



endesa

## Observatorio “Energía e Innovación”

Propuestas para el fomento de la movilidad eléctrica: Barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar

**Angel Arcos Vargas (Coordinador)**

**José María Maza Ortega**

**Fernando Núñez Hernández**

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA DE ESPAÑA  
2018





Propuestas para el fomento de la movilidad eléctrica:  
Barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar

---

Autores:

Angel Arcos Vargas (Coordinador)

José María Maza Ortega

Fernando Núñez Hernández

Académicos revisores:

Eloy Álvarez Pelegry

José Domínguez Abascal.

José Ignacio Pérez Arriaga





REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA DE ESPAÑA  
2018

Copyright © 2018 Real Academia de Ingeniería de España.

© 2018 de los textos, los autores

COPYRIGHT DE ESTA EDICIÓN

© 2018, Real Academia de Ingeniería Don Pedro, 10. 28005 Madrid

Tel. 91 528 20 01

E-mail: secretaria@raing.es

[www.raing.es](http://www.raing.es)

Documentalista y asistencia técnica: Francisco Jesús Matas Díaz.

ISBN: 978-84-95662-62-0

Depósito Legal: M.256-1018

Impreso en España - *Printed in Spain*

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del «Copyright», bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

# Índice de contenido

Prólogo .....	ix
1. Objeto y alcance del estudio.....	3
2. Referencias internacionales.....	9
2.1. Contexto regulatorio de la UE .....	11
2.2. Regulación de la recarga en distintos países.....	13
2.2.1. Dinamarca.....	13
2.2.2. Estonia .....	15
2.2.3. Francia .....	16
2.2.4. Alemania.....	17
2.2.5. Países Bajos .....	20
2.2.6. Italia .....	22
2.2.7. Noruega .....	23
2.3. Agentes en la movilidad eléctrica .....	26
2.3.1 Posibles papeles del DSO.....	29
2.4. Interoperabilidad y modelos de negocio .....	32
3. Tecnología.....	35
3.1. Tipos de recarga.....	35
3.2. Ubicación de los puntos de recarga .....	41
3.3. Normativa técnica y estándares aplicables .....	42
3.4. Impacto en la red eléctrica .....	44
4. Análisis económico de la recarga de vehículos eléctricos. La visión del empresario 49	
4.1. Inversión necesaria .....	49
4.1.1. Extensión de la red .....	50
4.1.2. Equipo, suministro e instalación.....	50
4.2. Ingresos .....	50
4.2.1. Energía suministrada .....	50
4.2.2. Precio de venta.....	51
4.2.3. Evolución de los ingresos .....	52
4.3. Costes de explotación. ....	52
4.3.1. Costes variables. Compra de energía.....	52
4.3.2. Costes fijos .....	53

4.4.	Cuenta de resultados, flujo de caja y rentabilidad del proyecto .....	55
	Caso base.....	55
4.5.	A modo de resumen .....	57
5.	Factores determinantes del despliegue del vehículo eléctrico. Evidencias a nivel internacional .....	61
5.1.	Descripción de la evolución del coche eléctrico a nivel internacional .....	61
5.2.	Análisis de los factores determinantes del despliegue del vehículo eléctrico .	66
5.2.1.	Modelo 1: efecto de las características de la batería y del volumen de cargadores.....	69
5.2.2.	Modelo 2: efecto del volumen de cargadores sin considerar mejoras en la batería	70
5.2.3.	Modelos 3 y 4: efecto de la batería y de los cargadores rápidos con un período de retardo.....	70
5.2.4.	Modelo de Swamy (pendiente aleatoria): efecto de los cargadores rápidos	71
6.	Conclusiones: barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar.....	77
	Referencias .....	83
	Anexo I. Las baterías de los vehículos eléctricos. ....	89
	Anexo II. Estándares aplicables .....	91
	Anexo III: Propuesta técnico-económica para la instalación de un punto de recarga de vehículos eléctricos (extracto). ....	93
	Anexo IV: El proyecto Zem2all.....	99
	Anexo V: Caso de precio de venta mínimo .....	101
	Anexo VI: Caso de exención de la cuota de potencia.....	102
	Anexo VII: Caso de compensación de gastos de personal .....	103
	Anexo VIII: Caso de compensación simultánea de gastos de personal y cuota de potencia.....	104
	Anexo IX: Caso de compensación simultánea de gastos de personal y cuota de potencia, y subvención necesaria para alcanzar una remuneración adecuada .....	105
	Anexo X: Caso de compensación simultánea de gastos de personal y cuota de potencia, y aumento del precio de venta necesario para alcanzar una remuneración adecuada.....	106
	Anexo XI: Datos sobre el coche eléctrico a nivel internacional.....	107
	Índice de figuras .....	110
	Índice de tablas .....	112
	Acrónimos .....	113



# Prólogo



# Prólogo

Elías Fereres Castiel

Presidente de la Real Academia de Ingeniería de España.

El Real Decreto de creación de la Real Academia de Ingeniería de España definió, entre sus fines estatutarios, promover la calidad y competencia de la ingeniería española, fomentando el estudio, la investigación y el progreso de las ciencias, técnicas y métodos que requieren sus aplicaciones. La Academia se constituyó, por tanto, como entidad cualificada para la prospección y el análisis crítico de la evolución tecnológica para, de esta forma, facilitar a la sociedad el acceso a estos nuevos conocimientos.

En definitiva, la Academia percibe la Ingeniería como un ingrediente esencial del progreso y bienestar de nuestra sociedad y, con sus actividades, persigue y promueve la integración de la Ingeniería en la cultura de nuestro país y un mayor reconocimiento a la Ingeniería española en un escenario internacional.

En la actualidad, la Real Academia de Ingeniería desarrolla dos objetivos fundamentales: por un lado, promover la Ingeniería en nuestra sociedad y, por otro, asesorar de forma independiente a instituciones públicas y privadas en materias relacionadas con la Ingeniería y el desarrollo tecnológico. Estos objetivos se persiguen, entre otras vías, a través del desempeño por parte de la Academia de su papel como foro de intercambio de conocimientos, ideas y opiniones entre la Administración, la Universidad y la Empresa.

Es en esta última vertiente en la que, desde finales de 2014, la Real Academia de Ingeniería y ENDESA decidieron aunar sus capacidades de prospección tecnológica mediante la constitución del Observatorio “Energía e Innovación”. El Observatorio se constituyó como plataforma de análisis de las distintas tendencias y soluciones que se identifican en el sector energético, así como de definición de estrategias de innovación en un contexto global.

De forma resumida, la misión del Observatorio “Energía e Innovación” se focaliza en analizar la situación actual, así como tendencias del sector energético, aportar datos relevantes y ofrecer ideas innovadoras que contribuyan a la mejora del sector desde las perspectivas de la innovación técnica previsible, evolución de la demanda, percepción del ciudadano y empresas, y respeto al medio ambiente.

Durante los últimos meses, esta misión se ha concretado en la redacción del presente estudio en el que se analiza el fenómeno de la movilidad eléctrica desde distintos puntos de vista. En su desarrollo, se han analizado las barreras que condicionan su crecimiento con una clara orientación pragmática y constructiva, aportando recomendaciones que contribuyan al despliegue del vehículo eléctrico como instrumento para alcanzar un reto crítico, fundamental para el futuro de nuestra sociedad, como es la reducción de los gases

de efecto invernadero. Es en este entorno de afrontar el cambio climático en el que la Ingeniería muestra igualmente su compromiso por aportar soluciones a los grandes problemas que la humanidad afrontará en un futuro próximo.

Este estudio ha resultado posible exclusivamente gracias al trabajo y compromiso de un equipo de profesionales, investigadores y académicos de la Real Academia de Ingeniería que han colaborado en alcanzar el objetivo compartido de poner el desarrollo tecnológico al servicio del sector energético como herramienta insustituible para lograr el bienestar social y el desarrollo económico de nuestro mundo en crecimiento y continua evolución.

En un escenario cambiante, en el que áreas de conocimiento tales como digitalización, conectividad, inteligencia artificial, ciudades inteligentes, redes inteligentes, etc, que no hace mucho tiempo se intuían como de lejana aplicación en nuestras soluciones técnicas y mucho más alejadas de nuestra vida cotidiana, hoy las experimentamos en actividades diarias y, lo que es más importante, realimentan nuevos ciclos de innovación y desarrollo de nuevas soluciones técnicas, alcanzándose de esta manera un círculo virtuoso de generación y aplicación de nuevo conocimiento en el que la Ingeniería encuentra una de sus razones de existir.

Sólo queda transmitir nuestro agradecimiento a ENDESA y a todos los participantes en esta publicación y reiterar el compromiso de la Real Academia de Ingeniería con el Observatorio “Energía e Innovación” para continuar este camino de colaboración y de generación de conocimiento basado en la prospección tecnológica.

# 1. Objeto y alcance del estudio



# 1. Objeto y alcance del estudio

José Domínguez Abascal

Académico de la Real Academia de Ingeniería de España.

Existe un claro consenso científico sobre la realidad del cambio climático y su relación con las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el hombre. Como consecuencia de la actividad humana, la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera pasó de 280 ppm en 1800 a 400 ppm en 2016. Si se consideran otros Gases de Efecto Invernadero (GEI), en este momento la atmósfera contiene 445 ppm de CO<sub>2</sub> equivalentes lo cual está produciendo ya un progresivo incremento de la temperatura de la tierra. En palabras de la Organización Meteorológica Mundial, "El constante aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera durante el período de observación, a partir de 1970 y hasta la actualidad, es consistente con el observado aumento de las temperaturas globales promedio en el mismo período". Si seguimos actuando de la misma manera en 2100 la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente en la atmósfera se habrá elevado al entorno de 750 ppm y el consiguiente incremento de la temperatura de la tierra será con una alta probabilidad entre 4 y 5 °C respecto a su valor a principios del siglo XXI.

Las dos fuentes más importantes de emisiones de gases de efecto invernadero son la generación eléctrica y el transporte por carretera. Entre ambos contribuyen en aproximadamente un 50% al total de emisiones generadas por la actividad humana. Ambos no solo contribuyen al cambio climático sino también a la contaminación atmosférica con importantes efectos sobre la salud humana. Este hecho pone el foco de la lucha contra el cambio climático y la contaminación atmosférica en la ineludible transición hasta un sistema eléctrico y un sistema de transporte, ambos libres de emisiones de gases de efecto invernadero.

Por este motivo, la Unión Europea ha hecho de la lucha contra el cambio climático una de sus señas de identidad. Ha formulado una hoja de ruta para la descarbonización profunda de su economía en el horizonte 2050, y la ha acompañado de las respectivas estrategias sobre energía, transporte, eficiencia, renovables, desarrollo tecnológico y apoyo a la innovación. La UE es desde 1990 la principal impulsora de la respuesta internacional a la crisis climática, liderazgo que en tiempos recientes y tras la desafección del gobierno de los Estados Unidos, co-protagoniza con China. En ese sentido, el principal logro europeo a lo largo de ese tiempo ha sido desacoplar de forma sustancial el desarrollo de la economía de la generación de emisiones de gases de efecto invernadero. A lo largo de los últimos veinticinco años, al tiempo que la economía ha crecido un 53% en términos reales, las emisiones totales han disminuido un 23%.

La extraordinaria importancia que la Unión Europea otorga al cambio climático se debe a la consideración de que es el problema llamado a definir a nuestra generación. Según el reciente estudio de opinión realizado en 38 países por el Pew Research Center (*Global Attitudes & Trends*, 2017), las principales amenazas identificadas por la mayoría social internacional son el terrorismo yihadista del ISIS (67%) y el cambio climático (66%), este último especialmente mayoritario entre las personas de menos de 35 años. En el mencionado estudio, el 89% de la población española considera que el cambio climático supone una importante amenaza para el país. En ese marco de referencia, el Acuerdo de París ha supuesto un punto de inflexión para el sistema energético global. La descarbonización sistemática y profunda del sistema energético global ya no es una consideración teórica sino un horizonte político a lograr en el siglo XXI. El debate internacional no es ya sobre el objetivo climático en sí, sino sobre la estrategia que permita alcanzarlo y sus implicaciones.

En consecuencia, las Naciones Unidas hacen un llamamiento enérgico a la comunidad internacional para que intensifique sus esfuerzos de mitigación, señalando que el Diálogo Facilitador que tendrá lugar a lo largo de 2018 entre los países firmantes del Acuerdo de París será un momento clave para elevar el nivel de ambición. Y es que, dada su actual formulación, incluso si se cumplen plenamente lo acordado en París, la senda futura del incremento de la temperatura se situará en 3°C, en lugar de los 1,5°-2°C aprobados.

Dejando para otros estudios la imprescindible descarbonización de la generación eléctrica, la transición hacia un transporte por carretera libre de emisiones pasa por la progresiva sustitución de los vehículos con motor de combustión interna por otros libres de emisiones tales como los de pila de combustible y fundamentalmente los vehículos eléctricos. Es sobre este sobre el que se sustentará la mayoría del transporte de personas hacia mediados del siglo XXI. Obviamente combinado con la citada generación eléctrica libre de emisiones ya que ambos sectores- el de la generación eléctrica y el del transporte por carretera- habrán de evolucionar paralelamente. Sin una descarbonización de la generación eléctrica, la adopción de vehículos eléctricos solamente haría trasladar la contaminación desde el centro de las ciudades a los lugares de generación eléctrica resolviendo con ello algunos problemas de contaminación urbana y sus efectos directos sobre la salud de los habitantes de las grandes ciudades, pero sin resolver con ello el problema de las emisiones de GEI, el del subsiguiente aumento de las temperaturas, ni el de la contaminación en un sentido general.

En este contexto, los avances tecnológicos y la progresiva reducción de costes han conducido en los últimos pocos años a una formidable penetración de la energía eólica y la solar fotovoltaica en el sector de la generación eléctrica. Entre 2005 y 2015 los costes de la eólica terrestre han descendido un 40% y la solar fotovoltaica un 80% llevando a ambas a unos costes competitivos con los de cualquier otro medio de generación eléctrica.

En el caso del vehículo eléctrico la reducción de costes ha sido igualmente significativa. Según datos del Departamento de Energía de los EE UU el precio de las baterías de iones de litio pasó de ser 1000 \$/kWh en 2008 a 268 \$/kWh en 2015. Esto supone que la batería



de un coche eléctrico medio (25 kWh) pasó en ese tiempo de 25000 \$ a 6700 \$. Aunque en este momento los costes de los turismos eléctricos aún son mayores que los de los convencionales y su autonomía no es parecida, es muy plausible esperar un progresivo acercamiento que lleve a los vehículos eléctricos a ser competitivos con los convencionales en los próximos años. De hecho, Tesla ha anunciado precios de las baterías de 100 \$/kWh para 2020 y VW por su parte, ha anunciado un “Golf” eléctrico al mismo precio, con las mismas prestaciones los de gasolina y autonomía de 400 km, para el año 2020. (En este estudio se supone un precio más conservador de 150\$/kWh para las baterías en el año 2020).

Independientemente de que los impulsos tecnológicos, económicos y políticos hagan que el proceso de evolución hacia el vehículo eléctrico tenga un mayor o menor ritmos, es claro que nos encontramos ante una evolución imparables que conlleva una serie de acciones técnicas complementarias al desarrollo del propio vehículo eléctrico. Acciones relativas a la red, el mercado eléctrico y a todos los servicios e instalaciones necesarios para hacer posible la recarga cotidiana de un parque de vehículos que hasta ahora se recargaba en las gasolineras.

En el presente documento se abordan los elementos técnicos imprescindibles y complementarios al propio vehículo eléctrico que deben desarrollarse para el fomento de la movilidad eléctrica, haciendo especial énfasis en las estaciones de recarga sin cuya existencia y despliegue en el territorio sería imposible la transición hacia un sistema de transporte por carretera basado en el vehículo eléctrico. Se analiza el estado actual de desarrollo de una red de recarga en diferentes países, así como su regulación. Se lleva a cabo, un estudio económico que permite identificar costes y actuaciones necesarias en el terreno económico. Igualmente se analizan varios modelos para los factores determinantes en el despliegue generalizado de los vehículos eléctricos y por último se recoge una síntesis de las medidas necesarias para la eliminación de las barreras que actualmente limitan este despliegue.



## 2. Referencias internacionales. Modelos existentes



## 2. Referencias internacionales

Muchos países están intentando incentivar con diferentes medidas y estímulos la implantación del coche eléctrico como transporte de referencia. Las razones son diversas: beneficios económicos, desarrollo tecnológico, mayor independencia energética, disminución de la dependencia de los combustibles fósiles, etc. Pero la razón principal es conseguir reducciones en las emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas (PM - *particulate matter*).

Los vehículos privados son responsables de casi el 80 % del total de emisiones de óxidos de nitrógeno imputable al tráfico urbano, el 83 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte y del 60 % de las emisiones de partículas (Terra, 2017). Esta proporción aumenta en las zonas urbanas, pues las políticas actuales de transporte y urbanismo fomentan el uso del coche, promueven la construcción de carreteras y conllevan una gran ocupación de espacio público.

La composición de las partículas en suspensión que se inhalan continuamente puede tener una mezcla muy variada que se clasifican según su tamaño y comportamiento al respirarlas, más que según su contenido. Hay partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 µm (PM10) que suelen llegar más allá de la garganta. Las que tienen un diámetro igual o inferior a 2,5 µm (PM2,5) pueden llegar hasta los pulmones. Finalmente, las partículas ultrafinas, con un diámetro igual o inferior a 0,1 µm, pueden pasar de los alveolos pulmonares a la sangre (Agència de Salut Pública de Barcelona, 2012). En entornos urbanos, el sector del transporte es uno de los focos de un problema grave de salud pública: la contaminación atmosférica. Según dos nuevos informes de la OMS, “*La herencia de un mundo sostenible: Atlas sobre Salud Infantil y Medio Ambiente*” y “*¡No contamines mi futuro! El impacto de los factores medioambientales en la salud infantil*”, emitidos este año, y siempre refiriéndonos en términos globales, más de una cuarta parte de las defunciones de niños menores de cinco años son consecuencia de la contaminación ambiental (1,7 millones anuales). Entre ellos, 570.000 debido a infecciones respiratorias, y 270.000 en el primer mes posparto, siendo una de las causas directas la contaminación del aire, tanto en espacios cerrados como abiertos (Organización Mundial de la Salud, 2017). En otro comunicado de prensa emitido con anterioridad, un estudio llevado a cabo en 2014 reveló que, en 2012, 7 millones de personas murieron como consecuencia de la exposición directa a la contaminación atmosférica (Organización Mundial de la Salud, 2014). Otro estudio estadístico sobre 79 factores de riesgo para la salud en 188 países, entre 1990 y 2013, asocia a la contaminación atmosférica 5.5 millones de muertes anuales de media (The Lancet, 2013). La Agencia Europea del Medio Ambiente cifra en 29.980

las muertes prematuras anuales<sup>1</sup> en España vinculadas a la contaminación en 2013, y en 520.000 muertes en 28 Estados miembros de la UE en 2013 (Planelles, 2016).

Los objetivos de emisiones de CO<sub>2</sub> para vehículos ligeros de la Unión Europea son muy ambiciosos en comparación con Estados Unidos, China o Japón. Desde los actuales 130 g CO<sub>2</sub>/km se quieren reducir las emisiones a 95 g CO<sub>2</sub>/km en 2020 y, más aún, a 68-78 g CO<sub>2</sub>/km en 2025, tal y como se muestra en la Figura 1 (Amsterdam Roundtable Foundation, 2014).

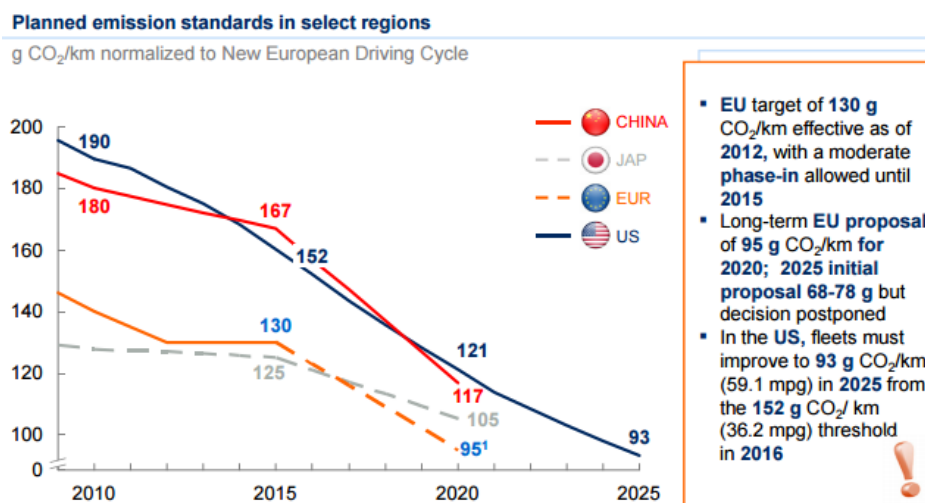


Figura 1. Objetivos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de China, Japón, la Unión Europea y EE.UU. Fuente: Amsterdam Roundtable Foundation, 2014.

Por este motivo, muchos Gobiernos están apoyando inversiones en infraestructura de recarga de vehículos eléctricos mediante ayudas o incentivos, tal y como se muestra en la Figura 2, con el objetivo de descarbonizar el sector transporte. A modo de ejemplo, Estonia ha instalado una red pública de puntos de recarga rápida por todo el país (165 en total), con una distancia máxima de 50 km entre ellos, con lo cual todas las poblaciones de más de 5.000 habitantes tienen al menos uno. Otros países como Noruega, Dinamarca, los Países Bajos, Francia, Reino Unido y España están incentivando a sus ciudadanos a optar por la movilidad eléctrica mediante subvenciones y ayudas para la adquisición de vehículos eléctricos.

Esta sección trata de analizar pormenorizadamente diferentes experiencias internacionales para incentivar la movilidad eléctrica. El objetivo es evaluar si hay algún tipo de correlación entre el objetivo y la cuantía de los incentivos y la penetración del vehículo eléctrico, mostrada en la Figura 3 para algunos países.

<sup>1</sup> Muertes que tienen lugar antes de que una persona alcance su esperanza de vida. Esta esperanza de vida es normalmente la estándar, según el sexo y el país. Se considera que las muertes prematuras pueden evitarse si sus causas se pueden eliminar o mitigar.

## AYUDAS NACIONALES A LA COMPRA DE EVS

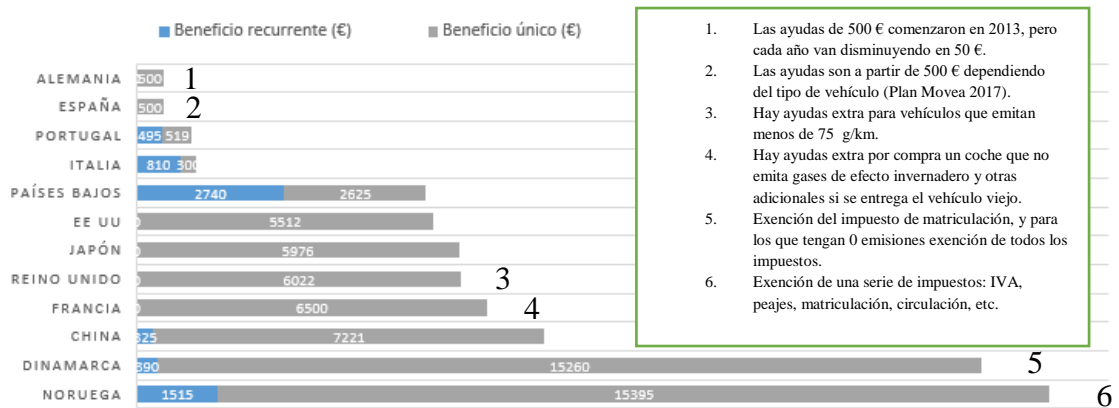


Figura 2. Ayudas nacionales a la compra de vehículos eléctricos. En gris, beneficio en el momento de la compra (ayudas a la inversión). En azul, beneficios durante un período tras la compra (reducción de impuestos y beneficios de uso). Fuente: Adaptación de (Amsterdam Roundtable Foundation, 2014)

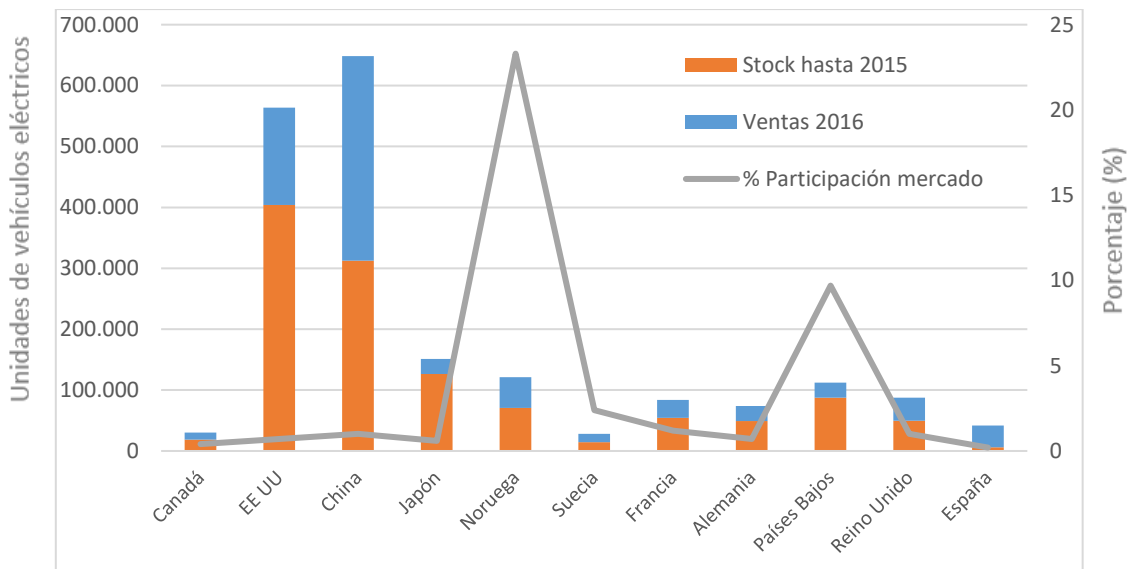


Figura 3. Datos de mercado del vehículo eléctrico en varios países. Elaboración propia. Datos de (International Energy Agency, Global EV Outlook 2016. Beyond one million electric cars., 2016) & (International Energy Agency, Global EV Outlook 2017. Two millions and counting., 2017).

### 2.1. Contexto regulatorio de la UE

En general, la política europea relativa al transporte engloba tanto el ámbito legislativo (reglamentos de obligado cumplimiento con o sin trasposición a su legislación) como documentos de análisis de situación y de viabilidad.

Desde 1996, y con más contundencia desde 2008, se ha venido adoptando una amplia serie de medidas para mejorar la calidad del aire en Europa. En la siguiente enumeración se recoge la parte de esta legislación que afecta al transporte, en la que se incluyen tanto la Directiva 2009/28/CE, que estableció la contribución de las energías renovables en la gasolina, diésel, biocarburantes y energía eléctrica utilizados en el transporte, como el

Reglamento 333/2014, que fijó en 95 g/km las emisiones máximas de los vehículos puestos en el mercado para el 2020 (Álvarez Pelegrý & Menéndez Sánchez, 2017):

- Reglamento CE 715/2007 sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros. Objeto: establece los límites de emisión para vehículos ligeros, así como las fechas para la entrada en vigor de los mismos.
- Directiva 2008/50/CE sobre la calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia para Europa. Objeto: entre otros, definir y establecer objetivos de calidad del aire ambiente para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medioambiente en su conjunto.
- Reglamento CE 692/2008 sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros. Objeto: modifica los límites de emisión del Reglamento CE 715/2007.
- Directiva 2009/28/CE sobre el fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables. Objeto: fija objetivos nacionales obligatorios de contribución de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía y en el consumo de energía en el transporte.
- Directiva 2009/30/CE sobre especificaciones de la gasolina, el diésel y el gasóleo. Objeto: establece, respecto a los vehículos de carretera y las máquinas móviles no de carretera, especificaciones técnicas para los combustibles destinados a ser utilizados en vehículos equipados con un motor de encendido por chispa y con un motor diésel, teniendo en cuenta los requisitos técnicos de esos motores. Adicionalmente, impone un objetivo de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida.
- Directiva 2009/33/CE sobre la promoción de vehículos de carretera limpios y energéticamente eficientes. Objeto: ordenar a los poderes adjudicadores, a las entidades adjudicadoras y a determinados operadores que tengan en cuenta los impactos energético y medioambiental durante su vida útil, incluidos el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> y de determinados contaminantes, a la hora de comprar vehículos de transporte por carretera a fin de promover y estimular el mercado de vehículos limpios y energéticamente eficientes y aumentar la contribución del sector del transporte a las políticas de materia de medioambiente, clima y energía de la Comunidad.
- Reglamento CE 443/2009 por el que se establecen normas de comportamiento en emisiones de vehículos nuevos para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos ligeros. Objeto: fija en 130 g de CO<sub>2</sub>/km de emisiones medias para el parque de vehículos nuevos.
- Reglamento CE 333/2014 que modifica al Reglamento CE 443/2009 a fin de definir las modalidades para alcanzar el objetivo de 2020 de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos nuevos. Objeto: fija un objetivo, aplicable a partir de 2020 de 95 g de CO<sub>2</sub>/km de emisiones medias para el parque de vehículos nuevos.
- Reglamento UE 1315/2013 orientaciones para el desarrollo de una red europea de transporte. Objeto: establece orientaciones para el desarrollo de una red



transeuropea de transporte con una estructura de doble capa consistente en la red global, y la red básica, que se establece sobre la global.

- Directiva 2014/94/UE sobre la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. Objeto: establece un marco común de medidas para la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos en la unión a fin de minimizar la dependencia de los transportes del petróleo y mitigar el impacto medioambiental del transporte.
- Directiva 2015/1513/UE por la que se modifica la Directiva 98/70/CE relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo, y la Directiva 2009/28/CE, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Objeto: establece un máximo para los biocombustibles producidos a partir de cultivos en tierras agrícolas y considera el cálculo de la electricidad procedente de fuentes de energía renovable consumida por los vehículos eléctricos de carretera.
- Reglamento UE 2016/427 por el que se modifica el Reglamento CE 692/2008 en lo que concierne a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 6) (Texto pertinente a efectos del EEE). Objeto: establece la determinación de emisiones en condiciones reales de conducción.
- *Winter Package* 2016, artículo 33 para la regularización de las funciones de las compañías de distribución eléctrica en la gestión de puntos de recarga. Objeto: establece que los Estados miembros pueden ceder al distribuidor la propiedad, desarrollo y explotación del punto de recarga solo si las otras partes no están interesadas en ello. Además, al menos cada cinco años los países deben re-evaluar el potencial interés que un punto de recarga podría despertar en las demás partes.

## 2.2. Regulación de la recarga en distintos países

En esta sección se expondrán, a modo descriptivo, los métodos y las estrategias de incentivación más destacables de varios países europeos. Hay que tener en consideración que el nivel económico, el nivel de desarrollo, la coyuntura política y la concienciación de la población, entre otros, son factores determinantes que hacen que una misma medida sea fructífera en un Estado, mientras que en otro no logra alcanzar los objetivos propuestos.

### 2.2.1. Dinamarca

En Dinamarca, el Gobierno se ha propuesto eliminar los combustibles fósiles del país para 2050. Por este motivo, las medidas tomadas han estado encaminadas en establecer más estaciones de recarga de vehículos eléctricos y promover la infraestructura para coches de hidrógeno. Esta estrategia se basa, por tanto, en promocionar los vehículos de mayor eficiencia. Por otra parte, y como medida adicional a las anteriores, los combustibles en 2020 deberán contener como mínimo un 10 % de biocombustible.

*El despliegue de estaciones de recarga en Dinamarca no involucra a priori al DSO. Cualquier persona, compañía o institución puede instalar un punto de recarga público.*

En el sistema danés, en lo que se refiere a la movilidad eléctrica, las estaciones de recarga públicas están siendo desplegadas por agentes independientes no necesariamente ligados a las empresas distribuidoras de electricidad. La construcción, propiedad y operación de las estaciones es, por tanto, un mercado competitivo, por lo que cualquier persona, compañía o institución puede desplegar una o más instalaciones en la misma ciudad o incluso en la misma calle.

En 2007, Energinet, el TSO danés, llevó a cabo un estudio en el que evaluaba la implantación de una plataforma de intercambio de información, y en 2009 se encargó el desarrollo de dicha plataforma. Este nuevo *Hub* de información supuso un decremento en las responsabilidades del DSO y un mayor protagonismo de los proveedores de energía. Con este nuevo sistema los usuarios contactan directamente con el proveedor sin necesidad de intermediario (THEMA, 2015).

