



Instituto Universitario de Investigación Mixto
circe
Universidad Zaragoza

FutuRed

INF-2013-0275-120000



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD

*Unidades didácticas
sobre Redes Eléctricas*
El vehículo eléctrico

UNIDADES DIDÁCTICAS SOBRE REDES ELÉCTRICAS

El vehículo eléctrico

Coordinador de la serie: Futured

Entidad Autora: IUIM CIRCE - Universidad de Zaragoza

Autores: David Jiménez, Andrés Llombart

Maquetación: Antonio Pisa

Proyecto co-financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad

Sinopsis

El presente documento es un texto de apoyo para el profesorado sobre la Unidad Didáctica: *El vehículo eléctrico*, perteneciente a la serie de Unidades didácticas sobre las redes eléctricas. Esta serie ha sido co-financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad, desarrollada dentro del grupo de trabajo de Formación de la Plataforma de Redes Eléctricas del Futuro – FUTURED y coordinada por el IUIM CIRCE de la Universidad de Zaragoza.

En ella han participado: CIRCE / Universidad de Zaragoza, CENER – CIEMAT, CEIT – TECNUM, ETSII - Universidad Politécnica de Madrid, FUNSEAM, Universidad de Oviedo, Universidad de Deusto y la Universidad de Girona. La presente ficha ha sido desarrollada por el IUIM CIRCE de la Universidad de Zaragoza.

Los principales objetivos de esta serie de unidades didácticas son:

- Hacer reflexionar a los alumnos sobre los interrogantes que surgen ante la implantación de nuevas tecnologías.
- Mostrar el estado actual de las diversas tecnologías que se prevé formen parte del escenario energético en un futuro próximo
- Promover el interés del alumnado por la ciencia y la tecnología que se encuentran detrás de la vanguardia tecnológica expuesta.

Se plantea un desarrollo de la clase dividido en cuatro grandes bloques:

1. Interrogantes: se realizan preguntas que tratan de promover el interés del alumno por el tema. Las preguntas se refieren a situaciones que nos podemos encontrar en el futuro uso de la tecnología o cuestiones que pueden ser claves en la penetración en mercado: precio, fiabilidad, utilidad...
2. Necesidad del cambio: se expone en primer lugar la problemática actual que puede llevar a la necesidad de la tecnología expuesta y se dan las principales razones por las cuales esta tecnología mejora los problemas expuestos.
3. Explicación de la tecnología: se analiza el funcionamiento y la situación actual de la tecnología expuesta, tanto la tecnología ya implantada en mercado como el estado de las investigaciones que pueden llegar a mercado en un corto plazo.
4. Conclusiones y retos: se resumen el estado actual, el futuro probable y la oportunidad del desarrollo de la tecnología expuesta así como las principales ramas de la ciencia y la tecnología que van a estar implicadas para su adecuada penetración en el mercado.

SINOPSIS	3
1. OBJETIVO DE LA UNIDAD	5
2. OBJETIVO DE LA UNIDAD	5
2. DESARROLLO DE LA CLASE	6
2.1. INTERROGANTES	7
¿Son fiables?	7
¿Puedo realizar recorridos largos?	8
¿Nos ahorraremos dinero en el consumo del vehículo? ¿Cuánto crees?	8
¿Cómo y dónde recargar las baterías?	8
¿Cuánto tiempo tarda en cargar una batería?	9
¿Está la red eléctrica preparada para su conexión masiva?	9
2.2. NECESIDAD	9
2.3. SITUACIÓN ACTUAL	11
2.3.1. Prisma tecnológico	11
2.3.2. Prisma logístico	11
2.3.3. Prisma económico	12
2.4. CONCLUSIONES Y RETOS	12
2.4.1. Escenario actual	12
2.4.2. Probable escenario futuro	13
2.4.3. Electrónica/electricidad	14
2.4.4. Tecnologías de la información y comunicación	15
2.4.5. Química/Nanotecnología	15
3. OTRAS PREGUNTAS PERTINENTES	16
¿CÓMO FUNCIONA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO?	16
¿CUÁNTO DINERO CUESTA?	16
¿QUÉ ESPACIO SE NECESITARÁ PARA ALMACENAR LAS BATERÍAS?	16
¿CUÁL ES LA MEJOR HORA PARA CONECTAR EL VEHÍCULO ELÉCTRICO?	17
¿LA FALTA DE SONIDO CARACTERÍSTICO DEL MOTOR PUEDE PONER EN RIESGO LA SEGURIDAD VIAL?	17
¿CUÁL ES EL VEHÍCULO ELÉCTRICO MÁS VENDIDO EN EL MUNDO?	17
¿TE IMAGINAS UNA F1 COMPUESTA POR BÓLIDOS ELÉCTRICOS?	18
4. GLOSARIO	19
Redes inteligentes	19
Curva de demanda de energía	19
Sostenibilidad	19
Motor eléctrico	19
Eficiencia energética	19
Autonomía energética	20
Baterías	20
Supercondensadores	20
Grafeno	20
5. OTROS ENLACES DE INTERÉS	21
6. REFERENCIAS	22

1. Objetivo de la unidad



Los objetivos de la Unidad Didáctica: *El Vehículo Eléctrico* son:

1. Concienciar al alumnado de la situación medioambiental global y el *papel del vehículo eléctrico como parte de la solución*.
2. Describir la *situación tecnológica, logística y económica actual* del vehículo eléctrico:
 - Tipos de vehículos y sus características.
 - Baterías: distintos tipos de recarga y su ciclo de vida.
 - Puntos de recarga existentes en España y el rol del VE como agente estabilizador de la curva de consumo de energía.
 - Causas de el precio actual de los VE.
 - Comparativa entre 4 modelos que representan los distintos modelos de vehículos que existen en el mercado.
3. Exponer:
 - *La realidad industrial actual* con la fabricación actual alrededor del mundo y en España de más de 1 millón y más de 75.000 unidades, respectivamente.
 - *Los retos tecnológicos y los puestos de trabajos existentes* en las diversas ramas científico – técnicas:
 - Electricidad y electrónica: mejora de la red eléctrica y de la electrónica de potencia.
 - Tecnología de la información y comunicación: integración con el entorno y con la red eléctrica.
 - Química y nanotecnología: mejora de los sistemas de almacenamiento.
 - *El escenario futuro* que prevé la Agencia Internacional de la Energía: 27 millones de vehículos eléctricos para el año 2020 y 1.000 millones para 2050.

