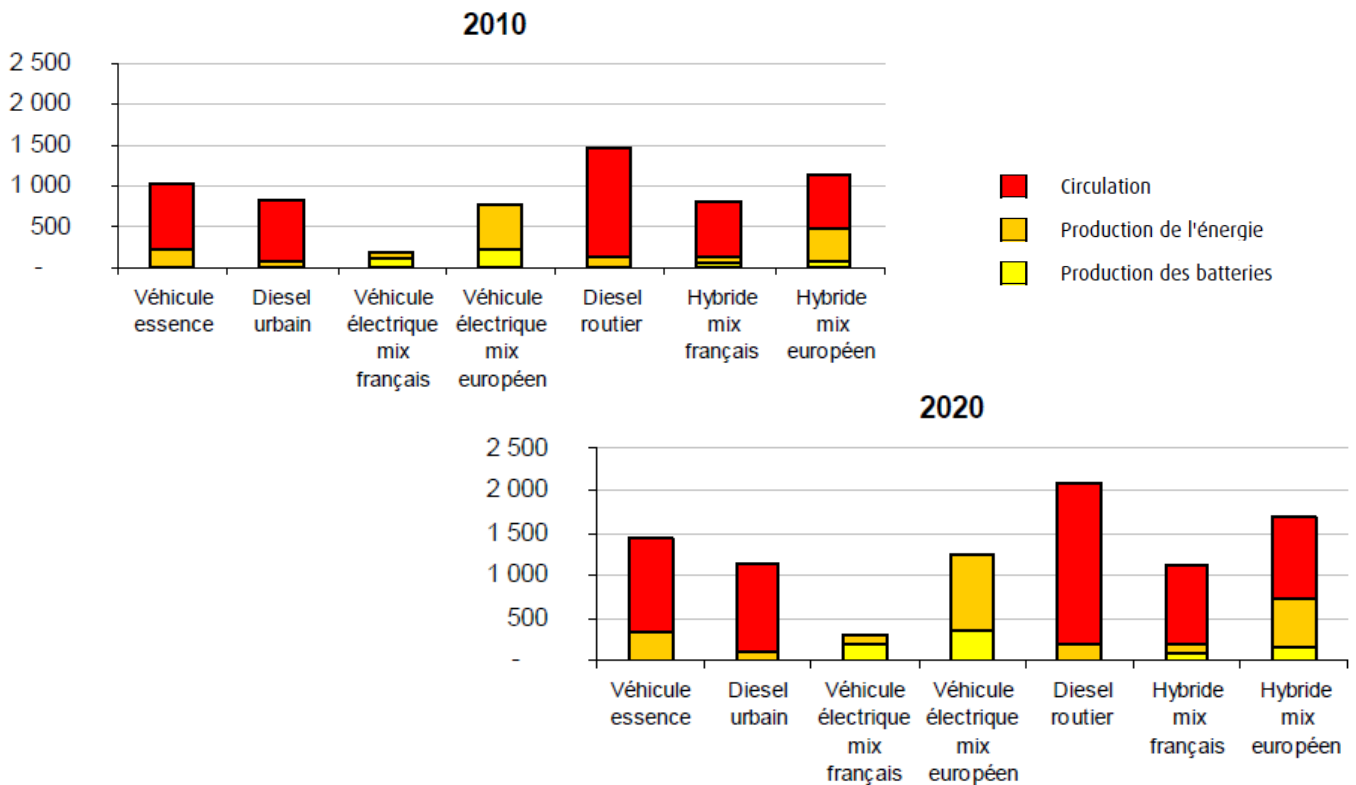


Tabla 17: Coste de CO2 en las diferentes etapas del vehículo en €. Fuente: CGDD

En un vehículo convencional, la principal fuente de emisiones (kg CO<sub>2</sub>) a lo largo de su vida útil es durante el uso del mismo, por lo que, si paulatinamente vamos minimizando su volumen en el mercado, el impacto medioambiental sería menor.

Debido a la variabilidad de los mix energéticos, toma interés el concepto de “smart grids” con la finalidad de optimizar este mix. Ésta “red inteligente” será la responsable de regular los picos de consumo, regulando la demanda de electricidad con el objetivo de evitar que la recarga de los VE se realice con electricidad de origen térmico.

## ESPAÑA

Uno de los principales objetivos perseguidos con la adopción masiva del vehículo eléctrico en España es reducir nuestra dependencia energética del petróleo. Actualmente, el 97% de la energía utilizada en el transporte en España proviene de derivados del petróleo, que importamos en su gran totalidad, y que supone un impacto muy negativo en nuestra balanza comercial exterior.

España apenas produce un 0,2%<sup>49</sup> del crudo que demanda y se ve obligada a importar el resto. Según la Corporación de Reservas Estratégicas de Productos (Cores) el transporte es responsable del 65% de la demanda, siendo el transporte por carretera el principal consumidor, 24,8 millones de toneladas al año – 52,5 % del total -.

Otro dato importante que es preciso tener en cuenta, para saber el efecto directo que tiene sobre la salud, es que en España más de 16 millones de personas respiran a diario aire contaminado procedente de los motores de combustión.

Para que la disminución de uso del petróleo en el transporte tenga una reducción significativa en las emisiones de CO<sub>2</sub> es fundamental que la generación de electricidad también se realice siguiendo criterios para evitar al máximo la generación de CO<sub>2</sub>, realizándola en aquellos momentos en que la presencia de fuentes renovables en el mix de generación de energía eléctrica sea máxima.

Sabiendo la importancia de este mix energético que acabamos de explicar, hay marcas de vehículos que ofrecen a sus clientes de VE o vehículos híbridos enchufables energía eléctrica 100% limpia, el nombre comercial de alguno de estos proyectos son Blue-Power o Audi-Energi, que básicamente es un acuerdo de la empresa germana con Enara, empresa española que se dedica a la producción y venta de energía renovable y libre de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Hoy en día los esfuerzos tanto a nivel gubernamental como de las propias empresas de automoción no se limitan al estudio del balance energético del “pozo a la rueda”, empresas como BMW<sup>50</sup>, en concreto la fábrica que desarrolla sus vehículos eléctricos de la serie “i” utilizan masivamente fuentes renovables propias para el funcionamiento de las mismas, o la propia empresa alemana VW<sup>51</sup>, que vincula la venta de sus vehículos a la plantación de árboles. Quizás un movimiento orientado más al marketing, y que no queda indiferente a nadie.

El compromiso de la marca de Wolfsburgo con el medio ambiente ha sido fuertemente menoscabado con la falsificación de los datos de contaminación de sus motores diesel, escándalo conocido como el #dieseltgate, septiembre del 2015, - y de las emisiones de CO<sub>2</sub>, Noviembre del 2015 -.

En la ilustración 93, se muestra el cartel de Think Blue de Volkswagen en el bosque de Añorbe (Navarra).

La posibilidad de ofrecer energía limpia ha impulsado a otras empresas del ámbito privado, como GridBank, a la creación de baterías de elevada capacidad – 2 MWh - alimentadas con energía renovable, disponibles tanto para los vehículos de movilidad eléctrica como industrias o zonas



Ilustración 93: Bosque de Think Blue. Fuente: VW

<sup>49</sup> Datos facilitados por Eurostat, oficina de estadística de la Comisión Europea.

<sup>50</sup> El 100% de la electricidad utilizada por la planta de producción BMW i en Leipzig se obtiene de fuentes de energía renovable. Fuente: BMW.

<sup>51</sup> El Proyecto se denomina Bosques Think Blue, que con la compra de un vehículo nuevo, se ofrece un árbol de “serie” que se plantará en los bosques Think Blue para compensar las primeras emisiones del vehículo. A su vez, pone a disposición del cliente un pack denominado “CO<sub>2</sub> Neutral”, para contratar mayor número de árboles. En España, los bosques se ubican en Palencia, Navarra, Cantabria y Albacete. Ya se han plantado más de 390.000 árboles. Fuente: VW.

residenciales. Ejemplo de este tipo de baterías son las simuladas en la ilustración 94.

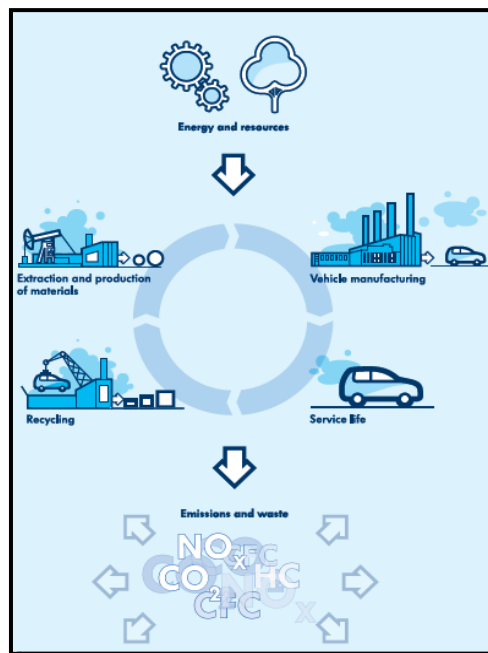


**Ilustración 94: Baterías de GridBank. Fuente: Gridbank**

Pero el impacto de las emisiones no acabaría tampoco en esta fase, para realizar un estudio completo, tendríamos que realizar un análisis de las diferentes fases del ciclo de vida del vehículo – aparte de la producción de la energía eléctrica -:

- Extracción y Producción de materiales.
- Fabricación del vehículo.
- Uso del vehículo.
- Mantenimiento.
- Reciclaje/Retiro del mismo.

Dicho ciclo de emisiones se resume en la publicidad de VW de la ilustración 95.



**Ilustración 95: Emisiones en la vida de un vehículo. Fuente: VW.**



### B.3: Fabricación del Vehículo.

La fabricación del vehículo está fuertemente marcada por la producción de la batería, como se mostró en la última tabla del epígrafe anterior.

El impacto climático en la fabricación de un coche eléctrico es netamente más importante que la fabricación de un coche térmico, según Patterson en su trabajo "Preparing for a life Cycle CO<sub>2</sub> Measure", detalla que las emisiones relacionadas con la fabricación del VE pueden oscilar entre 8,8 y 12,5 toneladas de CO<sub>2</sub>, más del doble que un vehículo movido por combustibles fósiles, que ronda los 5,6 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Ningún medio de comunicación ha hecho mucha incidencia sobre este hecho, pero la ilustración 96 nos proporciona detalladamente la diferencia de cantidad de emisiones.

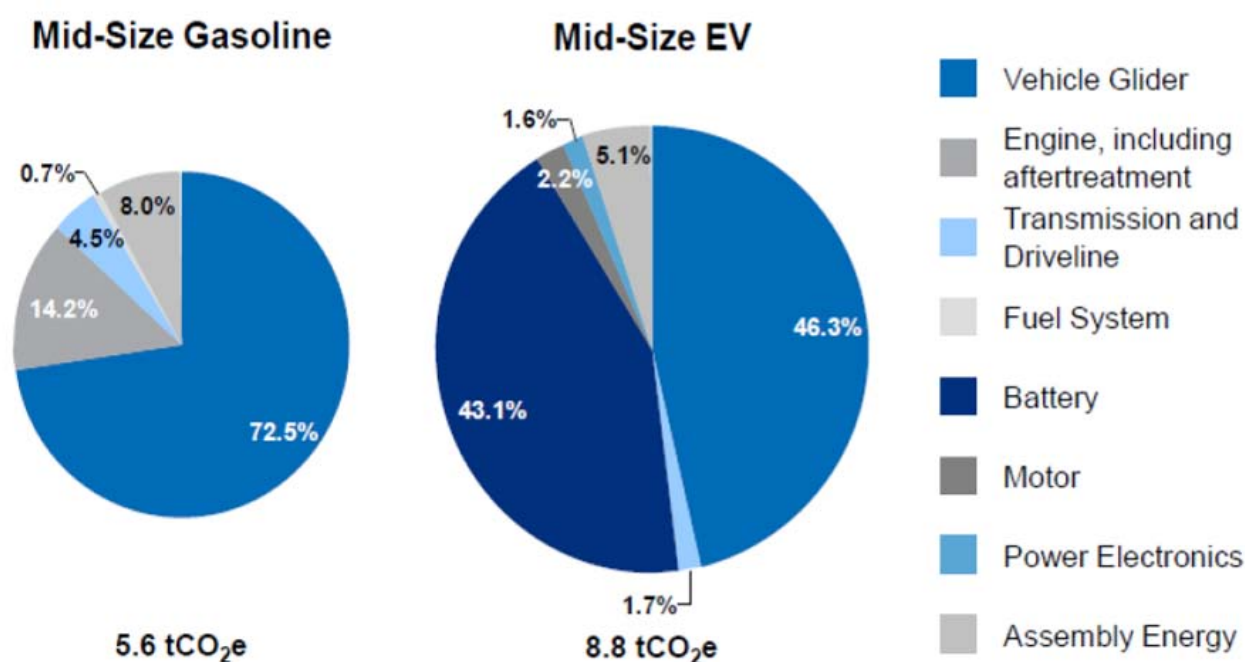


Ilustración 96: Comparativa emisiones emitidas en la fabricación de un VE y un VT. Fuente: Patterson. Preparing for a life Cycle CO<sub>2</sub> Measure

### B.4: Uso del Vehículo.

Comentado en apartados anteriores, sobre la cantidad de emisiones que se emiten en circulación en función del tipo de vehículo y del mix energético de cada país.

Aquí tenemos el mismo condicionante para todos los vehículos, que es el modo de conducción, el cual nos afectará, como es lógico, en el consumo y por lo tanto en las emisiones emitidas. Quien no ha oído hablar de renombrada conducción eficiente,... ¿Pero es necesario este tipo de conducción en un VE? Por supuesto, es más, me atrevería a decir que más que en ninguno, ya que dependiendo de ella tendremos más autonomía o menos, y de esto precisamente no andamos sobrados – menos autonomía, más recargas -.

Aquí los conductores profesionales, los taxistas, suelen indicar que este tipo de coches requieren una conducción por lo general mucho más sosegada. Es más, en algunos países nórdicos existen incluso autoescuelas que te enseñan a conducir un vehículo eléctrico.

Algunos conceptos interesantes, que pueden modificar nuestro estilo de conducción:

- Aunque pueda parecer obvio, es preciso recordar que estos automóviles carecen de ralentí.
- Al realizar un frenado - o al levantar bruscamente el acelerador - , se produce la regeneración de energía, es decir, recargamos nuestras baterías.
- Normalmente este tipo de vehículos disponen de un selector, que dependiendo de la posición del mismo – modo “Eco”, modo “D”, modo “sport”,...- la retención será mayor o menor – es decir, la regeneración -.
- Una conducción eficiente en este tipo de vehículos, aunque pueda parecer contradictorio, es minimizar dentro de lo posible la regeneración de energía, es decir, “jugar” con el pedal del acelerador, pisando suavemente, como si el motor estuviera en “punto muerto”, que ni se gaste energía ni se recupere la misma. Evitas el pico de consumo de energía necesario para recuperar la retención de la frenada o desaceleración brusca. Estamos hablando de ahorros de hasta el 25%, que no es poco<sup>52</sup>. Para esto es necesario un periodo de adaptación y se suele comentar que no son los vehículos idóneos para llevar a cabo una conducción deportiva.
- Si por cualquier razón, no es posible realizar lo comentado en el punto anterior, pues se recomienda las aceleraciones progresivas, y las frenadas suaves y prolongadas. En situaciones de tráfico, prever un poco el movimiento de los vehículos procurando evitar los típicos tirones.
- No es recomendable correr mucho. Cuanto mayor es la velocidad, mayor resistencia aerodinámica y menor nos va durar la batería. Nos va afectar del mismo modo en la autonomía, la subida de puertos y pendientes.
- Estos automóviles suelen disponer de un display que nos indican los kilómetros de autonomía que nos quedan, pero como es muy variable determinar a ciencia cierta esta cantidad, por múltiples factores que estamos comentando, no es bueno que el usuario se fie mucho de estas estimaciones, es algo muy orientativo. No es muy recomendable apurar mucho.
  - Hay coches que cuando se llega a autonomía “cero”, cambian de configuración – a veces indicado con una tortuga en el display -, el vehículo limita las prestaciones de par y potencia para consumir menos energía.
- Días de frío, uso del climatizador, pues,... cuidado. Los motores de combustión generan gran cantidad de calor que es aprovechado para calentar el habitáculo del coche. Primer escollo, ya que esto no es posible en nuestros VE, ya que no genera calor, y al ser un elemento que consume mucha electricidad, la autonomía queda gravemente afectada. Es preciso no abusar de este elemento.
  - Hay trucos, como encender el climatizador cuando el vehículo se está cargando. Algunas marcas ofrecen hacerlo de manera remota.
  - Normalmente se suele disponer de un compresor eléctrico para el aire acondicionado y para la calefacción de un calentador eléctrico con circulación de agua caliente.

---

<sup>52</sup> Experiencia de los instructores de Renault Fluence ZE.



- Tuning, pues como en los coches de combustión, pueden influir sobre el consumo de energía, y casi nunca a favor. Otros factores de este tipo son los cofres en los techos, ventanillas abiertas, remolque...
- Temperaturas muy frías pueden afectar un poco en la autonomía de la batería – alrededor del 5% -.
- Del mismo modo que con los móviles personales, la duración de la batería va siendo cada vez menor, suele haber pérdidas de entre un 10 -15% los primeros 5 años, para posteriormente ser menos sensible esta bajada.

Otros aspectos que no afectan tanto al consumo del vehículo pero deben ser tenidos en cuenta en el día a día de los mismos, pueden ser los comentados a continuación:

- Viajes largos o recorridos que no hemos hecho nunca y desconocemos, se puede, porque no, aunque estemos limitados por la carga de la batería,...pero ojo, tienes que planificar muy bien tu viaje, saber cuándo vas a realizar las paradas de descanso y dónde hay puntos de recarga. Y aquí, a veces hay que cruzar los dedos, a lo mejor queda mal decirlo, pero puede que estén ocupados los pocos puntos de carga que estén disponibles, o peor todavía, que no funcione – que no sería el primero -, y gracia no hace.
  - Lo que se suele hacer es recargar cuando se pueda, es decir, aunque tengas media carga de la batería y estás en un centro comercial, o en un aparcamiento público, aprovecha a recargar aunque sean medias cargas.
  - Disponer de varios tipos de cargadores en el vehículo, por ejemplo, el Mademo y el popular de 220V. Te puede sacar de algún apuro. Por el contrario, ya se te va limitando el maletero por duplicación de elementos.
- Recordar que este tipo de vehículos carecen de marchas como tal.
- Disponen de una aceleración muy elevada. Par elevado desde el inicio. La diferencia entre el vehículo térmico y eléctrico queda reflejada en la ilustración 97.



Ilustración 97: Representación comparativa del par motor coche eléctrico vs coche térmico. Mitsubishi i-MiEV. Fuente: Cesvimap.

## B.5: Mantenimiento.

Aquí difiere si el vehículo es totalmente eléctrico o no. Si fuera el primer caso, muchas de las piezas comunes de los vehículos movidos con combustibles fósiles no serían necesarias cambiarles – y por lo tanto reciclarlas -, como pueden ser las correas de distribución, embragues<sup>53</sup>,...A su vez, debido a su sencillez técnica, disponen de menos componentes y piezas – menor desgaste, más rendimiento y menor mantenimiento (filtros, aceites y lubricantes) -. Se estima que un VE puede tener hasta un 90% menos de número de componentes que un vehículo de combustión interna.

El impacto ambiental referido al mantenimiento de los VE se centraría en:

- Cambios de neumáticos.
- Sustitución de líquido de frenos.
- Filtros de aire.
- Y sustitución del líquido refrigerante de las baterías – suele realizarse cada 150.000 kms, dependiendo de las marcas y de los modelos -. Una de las posibles averías caras que nos puede ocurrir en este tipo de coches, es que se dañe o se rompa la batería, ya que su precio puede rondar los 8.000-15.000 €, dependiendo de modelo y marca<sup>54</sup>,

Algunas empresas piden extremar las precauciones a la hora de intervenir en este tipo de coches cuando haya cualquier atisbo de humedad.

En resumidas cuentas el coste de mantenimiento y su impacto es menor que el de un vehículo convencional. La figura 98 detalla la cantidad de emisiones de cada de las principales fases de la vida del vehículo.

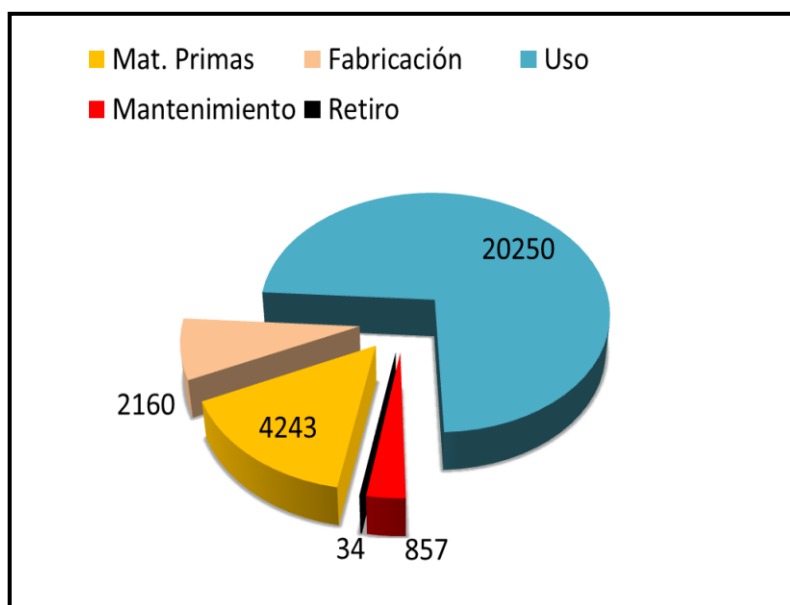


Ilustración 98: Emisiones (kg CO2) en diferentes fases ciclo de vida de un coche convencional - Seat Ibiza 1.9 d - . Fuente: Universidad Católica de Ávila.

<sup>53</sup> En el futuro se rumorea que tendrán embrague, pero no tal cual le conocemos hoy en día.

<sup>54</sup> Hay marcas, como hemos comentado con anterioridad, que disponen de las baterías en régimen de alquiler.

Si fuéramos directamente al bolsillo, es decir, a los euros, el coste de mantenimiento de un híbrido costaría tres veces más que un eléctrico<sup>55</sup>. La tabla 18 nos facilita los datos del estudio realizado por Audatex sobre el coste medio de mantenimiento:

**Tabla 18: Coste mantenimiento. Fuente: Audatex**

Tipo Motor	Coste medio mantenimiento correctivo/preventivos vehículo generalista ( en euros y con un rodaje de 120.000 kms)
<b>Diesel</b>	2.143
<b>Gasolina</b>	2.038
<b>Eléctrico</b>	1.156
<b>Híbrido</b>	3.200

### ***B.6: Reciclado y Reciclaje De Los VE.***

Hemos hablado de la interacción de los vehículos con respecto al medio ambiente desde que se genera su energía de locomoción hasta la llegada al automóvil, y posteriormente las emisiones durante su vida útil. El siguiente paso importante, es el estudio de estos coches cuando ya ha finalizado su vida útil. Y aquí intervienen los conocidos términos de reciclado y reutilizado, los cuales no son siempre muy comprendidos por el gran público.

Según la Directiva Europea 2006/66/CE y 2000/53/CE la cuota de reutilización más reciclado para los vehículos al final de su vida útil debe ser del 85%, y la reutilización más valorización del 95% del peso medio por vehículo a partir del 2015.

Los términos anteriores dependen de la calidad del reciclaje, pudiendo diferenciar tres niveles:

- La reutilización es la mejor forma de reciclaje. Se extraen todas las piezas y conjuntos útiles y se reacondicionan, o directamente se vuelven a emplear para desempeñar la función para la que fueron concebidos.
- El reciclaje de material, que depende de la eliminación y recogida de plástico, metal, vidrio y otros materiales, separados por categoría en el mayor grado posible. Estos se compactan y reutilizan como materia prima en la fabricación de nuevos componentes.
- Y el reciclado térmico, que utiliza materiales de alto contenido energético como fuente de combustible para producir calor en la generación, por ejemplo, de energía eléctrica. Actualmente este término se denomina valorización energética.

Sería también necesario tener en cuenta las emisiones que se producen durante la etapa de reciclado/reciclaje. A modo de memorándum la ilustración 99 nos enseña los principales componentes del VE.

---

<sup>55</sup> Estudio " Vehículo y ahorro según motorización" realizado por Audatex

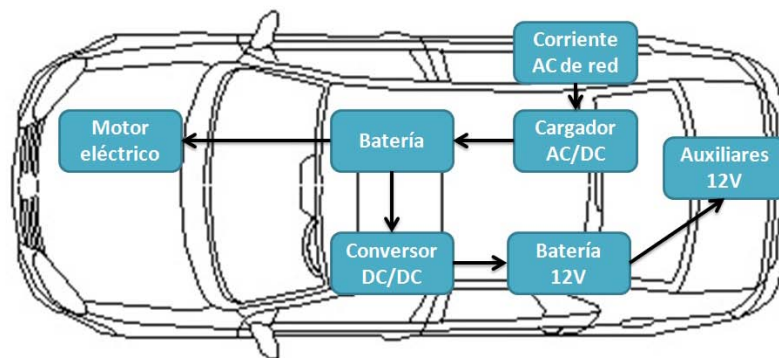


Ilustración 99: Componentes principales VE. Fuente: Endesa.