Desde el punto de vista de los incentivos al usuario del vehículo, existió una exención de los impuestos de matriculación y circulación anual hasta 2015 para los vehículos eléctricos e híbridos. El objetivo de estas medidas, sin duda, es atenuar el elevado coste de adquisición de estos vehículos y fomentar la competencia con los coches convencionales (BASREC, 2015). Dinamarca ha frenado la oferta de incentivos para la compra del vehículo eléctrico, si bien está revisando nuevos mecanismos de apoyo. Según la AIE, es el único país que ha revisado a la baja sus objetivos en la movilidad eléctrica de los 14 que se fijaron objetivos para 2016.

La Figura 4 muestra el despliegue de cargadores convencionales y rápidos en Dinamarca para dar una idea cualitativa del grado de penetración del vehículo eléctrico.

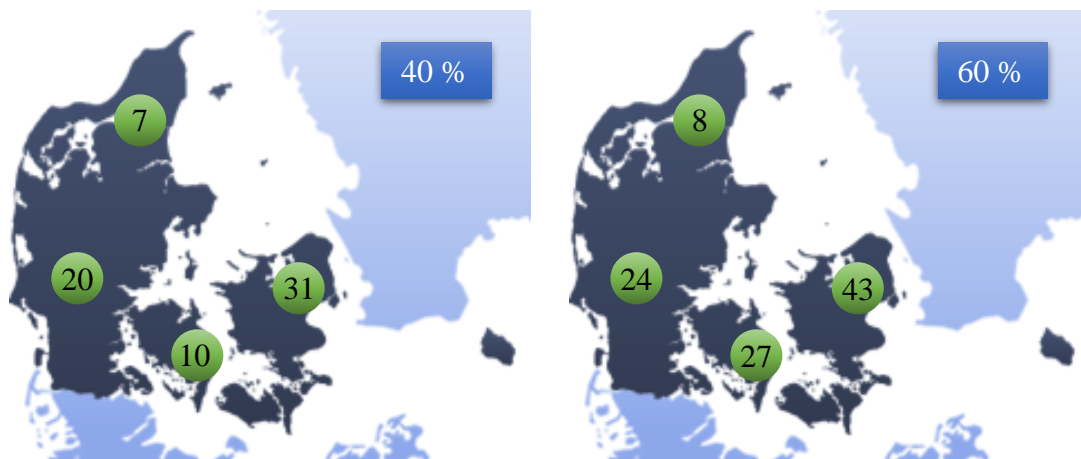


Figura 4: Dinamarca: Puntos de recarga convencionales (< 22 kW) (izquierda) y puntos de recarga rápida (> 22 kW) (derecha), operativos actualmente. Fuente: Electromaps.com, 2017.

### 2.2.2. Estonia

En Estonia, el Gobierno encargó a la agencia de financiación y gestión de proyectos KredEx obtener una solución de movilidad eléctrica global a nivel nacional. En particular, debía proporcionar la ubicación de los cargadores de vehículos y asegurar que las compañías eléctricas realizaran los refuerzos necesarios para hacer frente al aumento de demanda asociado a la infraestructura de recarga (BASREC, 2015). Estonia no aplica impuestos a la compra de vehículos. Sin embargo, el Gobierno plantea como incentivo a la compra de automóviles eléctricos la aplicación de impuestos a los vehículos de combustión (Sahuquillo, 2017).

En 2012, Estonia contaba ya con una red pública de estaciones de recarga con 165 puntos en total. Son cargadores rápidos CHAdeMO estándares, y toda población con más de 5.000 habitantes cuenta con uno. La máxima distancia entre cargadores oscila entre 40 y 60 km. Adicionalmente a la red pública de cargadores rápidos, el Gobierno ofrece apoyo económico a las compañías privadas y particulares en la compra de vehículos eléctricos con cantidades que pueden alcanzar los 18.000 €. Además, si el comprador decide instalar un sistema de recarga en su domicilio la ayuda se incrementa en 1.000 € (ELMO, 2017).

El desarrollo de este despliegue de vehículos e infraestructura de recarga fue fruto del acuerdo firmado en 2011 entre Mitsubishi y el Gobierno estonio. Mitsubishi adquirió los derechos de emisión de 10 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente sobre cuotas de emisión estonias a cambio de proporcionar 507 i-MiEVs. De esta forma, Estonia promovió el uso de vehículos eléctricos dotando a las flotas de instituciones públicas de este tipo de vehículos, mejorando las infraestructuras de recarga y creando un programa de subvenciones para los compradores de vehículos eléctricos (Amsterdam Roundtable Foundation, 2014).

*La red de estaciones de recarga Estonia dispone de un punto de recarga cada 40 - 60 km, y toda población con más de 5.000 habitantes cuenta con uno como mínimo.*

La Figura 5 muestra el despliegue de cargadores convencionales y rápidos en Estonia para dar una idea cualitativa del grado de penetración del vehículo eléctrico.

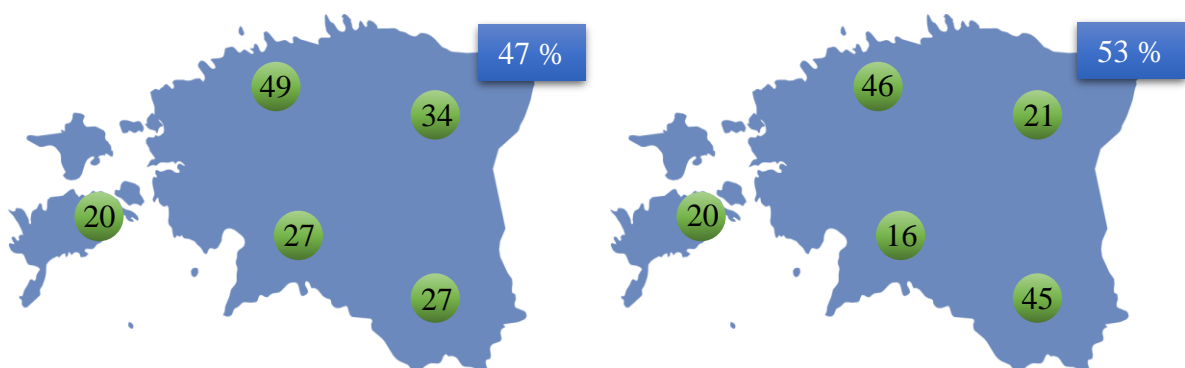


Figura 5: Estonia: Puntos de recarga convencionales (< 22 kW) (izquierda) y puntos de recarga rápida (> 22 kW) (derecha) operativos actualmente. Fuente: Electromaps.com, 2017

### 2.2.3. Francia

Además de cumplir con los objetivos impuestos por Europa como la reducción de un 40 % de las emisiones para 2030, el objetivo de Francia es disminuirlas aún más para 2050. El Gobierno francés continúa ofreciendo una subvención a los compradores de vehículos eléctricos de 6.000 €, 10.000 € para los BEVs, 1.000 € para los PHEVs (*Plug-In Hybrid Vehicles*) y 750 € para los FHVVs (*Full Hybrid Vehicles*). En este sentido, cada vez más se están disminuyendo las ayudas destinadas a los compradores de vehículos híbridos y se están centrando más en vehículos totalmente eléctricos. Para 2017, las ayudas para vehículos híbridos desaparecerán. Para el desguace de los vehículos diésel, las ayudas aumentarán a 4.000 €, de los 3.700 € que disfrutaban anteriormente. También se están planteando incentivos fiscales para compañías que estén apostando por una flota de vehículos eléctricos.

*En Francia, para este año ya desaparecerán todas las ayudas destinadas a vehículos híbridos y se centrarán exclusivamente en vehículos eléctricos de batería.*

En cuanto a puntos de recarga, para 2030 se quieren alcanzar los 7 millones, si bien la infraestructura actual es más reducida, tal y como se muestra en la Figura 6. Los particulares que instalen cargador obtendrán un reembolso del 30 % de los impuestos (USCS, 2017).

La Figura 6 muestra el despliegue de cargadores convencionales y rápidos en Francia para dar una idea cualitativa del grado de penetración del vehículo eléctrico.

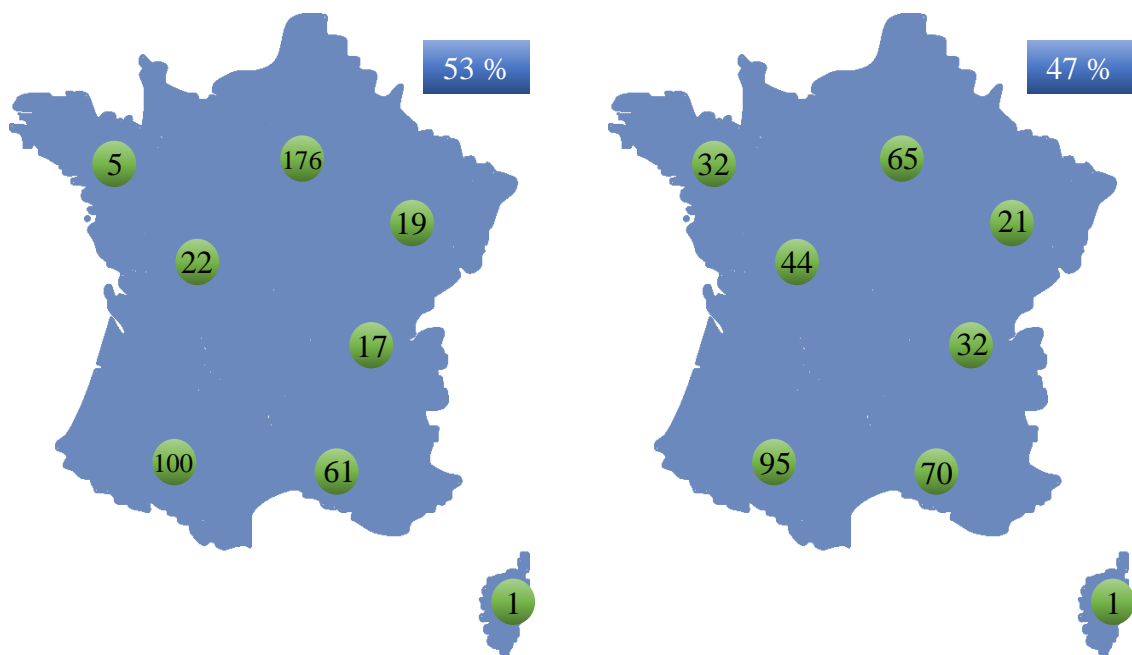


Figura 6: Francia: Puntos de recarga convencionales (< 22 kW) (izquierda) y puntos de recarga rápida (> 22 kW) (derecha) operativos actualmente. Fuente: Electromaps.com, 2017.

#### 2.2.4. Alemania

En Alemania, la movilidad eléctrica es un claro objetivo nacional. En el Plan Nacional de Desarrollo para la movilidad eléctrica se establece como objetivo ir en cabeza tanto en el despliegue del vehículo eléctrico en el país como en el desarrollo y exportación de la tecnología y automóviles. Los fabricantes alemanes se han establecido como grandes productores de nuevos modelos de coches eléctricos. Los esfuerzos de Alemania en invertir y promover la investigación y desarrollo, la regulación y estandarización en este sector les ha llevado a ser referentes a nivel mundial en investigación y desarrollo.

*En Alemania la gran parte de los fondos se destinan a financiar proyectos de investigación para la mejora de la infraestructura y la integración de los vehículos eléctricos.*

Con el objetivo de apoyar el desarrollo de este mercado, entre 2009 y 2011 se invirtieron 500 millones de euros en proyectos de movilidad eléctrica. En los siguientes años se continuarían apoyando nuevas iniciativas con una inversión total que ascendía a los 1.000 millones de euros. Las distintas medidas de apoyo, entre otras, se pueden resumir en los siguientes puntos (BASREC, 2015):

- El establecimiento de un impuesto que consta de una cantidad fija, y otra variable que depende de la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido que se calcula en función de la cilindrada del vehículo (2 €/ 100 cm<sup>3</sup> gasolina y 9.50 €/ 100 cm<sup>3</sup> diésel). El límite de emisiones a partir del cual los vehículos quedan exentos del pago del impuesto (durante 10 años con compras anteriores al 2015, o durante 5 años con compras anteriores a 2020) se redujo de 110 g/km a 95 g/km.
- Inicialmente, en 2010 se anunció que no se subsidiaría el precio final de venta a los compradores de vehículos eléctricos. Sin embargo, en junio de 2013 se aprobó una ley que ofrecía ayudas económicas a los vehículos de empresa en función del tamaño de la batería de 500 €/kWh, decayendo 50 €/año, con una reducción máxima del precio de compra de 10.000 € (Reuters.com, 2013).

Dentro del marco del programa “*Electromobility Model Regions*” del Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital, ocho “regiones modelo” fueron subvencionadas en 2009 con 130 millones de euros. Dentro de este programa, diferentes expertos del ámbito científico, industrial y municipal cooperan para construir y explotar la infraestructura de movilidad eléctrica.

En abril de 2012, el Gobierno alemán seleccionó cuatro regiones (Berlín-Brandeburgo, Baden-Wurtemberg, Baviera-Sajonia y Baja Sajonia) a modo de prueba. Se han destinado ya más de 180 millones de euros en demostraciones a gran escala y en proyectos piloto. Además de la inversión llevada a cabo por el Gobierno nacional, las

*Hay cuatro regiones de prueba donde se llevan a cabo proyectos piloto: Berlín-Brandeburgo, Baden-Wurtemberg, Baviera-Sajonia y Baja Sajonia.*

regiones participantes están apoyando el proyecto con un total de más de 80 millones. Las actuaciones en cada una de estas regiones se pueden resumir de a siguiente forma (Elektromobilität, 2017):

- Berlín-Brandeburgo. El proyecto, que está siendo coordinado por la Agencia de movilidad eléctrica de Berlín (eMO), desarrolla cerca de 30 proyectos que involucran a más de 100 socios (industrias, universidades, etc.). Sus metas se centran en la conducción, aparcamiento, recarga, almacenamiento e integración. Con más de 1.500 vehículos eléctricos y 400 puntos de recarga, Berlín se encuentra a la cabeza en Alemania en cuanto a aplicación práctica de la movilidad eléctrica, mientras que Brandeburgo juega el papel principal en la producción de energía sostenible con el objetivo de integrar al vehículo en las futuras redes de distribución inteligentes. Los proyectos están recibiendo cerca de 37 millones del Gobierno federal, 19 millones de los Estados, y 35 millones de las compañías privadas.
- Baden-Wutemberg es en una región pionera en la movilidad eléctrica. En esta región se ha desarrollado el Living Lab MWe, una red de proyectos cuya finalidad es investigar cómo puede integrarse la movilidad a la red de tráfico y a la vida diaria, así como la evaluación de su potencial económico. Aproximadamente 40 proyectos se concentran en la región de Stuttgart y en Karlsruhe. Entre estos, 24 son federales, 7 asociados y 13 promovidos por el Estado.
- Baviera y Sajonia desarrollan modelos de negocio económicamente viables. Alrededor de 40 proyectos están orientados a 5 áreas: trayectos de larga distancia, urbanos e interurbanos, tráfico rural, conexiones internacionales y formación. En total, el Gobierno federal ha invertido más de 39 millones de euros, y los Estados, más de 15 millones.
- Baja Sajonia (región metropolitana de Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg) es una de los puntos más importantes de la fabricación de

*En Berlín-Brandeburgo se centran en la conducción, aparcamiento, recarga, almacenamiento e integración de los vehículos.*

*En Baden-Wutemberg estudian distintos métodos de integración de la e-movilidad a la red de tráfico y la vida diaria.*

*En Baviera-Sajonia se desarrollan modelos de negocio económicamente viables.*

*En Baja Sajonia se centran en la interoperabilidad, nuevos modelos y conceptos de recarga, energía renovable, producción de vehículos eléctricos y componentes, etc.*

automóviles. Los 34 proyectos llevados a cabo (20 federales, 5 proyectos asociados y 9 federales) se centran en la interoperabilidad, nuevos modelos y conceptos de recarga, energía renovable, producción de vehículos eléctricos y componentes y exportación y contactos internacionales.

La Figura 7 muestra el despliegue de cargadores convencionales y rápidos en Alemania para dar una idea cualitativa del grado de penetración del vehículo eléctrico.

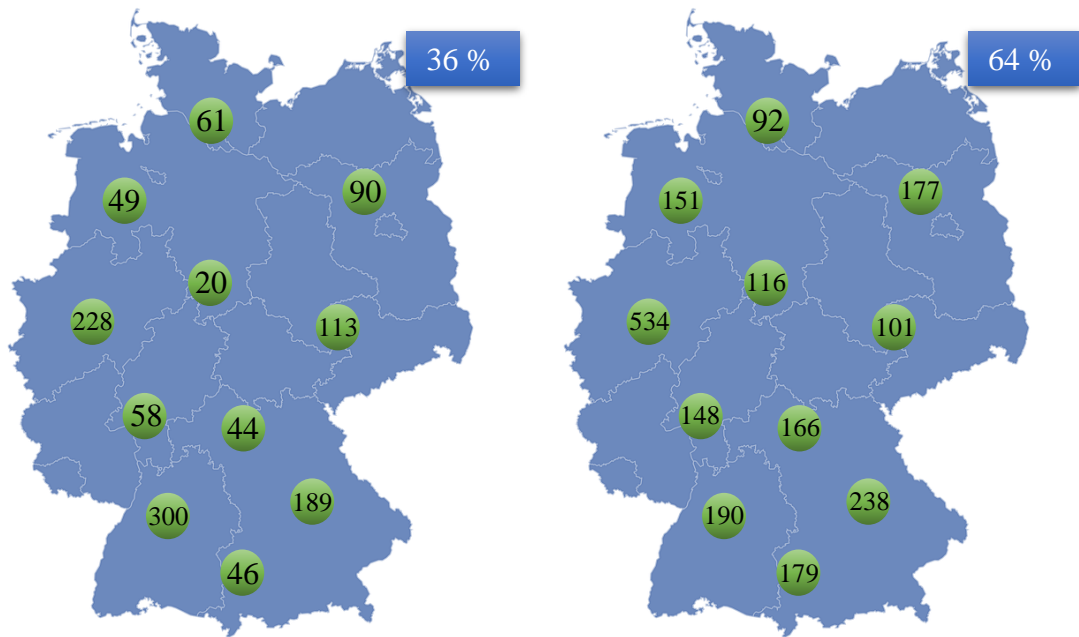


Figura 7: Alemania: Puntos de recarga convencionales (< 22 kW) (izquierda) y puntos de recarga rápida (> 22 kW) (derecha) operativos actualmente. Fuente: Electromaps.com, 2017.



### 2.2.5. Países Bajos

En Países Bajos se plantea como objetivo para 2020 que el 10 % de los coches que se compren sean eléctricos o híbridos. Estos objetivos se amplían para 2025, pues se quiere aumentar a un 50 % del cual al menos el 30 % han de ser puramente eléctricos. De forma adicional se han propuesto crear una red nacional de puntos de recarga.

Los esfuerzos y las subvenciones, además de proporcionar ayudas a los compradores y usuarios de vehículos eléctricos, están destinados también en gran medida al despliegue de la infraestructura de recarga. Se busca también estimular el desarrollo del mercado de los vehículos eléctricos, el desarrollo y la innovación a través de *living labs*, sin olvidar los incentivos fiscales, y la supervisión continua de la evolución del sector.

Las medidas fiscales aprobadas en 2015 consisten en (ACEA, 2017), (Nieuwenhuis, 2015):

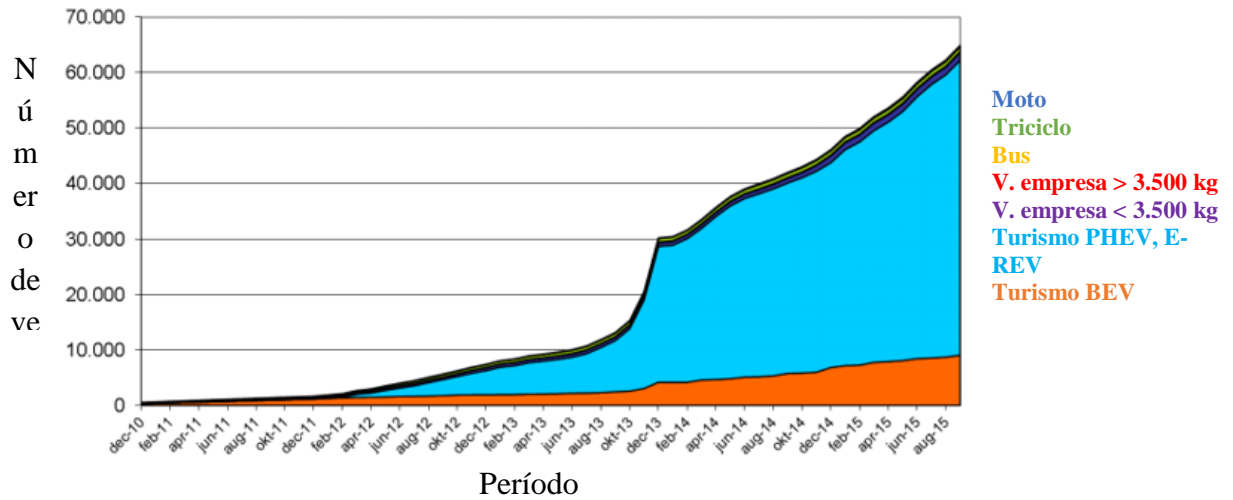
- Escala del impuesto de la compra del vehículo según emisiones:
  - 0 € para los vehículos no emisores.
  - 2 €/g entre 1 y 76 g CO<sub>2</sub>/km.
  - 66 €/g entre 77 y 102 g CO<sub>2</sub>/km.
  - 145 €/g entre 103 y 150 g CO<sub>2</sub>/km.
  - 238 €/g entre 151 y 168 g CO<sub>2</sub>/km.
  - Aumentando hasta 475 €/g a partir de 169 g CO<sub>2</sub>/km.
- Exención del impuesto de circulación:
  - 0 € hasta 50 g CO<sub>2</sub>/km.
  - Entre 400 € - 1.200 € para emisiones mayores, dependiendo del tipo de combustible, del peso del vehículo y del lugar de matriculación.
- Reducción del impuesto del uso privado de un vehículo de la empresa:
  - 4 % para BEV y 7 % para PHEV en lugar de 14-25 %.
- Reembolso de hasta 4.500 € por la contribución positiva al medioambiente del vehículo eléctrico.
- Otros incentivos locales.

*En los Países Bajos, además de ayudar al comprador con exención de impuestos, las subvenciones se centran sobre todo en apoyar el despliegue de la infraestructura de recarga.*

En la Figura 8 se puede ver cómo aumenta el número de vehículos eléctricos en el país a medida que aumentan los puntos de recarga instalados durante 3 años. La Figura 9 muestra el despliegue de cargadores totales y rápidos para dar una idea cualitativa del grado de penetración del vehículo eléctrico.



Evolución del número de vehículos eléctricos en los Países Bajos entre 2010 y



Evolución del número de puntos de recarga en los Países Bajos entre 2010 y 2015

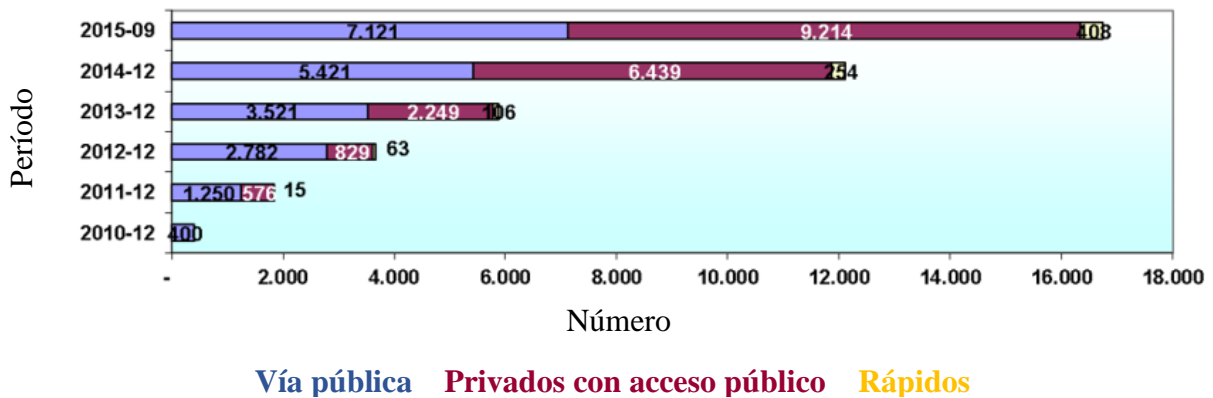


Figura 8. Evolución del número de puntos de recarga (imagen inferior) y vehículos eléctricos (imagen superior) en los Países Bajos entre los años 2012 y 2015. Fuente: (Nieuwenhuis, 2015)

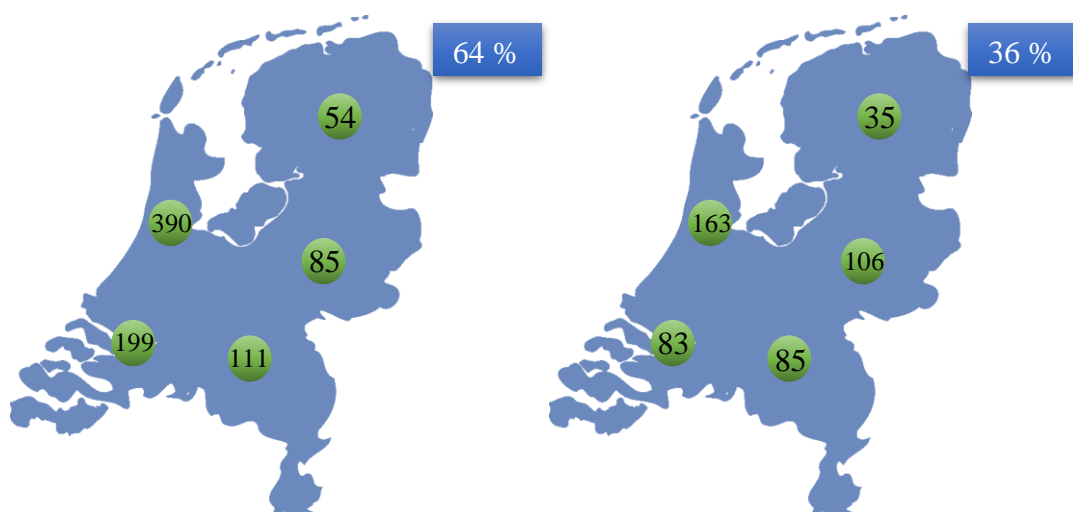


Figura 9: Los Países Bajos: Puntos de recarga convencionales (< 22 kW) (izquierda) y puntos de recarga rápida (> 22 kW) (derecha) operativos actualmente. Fuente: Electromaps.com, 2017.

### 2.2.6. Italia

Italia comenzó el proceso de implantación del vehículo eléctrico en 2010, cuando la AEEGSI (*Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico*) decidió evaluar diferentes modelos de negocio para la recarga del vehículo eléctrico en lugares públicos (Lo Schiavo, 2017). Para ello promovió una convocatoria de proyectos en la que se evaluarían cada uno de ellos. Los principales problemas a los que se enfrentaban eran:

- Para los DSOs (*Distribution System Operators*), la inversión en cargadores de vehículos eléctricos no estaba incluida en la RAB de distribución (*Regulatory Asset Base*). Por este motivo, para incentivar su instalación se propuso una remuneración de 728 €/año/punto de recarga.
- El único tipo de recarga que existía era la lenta.

Finalmente, solo 5 proyectos seleccionados fueron ejecutados (1 o 2 por modelo de negocio).

Otra de las grandes barreras para el despliegue del vehículo eléctrico era la recarga de los particulares en su hogar. En Italia, la tarifa existente introducida en los años 70 no era lineal, sino progresiva, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética. Por este motivo, AEEGSI aprobó una reforma a las tarifas eléctricas existentes de forma que los usuarios pudiesen recargar el vehículo en su domicilio a un coste competitivo.

*Italia comenzó el proyecto de despliegue en 2010 y la mayoría de sus puntos de recarga son convencionales.*

Los proyectos piloto que se llevaron a cabo tenían como objetivo inicial la instalación de 500 puntos de recarga convencional públicos en nueve regiones italianas, siguiendo tres tipos de modelo de negocio diferentes, que serán analizados en la sección 0. En el proyecto asociado al modelo de negocio en el que la empresa distribuidora fuese inicialmente la propietaria y responsable de la explotación técnica y/o comercial, se encargó la instalación de 310 puntos en Pisa, Bari, Génova, Perugia, Emilia-Romaña y Milán. Siguiendo el modelo “*Area-licensed*”, se propuso la instalación de 100 puntos en Milán y 31 en Brescia. Por último, con el modelo competitivo de proveedores de servicios se encargaron 26 puntos en Roma y Milán por Enel Energía y 150 en Roma, Milán, Nápoles, Bari, Catania, Génova, Bolonia y Varese, por Class Onlus. La distribución geográfica de los puntos de recarga que se mantienen operativos junto a los instalados posteriormente se muestran en la Figura 10.

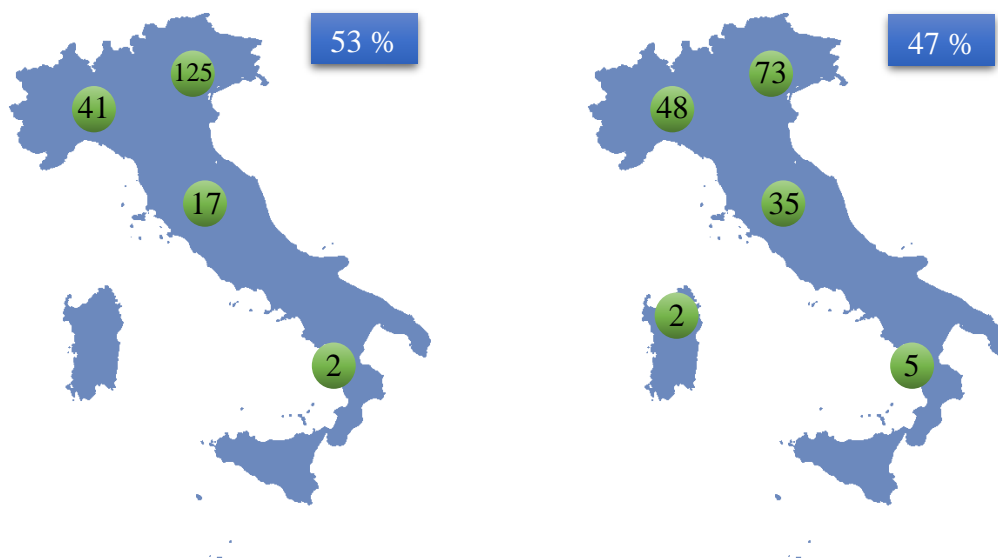


Figura 10: Italia: Puntos de recarga convencionales (< 22 kW) (izquierda) y puntos de recarga rápida (> 22 kW) (derecha) operativos actualmente. Fuente: Electromaps.com, 2017.

### 2.2.7. Noruega

Noruega es el país más avanzado en el ámbito de la movilidad eléctrica y, *a priori*, el modelo más claro a seguir. Incrementar el número de vehículos eléctricos está definido como parte de la Política Climática Noruega y se están usando un amplio espectro de incentivos para hacer a los vehículos eléctricos competitivos y atractivos. Las medidas que se aplican a vehículos eléctricos de batería (BEV) son las siguientes (Assum, Kolbenstvedt, & Figenbaum, 2014):

- Exención del IVA en la compra de un vehículo eléctrico (2001). Al tener un coste de producción mayor, el IVA en los vehículos eléctricos es mayor, lo que hace que la diferencia de precio entre estos y los de combustión interna sea excesiva. La exención de este impuesto reduce la recaudación para el Estado, pero hace que este tipo de vehículos tenga un precio competitivo.
- Acceso al carril bus (2003/2005). En ciudades con mucho tráfico, esta medida hace que un vehículo eléctrico sea mucho más práctico. Este incentivo puede ser algo arriesgado ya que un aumento del número de coches que circulen por estos carriles podría producir retrasos en los autobuses.
- Exención del impuesto de matriculación (1990/1996). Al principio se hizo para vehículos eléctricos que excedían cierto precio de venta, y después se extendió

*Noruega es el país que encabeza el despliegue de vehículos eléctricos. Además de las muchas ayudas, tanto ayudas financieras como exención de impuestos, se suma la destacable concienciación de la población hacia su entorno.*

para todos. El impuesto de matriculación en Noruega para un coche de combustión puede oscilar entre 2.600 € y 9.400 € según el modelo.