2. Desarrollo de la clase



La presentación del vehículo eléctrico está dividida en 4 grandes bloques:

- Interrogantes: en el que se hacen preguntas de tipo tecnológicas, logísticas, económicas y sociales.
 - El principal objetivo de las preguntas planteadas es tratar de conseguir que el alumno se ponga en la piel de un potencial usuario de un vehículo eléctrico y hacerle sentir sus principales preocupaciones.
 - El segundo objetivo es la posibilidad de establecer una discusión inicial entre los alumnos acerca de estos interrogantes y obtener su opinión, que podrá ser contrastada a posteriori con los datos que aparecen en la presentación.
 - Por último, los alumnos pueden proponer interrogantes nuevos que no se han planteado en la presentación y que pueden enriquecer el debate.
- Necesidad: donde se explica la problemática actual relacionada con la energía, el medioambiente y el transporte y se apuntan las principales razones que están llevando a la implantación del vehículo eléctrico en el parque automovilístico mundial.
- Situación actual: en el que se presentan las distintas tecnologías de vehículo eléctrico (desde el vehículo híbrido hasta el eléctrico puro), los sistemas de recarga de las baterías, el grado de implantación de los cargadores en el territorio nacional y un pequeño análisis económico del coste de los vehículos y de sus costes de operación para los distintos tipos de tecnología.
- Conclusiones y retos: en el que se resumen la situación actual y las perspectivas de implantación de vehículos eléctricos dadas por la Agencia Internacional de la Energía. Posteriormente se hace un repaso de los retos tecnológicos que hay que superar y desde qué disciplinas hay que afrontar estos retos.

2.1. Interrogantes

Existen multitud de interrogantes que rodean al vehículo eléctrico, en este apartado se exponen las principales preguntas que pueden surgir cuando un potencial usuario está pensando en comprar un vehículo eléctrico, cuando un usuario lo está conduciendo y una última pregunta relacionada con la afección de la carga de una gran flota de vehículos eléctricos a la red eléctrica.

A continuación se comentan las cuestiones expuestas y se da respuesta a muchas de ellas. Por razones de comodidad en la consulta de este documento la explicación a las preguntas se realiza en este apartado y algunas de ellas se repiten en apartados posteriores en los que se vuelven a tratar temas similares.

¿Son fiables?

La primera pregunta que surge cuando uno se plantea la compra de un vehículo es acerca de la fiabilidad. ¿Me va a dejar tirado? ¿Se va a estropear mucho? ¿Va a ser engorroso de mantener?

A continuación se explica brevemente la fiabilidad del vehículo eléctrico desde diferentes puntos de vista.

Los vehículos eléctricos, desde el punto de vista de la mecánica, son más fiables que un vehículo de combustión convencional, ya que el motor eléctrico únicamente está formado por un rotor y un estator: mucho más simple que un motor de combustión interna. Por ello, tiene menos partes móviles y, por lo tanto, menor riesgo de avería.

Desde el punto de vista de las baterías cabe decir que aunque su fiabilidad es alta, en estos momentos su autonomía es escasa y el tiempo de recarga alto. En la actualidad, la potencia de las baterías instaladas en los vehículos eléctricos varía entre los 15kW y los 30kW, proporcionando una autonomía máxima de unos 200km. Actualmente, el mejor tiempo de recarga es de 15 minutos para una recarga del 65%, un periodo de tiempo aún elevado si lo comparamos con el corto tiempo que cuesta recargar el depósito de combustible de un vehículo con motor de combustión interna.

Los sistemas electroquímicos de almacenamiento, baterías y supercondensadores, están teniendo un alto grado de desarrollo que, de momento, solo se ha materializado en el campo de la investigación consiguiendo densidades de energía que permiten realizar recorridos con una autonomía semejante a los vehículos de combustión interna. Además, la inclusión de capas de grafeno en las baterías y supercondensadores puede permitir su recarga completa en pocos segundos, abriendo grandes perspectivas para esta tecnología.

¿Puedo realizar recorridos largos?

Aunque la mayoría de desplazamientos de los vehículos son cortos (El 80% de las veces que se coge un vehículo es para realizar viajes intraurbanos inferiores a los 80 km). Es en este medio, las ciudades, donde existe un gran mercado potencial para el vehículo eléctrico debido dos razones principales: a la ya apuntada distancia de los recorridos y a la tendencia actual de concentración de población en zonas urbanas. Por otro lado, cualquier usuario de un vehículo está pensando en recorrer grandes distancias alguna vez al año.

Tanto el vehículo híbrido como el de autonomía extendida tienen una autonomía semejante a la de un vehículo de combustión interna.

En el vehículo puramente eléctrico, la autonomía depende de la capacidad de las baterías para suministrar energía al motor. Los vehículos eléctricos en venta tienen una autonomía de unos 200 km, más que suficientes para la mayoría de viajes interurbanos que se realizan habitualmente.

¿Nos ahorraremos dinero en el consumo del vehículo? ¿Cuánto crees?

