



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 39 – FEBRERO DE 2011

“VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: UN PASO HACIA UN DESARROLLO SOSTENIBLE”

AUTORÍA VILLAR MERINO JUAN CARLOS
TEMÁTICA ENERGÍA Y MEDIOAMBIENTE
ETAPA BACHILLERATO

Resumen

El enorme parque automovilístico actual, basado en los combustibles fósiles, está provocando un gran impacto ambiental. Esto unido al agotamiento paulatino de los hidrocarburos, hace que sea necesaria la sustitución gradual de los motores de combustión interna, por otros mucho más ecológicos, como son los vehículos eléctricos. El presente artículo pretende dotar al alumnado de las herramientas necesarias para valorar las ventajas, dificultades y soluciones de desarrollo de los vehículos eléctricos.

Palabras clave

Vehículo eléctrico, máquina eléctrica, consumo energético, desarrollo sostenible, batería recargable, infraestructura, recarga, pila de hidrógeno.

1. INTRODUCCIÓN

Al contrario de lo que se pueda pensar, los vehículos eléctricos se popularizaron y usaron mucho antes que los de combustión interna (diesel o gasolina). A mediados del siglo XIX *Anderson*, inventó el primer vehículo eléctrico puro. El profesor *Sibrandus Stratingh de Groningen*, diseñó y construyó junto con *Christopher Becker* vehículos eléctricos a escala reducida en 1835. A principios del siglo XX todavía estaba por decidir el tipo de energía que movería el transporte en general.

En dicha fecha existían tres tipos de energía que competían por hacerse con el control: *eléctrica*, *vapor* y *motores de combustión interna*. Finalmente la gasolina resultó ser la que más mercado tenía, escogiéndose esta para los vehículos. Hoy día se puede afirmar que transporte es sinónimo de petróleo.

La primera (1973) y la segunda crisis del petróleo (1979) supusieron el desplazamiento parcial del petróleo como combustible de las centrales generadoras de energía eléctrica. Hoy día se está



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 39 – FEBRERO DE 2011

produciendo una tercera, que implica el desplazamiento en lo que el transporte por carretera se refiere del petróleo por la electricidad. Sin embargo, este proceso, llevará varias décadas, dando lugar a un largo periodo de coexistencia.

Una política de *desarrollo sostenible* implica la reducción de la demanda de vehículos de combustión interna, así como un mayor uso del transporte público y del ferrocarril. Sin embargo, la existencia hoy día de unos 800 millones de vehículos, la movilidad individual profundamente arraigada, junto con el desarrollo de países emergentes como China e India, hace necesaria la obtención de una solución viable. Esta solución es el *automóvil eléctrico*, siempre y cuando, la mayor parte de la electricidad provenga de fuentes de energía renovables no contaminantes (principalmente la eólica) e incluso de combustibles fósiles cuando se desarrollen las tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂. Esta última sólo puede acometerse en grandes centrales termoeléctricas que no son viables para millones de vehículos.

La *descarbonización* del sistema energético, y del transporte en particular, requiere la electrificación del transporte, así como de una nueva economía basada en la energía eléctrica alternativa. Esta nueva demanda energética se debe aplicar no sólo en el transporte, sino en todos los ordenes de la vida: agua caliente, iluminación, industria, calefacción...

Las razones para hacerlo son obvias: la inseguridad del abastecimiento del petróleo (supone más del 90% de la energía consumida), sus altos precios, los conflictos militares, las emisiones de CO₂, y la gran contaminación que genera. El transporte por carretera, debido a su gran volumen, supone hoy día la mayor amenaza para el medio ambiente y para la seguridad energética, dada su gran dependencia del petróleo.

A continuación se analizarán los principios de funcionamiento de los vehículos eléctricos, así como las dificultades y posibles soluciones de desarrollo de los mismos.

2. MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Una de las energías más importantes en la actualidad es la energía eléctrica. La electricidad es la forma más versátil de energía, siendo intermediaria de otras formas energéticas: por ejemplo, una estufa eléctrica transforma la energía eléctrica en calor; una lámpara transforma la energía eléctrica en luminosa; un motor la eléctrica en mecánica, etc.

Una máquina eléctrica se puede definir como un transformador de energía que utiliza la interacción de campos eléctricos y magnéticos.