- Aparcamiento gratuito. En zonas con espacio de aparcamiento limitado es especialmente efectivo. La influencia en el número de vehículos eléctricos se hace más notable con la reserva de zonas de aparcamiento exclusivamente para estos.
- Peaje gratuito (1997). En la zona de Oslo, los peajes suponen un coste de 600 – 1.000 €/año. En otras zonas de más difícil acceso alcanzan los 2.500 €/año debido al mantenimiento de túneles. Este incentivo ha ocasionado un aumento del número de vehículos en zonas de islas.
- Reducción del impuesto de circulación (1996 a 2004). Los vehículos pagan la cantidad mínima de 52 €, mientras que los vehículos de combustión pagan entre 360 € y 420 €.
- Reducción de las tasas en los ferris (2009). No ha sido un incentivo realmente exitoso.
- Reducción del impuesto de sociedades en vehículos de empresa (2000). Hasta 2012 no tuvo unos resultados apreciables. Con la introducción del Tesla Model S se comenzó a notar su influencia.
- Apoyo financiero a las estaciones de recarga (2009). Disminuye el riesgo económico a los inversores en estaciones de recarga y ha fomentado la implantación de más puntos. Este aumento ha disminuido la preocupación de los conductores por la autonomía de los coches y ha influido visiblemente en el aumento de las ventas.
- Estaciones de recarga rápida (2011). El aumento de la distancia que pueden recorrer estos vehículos ha hecho a estos automóviles más populares y la posibilidad de usarlos como taxis.
- Números de matrícula reservados (1999). Hacen más destacables a los vehículos eléctricos y facilitan el control de otros incentivos como el aparcamiento gratuito o el peaje gratuito.

De estas medidas, solo dos se aplican a vehículos híbridos: reducción del impuesto de matriculación y recarga gratuita en puntos de recarga públicos. El efecto agregado de estas medidas suponen grandes ventajas económicas a los propietarios o usuarios de vehículos eléctricos tal y como se muestra en la Tabla 1 (Assum, Kolbenstvedt, & Figenbaum, 2014).

Tabla 1. Ayudas económicas anuales al comprador de EV. Flota total Noruega: 25.000 BEVs en abril de 2014.  
Fuente: Assum, et al., 2014.

Incentivo	Importe por vehículo (€/año) (2014)
Peajes gratuitos	434
Carril bus	940
Aparcamiento gratuito	398
Ferries gratuitos	145
<b>Total</b>	<b>1.928</b>

Finalmente, a modo de resumen, el proyecto COMPETT también ha calculado el valor económico medio de los incentivos locales para el propietario del vehículo puramente eléctrico: 1.928 € por vehículo (48,5 millones de € en total).

Es muy importante destacar la labor de las asociaciones de conductores de vehículos eléctricos como Norsk elbilforening, cuya labor ha sido clave en la implantación de la e-movilidad en Noruega.

Con todo ello, el despliegue de estaciones de recarga de vehículos en Noruega se muestra en la Figura 11.

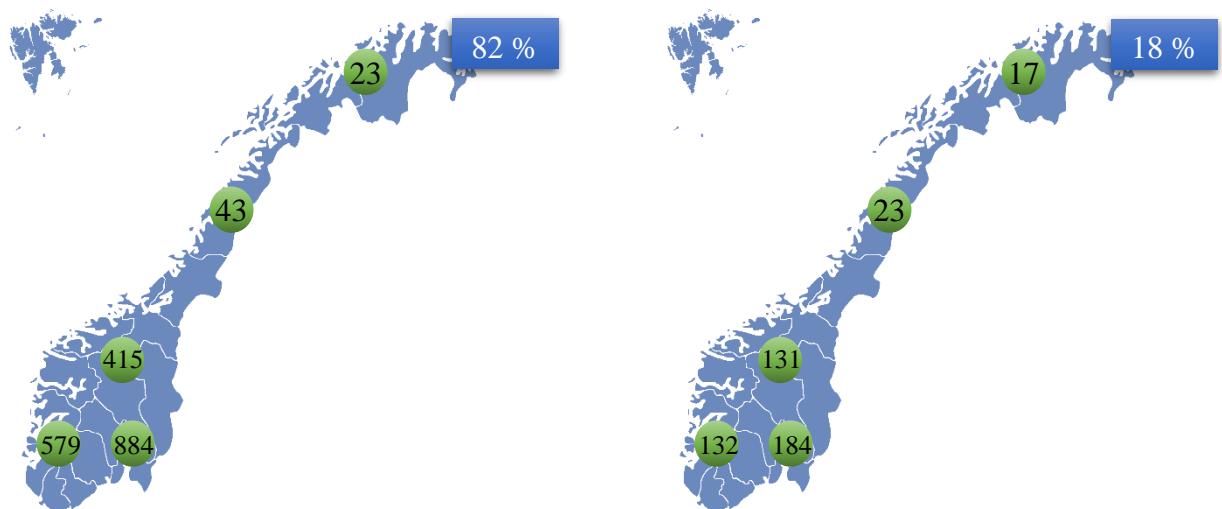


Figura 11: Noruega: Puntos de recarga convencionales (< 22 kW) (izquierda) y puntos de recarga rápida (> 22 kW) (derecha) operativos actualmente. Fuente: Electromaps.com, 2017

A modo de resumen, la Tabla 2 sintetiza las distintas medidas de incentivación del vehículo eléctrico analizadas en las secciones anteriores. Por último, y a efectos de evaluar el impacto de estas medidas, la Tabla 3 muestra la densidad de cargadores por unidad de superficie en los países analizados.

Tabla 2. Resumen de medidas de incentivación tomadas por varios países. Elaboración propia.

País	Ayudas a la compra de vehículos eléctricos	Ayudas a la infraestructura de puntos de recarga	Impuesto a los vehículos de combustión	Reducción de impuestos a los vehículos eléctricos	Ayudas a los fabricantes
Dinamarca	✓	✓		✓	
Estonia*	✓	✓	✓		
Francia	✓	✓		✓	
Italia	✓			✓	
Alemania	✓	✓		✓	✓
Noruega	✓	✓		✓	
Países Bajos	✓	✓	✓	✓	

\*Estonia no aplica impuestos a los vehículos, pero está planteando aplicarlos a los vehículos de combustión interna.

Tabla 3. Densidad de cargadores totales y rápidos operativos actualmente. Datos extraídos de (International Energy Agency, Global EV Outlook 2016. Beyond one million electric cars., 2016)

País	Densidad de cargadores por km <sup>2</sup>	Densidad de cargadores rápidos por km <sup>2</sup>
Dinamarca	0.0030	0.0019
Estonia	0.0065	0.0030
Francia	0.0016	0.00034
Alemania	0.0088	0.0047
Países bajos	0.0322	0.0117
Italia	0.0018	0.00051
Noruega	0.0096	0.0018
España	0,0047	0.0011

### 2.3. Agentes en la movilidad eléctrica

El mercado de la movilidad eléctrica despierta el interés de multitud de actores. Algunos están directamente relacionados, como los usuarios de coches eléctricos, los suministradores de vehículos y equipamientos para recarga, los operadores de los puntos de recarga y los proveedores de servicios relacionados con la movilidad. Otros actores pertenecen a sectores que, si bien no están directamente relacionados, tienen alguna relación como pueden ser los proveedores de energía, las distribuidoras (DSOs), los operadores de sistemas de transporte y las unidades de *Clearing house*. La descripción y relación entre los distintos actores, Figura 12, se resume a continuación (COTEVOS, 2017).

Los usuarios de vehículos eléctricos son los clientes últimos de la movilidad eléctrica, y con el objetivo de que la demanda sea lo más alta posible, las medidas deben estar orientadas a satisfacer todas sus posibles necesidades. Dentro de este grupo se incluyen tanto los vehículos particulares como los corporativos.

Las necesidades y garantías que se han de cubrir son: un uso productivo, cómodo y eficiente de los vehículos mediante un sistema de comunicación remoto entre infraestructura y vehículo; carga de las baterías antes de cualquier viaje para poder alcanzar el destino; interoperabilidad como mínimo entre los países europeos.

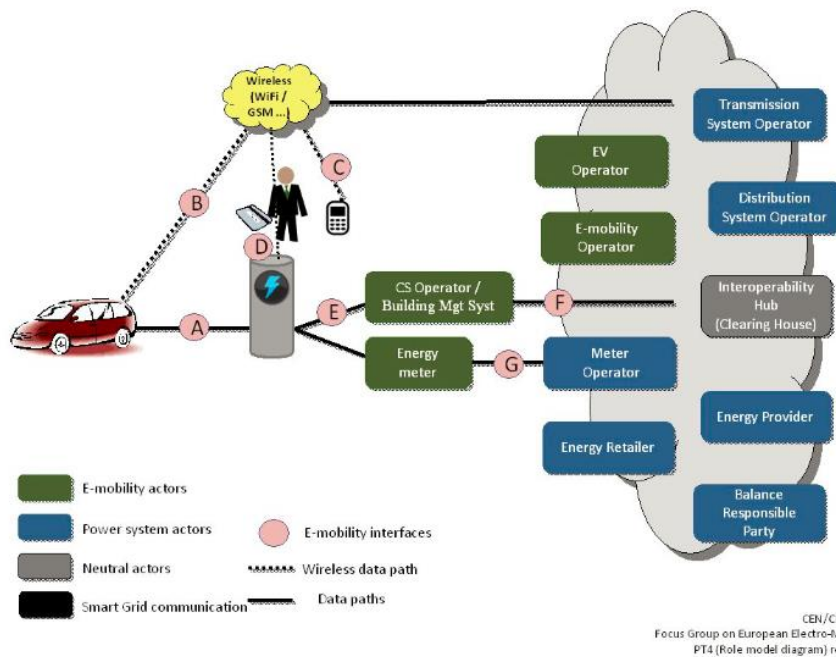


Figura 12. Esquema de los distintos actores que toman parte en el mercado de la recarga del vehículo eléctrico.  
Fuente: (COTEVOS, 2017)

Las empresas fabricantes de vehículos y equipos se encargan de poner en el mercado vehículos eléctricos, así como los equipos necesarios para su uso (cargadores con distintos tipos de recarga, conectores, etc.). Deben cumplir con una serie de estándares y normativas, con el objetivo de que, entre los países de la Unión Europea, los propietarios de este tipo de vehículo puedan viajar con la tranquilidad de que en cualquier lugar van a tener la posibilidad de recargar utilizando la infraestructura del país en el que se encuentren. Aun siguiendo todas estas normas, las empresas son capaces de ofrecer distintas soluciones tecnológicas para un mismo problema, por lo que la interoperabilidad no está garantizada plenamente. Para llevar a cabo su cometido de la forma más eficiente posible, necesitan disponer de información sobre los usuarios y los demás actores del mercado, de forma que puedan plantear soluciones tecnológicas alineadas con las necesidades y expectativas de las diferentes partes interesadas.

Las entidades operadoras de las estaciones de recarga son las responsables de operar y mantener dichas estaciones. Como mínimo operan una estación y no tienen relación contractual continua con los usuarios. Entre sus labores se incluyen la compra de la energía necesaria para las recargas, la gestión de la identificación, autorización y pago para recargar un vehículo y garantizar los servicios ofrecidos a los usuarios. Para ello necesitan adaptarse a las tecnologías emergentes, herramientas para medir y monitorizar parámetros de la red y medios para comunicarse con el DSO, el proveedor de energía, el proveedor de servicios de movilidad y con los vehículos.

Los proveedores de servicios de movilidad son entidades legales que mantienen un contrato con los usuarios para todos los servicios relacionados con la recarga. Son los únicos actores que pueden conectar la identificación de los usuarios con sus respectivos datos personales. Sus funciones dentro del sistema son el proveer los servicios de la movilidad eléctrica a los usuarios, la verificación de la validez de los contratos y la autorización de las recargas, el intercambio de información con el resto de actores para proporcionar los servicios a los usuarios y soporte a la gestión de la logística, aportando información como los datos de navegación al punto de recarga más cercano de acuerdo con el rango del vehículo, el estado de carga de la batería, la optimización del tiempo de vida de la batería, la disponibilidad de la estación, el coste de la recarga, el equilibrio de la red, etc. Estos proveedores de servicios necesitan comunicación con terceros actores, información de identificación de los distintos actores participantes en un determinado servicio y datos de localización. Al ser los que están en contacto directo con los usuarios, la interoperabilidad es crucial.

El DSO es la entidad responsable de la operación, desarrollo y mantenimiento de la red de distribución. En el futuro, se espera que el distribuidor se encargue de la integración de cargas y generación distribuida. Entre las obligaciones de los DSO se encuentran los medios para gestionar la saturación de la red, un suministro de energía estable, capacidad de recuperación ante interrupciones de suministro, comunicación bidireccional con otros actores, reducción de costes para las inversiones en la red, y otros servicios auxiliares (control de tensiones, equilibrado de las fases, control de potencia activa y reactiva, etc.). Por otra parte, debería asegurar la posibilidad de integración de dispositivos inteligentes garantizando la estabilidad de la red. Ya que la mayoría de los dispositivos en los sistemas de distribución son pasivos, la implantación en las estaciones de recarga de tecnologías de red inteligente como el DSM (Demand Side Management), el V2G (Vehicle to Grid) o la integración conjunta de renovables son muy útiles para garantizar la estabilidad, el control y la fiabilidad de la red de suministro.

Por último, el proveedor de energía es aquel que vende en el mercado energía eléctrica a los consumidores de acuerdo con una serie de regulaciones. Para recargar el vehículo, el consumidor puede comprar electricidad directamente al proveedor o a través de un servicio de recarga del proveedor de servicios de movilidad. El proveedor de energía necesita de la gestión de la carga, interfaces de comunicación con los proveedores de servicios de movilidad y son los operadores de las estaciones, e información sobre el destinatario de la energía vendida.



### 2.3.1 Posibles papeles del DSO

Cuando se comenzó a estudiar la penetración del vehículo eléctrico en Italia se propusieron tres tipos de modelo de negocio, en los que los servicios de distribución, recarga y suministro de energía son llevados a cabo por diferentes entidades, tal y como se muestra en la Figura 13.

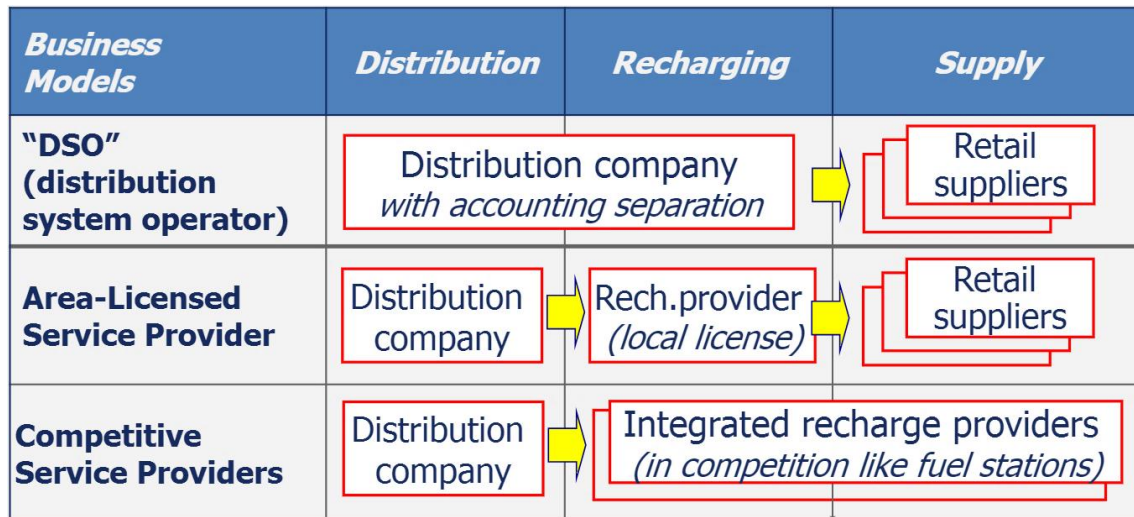


Figura 13. Distintos modelos de negocio evaluados inicialmente por el Gobierno italiano en 2010, en los que la distribución, la operación técnica y la operación comercial recaen sobre distintos agentes. Fuente: (Lo Schiavo, 2017)

En el primer modelo, el DSO asume la gestión técnica de las estaciones de recarga existiendo diferentes comercializadores que pueden ser elegidos libremente por el consumidor. Sin embargo, este modelo se consideró incompatible después del DAFI (*Directive on the deployment of alternative fuels infrastructure*, Directiva 94/2014/UE) (Lo Schiavo, 2017). En la segunda opción se crea un agente intermedio entre el distribuidor y el comercializador que gestiona técnicamente las estaciones de recarga. Por último, la tercera opción integra la gestión técnica y comercial de la recarga mediante la creación de un agente integrado de recarga con un papel similar a las actuales estaciones de servicio de derivados del petróleo. Es destacable señalar que este es el sistema más similar al español. Sin embargo, el elevado coste de la infraestructura y el reducido despliegue de vehículos eléctricos tienen como consecuencia que, en la mayoría de los casos, las estaciones de recarga solo sean rentables hoy en día con apoyo económico. No obstante, hay modelos alternativos, como el de Tesla, o el caso de algunos ayuntamientos que instalan los puntos de recarga como servicio público.

En la actualidad países como Austria, Luxemburgo, Eslovenia e Irlanda han optado por un modelo en el que a las empresas distribuidoras se les otorga la responsabilidad de la propiedad y la operación de la infraestructura como una extensión de su función tradicional. El grado de implicación de los DSOs con este modelo varía en cada país. Existen dos enfoques distintos. En Austria, Luxemburgo y Eslovenia (solo en autopistas), el DSO está a cargo del desarrollo de infraestructura de medida, la operación técnica y la explotación comercial. En Irlanda, a diferencia de los países anteriores, los servicios de facturación y operación comercial le corresponden a un tercero. Mientras sea el DSO

quien posea las estaciones de recarga, estas formarán parte como un sistema más de la red de distribución, y será la distribuidora quien establezca un criterio de coste y eficiencia. En el caso específico de la infraestructura de recarga, la empresa reguladora es la que determina el número de puntos. En cualquier caso, la recuperación de la inversión debe estar asegurada.

Este modelo propuesto es compatible tanto con la Directiva 2014/94/EC (*“Distribution system operators play an important role in relation to recharging points. In the development of their tasks, the distribution system operators, some of whom may be part of a vertically integrated undertaking owning or operating recharging points, should cooperate on a non-discriminatory basis with any other owners or operators of recharging points, in particular providing them with the information needed for the efficient access to and use of the system”*), como con el documento emitido por la CEER *“The Future Role of DSOs”* (*“When there is the potential for competition to develop new activity areas, the default is either to prevent DSOs from undertaking the activity completely, or allow the DSO to undertake the activity under special conditions imposed by the regulator”*). Adicionalmente, en el *Winter Package* de 2016, la Comisión Europea estipulaba en el artículo 33 que los Estados miembros podían ceder al DSO la propiedad, el desarrollo y la explotación del punto de recarga solo si las otras partes no estuvieran interesadas en ello. Además, al menos cada cinco años los países deberían reevaluar el potencial interés que un punto de recarga podría despertar en las demás partes. Posteriormente, el CEDEC propuso una enmienda en la que añadía que la explotación debía tener precios competitivos y garantizar la completa cobertura geográfica en el área en la que el DSO ofrece sus servicios.

En opinión de Euroelectric, a medida que el mercado crezca hacia uno más competitivo, es probable que los DSOs se liberen de esta responsabilidad. Hasta que llegue ese momento, los DSOs podrían ser los propietarios y operadores técnicos de la infraestructura de recarga, si bien habrá de elaborarse una estrategia para permitir la actuación de nuevos agentes cuando se alcance la madurez del mercado. Durante este período inicial, la recuperación de la inversión se haría mediante la inclusión en la RAB (*Regulatory Asset Base*) o financiación mediante recursos públicos. La última opción permitiría el reparto equitativo de los costes de la descarbonización del transporte en la sociedad. Una vez que el negocio de la recarga haya madurado, se le daría entrada a otros agentes competitivos, evitando así costes hundidos para los DSOs tal y como se muestra en la Figura 14. Los reguladores, y/o las autoridades competentes deberían hacer un análisis de mercado para determinar su conveniencia. La empresa distribuidora podría conservar la propiedad de la infraestructura hasta que recupere la inversión, o tendría la oportunidad de venderla a coste residual (EURELECTRIC, 2016). Este supuesto está considerado en el análisis económico del capítulo 4.



Figura 14. Evolución del negocio de la recarga según Eurelectric. Fuente: (EURELECTRIC, 2016)

No obstante, existen enfoques alternativos en los que las funciones del DSO son menores como en algunos países nórdicos y Francia. En estos países el despliegue de la infraestructura de recarga pública es llevado a cabo por otros agentes del mercado. Las nuevas conexiones a la red de estaciones de recarga se tratan como cualquier otra extensión. En este modelo, denominado “modelo de e-movilidad independiente”, el DSO se comporta como un *Hub* de información. Su función es recolectar información y distribuirla a los distintos actores que conforman el mercado (Van den Oosterkamp, y otros, 2014).

La Tabla 4 recoge a modo de resumen los diferentes papeles que desempeña el DSO en distintos países de la Unión Europea en relación con los puntos de recarga.

Tabla 4. Función del DSO en varios países europeos. Con *Hub de información* se refiere a centralizar la información de la red y proporcionarla a los agentes que la requieran.

País	Operación comercial	Inversión en puntos de recarga y operación técnica	<i>Hub de información</i>
Austria	✓	✓	-
Luxemburgo	✓	✓	-
Eslovenia (autopistas)	✓	✓	-
Irlanda	-	✓	-
Dinamarca	-	-	✓
Noruega	-	-	✓
Francia	-	-	✓
España	-	-	✓
Italia	✓	✓	-
Alemania	-	-	✓

## 2.4. Interoperabilidad y modelos de negocio

El marco regulatorio tiene influencia directa sobre la actividad llevada a cabo en una región en relación con el despliegue o penetración de los vehículos eléctricos. Es imprescindible, por tanto, que promueva modelos de negocio viables y sostenibles en el tiempo. Aspectos como la protección de la competitividad, los impuestos y requisitos administrativos, los apoyos y beneficios al consumidor tienen una relación directa con la penetración del vehículo eléctrico en la región. Otros, como los procedimientos de operación de la red, el reglamento de baja tensión, las tarifas de acceso a la red, los requisitos de mercado, normativas de seguridad y medioambientales, etc. no tienen una relación tan clara, pero influyen notablemente en el negocio.

En cualquier caso, los modelos de negocio relacionados con la interoperabilidad se basan en el ofrecimiento de servicios. Muchos de ellos ya han sido probados en proyectos piloto, pero necesitan ser llevados a cabo en el mercado real. El servicio de recarga se podría ofrecer de diferentes formas (COTEVOS, 2017):

- a) Acceso libre: el usuario no necesita de un contrato previo con un EMSP (*Enterprise Mobility Service Provider*). Es el operador del punto quien tiene acuerdos con varios EMSPs y ofrece al consumidor la posibilidad de escoger uno u otro.
- b) Sin *roaming*: el propietario del vehículo solo puede recargar en los puntos que tengan acuerdo con el mismo EMSP que tenga contratado.
- c) Con *roaming*: el usuario puede recargar en un punto que no tenga relación con el EMSP que tenga contratado. El trámite se realiza mediante un *Clearing House*.
- d) Sin *roaming* en un mercado concreto: los diferentes proveedores de servicios pueden definir los servicios requeridos en un lugar específico
- e) Recarga privada.

Cada una de estas opciones del servicio de recarga tiene ventajas e inconvenientes. Por ejemplo, el acceso libre necesita de un menor flujo de información debido a un reducido número de partes involucradas. En el *roaming* participan otras partes que ahora serían necesarias como la *Clearing House*, pero el proceso se simplifica notablemente gracias a la centralización de la información. En cualquier caso, al ser un mercado de servicios competitivo, las compañías ofrecerán nuevos servicios que les permita distinguir su producto del resto.

### 3. Tecnología



### 3. Tecnología

#### 3.1. Tipos de recarga

La tecnología de recarga del vehículo eléctrico no es única, Existen diferentes opciones en función de la forma en que se suministra la potencia desde la red eléctrica al vehículo. La tecnología de recarga condiciona en gran medida la infraestructura de red, el equipamiento del vehículo eléctrico y el tiempo de recarga necesario para conseguir la plena carga de las baterías. La clasificación de las tecnologías de recarga existentes se puede realizar atendiendo a diferentes criterios:

*Los tipos de recarga pueden clasificarse en función de la naturaleza de la energía empleada, el medio de transferencia de la energía, la direccionalidad del flujo de electricidad y la velocidad de recarga.*

- **Naturaleza de la energía.** La red eléctrica es de corriente alterna (*Alternating current* – AC) mientras que las baterías son de corriente continua (*Direct Current* – DC). Por este motivo, es necesaria una etapa de acondicionamiento de potencia, denominado “rectificación”, para realizar la recarga de las baterías. La etapa de rectificación puede realizarse en un dispositivo fuera del vehículo o bien embarcado en el mismo. En el primer caso, la alimentación del vehículo sería DC mientras que en el segundo sería AC.
- **Modo de transferencia de energía.** La recarga más habitual en la actualidad se realiza por conducción a través de conductores eléctricos. Sin embargo, también están desarrollándose sistemas de recarga sin contacto en los que la energía se transmite a través de un acoplamiento magnético. Por último, se están fomentando estrategias como el intercambio o sustitución de baterías (*swapping*). No obstante, no se prevé un despliegue masivo de esta tecnología debido al reducido número de vehículos actuales compatibles con esta opción y al fracaso empresarial de Better Place, compañía israelí promotora de esta tecnología.
- **Flujo de energía.** Los cargadores convencionales permiten un flujo de potencia desde la red de distribución hacia el vehículo eléctrico. Sin embargo, también se han desarrollado cargadores que permiten un flujo de potencia inverso (*Vehicle to Grid* – V2G) de forma que el vehículo puede ser utilizado como un recurso de almacenamiento que puede prestar servicios complementarios al distribuidor y al operador del sistema.
- **Velocidad de recarga.** Está condicionada por la potencia demanda de la red y por la energía almacenada por la batería de acuerdo con la siguiente expresión:

$$T = E/P$$

donde  $T$  es el tiempo de recarga,  $E$  es la energía de la batería y  $P$  la potencia demanda, aunque en la práctica no es un proceso lineal tal y como se pone de manifiesto posteriormente en la Figura 15. Dicha potencia es el mínimo de entre la potencia nominal del cargador y la máxima potencia que es capaz de recargar

el vehículo. Existen diferentes niveles de velocidad de recarga (Montoya, Martínez-Lao, Torres-Moreno, Manzano-Agugliaro, & Barón, 2016):

- **Nivel 1 (recarga lenta).** Es la recarga más segura y práctica, puesto que puede realizarla un particular en su domicilio. Para ello se emplea un sistema monofásico 230 V-AC con intensidades de hasta 16 A. Suele ser el sistema de recarga utilizado para motos eléctricas.
- **Nivel 2 (recarga media o acelerada).** Este tipo de recarga utiliza una o tres fases de corriente alterna y una intensidad que puede elevarse hasta 63 A.
- **Nivel 3 (recarga rápida).** Es con diferencia el método de mayor potencia. Emplea corriente continua, con una tensión de 500 V y una intensidad regulada en un intervalo entre 50 y 550 A. Por poner un ejemplo, los supercargadores desarrollados por Tesla suministran hasta 120 kW y permiten recargar los coches más modernos en minutos. Cada vez son más numerosos en Norteamérica y Europa, y actualmente se están llevando a cabo planes de expansión (Tesla, 2016).

*Hay 3 niveles de velocidad de recarga: lenta, que es la que un usuario puede realizar en su domicilio, media y rápida, que están destinadas a la vía pública.*

Teniendo en cuenta las tensiones e intensidad asociadas a cada uno de estos niveles y que un coche eléctrico de gama media tiene una capacidad de almacenamiento entre 20 y 30 kWh, es posible obtener las potencias y tiempos de recarga asociados a cada nivel tal y como se muestra en la Tabla 5. Es importante poner de manifiesto que los tiempos asociados a la recarga para los niveles 1 y 2 se han calculado suponiendo que el rectificador embarcado es capaz de gestionar la potencia máxima indicada. En caso contrario, los tiempos de recarga serían superiores. Por otra parte, se han introducido los tiempos de recarga característicos necesarios para cargar la batería al 100 % y el 80 % de su capacidad. Dichos tiempos dependen del tipo de batería utilizado, si bien es importante poner de manifiesto que actualmente el mercado está dominado por la tecnología ion-litio. Tal y como se puede ver en la Figura 15, el tiempo de recarga presenta una característica no lineal, puesto que el tiempo empleado en pasar del 80 % al 100 % de su capacidad es muy elevado.



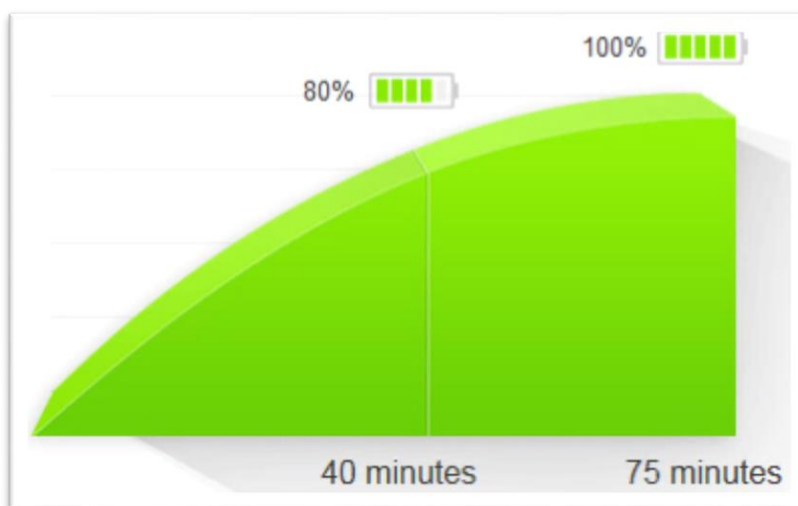


Figura 15. Curva de recarga de un vehículo eléctrico Tesla Modelo S (85 kWh) a partir de un cargador rápido.  
Fuente: [www.teslamotors/supercharger](http://www.teslamotors/supercharger).

Tabla 5. Parámetros característicos asociados a los diferentes niveles de velocidad de recarga.

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Fases	Una fase AC	Una fase AC Tres fases AC	DC
Intensidad	10 – 16 A	16, 32, 64 A	63 – 125 A (típico) Hasta 550 A
Tensión	230 V (EU) 120 V (EE.UU.)	230 – 400 V	≥ 400 V
Potencia	1.4 – 1.9 kW	3.7 – 22 kW	≥ 44 kW
Aplicaciones típicas	Hogar	Hogar Estación pública	Recarga rápida
Tiempo de recarga de coche 100 %	6 – 8 h	1 – 2 h	30 min
Tiempo de recarga de coche 80 %	3 – 4 h	< 1 h	15 min
Tiempo de recarga de moto	2 – 3 h	-	-

- **Infraestructura de recarga.** La normativa internacional IEC 61851 trata de estandarizar los sistemas de recarga internos y externos al vehículo para niveles de tensión de hasta 1000 V-AC y 1500 V-DC (IEC 60038), así como cualquier otro servicio adicional que requiera que el vehículo se conecte a la red eléctrica. Dicho estándar establece la siguiente clasificación:

- **Modo 1:** La recarga se efectúa con corriente alterna mediante conectores normalizados, estando la intensidad de corriente limitada a 16 A por fase. En este modo el vehículo se conecta a una red doméstica convencional sin necesidad de ningún sistema adicional específico. Este tipo de instalaciones permiten una potencia máxima de 3.7 kW en sistemas monofásicos (230 V) y 11 kW en sistemas trifásicos (400 V). Es necesario, como medida de seguridad frente a contactos indirectos, la utilización de protección diferencial con toma de tierra. Este modo es muy práctico para vehículos pequeños, como bicicletas o ciclomotores, si bien en coches está prohibido en muchos países.
- **Modo 2:** En este modo la intensidad máxima permitida es de 32 A, aunque suele ser habituales intensidades de 16 A. Este modo está provisto de funciones adicionales, como la comprobación de que el vehículo está bien conectado, detección de tierra en el conector, selección del ratio de recarga, activar o desactivar el sistema, etc. Para ello, el cable que conecta el vehículo a la red debe tener incorporados todos los sistemas de seguridad y control necesarios para realizar estas funciones. Los niveles de potencia máximos son de 7.4 kW para sistemas monofásicos (230 V) 22 kW para sistemas trifásicos (400 V). Hasta la fecha es el más popular de entre todos los modos de recarga ya que la mayoría de los fabricantes incluyen de serie la unidad de carga con el cable de conexión correspondiente al comprar el vehículo, pero puede ocasionar problemas en la instalación si no está preparada para la intensidad demandada. Por este motivo, muchos fabricantes limitan la corriente a 10 A.
- **Modo 3.** La recarga se lleva a cabo a través de una toma de corriente de uso exclusivo para vehículos eléctricos. Las funciones de protección y control se encuentran fijas de forma permanente en la infraestructura, en un sistema denominado SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico) o “Wall Box”. La norma especifica que debe existir un cable piloto de control entre el EVCS (*Electric Vehicle Charging System*) y el

*El modo 1 es recarga lenta sin necesidad de equipamiento específico, los modos 2 y 3 son recargas en corriente alterna y finalmente el modo 4 es de corriente continua y el que emplea más potencia.*

*Los distintos modos de recarga son los distintos métodos estandarizados de recarga. Se clasifican por la potencia, la velocidad y la naturaleza de la corriente, además de la infraestructura que necesita cada uno.*

vehículo, y debe estar preparado para que la corriente se suministre solo si el vehículo está inmovilizado. La intensidad máxima que se permite alcanzar es de 63 A, aunque la más usual es 32 A. Por tanto, el máximo nivel de potencia es de 43 kW. Actualmente se está trabajando en prototipos de 250 A de intensidad máxima en corriente alterna. Este modo está siendo fuertemente promovido por la Unión Europea, pues se permite la recarga inteligente del vehículo eléctrico, lo cual está alineado con el desarrollo de las futuras redes inteligentes. Se espera que a lo largo de 2018 se finalice la estandarización de este modo.