Sí, sin duda. En los vehículos híbridos el ahorro en el consumo ya resulta importante, en torno a un 20%, pero donde se nota la diferencia es en el vehículo eléctrico puro. Si se recargara en la tarifa eléctrica supervalle (0.061€/kWh), el consumo medio para los 100km costaría entorno a 1€/100km. Si se compara con el precio que se está pagando en un vehículo nuevo de combustión interna, que ronda los 8-10€/100km, el ahorro resulta más que considerable.

Pongamos un ejemplo: el viaje desde Madrid a Barcelona mediante un vehículo eléctrico nos saldría por unos 7€, mientras que si realizamos éste mismo viaje con un vehículo de combustión interna sería de unos 50-60€: unas 7/8 veces menos.

Únicamente queda un interrogante por aclarar que son los impuestos aplicados a estas recargas. Actualmente el precio de los combustibles están fuertemente grabados por impuestos, si se aplicara algún tipo de impuesto especial a la carga de vehículos eléctricos las condiciones expuestas cambiarían.

¿Cómo y dónde recargar las baterías?

Las baterías se pueden recargar en tu propia casa desde un enchufe convencional o en lugares específicos creados para ello: en las llamadas electrolinerías ya sean específicas o situadas en aparcamientos. Si esto se produjera masivamente se tendría que dotar al sistema eléctrico de un control para que las recargas no saturaran alguna parte del sistema eléctrico.

En el momento de la compra de un vehículo eléctrico, algunos fabricantes permiten elegir entre la compra de un vehículo eléctrico completo o bien la compra del vehículo sin baterías y el alquiler de las mismas. De esta manera se reduce el desembolso económico inicial y el riesgo asociado a un posible mal funcionamiento de las baterías.

Hoy en día el precio de compra de una batería es elevado: 15kW = 7000€, pero como todas las tecnologías incipientes, los precios pueden bajar rápidamente una vez la tecnología se implante masivamente. Ya en el año 2012 bajaron los precios de las baterías un 14% con respecto al año anterior. [\[1\]](#)

En la página web del plan de movilidad eléctrica, *Movele* [\[2\]](#) se puede encontrar información sobre la red de electrolíneas instaladas en España.

¿Cuánto tiempo tarda en cargar una batería?

Existen dos tipos de carga. La carga rápida tarda unos 15 minutos en cargar el 65% de la batería y se debe hacer en electrolíneas, que son puntos específicos de recarga. La carga lenta tarda alrededor de unas 8h y se puede realizar desde un enchufe convencional. Se está pensando que este tipo de carga se realice principalmente por la noche y a través de sistemas específicos de control para no saturar la red eléctrica. [\[3\]](#)

¿Está la red eléctrica preparada para su conexión masiva?

Sí, si la recarga de las baterías se realiza teniendo en cuenta las restricciones del sistema eléctrico. La mayoría de los procesos de carga se deberían realizar en los momentos en el que el consumo es bajo (en general por la noche) de esta manera se utilizaría el sistema eléctrico actual en momentos en los que está infrautilizado y serviría para estabilizar la curva de consumo energético español. [\[4\]](#)

Podría presentarse un problema si se conectaran los vehículos para recargarse rápidamente en la hora de máximo consumo de potencia (18-21h). [\[5\]](#) En cualquier caso, para evitar sobrecargas puntuales de algunas de las líneas, la incorporación masiva del vehículo eléctrico requerirá de un control de los flujos energéticos asociados a la recarga.

2.2. Necesidad

En este bloque se plantean las problemáticas del calentamiento global y la previsión de agotamiento de los combustibles junto con el hecho de que el transporte supone una gran parte del problema del consumo de combustibles fósiles y de emisiones de CO₂ para justificar la adopción por parte de Europa de las políticas del 20/20/20 y la necesidad de actuar en el sector del transporte como un eje principal para la solución del problema. Finalmente, se muestran una serie de razones que apuntan a la electrificación del transporte como una parte importante para lograr los objetivos marcados por la Unión Europea en materia medioambiental.

En primer lugar se plantea un esquema para recordar la trascendencia del efecto invernadero y su repercusión sobre el calentamiento global que es una preocupación primordial. Se debe destacar en este punto que el ciudadano es un factor clave para cuidar el planeta.

En segundo lugar se presenta la predicción de Hubbert sobre los recursos existente de petróleo. El petróleo es un bien finito, por lo que antes o después se va a acabar, en lo que varían las

predicciones es en el tiempo que va a durar. Las predicciones indican que la demanda de petróleo alcanzaría su máximo justo antes de 2020 y sería prácticamente 13 millones de barriles diarios de petróleo. A partir de ese momento el petróleo va a ser cada vez más escaso y, por lo tanto, más caro. [6] La clave no es cuanto petróleo queda, sino el precio al que se puede extraer. Si los costes de extracción resultan muy elevados, añadido a la escasez, provocará una subida de precios que afectará a toda la familia de productos derivados del petróleo: diésel, queroseno, gasolina, aceites, plásticos... Esto indica que hay que tener alternativas a los problemas que puede causar la carestía de este bien, entre ellos el transporte.

En tercer lugar se destaca que en el sector del transporte, el rendimiento desde la extracción del petróleo hasta que éste consigue mover el vehículo es de un 8-11%. Actualmente en España, el transporte es el causante del 40% del consumo total de energía y del 29.4% de las emisiones de CO₂. Si se hace la excepción del tren, el resto de medios de transporte (avión, barcos, autobuses, camiones y vehículos) están basados en tecnologías de motores de combustión de productos derivados del petróleo.

A continuación se indica que, para cuidar el planeta y tener un desarrollo sostenible, la Unión Europea implantó en 2008 la Directiva 20/20/20, en la que se planteaban los objetivos para el 2020 de reducir los gases de efecto invernadero en un 20%, llegar hasta el 20% de energía final creada mediante energías renovables y aumentar en un 20% el rendimiento energético. Éstos objetivos son obligatorios para todos los países miembros de la UE. Además, para 2030 estos objetivos son más ambiciosos: reducir los gases de efecto invernadero en un 40% y aumentar hasta el 27% la generación mediante energías renovables.