En este punto, al igual que en el mantenimiento, las diferencias son notables entre los híbridos y los eléctricos, ya que, por un lado, el VE dispone como componentes principales a reciclar la batería, inversores – dependiendo de la corriente de trabajo -, convertidores, baterías auxiliares de 12 V, y algunos elementos auxiliares,...

Sin embargo, en los vehículos híbridos, se disponen de los componentes que forman parte de la técnica de combinar un motor de combustión interna con uno eléctrico.

Pero de todos los componentes anteriores, el que sin duda conllevará un mayor esfuerzo de reciclaje por su peso y por su dificultad, son las baterías.

### B.6.1: Batería De Los VE.

Se estiman que pueden durar unos 10-12 años, como unas baterías convencionales, pero con la capacidad de retener un 70% de su capacidad inicial de carga – un valor menor de este porcentaje se considera que no es válido para la automoción -. Si de por sí la autonomía de dichos vehículos no es muy elevada, al reducirla un 30% inicial podría ser insuficiente para muchos usuarios.

Debido a la escasez del número de coches eléctricos dentro del parque automovilístico mundial, y por lo tanto, el escaso número de coches/baterías que han llegado al final de su vida útil, no se ha desarrollado un proceso estándar y común para el tratamiento de dicho elemento, existiendo diferentes vías de actuación. Dificultándose más todavía al usar cada marca su propia tecnología.

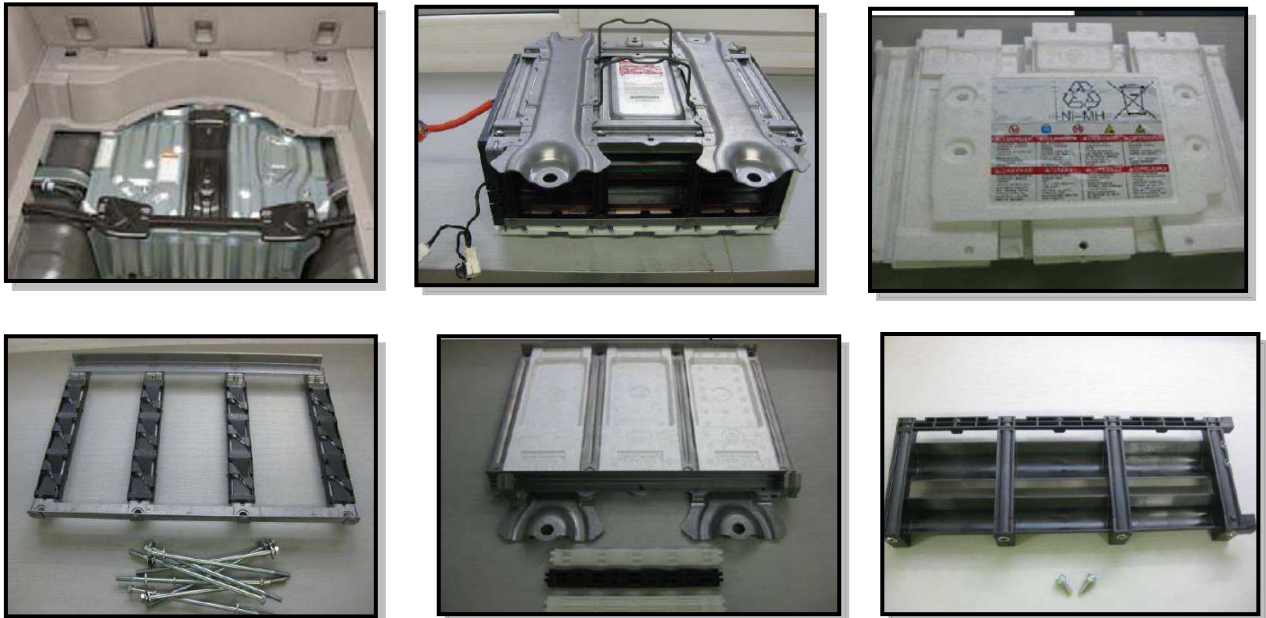
Actualmente se clasifican el reciclaje y tratamiento de las mismas en función de su naturaleza de residuo peligroso, no peligrosos y/o mercancía peligrosa<sup>56</sup>, tabla 19 - es decir, en función de esta clasificación existen diferentes protocolos de actuación a la hora de adquirir, transportar o manipular este tipo de baterías -.

Tabla 19: Clasificación Baterías. Fuente: INDUMETAL

Batería	Pb	NiCd	NiMH	Li-ion
Residuo No Peligroso (RnP)	X	X	V	V
Residuo Peligroso (RP)	V	V	X	X

<sup>56</sup> Fuente Ametic.

Como concepto general, una vez extraídas las baterías de los vehículos, desacoplamos el resto de los elementos que no son propios de la batería, como puede ser la tornillería, refuerzos metálicos de plástico,....que serán recicladas las de origen metálico y valorizadas las de origen plástico. La disposición final de dichos componentes sería como la mostrada en la ilustración 100.



**Ilustración 100: Batería en el vehículo (arriba-izquierda). Batería desalojada del vehículo (arriba-centro). Protección de PP expandido (arriba-derecha) – página anterior -. Refuerzos y uniones metálicas (abajo –izquierda). Refuerzo metálico y uniones plásticas (abajo-centro). Refuerzo plástico (abajo-derecha). Fuente: INDUMETAL**

Posteriormente se suele realizar un tratamiento piro metalúrgico con el objetivo de recuperar metales valiosos – como el cobalto, cadmio<sup>57</sup> y el níquel, hidruros metálicos -, o un tratamiento hidro metalúrgico para recuperar el litio<sup>58</sup>.

Al venderse más vehículos híbridos que eléctricos, hay – y habrá viendo la incipiente llegada de nuevos productos - una mayor demanda de reciclaje de baterías de níquel e hidruro metálico.

La mayoría de los reciclajes se realizan en la planta alemana de la compañía Accurec. Está previsto que en breve la empresa francesa Recupyl abra en Azuqueca de Henares (Guadalajara) la primera planta de reciclado de acumuladores.

En resumen, pese a las dificultades del proceso, se puede extraer los metales que componen las baterías de los VE, la cuestión es, ¿a qué precio ecológico? Ya que estos procesos consumen mucha energía<sup>59</sup>, es decir, emisiones. Tal es así, que trabajando con el mix energético de nuestro vecino francés, el beneficio ecológico sería claramente a favor del eléctrico frente al térmico, a partir de los 50.000 kms y no antes – en Alemania habría que esperar hasta los 100.000 kms -.

El estudio nos da a entender que habrá un menor impacto ambiental cuanto mayor uso intensivo hagamos del vehículo, es decir, lo ideal serían las flotas, servicios públicos o coches de alquiler, y no

<sup>57</sup> El cadmio es un metal extremadamente tóxico.

<sup>58</sup> Son los principales tipos de baterías, de Li o de Ni

<sup>59</sup> Estudio realizado por Ademe.



tanto un uso particular o privado, que se caracteriza por recorridos urbanos de cómo mucho 40 kms diarios,

Ante lo cual se está trabajando en la búsqueda de nuevos materiales para la construcción de las baterías, buscando un menor potencial de acidificación, una menor emisión a la hora de fabricar dichas baterías y una mayor facilidad de reciclaje.

## UNA SEGUNDA VIDA

Otra de las alternativas que se está trabajando es la de dar una segunda vida a este tipo de baterías – como una manera de retrasar su posterior reciclaje - , optimizando los parámetros de trabajo durante este período, y mejorando la fiabilidad. Algunas de las opciones que se han barajado son las siguientes:

- Para potenciar las energías renovables como la eólica, ya que al ser una fuente impredecible, contando con una mayor producción en las horas de menor consumo, se necesita unas “baterías”, para capturar esa energía y poder utilizarla en los momentos de mayor demanda.
- - Actualmente el proyecto “Second Life Batteries”, con BMW, Bosch y en colaboración con el grupo alemán público Vattenfall, están llevando en práctica este uso. También la marca americana GM, ilustración 101, aprovecha las baterías de sus vehículos híbridos.
- Como complemento a los paneles solares, sobre todo para países como Alemania, con malas condiciones de radiación solar, se hace interesante el uso de acumuladores de este tipo. Tanto a nivel particular como de empresa.



Ilustración 101: Baterías del Chevrolet Volt, para el uso en central eólica. Fuente: GM

## **B.7: Puntos de Carga.**

En último término, no podía faltar la interacción en el medio de los puntos de carga, elemento indispensable para poder suministrar electricidad a nuestros vehículos.

Podríamos clasificar las infraestructuras en:

Lugar de Carga	Tipo de Carga
Domicilio	Carga Lenta
Parque Público o Privado	Lenta/Rápida
Electrolinera	Carga Rápida

El impacto ambiental es ínfimo comparado con la de las propias gasolineras, ya que disponen menor espacio para su ubicación y menor movimientos de tierras. Pudiéndose instalar casi en cualquier sitio dentro de la urbanización. Se pueden instalar electrolineras en menos de 24 horas.

Las de parque público o privado - y las futuras electrolineras -, suministran la energía gracias a la energía renovable<sup>60</sup> más la ayuda de un equipo de almacenamiento energético, con la capacidad de poder compensar la potencia activa y reactiva.

## **B.8: Contaminación Acústica.**

No será correcto finalizar esta parte del anexo, sin incidir sobre el impacto acústico de estos automóviles, no en vano, es una de sus principales características, siendo en el día a día, un arma de doble filo, ya que por un lado son “totalmente<sup>61</sup>” silenciosos, con el elevado grado de confort que ello conlleva, pero por contra, dicha ausencia de ruido provoca o puede provocar un elevado número de accidentes a los peatones despistados, y ni que decir tiene a las personas discapacitadas – hay estudios que estipulan que el riesgo de accidentes de estos vehículos es un 35% superior -.

Para combatir esta problemática, como se ha comentado con anterioridad, las marcas están haciendo estudios y pruebas, con la finalidad de que estos tipos vehículos emitan ruidos pero de manera artificial – con un altavoz<sup>62</sup> -. La ilustración 102 indica dónde se ubica el altavoz en el Toyota Prius.

Debido a la reclamación de diferentes asociaciones sobre este tipo de inconveniente que ofrecían los VE, las administraciones de Estados Unidos y de Europa tomaron la decisión de obligar por Ley a los fabricantes de incorporar un sistema de aviso acústico a baja velocidad – por debajo de 30 km/h - que

---

<sup>60</sup> Cuando usan energía solar se denominan fotolineras. La primera instalación de estas características en España se ha instalado en el Jardín Botánico de la Universidad de Alcalá. Produce una potencia eléctrica para la carga simultánea de varios vehículos, y en caso de que no haya ningún vehículo conectado, la energía generada se consume por el resto de la instalación del jardín botánico, disminuyendo así su factura energética. Este tipo de instalaciones que combinan la generación local fotovoltaica junto con la carga de vehículos eléctricos se verán favorecidas por la futura ley de autoconsumo eléctrico, actualmente en fase de borrador.

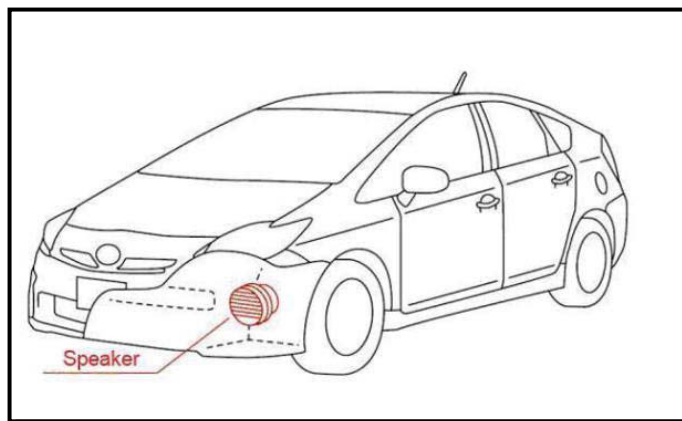
<sup>61</sup> Pese a no emitir ruidos por su mecánica, emiten ruidos tanto por su rodadura como por su aerodinámica. Pese a ello, según Ademe – Agencia del Medio Ambiente y Control de acceso a los puntos limpios -, un VE emite entre 10-15 decibelios menos que un vehículo térmico, a velocidades de entre 10 a 40 km/h.

<sup>62</sup> Existen vehículos en el mercado, que simulan el ruido del vehículo, pero en vez de dirigirse a los peatones, está orientado a los propios conductores, ejemplo de ello es el Renault Clio RS, que puedes elegir el ruido de un Nissan GT-R, o del R8 Gordini.



no pudiera ser desconectado. Poniendo como fecha límite el 2016 <sup>63</sup>, en el mercado americano y 2019 en el viejo continente.

Actualmente algunos vehículos disponen de un sistema desconectable de emisión de ruidos.



**Ilustración 102: Vehículo híbrido con altavoz de emisión de ruidos. Fuente: Toyota**

Pero el desarrollo de esta ley está encontrando algunas trabas, ya que los propios usuarios de los automóviles justifican su compra por lo silenciosos que son, y no estarían dispuestos a que sus coches emitieran ruidos, y mucho menos el ruido mínimo establecido por ley, que le consideran muy elevado.

Y la siguiente problemática es, ¿Cómo debe de sonar un vehículo eléctrico?. Y que fuera lo suficientemente determinante para que no fuera confundido por otro tipo de ruido que existiera ya en la naturaleza. Y a mayores, que dicho sonido nos ayude a determinar la ubicación, velocidad y dirección del coche. Y pos si no fuera poco, llegar a un acuerdo o una estandarización entre todas las marcas, con lo que ello implica.

¿Imitar el sonido de un motor de combustión? No tendría mucho sentido, ¿el sonido del viento o de los pájaros? ¿Y personas invidentes como lo podrían diferenciar? Es un asunto que todavía está sin resolver y con muchas puertas abiertas.

---

<sup>63</sup> Se ha pospuesto hasta el 2018.



## **ANEXO C: ESPAÑA: ENERGÍA Y CENTRALES ELÉCTRICAS.**



## **C.1: Introducción**

En este apartado del Anexo, vamos a detallar los datos facilitados en el capítulo 3, Energía Eléctrica, indicando los principales tipos de centrales<sup>64</sup> que existen en España, y su posible incidencia en la curva de demanda nominal.

## **C.2: Historia: Una mirada hacia atrás.**

Breve pincela, para hacernos un estado de lugar, y saber donde estábamos y donde estamos actualmente, y así mismo comprender un poco la evolución que hemos experimentado.

La verdadera revolución tecnológica y eléctrica, como lo entendemos actualmente, se desarrolla en Europa a lo largo de los últimos años del siglo XIX y principios del siglo XX, pero a nuestro país su incidencia a gran escala llegaría a cuenta gotas y ligeramente más tarde.

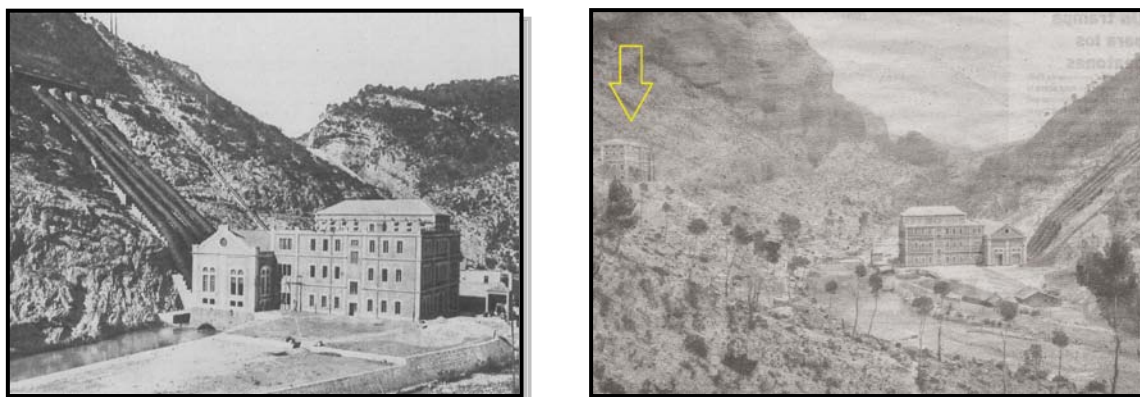
Los primeros pasos de la industria eléctrica tuvieron lugar el 1875<sup>65</sup>, en Barcelona, con la construcción de la primera central eléctrica, destinada a la iluminación de algunos establecimientos y talleres. Constaba de 4 motores de gas de 50 caballos cada uno, que movían otras tantas máquinas Gramme – dinamos que producía corriente continua - de 200 voltamperios.

Hasta a principios del siglo XX la energía no se podía transportar a grandes distancias, debido a la cual, las centrales se ubicaban lo más cerca posible de los centros de consumo.

La utilización de la electricidad para el alumbrado público comenzó en 1881, cuando entró en funcionamiento la primera central eléctrica de Madrid. Coincidiendo con el año en el que se constituye la Sociedad Española de Electricidad.

Poco a poco se electrificaban las ciudades de España, haciendo su aparición por aquella época las primeras Empresas de alguna importancia para la producción y distribución de energía eléctrica.

La ilustración 103 muestra una de las primeras centrales hidroeléctricas ubicadas en la península.



**Ilustración 103: Central Hidroeléctrica en el Molinar de Ves, año 1907. Flecha amarilla, ubicación del edificio de distribución de alta tensión. Fuente: blog de olmodevilladeves**

<sup>64</sup> El parque español de generación representa el 28% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>.

<sup>65</sup> Anteriormente, en 1952, en Barcelona, el farmacéutico Francisco Domenech iluminó su botica, mediante un método de su invención; en el mismo año, en Madrid, se iluminó la plaza de la Armería y el Congreso de los Diputados mediante una pila galvánica.

Contrastaba el fuerte repunte de las centrales térmicas con el lento avance<sup>66</sup> de las centrales hidroeléctricas, aparecidas por el año 1885 en diversos puntos de la península y asociadas en la mayoría de los casos a industrias manufactureras o a pequeños molinos. Orientadas principalmente para el pequeño consumo propio o como mucho al alumbrado de algún pueblo cercano.

En 1901 se publica la primera estadística oficial, indicando la existencia de 859 centrales eléctricas con una potencia total de 127.940 caballos a vapor, de esta cifra 648 se dedicaban a la producción del servicio público y el resto a usos particulares. El 39% tenían como fuerza motriz la energía hidráulica.

Una vez resueltos los problemas del transporte a grandes distancias cambiaron las tornas en su expansión entre las centrales térmicas y las hidroeléctricas. En el año 1929, el 81% de la producción era hidroeléctrica.

En los siguientes años el incremento de la potencia instalada es exponencial, llegando a niveles del 10% anual. Produciéndose en los siguientes 30 años una multiplicación de por 10 en la capacidad de producción.

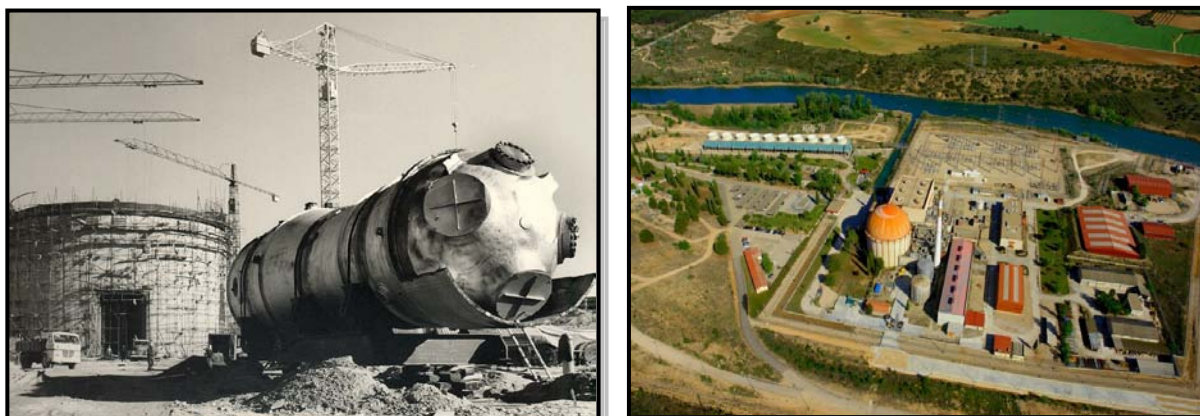
La guerra civil, 1936-1939, supuso una paralización en el parque eléctrico. Y dicha situación tampoco mejoró en los años inmediatamente posteriores debido, como es lógico, a la precaria situación económica del país – incapacidad de realizar grandes obras – y la imposibilidad de importar bienes de equipo que la industria española no podía producir.

Situémonos que en el periodo de post-guerra hasta 1959, la capacidad de producción en España no era suficiente para satisfacer la demanda, los cortes de luz eran frecuentes y había grandes restricciones eléctricas.

En 1944, se crea UNESA – Asociación Española de la Industria Eléctrica – con la finalidad de agrupando las principales compañías eléctricas del país poder coordinar, organizar y satisfacer la demanda de energía de España como si una única empresa gestionara todos los medios de producción y transporte.

Desde principios de los años '50 hasta avanzada la década de los '70, se construyen las grandes centrales hidroeléctricas y térmicas con potencias próximas a los 1.000 MW y se ponen en servicio las primeras centrales nucleares.

La primera central nuclear, Central de José Cabrera o Zorita<sup>67</sup>, ilustración 104, entró en operación comercial en agosto de 1969. El consumo de gas natural también se fija en 1969.



**Ilustración 104: Central Nuclear Zorita. Izda, llegada del generador de vapor a la central (1966).Fuente: Foro Nuclear**

<sup>66</sup> Principalmente por el elevado coste de las obras y la gran pérdida en el transporte.

<sup>67</sup> Actualmente en desmantelamiento.

Con un contexto en el que el precio del petróleo era muy bajo, se construyeron grandes plantas cuya fuente era dicho hidrocarburo, cambiando la estructura de generación, de un 84% de origen hidroeléctrico en 1960, a un 39% en 1973.

En 1973 la potencia instalada superaba los 23.000 MW, y la red de transporte con tensiones de más de 110 kV superan los 10.000 km.

Pero en 1973 la crisis energética<sup>68</sup> cambió el planteamiento de la política energética, produciéndose la aprobación del primer Plan Energético Nacional (PEN) de 1975, impulsando la construcción de centrales nucleares y de carbón.

Quizás demasiado tarde, pero hay que tener en cuenta que se había invertido fuertemente en los últimos años en modernas centrales con dependencia del petróleo.

La crisis se agravó, y fue necesario un PEN en 1979, disminuyendo más si cabe en consumo de crudo, y promoviendo la cogeneración y las renovables.

A finales de 1983, el carbón representaba el 45% de la producción total y la energía nuclear el 30%. En 1973, antes de la crisis, el porcentaje era 18% el carbón, 8% la nuclear.

La revisión del PEN en 1983, año en el que se detuvo la subida del petróleo, supuso la parada de cinco grupos nucleares en construcción.

A partir de los años 90, comienza un periodo de pre-liberalización del sector energético, como consecuencia de las políticas de la UE, Ley 54/1997, cuyos objetivos estaban marcados a la liberalización e introducción de la competencia en el sistema eléctrico.

En el período 1996-2001, la demanda de electricidad se incrementó en más de un 30%, muy por encima de las previsiones. Este hecho fue acompañado de un incremento aún mayor de la demanda punta (44%), que es la variable fundamental de cara a determinar las necesidades de infraestructuras eléctricas, tanto de generación como de transporte y distribución. El sector eléctrico se vio con importantes dificultades para atender puntualmente este crecimiento no previsto, debido a los plazos de desarrollo que requieren todas estas infraestructuras y debido a la liberalización del sector y la consecuente ausencia de un sistema regulatorio predecible.



Ilustración 105: Izda: Planta Solar de SanLúcar la Mayor (Sevilla). Dcha: Parque Eólico de Maranchón (Guadalajara).

## SIGLO XXI

El cambio de siglo se ha caracterizado por un el auge de las energías renovables, como las mostradas en la ilustración 105, debido a los compromisos medio ambientales adquiridos – Compromiso 20/20/20

---

<sup>68</sup> Crisis del petróleo de 1973, gran efecto inflacionista del precio del petróleo.



y la problemática del cambio climático - y la mejora de la eficacia de las tecnologías a emplear, dirigiéndose hacia lo denominado “Generación Distribuida<sup>69</sup>” de energía eléctrica.