- **Modo 4.** Pertenece al tipo de recargas de corriente continua, por lo que la conexión a la red se efectúa a través de un rectificador externo que regula la recarga. Por este motivo, es necesario un canal de comunicación con el vehículo para la regulación de la misma. Gracias a que la rectificación se produce fuera del vehículo, este modo está destinado exclusivamente a recarga rápida, y permite elevar la corriente hasta 400 A. En España, la potencia empleada en las recargas en modo 4 suele ser de 125 kW. La infraestructura necesaria por lo general es de gran tamaño y elevado coste en comparación con las anteriores.

La Tabla 6 incluye a modo de resumen una revisión de los diferentes modos de recarga establecidos en la normativa IEC 61851.

*Tabla 6. Características de los modos de recarga contemplados en la normativa IEC 61851.*

Modo	Conector específico	Tipo Carga	Protecciones y conexión
Modo 1	No	Lenta AC	Protecciones en instalación. Conexión a red AC con toma de corriente estándar.
Modo 2	No	Lenta AC	Protecciones en instalación y cable. Cable especial con función de piloto de control.
Modo 3	Sí	Lenta/semirrápida AC Monofásica/trifásica	Protecciones en cargador. Conexión a la red a través de equipo específico (SAVE).
Modo 4	Sí	Rápida DC	Protecciones en cargador. Conexión utilizando cargador externo fijo.

Existen multitud de conectores para realizar la recarga de los vehículos eléctricos, entre los que cabe destacar los siguientes:

- **EEC 7/4 type F (Schuko).** Es el convencional en Europa y el que más se usa en la recarga lenta, por lo que motos y bicicletas eléctricas suelen usar este modelo.

Está dotado de conexión a fase, neutro y tierra, por lo que solo es apto para sistemas monofásicos. La corriente máxima que permite es de 16 A.

- **SAE J1772.** Conector de origen estadounidense que, al igual que el anterior, está dotado de fase, neutro y tierra; se aplica por tanto a sistemas monofásicos. Además, incorpora un canal de comunicación que permite detectar la conectividad y la transmisión de datos entre el vehículo y la estación. Este tipo de conector está incluido en la normativa IEC 62196-2 y se designa como conector Tipo 1. El conector permite cargas de niveles 1 y 2. Geográficamente, su utilización se extiende principalmente por Estados Unidos y Japón.
- **VDE-AR-E 2623-2-2 (Mennekes).** Está diseñado para efectuar recargas del Modo 2 y 3 conforma al estándar IEC 61851. Su diseño es parecido al SAE J1772 y permite, además de recarga trifásica, recarga lenta. Este conector está incluido en la norma IEC 62196-2 y se designa como conector Tipo 2. Se utiliza principalmente en Europa.
- **Scame.** La potencia de recarga máxima que admite es de 22 kW y cuenta con una protección de los terminales de conexión. Este conector, si bien está incluido en la normativa IEC 62196-2 como Tipo 3, está prácticamente en desuso debido al apoyo que desde el sector industrial se ha dado a los conectores Tipo 2.
- **CHAdEMO.** Es un conector diseñado por TEPCO (Tokyo Electric Power Company) específico para el modo 4 de recarga y nivel 3. Soporta potencias de hasta 62.5 kW y utiliza CAN bus como sistema de comunicación. Este tipo de conector se clasifica como Tipo 4 dentro de la normativa IEC 62196-2.
- **COMBO (Sistema de Carga Combinada CCS).** Son variantes del SAE J1772 y del Mennekes que incorporan un par de hilos DC para posibilitar los modos 2 a 4 de recarga.

La Figura 16 muestra todos los diferentes tipos de conectores existentes y la Tabla 7 realiza una clasificación del área de influencia de los mismos.



Figura 16. Conectores de recarga de vehículo eléctrico. (a) Schuko. (b) SAE J1772. (c) Mennekes. (d) Scame. (e) CHAdeMO. (f) COMBO.

Tabla 7. Conectores predominantes en las distintas regiones.

	Schuko (AC)	SAE J1772 (AC)	Mennekes (AC)	Scame (AC)	CHAdeMO (DC)	COMBO (AC, DC)
Japón		✓			✓	
Norteamérica		✓			✓	✓
Europa	✓		✓	✓	✓	✓

### 3.2. Ubicación de los puntos de recarga

Existen diferentes opciones a la hora de ubicar los puntos de recarga de vehículos eléctricos (Gómez, Momber, Rivier, & Sánchez, 2011): instalaciones domésticas, áreas privadas de acceso público y áreas públicas con acceso público. De forma adicional, y en lo que se refiere a normativa española, la Instrucción Técnica Complementaria (ITC BT-52): “*Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para recarga de vehículos eléctricos*”, aprobada en el Real Decreto 1053/2014, recoge las siguientes posibilidades:

- Aparcamientos en viviendas unifamiliares o de una sola propiedad. Las viviendas que estén dotadas de infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos se considerarán el grado de electrificación elevada, modificándose así la ITC BT-25: “*Instalaciones interiores en viviendas*”.

- Edificios de régimen de propiedad horizontal. Se deberá realizar una conducción por zonas comunes de manera que puedan hacerse derivaciones oportunas hasta las estaciones de recarga ubicadas en las plazas de aparcamiento.
- Aparcamientos de flotas privadas, cooperativas o empresas: Se deberán acometer las instalaciones necesarias para suministrar una estación de recarga por cada 40 plazas.
- Aparcamientos o estacionamientos públicos permanentes. Se deberán acometer las instalaciones necesarias para suministrar una estación de recarga por cada 40 plazas.
- Vías de dominio público en zonas urbanas o áreas de servicio. Se deberán ejecutar las instalaciones necesarias para dar servicio a las estaciones de recarga ubicadas en las plazas destinadas a vehículos eléctricos que estén previstas en los Planes de Movilidad Sostenible supramunicipales o municipales.

De entre todas estas posibilidades de ubicación, el interés en el presente documento se centra en aquellos puntos de recarga de vehículos eléctricos situados en áreas públicas o privadas con acceso público, debido a que pueden existir diferentes modelos de negocio asociados a su explotación.

### **3.3. Normativa técnica y estándares aplicables**

La normativa técnica vigente en España en relación con las estaciones de recarga de vehículos eléctricos es la Instrucción Técnica Complementaria ITC BT-52. En dicha ITC se proporciona información acerca de los siguientes aspectos, que será particularizada para los puntos de recarga en vías de dominio público, objeto del presente informe:

- Esquemas de instalación para la recarga de vehículos eléctricos. Para las instalaciones de recarga alimentadas de la red de distribución se seguirá un esquema similar al mostrado en la Figura 17 (esquema 4b, tal y como se incluye en el punto 3 de la citada ITC BT-52). Dichas instalaciones se subdividen en dos grandes grupos: autoservicio y con asistencia. En el primer caso, este tipo de instalaciones podrán utilizar cualquier modo de carga. En el segundo caso, preferentemente 3 o 4, si bien podrán equiparse en modo 1 o 2 cuando esté previsto realizar recarga de vehículos de baja potencia.

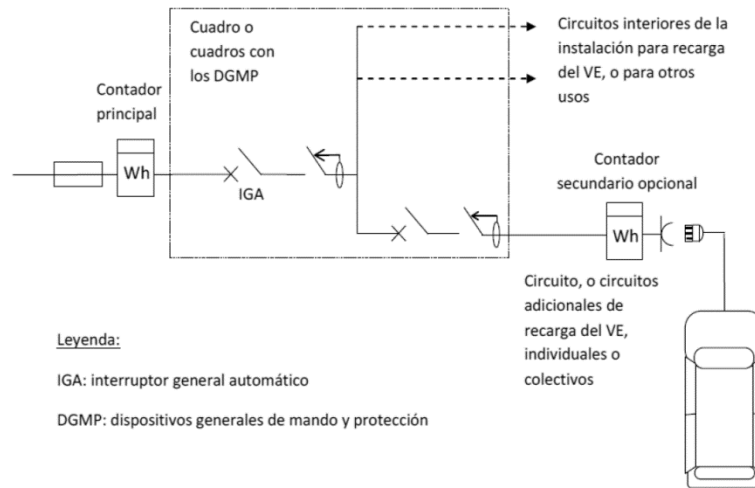


Figura 17. Esquema unifilar de estación de recarga de vehículo eléctrico.

- Previsión de cargas. En el caso de instalaciones con el esquema 4b, como el mostrado en la Figura 17, se supondrá un factor de simultaneidad del vehículo con el resto de las cargas igual a la unidad. Si existe más de un punto de recarga, su factor de simultaneidad dependerá de la existencia en la instalación de un sistema de protección de línea (SPL). Este dispositivo controla la intensidad de recarga de forma que siempre esté por debajo de la intensidad de diseño de la instalación. Por este motivo, el factor de simultaneidad a utilizar será de 0,3 en caso de existencia de SPL y 1 en caso contrario.
- Requisitos generales de la instalación. Se indica la forma en que deben ser realizadas las instalaciones, potencia instalada, sistemas de iluminación, máximas caídas de tensión, sistema de neutro, canalizaciones, punto de conexión y medida de energía.
- Protecciones. Se especifican, como en toda instalación de baja tensión, medidas de protección frente a contactos directos e indirectos siguiendo la ITC BT-24, y se indicará la necesidad de instalar protección diferencial. Adicionalmente, es necesario establecer protecciones frente a sobreintensidades y sobretensiones. Por último, es necesario realizar protección mecánica contra penetración de cuerpos sólidos, penetración de agua e impactos mecánicos.
- Condiciones particulares de la instalación. Es imprescindible que la instalación cuente con la debida red de tierras para evitar tensiones de contacto superiores a 24 V.

Finalmente, los estándares internacionales relacionados con la recarga del vehículo eléctrico más relevantes se pueden consultar en un anexo al presente documento, agrupados por temáticas.

### 3.4. Impacto en la red eléctrica

El impacto del proceso de recarga de los vehículos eléctricos en la red eléctrica dependerá del grado de penetración de este tipo de tecnología y del modo en el que se realice la recarga. Por una parte, el grado de penetración de esta tecnología está limitado por una serie de barreras técnicas, económicas y de infraestructura:

- Técnicas. Quizá la principal barrera dentro de este grupo se refiere a la autonomía del vehículo, es decir, la distancia que puede recorrer sin necesidad de recargar la batería. Así, la Figura 18 muestra una comparación entre la energía almacenada y el rango máximo para vehículos eléctricos. Tal y como puede comprobarse, la mayor parte de los vehículos tiene una batería de 20-30 kWh con autonomías de 150-200 km. Este rango, sensiblemente inferior al existente en la actualidad para los vehículos convencionales de combustión interna, supone para los usuarios finales un inconveniente para la adopción de esta tecnología.

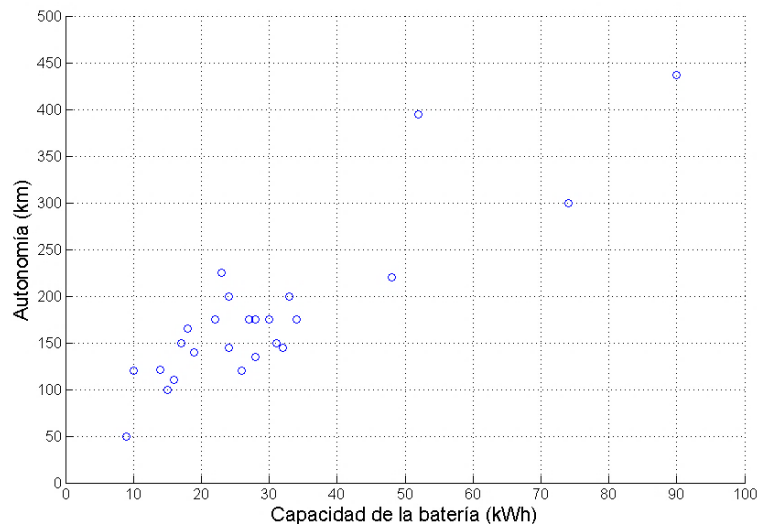


Figura 18. Autonomía y almacenamiento de energía en batería de los coches eléctricos. Adaptación de (International Renewable Energy Agency, 2017).

- Económicas. El elevado coste de estos vehículos hace que la compra no sea asumible para la mayor parte de la población. La batería supone el grueso del coste de un vehículo eléctrico. Existen diferentes estimaciones, pero según una investigación llevada a cabo en 2016 por el Departamento de Energía de Estados Unidos, los precios de las baterías se han reducido de 1.000 \$/kWh en 2008 a 268 \$/kWh en 2015, una reducción del 73 % en siete años (Grantham Institute, 2017). Según la mayoría de estudios, los coches eléctricos serán competitivos cuando las baterías cuesten entre 150 y 300 \$/kWh, y además Tesla afirma que para 2020 las baterías costarán como mucho 100 \$/kWh. Sin embargo, actualmente, el mercado del litio es un cuello de botella. A pesar de ser el tercer elemento con más reservas mundiales, su producción aún es limitada, y la oferta de este metal no consigue seguir el vertiginoso incremento de la demanda. A los actuales fabricantes de



baterías ahora se suman la gigafábrica de Tesla en el desierto de Nevada, que se estima que produzca en términos de capacidad 50 GWh anuales, una cantidad equivalente a la producción mundial actual, y a esto hay que añadir la creciente producción de baterías del mercado chino. En el futuro próximo es posible que el mundo se enfrente a una escasez de producción de litio, lo que podría retrasar el descenso de los costes de las baterías. En cualquier caso, la madurez de las diferentes tecnologías de almacenamiento, con la consiguiente disminución del coste, tendrá asociado un aumento paulatino de penetración del vehículo eléctrico, tal y como se muestra en la Figura 19.

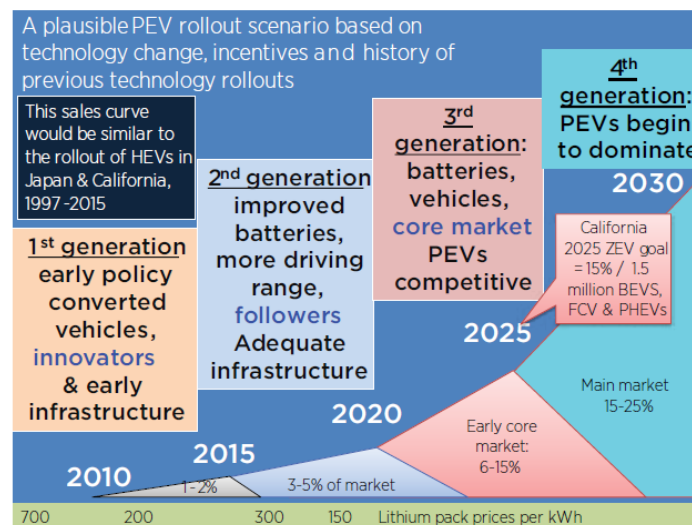


Figura 19. Despliegue del vehículo eléctrico en función del coste de la batería. Fuente: (International Renewable Energy Agency, 2017).

- **Infraestructura.** Contar con una infraestructura de recarga adecuada para el parque móvil de vehículos eléctricos esperado es clave para un correcto despliegue de la tecnología. Sin embargo, se trata de un problema complejo al ser difícil de satisfacer de forma simultánea los intereses de los propietarios de los vehículos y los agentes de recarga durante los primeros años de despliegue. Debido a la escasez de vehículos eléctricos, no se realizará una instalación masiva de puntos de recarga, pues la actividad no resulta atractiva desde un punto de vista económico. Esta escasez de infraestructura de recarga, a su vez, dificulta la adquisición de vehículos eléctricos e impide su utilización en largas distancias.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, existen diferentes proyecciones de penetración de vehículos eléctricos que afectarán tanto al sistema eléctrico en su conjunto como localmente a las redes de distribución.

Por una parte, y desde un punto de vista global, en España se prevé un parque de 500.000 vehículos eléctricos, que supondrán un consumo adicional de 1,5 TWh sobre la demanda eléctrica anual prevista para 2020 (303,901 TWh), lo cual representa un 0.49 % (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 2015).

Por otra parte, y analizando el impacto local sobre las redes de distribución de energía, es posible afirmar que la introducción de los cargadores de vehículos eléctricos provocará un aumento de la carga al que se verán sometidas las redes de media y baja tensión. Dicho aumento tendrá como consecuencia cuatro efectos (Peças Lopes, Soares, & Rocha Almeida, 2009):

- Aumento de las caídas de tensión, que pueden originar problema de subtensiones en la red, lo cual afectará desfavorablemente a la calidad de suministro del consumidor final. Adicionalmente, es importante indicar que las estaciones de recarga son dispositivos no lineales que contribuyen a un aumento de la distorsión armónica de tensión existente en la red (Gómez & Morcos, 2003).
- Congestión de líneas de baja tensión, al estar sometidas a cargas superiores a sus límites térmicos (ampacidad).
- Aumento de los niveles de desequilibrio en el caso de que los cargadores eléctricos sean monofásicos y no se realice un reparto adecuado entre las diferentes fases (Jiang, Torquato, Salles, & Xu, 2014).
- Aumento de las pérdidas del sistema de distribución debido a una mayor carga del mismo.

La minimización de los efectos que un despliegue masivo de coches eléctricos provoca en la red de distribución requiere de inversiones adicionales. Dichas inversiones pueden ser en activos convencionales, en tecnologías de redes inteligentes o una combinación de ambas. Las primeras se refieren a estrategias clásicas de refuerzo de red consistentes en aumentar la sección de conductores, instalar nuevas líneas o transformadores, etc. Las segundas tienen como objetivo utilizar las infraestructuras de comunicaciones disponibles en las distribuidoras para implementar estrategias de recargas óptimas que minimicen el impacto de la carga del coche eléctrico en la red de distribución, evitando así realizar refuerzos en la red (Veldman & Verzijlbergh, 2015).

## 4. Análisis económico de la recarga de vehículos eléctricos. La visión del empresario



## 4. Análisis económico de la recarga de vehículos eléctricos.

### La visión del empresario

En este apartado se va a proceder a realizar un estudio de viabilidad económica de la instalación de un poste de recarga en España desde el punto de vista del empresario. Las variables significativas del modelo se han definido, de acuerdo con estudios anteriores, a datos empíricos estadísticos y regulativos, los cuales se exponen a continuación.

En este estudio solo se han tenido en cuenta vehículos eléctricos de batería (BEV). La hipótesis adoptada para el caso de los vehículos híbridos es que realizan la recarga de los vehículos en su domicilio o empresa (recarga privada)<sup>2</sup>. De la información disponible del proyecto Zem2all<sup>3</sup>, se estima que, para los BEV, el 75-80 % de la recarga se domicilió, y se recargó el resto en postes públicos.

#### 4.1. Inversión necesaria

Se ha escogido para los cálculos un modelo de poste de recarga semirrápida<sup>4</sup> de corriente alterna para red trifásica y de montaje exterior. La potencia nominal de recarga es de 22 kW, en modo 3, con dos conectores Mennekes para uso simultáneo. Aunque en el mercado existen numerosas alternativas, a efectos de simulación de la cuenta de resultados, se ha adoptado el modelo RVE-PT3 v10425 de Circutor.



Figura 20. Tipo RVE-PT3, modelo v10425. Fuente: Circutor, 2017.

Este modelo de poste es adecuado para lugares a la intemperie, por ejemplo, en la vía pública, *parking* exterior público o de grandes superficies, aeropuertos, etc. Además de los sistemas de seguridad eléctricos, estos postes poseen unas características muy concretas en lo que se refiere a robustez, tanto a condiciones ambientales variables como a actos vandálicos. Finalmente, es compatible con todo tipo de vehículos y modos de recarga 1 y 3 (Circutor, 2017).

<sup>2</sup> Suponemos que los vehículos híbridos solo recargan electricidad en su domicilio, recurriendo al motor de combustión interna siempre que necesitan extender su autonomía en la vía pública.

<sup>3</sup> Se incluye en el anexo una descripción del proyecto Zem2all, así como sus principales conclusiones.

<sup>4</sup> No está claro que se trate de carga rápida o semirrápida, ya que los 22 kW son la frontera de esta clasificación.

Incluyendo tanto el coste del equipo como su instalación y toda la obra y equipo eléctrico auxiliar necesario, el precio se eleva aproximadamente a 30.000 €, sin contar la extensión de la red en caso de ser necesaria que, si correspondiera a una solicitud inferior a 100 kW, se calcularía multiplicando el baremo de extensión por la potencia solicitada.

Se ha escogido este modelo por ser una de las soluciones más simples que satisfacen las necesidades de recarga pública de los usuarios. Si se considerase la instalación de un equipo compatible con el modo 4 (DC), con unas características similares, la inversión ascendería a unos 50.000 €, incrementándose también el resto de los costes incurridos.

#### **4.1.1. Extensión de la red<sup>5</sup>**

El punto de conexión a la red lo define la empresa distribuidora, que debería llevar a cabo una extensión desde ese punto hasta el emplazamiento solicitado. Dado que la solicitud de potencia será en general menor a 100 kW, el coste de la extensión es el producto del precio del baremo de la extensión<sup>6</sup> (28 €/kW) por la cantidad de kW, en este caso, 22 kW. El coste de la extensión ascenderá por tanto a 616 €, en el caso considerado.

#### **4.1.2. Equipo, suministro e instalación**

La vida útil de un poste de recarga depende del modelo y del fabricante. Como media general, todos los postes en el mercado tienen una vida útil recomendada entre 7 y 10 años. En este estudio se ha considerado el caso más favorable: 10 años. En otros, se han considerado casos más desfavorables, como por ejemplo 7,5 años (Madina, Zamora, & Zabala, 2016)

### **4.2. Ingresos**

#### **4.2.1. Energía suministrada**

La energía suministrada depende del número de vehículos que utilicen el punto, la frecuencia con la que estos realizan una recarga y el consumo unitario de cada modelo de automóvil.

---

<sup>5</sup> Para el análisis, se considera el escenario más conservador, en el que la extensión de la infraestructura la realiza el DS=, a cambio del baremo de extensión. En el caso de tratarse de zona interurbana (cinturones, autovías, carreteras...), estos costes resultarán sustancialmente más elevados.

<sup>6</sup> Estos baremos se han estimado como un valor representativo de los costes medios asociados. Incluye el baremo de extensión el propiamente dicho (17,37/kW) más otros costes asociados a la primera instalación del suministro.

Tabla 8. Datos iniciales relacionados con el consumo.

Número de vehículos por cargador públicos (1)	10
Distancia media diaria recorrida (km) (2)	39
Consumo por km (kWh)(3)	0,2
Carga media (kWh) (2)	10
% Recarga pública (2)	25 %

Fuente (1): Directive on the deployment of alternative fuels infrastructure (AFID), focus on electromobility. Directiva 94/2014/UE.

Fuente (2): Cantidad de energía en kWh que en promedio realizan los usuarios en un poste público. Zem 2 all. Informe final 2016.

Fuente (3): Markkula, J., Rautiainen, A., Järventausta, P., 2013.

La energía consumida por cada vehículo ( $E_{EV}$ ) será la distancia media diaria recorrida ( $D_{Dia}$ ) por el consumo unitario ( $E_{km}$ ) para todo un año.

$$E_{EV} = D_{Dia} \cdot E_{km} \cdot 365 \rightarrow E_{EV} = 2.847 kWh$$

La energía media que suministra un poste durante un año ( $E_{PR}$ ) sería entonces el producto del número de vehículos eléctricos en circulación por punto de recarga (EV/PR), la energía media consumida por vehículo y por la tasa de utilización de un punto de recarga público (RP).

$$E_{PR} = (EV/PR) \cdot E_{EV} \cdot RP (\%) \rightarrow E_{PR} = 7.118 kWh$$

#### 4.2.2. Precio de venta

En aras de la simplicidad, no se ha considerado la variabilidad de los precios durante el día. Sin embargo, se habrá de tener en cuenta para estudios posteriores las puntas, valles y llanos de las fluctuaciones temporales de los precios, ya que es un incentivo previsto en la legislación española (RD 647/2011).

Como la experiencia en el mercado es reducida, se ha adoptado como hipótesis que el coste variable por kilómetro del vehículo eléctrico, cargando las baterías en postes de recargas públicos, no debe superar el menor equivalente de los combustibles tradicionales, ya que, de ser superior, no contribuiría a incentivar la penetración del vehículo eléctrico. Estos valores son del orden de las tarifas actuales de los puntos de recarga públicos.

Tabla 9. Consumo<sup>7</sup> y precios de los combustibles derivados del petróleo. Precio final de venta al público, incluyendo IVA e impuestos especiales. Fuente: La eficiencia energética y ambiental de los modos de transporte en España. Monzón, Pérez y Di Commo, 2009.

Combustible	Consumo cada 100 km	Precio litro	Coste por km
Diésel	7 l.	1,1 €	0,08 €
Gasolina	9 l.	1,3 €	0,14 €

En la Tabla 9, se muestran valores característicos de precio por kilómetro usando como combustible el diésel y gasolina. Se ha usado consumos característicos del parque actual (12 años de antigüedad media y consumo mixto carretera-urbano).

Dado que el kilómetro del combustible diésel resulta el más económico, el precio que se considera en el escenario base a repercutir al cliente final por kWh sería:

$$P_{kWh} = P_D / km \cdot C_{km} \rightarrow P_{kWh} = 0,40 \text{ €}$$

$C_{km}$  representa el consumo eléctrico medio por kilómetro de un coche que, como se ha visto en el apartado 3.2.1, es de 0,2 kWh/km).

#### 4.2.3. Evolución de los ingresos

Los precios de los productos no se mantienen iguales a lo largo de los años. En este caso, se ha supuesto una inflación del 1 % cada año. Este valor se ha adoptado de forma que el precio de la recarga para el consumidor final en términos reales permanezca constante a lo largo del período. Los precios de los combustibles y la electricidad no evolucionan con la inflación, sino con la evolución de la regulación y con las variaciones de la oferta y demandada en los mercados mayoristas, aunque por simplicidad se ha adoptado esta hipótesis.

### 4.3. Costes de explotación.

#### 4.3.1. Costes variables. Compra de energía

Al igual que se ha visto para los ingresos, el precio de la electricidad no es el mismo durante todo el día, y depende también del contrato con la comercializadora. Asimismo, habrá horas punta y valle para la utilización de los puntos de recarga. En este estudio no se discrimina temporalmente tanto en el momento de las recargas como para el precio de la electricidad. En posteriores estudios más exhaustivos se deberá tener en cuenta las diferencias de precio y uso en pico, valle y llano.

Dado que el poste de recarga se alimenta desde la red de baja tensión, y la potencia contratada es superior a los 15 kW (22 kW en el caso de que se trate de un poste

<sup>7</sup> Debe tenerse en cuenta que si bien el consumo medio de los vehículos nuevos vendidos en España declaran un consumo inferior a los 5 l. (<http://www.elmundo.es/motor/2014/07/14/53c3aae9268e3ee04f8b457d.html>), la antigüedad del parque móvil supera los 12 años ([https://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/08/24/empresas/1472059253\\_692886.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/08/24/empresas/1472059253_692886.html))



individual), no existe ninguna tarifa regulada que se pueda aplicar, debiendo acudir al mercado libre.

El precio de la energía (coste variable) tendrá tres componentes: tarifa de acceso (3.0A), energía (incluido margen de la comercializadora) e impuestos (IVA e impuesto especial de la electricidad).

En la Tabla 10 se muestra, a efectos ilustrativos, una oferta de una comercializadora (Endesa Energía), que será la que se tome como referencia para el análisis, considerando que el consumo se realiza de forma homogénea a lo largo de todo el día.

Tabla 10: Oferta de Endesa Energía para suministros de BT > 15 kW. Ver: [https://www.endesaclientes.com/wp-content/uploads/2014/05/Catalogo\\_de\\_productos.pdf](https://www.endesaclientes.com/wp-content/uploads/2014/05/Catalogo_de_productos.pdf)

Denominación Producto	Tarifa de acceso	Propuesta de Precios Endesa <sup>(1)</sup>		
		Término de Potencia (€/kW y mes)	Término de Energía (€/kWh)	
POTENCIAS > 15kW	Tarifa Ahorro Creciente +15	3.0A	6,658935	Punta: 0,180649
				Llano: 0,145598
				Valle: 0,102708
	Tarifa Elección +15	3.0A	6,672253	0,149983

Si cada poste suministra de media 7.118 kWh (véase sección 3.2.1), en el primer año, los costes variables son:

$$7.118 \text{ kWh} \times 0,149983 \text{ €/kWh} = 1.067,58 \text{ €}$$

#### 4.3.2. Costes fijos

Los costes fijos engloban el pago de la cuota de potencia, los sueldos del personal, el coste de los sistemas de comunicación, el coste del mantenimiento y otra serie de gastos generales. La siguiente tabla recoge los costes supuestos para este caso.

Tabla 11: Costes fijos.

Postes por operario	30
Coste por operario anual	30.000 €
Mantenimiento por año	1 % de la inversión
Comunicaciones	60 €
Cuota de potencia por kW y mes.	6,67 €
Gastos generales s/cf	10 %

*a) Cuota de potencia.*

La cuota de potencia viene a ser uno de los costes más importantes debido a que un se trata de un receptor de altas prestaciones. El coste de la cuota será el producto del baremo de la cuota ( $b_{CP} = 6,67 \text{ €}$ ) por kW y mes. Cada año, y para un modelo de 22 kW como este caso sería:

$$C_{CP} = b_{CP} \cdot 22 \text{ kW} \cdot 12 \text{ meses} \rightarrow C_{CP} = \mathbf{1.760,48 \text{ €}}$$

*b) Recursos humanos.*

Aunque la recarga se realiza de forma automatizada sin necesidad de personal especializado, se ha considerado que para las revisiones de mantenimiento sí se necesitará personal cualificado.

Hay que tener presente que estos postes son una gran inversión instalada en la vía pública, por lo que no solo están sujetos a los peligros de un posible fallo de funcionamiento, sino a los fallos ocasionados por la interacción con el ambiente o por cualquier posible caso de vandalismo.

La infraestructura funciona con una potencia elevada, por lo que un fallo en los sistemas de protección o aislamiento o un sobrecalentamiento pueden ser un peligro potencial para una persona que se encuentre recargando su vehículo en ese momento, o para el medioambiente.

Además de los posibles peligros potenciales, un mantenimiento pobre podría dar lugar a que una avería se mantuviera sin solventar durante un período prolongado. A la hora de tomar la decisión de adquirir o no un vehículo eléctrico, al usuario medio le puede desincentivar el hecho de que los postes de carga no presenten una elevada fiabilidad (alto grado de disponibilidad).

Asumiendo un coste empresa por operario de 30.000 €/año, y que cada operario mantiene en promedio 30 postes de recarga, el coste del personal por cada poste se estima en 1.000 € anuales. Estos valores han sido suministrados por empresas gestoras de postes de recarga.

*c) Comunicaciones.*

Como se ha visto anteriormente, para garantizar la correcta operación, así como la interoperabilidad de servicios entre los distintos actores que toman parte en el proceso de recarga de un vehículo eléctrico, se requieren de unos protocolos de comunicación e información estandarizados, que comunican los postes con el centro de control. El coste estimado de las comunicaciones necesarias se estima en 60 € anuales.