Las máquinas eléctricas se clasifican en:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 39 – FEBRERO DE 2011

- **Generadores (dinamos y alternadores):** son máquinas eléctricas que transforman la energía mecánica en eléctrica. Por ejemplo, la dinamo de una bicicleta transforma la energía mecánica suministrada por el ciclista en eléctrica continua para producir luz; el alternador de una central hidroeléctrica aprovecha la energía potencial de un salto de agua para mover una turbina, que finalmente mueve el rotor de un alternador para producir corriente eléctrica alterna.

- **Transformadores:** transforman una energía eléctrica de entrada, en una energía eléctrica de salida, con las mismas o con diferentes características de tensión o intensidad, con el fin de adaptarla a la aplicación destino. Por ejemplo, pequeños transformadores para receptores domésticos (televisión, ordenador...) o los grandes transformadores situados en las centrales generadoras, para obtener un mayor rendimiento en el transporte de la energía eléctrica.

- **Motores:** transforman la energía eléctrica en mecánica. Por ejemplo, el pequeño motor de un juguete, el motor de una grúa..., y como no, un motor para la tracción de un vehículo eléctrico. Pueden estar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías. En automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.

Los motores eléctricos pueden ser de corriente alterna o de continua, siendo estos últimos los más utilizados en aplicaciones de tracción eléctrica. A continuación se analizarán con mayor detalle.

2. COMPETENCIAS PRINCIPALES DE UN MOTOR ELÉCTRICO

Una de las características principales de una máquina eléctrica es que es reversible. Esto quiere decir que puede funcionar como motor y como generador, es decir, si se le aplica una tensión en bornes, esta funcionará como un motor, en cambio, si se le aplica energía eléctrica funcionará como un generador. Los elementos principales de los motores de corriente continua (los más utilizados en los vehículos eléctricos) son: el estator, el rotor, el colector de delgas y las escobillas:

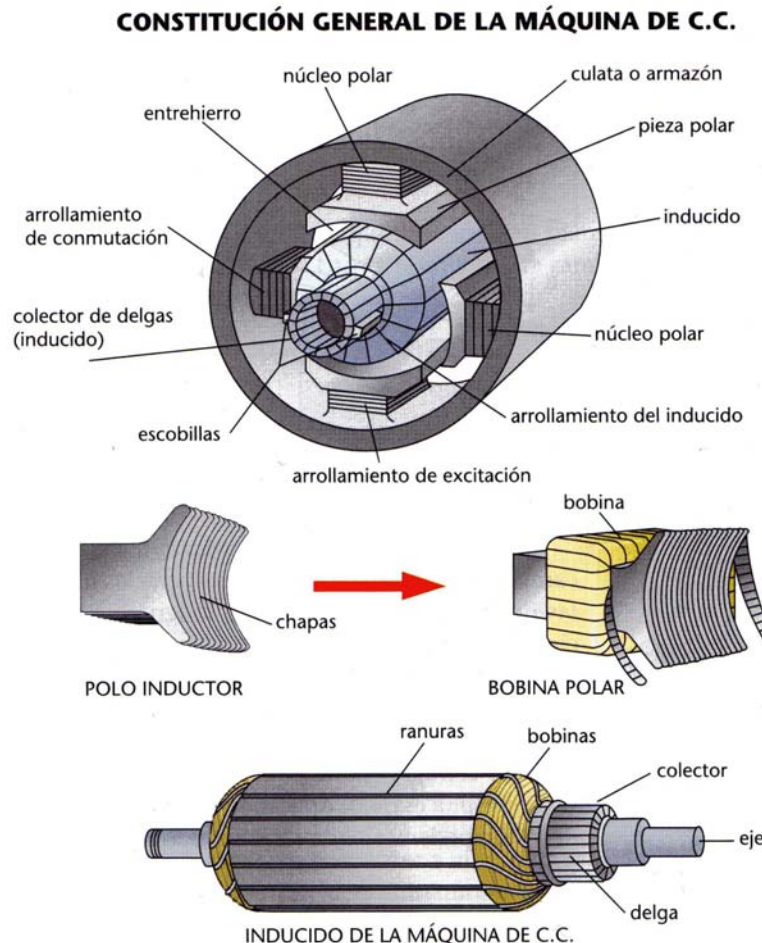
- **Estator:** es la parte fija de la máquina en la que se produce el flujo magnético. Básicamente, es un electroimán fijo formado por un número par de polos sujetos en el interior de una armadura que permite cerrar el circuito magnético. Las bobinas inductoras están situadas en los polos y las recorre una corriente denominada de excitación, de ahí, que el estator también se llama inductor.