Las diferentes regulaciones legislativas están afectando de manera directa en la implantación de las energías renovables, principalmente en las eólicas y en las solares.

También ésta época se caracteriza por la decreciente incidencia en el mix total del carbón, como queda netamente señalado en la ilustración 106.

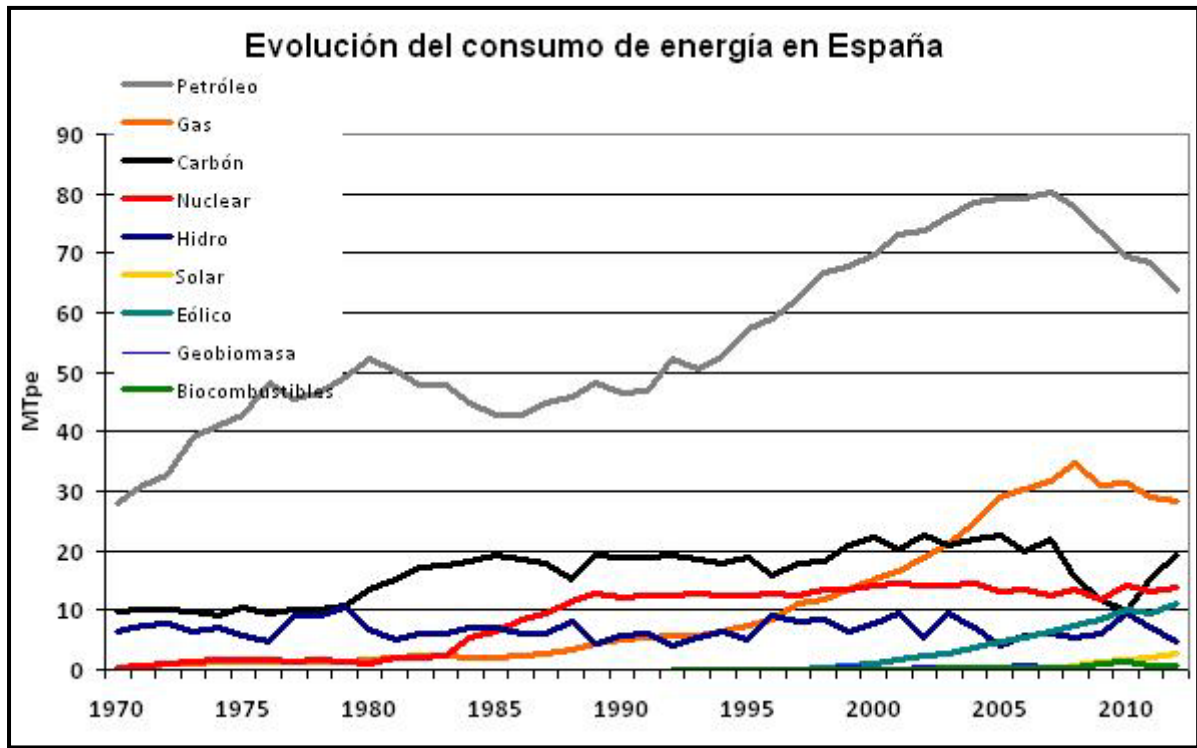


Ilustración 106: Evolución del consumo de los distintos tipos de energía en España en Mtppe desde 1970 hasta 2012. Fuente. BP Statistical Review of World Energy. 2013 con datos de 2012.

### C.3: Tecnología

En este capítulo se explicará la filosofía de cada una de las técnicas utilizadas para la obtención de electricidad.

A grandes rasgos, podemos decir, que la conversión a partir de una fuente de energía primaria hacia electricidad se realiza a través de un generador eléctrico o un alternador. Se usa una fuente de energía bien directamente – hidráulica, eólica,...-, o indirectamente – mediante la conversión de un líquido en un vapor – termoeléctricas clásicas, nucleares,...- que pone en movimiento una turbina y un alternador asociada a ella.

En función de las fuentes de energía primaria utilizadas en las centrales eléctricas se pueden clasificar en:

<sup>69</sup> Los puntos de generación y de consumo se encuentran más próximos, y las pérdidas de transporte y distribución disminuyen drásticamente.

### C.3.1: Centrales Hidroeléctricas

Basadas en el que el agua de una corriente natural o artificial, por efecto de un desnivel, actúa sobre un grupo turbina hidráulica –alternador, dando lugar a la producción de energía eléctrica. Es decir, aprovecha la energía potencial gravitatoria – masa a una cierta altura – y la convierte en energía eléctrica mediante turbinas hidráulicas acopladas a generadores eléctricos.

Existen muchos tipos de centrales hidroeléctricas dependiendo de la presión, directamente relacionada con el desnivel de la presa, de su concepción arquitectónica, si es al aire libre o en caverna, del régimen del flujo, destacando las de bombeo<sup>70</sup> o reversibles dentro de las otras de regulación, embalse o agua fluente.

Componentes y ubicación de los mismos mostrados en la ilustración 107.

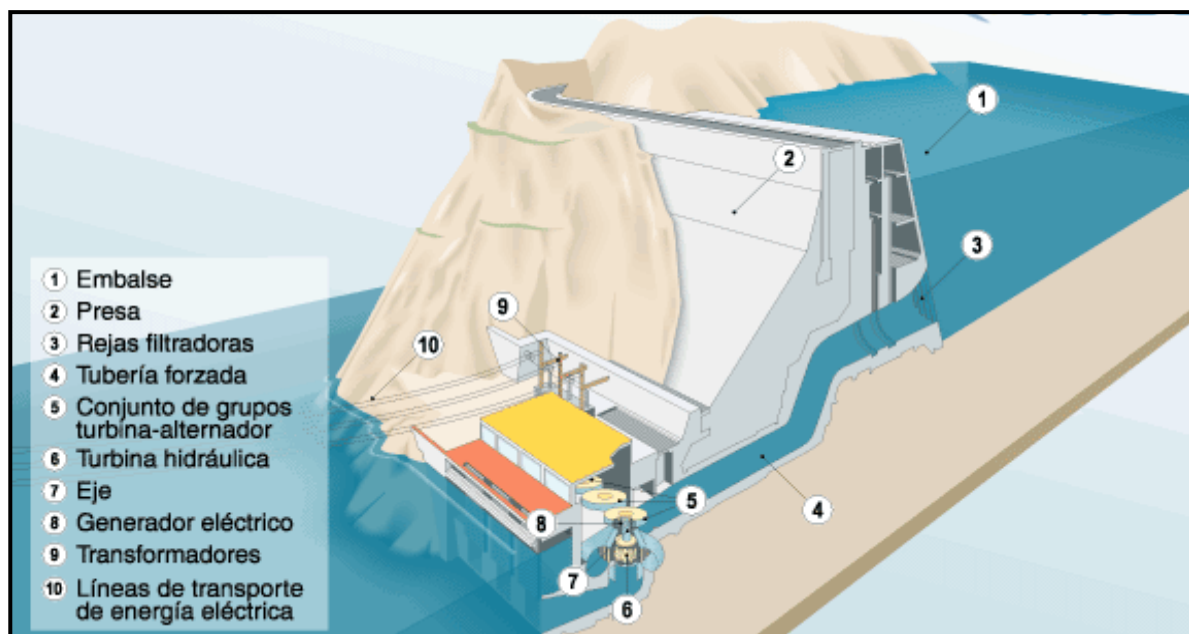


Ilustración 107: Central hidroeléctrica. Fuente: Unesa

También destacan dentro de las centrales hidroeléctricas, las centrales mareomotrices, caracterizadas por el flujo y el reflujo de las mareas.

España cuenta en la actualidad con cerca de 800 centrales hidroeléctricas, pero con un rango de tamaño muy variado. Las 20 centrales de más de 200 MW representan en su conjunto el 50% de la potencia hidroeléctrica total instalada. En el otro extremo, existen centenares de pequeñas instalaciones con potencias menores de 20 MW.

La tendencia es la búsqueda de una mayor eficacia y una mejora de los rendimientos de las instalaciones en funcionamiento. Las propuestas se dirigen a la rehabilitación, modernización, mejora o ampliación de las centrales ya existentes.

#### INCONVENIENTES

<sup>70</sup> Es un tipo especial de central hidroeléctrica que dispone de dos embalses. El agua del embalse inferior es bombeado durante las horas de menor demanda eléctrica al depósito superior, para posteriormente turbinarla, es decir, generar electricidad en las horas de mayor consumo eléctrico.

- Fuerte impacto medioambiental, tanto en su construcción como en su infraestructura, y tanto a nivel de modificación del terreno como de la propia fauna.
- El tiempo de construcción es muy elevado.
- Los costes de inversión por KW instalado son elevados.
- Generalmente ubicados en lugares alejados de los puntos de consumo, y por lo tanto, los costes en infraestructuras de transporte se disparan.
- La generación de energía está fuertemente influenciada por las condiciones meteorológicas y puede variar de una estación a otra.

## VENTAJAS

- Alternativa a la quema de combustibles fósiles, o a la energía nuclear, que satisface a la demanda sin generar residuos, cenizas o emisiones contaminantes.
- Tiene costes de explotación y mantenimiento bajos.
- Las turbinas hidráulicas son de fácil control y con costes de mantenimiento reducido.
- Suelen ser utilizados para la mejora del regadío de los terrenos colindantes, como protección contra las inundaciones o para suministrar agua a las poblaciones más próximas.

## C.3.2: Centrales Térmicas

En las centrales térmicas convencionales se quema el combustible fósil – carbón, gas, fueloil o mixtas - en una caldera, con la finalidad de generar una energía calorífica y evaporar el agua. El vapor de agua a alta presión mueve unas turbinas de vapor, convirtiendo la energía calorífica en energía mecánica, que posteriormente se transformará en energía eléctrica.

Componentes y ubicación de los mismos mostrados en la ilustración 108.

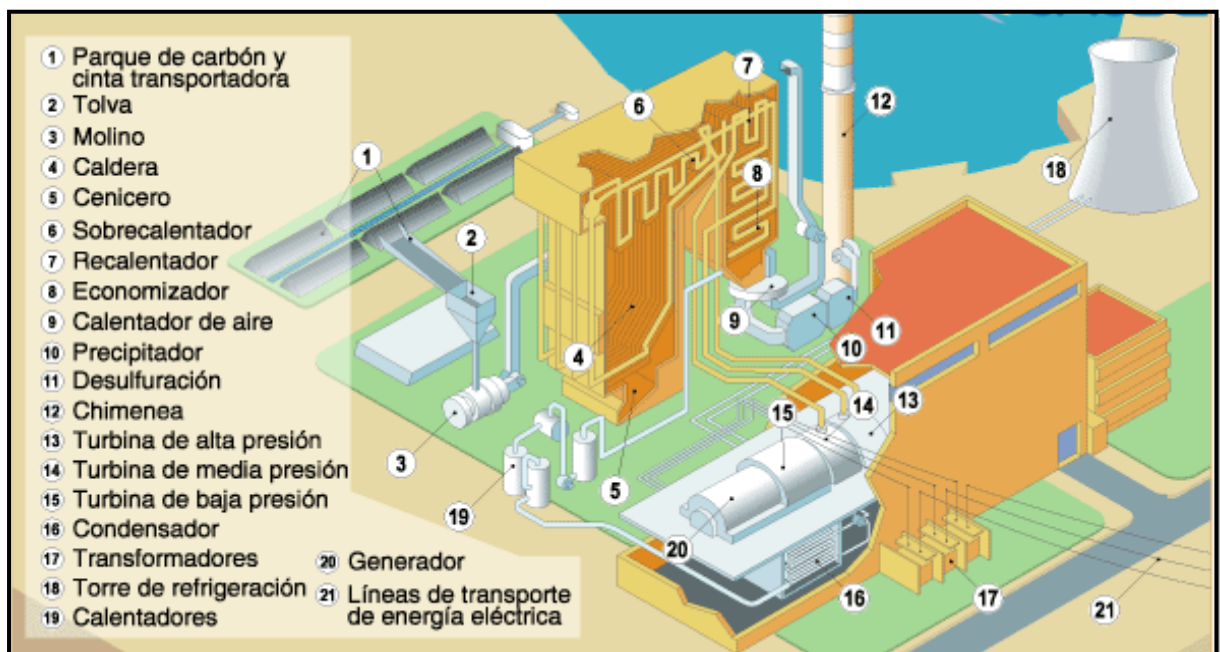


Ilustración 108: Central Térmica Convencional de Carbón. Fuente: Unesa

En España hay en funcionamiento unas 200 centrales térmicas, con una potencia total instalada de más de 27.000 MW, pero las 6 más grandes suponen la cuarta parte de la potencia térmica convencional instalada, y el 12% del total de la potencia eléctrica.

### INCONVENIENTES

- Emisiones de residuos a la atmósfera, proveniente de la combustión de los residuos sólidos.
- Transferencia térmica, que pueden provocar el calentamiento del río o del mar.
- Está muy vinculada su ubicación a la cercanía de un río o mar.

### VENTAJAS

- Relacionadas esencialmente al aprovechamiento de las minas de carbón autóctonas.

### C.3.3: Centrales Eólica o Parques Eólicos

En este caso la energía cinética del viento se transforma directamente en energía mecánica rotatoria mediante un aerogenerador. Se utilizan unas palas que transmiten la energía del viento al rotor de un generador.

Dado el carácter aleatorio de la producción de dicha electricidad, dichas instalaciones disponen de una fuente auxiliar para garantizar en todo momento el suministro de energía eléctrica. También disponen de una toma de tierra, para evitar la electricidad estática.

Componentes y ubicación de los mismos mostrados en la ilustración 109.

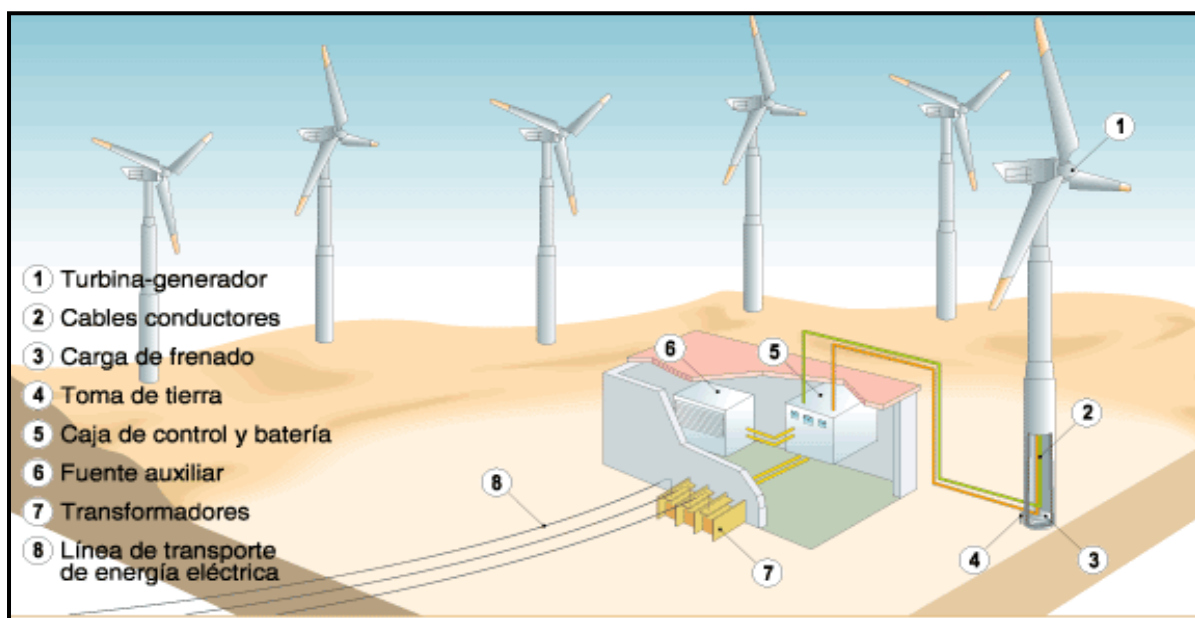


Ilustración 109: Central Eólica: Fuente: Unesa

Existen algunos aerogeneradores que disponen de control de velocidad, dentro de unos límites, que regulan la velocidad de las palas independientemente de la velocidad del viento.

Existen diferentes tipos, dependiendo de la posición del aerogenerador y de su orientación con respecto al viento.

La potencia instalada a 31 de diciembre de 2014 en España era de 22.986,5 MW.

## **INCONVENIENTES**

- Incertidumbre respecto a la disponibilidad del viento, por lo que no puede ser utilizada como fuente de energía única, debiendo ser respaldada por otras fuentes de energía..
- Impacto visual, ante lo cual se suele “jugar” con la distribución y la orografía del lugar.
- Impacto sobre las aves. Se suelen implantar programas de vigilancia y seguimiento.
- Modificaciones de la flora y de la fauna del lugar.
- Efecto sonoro. Con la transmisión del propio sonido por el viento.
- El impacto por erosión. Movimientos de tierra para la preparación de los accesos al parque eólico.
- Interferencias electromagnéticas: Las aspas en movimiento pueden interferir en las ondas de radio, telefonía, televisión,...

## **VENTAJAS**

- 100% renovable – no contamina y es inagotable -, evitando la importación de combustibles fósiles.

Debido a la naturaleza variable de la energía eólica y a la gran capacidad instalada en el sistema eléctrico español, llegando a cubrir puntualmente más del 60% del consumo nocturno, ocasionalmente no resulta posible consumir toda la energía eólica nocturna que podría inyectarse a la red y por tanto, se desaprovecha.

### C.3.4: Centrales Nuclear

Son instalaciones en las que se aprovechan el calor obtenido mediante la fisión de los núcleos de uranio para producir energía eléctrica ¿Cómo? Pues el calor generado en la reacción se utiliza para convertir un líquido – generalmente agua – en vapor, pasa a una turbina-generator y desde allí energía eléctrica – como si fuera una central térmica convencional –.

Componentes y ubicación de los mismos mostrados en la ilustración 110.

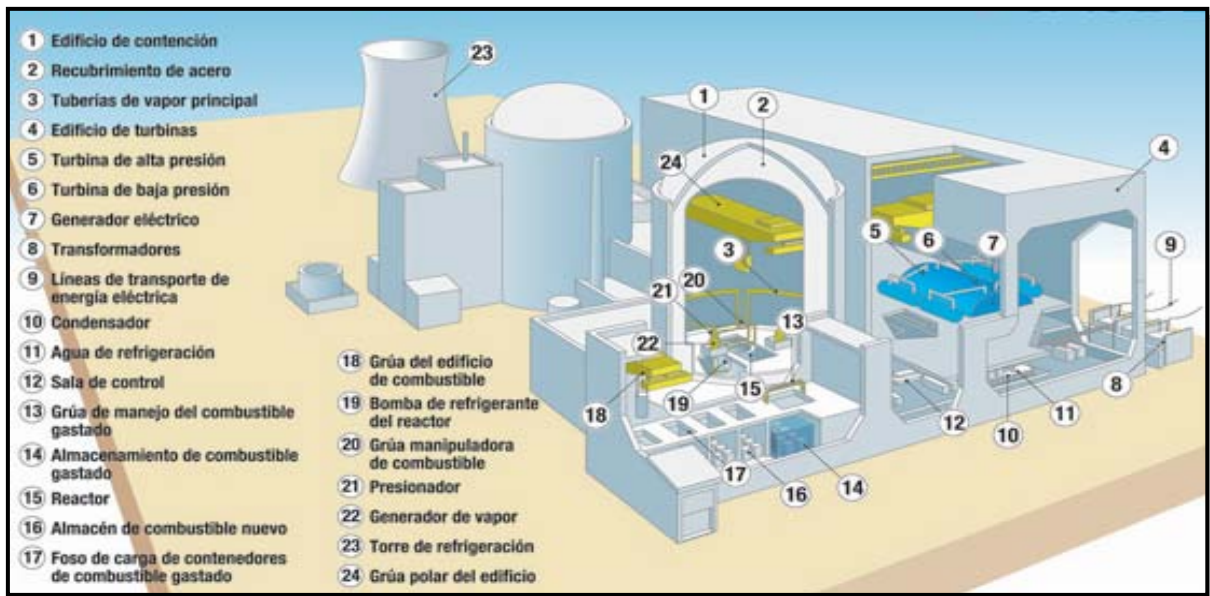


Ilustración 110: Central Nuclear: Fuente: Unesa

Existen diferentes tipos de centrales nucleares dependiendo del moderador que se utilice, es decir, en esencia dependiendo del tipo de combustible y del tipo refrigerante. Podemos destacar el reactor de agua ligera (reactor de agua a presión o de agua en ebullición), el reactor de agua pesada, de uranio natural, gas y grafito, reactor avanzado de gas, reactor de grafito y agua ligera.

En España se encuentran en funcionamiento 6 centrales nucleares, todas ellas en la península, de las que la de Almaraz y Ascó tienen dos reactores cada una. Son 8 reactores de agua ligera con una potencia total instalada de 7.728 MWe.

#### INCONVENIENTES

- Contaminación térmica de las aguas en las inmediaciones de la central.
- Difícil gestión de los residuos nucleares generados. Los residuos tardan mucho en perder su radioactividad y su peligrosidad.
- Los reactores nucleares, una vez construidos, tienen su fecha de caducidad. Es por tanto necesario una fuerte amortización. Podemos decir que la energía generada es barata comparada con los costes del combustible, pero al tener que amortizar se encarece muchísimo.
- Suelen ser objetivos de organizaciones terroristas.
- Generan dependencia del exterior, no todos los países disponen de minas de uranio y no todos los países disponen de tecnología nuclear.

- Posible explosión y radiación nuclear.

## **VENTAJAS**

- Pese que a muchas personas no lo saben, las centrales nucleares no envían a la atmósfera óxidos de carbono, azufre, nitrógeno, ni otros elementos derivados de la combustión, como las cenizas.
- Altamente productoras de energía eléctrica.
- Con poca cantidad de combustible, se obtienen grandes cantidades de energía. Con el consiguiente ahorro en materias primas, transporte, extracción y manipulación del combustible nuclear. El coste del combustible nuclear – generalmente uranio – supone el 20% del coste de energía generada.
- La producción de energía eléctrica es continua. Una central nuclear puede estar generando energía eléctrica durante el 90% de las horas del año. Esto favorece la planificación eléctrica y reduce en parte la volatilidad de los precios.



### C.3.5: Centrales Solar

Existen dos tipos de centrales solares, las térmicas, que usan la radiación del Sol para el calentamiento del fluido – y en función de la temperatura, se utiliza para producir agua caliente, vapor o energía eléctrica.

Existen sistemas de baja, media y alta temperatura, éste último será el que nos interesa, ya que está destinado principalmente a la generación de energía eléctrica.

La potencia instalada de energía solar termosolar en España alcanzó los 2300 MW a principios de 2014<sup>71</sup>.

El segundo tipo, son las centrales fotovoltaicas, dónde la energía eléctrica se obtiene directamente a partir de la radiación solar sobre un dispositivo semi-conductor denominado célula fotovoltaica. La radiación solar excita los electrones del semi-conductor generando una corriente eléctrica interior de una tensión determinada.

En este caso, pueden existir instalaciones aisladas de energía solar fotovoltaica – dispones de electricidad en lugares aislados de la red de distribución eléctrica – o sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

La potencia instalada de energía solar fotovoltaica en España alcanzaba los 4672 MW a finales de 2014 <sup>72</sup>.

Componentes y ubicación de los mismos mostrados en la ilustración 111.

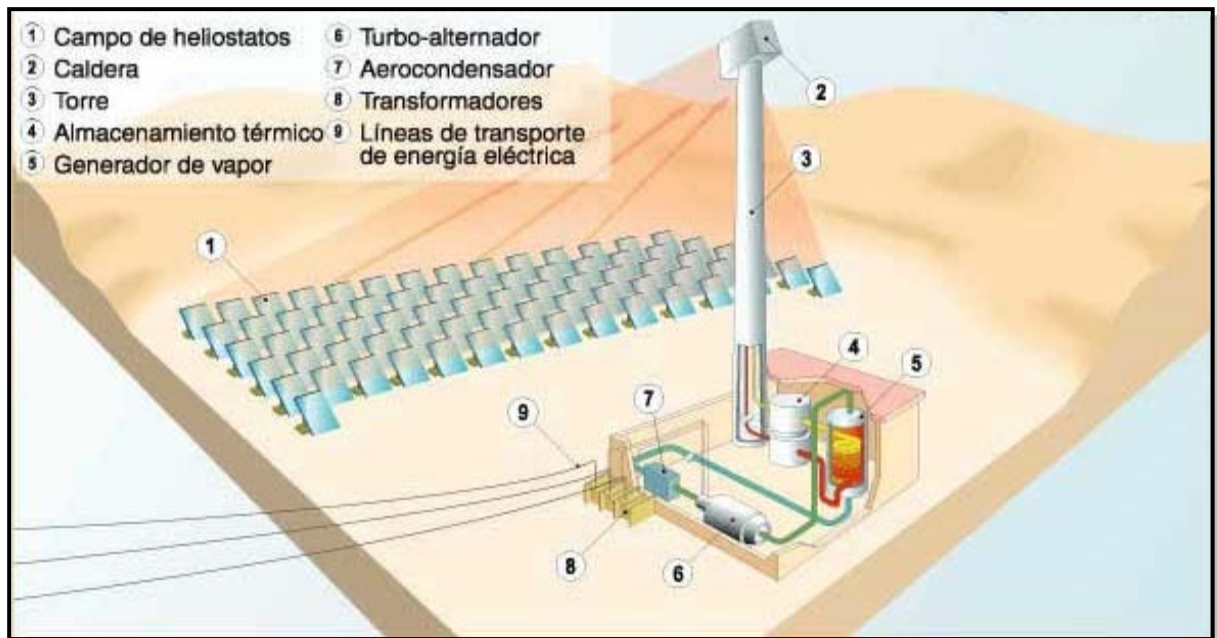


Ilustración 111: Central Solar Térmica. Fuente: Unesa

#### LIMITACIONES DE LAS CENTRALES TERMOSOLARES

- **Económicas:** Los costes de explotación son todavía muy altos, perdiendo la competitividad con respecto a las otras centrales.