*d) Mantenimiento.*

Es necesario realizar labores de mantenimiento periódicas, derivadas de pequeñas roturas<sup>8</sup>, adaptaciones y reparaciones, de forma que se garantice la correcta operatividad.

---

<sup>8</sup> En la práctica el vandalismo puede resultar ser importante.

En ausencia de mayor información, se estima, como en otros procesos industriales, en un 1 % anual del inmovilizado: 300 € anuales.

*e) Gastos generales y beneficio industrial.*

Finalmente, englobando toda la serie de costes que no han sido especificados en los puntos anteriores, se ha estimado un 10 % de la suma de todos. En total, 311 € al año, en el caso base.

#### 4.4. Cuenta de resultados, flujo de caja y rentabilidad del proyecto

Caso base

Tabla 12: Caso base.

	0	AÑOS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ENERGÍA CONSUMIDA POR VEHÍCULO (kWh)		2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847
ENERGÍA SUMINISTRADA POR POSTE		7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118
ENERGÍA SUMINISTRADA												
<b>INGRESOS</b>		<b>2.847</b>	<b>2.875</b>	<b>2.904</b>	<b>2.933</b>	<b>2.963</b>	<b>2.992</b>	<b>3.022</b>	<b>3.052</b>	<b>3.083</b>	<b>3.114</b>	
<b>INVERSIÓN</b>	<b>30.616</b>											
Equipo	30.000											
Extensión	616											
<b>COSTES FIJOS</b>		<b>3.433</b>	<b>3.467</b>	<b>3.502</b>	<b>3.537</b>	<b>3.572</b>	<b>3.608</b>	<b>3.644</b>	<b>3.681</b>	<b>3.717</b>	<b>3.755</b>	
CUOTA DE POTENCIA		1.761	1.778	1.796	1.814	1.832	1.851	1.869	1.888	1.907	1.926	
PERSONAL		1.000	1.010	1.020	1.030	1.041	1.051	1.062	1.072	1.083	1.094	
COMUNICACIONES		60	61	61	62	62	63	64	64	65	66	
MANTENIMIENTO		300	303	306	309	312	315	318	322	325	328	
GASTOS GENERALES		312	315	318	322	325	328	331	335	338	341	
<b>COSTE VARIABLE</b>		<b>1.068</b>	<b>1.078</b>	<b>1.089</b>	<b>1.100</b>	<b>1.111</b>	<b>1.122</b>	<b>1.133</b>	<b>1.145</b>	<b>1.156</b>	<b>1.168</b>	
Energía punta		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385	
Energía valle		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385	
Energía llano		363	367	370	374	378	381	385	389	393	397	
<b>CUENTA DE RESULTADOS</b>												
INGRESOS		2.847	2.875	2.904	2.933	2.963	2.992	3.022	3.052	3.083	3.114	
COSTES FIJOS		3.433	3.467	3.502	3.537	3.572	3.608	3.644	3.681	3.717	3.755	
COSTES VARIABLES		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168	
AMORTIZACIONES		3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	
BENEFICIO DE EXPLOTACIÓN	-	4.715	4.732	4.748	4.765	4.782	4.799	4.817	4.834	4.852	4.870	
IMPUESTOS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS</b>	-	<b>4.715</b>	<b>4.732</b>	<b>4.748</b>	<b>4.765</b>	<b>4.782</b>	<b>4.799</b>	<b>4.817</b>	<b>4.834</b>	<b>4.852</b>	<b>4.870</b>	
<b>CASH FLOW</b>	-	<b>30.616</b>	<b>- 1.653</b>	<b>- 1.670</b>	<b>- 1.687</b>	<b>- 1.704</b>	<b>- 1.721</b>	<b>- 1.738</b>	<b>- 1.755</b>	<b>- 1.773</b>	<b>- 1.790</b>	<b>- 1.808</b>

Como se puede observar, según las hipótesis consideradas en el caso base, los flujos generados en cada ejercicio son negativos: no amortizan nunca la inversión. Dado que se ha supuesto un precio de venta de la energía en los postes de 0,40 €/kWh, y la densidad de vehículos por poste de recarga sigue la recomendación de la Directiva Europea, se plantean dos posibles opciones para asegurar una rentabilidad razonable para el empresario: incrementar el precio de venta de la energía o reducir los costes fijos mediante subvenciones o exenciones. Las partidas más relevantes de los costes fijos están asociadas a la cuota de potencia y a los gastos de personal de mantenimiento. Cada una de las posibles actuaciones para garantizar la rentabilidad es analizada seguidamente:

- Caso de precio mínimo admisible. Partiendo del caso anterior (caso base), nos podríamos preguntar cuál debería ser el precio de venta de la energía en el poste de recarga, suponiendo que no haya variación en la cantidad demandada

(comportamiento rígido, elasticidad demanda-precio nula), de forma que el empresario pueda alcanzar un retorno razonable por los activos empleados (6,5 %). Los resultados, que se muestran en el anexo III, obtienen un precio de 1,21 €/kWh, lo que sería equivalente a un coste variable de 0,24 €/km, que resulta casi tres veces superior al del diésel.

- Caso de compensación de la cuota de potencia. Dado que los postes de recarga son dispositivos de alta potencia, el coste del término fijo de potencia es significativo y condiciona la decisión del tamaño del mismo. De esta manera, y con objeto de favorecer el despliegue de la movilidad eléctrica, este caso contempla la posibilidad de que el regulador, u otro organismo, exima dicha cuota, al menos de manera transitoria. De esta manera, los costes fijos se verían reducidos en 1.761 € anuales, generando flujos positivos, aunque no suficientes para recuperar la inversión. En el anexo IV se presentan los flujos de caja adoptando esta hipótesis.
- Caso de compensación de los costes de personal. Este caso es simétrico al anterior, ya que considera que los gastos de personal son asumidos por otra entidad (por ejemplo, los servicios de iluminación del municipio). De esta manera, los costes fijos se reducen en 1.000 €/año, mejorando los resultados del caso base, pero no de forma suficiente para generar flujos positivos. En el anexo V se presentan los flujos de caja adoptando esta hipótesis.
- Caso de compensación simultánea de la cuota de potencia y de los costes de personal. Al igual que en los supuestos anteriores, en los que las medidas propuestas no resultan suficientes de forma individual, en este caso se estudia el efecto que tendría aplicar ambas medidas de forma agregada, lo que supondría una reducción de los costes fijos de 2.761 € anuales. En el anexo VI se presentan los flujos de caja adoptando esta hipótesis. Aunque el sistema converge en esta ocasión, presenta rentabilidades negativas y plazos de recuperación del orden del doble de su vida útil.
- Caso de compensación simultánea de la cuota de potencia y de los costes de personal más subvención. Partiendo del caso anterior, se calcula el porcentaje de inversión a subvencionar, para garantizar al empresario una rentabilidad del 6,5 % sobre los activos empleados. En este caso, se obtiene que resulte necesaria una subvención del 67 %, adicionalmente a la exención de la cuota de potencia y compensación de los gastos de personal, para garantizar una rentabilidad suficiente al empresario.
- Caso de compensación simultánea de la cuota de potencia y de los costes de personal, con incremento de precios hasta rentabilizar la inversión. Otra forma de rentabilizar el negocio de la recarga sin subvencionar la inversión, puede ser aumentar el precio de venta de la energía, como se hizo en el primer supuesto, pero teniendo en cuenta que se reducen parte de los costes fijos (cuota de potencia y mano de obra de mantenimiento). En la simulación del precio, se llega a la conclusión de que, además de eliminar la cuota de potencia y no soportar los costes de la mano de obra, sería necesario vender la energía a 0,78 € el kWh, que

representa casi el doble del coste variable de los vehículos diésel. Los resultados de estas simulaciones se presentan en el anexo VIII.

#### **4.5. A modo de resumen**

Según las hipótesis consideradas, el desarrollo de una red pública de recarga de vehículos eléctricos presenta una rentabilidad dudosa. En ausencia de un número de vehículos eléctricos en circulación importante que permita un volumen de recargas por punto de recarga relevante y de cambios normativos, subvenciones, exenciones, etc., solo tendrá sentido en el caso de que se utilice para promoción de otros productos o ventas cruzadas (centros de ocio, comerciales, restaurantes, etc.).

Los principales componentes del coste son la cuota de potencia (incluso en el caso de los postes de 22 kW) y la mano de obra de mantenimiento y revisión (a pesar de tratarse de equipos robustos y de poca atención). El hecho de considerar una empresa que opere un mayor número de puntos de recarga, no modificará los resultados anteriores (inexistencia de efectos de escala), ya los factores de producción (mano de obra) son divisibles, el precio de la potencia contratada presenta un valor fijo (regulado prácticamente) y el poder de comprar de la energía frente a las comercializadoras pequeño.

No está claro el efecto que provocaría el aumento de la penetración del vehículo eléctrico en los resultados obtenidos, ya que, si viniera acompañada de un aumento proporcional del número de estaciones de recargas públicas, presentaría los mismos resultados, mientras que, si dicho aumento fuera menor que proporcional, los resultados económicos mejorarían, asociados a un mayor nivel de utilización de los equipos.

En el caso de no disponer de ninguna ayuda, el precio de la energía suministrada en la recarga pública debería ser de 1,21 €/kWh, si se persiguiera una rentabilidad razonable para el empresario, con unas recargas por punto de unos 7.000 kWh/año, que es una cifra conservadora<sup>9</sup>. Este valor puede ser veinte veces mayor que el coste variable de realizar la recarga en el domicilio en la tarifa Supervalle y supondría un coste por kilómetro casi tres veces mayor que el equivalente al coste variable de un vehículo diésel.

Aun suponiendo que estas empresas de recarga estuvieran exentas de cuota de potencia y de mano de obra de mantenimiento (como se ha visto en los puntos anteriores), la viabilidad de la empresa de recarga, en el caso de vender la energía a un precio de 0,4 c€/kWh, necesitaría una subvención a la inversión del 67 % o bien vender la energía a 0,78 c€/kWh, lo que duplicaría los costes variables de los vehículos tradicionales, si bien el VE ofrece otras prestaciones y ventajas.

---

<sup>9</sup> En la actualidad, en grandes ciudades, se estima que el volumen de recargas supere los 7.000 kWh/año, y que en algunos casos llegue a los 10.000-12.000 kWh/año, cifra que se incrementaría con un mayor número de vehículos eléctricos en circulación. También hay que tener en cuenta el ínfimo parque de VE que hay en España, que no llega al 0,1 % del total.



5. Factores determinantes del  
despliegue del vehículo eléctrico.  
Evidencias a nivel internacional





## 5. Factores determinantes del despliegue del vehículo eléctrico. Evidencias a nivel internacional

### 5.1. Descripción de la evolución del coche eléctrico a nivel internacional

Los datos publicados por la Agencia Internacional de la Energía (IEA) en su informe *Global EV Outlook (2016)*<sup>10</sup> muestran cómo en el año 2015 se superó por primera vez el umbral mundial de 1 millón de vehículos eléctricos (VE) en carretera (Figura 1); en concreto, el año se cerró con más de 1,2 millones de unidades, de las cuales más de 700.000 unidades correspondían a vehículos eléctricos de batería (VB) y más de 500.000 a vehículos híbridos (VH). Aunque los crecimientos de ambos tipos de vehículos se han ido moderando durante la última década, en 2015 (respecto a 2014) eran aún superiores al 70 % en ambos casos (80 % para VB y 75 % para VH). Estos crecimientos reflejan sin duda el esfuerzo significativo que Gobiernos e industrias de los diferentes países impulsores del VE están haciendo en los últimos años para conseguir electrificar el sector del transporte.

*En el año 2015 había más de 1,2 millones de coches eléctricos en el mundo, de los cuales más de 700.000 eran vehículos eléctricos de batería, y más de 500.000, vehículos híbridos.*

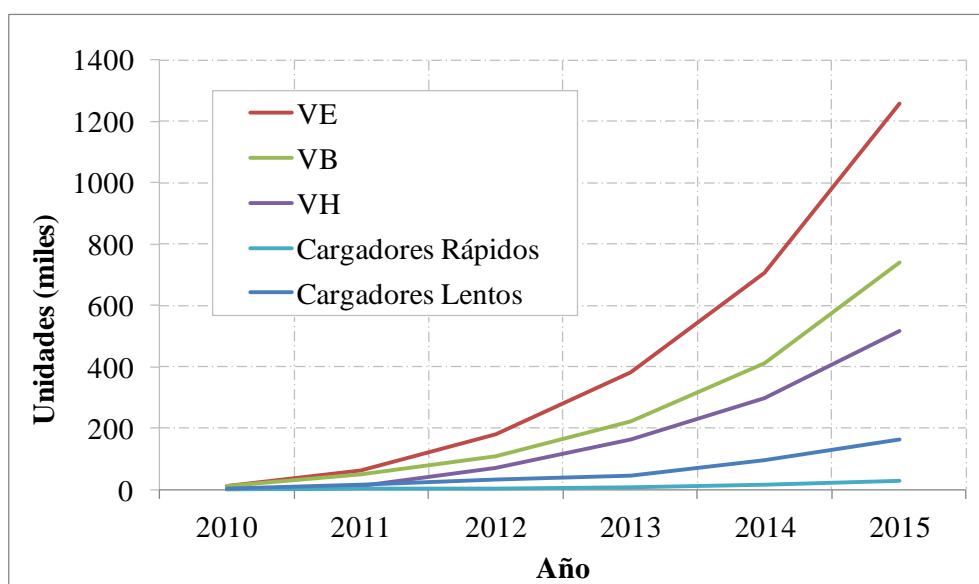
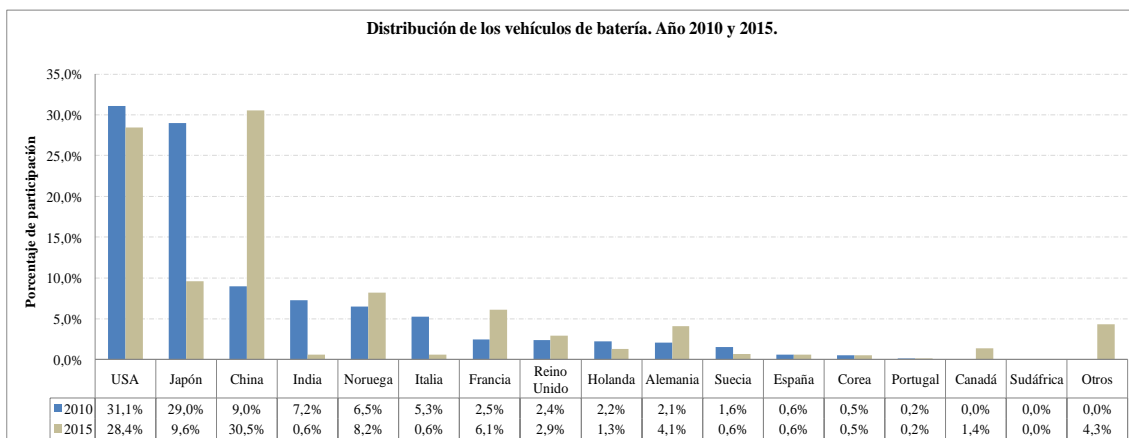
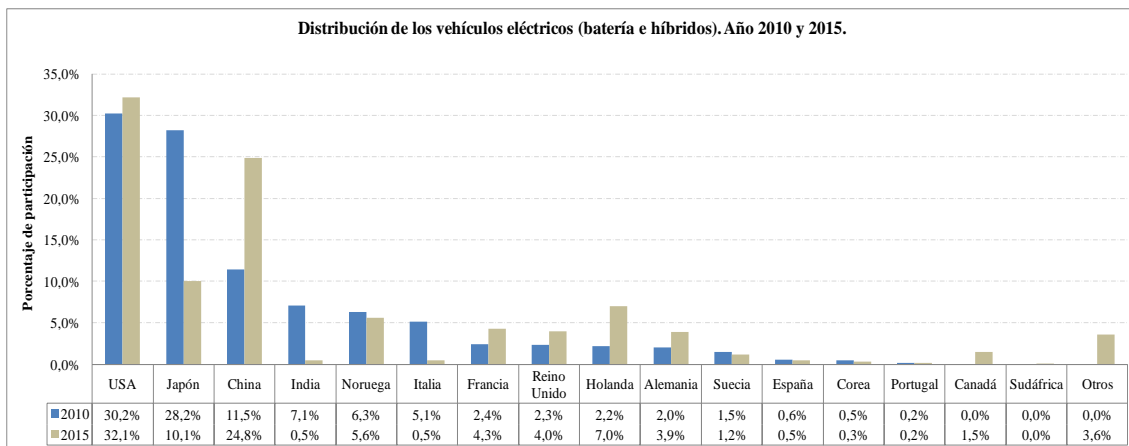


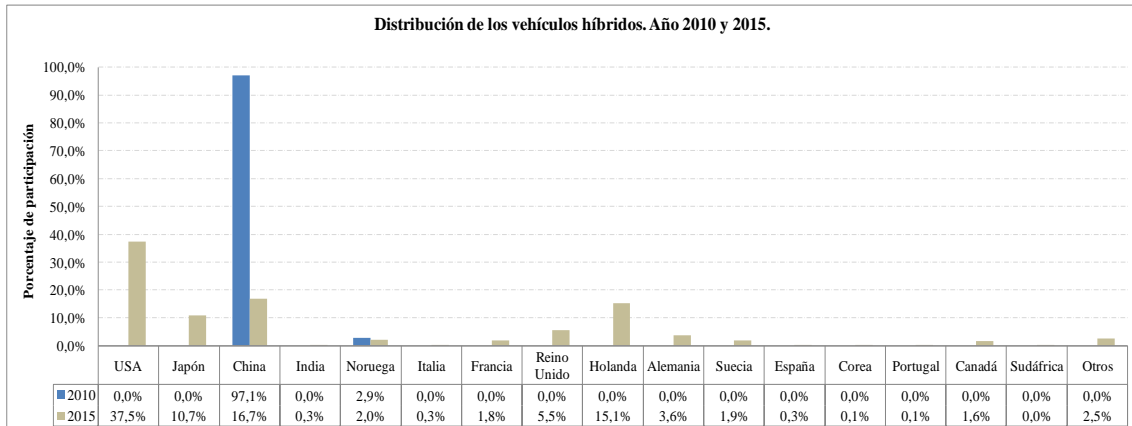
Figura 21. Evolución mundial del VE y de los cargadores para VE. 2010–2015.

<sup>10</sup> Todos los datos empleados en este estudio se muestran en un Anexo al final del documento.

La Figura 21 muestra la distribución porcentual del VE por países. Estados Unidos y Japón poseían más del 50 % de los VE en el año 2010, aunque 5 años después, en 2015, Japón había perdido porcentaje de participación en el *stock* mundial de forma significativa y son EE.UU. y China los dos países que atesoran más unidades. En dicho año, el 80 % de los coches eléctricos en carretera en todo el mundo se encuentran en los Estados Unidos, China, Japón, los Países Bajos y Noruega. La evolución de la distribución del VE a nivel mundial es el resultado de la evolución de los coches de batería y de los coches híbridos. En los primeros (BEV), EE.UU. mantiene su cuota de participación en torno al 30 % durante el período analizado (2010-2015), mientras que países como China u Holanda incrementan su participación significativamente a lo largo del período (en detrimento principalmente de Japón). 2015 es el primer año en que China supera a EE.UU. en número de BEV; hay que tener en cuenta que China es también actualmente líder mundial en el despliegue de *e-scooters* y autobuses eléctricos. En cuanto a los VH, se observa cómo China reduce su peso en el *stock* mundial desde 2010 en favor de otros países como Estados Unidos, Japón, Holanda, Reino Unido o Alemania –en 2010, China era prácticamente el único consumidor de este tipo de vehículos.

*2015 es el primer año donde China supera a EE.UU. en número de vehículos de batería. China es también actualmente líder mundial en el despliegue de e-scooters y autobuses eléctricos.*





Nota: el bloque de otros países está compuesto por Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Chipre, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Malta, Polonia, Rumanía, República Eslovaca, Eslovenia y Turquía.

Figura 22. Distribución mundial del VE. 2010–2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IEA.

Si analizamos la cuota de mercado del coche eléctrico en los diferentes países (definida como el porcentaje de compras de VE sobre total de nuevas matriculaciones), el posicionamiento de los países impulsores cambia (Figura 22).

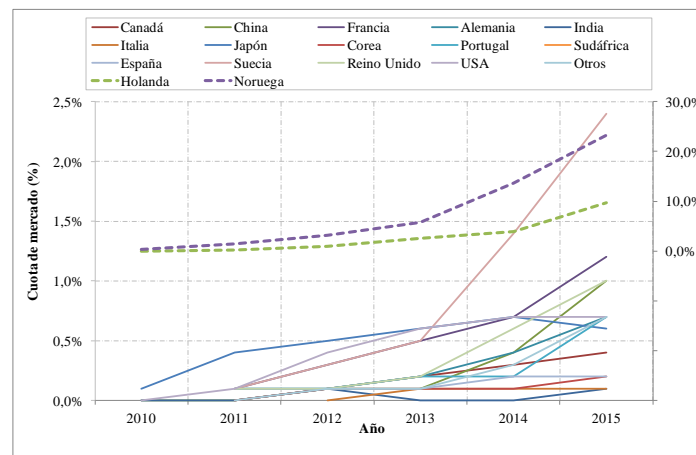


Figura 23. Cuota de mercado del VE en el interior de cada país. 2010–2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IEA.

Noruega y Holanda (ambos representados en el eje de la derecha de la Figura 23 para una mejor visualización) representan las mayores cuotas de mercado durante todo el período; siendo estas cuotas de un 23 % y un 10 % respectivamente en el año 2015. En dicho año, la cuota de mercado de los automóviles eléctricos supera el 2 % en Suecia y el 1 % en países como China, Francia o el Reino Unido. La **reducción en los costes** de fabricación del VE (incluyendo la **batería de almacenamiento eléctrico**), el desarrollo paulatino de la industria auxiliar (principalmente, la encargada de proveer **cargadores eléctricos**) y el establecimiento de una **política fuerte de**

*El coche eléctrico alcanza cuotas de mercado de dos dígitos en Noruega y Holanda. En el resto de países, las cuotas de mercado son aún muy reducidas.*

**incentivos a la oferta y a la demanda** han permitido el acceso al coche eléctrico a un mayor número relativo de consumidores en estos países.

Los costes de las baterías se han reducido hasta un 75 % desde 2008 y se espera que disminuyan aún más en los próximos años. Paralelamente, la densidad de energía de las baterías debe aumentar para permitir intervalos más largos de conducción a precios menores. Estos factores, junto con el propio progreso tecnológico y las economías de escala en el sector, deben llevar al VE hacia la paridad de costes con los motores convencionales de combustión interna. Los recientes anuncios de los fabricantes de automóviles sugieren que la autonomía del VE pronto superará los 300 km, dando señales alentadoras con vistas al futuro inmediato.

La evolución mostrada por los cargadores de electricidad diseñados para estos vehículos, cargadores que pueden ser rápidos o lentos (véase la Figura 21), constituye un claro ejemplo del papel jugado en el crecimiento del VE por el equipo de suministro para VE. La Figura 24 muestra dicha evolución por países –los datos representados se pueden consultar en el Anexo de este trabajo.

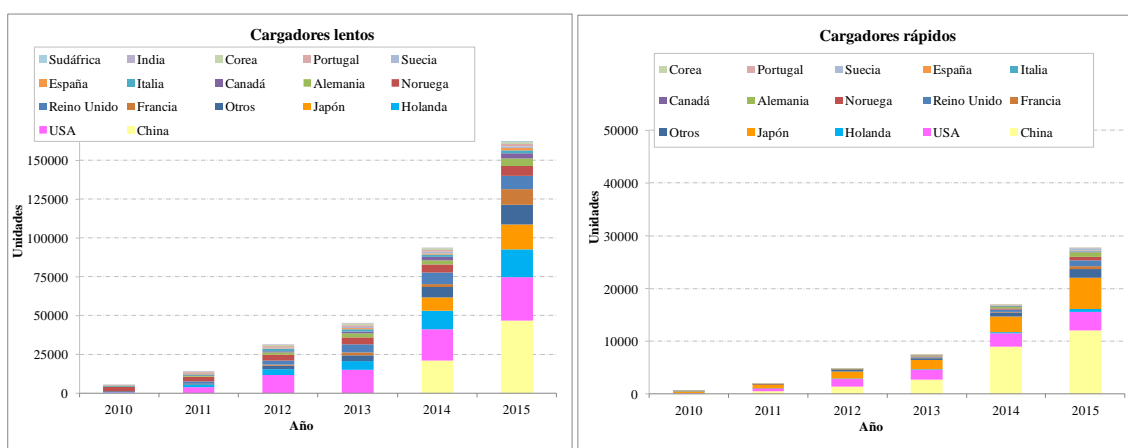


Figura 24. Evolución del cargador de batería por países. 2010–2015. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IEA.

A excepción de China y Japón en el período 2010-2013 –período en el que solo contaban con cargadores rápidos<sup>11</sup>, los cargadores lentos superan en número a los cargadores rápidos en todos los países; si bien, el ratio “cargadores lentos / cargadores rápidos”, mostrado para los años 2010 y 2015 en el primer gráfico de la Figura 25, ha ido descendiendo rápidamente a lo largo del período en casi todos los países –las excepciones son USA, donde el ratio se ha mantenido en 8, y Corea, donde el ratio ha aumentado pasando de 9,5 a 11,7 entre estos dos años.

Portugal y Holanda se sitúan a la cabeza de los países con mayor ratio en 2015 (Portugal muestra una relación de 85 a 1), mientras que países como China, Japón o Suecia muestran ratios inferiores a cinco.

<sup>11</sup> Otros países que en 2010 no tenían cargadores rápidos son Francia, Canadá y Portugal. Canadá tampoco tenía cargadores lentos en 2010.

En cualquier caso, considerando a todos los países conjuntamente, el ratio es de 5,8 cargadores lentos por cada uno rápido en el año 2015 –el ratio conjunto era de 9,6 a 1 en 2010. España se encuentra por encima del valor conjunto en 2015, ya que cuenta con 8 cargadores lentos por cada uno rápido –la misma ratio que países como Estados Unidos o el Reino Unido.

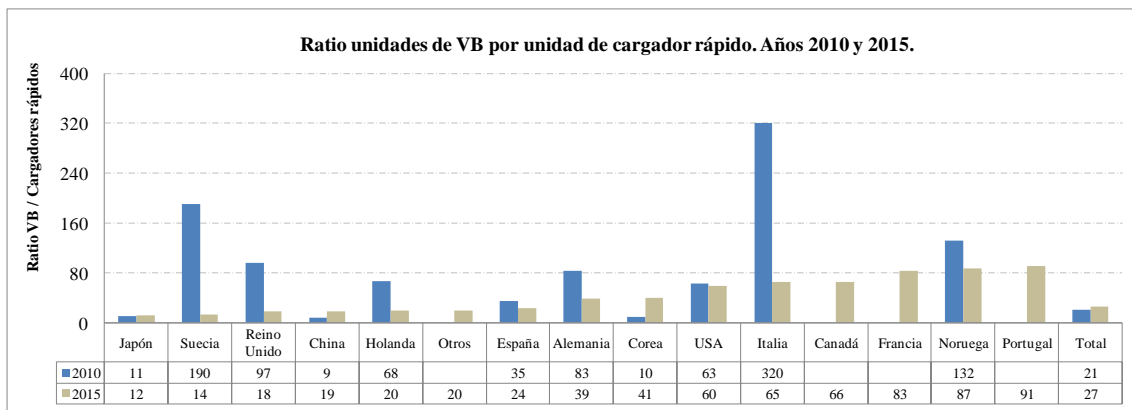
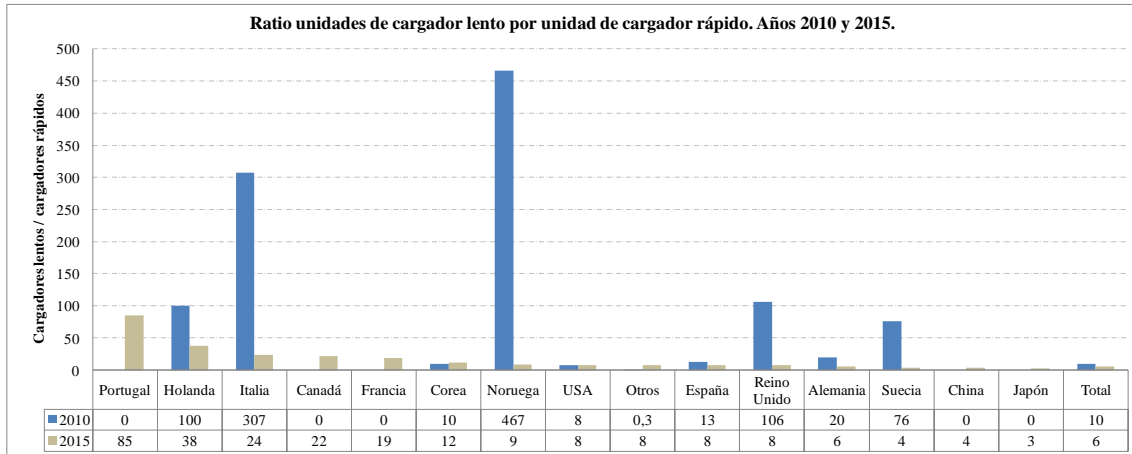


Figura 25. Evolución de los cargadores (lentos y rápidos) por países. Años 2010 y 2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IEA.

Otra tasa interesante es la que se representa en el segundo gráfico de la Figura 25, donde se muestra la evolución 2010 vs. 2015 de la ratio que relaciona el número de VB con el número de cargadores rápidos –entre VB y VH, nos centramos en los VB porque dependen en mayor medida de la existencia de cargadores rápidos. En 2010, países como Italia, Suecia, Noruega y Reino Unido mostraban una elevada ratio “VB / cargadores rápidos”; en Italia, por ejemplo, había 320 VB por cada cargador rápido. En el año 2015, esta ratio se ha reducido significativamente en aquellos países que ya tenían cargadores rápidos en 2010, salvo en el caso de los países orientales, donde la tasa ha crecido, especialmente en Corea. Finalmente, podemos destacar a Portugal, Noruega y Francia como los tres países con una mayor ratio en 2015, superando los 80 VB por cada cargador rápido.

La evolución creciente de los VB, los VH y los puntos de carga descrita en esta sección permite inducir que la industria del VE, los Gobiernos y los primeros consumidores están logrando dinamizar el sector y demostrar que los coches eléctricos pueden ofrecer a los consumidores las características que se esperan de ellos (sostenibilidad, seguridad, autonomía, asequibilidad, etc.). Diversas políticas públicas están promoviendo la compra del VE y el desarrollo de puntos de carga accesibles al público, financiados a través de inversiones directas o de iniciativas público-privadas. Algunas de estas iniciativas de generación de puntos de carga en espacios públicos van más allá de los núcleos urbanos, dando lugar a redes de carga que permiten viajes de larga distancia en VE incluso a escala continental; por ejemplo, a nivel europeo podemos mencionar iniciativas como NewMotion o Electrek.

## **5.2. Análisis de los factores determinantes del despliegue del vehículo eléctrico**

El objetivo de la Iniciativa de Vehículos Eléctricos (*Electric Vehicles Initiative, EVI*) 20 por 20 apela a una flota de vehículos eléctricos de 20 millones de unidades para 2020 en todo el mundo. Asimismo, la Declaración de París sobre “Electro-Movilidad, Cambio Climático y Acción Conjunta” establece un objetivo global de despliegue de 100 millones de coches eléctricos y 400 millones de vehículos eléctricos de 2 y 3 ruedas en 2030. La consecución de estos objetivos implica un crecimiento sustancial del mercado para desarrollar aún más el *stock* actual de 1,26 millones de vehículos eléctricos, así como el rápido despliegue de las 2 ruedas eléctricas y de los autobuses fuera del mercado chino.

El logro de los objetivos descritos depende, dentro de cada país, fundamentalmente de variables económicas, tecnológicas y políticas. Dicho de otra forma, la evolución de las nuevas matrículas de este tipo de vehículos dependerá de cómo evolucione su coste de fabricación y del precio relativo frente al coche tradicional de combustible, de la evolución paralela de su industria auxiliar (reparación, mantenimiento, puntos de carga, etc.) y de las políticas de incentivos y subvenciones (a oferta y/o a demanda) articuladas por los diferentes Gobiernos. Los datos disponibles en este estudio muestran evidencias empíricas sobre el efecto de algunos de los determinantes del VE descritos.