Por último, en el círculo central se subrayan las principales del vehículo eléctrico.

- Cero emisiones de CO₂: Si el vehículo es eléctrico puro y la energía que se utiliza para cargar las baterías únicamente proviene de energías limpias, las emisiones de CO₂ serían 0. Aunque su recarga no fuera únicamente con energías limpias, hoy en día en España la generación mediante energías renovables es alrededor de un 30%, resultaría un gran avance en emisiones de CO₂, ya que el 29.4% de las emisiones de CO₂ son debidas al transporte.
- Los motores eléctricos tienen una eficiencia del 90% y son mecánicamente simples: La mecánica de un vehículo eléctrico puro, es únicamente el motor conectado al eje que mueve las ruedas. No hay caja de cambios y tiene varias relaciones de transmisión; tampoco necesita embrague pues se pone en funcionamiento a partir de 0 rpm.
- Menor mantenimiento y reparaciones: Debido a la simplicidad que se ha comentado anteriormente, la única parte del vehículo que en condiciones normales requeriría mantenimiento y reparaciones son las ruedas, debido al rozamiento.
- Recuperación de la energía de frenado -> Menor desgaste de los frenos: Cuando el vehículo frena, o simplemente no acelera, el motor actúa como generador y genera energía que se almacena en las baterías para su posterior uso.

- Fácil conducción: Los vehículos eléctricos únicamente tienen dos marchas: marcha adelante y marcha atrás. La conducción resulta muy sencilla, confortable y silenciosa. Los conductores que los han probado indican que la fatiga de conducción prácticamente desaparece.
- Silencioso: Al no haber partes móviles, (cigüeñal, pistones, válvulas, poleas...) no existe apenas rozamiento, por lo que no produce ruido.
- Bajo consumo -> Un mínimo de 4 veces menos de coste por km recorrido: Mientras que un vehículo moderno de combustión térmica gasta en torno a los 10€ cada 100km (6-7l) uno eléctrico consume unos 1-2€ cada 100km (15-20kWh \approx 1,5-2l). Además, este último valor de consumo está bajando paulatinamente.

Además, se puede destacar que, los fabricantes de automóviles están impulsando fuertemente en los últimos años el desarrollo del vehículo eléctrico, consiguiendo constantes y prometedores avances en éstos últimos meses.

2.3. Situación actual

2.3.1. Prisma tecnológico

Se muestran tres imágenes con los esquemas de los tres tipos de vehículos eléctricos:

1. Vehículo híbrido.
2. Vehículo eléctrico de autonomía extendida.
3. Vehículo eléctrico puro.

Debajo de los esquemas se presenta un cuadro con la eficiencia y justo debajo un cuadro con las características principales de cada uno de ellos.

En la siguiente imagen se muestran ciertos datos sobre la carga rápida y convencional de las baterías, así como la respuesta acerca de la vida útil de las mismas. Las baterías tienen un límite de recargas debido a que sufren cierto deterioro interno cada vez que se carga o descarga y sus características se van alejando de los valores nominales conforme se van usando. Los estándares de la industria automovilística son muy altos debido a razones de seguridad vial y cuando las características de la batería bajan del 80% del valor nominal se debe cambiar la batería. Con las tecnologías actuales el límite de operación de una batería ocurre a los 1000 ciclos de carga y descarga, que implican unos 100.000 km recorridos por el vehículo.

2.3.2. Prisma logístico

En este apartado se expone la situación logística relativa a la carga del vehículo eléctrico que existe actualmente en España: el número de electrolíneas [\[7\]](#) y el problema que podría acarrear la conexión de un gran número de vehículos a la curva de demanda de España. Si la conexión se hace por la noche ayudaría a estabilizar la curva de demanda. Mientras que el peor caso sería si se conectasen los vehículos por la tarde, en las horas de máximo consumo (18-21h) usando la recarga rápida. Esto provocaría un pico de demanda de energía para lo cual la red no está preparada. [\[8\]](#)

Cabe decir, que la energía producida en España tiene un coste de producción, es finita y hoy en día difícil de almacenar por lo que el problema implica gran complejidad.

2.3.3. Prisma económico

En el que se plantean los aspectos económicos de los vehículos eléctricos y el porqué de su precio, con ejemplos de los modelos más característicos, así como una comparativa. Dentro de la comparativa, tiene especial relevancia el consumo cada 100km así como las emisiones de CO₂. [\[9\]](#), [\[10\]](#), [\[11\]](#), [\[12\]](#).

Hay que comentar que los datos de consumo proporcionados por el fabricante son datos homologados. Es decir, simulaciones en circuito en situaciones muy determinadas. [\[13\]](#) El dato de consumo real de los vehículos de combustión suele ser en torno a un 40% superior. En los vehículos híbridos, el consumo homologado se calcula mediante una fórmula matemática que se asemeja bastante al consumo en 100km, los primeros 50km eléctricos y los 50 últimos con combustible fósil.

Por otra parte, estos datos no hacen justicia a la mayor ventaja de conducción de los vehículos eléctricos: su uso para los recorridos urbanos. Los vehículos eléctricos aprovechan las frenadas para recargar las baterías, por lo que la diferencia en el consumo con un vehículo de combustión resulta sustancial. El consumo urbano de un vehículo eléctrico puede ser menor incluso que el homologado, ya que éste simula una mezcla de conducción por carretera, autopista y ciudad.

El precio de los vehículos eléctricos en la actualidad resulta algo superior al de los vehículos convencionales. Uno de los principales motivos es el precio actual de las baterías, entorno a los 7.000 € para una batería de unos 15kW. Es más o menos un tercio del precio del vehículo. El precio de las baterías está bajando e incrementando prestaciones mes a mes por lo que sería de suponer un incremento del parque de vehículos eléctricos creciente de forma escalonada.