- **Rotor:** también se denomina inducido y es la parte móvil de la máquina. Está formado por un núcleo magnético cilíndrico constituido por chapas magnéticas apiladas y aisladas para evitar pérdidas por histéresis y corrientes parásitas. Este núcleo tiene unas ranuras alineadas donde se alojan los conductores de la bobina del inducido.

- **El colector de delgas:** está formado por un conjunto de segmentos de cobre, aislados unos de otros con mica y montados sobre el eje de la máquina. Estos segmentos se denominan delgas. Los conductores del devanado inducido se conectan a las delgas. El colector permite conectar el inducido de la máquina al exterior.

- **Las escobillas:** son el enlace eléctrico entre las delgas del colector y el circuito de corriente del exterior. Son piezas de carbón o grafito que se montan por medio de portaescobillas, que mantienen la posición y ejercen la presión necesaria para asegurar el contacto entre las escobillas y las delgas del colector. El conjunto constituido por el colector de delgas y las escobillas permite la rectificación de la corriente eléctrica.

A continuación se representan las partes características de un motor de corriente continua:





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 39 – FEBRERO DE 2011

3. PRINCIPIO FÍSICO DE FUNCIONAMIENTO

Para que la máquina de corriente continua actúe como motor, se aplica una corriente continua (que puede proceder de un sistema de baterías) al inducido para obtener energía mecánica en el eje. Se basa en el siguiente principio:

Todo conductor de longitud L , por el que circule una intensidad I , que esté sometido a la acción de un campo magnético de inducción B , se somete a una fuerza F de valor:

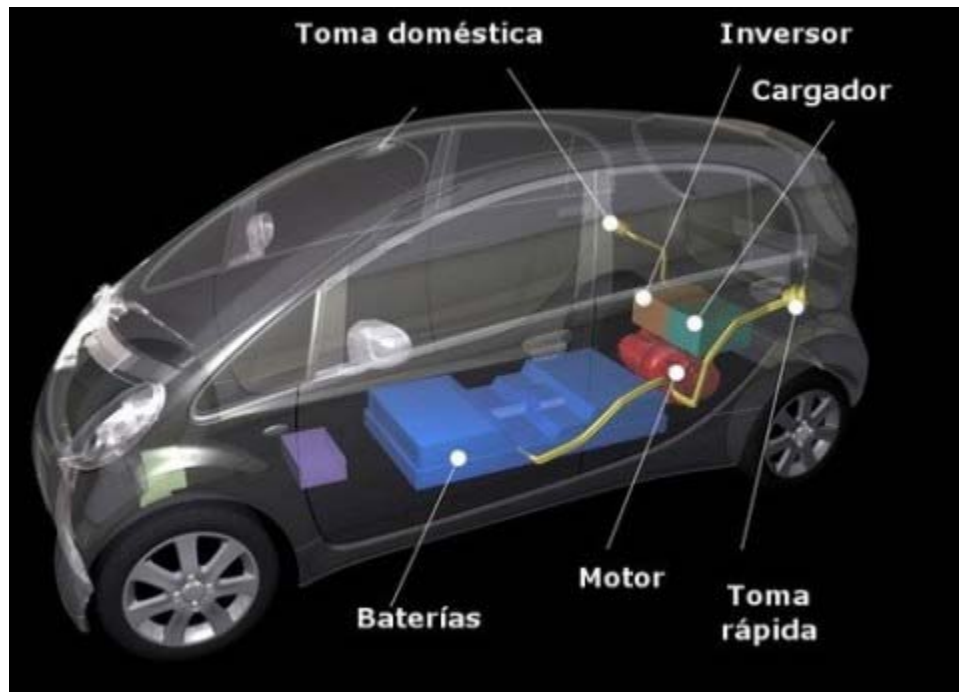
$$F=B.L.I$$

A medida que aumenta el número de bobinas de la máquina, el par será mayor, así como el trabajo que puede desarrollar el motor.

4. CONSTITUCIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

Las partes fundamentales que constituyen un vehículo eléctrico son las siguientes:

- **Motor eléctrico** puede tener uno o varios, dependiendo del diseño y prestaciones que se quieran conseguir. Esta parte también es la encargada de recuperar energía gracias a sus funciones como inversor.
- **Puerto de carga:** es la toma en la que el coche eléctrico se conecta con el exterior, puede haber una toma específica para carga rápida.
- **Transformadores:** son los encargados de convertir la electricidad de una toma casera o de un punto de recarga rápido en valores de tensión y amperaje válidos para el sistema de recarga. Además de cargar las baterías son los encargados de atender a la refrigeración para evitar riesgos de explosión o derrames.
- **Baterías:** es el depósito donde almacenar la corriente del coche, similar a un depósito de combustible en los vehículos habituales, puede tener una batería auxiliar como la de cualquier coche convencional para sistemas de bajo consumo auxiliares.
- **Controladores:** son los encargados de comprobar el correcto funcionamiento por eficiencia y seguridad, regulando la energía que recibe o recarga el motor.