Un determinante fundamental, desde el punto de vista de los costes de fabricación, viene dado por la evolución coste-densidad de la batería. La Figura 26 muestra cómo ha evolucionado entre 2008 y 2015 la relación entre el *stock* de VB (eje horizontal) y las variables “coste de la batería” (medido en dólares americanos por kWh; representado en eje de la izquierda de la figura) y “densidad de la batería” (medida en Wh por litro; representada en el eje de la derecha). El efecto del coste de la batería sobre el *stock* de VB es claramente negativo, mientras que la relación con la densidad de la batería resulta significativamente positiva; ambas relaciones son no lineales. Por tanto, resulta evidente que a medida que las baterías han abaratado su coste y han mejorado sus prestaciones, el coche eléctrico se ha convertido en mayor medida en un sustitutivo plausible del coche tradicional.

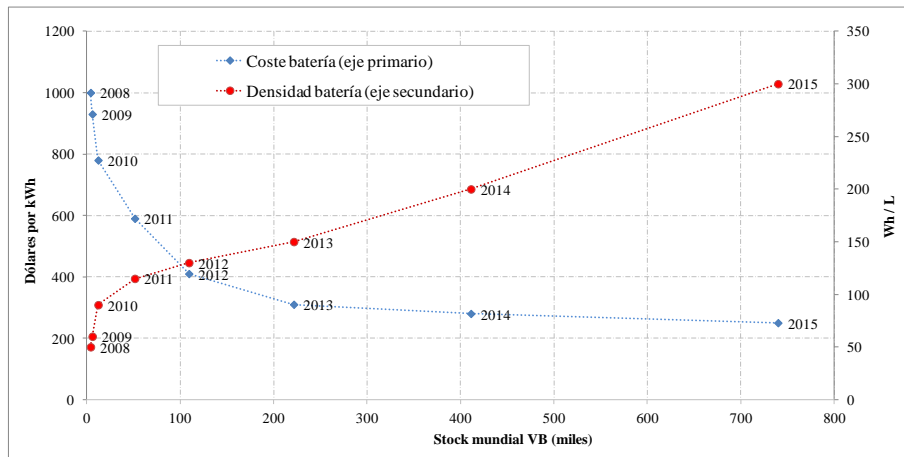


Figura 26. Relación entre el stock de VB y el coste y la densidad de las baterías. 2010-2015. Fuente: Departamento de Energía de los EE.UU.

Aunque los problemas técnicos más importantes en el desarrollo del VE, como por ejemplo, los referentes al peso, la capacidad y la durabilidad de la batería, se han ido resolviendo con éxito en los últimos años, existen aún otras cuestiones que hay que resolver para garantizar el éxito del VE; en concreto, nos referimos a cuestiones como la disponibilidad de puntos de carga para las baterías y la propia disponibilidad de suficiente energía “limpia” para atender a la creciente demanda eléctrica asociada al VE. En ocasiones, se supone que el suministro de energía eléctrica es ilimitado, pero esta idea resulta incompatible, al menos a corto plazo, con la idea de abastecer a una demanda eléctrica cada vez mayor a través de fuentes de generación no contaminantes.

Si analizamos la evolución de los puntos de carga de los VE en los últimos años considerando a todos los países conjuntamente (Figura 27), observamos una relación positiva entre los *stocks* de VB y VH y los *stocks* de cargadores lentos y rápidos; relación que parece más acusada (de mayor pendiente) cuando nos referimos a los cargadores rápidos.

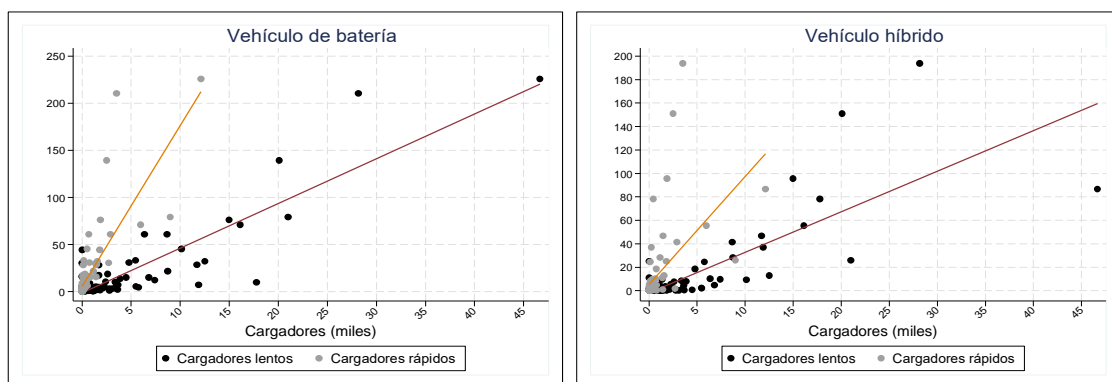


Figura 27. Relación entre el stock de VE y el stock de cargadores. 2010-2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IEA.

La relación de causalidad entre el VE y el cargador de batería puede ser confusa y puede llegar a generar endogeneidad en el modelo estadístico. En cualquier caso, parece claro que los inversores (públicos o privados) han identificado la generación de una red

suficiente de puntos de carga como un elemento dinamizador de la demanda de VE. A las medidas públicas de estímulo de la oferta y la demanda de VE se une la necesidad de crear toda una oferta de accesorios del VE, donde la disponibilidad de puntos de carga juega un papel fundamental.

Para cuantificar el efecto de los puntos de carga de batería sobre el *stock* de VE, se van a estimar una serie de modelos de datos de panel<sup>12</sup> para el período 2010-2015 (6 años) y considerando aquellos países, un total de 15, para los que se tienen datos individualizados, que son: (1) Canadá, (2) China, (3) Francia, (4) Alemania, (5) India, (6) Italia, (7) Japón, (8) Corea, (9) Holanda, (10) Noruega, (11) Portugal, (12) España, (13) Suecia, (14) Reino Unido y (15) Estados Unidos. Como variable a explicar se va a emplear el total de VB, ya que son más dependientes del cargador de batería que los VH. Entre las variables explicativas se van a considerar los *stocks* de cargadores lentos y rápidos y el coste y la densidad de la batería –estas dos últimas variables van a variar de un período a otro, pero no de un país a otro; tienen variabilidad intra-grupo, pero no entre-grupos. Todas las variables se expresan en logaritmos para controlar posibles relaciones no lineales entre las variables en niveles; de este modo, los coeficientes estimados representan elasticidades. El modelo se va a estimar por efectos fijos para manejar adecuadamente la posible existencia de correlación entre las variables explicativas y el término de error. Conviene recordar que, en este tipo de modelos econométricos, el efecto individual de cada país está controlando aquellas características del país (estables en el tiempo) que no se observan directamente pero que afectan a la variable estudiada, como, por ejemplo, el posicionamiento de cada Gobierno nacional en cuanto a la regulación y a los incentivos a la industria del VE. La Tabla 1 sintetiza los 4 modelos estimados:

*Las medidas de estímulo a la oferta y a la demanda de coches eléctricos, deben verse acompañadas por incentivos destinados a la generación de puntos de carga rápidos en espacios públicos.*

Tabla 13. Modelos de datos de panel estimados. Efectos fijos. 2010-2015. Fuente: elaboración propia.

Modelos estimados para el log (vehículos de batería)	Log (cargadores lentos)	Log (cargadores rápidos)	Log (cargadores rápidos) (-1)	Log (coste de la batería)	Log (densidad de la batería)
Modelo 1 Cargadores y baterías; Estático	√	√		√	√
Modelo 2 Cargadores; Estático	√	√			
Modelo 3 Cargadores rápidos y baterías; Dinámico		√	√	√	√
Modelo 4 Cargadores rápidos; Dinámico		√	√		

<sup>12</sup> Sobre la metodología de datos de panel, véanse, por ejemplo, Cameron and Trivedi (2009) y Kennedy (2008).



A continuación, se exponen los principales resultados obtenidos en cada uno de los modelos de panel de datos; las correspondientes estimaciones se muestran en la Tabla 2.

Tabla 14. Estimación por datos de panel de los determinantes del VB. Efectos fijos. 2010-2015.  
Elaboración propia a partir de los datos de IEA.

Var. Endog.: Log (stock de VB)	(1)	(2)	(3)	(4)
Log (cargadores lentos)	0.18 <i>0.24</i>	0.31 <i>0.15</i>		
Log (cargadores rápidos)	0.14* <i>0.1</i>	0.51*** <i>0</i>	-0.02 <i>0.75</i>	0.18** <i>0.03</i>
Log (cargadores rápidos) (-1)			0.18*** <i>0.01</i>	0.43*** <i>0</i>
Log (coste de la batería)	-1.40*** <i>0</i>		-1.13*** <i>0</i>	
Log (densidad de la batería)	0.75** <i>0.01</i>		0.99*** <i>0</i>	
Término constante	6.08* <i>0.06</i>	2.54*** <i>0</i>	3.77*** <i>0</i>	3.45*** <i>0</i>
Número de observaciones	77	77	71	71
R2_ajustado	0.94	0.88	0.95	0.86
R2_intragrupo	0.95	0.88	0.95	0.87
R2_entregrupos	0.78	0.84	0.63	0.67
R2_global	0.7	0.82	0.49	0.74
Estadístico de la F	147.73	77.52	113.97	77.64
Corr(X, u)	0.27	0.14	0.21	0.1
$\sigma_u$	1.08	0.69	1.22	0.82
$\sigma_\varepsilon$	0.32	0.47	0.22	0.37
Coefficiente $\rho$	0.92	0.68	0.97	0.83

Nota: Para cada covariable se muestra el coeficiente estimado y su *p*-valor: \*  $p < .1$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

### 5.2.1. Modelo 1: efecto de las características de la batería y del volumen de cargadores

La primera estimación incluye en el modelo explicativo del VB los cargadores, lentos y rápidos, y el coste y la densidad de la batería. Se trata de un modelo contemporáneo, en el sentido de que no se consideran posibles retardos en las variables explicativas. El modelo muestra efectos significativos de las características de la batería, con una elasticidad “cantidad de VB – coste de la batería” negativa y mayor a 1 en valor absoluto, siendo el efecto de la densidad de batería positivo y con una elasticidad de 0,75. El cargador lento no parece tener un efecto significativo sobre el VB, mientras que la elasticidad “cantidad de VB – cantidad de cargadores rápidos” es de 0,14. Por último, la constante del modelo es relativamente alta si se compara con el resto de modelos, lo cual es indicativo de que existe heterogeneidad específica de cada país que no está siendo

contralada de forma explícita (pero sí a través de la constante y de los efectos fijos) dentro de la estimación<sup>13</sup>.

### **5.2.2. Modelo 2: efecto del volumen de cargadores sin considerar mejoras en la batería**

La evolución tecnológica de la batería ha resultado ser un factor determinante para el despliegue global de VB; sin embargo, las mejoras marginales de sus prestaciones son cada vez menores, por lo que en los próximos años la existencia de una buena red de puntos de carga (y de otros servicios auxiliares) debe cobrar importancia en la expansión del VB, expansión amparada por una adecuada política de incentivos. En este sentido, el segundo modelo analiza la relación entre VB y los puntos de carga, omitiendo del modelo las características de la batería; atributos que, como se comentó anteriormente, afectan a todos los países por igual dentro del modelo. El modelo estimado muestra ahora una elasticidad “cantidad de VB–cantidad de cargadores rápidos” positiva y muy significativa (los cargadores lentos siguen sin tener un efecto significativo). Una elasticidad en torno a 0,5 indica, por ejemplo, que un incremento de los cargadores de un 10 % debe inducir a un incremento en el volumen de VB de un 5 % (en un entorno donde el coste de la batería y su densidad no experimentan mejoras radicales).

### **5.2.3. Modelos 3 y 4: efecto de la batería y de los cargadores rápidos con un período de retardo**

Los modelos (3) y (4) reproducen respectivamente a los modelos (1) y (2), pero omitiendo la variable no significativa de “cargadores lentos” y permitiendo que la variable de cargadores rápidos actúe con un período de retardo, de manera que se tenga en cuenta la existencia de cierta dinámica en la relación entre VB y puntos de carga. El modelo (3), que incluye la información disponible sobre los atributos de la batería, sigue mostrando la elevada importancia de dichos atributos sobre la evolución de VB. Así, las elasticidades del VB respecto al coste y a la densidad de la batería son 1.1 y 1 respectivamente. Si ambas magnitudes son introducidas en la estimación en forma de ratio “densidad / coste”, la elasticidad resulta ser también positiva y aproximadamente unitaria. La Tabla 3 emplea este último coeficiente para simular el efecto conjunto de ambos atributos sobre el volumen de BV, manteniendo constante el resto de factores determinantes. El informe *IEA* predice unos valores en el año 2022 para el coste

*La cifra de coches de batería podría superar los 2,5 millones de unidades, a nivel mundial, en 2022. En España, se podría superar la cifra de 15.000 coches de batería en dicho año.*

---

13 El término de intersección específico de cada unidad (país) absorbe toda la heterogeneidad, existente en la relación entre las variables estudiadas, que depende de la propia identidad o idiosincrasia de la unidad; cualquier variable constante en el tiempo de una determinada unidad será perfectamente colineal con dicha intersección específica –Baum (2006, Cap. 9).

y la densidad de la batería de 100 \$/kWh y 400 Wh/L, respectivamente. Por tanto, el cociente de ambos atributos pasará de 1,2 en el año 2015 (dato real) a 4 en el año 2022 (dato previsto), lo cual supone un crecimiento anual promedio de la ratio “densidad / coste” durante estos 7 años del 19 % aproximadamente. Dada la elasticidad unitaria del VB respecto a dicho ratio, es de esperar que los VB también crezcan a dicho ritmo del 19 %, por lo que pasarán, a nivel mundial, de las 739.830 unidades de 2015 a las cerca de 2,5 millones de unidades en 2022; en el caso español, el VB pasará de 4.460 unidades en 2015 a 14.867 unidades en 2022 –estos crecimientos estimados presentan un sesgo a la baja, ya que son debidos únicamente a la mejora tecnológica prevista de las baterías.

Tabla 15. Proyecciones del VB según la evolución prevista de las características de la batería. 2015-2022.  
Elaboración propia a partir de los datos de IEA.

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	Datos reales		Predicciones					
Coste Batería (\$ / kWh)	250,0	250,0	219,3	192,4	168,8	148,1	129,9	100,0
Densidad Batería (Wh / L)	300,0	300,0	312,6	325,7	339,4	353,6	368,4	400,0
Ratio Densidad / Coste	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,8	3,4	4,0
Coches de batería a nivel mundial (miles)	739,830	878,676	1.043,580	1.239,432	1.472,041	1.748,303	2.076,413	2.466,100
Variación coches batería a nivel mundial (miles)	328,7	138,8	164,9	195,9	232,6	276,3	328,1	389,7
Coches batería en España (miles)	4,460	5,297	6,291	7,472	8,874	10,539	12,517	14,867
Variación coches batería en España (miles)	1,4	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3

El modelo 3 también arroja una elasticidad “VB-cargador rápido” significativa y cercana a 0,2 cuando se considera la variable explicativa (cargadores rápidos) retardada un período, mientras que la elasticidad contemporánea “VB-cargador rápido” resulta no significativamente distinta de cero. Cuando se omite la información sobre la batería (modelo 4), el efecto acumulado de los puntos de carga rápida supera el valor de 0,6 (elasticidad contemporánea de 0,18 y elasticidad retardada un período de 0,43); por tanto, la implantación de puntos de carga rápida parece tener un efecto positivo y dinámico importante en el mercado del VB.

#### 5.2.4. Modelo de Swamy (pendiente aleatoria): efecto de los cargadores rápidos

Para concluir nuestro análisis hemos estimado un panel con coeficientes aleatorios para la relación entre VB y los cargadores rápidos –véase Swamy (1970). El modelo de Swamy permite, dada la naturaleza aleatoria de la pendiente del modelo lineal estimado, inferir a partir de la muestra una pendiente o elasticidad propia para cada país. Al disponer de una muestra temporal pequeña, solo se han incluido en el modelo como variables explicativas el volumen de cargadores rápidos y el coste de la batería (no la densidad), por lo que las estimaciones de la elasticidad “VB-Cargadores rápidos” pudieran presentar algún sesgo positivo (recogiendo parte del efecto de variables relevantes omitidas).

Tabla 16. Estimación por datos de panel de los determinantes del VB. Modelo de Swamy. 2010-2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IEA.

Var. Endog.: Stock de BV		Coefficientes	Error Estándar	z	P>z	[95% Interv. Conf.]	
Canadá	Log (cargadores rápidos)	0,30***	0,05	5,87	0,00	0,20	0,40
	Log (coste de la batería)	-1,6***	0,33	-4,93	0,00	-2,25	-0,97
	Constante	11,6***	1,76	6,63	0,00	8,20	15,09
China	Log (cargadores rápidos)	0,77***	0,13	5,96	0,00	0,52	1,03
	Log (coste de la batería)	-1,0**	0,46	-2,39	0,02	-1,99	-0,20
	Constante	9,09***	2,77	3,28	0,00	3,67	14,53
Francia	Log (cargadores rápidos)	0,33***	0,07	4,98	0,00	0,21	0,47
	Log (coste de la batería)	-1,5***	0,40	-3,88	0,00	-2,34	-0,77
	Constante	12,7***	2,19	5,83	0,00	8,48	17,07
Alemania	Log (cargadores rápidos)	0,73***	0,11	6,48	0,00	0,51	0,95
	Log (coste de la batería)	-0,60	0,48	-1,40	0,16	-1,61	0,27
	Constante	7,45***	2,60	2,87	0,00	2,37	12,55
Italia	Log (cargadores rápidos)	0,23***	0,08	3,00	0,00	0,08	0,39
	Log (coste de la batería)	-1,1***	0,24	-4,77	0,00	-1,61	-0,67
	Constante	8,50***	1,14	7,46	0,00	6,27	10,74
Japón	Log (cargadores rápidos)	0,55***	0,14	4,00	0,00	0,28	0,82
	Log (coste de la batería)	-1,2***	0,43	-2,77	0,01	-2,05	-0,35
	Constante	10,2***	2,61	3,93	0,00	5,13	15,36
Corea	Log (cargadores rápidos)	0,63***	0,16	4,01	0,00	0,33	0,95
	Log (coste de la batería)	-1,7***	0,39	-4,58	0,00	-2,53	-1,01
	Constante	12,3***	1,95	6,31	0,00	8,49	16,14
Holanda	Log (cargadores rápidos)	0,45***	0,12	3,87	0,00	0,23	0,69
	Log (coste de la batería)	-1,1***	0,41	-2,73	0,01	-1,91	-0,31
	Constante	8,76***	2,18	4,03	0,00	4,50	13,03
Noruega	Log (cargadores rápidos)	0,51***	0,11	4,52	0,00	0,29	0,73
	Log (coste de la batería)	-1,7***	0,41	-4,15	0,00	-2,51	-0,90
	Constante	13,7***	2,18	6,31	0,00	9,49	18,05
Portugal	Log (cargadores rápidos)	0,69***	0,09	7,92	0,00	0,52	0,87
	Log (coste de la batería)	-1,1***	0,37	-2,98	0,00	-1,83	-0,38
	Constante	8,98***	2,02	4,44	0,00	5,02	12,95
España	Log (cargadores rápidos)	0,93***	0,04	22,01	0,00	0,85	1,02
	Log (coste de la batería)	0,04	0,15	0,28	0,78	-0,26	0,35
	Constante	2,86***	0,80	3,60	0,00	1,31	4,43
Suecia	Log (cargadores rápidos)	0,27***	0,10	2,75	0,01	0,08	0,47
	Log (coste de la batería)	-1,1***	0,39	-2,89	0,00	-1,91	-0,37
	Constante	7,87***	2,13	3,69	0,00	3,69	12,05
Reino Unido	Log (cargadores rápidos)	0,44***	0,11	4,06	0,00	0,23	0,65
	Log (coste de la batería)	-1,2***	0,48	-2,71	0,01	-2,22	-0,36
	Constante	10,1***	2,60	3,90	0,00	5,05	15,23
USA	Log (cargadores rápidos)	0,33**	0,15	2,20	0,03	0,04	0,63
	Log (coste de la batería)	-2,2***	0,50	-4,44	0,00	-3,21	-1,24
	Constante	16,9***	2,98	5,70	0,00	11,15	22,84

p-valor: \* p<.1; \*\* p<.05; \*\*\* p<.01

En todos los países, el efecto de los cargadores rápidos sobre los BV es positivo y significativo. Considerando tanto el modelo 4 (cargadores rápidos, dinámico) como el modelo de Swamy, y con la cautela necesaria debido a las características de la muestra de datos empleada, podríamos afirmar que, en el caso de España, la elasticidad “cargadores rápidos – BV” se sitúa aproximadamente en el intervalo (0,6 - 1); esto significa, por ejemplo, que un incremento de los cargadores rápidos del 10 % sobre el nivel existente en España en 2015 (10 % sobre 186 = 18,6 nuevos cargadores) debe provocar (*ceteris paribus*) un incremento previsto de VB que oscila entre las 268 y las 446 unidades (6 % y 10 % aplicados respectivamente a los 4.460 BV existentes en España en 2015).

*En España, en los próximos años, por cada nuevo cargador rápido situado en un lugar público, se podría incrementar el stock de coches de batería en una magnitud que oscila entre las 14 y las 24 unidades (*ceteris paribus*).*

El modelo de Swamy nos permite obtener el orden relativo de los diferentes países en lo que se refiere a la sensibilidad del VB a la evolución del stock de puntos de carga rápida. Como se puede observar en la Figura 28, España, Alemania, Portugal y los países orientales son los que muestran mayores elasticidades, mientras que en Canadá, Suecia o Italia la elasticidad es bastante menor; las causas de las diferentes elasticidades deberían ser objeto de estudio por parte de los diferentes Gobiernos.

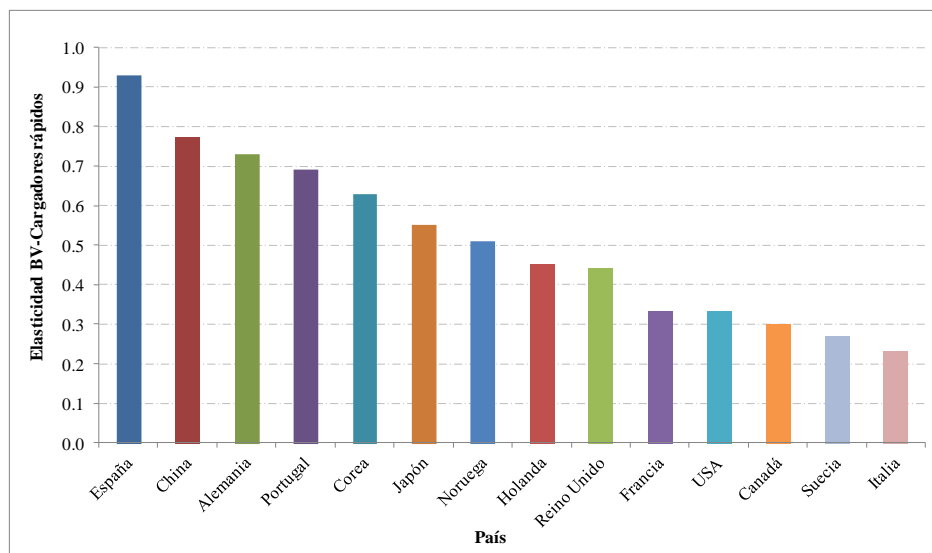


Figura 28: Elasticidad por países “VB – Cargadores rápidos”. Modelo de regresión lineal de coeficientes aleatorios. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IEA.

Si bien nuestro análisis estadístico tiene carácter preliminar, dado el período temporal considerado y las variables empleadas, podemos decir que los resultados obtenidos aportan alguna evidencia sobre dos aspectos relacionados con los puntos de recarga en espacios públicos: (1) la cantidad de puntos de recarga parece influir positivamente en el

número de vehículos eléctricos y (2) la magnitud de dicha relación positiva parece diferir algo entre los diferentes países.

6. Conclusiones: barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar





## **6. Conclusiones: barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar**

El objetivo de este capítulo es recoger una serie de conclusiones generales del estudio realizado, con el objetivo de identificar las medidas necesarias para la eliminación de barreras en el despliegue del vehículo eléctrico.

Las políticas para el desarrollo de la movilidad eléctrica aplicadas en diferentes países europeos se basan principalmente en esquemas de ayudas. Si bien los incentivos aplicados son muy variados, la mayor parte de ellos se centran en la ayuda a la compra del vehículo eléctrico y, en menor medida, a la infraestructura de recarga. El elevado coste actual del vehículo se debe principalmente a las baterías, aunque se prevé una disminución paulatina de su coste conforme la tecnología vaya madurando. Los costes de baterías esperados para 2020, alrededor de 150 €/kWh, permitirán al vehículo eléctrico competir con los tradicionales vehículos de combustión interna. De forma adicional, el papel de la infraestructura ayuda al despliegue de la movilidad eléctrica. En este sentido, existen diferentes alternativas de modelos de negocio en los que los operadores de la red de distribución adquieren diferentes funciones. Posiblemente, estos modelos deberán evolucionar conforme aumente la penetración del vehículo eléctrico, pues en la actualidad nos encontramos con el clásico problema del huevo y la gallina: las estaciones de recarga sin vehículos eléctricos no son rentables y sin estaciones de recarga no se venderán vehículos eléctricos.

Desde un punto de vista tecnológico, se prevé que las baterías de los vehículos se recarguen en estaciones alimentadas desde la red eléctrica, pues las tecnologías basadas en la sustitución de baterías<sup>14</sup> no han tenido suficiente éxito comercial. La recarga se realizará principalmente por conducción, por lo que es necesario disponer de conectores adecuados. La estandarización desempeña un papel fundamental en la homogeneización de dichos conectores para permitir la interoperabilidad de la recarga dentro de un ámbito geográfico. Si bien la mayor parte de las recargas se realizarán en el ámbito doméstico, conviene disponer de una infraestructura de recarga pública suficiente y con modos de recarga adecuados. Los cargadores lentos solo tendrán utilidad en situaciones en las que los coches puedan estar estacionados largos períodos de tiempo. Por el contrario, los cargadores rápidos permitirían una mayor rotación de vehículos, pero con un mayor impacto en la red de distribución y unos costes fijos de operación más elevados debido a la cuota de potencia de la tarifa de acceso. Por estos motivos, es clave encontrar un equilibrio en la potencia asociada a la infraestructura de recarga que permita satisfacer las necesidades del usuario en cuanto al tiempo de recarga, minimizar el impacto en la red de distribución y reducir los costes fijos para el operador de recarga.

Desde un punto de vista económico, los supuestos analizados ponen de manifiesto que el modelo de negocio actual, con hipótesis conservadoras de suministro de energía por punto de recarga, no cubre la recuperación de los costes de las instalaciones de recarga debido al lastre que suponen los costes fijos y el reducido volumen de energía anual suministrada. Por este motivo, se han considerado varias hipótesis

---

<sup>14</sup> En cualquier caso, estas baterías se recargan con la red eléctrica.

de trabajo. En este trabajo se han analizado las hipótesis de la exención del término de potencia de la tarifa de acceso y la realización de las labores de mantenimiento por parte de servicios públicos municipales. Para los casos de recarga pública en zonas no urbanas, adicionalmente se podría equiparar los costes de extensión a los casos urbanos (acometida a baremos). A medio y a largo plazo será necesario articular modelos de negocio imaginativos en los que los gestores de recarga ofrezcan servicios adicionales a los operadores de la red de transporte y distribución relacionados con la flexibilidad de recarga que proporcionen nuevos ingresos.

En este contexto, el distribuidor (DSO), como facilitador, puede contribuir poniendo a disposición de los gestores de carga la potencia necesaria a distancia razonable del punto de servicio, incluso contratando a los VE servicios para el sistema<sup>15</sup>, retribuyéndoles en función de su compromiso y contribución.

Desde un punto de vista econométrico, son varios los factores que parecen estar influyendo o que influirán en el despliegue y la penetración del vehículo eléctrico en los próximos años. No existe a la fecha información, ni un número suficiente de datos para poder establecer relaciones causales y totalmente concluyentes, aunque a la vista de los resultados sí se pueden observar ciertos resultados. Entre los factores analizados en este estudio, se encuentran el precio del vehículo eléctrico y su autonomía, muy relacionados ambos con el coste y la densidad de las baterías. Asimismo, la disponibilidad de infraestructuras de recarga es un factor importante. Esta disponibilidad, principalmente de cargadores rápidos, emerge, por tanto, como uno de los factores que van a favorecer el despliegue del coche eléctrico en las próximas décadas (Sierzchula, Bakker, Maat, & van Wee, 2014) y (Shengyin, Yongxi, & Mason, 2016). En este trabajo y en el caso español estimamos que, en los próximos años, por cada nuevo cargador rápido situado en un lugar público, se incrementará el *stock* de coches de batería en 24 unidades. No obstante, conviene señalar las cautelas sobre el número de datos de la muestra, que no permiten obtener conclusiones definitivas. Asimismo, los incentivos directos superiores a un cierto umbral muestran que facilitan la penetración del VE (Álvarez et al., 2017),

Este despliegue conjunto del coche eléctrico y de los puntos de recarga se produce en un escenario donde los costes de fabricación del coche eléctrico y de la batería de almacenamiento descienden período tras período, dotando al coche eléctrico de un precio cada vez más competitivo. En este estudio se estima que la mejora tecnológica de las baterías de almacenamiento eléctrico permitirá incrementar el nivel de vehículos de batería a nivel mundial, desde las algo más de 700.000 unidades existentes en el año 2015 hasta los 2,5 millones de unidades previstas para 2022; en el caso español, el coche de batería puede pasar, extrapolando los datos anteriores, de 4.460 unidades en 2015 a cerca de 15.000 unidades en 2022 gracias a esta mejora coste-densidad de las baterías, de seguir presentando las tasas de crecimiento actuales. A ello podrían contribuir los fabricantes de nuevos modelos de vehículos y estaciones de recargas, que posibiliten la ampliación de la autonomía y la disminución del impacto que estas recargas puedan tener en la explotación de la red eléctrica, desarrollando, en este último caso, aplicaciones de electrónica de potencia.

Los beneficios relacionados con el VE (reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y

---

<sup>15</sup> Por ejemplo, inyección de energía desde el vehículo a la red (V2G) en caso de aumento de demanda o variaciones de tensión.

partículas del tanque a la rueda, que contribuyen a la lucha contra el cambio climático, a la mejora de la calidad del aire, así como a la reducción de ruido) pueden ser reforzados si las emisiones del sistema energético a la rueda son bajas o muy bajas. Por ello si el despliegue del VE se combina con una generación eléctrica baja en emisiones de CO<sub>2</sub>, de óxidos de nitrógeno y de partículas, el VE tendría más "argumentos" para su despliegue. Esta transición debe ser compatible con el desarrollo de las energías renovables y su almacenamiento.

Finalmente, hay que destacar que las políticas gubernamentales que se están llevando a cabo en la actualidad están consiguiendo que los consumidores y usuarios confíen y apuesten por las tecnologías de tracción eléctrica. Las medidas de estímulo deben orientarse tanto a la oferta de VE (y de sus componentes y servicios auxiliares) como a la demanda. Searle, Lutsey y Lingzhi (Searle, Lutsey, & Lingzhi, 2014), así como Álvarez, Menéndez y Bravo (Álvarez et al., 2017) sugieren que los incentivos de compra están entre los instrumentos más eficaces para promover las ventas de VE. Como futura línea de investigación, y a la vista de los resultados de este trabajo, se podría analizar la eficiencia de los incentivos aplicados a adquisición del vehículo, apoyo o fabricantes o promoción de infraestructura pública de recarga. Este último es el que, aparentemente, puede presentar mejores resultados. En los Países Bajos, los coches eléctricos disfrutaban de una reducción muy significativa de los impuestos de matriculación y circulación, así como el acceso privilegiado a algunas partes de la red de transporte reservada a otros vehículos. Noruega ofrece fuertes incentivos en forma de reducciones del impuesto de matriculación, y para los VB, la exención del impuesto sobre el valor añadido (IVA). Todo este tipo de medidas orientadas a la demanda son fundamentales para que el VE vaya penetrando en el mercado a un ritmo que permita el cumplimiento de los objetivos internacionales de expansión de esta tecnología de transporte, aunque estos sean no vinculantes.