<sup>71</sup> Fuente: Ministerio de Energía.

<sup>72</sup> Fuente: Enlace digital [www.Photon.info](http://www.Photon.info)

- **Tecnológicas:** Es necesario mayor investigación para mejorar la eficacia de los sistemas de concentración y almacenaje.
- **Estacionalidad:** Hay que hacer frente a la variabilidad de la radiación solar y las incertidumbres meteorológicas.

Componentes y ubicación de los mismos mostrados en la ilustración 112.

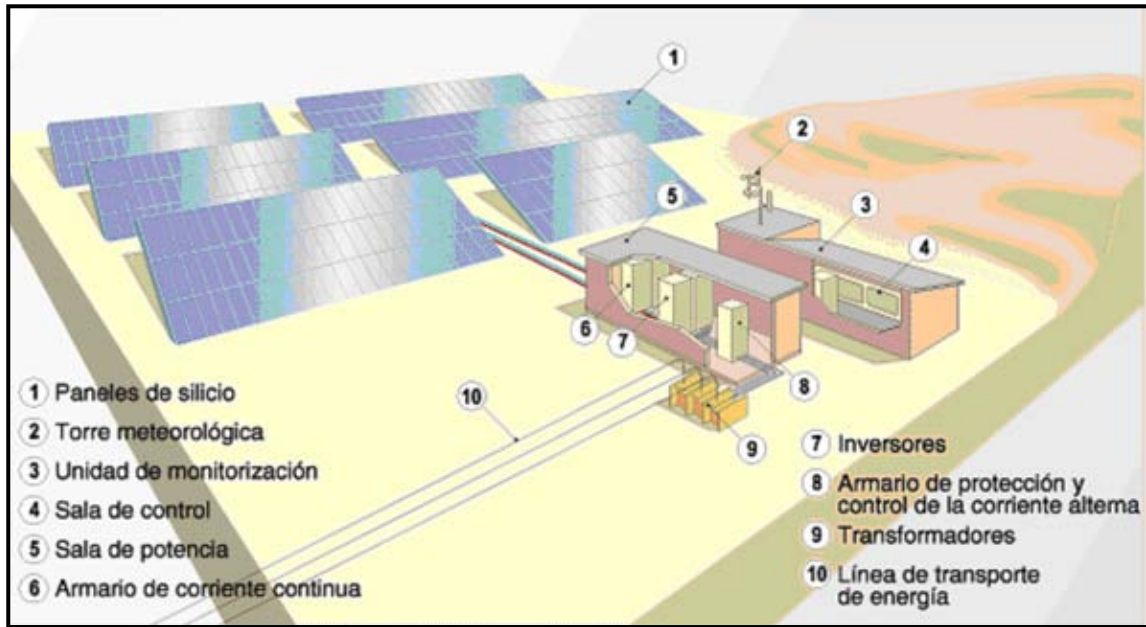


Ilustración 112: Central Solar Fotovoltaica. Fuente: Unesa

Las ventajas y desventajas en las fotovoltaicas son similares a las térmicas, pudiendo ampliar:

#### INCONVENIENTES

- Se requiere de una gran inversión inicial.
- Los lugares donde hay una mayor radiación solar, son lugares desérticos y alejados de las ciudades.
- Es una fuente de energía difusa, la luz solar es una energía relativamente de baja densidad.
- Para recolectar energía solar a gran escala se requieren grandes extensiones de terreno.
- No suficientemente avanzada, ya que todavía no existen elementos almacenadores de energía económicos y fiables.
- Existen ciertas limitaciones con respecto al consumo, no se puede utilizar más energía de la acumulada en períodos en donde no haya sol.

#### VENTAJAS

- Como procede de una fuente de energía renovable, sus recursos son ilimitados.
- Los costes de operación son muy bajos.

- Los módulos fotovoltaicos tienen un periodo de vida de 20 años.
- Su producción no genera ninguna emisión. Energía respetuosa con el medio ambiente.
- Los mantenimientos son sencillos y de bajo coste.
- Se pueden integrar en estructuras nuevas y en ya existentes.
- Se pueden hacer módulos de todos los tamaños.
- Los paneles son limpios y silenciosos, pudiéndose instalar en cualquier lugar ya que no produce molestias.
- Sistema de aprovechamiento de energía idóneo para lugares donde no llega la electricidad.
- El coste disminuye a medida que la tecnología va avanzando.
- El coste de transporte es más sencillo que el de otras centrales, por ejemplo, el de las centrales eólicas, en las que el transporte de los generadores y palas requiere de cierta dificultad.

### C.3.6: Centrales De Ciclo Combinado

Son las nuevas centrales térmicas, se caracterizan por emplear una nueva tecnología que permite un mejor y mayor aprovechamiento de la energía primaria de éstas con respecto a las térmicas convencionales.

Se basan en la acción conjunta de dos turbinas:

- Un turbogruppo de gas.
- Un turbogruppo de vapor.

Es decir, para la transformación de la energía del combustible en electricidad se superponen dos ciclos:

- **Ciclo Brayton** – turbina de gas -: Toma el aire directamente de la atmósfera y se somete a un calentamiento y compresión para aprovecharlo como energía mecánica o eléctrica.
- **Ciclo Rankine** – turbina de vapor -: Donde se relaciona el consumo de calor con la producción de trabajo o creación de energía a partir de vapor de agua.

Las centrales pueden clasificarse en función del número de ejes del tren de potencia – monoje o multije – y la configuración del número de turbinas de gas o de vapor.

Componentes y ubicación de los mismos mostrados en la ilustración 113.

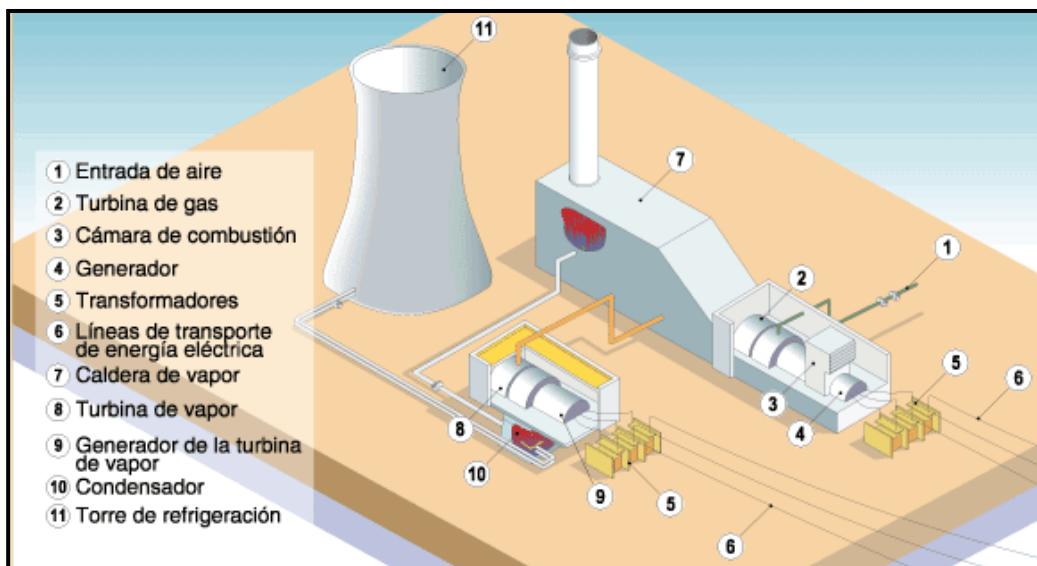
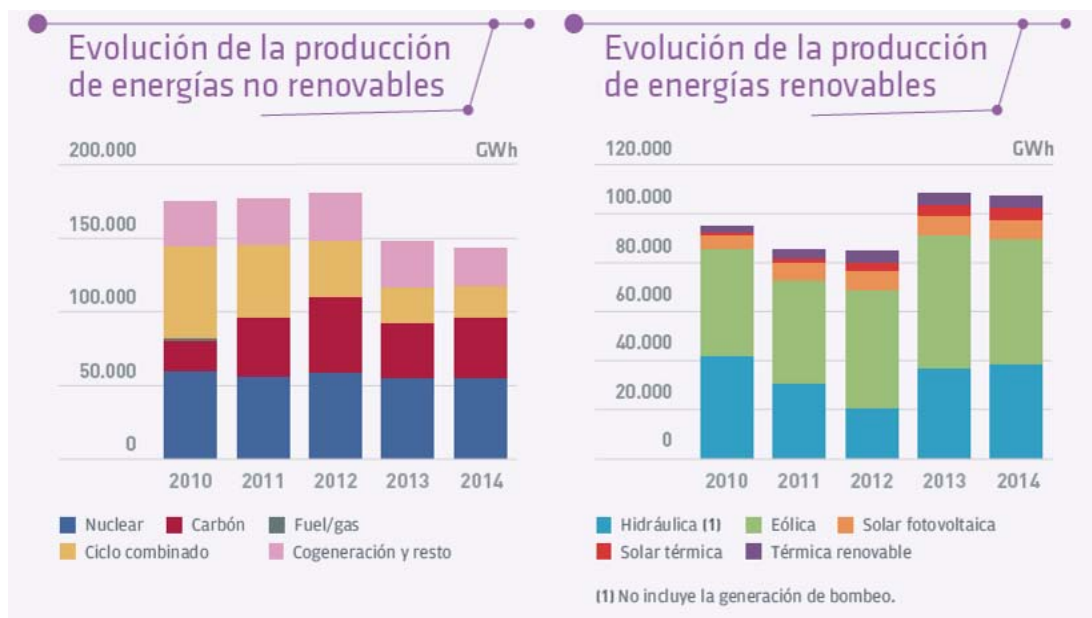


Ilustración 113: Ciclo Térmico Combinado. Fuente: Unesa

La primera central térmica de ciclo combinado fue inaugurada en San Roque (Cádiz) en 2002. A partir de aquí la inclusión de este tipo de centrales ha crecido exponencialmente.

Su incidencia está bajando en el mix total, menor de un 10%, como refleja las gráficas de barras de la ilustración 114 facilitadas por la REE.



**Ilustración 114: Evolución de la Producción de las energías renovables y no renovables en el sistema peninsular. Fuente: REE**

## VENTAJAS

- Flexibilidad: la central puede operar a plena carga o cargas parciales, hasta un mínimo de aproximadamente el 45% de la potencia máxima.
- Las emisiones son más bajas que las térmicas convencionales.
- Coste de inversión bajo por MW instalado.
- Eficiencia elevada. El ciclo combinado proporciona mayor eficiencia por un margen más amplio de potencias.
- Ahorro energético en forma de combustible.
- Bajo consumo de agua de refrigeración.
- Menor superficie por MW instalado si lo comparamos con las centrales termoeléctricas convencionales (lo que reduce el impacto visual).
- Periodos de construcción cortos.

Existe otro tipo de centrales, las centrales de gasificación integrada con ciclo combinado, donde el combustible – carbón, cok de petróleo,...- es primeramente gasificado en la propia central, y a partir de aquí como una combinada, el gas obtenido se expande en una turbina de gas y se aprovecha el calor residual para alimentar una turbina de vapor.

Componentes y ubicación de los mismos mostrados en la ilustración 115.

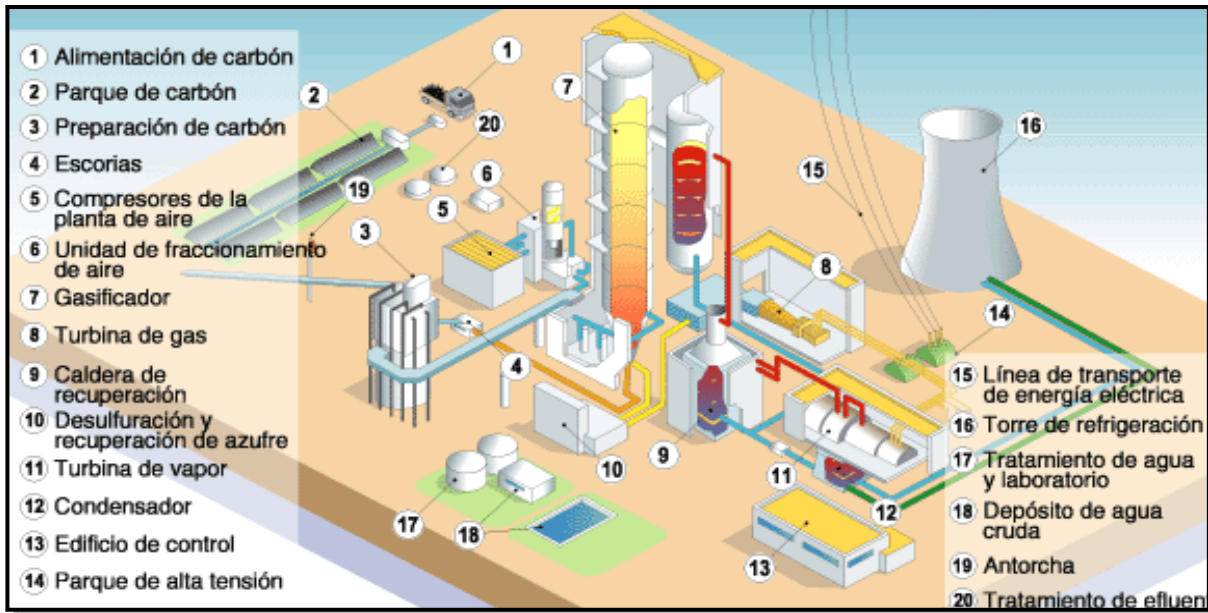


Ilustración 115: Central de gasificación integrada con ciclo combinado. Fuente: Unesa

Otras centrales a destacar son:

- Centrales Incineradoras de **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)**:

- Se caracterizan por el tipo de combustible utilizado, que son sólidos urbanos.
- Se basan principalmente en una combustión con generación de vapor y la posterior expansión de éste en una turbina convencional acoplada a un generador eléctrico.

- Central de **Cogeneración mediante Biomasa**:

- Biomasa: proviene de los materiales orgánicos de origen animal o vegetal obtenido de manera natural o procedente de las transformaciones artificiales – biomasa natural, biomasa residual o biomasa producida -.
- La biomasa es la única fuente de energía que aporta un balance de CO<sub>2</sub> favorable, siempre y cuando la obtención de biomasa se realice de forma renovable y sostenible, de manera que el consumo del recurso se haga más lentamente que la capacidad de la Tierra para regenerarse.
- Se basa en la combustión de los residuos, para evaporar el líquido de una caldera. El vapor, como las otras centrales térmicas convencionales, va hacia la turbina de vapor que está unida al generador eléctrico.



Las termosolares, eólicas y biomasa son las centrales que más han sufrido los mayores recortes durante la presente legislatura, llegando a recortar el número de empleos a casi la mitad desde el 2008<sup>73</sup>.

A continuación el mapa de centrales en el año 2013, ilustración 116 y 117, facilitado por REE.

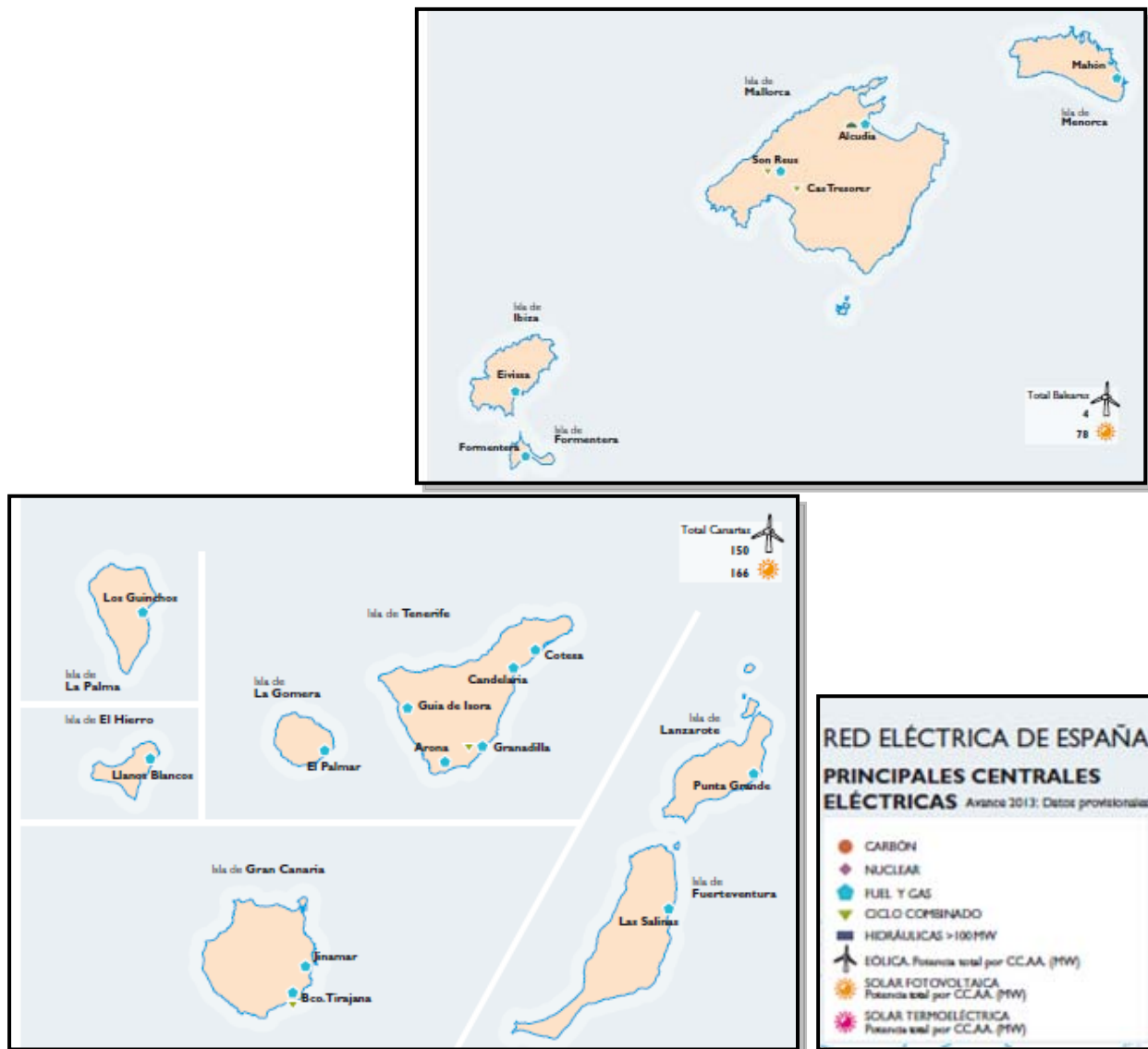


Ilustración 116: Principales Fuentes Eléctricas Insulares. Fuente: REE

<sup>73</sup> Fuente: Europa Press.



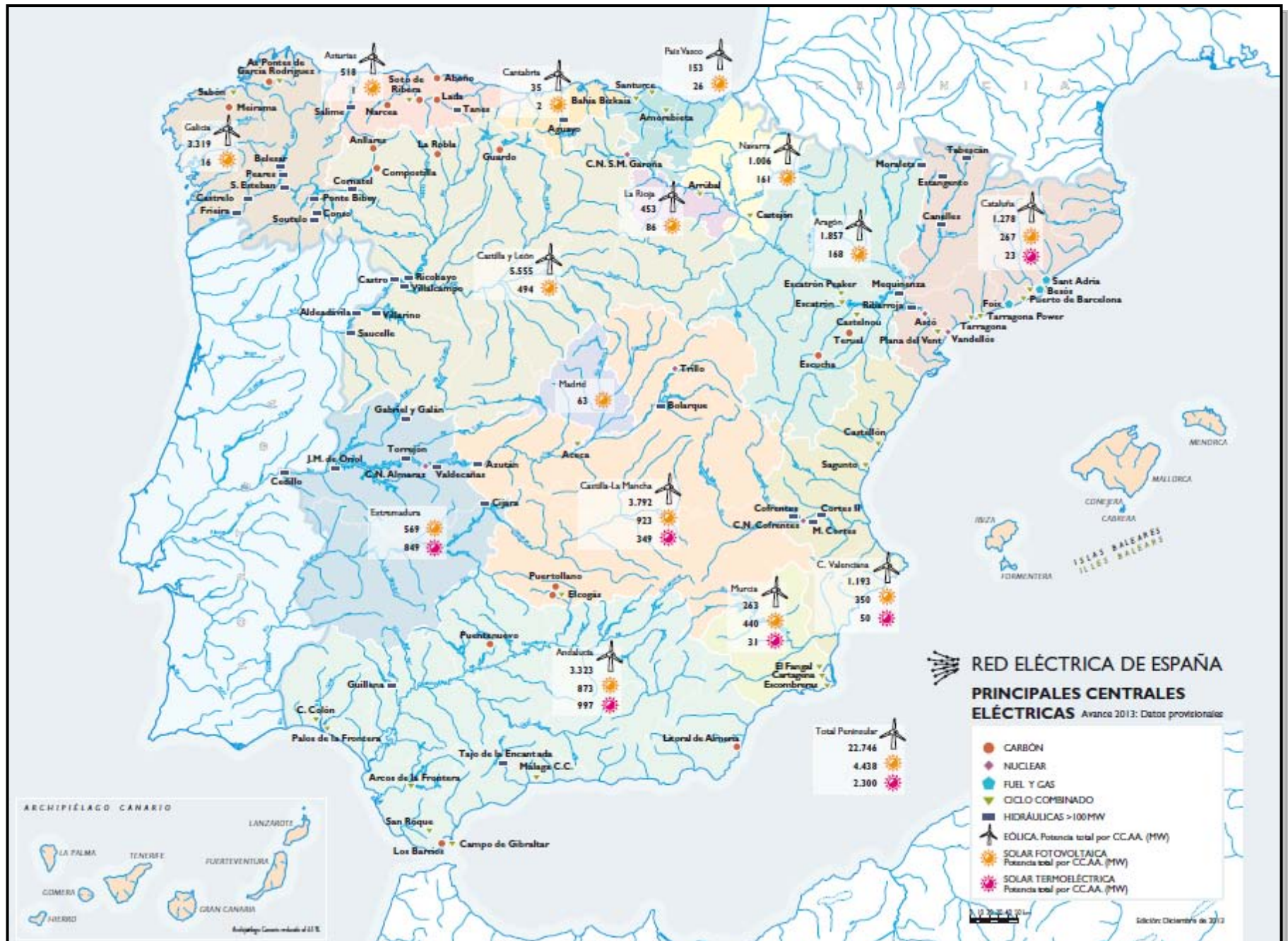


Ilustración 117: Principales Centrales Eléctricas Peninsulares. Fuente: REE

## C.4: Curva de Demanda de Energía

La curva de la demanda<sup>74</sup> de energía es la base del estudio de este proyecto con la que trabajaremos. Entendemos por curva – gráfico – de demanda de energía como la relación que existe entre el tiempo, expresado en horas de cada día, con la cantidad de electricidad que se necesita en España en ese momento, medida en Megavatios ( 1Mw = 1.000.000 vatios).

La representación diaria en tiempo real de esta demanda es facilitada por la REE – Red Eléctrica Española -. Incluye datos cada diez minutos, de la demanda real, de la prevista y de la programada, así como los valores de máximos y mínimos de la demanda diaria.

Junto a las curvas se indica mediante gráfico de sectores circulares la aportación de cada una de las diferentes tecnologías de producción o componentes de generación – vistos en el apartado anterior – necesarios para cubrir la demanda, incluyendo la energía destinada a la exportación como a los consumos en bombeo.

Otra información que nos muestra la REE, son las emisiones totales de CO<sub>2</sub><sup>75</sup> por el parque de generación peninsular español y el detalle por fuentes de energía.