5. CONSUMO DE CARBURANTE Y EMISIONES DE CO₂ EN ESPAÑA

La preocupación por la contaminación está cambiando la forma de pensar y actuar de la población. Esta mayor conciencia medioambiental está provocando que cada vez se tengan más en cuenta los vehículos eléctricos como medio de transporte no contaminante. Los vehículos eléctricos no contaminan, dado que no emiten monóxido de carbono, óxido nítrico, ni PM10, además de no ofrecer contaminación acústica. Al no necesitar gasolina/diesel no se contamina con su extracción, ni con los accidentes y vertidos que ocurren en su transporte hasta llegar a los consumidores.

Según datos del Ministerio de Industria, turismo y comercio, el consumo de carburante y las emisiones de CO₂ en España son las siguientes:

- Consumo de carburante y las emisiones de CO₂

El transporte por carretera representa cerca del 80% del total de consumo final de energía del sector. En el año 2004, el transporte (carretera, ferrocarril, marítimo, aéreo) absorbió en España cerca del 40% del consumo final de energía. En el mismo año, la carretera representó el 80% del total de consumos del transporte. Desde 1985, los consumos de este sector han aumentado, multiplicándose por 2,5.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 39 – FEBRERO DE 2011

Los vehículos privados representan el 50% del consumo del transporte por carretera

El consumo de energía de los vehículos privados representa en España alrededor del 50% del total de los consumos del transporte por carretera. El porcentaje restante corresponde fundamentalmente al tráfico de mercancías (alrededor del 47%), y, con una participación mínima, al transporte colectivo de pasajeros (un 3%).

Aumento de la movilidad

El desarrollo social y económico ha propiciado un gran aumento de la movilidad de las personas (número de kilómetros recorridos por viajero). En el conjunto de las ciudades españolas se realizan aproximadamente un número igual de viajes en coche privado y en transporte público.

El petróleo representa el 50% del consumo de energía primaria en España

El consumo total de energía primaria de España en 2004 fue de 142.085 ktep, del cual el petróleo representó un 50% (71.055 ktep). El sector del transporte, que se abastece en casi un 99% de los productos petrolíferos, es el principal responsable de esta alta dependencia.

El transporte es responsable del 28% de las emisiones de CO₂ en España (2002)

El dióxido de carbono (CO₂), que se produce en la combustión de todos los combustibles fósiles, es el principal gas de efecto invernadero.

Por cada litro de gasolina consumido, un coche emite en promedio 2,3 Kg. de CO₂ y por cada litro de gasóleo, unos 2,6 Kg. de CO₂. España, con el 9% del total, es el quinto país miembro en emisión de gases de efecto invernadero. Entre 1990 y 2004, sus emisiones aumentaron casi un 48%, siendo el transporte y la producción de electricidad las principales causas.

Consecuencias del consumo de energía en el transporte

La incidencia del consumo de energía en el transporte provoca serias consecuencias económicas y sociales, tales como: efecto invernadero, ruido y otros daños al medio ambiente como, atascos, accidentes y empobrecimiento general de la calidad de vida y de los servicios.

6. VENTAJAS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La preocupación por la creciente contaminación está creando una conciencia medioambiental entre los ciudadanos. Por ello cada vez se mira más hacia los vehículos eléctricos como modo de desplazarse, sobre todo en la ciudad, sin contaminar y a un menor coste. Entre las ventajas de la utilización de los vehículos eléctricos destacan:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 39 – FEBRERO DE 2011

Bajo coste Movilidad

Con un precio de 0,37 euros cada 100 kilómetros, son alrededor de 15 veces más rentables que los modelos de combustión interna, permitiendo las nuevas baterías una autonomía de hasta 150 kilómetros, una cantidad nada despreciable para el consumo diario.

Fácil desplazamiento urbano

Los vehículos eléctricos proporcionan una forma ágil, rápida y ecológica en el desplazamiento urbano.