Cabe decir, que es una tecnología en constante evolución y los precios y características son válidos para la actualidad, pero que en un periodo de tiempo relativamente corto, la situación de la tecnología, así como del mercado habrá cambiado ostensiblemente. [\[14\]](#)

2.4. Conclusiones y retos

En este apartado se va a exponer la situación industrial actual, los retos a superar en las diversas ramas tecnológicas para implantar con éxito el vehículo eléctrico como medio de transporte masivo, así como un probable escenario futuro planteado por la Agencia Internacional de la Energía.

2.4.1. Escenario actual

En el mundo existen alrededor de 1.000 millones de vehículos, de éstos, 62 millones fueron vendidos solamente en el último año. La industria del automóvil sería el sexto país del mundo con una facturación de 2 billones de € y 8 millones de empleados.

En España existen varias fábricas de automóviles: OPEL en Zaragoza, Ford en Valencia, Seat y Nissan en Barcelona... pero únicamente se dedican 3 a la fabricación de vehículos eléctricos.

- La fábrica de PSA-Peugeot Citroën en Vigo, con 15.000 unidades al año de las furgonetas eléctricas, Peugeot Partner y Citroën Berlingo.
- La fábrica de Renault en Valladolid que construye íntegramente el Renault Twizy con 60.000 unidades al año
- La fábrica de Mercedes en Álava, que fabrica la Mercedes Vito E-Cell por encargo.

En todo el mundo, la fabricación de vehículos eléctricos es considerablemente mayor, sobretodo en los países asiáticos que son los que llevan más años con este tipo de vehículos. En la presentación y en el presente documento únicamente se dan unas pinceladas de la situación actual, pero todos los grandes conglomerados automovilísticos están desarrollando y sacando al mercado vehículos eléctricos.

- Nissan: 200.000 unidades del Nissan Leaf fabricadas, el vehículo eléctrico más vendido alrededor del mundo, con plantas en el Reino Unido, EE.UU y Japón
- Toyota: es el máximo vendedor de vehículos híbridos en el mundo con el Toyota Prius. Actualmente están fabricando 500.000 unidades al año.
- Mitsubishi Motors: su modelo eléctrico más popular es el i-MiEV. Están fabricando actualmente 500.000 unidades de vehículos híbridos y enchufables en sus plantas de Japón.
- Geely: Esta compañía china planea fabricar 650.000 unidades al año de sus modelos eléctricos.
- Tesla Motors: La compañía más moderna y revolucionaria de los últimos tiempos en el mundo del automóvil. Ha creado el Tesla S, una berlina de lujo con una autonomía de 450 km. Su valor en bolsa es 4 veces superior al de gigantes de la automoción como el grupo FIAT y está construyendo una planta para fabricar cerca de 500.000 vehículos al año.

Aunque las ventas de vehículos eléctricos se han multiplicado por 10 desde el año 2010 en España, su número sigue siendo reducido: 484 unidades el año 2012. Alrededor del mundo son más elevadas, por ejemplo, el conglomerado Nissan – Renault, a Julio de 2013 ha vendido 100.000 vehículos eléctricos, de ellos más de 70.000 son del Nissan Leaf. Las ventas del Nissan LEAF no se dan por igual en los diferentes mercados. Estados Unidos sigue siendo el más importante, donde se han vendido ya algo más de 30.000 unidades, unas 28.000 en Japón y solo 12.000 en Europa (donde Noruega se lleva ella sola algo más de 4.600 unidades). El Toyota Prius, el vehículo híbrido más exitoso de la historia, superó en 2010 los 2 millones de unidades vendidas.

2.4.2. Probable escenario futuro

Se plantea un posible futuro escenario de ésta tecnología, basándose en los datos ofrecidos por la agencia internacional de la Energía. [\[15\]](#) Se prevén 27 millones de vehículos eléctricos para el año 2020 y 1.000 millones para el 2050: con ello se evitarían 10 Giga toneladas de emisiones de CO₂. [\[16\]](#)

Este escenario futuro está respaldado por los datos de la fabricación de vehículos eléctricos en España y los planes de fabricación de vehículos eléctricos de los principales fabricantes mundiales.

2.4.3. Electrónica/electricidad

Electrónica

Bajo esta denominación existen dos grandes ramas de desarrollo: electrónica de potencia y electrónica de comunicaciones.

La electrónica de potencia se encarga de controlar los flujos de energía entre los distintos elementos del sistema. Hasta ahora, la electrónica de potencia se ha utilizado para el control de energía en generadores eléctricos, trenes y el sector de la aeronáutica, demostrando su gran utilidad. En el caso del vehículo eléctrico es de vital importancia la fiabilidad y el control del flujo de energía en la carga y descarga de las baterías y en la alimentación del motor.

La gestión de grandes cantidades de energía entre las distintas partes del vehículo implican la circulación de grandes corrientes eléctricas que producen emisiones electromagnéticas. Para tratar estas corrientes con seguridad existen unas normas que debe cumplir todo producto eléctrico ó electrónico con el fin de no afectar ni a los dispositivos electrónicos existentes, ni a los seres vivos del exterior: las normas de compatibilidad electromagnética. [\[17\]](#)

Los retos tecnológicos relacionados con la electrónica de potencia son: conseguir equipos cada vez más eficientes, ligeros y con baja emisión electromagnética.

La electrónica de comunicaciones en un vehículo eléctrico se refiere a la comunicación e integración de éste con su entorno. Por ejemplo, que el navegador del vehículo permita la comunicación bidireccional entre éste y los suministradores de energía, electrolinerías y otro tipo de estaciones de recarga, permitiendo conocer en todo momento el lugar de repostaje más cercano así como su disponibilidad. Además, puede proveer al conductor de otro tipo de servicios disponibles en ruta.