El gráfico se caracteriza por:

- **Curva Amarilla:** Es la demanda real que refleja el valor instantáneo de la demanda de energía eléctrica.
- **Curva Verde:** La previsión de la demanda, es elabora por la Red Eléctrica con los valores de consumo de periodos precedentes similares, corrigiéndola con una serie de factores que influyen en el consumo como laboralidad, climatología y actividad económica.
- **Línea Escalonada Roja:** Es la programación horaria operativa, es decir, la producción programada para los grupos de generación a los que se haya adjudicado el suministro de energía en la casación de los mercados diario e intradiario, así como los mercados de gestión de desvíos y regulación terciaria. Éstos últimos son gestionados por la Red Eléctrica teniendo en cuenta la evolución de la demanda.

Además de la curva de demanda peninsular, el sistema ofrece la posibilidad de mostrar las curvas correspondientes al sistema balear y al sistema canario. Ambos sistemas se caracterizan por:

- **Sistema Balear:** Se caracteriza por tener dos subsistemas que forman parte del sistema eléctrico. El subsistema Ibiza—Formentera, islas conectadas entre sí por dos enlaces submarinos, y el subsistema Mallorca-Menorca, islas unidas por un enlace submarino y a su vez conectadas a la Península.
- **Sistema Canario:** En este caso solamente Lanzarote y Formentera se encuentran interconectadas mediante enlace submarino.

A continuación una muestra de las curvas de demanda. Los valores en las estructuras de generación de las curvas son los siguientes:

---

<sup>74</sup> Por su importancia trabajaremos con la demanda peninsular, dejando aparte las demandas insulares.

<sup>75</sup> Son cálculos asociando a cada tecnología el factor de emisión recogido por el Plan Español de Energías Renovables 2005-2010, en línea con la Decisión de la Comisión Europea 2007/589/CE.

- **Demanda Peninsular:**

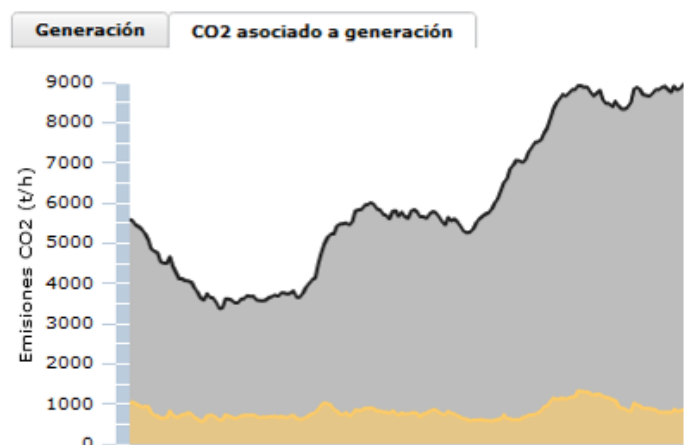
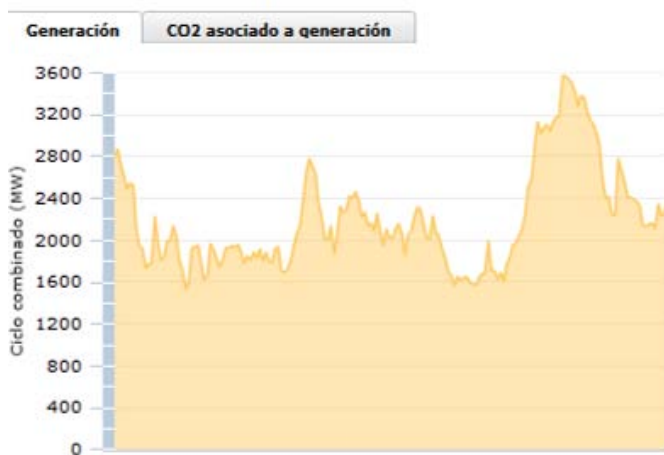
- Nuclear: 4.872 MW – 15,2 % -.
- Fuel + Gas:
- Carbón: 6692 MW - 20.9 % -.
- Ciclo Combinado: 3016 MW – 9,4 % -.
- Eólica: 8411 MW – 26,3 % -.
- Hidráulica (+): 5024 MW - 15,7 % -.
- Intercambios internacional (-): 291 MW – 0,9% -.
- Enlace Balear (-): 262 MW
- Solar Térmica<sup>76</sup>: 89 MW – 0,3 % -.
- Fotovoltaica: 66 MW - 0,2 % -.
- Térmica Renovable: 610 MW – 1,9% -.
- Cogeneración y Resto: 3218 MW – 10.1 % -.
- Total: 31538 MW

La generación y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la misma según las centrales eléctricas<sup>77</sup> serían el siguiente. Ilustraciones desde la 118 hasta la 126:

- **Ciclo Combinado:**

- **Generación.**

CO<sub>2</sub> asociado a la generación.



**Ilustración 118: Ciclo Combinado, Generación y Emisiones Asociadas. Fuente: REE.**

<sup>76</sup> La energía termosolar ha cubierto, en el primer semestre de 2015, un 2,2% de la demanda total de energía, el mejor registro en los seis años que esta tecnología aporta al sistema. Las previsiones apuntan a que en 2015 se alcanzará un récord de producción.

<sup>77</sup> En el día 06/10/15, a 20:00 p.m.

- Carbón:
  - Generación.



CO<sub>2</sub> asociado a la generación

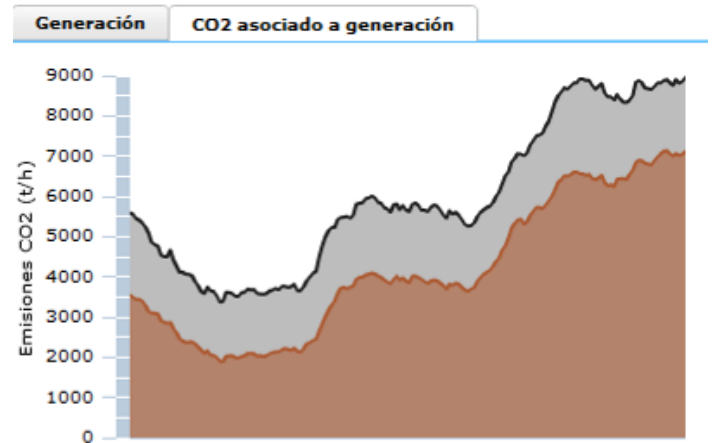
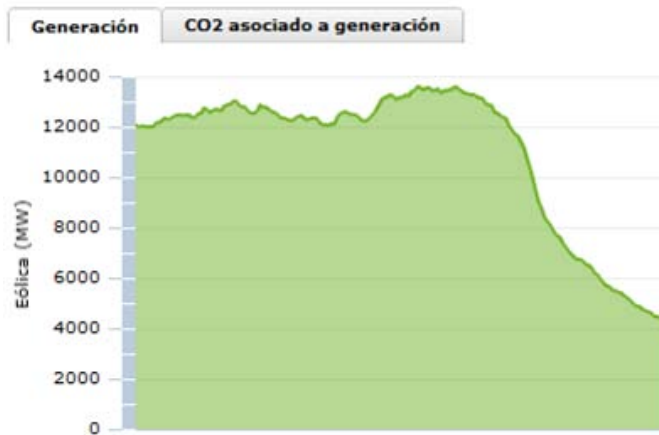


Ilustración 119: Carbón: Generación y Emisiones Asociadas. Fuente: REE

- Eólica:
  - Generación.



CO<sub>2</sub> asociado a la generación

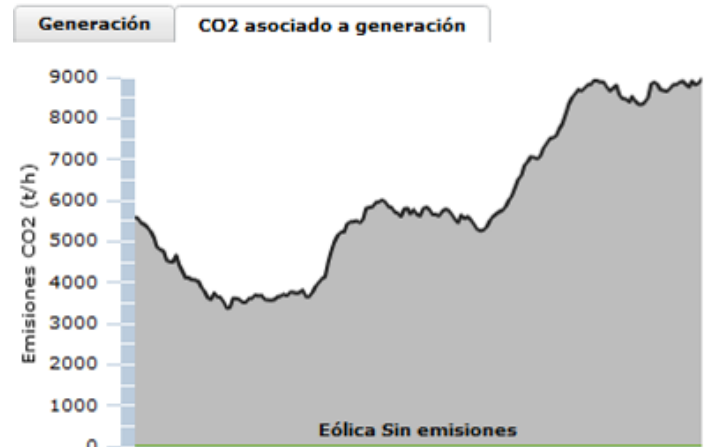
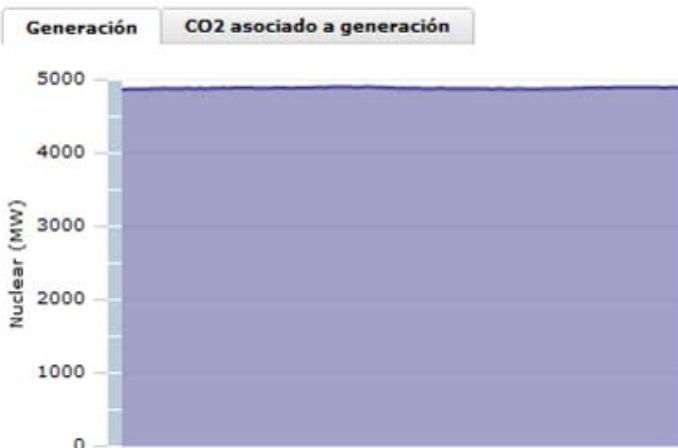


Ilustración 120: Eólica: Generación y Emisiones Asociadas. Fuente: REE.

- Nuclear:
  - Generación.



CO<sub>2</sub> asociado a la generación

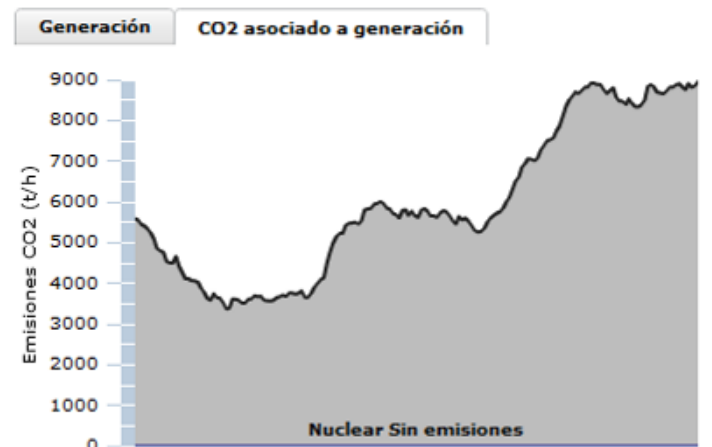
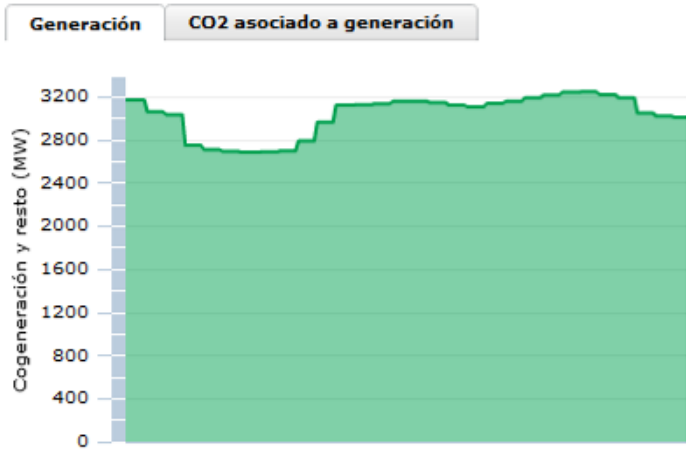


Ilustración 121: Nuclear: Generación y Emisiones Asociadas. Fuente: REE.



- Cogeneración y resto:
  - Generación.



CO<sub>2</sub> asociado a la generación

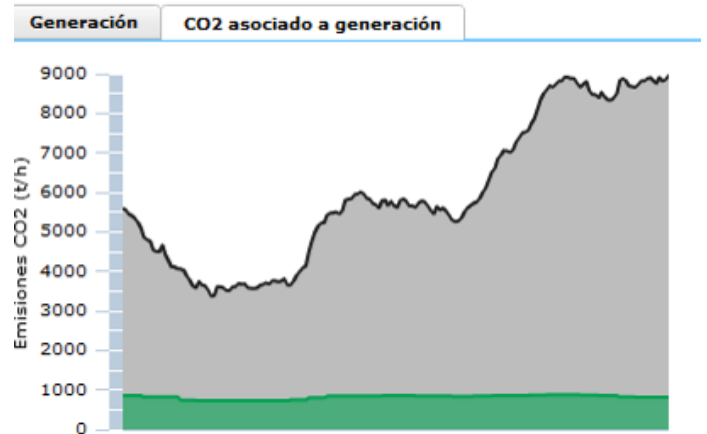
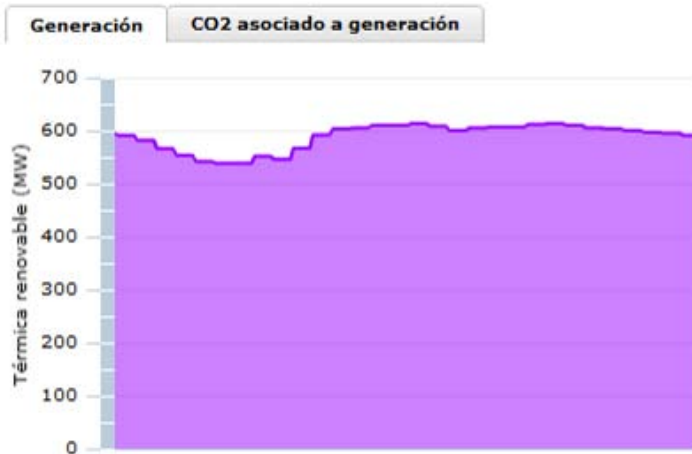


Ilustración 122: Cogeneración y resto: Generación y Emisiones Asociadas. Fuente: REE.

- Térmica Renovable:
  - Generación.



CO<sub>2</sub> asociado a la generación

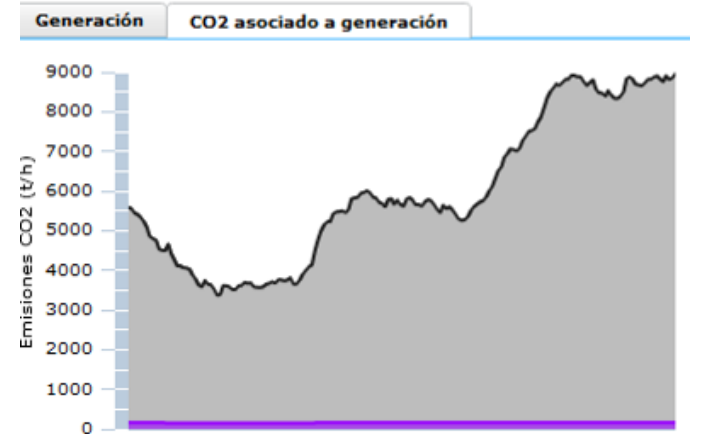


Ilustración 123: Térmica Renovable: Generación y Emisiones Asociadas. Fuente: REE.

- Hidráulica:
  - Generación.



CO<sub>2</sub> asociado a la generación

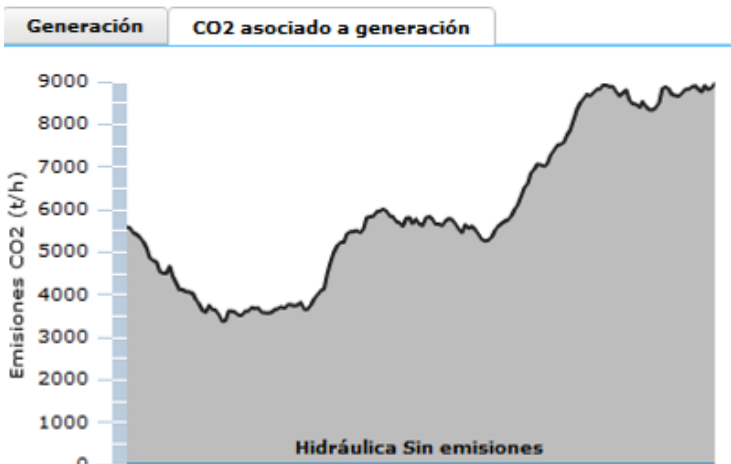


Ilustración 124: Hidráulica: Generación y Emisiones Asociadas. Fuente: REE.

- Intercambios internacional:
  - Generación.

CO<sub>2</sub> asociado a la generación

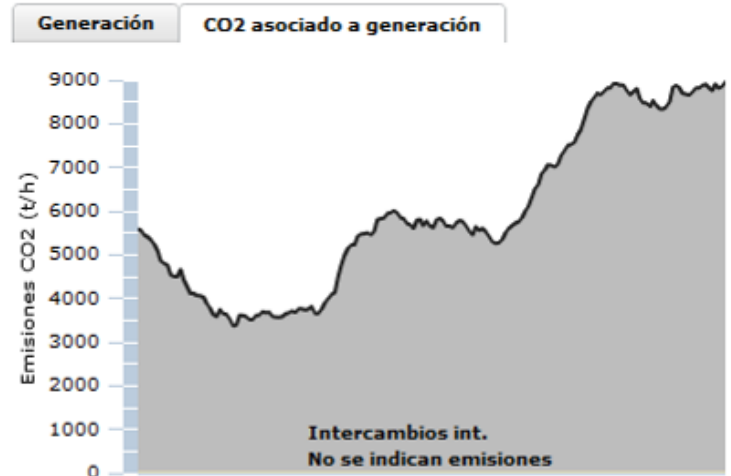
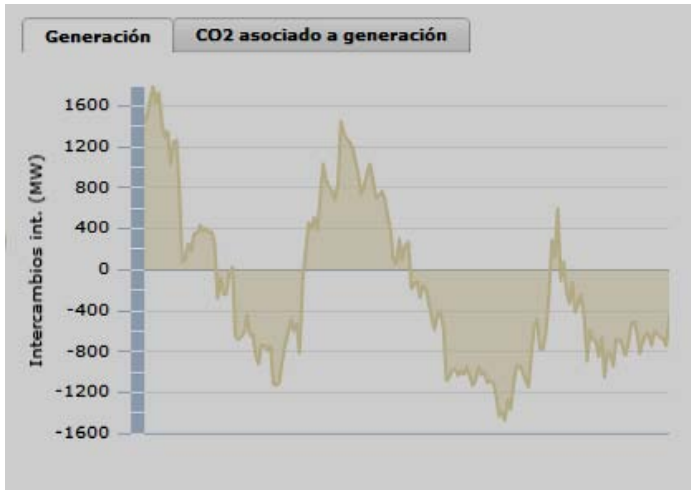


Ilustración 125: Intercambio Internacional: Generación y Emisiones Asociadas. Fuente: REE.

- Enlace Balear:
  - Generación.

CO<sub>2</sub> asociado a la generación

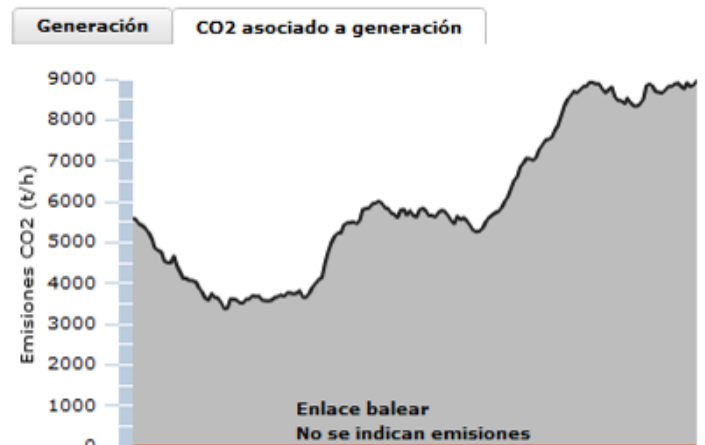
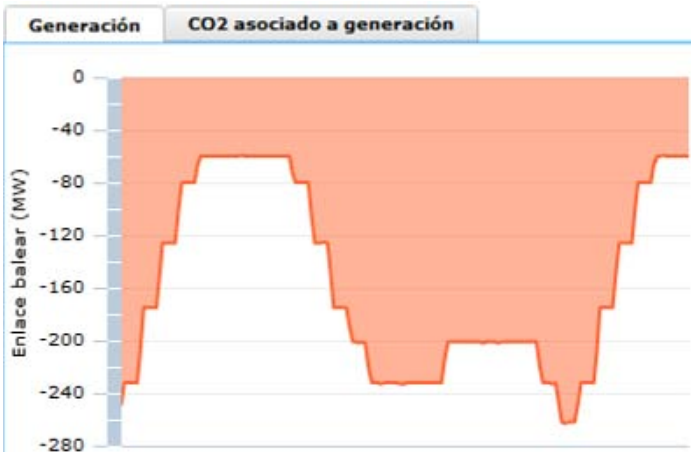


Ilustración 126: Enlace Balear: Generación y Emisiones Asociadas. Fuente: REE.

A continuación y para una mayor comprensión se muestra el mapa de intercambios internacionales, en este caso del 2014, imagen de la derecha, ilustración 127 - a la hora de realizar dicho informe no estaba disponible el del año 2015 -.

En la ilustración 129 queda reflejada la curva de demanda en el sistema peninsular a fecha del 6 de octubre del 2015.

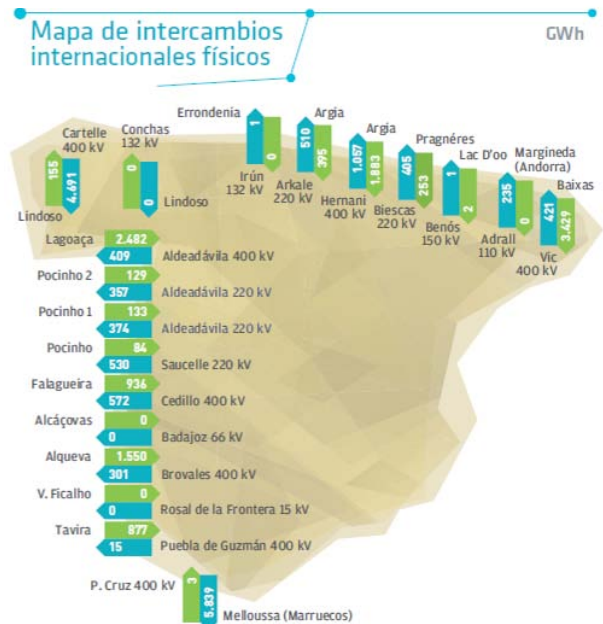


Ilustración 127: Intercambios internacionales. Fuente: REE.

### Demanda de energía eléctrica en tiempo real, estructura de generación y emisiones de CO2

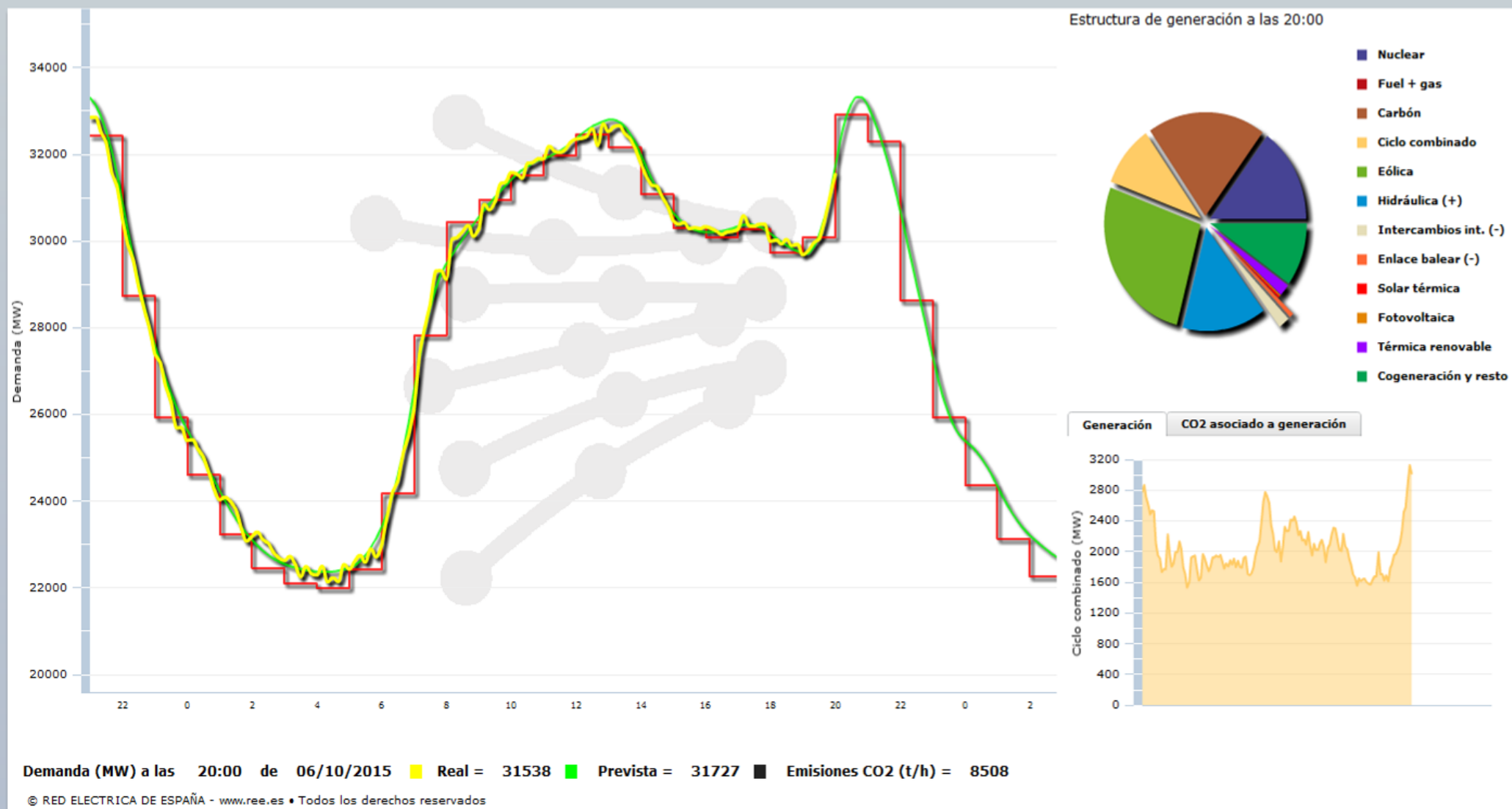


Ilustración 129: Curva Demanda Peninsular. El gráfico permite observar la oscilación diaria, con un mínimo sobre las 4:30 horas de la mañana y dos máximos durante el día: Sobre la 13:00 y sobre la 21:00 de la noche. Fuente: REE



Si en vez de trabajar en el sistema peninsular, trabajamos en el sistema insular, puedes elegir las siguientes opciones:

- Mallorca.
- Menorca.
- Ibiza-Formentera.
- Mallorca-Menorca.
- Tenerife.
- El Hierro.
- Gran Canaria.