Cero Emisiones

Como se ha comentado anteriormente, los vehículos eléctricos no emiten gases contaminantes a la atmósfera. Por otro lado, para producir la electricidad necesaria para la recarga de las baterías de los vehículos eléctricos, lo ideal sería que fuese a partir de energías renovables no contaminantes como la eólica o solar.

Ruido mínimo

Otra gran ventaja que ofrecen es que no generan contaminación acústica. Son tan silenciosos como una bicicleta. Esto permite crear una ciudad mucho más saludable.

Incentivos

Hay que tener en cuenta, que para fomentar el uso de estos vehículos eléctricos no contaminantes, las administraciones favorecen su uso mediante la eliminación o rebaja de impuestos.

Menor coste de mantenimiento

Los motores eléctricos son más simples y con menos partes móviles que los motores de combustión interna, presentando menor riesgo de avería, y por tanto reduciéndose los costes de mantenimiento. Por otro lado tampoco son necesarios los cambios regulares de filtros y aceites de los motores de gasolina/diesel convencionales.

Recuperación de energía

El motor eléctrico es capaz de aprovechar la energía del frenado, que normalmente se pierde en forma de calor de fricción, mejorándose notablemente el rendimiento del mismo. En la actualidad, se está produciendo un aumento de empresas y ayuntamientos, que aprovechan las ventajas que presentan los *vehículos eléctricos* (no se paga el impuesto de matriculación, reducción de los costes de gasolina/gasoil, escaso mantenimiento, nula contaminación...), por lo que están integrando modelos eléctricos en sus trabajos.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 39 – FEBRERO DE 2011

Por otro lado, el motor eléctrico es hasta *cuatro veces más eficaz* que un motor de combustión interna. En la actualidad la tecnología existe, y la única cuestión que queda por desarrollar en mayor medida son la fabricación de unas baterías que proporcionen una autonomía adecuada entre cada recarga, así como un coste razonable.

Las soluciones van desde vehículos híbridos (motores eléctricos y de combustión interna combinados) a los vehículos totalmente eléctricos con baterías de litio o de otros materiales aún en desarrollo como las baterías Zebra o de Zinc-aire además de desarrollos nanotecnológicos. En la actualidad la mayoría de las empresas del motor trabajan en este campo, previéndose una irrupción masiva a partir del año 2012.

7. DIFICULTADES Y SOLUCIONES DE DESARROLLO

Si bien el motor eléctrico presenta una gran cantidad de ventajas no debemos obviar las dificultades de desarrollo:

Los vehículos de combustión interna conservan una hegemonía casi absoluta, debido a que superan a los eléctricos en una serie de aspectos clave: autonomía, coste del vehículo, tiempo de recarga o repostaje y precio de las baterías.

La gasolina y el gasóleo proporcionan un mayor rendimiento energético que las baterías:

- 13 Kwh/kg en la gasolina
- 12,7 Kwh/kg en el gasóleo,
- Frente a los 0,17 Kwh/kg de las baterías más avanzadas.

Este mayor rendimiento energético de los hidrocarburos da lugar a una mayor autonomía.

Por otro lado los vehículos de combustión interna sólo requieren unos minutos para realizar un repostaje, existiendo además una red de gasolineras muy amplia, frente a la casi inexistente red de repostaje de los vehículos eléctricos.

Sin embargo, estas dificultades se ven mermadas si se tiene en cuenta que la inmensa mayoría de los desplazamientos diarios en automóvil es inferior a los 80 Km., lo que da lugar a que la autonomía de un vehículo eléctrico (en torno a los 150 Km.), sea más que suficiente para la mayoría de los desplazamientos.

Para superar el problema del tiempo del repostaje así como el coste de las baterías, cabe destacar la propuesta de *Project Better Place*, el cual propone, el cobro de una cuota mensual por batería. Por



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 39 – FEBRERO DE 2011

tanto, el propietario compra un automóvil de coste reducido sin baterías, repartiéndose el coste de estas a lo largo de la vida útil del vehículo. Por otro lado, el tiempo de recarga lo contrarresta mediante estaciones de servicio donde se sustituyan las baterías descargadas por otra recargada. De esta manera a cambio de una cuota fija mensual, se proporciona la batería, además de la electricidad y el cambio de baterías. Con este método, el cliente pagará cuotas conocidas mensuales por el uso de su vehículo, sin los cambios bruscos de precios derivados de los hidrocarburos.