Red eléctrica

Desde el punto de vista de la red eléctrica, el vehículo eléctrico es un elemento de consumo más. Sin embargo, en comparación con el resto tiene ciertas peculiaridades. Debido a los hábitos comunes del comportamiento de los seres humanos podría suceder que la mayoría de los vehículos eléctricos se conectaran a la red sobre las 20 o 21 horas, hecho que podría colapsar la red. Además, el vehículo eléctrico puede ser un elemento de almacenamiento, que puede permitir vender la energía almacenada en las baterías a la red en casos de necesidad de la red eléctrica. [\[18\]](#)

Los retos tecnológicos asociados a la ingeniería eléctrica son conseguir una gestión de la energía de carga de la batería de manera que el sistema eléctrico se vea lo menos afectado posible por la carga de las baterías; gestionar la energía almacenada en las baterías para estabilizar la red eléctrica en caso de necesidad; facilitar el acceso a la red eléctrica de las energías renovables, coordinando la

carga de las baterías y utilizando la energía almacenada en los VE para estabilizar en caso de necesidad.

Todas estas nuevas funcionalidades de las redes eléctricas nos llevan al concepto de red inteligente, una red eléctrica con muchos más sensores y elementos de control que permiten una gestión de la misma más eficiente y eficaz y permite una mayor penetración de las energía renovables.

2.4.4. Tecnologías de la información y comunicación

Los fabricantes de vehículos tienen ante sí el reto de desarrollar un sistema estándar compatible entre las distintas marcas para permitir la conexión entre:

- Los distintos vehículos.
- Los vehículos y los centros de asistencia, emergencias...
- Los vehículos y las electrolinerías y centros de recarga inductiva.
- Los vehículos y la red eléctrica.

Se deberá tener información accesible en todo momento desde los dispositivos móviles sobre su funcionamiento, situación y disponibilidad.

2.4.5. Química/Nanotecnología

El creciente impulso que está recibiendo el vehículo eléctrico ha hecho que la investigación en el campo del almacenamiento químico-eléctrico se haya visto fuertemente incrementado en estos últimos años. Los principales objetivos en este campo deben ser: la creación de baterías con una autonomía semejante a la de los vehículos de combustión interna y permitir una recarga más rápida. [\[19\]](#)

La mayoría de las baterías instaladas actualmente en los vehículos eléctricos son de Li-ion. La densidad de energía de éstas baterías es alrededor de 100kWh/kg, y creciendo cada año. Existen ya investigaciones en laboratorios sobre Polyplus [\[20\]](#), con una densidad de energía de 1500kWh/kg que permitiría una autonomía cercana a los 1000km. En la mejora del tiempo de recarga, existen recientes investigaciones con baterías basadas en Litio, Silicio y grafeno que permiten reducir el tiempo de carga notablemente. [\[21\]](#)

El siguiente paso tecnológico sería sustituir las baterías por supercondensadores [\[22\]](#), que se cargan en segundos y tienen cientos de miles de ciclos de vida. Es un campo con un gran margen de mejora y con una gran inversión, ya que la duración de las baterías es el talón de Aquiles de todos los dispositivos tecnológicos que existen en la actualidad.

3. Otras preguntas pertinentes

¿Cómo funciona un vehículo eléctrico?

Existen 3 tipos de vehículos eléctricos: el híbrido, el de autonomía extendida y el eléctrico total. [\[23\]](#)

- El vehículo híbrido está compuesto por 2 motores: uno eléctrico y otro de combustión interna, y una batería. La batería se recarga con la frenada regenerativa, como el KERS de la F1, y sirve para alimentar el motor eléctrico del vehículo. El motor eléctrico solamente funciona hasta una determinada potencia, cuando se precisan potencias superiores se usa el motor de combustión interna. Emite menos emisiones de CO₂ que un vehículo convencional.
- El vehículo de autonomía extendida tiene 2 motores como mínimo: uno eléctrico y otro de combustión interna. El motor de combustión interna alimenta un generador eléctrico y éste a las baterías. Estas proveen de energía al motor eléctrico y éste es el que mueve el vehículo. En este tipo de vehículo, las baterías también se pueden conectar directamente a puestos de repostaje. Emite menos emisiones de CO₂ que el híbrido.
- El vehículo eléctrico tiene únicamente un motor eléctrico, alimentado por baterías.

¿Cuánto dinero cuesta?

Si se hace una media de los precios actuales, [\[24\]](#) se puede decir que un vehículo eléctrico nuevo cuesta alrededor de 25.000€. Existen tres factores que incrementan el precio del vehículo eléctrico: las baterías, la electrónica de potencia y la escala de producción. De estos factores, el elemento diferencial del precio son las baterías: una batería de unos 15kW tiene un precio de unos 7.000€, casi un tercio del valor del vehículo. Además, la inclusión de la tecnología de la electrónica de potencia para controlar el flujo de energía hace que el precio de fabricación se incremente. Otro factor es la escala de la producción, ya que al no producirse aún en gran escala los costes no están tan optimizados como con el vehículo tradicional.

¿Qué espacio se necesitará para almacenar las baterías?

Las baterías tienen un tamaño y peso elevado, entorno a los 250 kg las de 15 kW, por lo que el lugar y el espacio para almacenar las baterías debe considerarse con detenimiento. Existen planes para reutilizar las baterías como fuente de auxiliar de aprovisionamiento de energía cuando una vez cargadas totalmente, su capacidad sea del 80% de su capacidad nominal. La reutilización de las baterías debe ser un tema de convergencia entre la industria automovilística y los encargados de la planificación urbanística.

¿Cuál es la mejor hora para conectar el vehículo eléctrico?