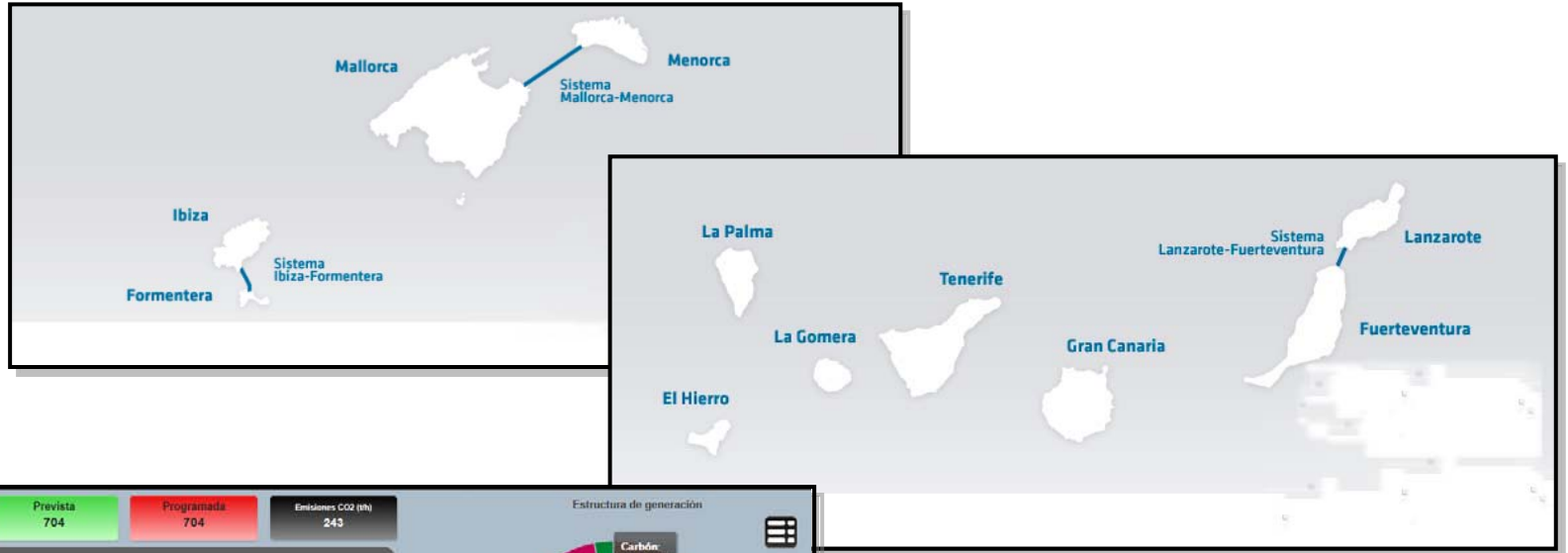


Ilustración 130: Curva de Demanda Mallorca-Menorca. Fuente: REE

Ilustración 131: Sistemas insulares. Fuente: REE

La ilustración 131, se señalan los diferentes sistemas insulares disponibles. En la ilustración 130, queda reflejada la curva de demanda de un sistema insular concreto, el de Mallorca-Menorca.

Siendo el balance eléctrico el representado en la ilustración 133 y 132:



**Martes, 6 octubre 2015**  
**Estadística diaria del sistema eléctrico español peninsular**  
 Datos provisionales a 07/10/2015 • 08:58:06

Balance eléctrico (GWh) <sup>(1)</sup>	Día	Mes	%Δ Mes	Año	%Δ Año	Año móvil <sup>(2)</sup>	%Δ Móvil
Hidráulica	44	276	0,3	21.104	-28,1	27.617	-22,6
Nuclear	122	810	-23,3	44.565	2,2	58.354	4,8
Carbón	105	833	-24,4	40.746	24,4	52.065	18,8
Fuel + Gas	0	0	-	0	-	0	-
Ciclo combinado <sup>(3)</sup>	52	367	-9,6	19.439	20,1	25.319	9,5
Consumos generación <sup>(4)</sup>	-14	-108	-21,0	-5.371	9,3	-7.017	8,3
Resto hidráulica <sup>(5)</sup>	12	52	-13,2	4.453	-19,8	5.969	-13,1
Eólica	279	968	105,4	37.547	-0,9	50.292	-4,3
Solar fotovoltaica	19	113	-10,6	6.508	-0,1	7.788	-1,5
Solar térmica	5	50	-28,4	4.658	2,9	5.091	-0,5
Térmica renovable	14	86	5,1	3.688	1,5	4.771	-1,0
Cogeneración y resto	74	432	-3,5	20.138	2,9	26.166	-3,0
<b>Generación neta</b>	<b>711</b>	<b>3.879</b>	<b>-2,0</b>	<b>197.475</b>	<b>1,5</b>	<b>256.415</b>	<b>0,2</b>
Consumo en bombeo	-21	-101	21,7	-3.322	-17,8	-4.611	-11,6
Enlace Península-Baleares <sup>(6)</sup>	-4	-23	-6,2	-1.094	3,7	-1.338	1,9
Saldo intercambios internacionales <sup>(7)</sup>	-7	87	-232,9	-1.859	-38,1	-2.263	-53,5
<b>Demanda transporte (b.c.)</b>	<b>679</b>	<b>3.841</b>	<b>1,5</b>	<b>191.200</b>	<b>2,5</b>	<b>248.204</b>	<b>1,5</b>
<b>Demanda corregida <sup>(8)</sup></b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,2</b>	<b>-</b>	<b>1,2</b>	<b>-</b>	<b>0,5</b>
Pérdidas en transporte	-10	-48	29,7	-2.290	-4,4	-3.018	-4,4
<b>Demanda distribución</b>	<b>669</b>	<b>3.794</b>	<b>1,2</b>	<b>188.910</b>	<b>2,6</b>	<b>245.186</b>	<b>1,5</b>

**Estructura de generación neta**

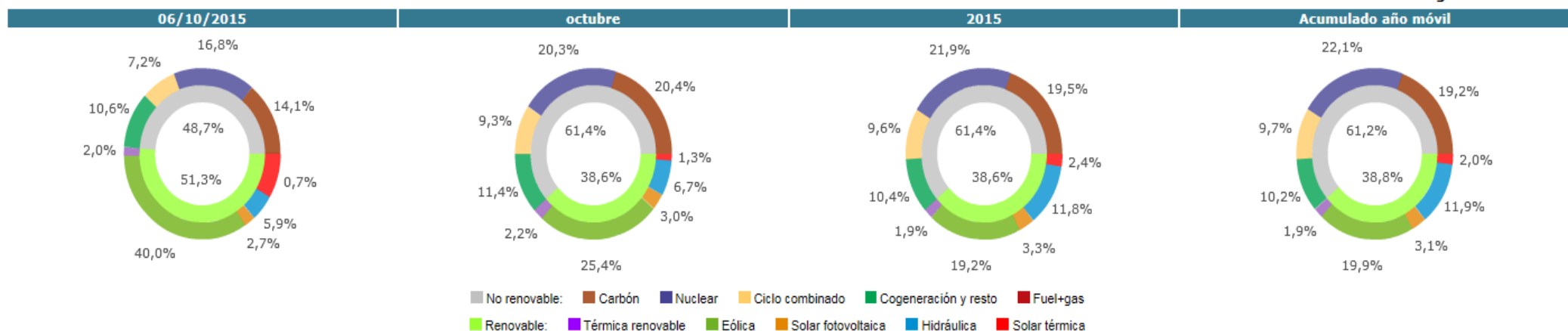


Ilustración 132: Balance eléctrico. Fuente: REE.

### Energía renovable

Energía renovable (GWh)	Día	Mes	%Δ Mes	Año	%Δ Año	Año móvil <sup>(2)</sup>	%Δ Móvil
Total <sup>(6)</sup>	357	1.472	43,7	75.415	-10,5	98.010	-10,0

### Demanda máxima

Demanda máxima b.c.	Día	Mes	Año	Histórica
Potencia instantánea (MW)	33.155 (20:50)	33.343 (20:44 - 05/10)	40.726 (19:56 - 04/02)	45.450 (18:53 - 17/12/2007)
Demanda horaria (MWh)	32.454 (13 h)	32.872 (21h - 05/10)	40.324 (21h - 04/02)	44.876 (20h - 17/12/2007)
Demanda diaria (GWh)	679	679 (06/10)	821 (20/01)	906 (18/12/2007)

### Datos hidráulicos

Datos hidráulicos a 6 de octubre de 2015

Reservas hidráulicas (GWh)	Máxima (A)	Actual (B)	(B/A) %	Δ Día	06/10/2014 (C)	(C/A) %	01/01/2015 (D)	(D/A) %
Embalses anuales	8.967	3.733	41,6	-18	4.188	46,7	5.553	61,9
Embalses hiperanuales	9.571	4.925	51,5	-17	6.068	63,4	6.280	65,6
<b>Total</b>	<b>18.538</b>	<b>8.659</b>	<b>46,7</b>	<b>-34</b>	<b>10.256</b>	<b>55,3</b>	<b>11.833</b>	<b>63,8</b>

Producibles hidráulico	Día	Mes	Índice mes	% P> <sup>(10)</sup>	Año	Índice año	% P> <sup>(10)</sup>	Año móvil <sup>(2)</sup>	Índice año móvil	% P> <sup>(10)</sup>
GWh	6	714	0,8	61,5	14.250	0,7	84,4	21.018	0,8	75,7

Ilustración 133: Balance eléctrico (II). Fuente: REE.

La demanda de energía eléctrica y el consumo per cápita para situar España con el resto de los países de la Unión Europea<sup>78</sup> queda señalado en la ilustración 134 de la derecha.

### Demanda de energía eléctrica y consumo per cápita de los países de la Unión Europea miembros de Continental Europe (ENTSO-E)

	Demanda (TWh)		Consumo per cápita (kWh/hab.)	
	2014	% 14/13	2014	% 14/13
Alemania	504,9	-4,8	6.251	-5,1
Austria	69,3	-0,5	8.146	-1,1
Bélgica	83,7	-2,9	7.473	-3,3
Bulgaria	31,2	-3,0	4.309	-2,5
Croacia	16,4	-3,9	3.863	-3,5
Eslovaquia	26,1	-1,9	4.827	-2,0
Eslovenia	13,2	4,0	6.395	3,9
España	258,1	-1,1	5.549	-0,7
Francia	465,7	-6,0	7.284	-6,4
Grecia	49,3	-0,6	4.518	0,2
Holanda	110,9	0,4	6.592	0,1
Hungría	37,6	-3,7	3.805	-3,4
Italia	308,4	-2,4	5.074	-4,1
Luxemburgo	6,3	1,0	11.378	-1,3
Polonia	146,9	1,0	3.864	1,1
Portugal	48,8	-0,7	4.680	-0,1
República Checa	62,0	-1,1	5.898	-1,1
Rumania	53,3	1,9	2.672	2,3
<b>Total</b>	<b>2.292,1</b>	<b>-3,0</b>	<b>5.621</b>	<b>-3,3</b>

Ilustración 134: Demanda de energía eléctrica y consumo per cápita en la UE. Fuente: REE.

<sup>78</sup> A la hora de realizar dicho informe no estaba disponible el del año 2015.

Un dato curioso, que podemos destacar, es que pese a que los datos económicos indican que España está en el momento actual en crecimiento, cifras cercanas al 3%, sin embargo la demanda eléctrica no remonta, manteniéndose a niveles cercanos al 2005, como informa Enerynews en la ilustración 135.

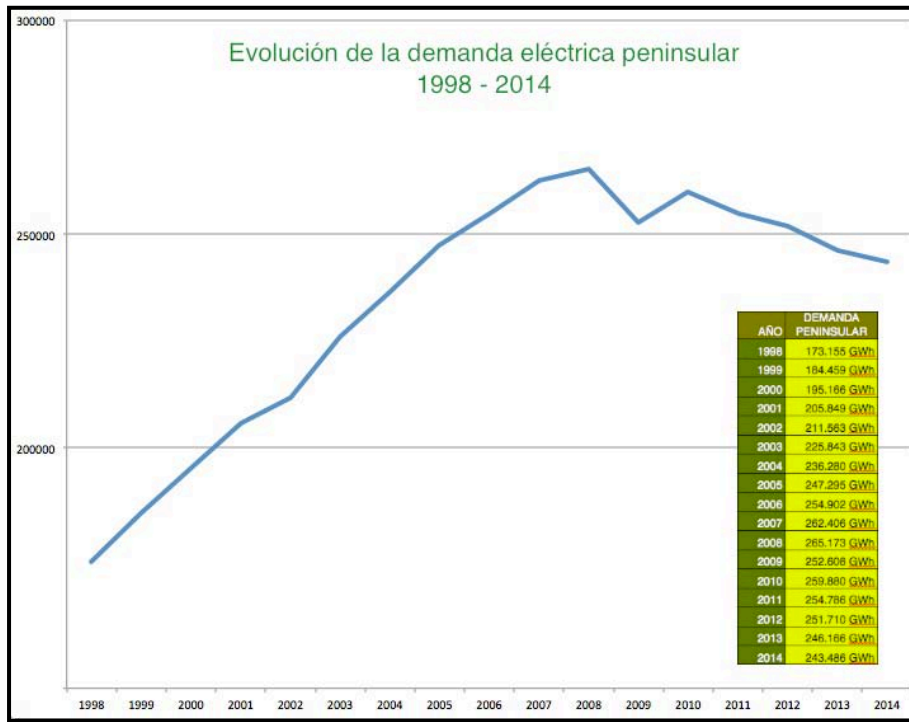


Ilustración 135: Evolución de la demanda eléctrica peninsular. Fuente: Enerynews

Puede ser motivado por un cambio de mentalidad por parte del consumidor, estando más concienciado del gasto energético después de la crisis económica, y de la mejora en la eficiencia energética de las empresas como de la actividad económica.

La ilustración 137 destaca el estancamiento del PIB español en los últimos años.

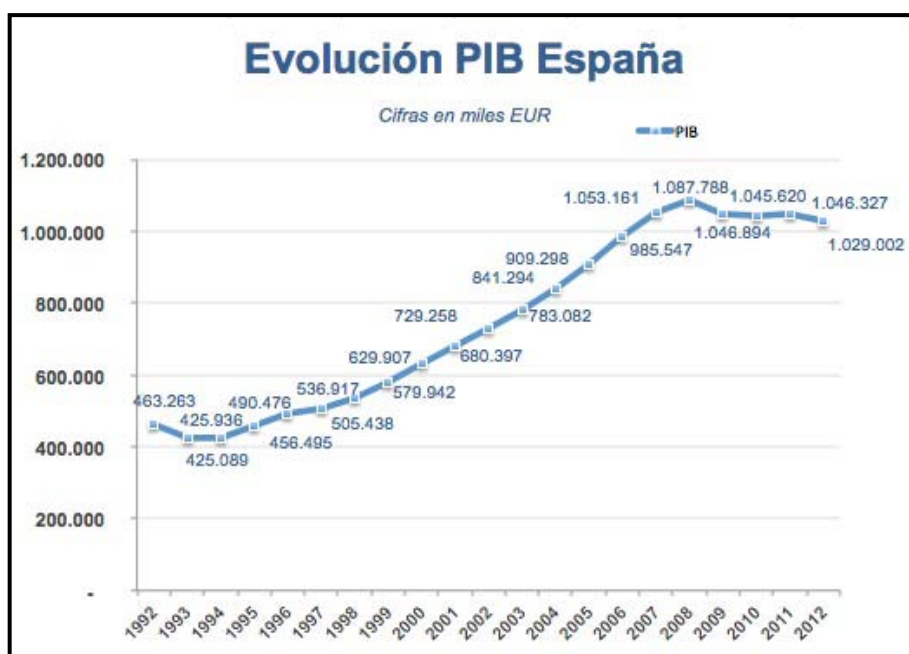


Ilustración 137: Evolución PIB España. Fuente: Enerynews.

## C.4.1: ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA.

En un primer análisis sencillo se observa la curva de demanda existe un punto mínimo que es sobre las 4:30 de la mañana, va aumentando paulatinamente según se va despertando la población destacando dos picos máximos sobre la 13:00 y las 21:00 horas, horarios de vuelta al trabajo principalmente. Podemos decir que es una curva sinuosa, es decir, no es estable a lo largo del tiempo.

Otro aspecto a destacar es que estas curvas dependen de la estación del año en la que nos encontremos, ya que tanto en invierno – calderas – como en verano – turismo y accionamiento de aires acondicionados – pueden oscilar sensiblemente con respecto a las otras dos estaciones<sup>79</sup>. Cada país, por tanto, es diferente, tanto por su ubicación – latitud y altitud - como por sus costumbres.

Si lo que se buscara fuera una eficacia ideal, tendríamos que adecuar las previsiones de demanda del operador, con la demanda real del sistema. Lo más fácil, es que siempre fuera la misma cantidad de energía a cualquier hora del día, y luego ya el operador con la energía de las diferentes centrales pudiera gestionar todo de manera más óptima. En otras palabras, aumentar los valles y disminuir los picos de la curva.

En este caso idealizado, el operador se limitaría a realizar un planning diario o incluso mensual del reparto de producción de energía, logrando alcanzar un modelo eficiente y sostenible del uso de la energía, y en consecuencia ayudar a alcanzar el compromiso europeo de 20/20/20.

Hoy en día no es muy posible, ya que por un lado la energía eléctrica es un producto inmediato y finito, si no lo consumes en el momento, se pierde, a no ser que lo almacenes, lo cual es bastante caro.

Y por otro lado, están las energías renovables, que si bien no emiten dióxidos de carbono, no son uniformes ni en su producción horario ni en su producción estacional – meses de mayor o menor radiación solar, más o menos lluvias, vientos,...-.

### C.4.1.1: CARGA NOCTURNA: ENERGÍAS RENOVABLES

La preponderancia actual de las centrales renovables ha cambiado el modo de gestión. Antiguamente, la generación de electricidad era muy gestionable, se regulaba la producción en función de la evolución de la demanda. Pero actualmente es diferente, la gestión debe primar el uso de energías limpias, minimizando el uso de la energía de origen fósil. Tal ha sido el cambio que la propia REE – como operador y gestor del sistema de transporte – ha creado su propio Centro de Control de Energías Renovables – CECRE -.

El CECRE es único en el mundo por sus características, y responsable de la integración en tiempo real de las renovables – en especial de los parques eólicos - en el sistema eléctrico español. Éste centro se suma al ya existe de energías convencionales – CECOEL, Centro de Control Eléctrico -.

Ya no existe la gestionabilidad tal y como la entendíamos en el pasado, la variabilidad de generación no nos lo permite. Es más, ahora los consumidores representan un rol mucho más participativo, la nueva gestión debe hacer frente a muchos nuevos desafíos, tales como:

- Aplanar la curva de la demanda – menor ratio punta/valle -.
- Compensar la menor gestionabilidad de la generación renovable.

---

<sup>79</sup> Depende mucho también del aislamiento de las edificaciones o de la propia variabilidad de los estaciones, veranos más o menos calurosos. En Francia, se estima un consumo de más de 60 MW por grado de más en verano, y 200 MW por cada grado de menos en invierno.



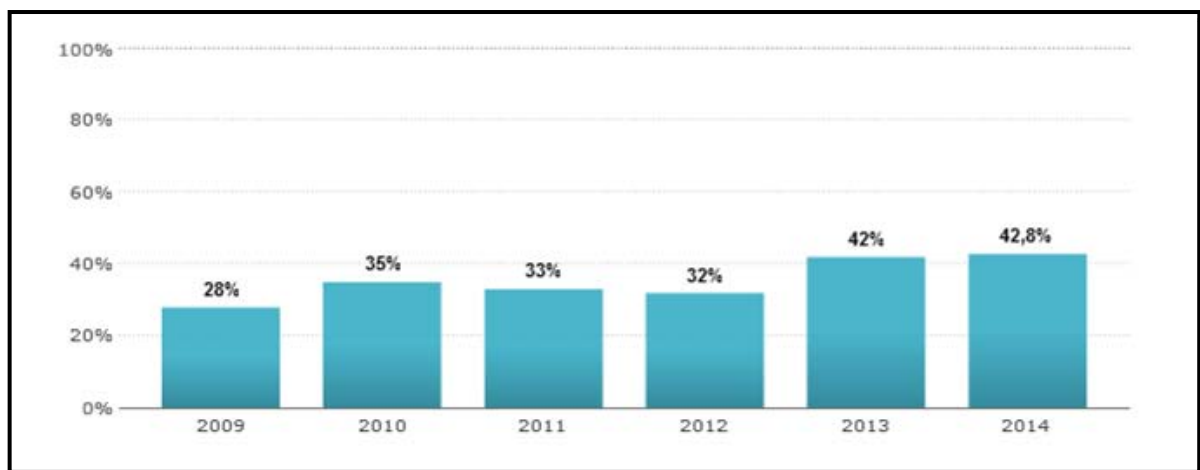
- Aumentar la generación distribuida.
- Aumentar la eficiencia energética.
- Lograr una mayor flexibilidad por parte de la demanda.

Para lo cual será necesario la aplicación de nuevas herramientas tales como: nuevas tecnologías de almacenamiento de energía, aumentar la generación flexible, desarrollo de cargas inteligentes, consumidores flexibles y redes inteligentes, desarrollo de interconexiones y superredes, y mejoras en la innovación tecnológica.

Otro modo de aprovechar la energía eólica, es incrementar el bombeo nocturno de las centrales hidráulicas.

La labor de CECRE ha favorecido a que la producción de energías renovables represente más del 40% de la producción anual de energía de los últimos años, llegando a alcanzar valores de cobertura horaria superiores al 80%. Evolución de la integración de las energías renovables en la ilustración 138.

Gracias a las renovables junto a las nucleares se podría satisfacer en el 85% de las horas del año, aproximadamente la mitad de la demanda eléctrica nacional, y todo ello sin emitir ni un gramo de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.



**Ilustración 138: Integración de Renovables (% sobre la demanda). Fuente: REE**

Las energías renovables muchas ventajas ya comentadas, pero su integración en el sistema es un poco complicada, No solamente por la falta de interconexiones que se explicará con posterioridad, sino también por la propia morfología de la curva de demanda. La curva varía en función de las épocas del año, días de la semana,...y las diferencia de consumo entre las horas punta y las horas valle. Las unidades de producción deben ser flexibles para seguir la curva de carga a lo largo del día, lo cual no es fácil – tanto por la variabilidad de la producción como por la propia incertidumbre de predicción -, y además suelen tener cierta prioridad de funcionamiento con respecto a las no renovables.

Tal es la dificultad que entrañaba las energías renovables, que hace 10 años se consideraba imposible poder conectar más de 4.000 KW eólicos a la red de transporte sin el riesgo de sufrir posibles apagones. Hoy en día es posible, es más, el 29 de enero del 2015 se ha registrado una producción instantánea horaria de energía eólica de 17.553 MWh.

- Para conseguir maximizar la producción de los parques eólicos, es importante evitar los recortes de producción tipificados en cuatro tipos: saturación de redes, riesgos de inestabilidad

transitoria, inhabilidad de los parques para activar las protecciones por límites en la potencia de cortocircuito y energía no despachable, por baja demanda.