Según *Project Better Place* un vehículo medio europeo en sus 12 años de vida consume en torno a los 30.000 litros de combustible, que costarían unos 35.000 euros. Teniendo en cuenta que una batería de automóvil eléctrico cuesta 7.000 euros y la electricidad consumida en su vida útil, es de unos 2000 euros, queda claro, que la suma de ambos conceptos es bastante menor que el consumo de gasolina / gasoil.

Además se debe tener en cuenta que el coste de las baterías y de la electricidad, (sobre todo si esta se obtiene de centrales eléctricas alternativas) tiende a reducirse, mientras que la tendencia natural de los combustibles fósiles es la subida, más aún si se tiene en cuenta que en un medio plazo se producirá su agotamiento.

Se prevé que en la próxima década el coste total de la batería y la electricidad a lo largo de la vida del automóvil sería igual al precio de la gasolina o gasóleo durante un solo año. Sin embargo para el desarrollo de esta tecnología es necesario desarrollar una nueva infraestructura de estaciones de servicio o puntos de recarga, así como la producción en serie de los automóviles eléctricos, lo que requiere una coordinación entre administraciones y empresas.

Cuanto antes se comience a trabajar en esa dirección antes se podrá participar de los beneficios del desarrollo de un sector, que puede convertirse en uno de los pilares de un sistema económico sostenible.

7.1. Recargas eléctricas

Los vehículos eléctricos se pueden recargar a través de métodos conductivos o inductivos. El primero se trata de una conexión directa a la red, es decir, basta con conectar el vehículo a la red a través de un enchufe. El acoplamiento inductivo, no implica la conexión directa, por lo que protege al usuario de cualquier electrocución, proporcionando además mayor comodidad, sin embargo, tiene la desventaja de ser más cara. Esta se analizará con mayor detalle en el siguiente apartado.

La conexión a la red se realiza en corriente alterna. Generalmente en el cargador se transforma en corriente continua, suministrando el voltaje adecuado a las baterías, desde donde se suministra al motor. Existen algunos motores que funcionan con corriente alterna, por lo que deben estar dotados de un inversor que transforma la corriente continua de las baterías en alterna para alimentar el motor.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 39 – FEBRERO DE 2011

7.2. Recargas inalámbricas

La recarga inalámbrica, permite de manera eficaz, segura y sin cables ni enchufes, la recarga de cualquier vehículo eléctrico, simplemente aparcándolo en una plataforma con transmisor de carga al borde.

HalolPT es la primera empresa a nivel mundial que ha desarrollado la llamada Transferencia Inductiva de Energía. Esta técnica puede suponer un gran impulso para el desarrollo de los vehículos eléctricos.

La recarga inalámbrica se basa en la resonancia magnética para transmitir la energía desde una plataforma de transmisión ubicada en el suelo, hasta una almohadilla receptora ubicada en el interior del vehículo.

El impacto ambiental de los puntos de recarga es mínimo ya que simplemente se necesitan dichas almohadillas de carga sobre el pavimento, pudiéndose de esta manera instalar en cualquier calle, flexibilizando de forma notoria los procesos de carga de los vehículos eléctricos.

En un futuro *HalolPT* pretende lograr la carga dinámica, es decir, que los automóviles eléctricos se puedan cargar mientras están en movimiento. Cabe destacar, que los autobuses de Génova y Turín ya utilizan este sistema de carga para recorrer las calles.

8. BATERÍAS

La primera pila fue creada por *Alessandro Volta* en el año 1793. Esta consistía en una serie de discos de cobre y zinc colocados alternativamente, entre los que había unos fragmentos de cartón empapado en ácido sulfúrico. En 1868 Leclanché fabricó una pila que dio lugar a las utilizadas actualmente.

La pila es un generador electroquímico que produce una tensión continua entre dos electrodos, por la acción de una reacción química. Con el tiempo decrece la tensión a medida que se consumen las sustancias que provocan la reacción, hasta que se agotan. Las baterías recargables tiene la capacidad de descargarse y volverse al cargar al pasar por ellas una corriente eléctrica continua.

Los vehículos eléctricos se alimentan mediante baterías recargables. En la última década se ha producido una mejora de las mismas, reduciéndose su tamaño y peso, y aumentándose su autonomía. Cabe pensar que este desarrollo de baterías continuará, aumentando el número de empresas del sector, ya que las baterías hacen posible el funcionamiento de teléfonos móviles, ordenadores portátiles, electrificación del transporte, así como una gran cantidad de aparatos de consumo.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 39 – FEBRERO DE 2011

8.1. Tipos de baterías

El punto vital en el desarrollo del automóvil eléctrico es la batería recargable ya que de esta dependerá el coste, peso, velocidad, tiempos de recarga y autonomía del vehículo. En los últimos años se ha dedicado un mayor esfuerzo de investigación permitiendo duplicar su capacidad de almacenamiento. En este sentido cabe destacar el impulso proporcionado por las baterías de teléfonos móviles y ordenadores portátiles.