La mejor hora para recargar el vehículo eléctrico es la nocturna, debido a que la curva de demanda de energía en España es inferior durante ese periodo de tiempo. De ésta manera, se estabilizaría la curva de demanda y no se provocarían picos de demanda de energía que la red eléctrica no sea capaz de suministrar. [25]

¿La falta de sonido característico del motor puede poner en riesgo la seguridad vial?

La falta del sonido del motor puede provocar problemas durante los primeros momentos a los viandantes, debido a la asociación que tenemos del vehículo con su sonido. El problema se plantea especialmente peliagudo en las personas ciegas. Para evitar estos problemas existen dispositivos especiales, por ejemplo, el Nissan Leaf tiene implantado un sistema que emite un sonido de alerta a bajas velocidades cuando detecta la cercanía de un peatón.

¿Cuál es el vehículo eléctrico más vendido en el mundo?

Alrededor del mundo

Hoy en día, a Abril de 2013, el vehículo eléctrico más vendido alrededor del mundo es el Nissan Leaf, seguido del Mitsubishi iMiEV y del Tesla Model S. Las ventas de los vehículos eléctricos están creciendo y los planes de producción anuales de vehículos eléctricos supera el millón de unidades.

Coches eléctricos con mayores ventas desde 2008 hasta Abril 2013			
Modelo	Fecha de lanzamiento	Ventas totales	Datos hasta fecha
Nissan Leaf	Dic 2010	> 62,000	Abril 2013
Mitsubishi i MiEV	Jul 2009	~ 25,500	Marzo 2013
Tesla Model S	Jun 2012	~ 9,650	Abril 2013
Renault Kangoo Z.E.	Oct 2011	8,760	Abril 2013
Chery QQ3 EV	Mar 2010	5,758	Enero 2013
JAC J3 EV	2010	4,068	Dic 2012
Mitsubishi Minicab MiEV	Dic 2011	3,953	Marzo 2013
Renault Fluence Z.E.	2011	3,487	Abril 2013
Renault Zoe	Dic 2012	2,530	Abril 2013
Tesla Roadster	Mar 2008	~ 2,500	Dic 2012
Smart electric drive	2009	> 2,200	Dic 2012
Bolloré Bluecar	Dic 2011	2,151	Abril 2013
BYD e6	Mayo 2010	2,124	Dic 2012

Tabla 1: Ventas de los Vehículos eléctricos en todo el mundo

Europa

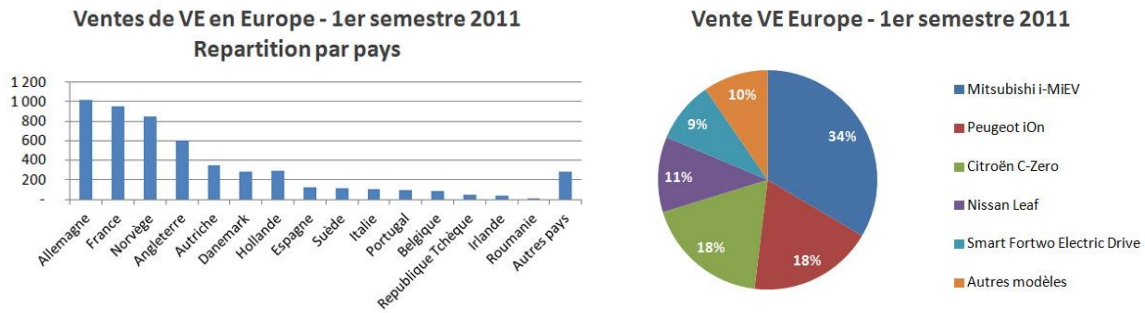


Figura 1: Ventas del Vehículo eléctrico en Europa

¿Te imaginas una F1 compuesta por bólidos eléctricos?

Realmente, la F1 actual ya es una competición híbrida. Los vehículos disponen del KERS, un dispositivo que aprovecha parte de la energía gastada en las frenadas para cargar una batería que se descarga cuando el piloto pulsa un botón, aportando mayor potencia al motor. Además, se ha aprobado una norma para que en 2014 la circulación a través del *pit-lane* sea enteramente eléctrica.

El mundo de la F1 fue durante un tiempo, y lo volverá a ser, el banco de pruebas de los grandes fabricantes de automóviles dónde testeaban las novedades que dentro de unos años se iban a ver en los vehículos de calle. Cuando el mercado se pase al híbrido y posteriormente al eléctrico puro, no tendría sentido para la industria automovilística gastar ingentes cantidades de dinero en una tecnología únicamente para la competición, sin aplicaciones comerciales. Por lo tanto, es muy probable que veamos una Fórmula “verde” en los próximos años.

4. Glosario

Redes inteligentes

Son redes eléctricas que incorporan la tecnología de la información y de comunicación en todos los aspectos de la generación, entrega y consumo de la energía, cuyo objetivo es reducir el impacto ambiental, mejorar la fiabilidad y los servicios, así como reducir costes y mejorar la eficiencia.

Curva de demanda de energía

Es la gráfica que muestra el consumo energético de un país. Ya que la energía eléctrica es difícil y cara de almacenar en grandes cantidades y, por ello, es necesario que en cada momento se genere la cantidad precisa que se necesite. La curva tiene un crecimiento durante la mañana hasta la hora de comer, desciende ligeramente y vuelve a tener un pico a partir de las 18h hasta las 21h donde vuelve a descender.

Sostenibilidad

Es el equilibrio entre tres dimensiones principales: la seguridad energética, la equidad social y la mitigación del impacto ambiental. El desarrollo de sistemas de energía estables, accesibles y ambientalmente aceptables es un problema complejo. Estos tres objetivos son un "trilema" que requiere de complejas interconexiones entre sectores público y privado, entre gobiernos y entes reguladores, entre la economía, los recursos nacionales disponibles, las normativas legales vigentes, las preocupaciones ambientales y el comportamiento individual y colectivo de las sociedades.