# Referencias



## Referencias

- ACEA. (2017). *ACEA Tax guide*.
- Agència de Salut Pública de Barcelona, A. (2012). *Los contaminantes atmosféricos y la salud: las partículas en suspensión (PM)*. Barcelona.
- Álvarez Pelegry, E., & Menéndez Sánchez, J. (2017). *Energías alternativas para el transporte de pasajeros*.
- Amsterdam Roundtable Foundation. (2014). *Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?* Amsterdam.
- Assum, T., Kolbenstvedt, M., & Figenbaum, E. (2014). *The future of electromobility in Norway*.
- BASREC. (2015). *The development of electric transport – its effect on the security of the electrical energy system and forecasting energy demand in chosen 8 BASREC countries (Norway, Denmark, Germany, Sweden, Finland, Estonia, Lithuania and Poland)*.
- Bossche, V. D. (2008). Defining & Developing International Standards For Electric Vehicle Charging Infrastructures – What Are The Optimum Standards For Meeting Future Power & Charging Capabilities? *American Business Conferences*.
- Chaouachi, A., Covrig, C. F., & Fulli, G. (2016). *Framework for Electric Vehicles and Photovoltaic Synergies*. JRC technical report .
- Circutor. (2017). *circutor.es*. Obtenido de <http://circutor.es/es/productos/recarga-inteligente-para-vehiculos-electricos/recarga-exterior-de-vehiculos-electricos/poste-recarga-exterior-2-tomas-rve2-pt3-detail>
- Cobb, J. (2017). *Top 10 Plug-in vehicle adopting countries of 2016*. Obtenido de <http://www.hybridcars.com/top-10-plug-in-vehicle-adopting-countries-of-2016/>
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (15 de abril de 2015). *Informe sobre la prepuesta de planificación de la red de transporte de energía eléctrica 2015-2020*.
- COTEVOS. (2017). *Business Opportunities for Interoperability Assessment of EV Integration*.
- Department of Energy, U. S. (2016). *Developing Infrastructure to Charge Plug-In Electric Vehicles*. Obtenido de [https://www.afdc.energy.gov/fuels/electricity\\_infrastructure.html](https://www.afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure.html)
- Electromaps.com. (2017). *Electromaps*. Obtenido de [www.electromaps.com](http://www.electromaps.com)

- Elektromobilität, S. (2017). *The Showcase Regions for Electric Mobility*. Obtenido de [http://schaufenster-elektromobilitaet.org/en/content/ueber\\_das\\_programm/foerderung\\_schaufensterprogramm/foerderung\\_schaufensterprogramm\\_1.html](http://schaufenster-elektromobilitaet.org/en/content/ueber_das_programm/foerderung_schaufensterprogramm/foerderung_schaufensterprogramm_1.html)
- ELMO. (2017). *ELMO.ee*. Obtenido de <http://elmo.ee/estonia-becomes-the-first-in-the-world-to-open-a-nationwide-ev-fast-charging-network/>
- EURELECTRIC. (2016). *Charging infrastructure for electric vehicles*.
- European Commission, & US Department of Energy. (s.f.). *Harmonization of standards, technology and testing. EV-Smart Grid Interoperability Centers in Europe and the U.S.*
- European Distribution System Operators (EDSO). (s.f.). *Position paper on Electric Vehicles Charging Infrastructure*.
- Gómez, J., & Morcos, M. (2003). Impact of EV Battery Chargers on the Power Quality of Distribution Systems. *IEEE Trans. on Power Delivery*, 18(3), 975-981.
- Gómez, T., Momber, I., Rivier, M., & Sánchez, Á. (2011). Regulatory framework and business models for charging plug-in vehicles: infrastructure, agent and commercial relationships. *Energy Policy*, 39(10), 6360-6375.
- Grantham Institute. (2017). *Expect the unexpected. The Disruptive Power of Low-carbon Technology*.
- International Energy Agency. (2016). *Global EV Outlook 2016. Beyond one million electric cars*.
- International Energy Agency. (2017). *Global EV Outlook 2017. Two millions and counting*.
- International Renewable Energy Agency. (2017). *Electric vehicles, technology brief*.
- Jiang, C., Torquato, R., Salles, D., & Xu, W. (2014). Method to Assess the Power-Quality Impact of Plug-in Electric Vehicles. *IEEE Trans. on Power Delivery*, 29(2), 958-965.
- Lo Schiavo, L. (2017). *Competition and regulatory aspects of electric vehicles charging: the Italian regulatory experience*.
- Madina, C., Zamora, I., & Zabala, E. (2016). Methodology for assessing electric vehicle charging infrastructure business models. *Energy Policy*, 89, 284-293.
- Martin, S. (2016). *Developing a Business Model for Commercial Electric Vehicle Charging Infrastructure*. Master Thesis.
- Matas Díaz, F. J. (2016). *Gestión del sistema eléctrico de un monoplaza*. Sevilla.



- Montoya, F., Martínez-Lao, J., Torres-Moreno, J., Manzano-Agugliaro, F., & Barón, V. (2016). Analysis of charging stations for electric vehicles in Spain. *ICREPO*, (págs. 494-499). Madrid.
- Nieuwenhuis, J. (2015). *E-mobility in the Netherlands*.
- Organización Mundial de la Salud. (25 de Marzo de 2014). *7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Las consecuencias de la contaminación ambiental: 1,7 millones de defunciones infantiles anuales, según la OMS*. Ginebra.
- Peças Lopes, J., Soares, F., & Rocha Almeida, P. (2009). Identifying Management Procedures to Deal with Connection of Electric Vehicles in the Grid. *IEEE Power Tech Conference*. Bucharest.
- Planelles, M. (23 de Noviembre de 2016). 30.000 muertes prematuras al año en España por la contaminación. *El País*.
- PlugShare. (2017). *PlugShare*. Obtenido de <https://www.plugshare.com/>
- Reuters.com. (2013). *Germany ends tax disadvantage for corporate electric cars*. Obtenido de <http://www.reuters.com/article/germany-electricvehicles-tax-idUSL5N0EJ1Y320130607>
- Sahuquillo, M. (30 de 05 de 2017). How Estonia persuaded drivers to go electric. *El País*.
- Sbordone, D., Bertini, I., Di Pietra, B., Falvo, M., Genovese, A., & Martirano, L. (March 2015). EV fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm. *Electric Power Systems Research*, 96-108.
- Searle, S., Lutsey, N., & Lingzhi, J. (2014). *Evaluation of State-level. U.S. electric vehicle incentive*.
- Shengyin, L., Yongxi, H., & Mason, S. (2016). A multi-period optimization model for the deployment of public electric vehicle charging stations on network. *ELSEVIER, Transportation Research Part C*(65), 128-143.
- Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., & van Wee, B. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Elsevier, Energy Policy*(68), 183-194.
- Terra, F. (2017). *Los contaminantes atmosféricos: las partículas en suspensión (PM)*. Obtenido de <http://www.terra.org/categorias/articulos/los-contaminantes-atmosfericos-las-particulas-en-suspension-pm>

- Tesla. (2016). *www.tesla.com/es\_ES/supercharger*.
- The Lancet. (2013). *Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013*.
- THEMA, C. g. (2015). *Mapping of TSO and DSO roles and responsibilities related to information exchange*.
- USCS, T. U. (2017). *Market brief – E-Mobility in France (2016)*.
- Van den Oosterkamp, P., Koutstaal, P., van der Welle, A., de Joode, J., Lenstra, J., van Hussen, K., & Haffner, R. (2014). *The role of DSO in a Smart Grid environment*.
- Veldman, E., & Verzijlbergh, R. (2015). Distribution Grid Impacts of Smart Electric Vehicle Charging From Different Perspectives. *IEEE Trans. on Smart Grid*, 6(1), 333-342.

# Anexos



## Anexo I. Las baterías de los vehículos eléctricos.

Profundizando en los aspectos técnicos, la corriente máxima de recarga tanto en transitorio como en régimen permanente, y la tensión máxima y media entre sus bornes son, entre otros, factores clave para el diseño de la batería. De ahí que el estudio de los modos de recarga más usados sea de extrema importancia para las empresas fabricantes de vehículos eléctricos. Las baterías se pueden clasificar según la tecnología de acumulación que emplean, la disposición interna de sus celdas y los sistemas de seguridad que puedan llevar incorporados (Matas Díaz, 2016).

- Tecnología de acumulación: desde hace unos años, la tecnología que se emplea en las baterías de vehículos eléctricos es el Ion-Litio. Son baterías muy ligeras y con gran densidad de energía, además de ser resistentes al efecto memoria en comparación con sus predecesoras. Mantienen un nivel de tensión muy estable durante el 90 % de la descarga. Su gran inconveniente es la inestabilidad del Ion-Litio y el peligro de combustión ante incrementos de temperatura, golpes o descargas que sobrepasen la corriente máxima de la batería. Dentro de esta familia se han desarrollado distintas configuraciones de las celdas y variantes de la composición para lidiar con este problema y mejorar sus características eléctricas (configuración en *plaquetas* propias de las *LiPo*, o las baterías de  $\text{LiFePO}_4$ ).
- Configuración de las celdas: prácticamente todas las nuevas baterías para vehículos eléctricos tienen celdas en forma de planchas o “plaquetas”. Esta forma aumenta la superficie y permite un mejor aprovechamiento de la energía almacenada. Sin embargo, no solo se diferencian en la forma geométrica, sino también en el tamaño y el tipo de cátodo que emplean (Amsterdam Roundtable Foundation, 2014).
  - Celdas pequeñas: es el formato usado por Tesla, y las celdas son una combinación de materiales cátodo, usadas principalmente en electrónica de consumo (NMC, LCO, etc.). Tesla es actualmente el único OEM que utiliza este tipo. La composición de la celda hace que sea necesario un sistema de refrigeración, así como de control (BMS, *Battery Management System*). Los modelos que Tesla ha llevado al mercado cumplen todas las certificaciones de seguridad y coches como el Mercedes B-Class o el Toyota RAV4 ya llevan incorporada esta tecnología.
  - Celdas grandes: es el método más popular en los OEMs tradicionales. Con este formato se sacrifica la densidad de energía almacenada en pos de aumentar su seguridad. Este tipo de celdas son más caras, y actualmente

*Las baterías están constituidas por celdas de una composición química específica que almacenan la energía. El desarrollo de nuevas baterías juega con la composición de estas y su forma y disposición.*

se están investigando con nuevos cátodos, como NCA ( $\text{LiNiCoAlO}_2$ ) o LFP ( $\text{LiFePO}_4$ ).

Todas las baterías tienen unos ciclos de vida útil, es decir, un cierto número de recargas-descargas en las que la energía acumulada se mantiene en unos niveles próximos al nominal. La vida útil de la batería se ve drásticamente afectada por la temperatura de funcionamiento, y, por tanto, por la corriente de recarga y descarga.

Cuanto mayor es la corriente a la que opera, mayor es el sobrecalentamiento que produce en sus celdas. Esto quiere decir que el método de recarga lenta, aunque menos práctico para el consumidor, es preferible para el mantenimiento de la batería. Las recargas muy rápidas disminuyen drásticamente su vida útil, siempre y cuando dicha recarga produzca un incremento inusual de la temperatura. Esta es una de las grandes barreras para la recarga por intercambio de batería. Para que este método sea viable en vehículos particulares, sería necesario realizar un seguimiento o llevar un registro del número y tipo de recargas para cada batería.

## Anexo II. Estándares aplicables

### Accesorios

- IEC62196. *Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles*. Es un estándar internacional para el conjunto de conectores eléctricos. A su vez la norma está articulada en las siguientes partes:
  - *Part 1: General requirements.*
  - *Part 2. Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories.*
  - *Part 3. Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers.*

### Estación de recarga

- IEC 61851-24. *Electric vehicle conductive charging system*. Esta norma describe cómo son las estaciones de recarga y se articula en las siguientes partes:
  - *Part 1: General requirements.*
  - *Part 21: Electric vehicle requirements for conductive connection to an a.c./d.c. supply.*
  - *Part 22: AC electric vehicle charging station.*
  - *Part 23: DC electric vehicle charging station.*
- IEC 61980. *Electric vehicle wireless power transfer systems (WPT)*. Define los sistemas de recarga sin contacto.
- IEC 61439-7. *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*.
  - *Part 7: Assemblies for specific applications such as marinas, camping sites, market squares, electric vehicles charging stations.*

### Comunicaciones

- ISO/IEC 15118. *Road vehicles – Vehicle to grid communication interface*.
  - *Part 1: General information and use-case definition*
  - *Part 2: Network and application protocol requirements*
  - *Part 3: Physical and data link layer requirement*
- ISO 11898. *Road vehicles – Controller area network (CAN)*.
  - *Part 1: Data link layer and physical signalling.*
  - *Part 2: High-speed medium access unit.*
- IEC61851-24. *Electric vehicle conductive charging system*.
  - *Part 24: Digital communication between a d.c. EV charging station and an electric vehicle for control of DC charging.*

## Seguridad

- EC 61140. *Protection against electric shock. Common aspects for installation and equipment.*
- IEC 60529 - Amendment 2. *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
- IEC 60364-7-722. *Low-voltage electrical installations:*
  - *Part 7-722: Requirements for special installations or locations -Supplies for electric vehicles*
- ISO 6469-3. *Electrically propelled road vehicles - Safety specifications:*
  - *Part 3: Protection of persons against electric shock*
- ISO/FDIS 17409. *Electrically propelled road vehicles - Connection to an external electric power supply - Safety requirements*



**Anexo III: Propuesta técnico-económica para la instalación de un punto de recarga de vehículos eléctricos (extracto).**



**ESMO**  
ENERGÍA Y SISTEMAS DE  
MOVILIDAD OPERATIVA, S.L.  
C/Horizonte, 7,3º Módulo 18  
Pol. Ind. Pisa  
E-41927  
MAIRENA DE ALJARAFE  
(Sevilla)  
Telf. 955.64.86.84  
E-Mail:  
mmagdalena@esmoenergia.com  
CIF. 890308545

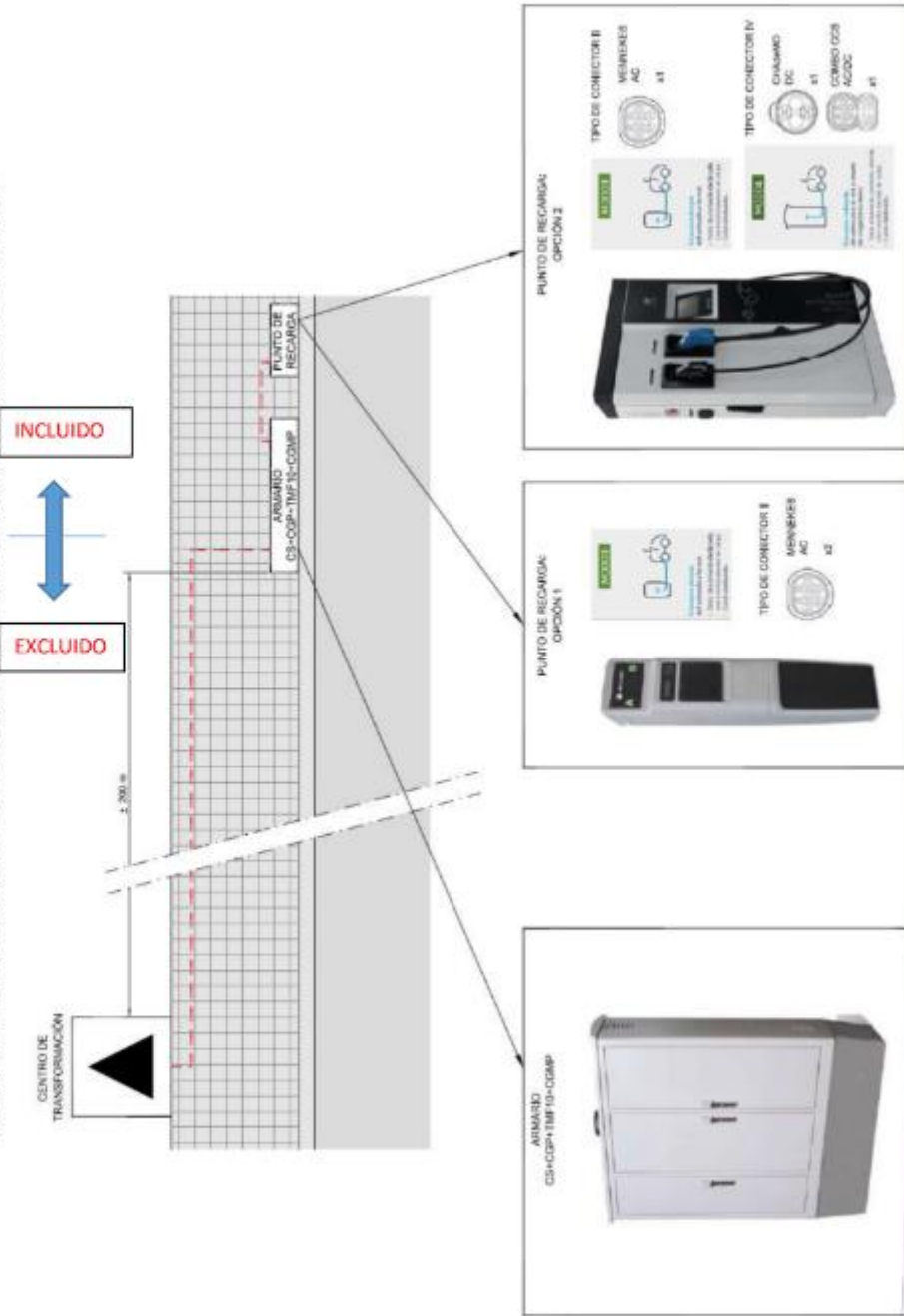
PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA  
INSTALACIÓN DE UN PUNTO DE RECARGA DE  
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



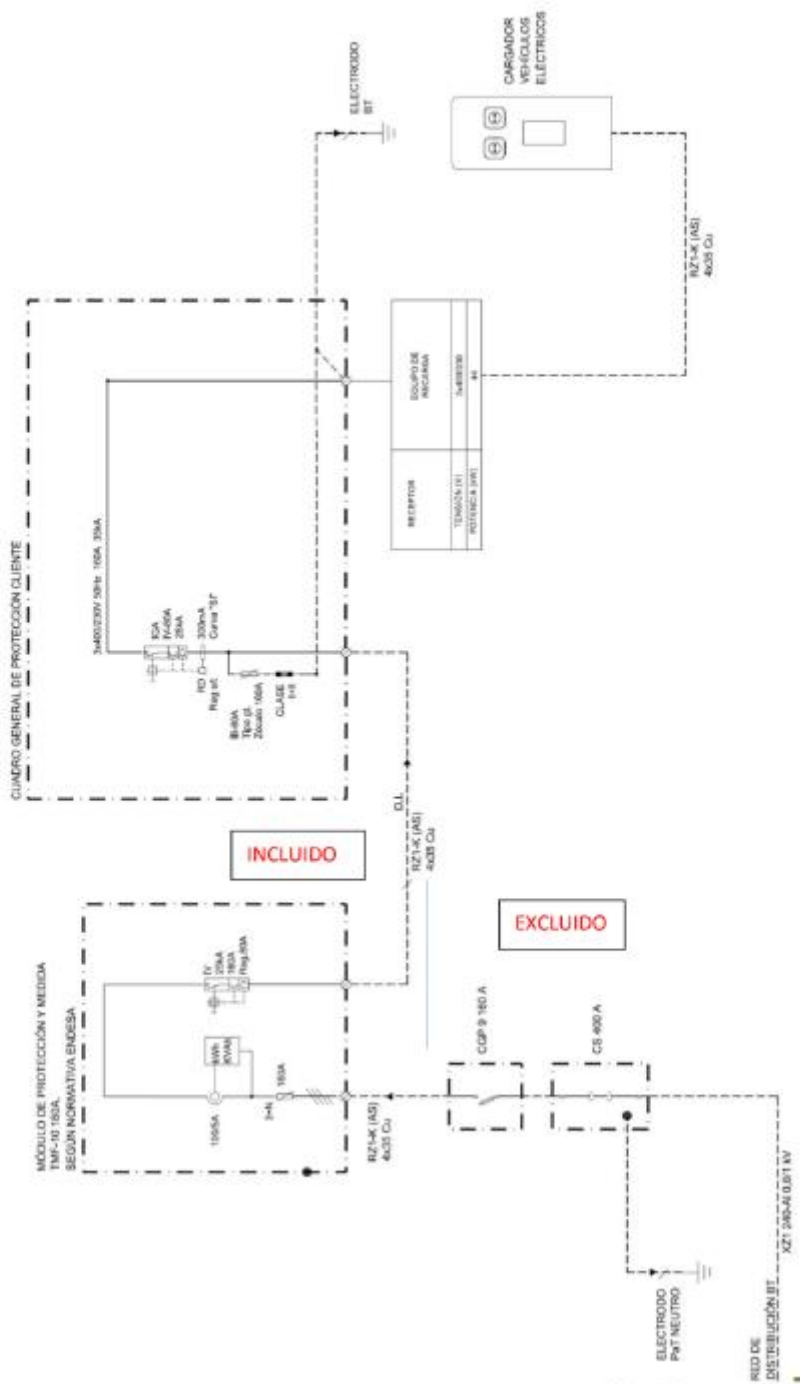
Sevilla,  
Abril de 2017

REF.17050051

CROQUIS DE PLANTA GENERAL DE LA INSTALACIÓN DE UN PUNTO DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



**ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN DE UN PUNTO DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**



### 3 PRESUPUESTO

#### 3.1 INSTALACIONES DE MEDIDA, PROTECCIÓN Y PUNTO DE CARGA OPCION 1.

##### OPCIÓN 1

UNIDAD	CONCEPTO	IMPORTE TOTAL (€)
<b>Instalaciones medida, protección y punto de carga.</b>		
Ud.	Armario metálico envolvente para caja seccionamiento, CGP, TMF10 y cuadro de protección de cliente, construido en acero galvanizado en caliente, de dimensiones máximas de 1950x1750x320mm, incluyendo zócalo de 300mm de acero inoxidable.	
Ud	Formación de fundación para armario metálico de acometida, incluyendo excavación, hormigón, pernos de anclaje, reposición superficial y transporte de materiales a vertedero controlado.	
Ud	Centralización de contadores TMF-10 - 80A/55,42kW, con ICP.	
Ud	Equipo de medida indirecta, incluyendo contador y transformadores de intensidad s/norma ENDESA	
Ud	Cuadro de protección y distribución, incluyendo módulo de doble aislamiento, IGA, diferencial de 300mA tipo SI (superinmunizado) y protección contra sobretensiones.	
Ud	Obra civil auxiliar para interconexión de cuadro de acometida con punto de carga, incluyendo zanja de hasta 4 mts de longitud, y canalización subterránea con 2 tubulares PE de 125mm. Incluye reposición de acabado superficial si es necesario con panot estándar.	
Ud	Formación de puesta a tierra de la instalación de BT de cliente, con picas de acero cobreado de 2mts, cable de Cu de 35 desnudo mm <sup>2</sup> , caja de seccionamiento de tierra, material auxiliar y accesorios. Incluye conexión de armario de acometida y punto de recarga.	
Ud	Suministro e instalación de cable de interconexión con punto de carga, con conductor RZ1-K 0,6/1kV de 4x35mm <sup>2</sup> Cu, hasta 6 mts.	
Ud	Punto de carga exterior semirrápida AC, con 2 conectores de 22kW en modo 3 (Mennekes) para uso simultáneo. Incluye conexión Ethernet o comunicaciones 3G. Protocolo OCPP. Tipo CIRCUTOR RVE-PT3 3G, Modelo V10455.	
Ud	Formación de fundación para cargador, incluyendo excavación, hormigón, pernos de anclaje, reposición superficial y transporte de materiales a vertedero controlado.	
Ud.	Proyecto constructivo y dirección de obra.	
<b>Subtotal instalaciones de medida y protección Opción 1</b>		<b>30.560,80 €</b>

### 3.2 INSTALACIONES DE MEDIDA, PROTECCIÓN Y PUNTO DE CARGA OPCION 2.

#### OPCIÓN 2

UNIDAD	CONCEPTO	IMPORTE TOTAL (€)	UNIDAD	CONCEPTO
<b>Instalaciones medida, protección y punto de carga.</b>				
Ud.	Armario metálico envolvente para caja seccionamiento, CGP, TMF10 y cuadro de protección de cliente, construido en acero galvanizado en caliente, de dimensiones máximas de 1950x1750x320mm, incluyendo zócalo de 300mm de acero inoxidable.			
Ud	Formación de fundación para armario metálico de acometida, incluyendo excavación, hormigón, pernos de anclaje, reposición superficial y transporte de materiales a vertedero controlado.			
Ud	Centralización de contadores TMF-10 - 80A/55,42kW, con ICP.			
Ud	Equipo de medida indirecta, incluyendo contador y transformadores de intensidad s/norma ENDESA			
Ud	Cuadro de protección y distribución, incluyendo módulo de doble aislamiento, IGA, diferencial de 300mA tipo SI (superinmunizado) y protección contra sobretensiones.			
Ud	Obra civil auxiliar para interconexión de cuadro de acometida con punto de carga, incluyendo zanja de hasta 4 mts de longitud, y canalización subterránea con 2 tubulares PE de 125mm. Incluye reposición de acabado superficial si es necesario con panot estándar.			
Ud	Formación de puesta a tierra de la instalación de BT de cliente, con picas de acero cobreado de 2mts, cable de Cu de 35 desnudo mm <sup>2</sup> , caja de seccionamiento de tierras, material auxiliar y accesorios. Incluye conexión de armario de acometida y punto de recarga.			
Ud	Suministro e instalación de cable de interconexión con punto de carga, con conductor RZ1-K 0,6/1kV de 4x35mm <sup>2</sup> Cu, hasta 6 mts.			
Ud	Punto de carga exterior semirrápida AC+DC, con 1 conector AC de 22kW en modo 3 (Mennekes) y 2 conectores DC de 22kW (CHAdEMO + COMBO CSS) para uso simultáneo de 2 conectores (uno de AC y uno DC). Incluye conexión Ethernet o comunicaciones 3G. Protocolo OCPP. Tipo CIRCUTOR RAPTION 22-CH-CSS-AC32-3G, Modelo V17030.			
Ud	Formación de fundación para cargador, incluyendo excavación, hormigón, pernos de anclaje, reposición superficial y transporte de materiales a vertedero controlado.			
Ud.	Proyecto constructivo y dirección de obra.			
<b>Subtotal instalaciones de medida y protección Opción 1</b>				<b>46.078,30 €</b>

### 3.3 SERVICIOS OPCIONALES EN AMBOS CASOS

#### SERVICIOS OPCIONALES EN AMBOS CASOS

Ud.	Implantación del centro de control para la monitorización y acceso de los puntos de recarga. Configuración inicial.	1.950,00 €
Ud.	Licencia anual del centro de control para la monitorización y acceso de los puntos de recarga.	1.800,00 €
Ud.	Pintado y señalización de punto de recarga	785,00 €



## Anexo IV: El proyecto Zem2all.

El proyecto Zem2all nace de la colaboración entre el CDTI (España) y NEDO (Japón), para el análisis del comportamiento de los usuarios de vehículos eléctricos, así como su impacto en la red de distribución. Se desarrolló en Málaga entre los años 2010 y 2016 y fue coordinado por Endesa y Mitsubishi.

En total, se desplegó una flota de 200 vehículos eléctricos de varios tipos, 220 puntos de recarga convencional y 23 de carga rápida (de varios modos y tecnología). Los vehículos se entregaron a usuarios tanto comerciales, de flota como particulares.

Además de analizar la satisfacción de los usuarios con la tecnología, se estudiaron los patrones de uso, comportamiento y recarga de los vehículos. Los principales resultados son:

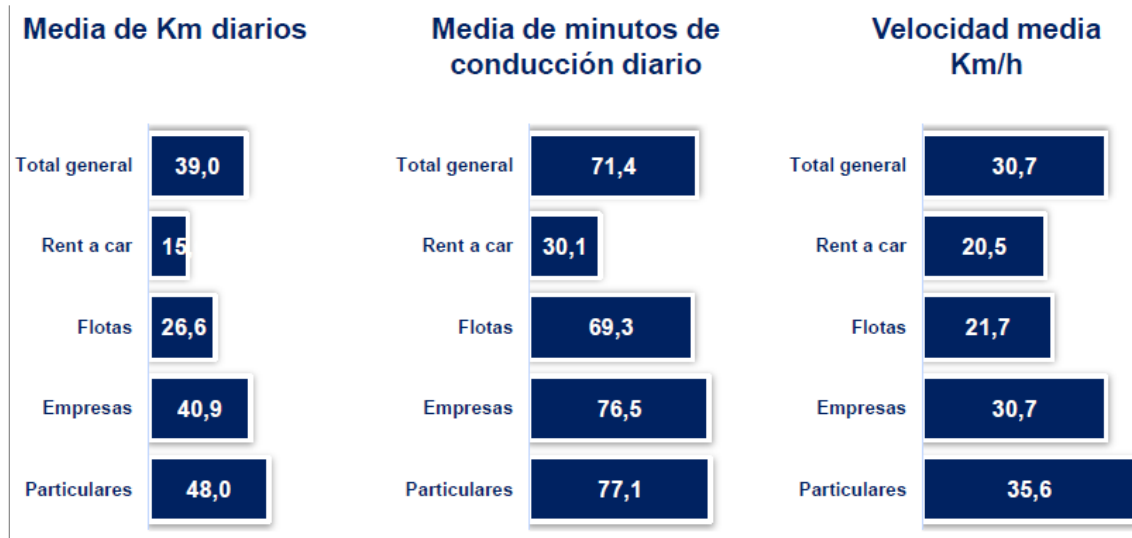


Figura A1. Principales magnitudes de uso. Fuente: Endesa. Informe final Zem2all 2016

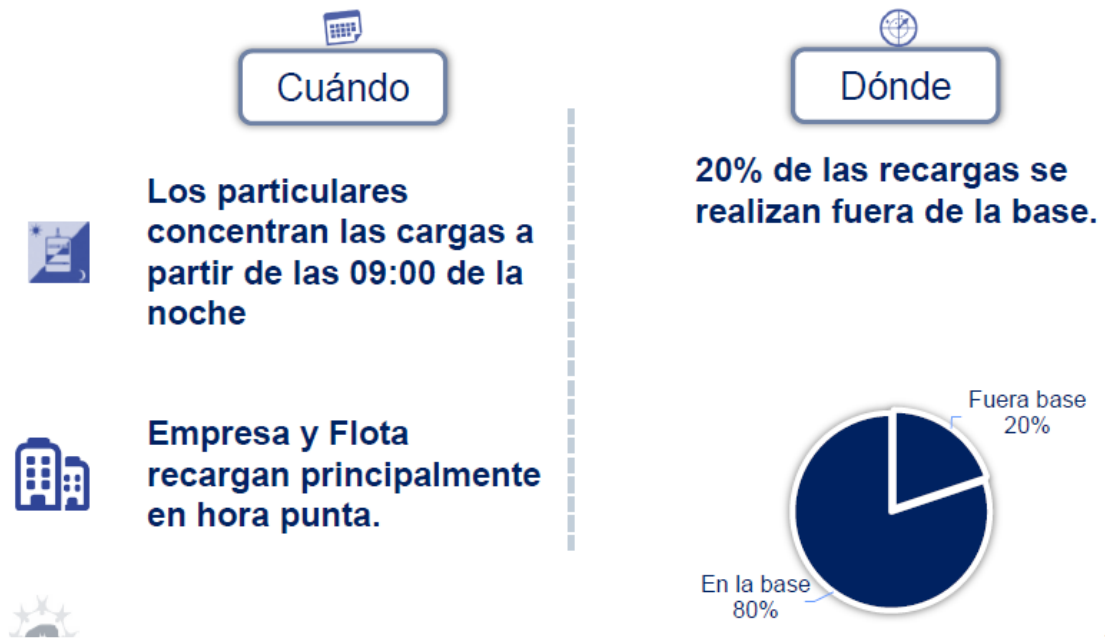


Figura A2. Principales magnitudes de la recarga. Fuente: Endesa. Informe final Zem2all 2016



## Anexo V: Caso de precio de venta mínimo

Tabla 17: Caso precio mínimo.

	0	AÑOS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ENERGIA CONSUMIDA POR VEHÍCULO (kWh)		2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847
ENERGIA SUMINISTRADA POR POSTE		7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118
ENERGIA SUMINISTRADA												
<b>INGRESOS</b>		<b>8.612</b>	<b>8.698</b>	<b>8.785</b>	<b>8.873</b>	<b>8.962</b>	<b>9.051</b>	<b>9.142</b>	<b>9.233</b>	<b>9.326</b>	<b>9.419</b>	
<b>INVERSIÓN</b>	<b>30.616</b>											
Equipo	30.000											
Extensión	616											
<b>COSTES FIJOS</b>		<b>3.433</b>	<b>3.467</b>	<b>3.502</b>	<b>3.537</b>	<b>3.572</b>	<b>3.608</b>	<b>3.644</b>	<b>3.681</b>	<b>3.717</b>	<b>3.755</b>	
CUOTA DE POTENCIA		1.761	1.778	1.796	1.814	1.832	1.851	1.869	1.888	1.907	1.926	
PERSONAL		1.000	1.010	1.020	1.030	1.041	1.051	1.062	1.072	1.083	1.094	
COMUNICACIONES		60	61	61	62	62	63	64	64	65	66	
MANTENIMIENTO		300	303	306	309	312	315	318	322	325	328	
GASTOS GENERALES		312	315	318	322	325	328	331	335	338	341	
<b>COSTE VARIABLE</b>		<b>1.068</b>	<b>1.078</b>	<b>1.089</b>	<b>1.100</b>	<b>1.111</b>	<b>1.122</b>	<b>1.133</b>	<b>1.145</b>	<b>1.156</b>	<b>1.168</b>	
Energía punta		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385	
Energía valle		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385	
Energía llano		363	367	370	374	378	381	385	389	393	397	
<b>CUENTA DE RESULTADOS</b>												
INGRESOS		8.612	8.698	8.785	8.873	8.962	9.051	9.142	9.233	9.326	9.419	
COSTES FIJOS		3.433	3.467	3.502	3.537	3.572	3.608	3.644	3.681	3.717	3.755	
COSTES VARIABLES		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168	
AMORTIZACIONES		3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	
BENEFICIO DE EXPLOTACIÓN		1.050	1.091	1.133	1.175	1.217	1.260	1.303	1.347	1.391	1.435	
IMPUESTOS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS</b>		<b>1.050</b>	<b>1.091</b>	<b>1.133</b>	<b>1.175</b>	<b>1.217</b>	<b>1.260</b>	<b>1.303</b>	<b>1.347</b>	<b>1.391</b>	<b>1.435</b>	
<b>CASH FLOW</b>	<b>- 30.616</b>	<b>4.112</b>	<b>4.153</b>	<b>4.194</b>	<b>4.236</b>	<b>4.279</b>	<b>4.321</b>	<b>4.365</b>	<b>4.408</b>	<b>4.452</b>	<b>4.497</b>	

## Anexo VI: Caso de exención de la cuota de potencia

Tabla 18: Caso exención de cuota de potencia.

		AÑOS										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENERGIA CONSUMIDA POR VEHÍCULO (kWh)			2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847
ENERGIA SUMINISTRADA POR POSTE			7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118
ENERGIA SUMINISTRADA												
<b>INGRESOS</b>			2.847	2.875	2.904	2.933	2.963	2.992	3.022	3.052	3.083	3.114
<b>INVERSIÓN</b>		30.616										
	Equipo	30.000										
	Extensión	616										
<b>COSTES FIJOS</b>			1.496	1.511	1.526	1.541	1.557	1.572	1.588	1.604	1.620	1.636
	CUOTA DE POTENCIA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PERSONAL		1.000	1.010	1.020	1.030	1.041	1.051	1.062	1.072	1.083	1.094
	COMUNICACIONES		60	61	61	62	62	63	64	64	65	66
	MANTENIMIENTO		300	303	306	309	312	315	318	322	325	328
	GASTOS GENERALES		136	137	139	140	142	143	144	146	147	149
<b>COSTE VARIABLE</b>			1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168
	Energía punta		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385
	Energía valle		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385
	Energía llano		363	367	370	374	378	381	385	389	393	397
<b>CUENTA DE RESULTADOS</b>												
	INGRESOS		2.847	2.875	2.904	2.933	2.963	2.992	3.022	3.052	3.083	3.114
	COSTES FIJOS		1.496	1.511	1.526	1.541	1.557	1.572	1.588	1.604	1.620	1.636
	COSTES VARIABLES		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168
	AMORTIZACIONES		3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062
	BENEFICIO DE EXPLOTACIÓN	-	2.778	- 2.775	- 2.772	- 2.770	- 2.767	- 2.764	- 2.761	- 2.758	- 2.755	- 2.752
	IMPUESTOS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS</b>	-	2.778	- 2.775	- 2.772	- 2.770	- 2.767	- 2.764	- 2.761	- 2.758	- 2.755	- 2.752
<b>CASH FLOW</b>		- 30.616	283	286	289	292	295	298	301	304	307	310

## Anexo VII: Caso de compensación de gastos de personal

Tabla 19: Caso compensación de gastos de personal

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENERGIA CONSUMIDA POR VEHÍCULO (kWh)		2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847
ENERGIA SUMINISTRADA POR POSTE		7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118
ENERGIA SUMINISTRADA											
<b>INGRESOS</b>		2.847	2.875	2.904	2.933	2.963	2.992	3.022	3.052	3.083	3.114
<b>INVERSIÓN</b>	30.616										
Equipo	30.000										
Extensión	616										
<b>COSTES FIJOS</b>		2.333	2.356	2.380	2.404	2.428	2.452	2.476	2.501	2.526	2.552
CUOTA DE POTENCIA PERSONAL		1.761	1.778	1.796	1.814	1.832	1.851	1.869	1.888	1.907	1.926
COMUNICACIONES		60	61	61	62	62	63	64	64	65	66
MANTENIMIENTO		300	303	306	309	312	315	318	322	325	328
GASTOS GENERALES		212	214	216	219	221	223	225	227	230	232
<b>COSTE VARIABLE</b>		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168
Energía punta		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385
Energía valle		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385
Energía llano		363	367	370	374	378	381	385	389	393	397
<b>CUENTA DE RESULTADOS</b>											
INGRESOS		2.847	2.875	2.904	2.933	2.963	2.992	3.022	3.052	3.083	3.114
COSTES FIJOS		2.333	2.356	2.380	2.404	2.428	2.452	2.476	2.501	2.526	2.552
COSTES VARIABLES		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168
AMORTIZACIONES		3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062
BENEFICIO DE EXPLOTACIÓN	-	3.615	- 3.621	- 3.626	- 3.632	- 3.638	- 3.643	- 3.649	- 3.655	- 3.661	- 3.667
IMPUESTOS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS</b>	-	3.615	- 3.621	- 3.626	- 3.632	- 3.638	- 3.643	- 3.649	- 3.655	- 3.661	- 3.667
<b>CASH FLOW</b>	-	30.616	- 553	- 559	- 565	- 570	- 576	- 582	- 588	- 593	- 599

## Anexo VIII: Caso de compensación simultánea de gastos de personal y cuota de potencia

Tabla 20: Caso compensación simultánea de la cuota de potencia y gastos de personal.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENERGIA CONSUMIDA POR VEHÍCULO (kWh)		2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847
ENERGIA SUMINISTRADA POR POSTE		7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118
ENERGIA SUMINISTRADA											
<b>INGRESOS</b>		2.847	2.875	2.904	2.933	2.963	2.992	3.022	3.052	3.083	3.114
<b>INVERSIÓN</b>	30.616										
Equipo	30.000										
Extensión	616										
<b>COSTES FIJOS</b>		396	400	404	408	412	416	420	425	429	433
CUOTA DE POTENCIA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PERSONAL		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COMUNICACIONES		60	61	61	62	62	63	64	64	65	66
MANTENIMIENTO		300	303	306	309	312	315	318	322	325	328
GASTOS GENERALES		36	36	37	37	37	38	38	39	39	39
<b>COSTE VARIABLE</b>		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168
Energía punta		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385
Energía valle		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385
Energía llano		363	367	370	374	378	381	385	389	393	397
<b>CUENTA DE RESULTADOS</b>											
INGRESOS		2.847	2.875	2.904	2.933	2.963	2.992	3.022	3.052	3.083	3.114
COSTES FIJOS		396	400	404	408	412	416	420	425	429	433
COSTES VARIABLES		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168
AMORTIZACIONES		3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062
BENEFICIO DE EXPLOTACIÓN	-	1.678	- 1.664	- 1.650	- 1.636	- 1.622	- 1.608	- 1.593	- 1.578	- 1.563	- 1.548
IMPUESTOS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS</b>	-	1.678	- 1.664	- 1.650	- 1.636	- 1.622	- 1.608	- 1.593	- 1.578	- 1.563	- 1.548
<b>CASH FLOW</b>	-	30.616	1.383	1.397	1.411	1.425	1.440	1.454	1.469	1.483	1.498

## Anexo IX: Caso de compensación simultánea de gastos de personal y cuota de potencia, y subvención necesaria para alcanzar una remuneración adecuada

Tabla 21: % subvención necesaria sobre el caso de compensación simultánea de la cuota de potencia y gastos de personal.

	0	AÑOS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ENERGIA CONSUMIDA POR VEHÍCULO (kWh)		2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847
ENERGIA SUMINISTRADA POR POSTE		7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118
ENERGIA SUMINISTRADA												
<b>INGRESOS</b>		2.847	2.875	2.904	2.933	2.963	2.992	3.022	3.052	3.083	3.114	
<b>INVERSIÓN</b>	10.516											
Equipo	9.900											
Extensión	616											
<b>COSTES FIJOS</b>		396	400	404	408	412	416	420	425	429	433	
CUOTA DE POTENCIA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PERSONAL		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
COMUNICACIONES		60	61	61	62	62	63	64	64	65	66	
MANTENIMIENTO		300	303	306	309	312	315	318	322	325	328	
GASTOS GENERALES		36	36	37	37	37	38	38	39	39	39	
<b>COSTE VARIABLE</b>		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168	
Energía punta		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385	
Energía valle		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385	
Energía llano		363	367	370	374	378	381	385	389	393	397	
<b>CUENTA DE RESULTADOS</b>												
INGRESOS		2.847	2.875	2.904	2.933	2.963	2.992	3.022	3.052	3.083	3.114	
COSTES FIJOS		396	400	404	408	412	416	420	425	429	433	
COSTES VARIABLES		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168	
AMORTIZACIONES		1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	
BENEFICIO DE EXPLOTACIÓN		332	346	360	374	388	402	417	432	447	462	
IMPUESTOS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS</b>		332	346	360	374	388	402	417	432	447	462	
<b>CASH FLOW</b>	- 10.516	1.383	1.397	1.411	1.425	1.440	1.454	1.469	1.483	1.498	1.513	
TIR	6,17%											
COSTE POR KM	0,08 €											

## Anexo X: Caso de compensación simultánea de gastos de personal y cuota de potencia, y aumento del precio de venta necesario para alcanzar una remuneración adecuada

Tabla 22: % subvención necesaria sobre el caso de compensación simultánea de la cuota de potencia y gastos de personal.

	0	AÑOS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ENERGIA CONSUMIDA POR VEHÍCULO (kWh)		2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847	2.847
ENERGIA SUMINISTRADA POR POSTE		7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118	7.118
ENERGIA SUMINISTRADA												
<b>INGRESOS</b>		5.552	5.607	5.663	5.720	5.777	5.835	5.893	5.952	6.012	6.072	
<b>INVERSIÓN</b>		30.616										
Equipo		30.000										
Extensión		616										
<b>COSTES FIJOS</b>		396	400	404	408	412	416	420	425	429	433	
CUOTA DE POTENCIA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PERSONAL		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COMUNICACIONES		60	61	61	62	62	63	64	64	65	66	
MANTENIMIENTO		300	303	306	309	312	315	318	322	325	328	
GASTOS GENERALES		36	36	37	37	37	38	38	39	39	39	
<b>COSTE VARIABLE</b>		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168	
Energía punta		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385	
Energía valle		352	356	359	363	367	370	374	378	381	385	
Energía llano		363	367	370	374	378	381	385	389	393	397	
<b>CUENTA DE RESULTADOS</b>												
INGRESOS		5.552	5.607	5.663	5.720	5.777	5.835	5.893	5.952	6.012	6.072	
COSTES FIJOS		396	400	404	408	412	416	420	425	429	433	
COSTES VARIABLES		1.068	1.078	1.089	1.100	1.111	1.122	1.133	1.145	1.156	1.168	
AMORTIZACIONES		3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	3.062	
BENEFICIO DE EXPLOTACIÓN		1.027	1.067	1.109	1.150	1.193	1.235	1.278	1.321	1.365	1.410	
IMPUESTOS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS</b>		1.027	1.067	1.109	1.150	1.193	1.235	1.278	1.321	1.365	1.410	
<b>CASH FLOW</b>	-	30.616	4.088	4.129	4.170	4.212	4.254	4.297	4.340	4.383	4.427	4.471
TIR		6,48%										
COSTE POR KM		0,16 €										

## Anexo XI: Datos sobre el coche eléctrico a nivel internacional

Tabla 23. Datos sobre el coche eléctrico a nivel internacional. 2010-2015.

Coste batería (\$/kWh)	Densidad batería (Wh/L)	Año	País	Coches eléctricos (miles)	Coches eléctricos de batería (miles)	Coches eléctricos híbridos (miles)	Cuota de mercado del coche eléctrico	Cargadores lentos (miles)	Cargadores rápidos (miles)
780	90	2010	Alemania	0,250	0,250			0,060	0,003
590	115	2011		2,340	2,070	0,270	0,1%	0,573	0,028
410	130	2012		6,130	4,630	1,500	0,1%	1,500	0,075
310	150	2013		13,250	10,090	3,150	0,2%	2,400	0,161
280	200	2014		26,030	18,470	7,560	0,4%	2,606	0,317
250	300	2015		49,220	30,560	18,670	0,7%	4,787	0,784
		2010	Canadá	0,520	0,220	0,300		0,144	
		2011		2,600	0,880	1,720	0,1%	0,722	0,002
		2012		5,710	2,520	3,200	0,2%	1,172	0,007
		2013		10,780	5,340	5,440	0,3%	2,266	0,055
		2014		18,450	10,030	8,420	0,4%	3,360	0,153
		2010	China	1,430	1,090	0,340			0,123
		2011		6,500	5,840	0,660			0,558
		2012		16,400	15,480	0,920	0,1%		1,407
		2013		31,740	30,090	1,650	0,1%		2,723
		2014		104,910	79,000	25,920	0,4%	21,000	9,000
		2015	312,290	225,720	86,580	1,0%	46,657	12,101	
		2010	Corea	0,060	0,060			0,057	0,006
		2011		0,340	0,340			0,321	0,033
		2012		0,850	0,850		0,1%	0,640	0,085
		2013		1,450	1,450		0,1%	0,833	0,059
		2014		1,520	1,520		0,1%	1,170	0,060
		2015	4,330	4,060	0,270	0,2%	1,170	0,100	
		2010	España	0,070	0,070			0,025	0,002
		2011		0,650	0,640	0,010	0,1%	0,216	0,021
		2012		1,200	1,090	0,120	0,1%	0,400	0,039
		2013		2,210	2,010	0,200	0,1%	0,800	0,071
		2014		3,660	3,040	0,620	0,2%	0,800	0,118
		2015	5,950	4,460	1,490	0,2%	1,479	0,186	
		2010	Estados Unidos	3,770	3,770			0,482	0,060
		2011		21,500	13,520	7,980	0,1%	3,903	0,489
		2012		74,740	28,170	46,570	0,4%	11,695	1,464
		2013		171,440	75,860	95,580	0,6%	14,990	1,877
		2014		290,220	139,280	150,940	0,7%	20,115	2,518
		2015	404,090	210,330	193,770	0,7%	28,150	3,524	
		2010	Francia	0,300	0,300			0,026	
		2011		2,930	2,930		0,1%	0,253	0,003
		2012		9,250	8,580	0,670	0,3%	0,800	0,009
		2013		18,880	17,340	1,530	0,5%	1,700	0,076
		2014		31,500	27,900	3,600	0,7%	1,700	0,127
		2015	54,290	45,170	9,120	1,2%	10,122	0,543	
		2010	Holanda	0,270	0,270			0,400	0,004
		2011		1,140	1,120	0,020	0,2%	1,826	0,015
		2012		6,260	1,910	4,350	1,0%	3,611	0,063
		2013		28,670	4,160	24,510	2,5%	5,770	0,114
		2014		43,760	6,830	36,940	3,9%	11,860	0,262
		2015	87,530	9,370	78,160	9,7%	17,786	0,465	
		2010	India	0,880	0,880			0,072	
		2011		1,330	1,330			0,108	
		2012		2,760	2,760		0,1%	0,225	
		2013		3,130	2,950	0,190		0,256	
		2014		4,020	3,350	0,660		0,328	
		2015	6,020	4,350	1,660	0,1%	0,328		

Tabla 23: Datos sobre el coche eléctrico a nivel internacional. 2010-2015. CONTINUACIÓN.

Año	País	Coches eléctricos (miles)	Coches eléctricos de batería (miles)	Coches eléctricos híbridos (miles)	Cuota de mercado del coche eléctrico	Cargadores lentos (miles)	Cargadores rápidos (miles)
2010	Italia	0,640	0,640			0,614	0,002
2011		0,760	0,760			0,728	0,002
2012		1,420	1,270	0,150		1,350	0,004
2013		2,470	2,100	0,370	0,1%	1,350	0,006
2014		3,990	3,180	0,810	0,1%	1,350	0,010
2015		6,130	4,580	1,550	0,1%	1,679	0,070
2010	Japón	3,520	3,520		0,1%		0,312
2011		16,140	16,130	0,020	0,4%		0,801
2012		40,580	29,600	10,980	0,5%		1,381
2013		69,460	44,350	25,110	0,6%		1,794
2014		101,740	60,460	41,280	0,7%	8,640	2,877
2015		126,400	70,930	55,470	0,6%	16,120	5,990
2010	Noruega	0,790	0,790	0,010	0,3%	2,800	0,006
2011		2,800	2,800	0,010	1,5%	3,105	0,023
2012		7,210	6,870	0,350	3,2%	3,688	0,058
2013		15,420	14,750	0,670	5,8%	4,511	0,087
2014		35,210	32,860	2,350	13,7%	5,471	0,200
2015		70,820	60,650	10,170	23,3%	6,357	0,698
2010	Otros					0,001	0,003
2011		1,730	1,680	0,050		0,049	0,025
2012		4,480	3,520	0,960	0,1%	2,190	0,241
2013		8,760	7,020	1,750	0,1%	3,525	0,320
2014		19,590	14,990	4,600	0,3%	6,810	0,790
2015		44,890	31,980	12,910	0,7%	12,539	1,571
2010	Portugal	0,020	0,020			0,088	
2011		0,220	0,220		0,1%	1,080	0,006
2012		0,320	0,280	0,030	0,1%	1,128	0,008
2013		0,530	0,450	0,080	0,2%	1,154	0,010
2014		0,820	0,650	0,180	0,2%	1,172	0,009
2015		2,000	1,280	0,720	0,7%	1,192	0,014
2010	Reino Unido	0,290	0,290			0,318	0,003
2011		1,370	1,360	0,010	0,1%	1,503	0,013
2012		3,780	2,780	1,000	0,1%	2,804	0,036
2013		7,280	5,330	1,950	0,2%	5,515	0,100
2014		21,860	12,010	9,860	0,6%	7,431	0,470
2015		49,670	21,420	28,250	1,0%	8,716	1,158
2010	Sudáfrica						
2011							
2012							
2013		0,030	0,030				
2014		0,050	0,050				
2015		0,290	0,170	0,120	0,1%	0,010	
2010	Suecia	0,190	0,190			0,076	0,001
2011		0,370	0,370		0,1%	0,146	0,001
2012		1,250	0,600	0,650	0,3%	0,500	0,005
2013		2,650	1,010	1,640	0,5%	1,000	0,070
2014		7,090	2,170	4,920	1,4%	1,070	0,135
2015		14,530	4,770	9,760	2,4%	1,350	0,350
2010	Total	12,480	12,140	0,350	0,0%	5,019	0,525
2011		60,640	51,330	9,330	0,1%	13,955	2,018
2012		179,230	109,270	69,970	0,2%	31,253	4,877
2013		383,080	221,510	161,580	0,3%	44,976	7,475
2014		706,750	411,100	295,680	0,5%	93,789	16,948
2015		1256,900	739,830	517,090	0,9%	161,802	27,707

Fuente: IEA.





# Índice de figuras

FIGURA 1. OBJETIVOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> DE CHINA, JAPÓN, LA UNIÓN EUROPEA Y EE.UU. FUENTE: AMSTERDAM ROUNDTABLE FOUNDATION, 2014.....	10
FIGURA 2. AYUDAS NACIONALES A LA COMPRA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. EN GRIS, BENEFICIO EN EL MOMENTO DE LA COMPRA (AYUDAS A LA INVERSIÓN). EN AZUL, BENEFICIOS DURANTE UN PERÍODO TRAS LA COMPRA (REDUCCIÓN DE IMPUESTOS Y BENEFICIOS DE USO). FUENTE: ADAPTACIÓN DE (AMSTERDAM ROUNDTABLE FOUNDATION, 2014).....	11
FIGURA 3. DATOS DE MERCADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN VARIOS PAÍSES. ELABORACIÓN PROPIA. DATOS DE (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, GLOBAL EV OUTLOOK 2016. BEYOND ONE MILLION ELECTRIC CARS., 2016) & (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, GLOBAL EV OUTLOOK 2017. TWO MILLIONS AND COUNTING., 2017).....	11
FIGURA 4: DINAMARCA: PUNTOS DE RECARGA CONVENCIONALES (< 22 kW) (IZQUIERDA) Y PUNTOS DE RECARGA RÁPIDA (> 22 kW) (DERECHA), OPERATIVOS ACTUALMENTE. FUENTE: ELECTROMAPS.COM, 2017.....	14
FIGURA 5: ESTONIA: PUNTOS DE RECARGA CONVENCIONALES (< 22 kW) (IZQUIERDA) Y PUNTOS DE RECARGA RÁPIDA (> 22 kW) (DERECHA) OPERATIVOS ACTUALMENTE. FUENTE: ELECTROMAPS.COM, 2017.....	15
FIGURA 6: FRANCIA: PUNTOS DE RECARGA CONVENCIONALES (< 22 kW) (IZQUIERDA) Y PUNTOS DE RECARGA RÁPIDA (> 22 kW) (DERECHA) OPERATIVOS ACTUALMENTE. FUENTE: ELECTROMAPS.COM, 2017.....	16
FIGURA 7: ALEMANIA: PUNTOS DE RECARGA CONVENCIONALES (< 22 kW) (IZQUIERDA) Y PUNTOS DE RECARGA RÁPIDA (> 22 kW) (DERECHA) OPERATIVOS ACTUALMENTE. FUENTE: ELECTROMAPS.COM, 2017.....	19
FIGURA 8. EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE PUNTOS DE RECARGA (IMAGEN INFERIOR) Y VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (IMAGEN SUPERIOR) EN LOS PAÍSES BAJOS ENTRE LOS AÑOS 2012 Y 2015. FUENTE: (NIEUWENHUIS, 2015).....	21
FIGURA 9: LOS PAÍSES BAJOS: PUNTOS DE RECARGA CONVENCIONALES (< 22 kW) (IZQUIERDA) Y PUNTOS DE RECARGA RÁPIDA (> 22 kW) (DERECHA) OPERATIVOS ACTUALMENTE. FUENTE: ELECTROMAPS.COM, 2017.....	21
FIGURA 10: ITALIA: PUNTOS DE RECARGA CONVENCIONALES (< 22 kW) (IZQUIERDA) Y PUNTOS DE RECARGA RÁPIDA (> 22 kW) (DERECHA) OPERATIVOS ACTUALMENTE. FUENTE: ELECTROMAPS.COM, 2017.....	23
FIGURA 11: NORUEGA: PUNTOS DE RECARGA CONVENCIONALES (< 22 kW) (IZQUIERDA) Y PUNTOS DE RECARGA RÁPIDA (> 22 kW) (DERECHA) OPERATIVOS ACTUALMENTE. FUENTE: ELECTROMAPS.COM, 2017.....	25
FIGURA 12. ESQUEMA DE LOS DISTINTOS ACTORES QUE TOMAN PARTE EN EL MERCADO DE LA RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO. FUENTE: (COTEVOS, 2017).....	27
FIGURA 13. DISTINTOS MODELOS DE NEGOCIO EVALUADOS INICIALMENTE POR EL GOBIERNO ITALIANO EN 2010, EN LOS QUE LA DISTRIBUCIÓN, LA OPERACIÓN TÉCNICA Y LA OPERACIÓN COMERCIAL RECAEN SOBRE DISTINTOS AGENTES. FUENTE: (LO SCHIAVO, 2017).....	29
FIGURA 14. EVOLUCIÓN DEL NEGOCIO DE LA RECARGA SEGÚN EURELECTRIC. FUENTE: (EURELECTRIC, 2016).....	31
FIGURA 15. CURVA DE RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO TESLA MODELO S (85 kWh) A PARTIR DE UN CARGADOR RÁPIDO. FUENTE: WWW.TESLAMOTORS/SUPERCHARGER.....	37
FIGURA 16. CONECTORES DE RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO. (A) SCHUKO. (B) SAE J1772. (C) MENNEKES. (D) SCAME. (E) CHADEMO. (F) COMBO.....	41
FIGURA 17. ESQUEMA UNIFILAR DE ESTACIÓN DE RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	43
FIGURA 18. AUTONOMÍA Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍA DE LOS COCHES ELÉCTRICOS. ADAPTACIÓN DE (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2017).....	44

FIGURA 19. DESPLIEGUE DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN FUNCIÓN DEL COSTE DE LA BATERÍA. FUENTE: (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2017).....	45
FIGURA 20. TIPO RVE-PT3, MODELO v10425. FUENTE: CIRCUTOR, 2017.....	49
FIGURA 21. EVOLUCIÓN MUNDIAL DEL VE Y DE LOS CARGADORES PARA VE. 2010–2015.....	61
FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL VE. 2010–2015. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE IEA. ....	63
FIGURA 23. CUOTA DE MERCADO DEL VE EN EL INTERIOR DE CADA PAÍS. 2010–2015. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE IEA. ....	63
FIGURA 24. EVOLUCIÓN DEL CARGADOR DE BATERÍA POR PAÍSES. 2010–2015. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE IEA. ....	64
FIGURA 25. EVOLUCIÓN DE LOS CARGADORES (LENTOS Y RÁPIDOS) POR PAÍSES. AÑOS 2010 Y 2015. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE IEA. ....	65
FIGURA 26. RELACIÓN ENTRE EL STOCK DE VB Y EL COSTE Y LA DENSIDAD DE LAS BATERÍAS. 2010-2015. FUENTE: DEPARTAMENTO DE ENERGÍA DE LOS EE.UU.....	67
FIGURA 27. RELACIÓN ENTRE EL STOCK DE VE Y EL STOCK DE CARGADORES. 2010-2015. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE IEA. ....	67
FIGURA 28: ELASTICIDAD POR PAÍSES “VB – CARGADORES RÁPIDOS”. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL DE COEFICIENTES ALEATORIOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE IEA. ....	73

## Índice de tablas

TABLA 1. AYUDAS ECONÓMICAS ANUALES AL COMPRADOR DE EV. FLOTA TOTAL NORUEGA: 25.000 BEVS EN ABRIL DE 2014. FUENTE: ASSUM, ET AL., 2014.....	25
TABLA 2. RESUMEN DE MEDIDAS DE INCENTIVACIÓN TOMADAS POR VARIOS PAÍSES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	26
TABLA 3. DENSIDAD DE CARGADORES TOTALES Y RÁPIDOS OPERATIVOS ACTUALMENTE. DATOS EXTRAÍDOS DE (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, GLOBAL EV OUTLOOK 2016. BEYOND ONE MILLION ELECTRIC CARS., 2016).....	26
TABLA 4. FUNCIÓN DEL DSO EN VARIOS PAÍSES EUROPEOS. CON HUB DE INFORMACIÓN SE REFIERE A CENTRALIZAR LA INFORMACIÓN DE LA RED Y PROPORCIONARLA A LOS AGENTES QUE LA REQUIERAN. ....	31
TABLA 5. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS ASOCIADOS A LOS DIFERENTES NIVELES DE VELOCIDAD DE RECARGA. ....	37
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DE LOS MODOS DE RECARGA CONTEMPLADOS EN LA NORMATIVA IEC 61851. ....	39
TABLA 7. CONECTORES PREDOMINANTES EN LAS DISTINTAS REGIONES. ....	41
TABLA 8. DATOS INICIALES RELACIONADOS CON EL CONSUMO. ....	51
TABLA 9. CONSUMO Y PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES DERIVADOS DEL PETRÓLEO. PRECIO FINAL DE VENTA AL PÚBLICO, INCLUYENDO IVA E IMPUESTOS ESPECIALES. FUENTE: LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE LOS MODOS DE TRANSPORTE EN ESPAÑA. MONZÓN, PÉREZ Y DI COMMO, 2009. ....	52
TABLA 10: OFERTA DE ENDESA ENERGÍA PARA SUMINISTROS DE BT > 15 kW. VER: <a href="https://www.endesaclientes.com/wp-content/uploads/2014/05/CATALOGO_DE_PRODUCTOS.PDF">HTTPS://WWW.ENDESACIENTES.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2014/05/CATALOGO_DE_PRODUCTOS.PDF</a> .....	53
TABLA 11: COSTES FIJOS. ....	53
TABLA 12: CASO BASE. ....	55
TABLA 19. MODELOS DE DATOS DE PANEL ESTIMADOS. EFECTOS FIJOS. 2010-2015. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. ....	68
TABLA 20. ESTIMACIÓN POR DATOS DE PANEL DE LOS DETERMINANTES DEL VB. EFECTOS FIJOS. 2010-2015. ....	69
TABLA 21. PROYECCIONES DEL VB SEGÚN LA EVOLUCIÓN PREVISTA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BATERÍA. 2015-2022. ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE IEA. ....	71
TABLA 22. ESTIMACIÓN POR DATOS DE PANEL DE LOS DETERMINANTES DEL VB. MODELO DE SWAMY. 2010-2015. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE IEA. ....	72
TABLA 13: CASO PRECIO MÍNIMO. ....	101
TABLA 14: CASO EXENCIÓN DE CUOTA DE POTENCIA. ....	102
TABLA 15: CASO COMPENSACIÓN DE GASTOS DE PERSONAL.....	103
TABLA 16: CASO COMPENSACIÓN SIMULTÁNEA DE LA CUOTA DE POTENCIA Y GASTOS DE PERSONAL. ....	104
TABLA 17: % SUBVENCIÓN NECESARIA SOBRE EL CASO DE COMPENSACIÓN SIMULTÁNEA DE LA CUOTA DE POTENCIA Y GASTOS DE PERSONAL. ....	105
TABLA 18: % SUBVENCIÓN NECESARIA SOBRE EL CASO DE COMPENSACIÓN SIMULTÁNEA DE LA CUOTA DE POTENCIA Y GASTOS DE PERSONAL. ....	106
TABLA 23. DATOS SOBRE EL COCHE ELÉCTRICO A NIVEL INTERNACIONAL. 2010-2015. ....	107

## Acrónimos

**AC:** Alternating Current.

**AEEGSI:** *Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico.*

**AIE, IEA:** Agencia Internacional de Energía.

**BEV:** *Battery Electric Vehicle.* Vehículos eléctricos de batería.

**BMS:** *Battery Management System.*

**CAN:** *Controlled Area Network.*

**CCS:** *Combinated Charging System.*

**CDTI:** Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial.

**CE:** Comisión Europea.

**CEDEC:** Centro Europeo De Evolución Económica.

**CEER:** *Council of European Energy Regulators.*

**DAFI:** *Directive on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure.*

**DC:** *Direct Current.*

**DSM:** *Demand Side Management.*

**DSO:** *Distribution System Operator.*

**EEE:** *Espacio Económico Europeo.*

**eMO:** *E-mobility.*

**EMSP:** *Enterprise Mobility Service Provider.*

**EVCS:** *Electric Vehicle Charging System.*

**EVI:** *Electric Vehicles Initiative.*

**FHV:** *Full Hybrid Vehicle.* Vehículo híbrido puro.

**IEC:** *International Electrotechnical Commission.*

**IP:** *Internet Protocol.*

**ITC:** *Instrucción Técnica Complementaria.*

**LiPo:** *Lithium Polymer.*

**NEDO:** *New Energy and Industrial Technology Development Organization.*

**OEM:** *Original Equipment Manufacturer.*

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**PHEV:** *Plug-in Hybrid Electric Vehicle.* Vehículos híbridos enchufables.

**PHEV E-REV:** *Plug-in Hybrid Electric Vehicle Extended-Range.* Vehículos híbridos enchufables de autonomía extendida.

**PM:** *Particulate Matter.* Partículas en suspensión en el aire, producto de la polución generada en su mayor parte por el tráfico.

**RAB:** *Regulatory Asset Base.*

**RD:** Real Decreto.

**SAVE:** Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico.

**SPL:** Sistema de Protección de Línea.

**TEPCO:** *Tokyo Electric Power Company.*

**TSO:** *Transmission System Operator.*

**UE:** Unión Europea.

**V2G:** *Vehicle to Grid.*

**WPT:** *Wireless Power Transfer Systems*





endesa

# Observatorio “Energía e Innovación”

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA DE ESPAÑA  
2018

818-84-82095-05-0