- Otro aspecto que es preciso tener en cuenta, son los costes<sup>80</sup> de este tipo de parques eólicos con respecto a otras centrales, como las nucleares.
- La generación de energía en varios puntos dentro de la geografía española, como son las fuentes renovables, suelen conllevar dos aspectos importantes:
  - La generalización de iniciativas de puesta en marcha de puntos de generación de energía renovable no reduce las necesidades de las redes de transporte y distribución, sino que las acrecienta. Este hecho se debe a la necesidad de que estos sistemas están conectados a la red general.
  - Mayor incertidumbre, como es lógico, sobre el conjunto del sistema eléctrico. Ya que existen más puntos de generación repartidos por todo el mapa nacional que pueden funcionar o no en un momento dado. Se requiere un incremento del mallado de la red y de la existencia de centrales de generación convencionales, para suplir instantáneamente la energía demanda en el caso de que se produzca una disminución importante de la energía generada por las renovables.
  - Estudio de la posible variabilidad de la tensión - placas ubicadas principalmente en los techos de los edificios orientadas a bajas tensiones, el resto a altas tensiones,...-. El efecto se ilustra en la imagen 139.

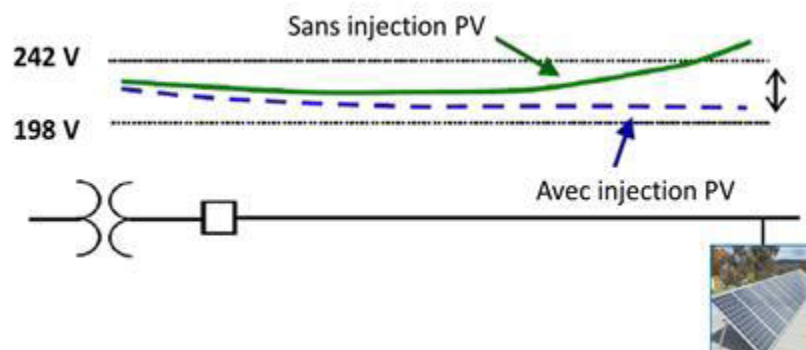


Ilustración 139: Impacto de una central fotovoltaica sobre la tensión. Fuente: RECA

- Análisis desde un punto de vista administrativo y técnico de las conexiones a la red general.

Se está trabajando en el desarrollo y mejora de herramientas de predicción, adaptación tecnológica de los generadores, herramientas de gestión de la demanda, posible almacenamiento,...

Se estima que el desarrollo de las energías eólicas y fotovoltaicas podría quedar limitado no por su propia naturaleza, sino por aspectos tanto tecnológicos como financieros de los sistemas de distribución y almacenaje. Reorientación de los puntos de superproducción hacia las zonas de mayor demanda, como las zonas residenciales, comerciales o de oficinas.

Pasemos a detallar un poco algunos de los términos importantes que mejorarán la comprensión de esta parte del capítulo.

<sup>80</sup> Realizo esta reseña, por la situación económica de Abengoa – concurso de acreedores, Noviembre del 2015 -, una de las principales empresas tanto nacionales como mundiales del mundo de las energías renovables



## LAS INTERCONEXIONES.

Entendemos por interconexiones como el conjunto de líneas y subestaciones que permiten el intercambio de energía entre diferentes países vecinos.

España dispone de una buena red nacional pero está relativamente aislado a nivel energético del resto de Europa. La UE establece un mínimo del 10 % de ratio de interconexión en relación a su potencia de generación instalada para cada uno de los estados miembros con el año 2020 como fecha límite. El año pasado, 2014, el objetivo energético fue revisado, estableciéndose un límite del 15% antes del 2030.

Actualmente España solamente cumple el 2,8 % de ratio de interconexión.

La ilustración 140 nos acerca visualmente a la grandeza y complicación de dichas intervenciones.

Las interconexiones nos afectan de manera directa en diferentes ámbitos:

- Se facilita un mejor intercambio de energía con países vecinos.
- Debido a ello, se forma un sistema más grande y más robusto.
- Favorecen la seguridad y la continuidad del suministro eléctrico. Muy importante en situaciones de emergencia.
- Aumenta la eficiencia y competitividad de los mercados eléctricos. La idea es que la electricidad más barata de producir vaya hacia los lugares donde son más caros, produciéndose una consecuente bajada del coste de la energía.
- Se produce una mayor integración de las energías renovables. Sistema más sostenible. Todo lo que no se consume en un país, se consume en otro.



Ilustración 140: Túnel interconexión Francia-España de los pirineos, Octubre del 2015. Fuente: Europa Press

Las inversiones en este tipo de infraestructuras deben ser prioritarias, manteniendo una estabilidad reguladora y unos retornos aceptables de inversión. Del mismo modo, algunos rumores indican que la propia Francia no está por la labor de mejorar dichas interconexiones con España, ya que debilitaría su fuerte posición dentro de la Unión Europea.

## **SUPERREDES.**

Las superredes, o supergrid, son redes supranacionales de gran capacidad de transporte a largas distancias, y que ayudan a equilibrar las fluctuaciones inherentes de las energías renovables.

La conformación de estas redes mejora la utilización de los recursos de energía renovable marina y terrestre. Mejora las interconexiones en función de la generación, de la red de transporte y de la demanda.

### C.4.1.2: INTERACCIÓN VEHÍCULO ELECTRICO VS ENERGÍA ELECTRICA

Para realizar una correcta interacción entre el vehículo eléctrico y la red eléctrica es necesario implementar una serie de elementos que posibiliten el acceso de energía y sus servicios, tales como las acometidas, protecciones – elementos básicos de seguridad - , sistemas de gestión de los puntos de recarga – comunicaciones vía GPRS, PLC, ADSL,...-, identificaciones y control mediante tarjetas tipo RFID <sup>81</sup>, conectores,...

La ilustración 141, nos muestra los elementos básicos constitutivos de los sistema de recarga.



**Ilustración 141: Elementos básicos constitutivo de los sistemas de recarga. Fuente: Iberdrola**

---

<sup>81</sup> RFID: Radio Frequency Identification, identificación mediante radiofrecuencia.

### C.4.1.3: VEHÍCULO ELÉCTRICO

Siguiendo el argumento inicial, una incipiente llegada de coches eléctricos, y por tanto de consumo, puede ser artífice de una mejora de la eficacia global del sistema eléctrico, e intrínsecamente una mejora en la integración de las energías renovables, aprovechando la energía que producen que en ocasiones se “desperdicia”. ¿Pero cómo? Pues como puede ser lógico realizando las recargas durante el periodo de “horas valle” del sistema, intervalo donde además el precio es más bajo y competitivo.

Pero no siempre es posible, ya que cada consumidor tiene sus propias preferencias y costumbres, por ejemplo, podemos enchufar el vehículo a las 19:00 horas en nuestro propio hogar y volverle a coger a la mañana siguiente para ir al trabajo, pongamos sobre las 8:00 a.m., el sistema de gestión de recarga inteligente tiene que ser capaz, mediante una posible comunicación entre las redes y el vehículo, de cargar nuestro coche fuera de las horas de máxima demanda de electricidad. Con nuestra curva de estudio, se podría asumir consumos horarios de más de 5.000 MW – supongamos que son recargas lentas (a 230 V y 16 A<sup>82</sup>), al ser en horario nocturno, que duran entre 6-8 horas, pongamos que son 7 horas, con un consumo aproximado de 3,68 kW, se podrían enchufar casi 1.400.000 vehículos durante esas 7 horas -.

Podría también facilitarse las cargas durante el horario de 14:00 -20:00, más propicio quizás a una carga rápida ubicada en los lugares de trabajo o grandes superficies. Recordemos, que al ser rápida la carga se necesitaría más KW y repartido en menos horas.

Esta gestión no es tan fácil como pudiera aparecer, debe tener en cuenta tanto las horas de carga, precio como la posible predisposición de uso, es decir, imaginemos que necesitamos el coche a las 21:00, porque cualquier motivo, y el coche empieza a cargarse a partir de las 2:00 a.m. que la tarifa es más barata, pues sería imposible su utilización.

El siguiente paso en el que se trabaja, es la posible reversibilidad de la energía, del mismo modo que la electricidad va de las redes al automóvil, pues vaya del automóvil a las redes, pudiendo usar a nuestros coches como “sistemas de almacenamiento reversible” que vierten a la red - en los momentos de máxima demanda - la energía que ha sido almacenada durante horas en el horario nocturno. Se conseguiría en cierto modo un aplanamiento de la curva diurna y una mayor eficacia de la red eléctrica. Un edificio, a modo de ejemplo sencillo, necesitaría un menor consumo eléctrico neto, tira de la “red” y de las “baterías” de los coches.

Terminológicamente hablando está técnica se denomina **V2G**, vehicle to grid, del vehículo a la red. Tiene sus ventajas pero también tiene otros inconvenientes, con lo “delicado” que son las baterías, no parece muy propicio que con las continuas cargas y descargas a la red eléctrica limitar los ciclos útiles de vida de las baterías.

Las ventajas de la introducción de los vehículos eléctricos se podría resumir en:

- Una recarga inteligente en horas valle permitiría un aplanamiento de la curva de demanda.
- Se lograría una optimización de las infraestructuras de generación y redes eléctricas excedentarias.

---

<sup>82</sup>  $W = V \times A$ .  $W = 230 \text{ V} \times 16 \text{ A} = 3680 \text{ W}$ ; 3,680 kW en el enchufe de la casa. Puede ser que en casas muy antiguas no dispongan de 16 A, o que si se va a disponer de un coche eléctrico necesitemos contratar más potencia – para que no salten “los plomos” -.

Si suponemos que la autonomía de la batería del coche es de 25,76 kwh, un poco más que el Nissan Leaf, para que salgan las cuentas, las horas necesarias para cargar serían:  $25,76 \text{ kwh} / 3,68 \text{ kW} = 7 \text{ horas}$ . Son datos teóricos, ya que realmente existen pérdidas de rendimiento en las transferencias y transformaciones de energía. Posteriormente se analizará más detalladamente estos datos.

- Mayor integración de las energías renovables. En ocasiones la energía eólica que se produce en horario nocturno no se puede integrar al sistema porque no existe la suficiente demanda.

Si la recarga no se hiciera en los momentos oportunos, pues el efecto sería el contrario, la curva de demanda variaría incrementando la diferencia entre los periodos de mayor y menor consumo eléctrico. Podría ser necesario un sobredimensionamiento de las infraestructuras de generación y de transporte – ya que se producen sobrecargas en breves periodos de tiempo -. Los bocetos de la ilustración 142 nos ayudan a una mejor comprensión de lo comentado.



Ilustración 142: Interferencia en la curva de demanda de los VE. Fuente: REE

Tenemos que considerar al vehículo eléctrico como un equipo eléctrico más dentro del hogar, es decir, del mismo modo que tenemos un frigorífico, o una lavadora tenemos un coche eléctrico.

En la tabla 20 se compara la potencia de diferentes elementos eléctricos con respecto al VE.

Tabla 20 : Vehículo Eléctrico visto desde el suministro. Fuente: Iberdrola.

Equipamiento	Potencia
Frigorífico	0,2 kW
Lavadora	2,5 kW
Secadora	4,5 kW
Aire Acondicionado	3-5 kW
Vehículo Eléctrico	3,5 kW

El balance anual, tomado como fuente a Iberdrola – ilustración 143 -, podría ser de una relación 5:1 entre el consumo de la casa y el del coche. Sabiendo siempre que los consumos de potencia máxima de cada uno de los componentes puestos en juego no se realizarán a la vez.



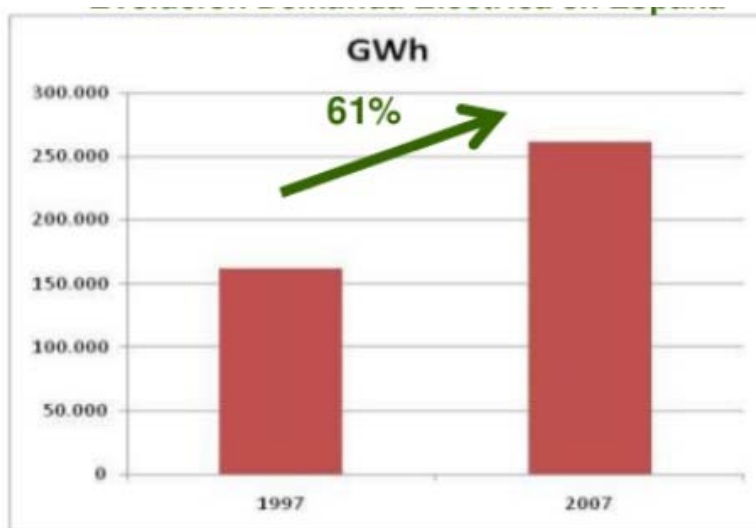
**Consumo Anual VE ≈  
2.000 kWh**



**Ilustración 143: Consumo Anual. Fuente: Iberdrola**

El consumo medio anual de un VE, es orientativo, suponemos que el consumo es de alrededor 12-14 kWh por cada 100 kms, si se realizan unos 15.000 kms al año, pues el consumo es equiparable a 2000-2100 kWh.

No en vano, y siendo más realistas, el aumento de consumo eléctrico – ilustración 144 - que ha experimentado la sociedad, por diferentes motivos, cambio de sistemas de calefacción de combustión por otros eléctricos o por la incipiente “necesidad” de cada vez más utensilios eléctricos – cepillos eléctricos, móviles,...- es bastante superior al esperado en un principio por la incorporación de los VE.



**Ilustración 144: Evolución de la demanda eléctrica española. Fuente: Web Red eléctrica**

Para una mejor comprensión, detallaremos alguno de los términos comentados en los párrafos anteriores.

## RECARGA INTELIGENTE

No es fácil de realizar ya que son necesarios contadores y dispositivos de carga que faciliten la comunicación red-vehículo con el operador del sistema. Se introducen señales de precio, potenciando ofertas de energía con tarifas de discriminación horaria que incentiven a los usuarios a poner en práctica recargas inteligentes en horas valle.

Existen tres métodos para hacer coincidir las necesidades del sistema y las horas de carga de los vehículos eléctricos enchufables: reglas predeterminadas, control directo de la carga y señales de precio.

Frente a este concepto también denominado también como Smart Grid, existe el concepto inglés de “superdumb” o “dumb”. En este caso la red es “muda”, carece de cualquier tipo de comunicación entre el usuario y el servicio. En este caso, por ejemplo, si la potencia demandada excediera de la disponible, no se podría recargar la batería en un VE. Imaginemos que disponemos de 30 KW, y se conectan 3 vehículos de 20 KW, solamente uno de ellos estaría cargado completamente.

## V2G

Es la transferencia de energía de los vehículos hacia el sistema eléctrico. Mejoraría la seguridad del suministro en horas punta. Es necesario realizar la implantación de un sistema de comunicación bidireccional entre los usuarios y el operador del sistema. Este sistema proporcionaría/proporciona una optimización tanto en la generación y en la operación del sistema eléctrico – menor necesidad de generación gestionable – como en las infraestructuras de la red.

Será pues necesario mejorar las tecnologías necesarias en comunicación y en información, para aportar determinados servicios a la red.

El uso de los VE, como sistemas de almacenamiento, tendría como consecuencias inmediata un aplanamiento de la demanda, así como una prolongación del funcionamiento de las denominadas centrales base, centrales de bajo coste de producción de electricidad y gran inercia de funcionamiento – por ejemplo, las nucleares y las térmicas -.

Normalmente las centrales de gran inercia en su puesta en marcha, las nucleares, funcionan a régimen continuo al 100% de rendimiento o en un alto porcentaje – caso de las centrales de ciclo combinado -, pudiendo alcanzar el pleno rendimiento en un periodo razonable de tiempo. La diferencia del nivel base de generación de estas centrales con el de la demanda final, se suele cubrir con las fuentes renovables.

Como ejemplo significativo, una gran central fotovoltaica puede variar fuertemente su producción en más de un 10% en menos de un minuto.

Los operadores de sistema suelen trabajar con un cierto margen de reserva – regulación en la apertura de las centrales hidráulicas,...- por criterios de seguridad como de fiabilidad de servicio.

Es preciso saber que un vehículo conectable a la red considerado como carga sola <sup>83</sup>, carece de la potencia suficiente como para que su actuación modifique sustancialmente al sistema. Para lo cual sería necesario un “ente” que pudiera abarcar a un número importante de vehículos y poder gestionarlos en su conjunto. Siempre teniendo en cuenta las necesidades o restricciones impuestas por los usuarios, como evidentemente el estado de carga de las baterías.

---

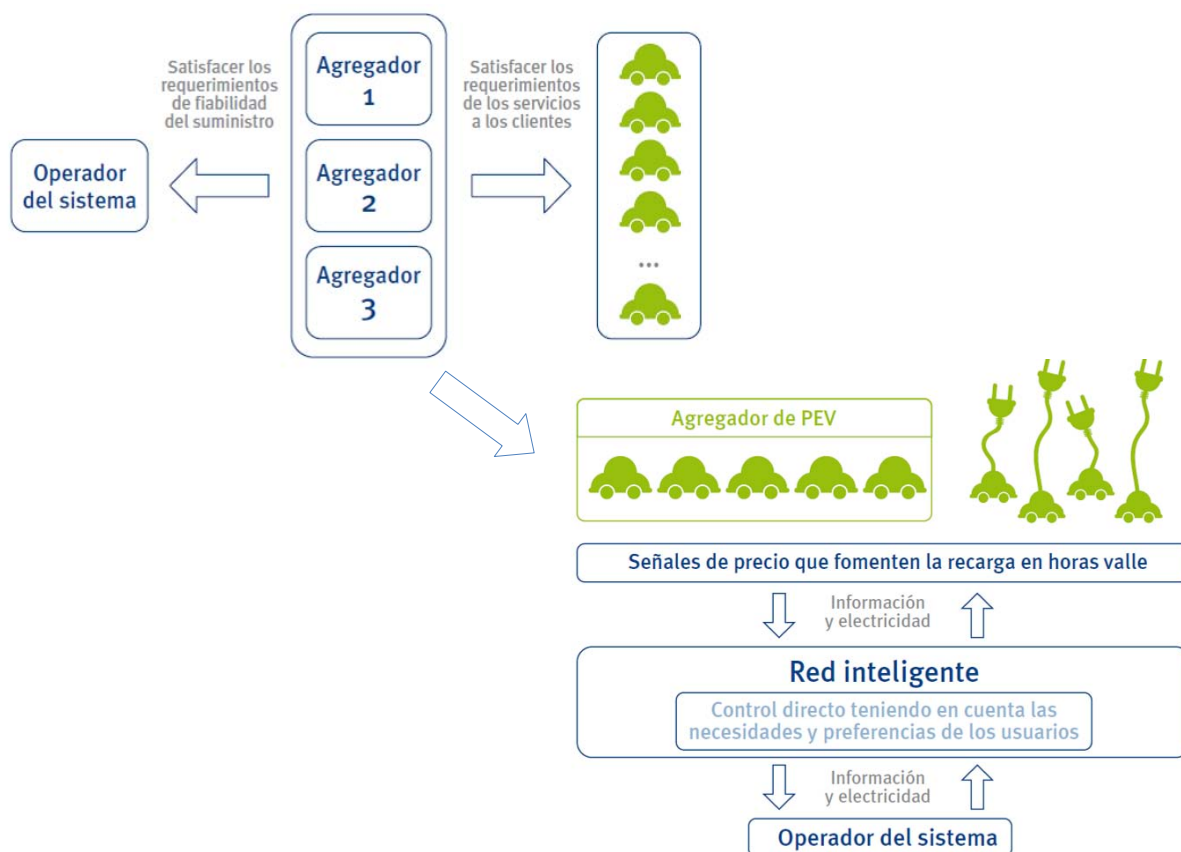
<sup>83</sup> Fuente: A reference Network Model for Large Scale Distribution Planning with Automatic Street Map Generation. 2010.



## AGREGADOR DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ENCHUFABLES

El agregador es un nuevo agente del sistema eléctrico que integrará a múltiples usuarios de vehículos enchufables con comunicación directa con el TSO, Transmission System Operator<sup>84</sup>, con el objetivo de dar soporte a los requerimientos de seguridad del suministro, participando en productos o servicios para el operador del sistema. Al mismo tiempo debe satisfacer los compromisos de servicio con los usuarios de cada vehículo.

Gráficamente la ilustración 145 nos ayuda a entender mejor el concepto de agregador.



**Ilustración 145: Recarga inteligente y Agregador de coches eléctricos enchufables. Fuente: REE**

## AUTOCONSUMO

Es un nuevo término, cada vez más frecuente, basado fundamentalmente en que "generemos "nuestra propia energía y la consumimos. Esto tiene una ventaja intrínseca, ya que las redes de distribución estarán menos saturadas y podrán ser más reducidas, reduciendo costes. Del mismo modo se aliviarán las tareas del Operador del sistema.

Se suelen usar normalmente sistemas solares para la generación de energía.

Para llegar a una optimización del autoconsumo, o para disponer de energía almacenada durante el horario nocturno, empresas como Tesla dispone de productos tales como el Tesla Powerwall, de 7 o 10 kWh, o Tesla Powerpacks con capacidades de 100 kWh, ilustración 146.

<sup>84</sup> Gestor de la Red de Transporte responsable dentro del sector eléctrico de asegurar el suministro de los usuarios, asegurar el intercambio entre proveedores y usuarios y optimizar la red de transporte.

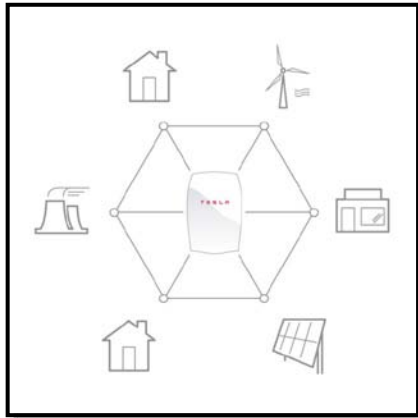


Ilustración 146: Tesla Powerwall. Fuente: Tesla

Algunos estudios independientes han estimado que este tipo de baterías serían rentables en España, si nos desconectamos por completo de la red eléctrica, para evitar los costes fijos de potencia contratada. Es preciso indicar que existe un cierto temor por parte de las personas que fomentan el autoconsumo de la posible aprobación de un real-decreto que estipula una tasa o peaje de respaldo, haciendo casi inviable económicamente la generación casera de electricidad mientras se siga conectado a la red eléctrica.

#### C.4.1.4: GRAN VOLUMEN: ¿GRAN INCERTIDUMBRE?

Las previsiones son muy difíciles de realizar, la evolución de las ventas están siendo algo desiguales dependiendo tanto de los países, y sus políticas e incentivos fiscales. Como de la propia evolución de su tecnología con la tecnología tradicional.

#### RED DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

En España, al ser tan lenta la introducción – valores cercanos a las 1.500 unidades en número de ventas -, no existen restricciones desde el punto de vista de la infraestructura de recarga en el mercado español.

De todos modos, al tener solamente a la hora de realizar la carga una incidencia local, es posible realizar refuerzos en la red en el punto de conexión, dependiendo de la localización concreta de la red y del propio vehículo.

Dentro de los diferentes tipos de carga mencionados – lenta, rápida,...-, la lenta, que es una de las más habituales, es la que menos cambios supone a la infraestructura eléctrica.

Siguiendo con la infraestructura, el impacto dependerá del uso del vehículo, es decir si la recarga se realiza en el garaje de casa –origen -, en el lugar de trabajo – destino -, o en zonas itinerantes – tales como supermercados, electrolinerías, vías públicas,... -. Los diferentes escenarios quedan reflejados en la tabla 21.

Tabla 21: Características escenarios de recarga: Fuente: CAM-Fenercom

	Modo de Carga	Horario de Repostaje	Tiempo de Permanencia	Propiedad Conexión
<b>Centro Comercial</b>	Rápida –Lenta	Laborable 19-22 h y fines de semana.	1,2 h	Público.
<b>Centro de Trabajo</b>	Lenta	Laborable 7-19 h y fines de semana.	9 h	Público/Privado
<b>Parking</b>	Lenta	24 h	2 h	Público.
<b>Vía Pública</b>	Rápido-Lenta	24h	1-12 h	Público
<b>Comunidad de Vecinos</b>	Lenta	8-20 h	12 h	Privado.
<b>Garaje Individual</b>	Lenta	24 h	12 h	Privado
<b>Estaciones de Repostaje</b>	Rápido – Cambio de batería	24 h	10 min <sup>85</sup>	Público.
<b>Estacionamiento de flotas de vehículos</b>	Rápida-Lenta- Cambio de Batería	24 h	15 min- 12 h	Privado

<sup>85</sup> Actualmente, no disponible.

Los refuerzos de la red dependerán del grado de evolución de cada uno de los modos de repostaje en los diferentes escenarios posibles.

### **Capacidad:**

Si nos vamos a casos particulares y concretos, el estudio de la capacidad de suministro podría ser el siguiente<sup>86</sup>.

- **Vivienda Unifamiliar:** Dónde normalmente el mayor consumo se produce entre las 19 h y las 21 h, y los mínimos entre las 00 h y las 06 horas. Y con una potencia contratada por encima de los 4 kW. Se podría realizar una carga lenta – 3,6 kw – durante el periodo nocturno – a partir de las 00 h -. Pero si los consumos de calefacción, refrigeración, de aire acondicionado y demás elementos de iluminación y eléctricos, no son escasos, o si disponemos de más de un vehículo eléctrico sería necesario contratar un aumento de potencia.
  - Por ejemplo un caso real, unas viviendas unifamiliares ubicadas en una zona madura, es decir, construidas y habitadas, que están alimentadas por un centro de transformación con una potencia instalada de 1.030 kVA, y con una potencia total contratada de 831,55 kW. Al haber en total 172 viviendas, en cada vivienda le corresponde 4,83 kw de potencia contratada. Se podría recargar como mucho alrededor de vehículo y medio por vivienda.
  
- **Centro Comercial:** Las plazas de aparcamiento de estos centros tienen o deberían tener a su disposición tanto puntos de carga rápida como puntos de carga normal. Principalmente las cargas se realizan en los horarios donde más clientes hay, en días laborables a partir de las 19 h y en los fines de semana.
  - El consumo eléctrico de estos centros suele ser meridianamente plano a lo largo del día, ya que los consumos eléctricos – climatización, iluminación,... - están funcionando de manera constante durante el día.
  - Por ejemplo, en un caso práctico, un centro comercial que dispone su propio centro de transformación, con una potencia contratada de unos 4.100 kW y una potencia instalada de 6.030 KVA<sup>87</sup>. Si suponemos que la potencia consumida fuera homogénea

---

<sup>86</sup> Fuente: CAM-Fenercom

<sup>87</sup> La potencia instalada es la potencia máxima capaz de suministrar una instalación a los equipos y aparatos a ella, ya sea en el diseño de la instalación o en su ejecución, respectivamente (definición reflejada en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión –REBT-). Es necesario no solamente conocer los elementos eléctricos de consumo sino también saber la simultaneidad de trabajo de los mismos – factor de simultaneidad – y si se usan a tope de su potencia máxima – factor de utilización -.

La potencia contratada es la potencia que la compañía eléctrica reserva para nuestra vivienda o para nuestro centro comercial, bloque de edificios,... Existe un interruptor de potencia, que evita consumir más potencia de la contratada. Cuanto menor es la potencia contratada menor es la factura de la luz.

El factor de potencia – relación de potencia activa y potencia aparente, o dicho de otra manera, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado al circuito eléctrico de corriente alterna – es cercano a 1. Recordemos que el factor de potencia es una medida que nos indica la capacidad de una carga de absorber potencia activa, valores cercanos a 1, son puramente resistivos.

y cercana al 90 % de la contratada, el consumo eléctrico sería de unos 3.700 kW. Tendríamos entonces un rango de unos 2.300 kW hasta llegar a la potencia máxima del centro de transformación.

- Si la carga fuera lenta, suponiendo una demanda holgada de unos 5 kW, se podrían cargar unos 460 vehículos, es decir, si el parking total tuviera una capacidad de 2.000 coches aproximadamente, supondría un 23 %.
  - Si fuera una carga rápida, demandas de 50 KW, se podría cargar simultáneamente unos 46 vehículos. Se estima costes superiores a los 20.000 euros cada punto de carga rápida.
  - Con súper-rápidas, de 120 kW, unos 19 coches.
  - Del mismo modo se puede hacer estudios de un garaje de un bloque de viviendas, o de uno comunitario.
- Electrolineras: Es decir, las estaciones de repostaje versión eléctricas. En este caso las cargas lentas no tienen mucho sentido, por lo tanto deberían ser cargas rápidas que son las que invierten menos tiempo. Debido al escaso éxito se descartaría los recambios de baterías.
- Las recargas rápidas de hasta 50 kW, pueden requerir periodos de hasta 20-30 minutos para una carga completa, lo cual no es muy práctico. Por lo tanto se tendría que ir a recargas súper-rápidas de 120 KW, y que mínimo de disponer por lo menos de 3 puntos de recarga, estamos hablando de grandes cantidades de potencia instalada. Es por tanto necesaria una infraestructura ex profeso para este tipo de instalaciones.

Puede ser necesario realizar refuerzos puntuales dependiendo de la situación concreta de cada infraestructura. Lo que si será necesario es introducir elementos supletorios – conectores específicos – que garanticen la seguridad de la carga.

La carga lenta aprovecha la red actual, por lo tanto es la que menos inversión es necesario realizar. Sin embargo las cargas rápidas requieren de infraestructuras específicas.

Hay estudios – RECA – que estiman que el 90 % de las cargas se van a realizar en el propio domicilio o en el lugar de trabajo.

### **Calidad:**

En este apartado, se quiere incidir en una posible incidencia en la calidad del suministro eléctrico al cargar simultáneamente varios vehículos plug-in.

Los VE como es obvio acumulan la energía en las baterías, alimentadas en corriente continua. Para la conversión de la corriente alterna a continua y viceversa, se utilizan equipos de electrónica de potencia – rectificadores e inversores, respectivamente -. Éstos equipos pueden llegar a introducir posibles alteraciones electromagnéticas que se transmiten por los propios conductores eléctricos afectando a terceros equipos, mediante una modificación de la señal eléctrica – armónicos – o introduciendo ruido eléctrico, el cual puede afectar a la comunicación entre los contadores inteligentes y los centros de transformación y entres éstos y los sistemas centrales de las compañías de distribución.

Para compensar los armónicos de los equipos de electrónica de potencia, se introducen unos sistemas electrónicos adicionales, denominados filtros, que les eliminan y recomponen las señales de tensión.

Dependiendo de la calidad de los equipos de carga, los efectos sobre la señal serán mayores o menores. La ilustración 147 muestra la onda tanto original como posteriormente deformada.

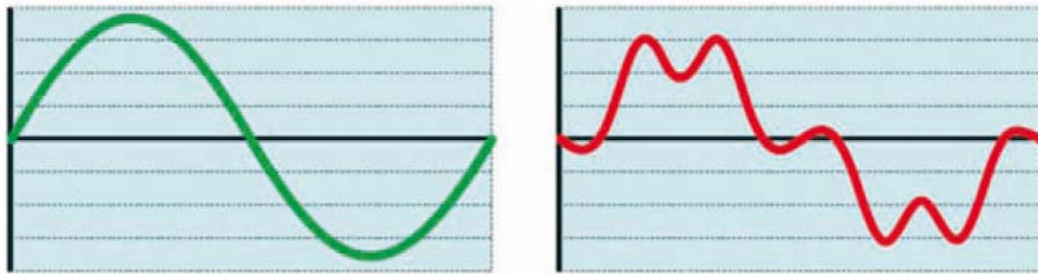


Ilustración 147: Onda original y onda deformada. Fuente: CAM - Fenercom

Si se diera la circunstancia de recargar de manera simultánea varios vehículos, los efectos sobre los armónicos se irían sumando, como se muestra en la ilustración 148 realizada con CIRCUTOR en la carga de 70 VE simultáneamente.

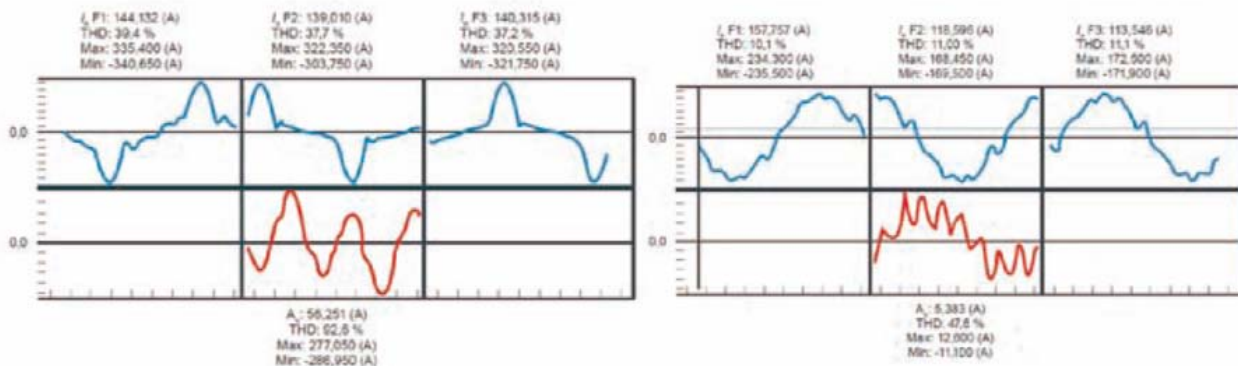


Ilustración 148: Distorsión real y Modificación tras filtro. Fuente: CAM-Fenercom

Dependiendo de la intensidad y de la frecuencia el efecto del ruido eléctrico será de una manera u otra. El PLC – Power Line Carrier - , sistema de comunicación de los contadores, suele usar frecuencias entre 42 a 90 kHz, por lo tanto todo ruido en este abanico puede producir interferencias en las comunicaciones. Todo ello netamente mostrado en la ilustración 149.

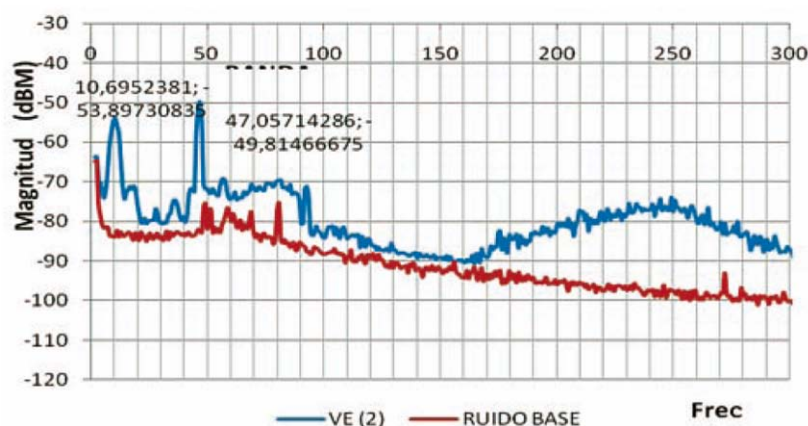


Ilustración 149: Ruido en la carga simultánea de dos VE. Fuente: CAM-Fenercom



La red de distribución es la responsable de la calidad del servicio, garantizando que la incorporación en la red de VE, no interfiera en la señal eléctrica ni en las comunicaciones.

La electrónica de potencia que incorporan los VE debería presentar calidades y diseños que eviten dentro de lo posible la producción de armónicos que puedan afectar a la señal de tensión de 50 Hz, y eviten que el ruido electrónico afecte a las bandas de comunicación por corriente portadora.

## GENERACIÓN DE ENERGÍA

En segundo lugar, la pregunta a plantearse es si se dispone de la capacidad suficiente para poder atender ahora mismo un aumento significativo de los coches eléctricos. La respuesta es que sí, somos un país exportador de energía, sobre todo por el aumento de centrales de energías renovables y de ciclo combinado. Es más, gracias a los últimos acuerdos y proyectos llevados a cabo en Europa, se ha mejorado de manera notable la intercomunicación internacional entre los países europeos, en caso de necesidad se podría importar energía, algo que en tiempos pretéritos se hacía con cierta asiduidad,

Según REE, mediante la aplicación de sistemas de gestión inteligente, las redes eléctricas de media y alta tensión podrían absorber en los próximos 20 años hasta una cuarta parte del parque automovilístico español, unos siete u ocho millones de coches conectados. Quizás levemente limitado por la red de distribución – de baja tensión –, a una cifra alrededor de los 5 millones de vehículos. Cifra muy lejana a alcanzar en un corto plazo.

Esto significa, que a priori no sería necesario invertir grandes cantidades de presupuesto en la mejora de las redes eléctricas de transporte y distribución ni en la instalación de nuevas centrales. Algunos expertos comentan que debido a esto, no tendría que aumentar el coste de la electricidad. Aunque la realidad, es algo diferente, no olvidemos que es una fuente de ingresos para el estado, y una de las principales acciones que la administración suele realizar cuando no llegan a cumplir el presupuesto, subir la electricidad.

Durante el periodo entre el segundo semestre del 2008 y el mismo periodo del 2014, el coste de la electricidad ha aumentado en España en 0.081 euros/kwh, el doble que los 0.042 €/kwh de subida media del resto de la Unión Europea. Alcanzado el cuarto puesto como el país más caro dentro del grupo. Aspectos como la crisis económica – aumento de impuestos y gravámenes –, alguna mejora en los suministros eléctricos y los costes vinculados con las políticas energéticas – apoyo a las energías renovables, coste de la deuda acumulada del sistema, ayudas a la gran industria y al carbón,... - pueden explicar este aumento tan significativo.

Tampoco nos sorprendería, que ante una mayor demanda de energía y una mayor necesidad de la misma, aumente el precio de la electricidad del mismo modo que aumentó el precio del petróleo durante el crecimiento económico previo al crack del 73. Pero no solamente debido al crecimiento del parque automovilístico, ya que el número de elementos movidos por electricidad ha aumentado netamente, no nos podemos olvidar del aumento de trenes de alta velocidad<sup>88</sup> – AVE –, autobuses eléctricos, nuevas redes de Metro en las ciudades más importantes, bicis y motos eléctricas, vehículos logísticos,...

---

<sup>88</sup> Se considera que todos los trenes de alta velocidad, en hora punta, pueden llegar a consumir más de 400 MW, diseminado por toda la orografía de España.



## **PROYECTO Y NUEVAS INICIATIVAS.**

Existen múltiples iniciativas y proyectos referentes a la incidencia futura – y presente - del vehículo eléctrico.

### **Proyecto Verde**

Basado sobre el desarrollo de las tecnologías necesarias para la introducción masiva del vehículo eléctrico en España.

### **Asociación GO 15 – Reliable and Sustainable Power Grids -**

Estudio del efecto de los vehículos en los sistemas eléctricos.

### **Proyecto REVE – Regulación Eólica con Vehículos Eléctricos -**

Análisis de los aspectos técnicos y económicos debidos de la aportación del parque de vehículos a la garantía de evacuación de energía eólica.

### **Proyecto MERGE – Mobile Energy Resources in Grids of Electricity -**

Se evalúa el impacto de los vehículos eléctricos en los sistemas eléctricos europeos, planificaciones y operación de redes en los mercados eléctricos.

### **Proyecto I+D Domocell.**

Sistemas de recarga en garajes comunitarios, con gestión de carga de los vehículos y el estudio de la posibilidad de devolver la energía a la red mediante la electricidad almacenada en las baterías.

### **Grid for Vehicles (G4V).**

Evaluación del impacto en las infraestructuras eléctricas de la implantación de VE a gran escala.

### **CECOVEL – Centro de Control del Vehículo Eléctrico -.**

Más que un proyecto en sí, es un centro responsable del control del vehículo eléctrico. Garantizar la seguridad del sistema eléctrico ante una posible recarga masiva y variable de coches eléctricos. Adaptar la Red en tiempo real y de manera flexible a los hábitos de recarga de los conductores.

Tendrá que estar coordinado con el COCOEL, con el CECRE y con los centros de control de los sistemas insulares, de las empresas distribuidoras y de los propios gestores de cargas. Toda esta información bidireccional debe ayudar a analizar los impactos sobre la curva de demanda de los sistemas eléctricos españoles.

### **Nuevos Programas.**

Al amparo de los coches eléctricos se han desarrollado nuevos programas que ayudan la optimización de la energía y la minimización del coste de las mismas, algunos ejemplos de ello son:

- Programas que te facilitan el tipo de recarga y el precio de la misma.
- SUMO, simulación de movilidad urbana, búsqueda de la mejor ruta para un VE.
- Programas que indican el número de puntos de recarga en función del número de coches, y regiones.
- ...

### **ESTADOS UNIDOS.**

Según un estudio reciente llevado a cabo por Pacific NorthWest National Laboratory (PNNL) el sistema eléctrico de Estados Unidos tendría la capacidad suficiente de soportar 140 millones de coches eléctricos siendo su recarga repartida a lo largo de las 24 horas del día. Si dichas recargas se centraran en los puntos de mayor demanda de energía eléctrica, la cantidad bajaría a los 80 millones de vehículos. Alcanzar esta cifra es una auténtica utopía.

En el país americano se están llevando a cabo proyectos de iniciativa privada, tales como el My Electric Avenue, promovidos por NISSAN, en el que se crean pequeñas comunidades de usuarios de coches eléctricos con la finalidad de conocer de una manera fehaciente el verdadero impacto en la red eléctrica recargando varias unidades de forma simultánea. El fabricante japonés básicamente ofrece un leasing de un NISSAN Leaf, durante 18 meses, bastante accesible para los participantes, con la condición de crear un grupo de al menos 10 usuarios en la misma zona

## FRANCIA.

Me gustaría hacer una pequeña reseña sobre el impacto de los vehículos eléctricos en otros países, como por ejemplo Francia. Cada país debe afrontar de manera individual, por lo menos a día de hoy<sup>89</sup>, la incursión de estos coches, es decir, tienen que tener en cuenta tanto la generación de energía, transporte,... que dispone, como que la propia curva de demanda. Ésta será exclusiva de cada país, ya que cada uno tiene sus propios hábitos y costumbres.

Sus perspectivas o especulaciones de ventas se ilustran en la gráfica 150.

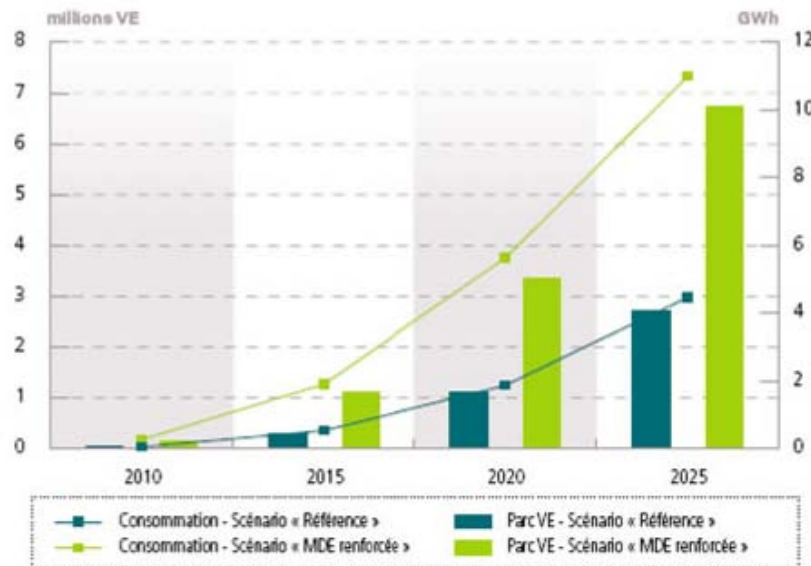


Ilustración 150: Perspectiva de evolución del parque de VE. Fuente: RTE

Según un estudio realizado por RTE – Le Réseau de l'Intelligence Électrique -, en un horizonte del 2020, no tendrán problemas en asimilar más de 1 millón de coches enchufables en nuestro país vecino, solamente una gestión inteligente será suficiente. E incluso 4,5 millones en el 2025, determinando que normalmente no se realizan cargas completas diarias – sobre todo de los conductores que no realizan más de 50 km -, sino que recargan normalmente 1/3. Y que no todo el mundo entra a la misma hora en el trabajo.

La incidencia en la curva de demanda depende si es verano o invierno. Y si las cargas se realizan en una situación “ideal” – fomento de las cargas lentas - o en otra más “catastrófica” – en horarios de hora punta, y normalmente rápida -, como se puede observar en las ilustraciones 151 y 152.

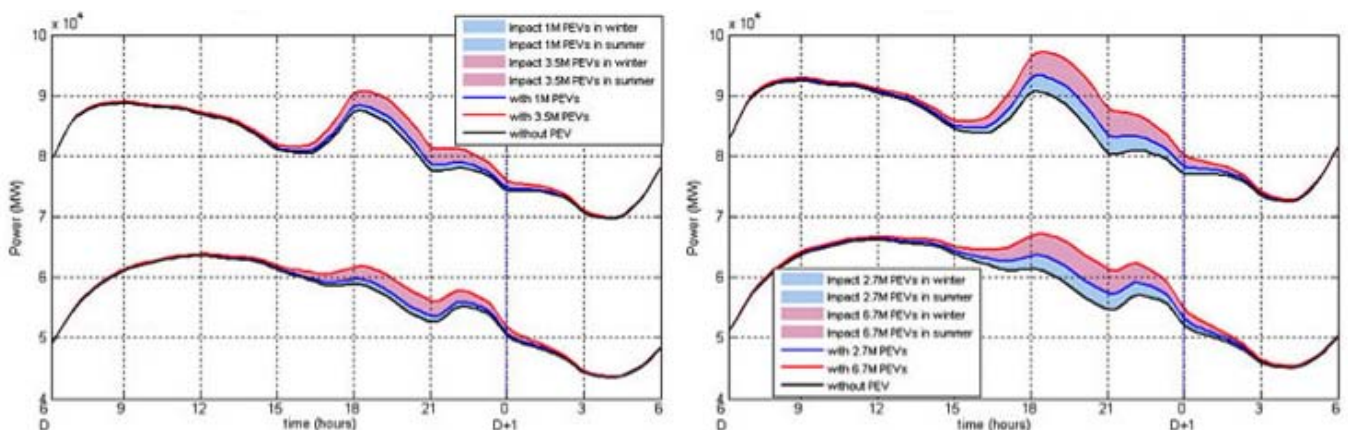


Ilustración 151: Simulación de curva de consumo año 2020 (izda) y año 2025 (dcha). Fuente: RTE

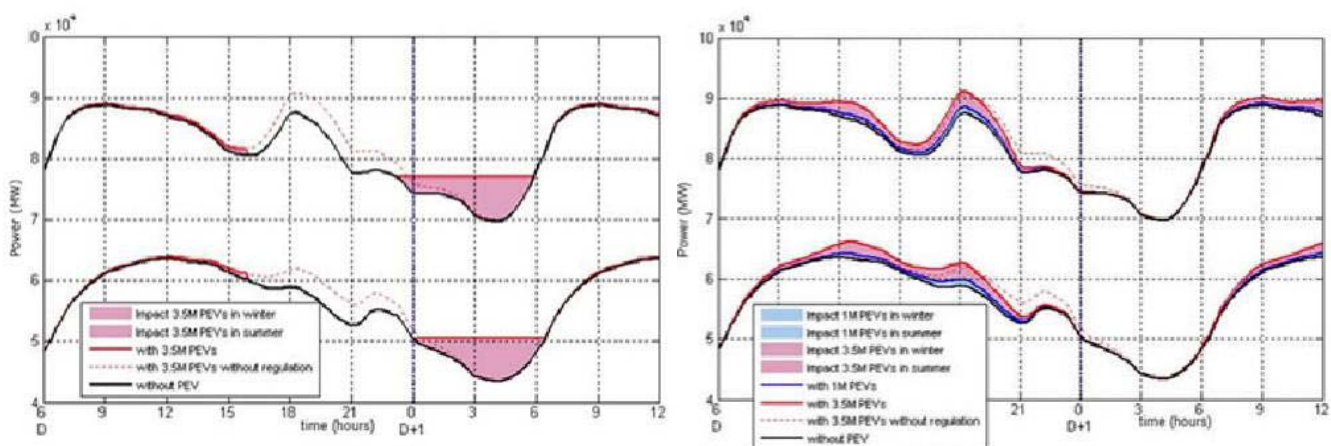


Ilustración 152: Simulación curva de consumo con carga ideal (izda) y con carga en el trabajo (dcha). Fuente: RTE.

## RECOMENDACIONES.

En función de lo cual se podría establecer ciertas recomendaciones tales como:

- Desarrollar infraestructuras de recarga inteligente para posibilitar la recarga durante los periodos valle.
  - Ofrecimiento de información directa sobre sistemas informáticos – Smartphone, tablets,... – sobre los niveles de consumo como de los tipos tarifarios a los clientes, de manera previsor y continua.
- Permitir que los vehículos eléctricos enchufables, los usuarios que lo deseen, ingieran el sistema eléctrico para poder apoyar al sistema en las situaciones de emergencia.
  - Mejora de los sistemas de comunicación bi-direccional entre los distribuidores y los puntos de consumo – y los puntos de recarga de los VE -.
- Creación de una tarifa dinámica de electricidad supeditada a las condiciones del sistema, y ofertas y promociones que fomenten el enganche de los VE en función del estado del sistema.
  - Realizar un estudio que determine las tarifas de horas valle y horas punta en función de las propias estaciones meteorológicas.
  - Puesta en práctica de modos tarifarios que favorezcan el consumo durante los periodos de máxima producción de los sistemas energéticos renovables y que desfavorezcan los periodos inversos.
  - Mejora de los sistemas de predicción de los periodos anteriormente comentados.
- Mejoras en el control de la frecuencia.