Motor eléctrico

Es una máquina eléctrica que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos variables. Cuando se le aplica una diferencia de potencial al estator, el rotor, formado por bobinas, gira inducido alrededor del estator (núcleo) provocando una fuerza mecánica giratoria. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

Eficiencia energética

Es la relación entre los productos y servicios finales obtenidos y la cantidad de energía consumida. Se puede mejorar mediante la implantación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico y de gestión, como las redes inteligentes, y de hábitos de consumo en la sociedad.

Autonomía energética

Consiste en no tener dependencia energética del exterior, ya sean países, ciudades o edificios. Que cada ente sea capaz de generar la energía necesaria para su correcto funcionamiento. Para conseguir éste objetivo, es primordial el uso de los recursos energéticos propios y en especial el de las energías renovables, que es un recurso del que todos los países cuentan.

Baterías

Son unos dispositivos que almacenan energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad; este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario; es decir, un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad previamente, mediante lo que se denomina proceso de carga. Hoy en día las baterías más usadas en los vehículos eléctricos son las de Li-ion con unas densidades de energía en torno a los 100 Wh/kg y no tienen efecto memoria.

Supercondensadores

Son dispositivos electroquímicos capaces de sustentar una densidad de energía inusualmente alta en comparación con los condensadores normales, presentando una capacitancia miles de veces mayor que la de los condensadores electrolíticos de alta capacidad. Interiormente, a nivel nanométrico, la superficie de contacto es muy superior por lo que la energía que pueden almacenar es enorme en comparación con los tradicionales condensadores. Además, pueden devolver la energía en cortos periodos de tiempo.

Grafeno

Es un material formado por carbono puro, con átomos dispuestos en un patrón regular hexagonal similar al grafito, pero en una hoja de un átomo de espesor. Es un material flexible, impermeable, 100 veces más fuerte que el acero y 10 veces mejor conductor que el cobre.

5. Otros enlaces de interés

Portales

- Información actualizada sobre el vehículo eléctrico: <http://movilidadelectrica.com>
- Tecnología y coches de nueva generación: <http://www.tecmovia.com/>
- Coches eléctricos, híbridos, puntos de recarga, pila de combustible: <http://forococheselectricos.com/>
- Pruebas de automóviles, precios, información del motor: <http://www.km77.com/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía: <http://www.idae.es/>

Noticias

- Países bajos y su red de recarga rápida: <http://www.fayerwayer.com/2013/07/paises-bajos-tendra-la-mayor-red-de-estaciones-de-carga-electrica-rapida-del-mundo/>
- Tesla Model S y su cambio de baterías en 90 segundos (vídeo): <http://www.energyandcapital.com/articles/tesla-nasdaqtsla-90-second-charge/3548>
- Tesla Model S vs Aston Martin Rapide S (vídeo): <http://movilidadelectrica.com/index.php/vehiculos/377-la-lucha-de-eses-el-model-s-contra-el-rapide-s>
- Jaguar C-X75: otro superdeportivo híbrido: <http://www.elmundo.es/elmundomotor/2013/06/27/coches/1372331229.html>
- Baterías de Aluminio-aire pueden proveer energía para 1.600km, saldrán al mercado en 2017: <http://www.extremetech.com/extreme/151801-aluminium-air-battery-can-power-electric-vehicles-for-1000-miles-will-come-to-production-cars-in-2017>
- Ferrari La Ferrari híbrido, no estará solo: <http://movilidadelectrica.com/index.php/vehiculos/coches/386-el-laferrari-no-se-quedara-solo>

6. Referencias



1. <http://www.forococheselectricos.com/2012/04/el-precio-de-las-baterias-comienza-su.html>
2. <http://movele.es/>
3. <https://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/recarga>
4. https://demanda.ree.es/comparativa_curvas.html
5. http://www.ree.es/operacion/vehiculo_electrico.asp
6. http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_del_pico_de_Hubbert
7. <http://movele.es/index.php/mod.puntos/mem.mapa/re/menu.5>
8. http://www.ree.es/educacion/SimuladorVE_1024/index.asp
9. <http://www.km77.com/precios/volkswagen/golf/2013/golf-3p-14-tsi-140-cv-bmt>
10. <http://www.km77.com/precios/toyota/prius/2012/prius-18-vvt-i-advance>
11. <http://www.km77.com/precios/opel/ampera/2012/ampera>
12. <http://www.km77.com/precios/nissan/leaf/2011/leaf2>
13. http://es.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle
14. <http://blogs.elpais.com/vehículo-electrico/2013/03/los-modelos-electricos-e-hibridos-del-salon-de-ginebra.html>
15. <http://www.iea.org/>
16. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EVCityCasebook.pdf>
17. <http://aedive.es/wp-content/uploads/2011/11/5.-Reglamentacio%CC%81n-del-vehi%CC%81culo-ele%CC%81ctrico-MITYC.pdf>
18. http://www.orsi.jcyl.es/web/jcyl/ORSI/es/Plantilla100Detalle/1262861006484/_/1284196654768/Redaccion
19. <http://www.tecmovia.com/tag/baterias-de-coches-electricos/>
20. <http://www.chargedevs.com/content/features-inside/three-kind-polyplus-reaches-1500-whkg>
21. <http://www.motorpasionfuturo.com/industria/baterias-de-iones-de-litio-y-silicio-grafeno-diez-veces-mas-capacidad-recarga-diez-veces-mas-rapida>
22. <http://www.examiner.com/article/graphene-super-capacitor-could-make-batteries-obsolete>
23. <https://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/el-vehiculo/tipos>
24. <http://blogs.elpais.com/coche-electrico/2013/05/ayudas-a-la-compra-de-coches-electricos-para-2013.html>
25. http://www.ree.es/operacion/vehiculo_electrico.asp