Los principales tipos de baterías recargables son:

- **Acumulador de plomo:** es el más antiguo y conocido. Está constituido por placas de plomo sumergidas en un baño de ácido sulfúrico con una concentración del 34%. Son muy voluminosas y pesadas, pero son duraderas y ofrecen un coste de mantenimiento muy bajo. Para conseguir una autonomía de 50 Km. se necesitan más de 400 Kg. de baterías. El período de recarga puede oscilar entre 8 y 10 horas. Estas baterías requieren un mantenimiento periódico del nivel del electrolito.

- **Acumulador plomo – calcio:** conocidas popularmente con el nombre de baterías sin mantenimiento, ya que mantienen el nivel de electrolito. Son una variante de las anteriores y tienen una vida más larga que las convencionales.

- **Baterías de níquel – cadmio (Ni-Cd):** Su forma puede ser cilíndrica, o bien de poca altura (en forma de botón o de moneda). Tienen una duración de vida superior al acumulador de plomo. La toxicidad del cadmio ha producido su prohibición en la Unión Europea. Además se ven seriamente afectadas por el efecto memoria.

- **Baterías de níquel – hidruro metálico (Ni-MH):** Son una variante de las anteriores pero sin el cadmio, por lo que su impacto ambiental es muy inferior. Duplican o triplican la capacidad de almacenamiento, pero también se ven afectadas por el efecto memoria.

- **Baterías Ión litio (Li-ion):** emplea como electrolito una sal de litio que da lugar a una reacción electroquímica entre el ánodo y el cátodo. Estas baterías ofrecen la gran ventaja de no afectarles el efecto memoria. La ligereza de sus componentes, su elevada capacidad de almacenamiento, la ausencia de efecto memoria, así como el gran número de ciclos de carga las han hecho proliferar en numerosos aparatos de consumo como; teléfonos móviles, agendas electrónicas, ordenadores portátiles, cámaras digitales reproductores de audio.... Además probablemente alimentarán a la siguiente generación de vehículos híbridos y eléctricos puros. Sus principales inconvenientes son: alto coste, sobrecalentamiento, peor capacidad de trabajo en frío y, sobre todo, las dudas existentes en cuanto a las reservas de litio existentes.

- **Baterías de polímero de litio:** son una variante de las anteriores. Ofrecen las ventajas de ser muy ligeras, pudiéndose asemejar a una tarjeta de crédito, una mayor densidad energética y una tasa de

descarga superior. Entre sus desventajas cabe destacar, sus altos costes de fabricación, su alta inestabilidad si se sobrecargan y si la descarga se produce por debajo de cierto voltaje.

- **Baterías Zebra (NaNiCl):** este tipo de baterías son las que mayor potencial ofrecen. Operan a una temperatura que va desde 270 °C hasta los 350 °C lo que requiere un encapsulamiento de protección térmica. Este aislamiento les permite funcionar en cualquier parte del mundo, por muy extremas que sea su temperatura, ya que están aisladas térmicamente. Su gran capacidad de almacenamiento de energía les permite ser usadas en: automóviles, autobuses, incluso trenes, debido a la posibilidad de operar con voltajes de hasta 600v. Cabe destacar que el automóvil eléctrico *Think City*, diseñado por *Porsche Consulting*, está equipado con baterías Zebra.



En la siguiente tabla se muestra la eficiencia energética y otras características de las baterías disponibles en la actualidad.

Tipos de baterías	Energía (WH/kg)	Número de ciclos	Eficiencia energética (%)
ZEBRA	125	1500	92.5
POLÍMERO DE LITIO	200	1000	90.0
IONES DE LITIO	125	1000	90.0
NIQUEL HIDRURO-METÁLICO	70	1350	70.0
NIQUEL-CADMIO	60	1350	72.5
PLOMO-ÁCIDO	40	500	82.5



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 39 – FEBRERO DE 2011

8.2. La pila de hidrógeno

Una posible alternativa a la utilización de baterías la constituye el hidrógeno, sin embargo, el desarrollo del mismo y de las pilas de combustible aún requieren mucha investigación.

Las pilas de combustible son sistemas electroquímicos que convierten la energía liberada en una reacción química en electricidad. A diferencia de las baterías, esta no se agota ni necesita ser recargada, funcionando mientras el combustible y el oxidante le sean suministrados. El combustible comúnmente utilizado es el hidrógeno.

La pila de combustible ofrece ventajas sustanciales sobre la tecnología clásica de combustión, entre las que cabe destacar, la eficiencia energética y que la única emisión producida es vapor de agua. Generalmente los automóviles que utilizan hidrógeno como combustible, son un 22% más eficientes que los movidos por combustibles fósiles.

El problema actual reside en la duración de las pilas, en los costes de fabricación, facilidad de corrosión, fiabilidad, y que no existe la infraestructura necesaria. Se puede afirmar que los electrones son tres veces más eficientes y mucho menos costosos que una hipotética economía del hidrógeno.

8.3. Reservas de Litio

El litio es un elemento más o menos abundante, presente en rocas volcánicas y sales naturales, como el lago salado de *Chabyer* en el *Tibet*.

La gran mayoría de los vehículos eléctricos actuales y los previstos en un futuro cercano, están fabricados con litio. Según esto, la electrificación progresiva del transporte supondrá un aumento importante en el consumo de litio, lo que ha provocado una polémica en cuanto a los recursos de este mineral. Según *William Tahalí* no habrá suficiente litio, por lo que habrá que utilizar materiales alternativos o baterías como la *Zebra*, sin embargo, la mayoría de los geólogos sostienen que no habrá problemas de recursos.

En la actualidad las reservas de litio se estiman en torno a los 20 millones de toneladas. La batería de un vehículo eléctrico es de unos 30 kWh, siendo necesarios 275 gramos para almacenar 1 kWh, por tanto, necesitará unos 8,25 kilogramos de litio. Según lo expuesto anteriormente, con las reservas actuales de litio, se pueden fabricar unos 2.500 millones de vehículos eléctricos, cuatro veces más que todo el parque automovilístico mundial.

9. REDES V2G

V2G se corresponde con las siglas "Vehicle-to-Grid" (del vehículo a la red) y es una tecnología que permite el almacenamiento de electricidad durante las horas valle y su recuperación en las horas punta desde las baterías de los vehículos eléctricos a la red. Es decir, las baterías se cargan durante las horas valle (cuando el kWh es más barato), y ceden (o venden) su energía a la red en horas punta (cuando el kWh es más caro).



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 39 – FEBRERO DE 2011

Se puede afirmar que esta tecnología es beneficiosa para todos: propietarios de vehículos, empresas eléctricas así como para la sociedad en general y el medioambiente.

10. INCENTIVOS FISCALES

Con el fin de generar una mayor demanda de vehículos eléctricos los gobiernos están creando ayudas fiscales y fórmulas comerciales específicas. Un ejemplo característico, consiste en vender el automóvil sin batería, la cual se alquila o factura en función de los kilómetros recorridos, de forma que el coste final, sea lo suficientemente rentable como para desplazar a los vehículos de combustión interna.

En la actualidad, quince estados de la UE, ofrecen incentivos fiscales o ayudas económicas por la compra de automóviles eléctricos. En España, varios gobiernos regionales conceden incentivos fiscales a la compra de vehículos de combustible alternativos, incluyendo vehículos eléctricos híbridos. Algunos ejemplos son:

- Aragón, Asturias, Baleares, Madrid, Navarra, Valencia, Castilla la Mancha, Murcia, Castilla y León: 2000 euros para los híbridos y 6.000 para los vehículos eléctricos puros.
- Andalucía: hasta el 70% de la inversión.

11. BIBLIOGRAFÍA

http://www.evwind.es	Regulación eólica con vehículos eléctricos.
http://www.electricdrive.com	Asociación del transporte eléctrico de EE.UU.
http://www.tecnociencia.es	Página de ciencia y tecnología en España.
http://www.greenbatteries.com	Cuestiones sobre las baterías Li-ion.
http://www.ecoperiodico.com	Recarga inalámbrica
http://cochesecho.com	Funcionamiento de los vehículos eléctricos.
http://www.betterplace.com	Propuestas de infraestructuras para vehículos eléctricos.
http://www.ecolane.co.uk/	Ventajas ambientales del vehículo eléctrico.

Autoría

- Juan Carlos Villar Merino:
- Centro, localidad, provincia: Sin Centro.
- Juanca.villar@gmail.com: