



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SEDE - LATACUNGA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA**

**“ESTUDIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, APLICADAS AL DISEÑO Y
CONTROL DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN UN VEHÍCULO
IMPULSADO ELÉCTRICAMENTE”**

CBOS. DE COM. AMAGUAYA CAJO BYRON DANILO
CBOS. DE COM. SOLANO CARRASCO RICHARD ANDRES

LATACUNGA – ECUADOR

MARZO 2010

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo de graduación fue desarrollado en su totalidad por los señores: CBOS. DE COM. AMAGUAYA CAJO BYRON DANILO y CBOS. DE COM. SOLANO CARRASCO RICHARD ANDRES , previo a la obtención de su Título de Tecnólogo Electrónico, bajo nuestra supervisión.

Latacunga, Marzo del 2010

Ing. José Bucheli.

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Galo Ávila.

CODIRECTOR DEL PROYECTO

AUTORIZACIÓN

Yo , Byron Danilo Amaguaya Cajo, como autor del proyecto de grado “ESTUDIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, APLICADAS AL DISEÑO Y CONTROL DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN UN VEHÍCULO IMPULSADO ELÉCTRICAMENTE”, autorizo la publicación del presente proyecto de grado en la biblioteca virtual de la ESPE.

Latacunga , Marzo del 2010

Byron Danilo Amaguaya Cajo

AUTORIZACIÓN

Yo, Richard Andrés Solano Carrasco, como autor del proyecto de grado “ESTUDIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, APLICADAS AL DISEÑO Y CONTROL DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN UN VEHÍCULO IMPULSADO ELÉCTRICAMENTE”, autorizo la publicación del presente proyecto de grado en la biblioteca virtual de la ESPE.

Latacunga, Marzo del 2010

Richard Andrés Solano Carrasco

DECLARACIÓN

Yo , Byron Danilo Amaguaya Cajo, declaro que soy el autor y responsable del proyecto de grado “ESTUDIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, APLICADAS AL DISEÑO Y CONTROL DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN UN VEHÍCULO IMPULSADO ELÉCTRICAMENTE” .

Latacunga , Marzo del 2010

Byron Danilo Amaguaya Cajo

DECLARACIÓN

Yo , Richard Andrés Solano Carrasco , declaro que soy el autor y responsable del proyecto de grado “ESTUDIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, APLICADAS AL DISEÑO Y CONTROL DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN UN VEHÍCULO IMPULSADO ELÉCTRICAMENTE” .

Latacunga, Marzo del 2010

Richard Andrés Solano Carrasco

AGRADECIMIENTO

La forma mas especial y sencilla de realizar un objetivo y alcanzarlo es, expresando un profundo agradecimiento a todos quienes mancomunadamente nos brindaron su apoyo para la realización de este proyecto, en especial a Dios nuestro creador, a mi mis Padres y mis hermanos quienes con su amor y conocimiento supieron apoyarme e inculcar en mi valores y principios para culminar esta etapa de mi vida, sin olvidar a nuestros maestros quienes con sabiduría supieron sembrar en nosotros conocimientos y técnicas para nuestro desarrollo profesional, en especial a nuestro Director y Codirector de proyecto y a todos quienes hicieron posible la realización del mismo.

BYRON AMAGUAYA

DEDICATORIA

**No importa que tan difícil sea tu sueño,
si crees en el, alguien lo hará realidad.**

LORD BYRON

Dedico este trabajo realizado con esfuerzo, sacrificio y entereza a todas las personas que hicieron posible para que mi sueño se cumpla, en especial al ser supremo que es Dios, a mis adorados Padres Sr. Luis A. Amaguaya y Sra. Luz M. Cajo, a mis hermanos Carmita, William y Aníbal a mis hermanos políticos Julio y Fanny y a mis sobrinos Andrés y Fabricio quienes con experiencia supieron inculcarme el sentido de la responsabilidad y de mi personalidad en forma concreta e integra para lograr este objetivo trazado en mi vida, del que hoy se sienten completamente orgullosos.

BYRON AMAGUAYA

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las cosas que me ha otorgado en la vida, guiando siempre el sendero de la misma.

Al ser que siempre me tuvo en pie, nunca me dejó desmayar con ese espíritu y su ideología muy particular.

A mis padres los pilares de mi vida, apoyo constante, ejemplo y dedicación, el verdadero amor que se puede encontrar.

A mis hermanos parte especial de mi vida con su apoyo, y lealtad.

A todos quienes aportaron con una página más a mi vida, ingenieros, compañeros y amigos.

RICHARD A. SOLANO C.

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mi madre, por su ejemplo demostrado y logros alcanzados, el mejor libro que Dios me pudo otorgar.

RICHARD A. SOLANO C.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las concentraciones de gases invernadero están creciendo rápidamente como consecuencia de la acción humana. El uso generalizado de los combustibles fósiles, el debilitamiento de la capa de ozono y la destrucción de las masas forestales están favoreciendo el aumento de la temperatura de la tierra, provocando cambios drásticos en el clima mundial y haciéndolo cada vez más impredecible. A medida que una sociedad es más desarrollada consume más energía, pero la energía que se obtiene del carbón, del petróleo y del gas no se renueva y se va agotando año tras año.

Lo inteligente es ir aprovechando otras fuentes de energía que están a nuestra disponibilidad : viento, sol, agua, residuos, etc. las cuales son renovables año tras año, no se agotan y además no contaminan el ambiente, lo que significa una doble ventaja para el mundo. En septiembre de 2009, la Unión Europea en sus orientaciones políticas para la próxima comisión declaró que la próxima comisión debe mantener el impulso hacia la descarbonización del sector del transporte, así como el aprovechamiento de estas energías en el desarrollo de vehículos limpios y eléctricos.

El estudio demuestra que los vehículos eléctricos pueden, en principio, contribuir sustancialmente a la reducción de las emisiones de carbono del transporte, comparados con los vehículos de motor de combustión interna más avanzados. El desarrollo tecnológico, en concreto lo referente a las baterías al sistemas de almacenamiento energético, y la mayor concienciación del mercado han creado el clima ideal para el desarrollo mundial de vehículos eléctricos. Muchas de las recientes investigaciones tanto académicas, como de mercado y políticas sugieren que los vehículos híbridos y eléctricos jugarán un importante papel en la movilidad

del mañana. Evidencias reales apoyan esta conclusión: primero el vehículo híbrido se ha posicionado con éxito en el mercado y actualmente todos los grandes fabricantes de vehículos están desarrollando y/o llevando a cabo acciones de marketing sobre los vehículos de baterías. Además, países como EEUU, China, Japón, Australia e Israel están investigando en profundidad la movilidad eléctrica. En la UE, se están desarrollando programas de vehículos eléctricos con distintos niveles de oferta en Francia, Alemania, España, Gran Bretaña, Dinamarca, Portugal y Polonia.

En el primer capítulo se realiza un estudio de las energías renovables su producción, almacenamiento, y la aplicación al desarrollo del vehículo eléctrico, así como las partes fundamentales del mismo.

El segundo capítulo está orientado al sistema mecánico, sistema de tracción, sistema eléctrico y aplicación del freno regenerativo.

En el capítulo tres se realiza un estudio del desempeño total del vehículo así como sus alcances y limitaciones.

En el cuarto capítulo exponemos conclusiones y recomendaciones realizadas durante el estudio del mismo.

CAPÍTULO I

1.1.- INTRODUCCIÓN¹

En los últimos años los grandes índices de contaminación han aumentado de manera elevada la crisis ambiental, el factor más elevado de contaminación es el transporte, en general, es responsable de la mayor parte de las emisiones a la atmósfera de las partículas contaminantes que son expulsadas diariamente por los vehículos a motor que usamos. Dichos vehículos obtienen su capacidad de movimiento y transporte gracias a los motores de combustión interna, que tanto han hecho por la evolución tecnológica y social de la humanidad, pero con un precio demasiado alto. Estos motores son los responsables en gran medida de las aportaciones de contaminantes gaseosos a la atmósfera causantes del aumento del efecto invernadero (CO₂), del incremento de la lluvia ácida (SO₂, NO₂), así como de la mayor incidencia de ciertas afecciones pulmonares en las ciudades (partículas sólidas y compuestos orgánicos volátiles) [C.O.V].



Figura 1.1: El vehículo del futuro

¹ <http://www.evwind.es/>

En este estudio se pueden considerar muchas variables para su análisis: tipo de vehículo, tipo de combustible (gasóleo, gasolinas, queroseno en aviones, y nuevas clases de energías renovables...) año de fabricación y tipos de contaminantes emitidos por estos motores a la atmósfera.

1.2.- IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1.- ANTECEDENTES

Los automóviles, y en general los motores industriales, actualmente utilizados, usan como combustible el petróleo o gas para su locomoción. Generalmente, la forma de frenar de estos motores es por medio de fricción. Al realizar este proceso, la energía cinética que se había almacenado debido al movimiento, no se lo puede utilizar puesto que esta se disipa en forma de calor. Esto implica que cada vez que se frene, el automóvil pierde su energía cinética almacenada.

En la práctica, esta pérdida se ve reflejada en la eficiencia del motor, produciendo así mayores costos y un alto desprendimiento de gases contaminantes a la atmósfera, ya que las fuentes de energía actuales no son renovables.

Para resolver este problema se han realizado estudios que permiten convertir la energía cinética de un automotor en energía eléctrica, y optar por el cambio completo de un motor de combustión interna por un motor de propulsión totalmente eléctrico que se almacena en los momentos en los que se requiere frenar, ya sea para disminuir su velocidad o para mantenerla cuando una fuente externa actúa sobre ella, como es el caso de un vehículo que va por una pendiente de bajada que requiera ir a una velocidad determinada, aprovecha su energía al máximo.

En este proyecto se busca reducir este inconveniente a partir de un estudio que logre cambiar el concepto de un motor de combustión interna por un motor eléctrico el cual utiliza la energía renovable hidráulica (energía eléctrica producida por la fuerza mecánica del agua) ya que cumple las características regenerativas de su energía cinética y transformarla energía eléctrica sin disiparla para así almacenarla y aumentar la eficiencia del motor.

Además de existir la energía de los combustibles fósiles la nueva tendencia de aportar al cero porcentaje de emisiones contaminantes son las nuevas formas de energía renovables las cuales se obtiene de diferentes fuentes como son la energía hidráulica (energía eléctrica), eólica, geotérmica, biomasa, energía solar fotovoltaica, energía solar eléctrica, energía solar térmica, hidrogeno entre otras.

Para este fin se decidió aprovechar las características de los motores eléctricos, para transformar la energía almacenada durante el movimiento en energía eléctrica, una de las energías renovables la cual puede ser almacenada en un banco de baterías dispuestas para este fin.

1.3.- ENERGÍAS RENOVABLES

El aprovechamiento por el hombre de las fuentes de energía renovable, entre ellas las energías solares, eólica e hidráulica, es muy antiguo; desde muchos siglos antes de nuestra era ya se utilizaban y su empleo continuó durante toda la historia hasta la llegada de la "Revolución Industrial", en la que, debido al bajo precio del petróleo, fueron abandonadas.

Durante los últimos años, debido al incremento del coste de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos asistiendo a un renacer de las energías renovables.

Las energías renovables son inagotables, limpias y se pueden utilizar de forma auto gestionada (ya que se pueden aprovechar en el mismo lugar en que se producen). Además tienen la ventaja adicional de complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas. Las fuentes renovables de energía se basan en los flujos y ciclos naturales del planeta. Son aquellas que se regeneran y son tan abundantes que perdurarán por cientos o miles de años, las usemos o no; además, usadas con responsabilidad no destruyen el medio ambiente. La electricidad, calefacción o refrigeración generadas por las fuentes de energías renovables, consisten en el aprovechamiento de los recursos naturales como el sol, el viento, los residuos agrícolas u orgánicos. Incrementar la participación de las energías renovables, asegura una generación de electricidad sostenible a largo plazo, reduciendo la emisión de CO₂. Aplicadas de manera socialmente responsable, pueden ofrecer oportunidades de empleo en zonas rurales y urbanas y promover el desarrollo de tecnologías locales.

1.3.1.- ENERGÍA EÓLICA



Figura 1.2: Activistas y voluntarios de Greenpeace instalan molinos de viento ante el Monumento a la Revolución para mostrar la viabilidad de la energía eólica

Es la fuente de energía que está creciendo más rápidamente y, si los gobiernos le aseguran el apoyo necesario, podría cubrir en el 2020 el 12% de toda la electricidad mundial. La energía eólica requiere condiciones de intensidad y regularidad en el régimen de vientos para poder aprovecharlos. Se considera que vientos con velocidades promedio entre 5 y 12.5 metros por segundo son los aprovechables. El viento contiene energía cinética (de las masas de aire en movimiento) que puede convertirse en energía mecánica o eléctrica por medio de aéreo turbinas, las cuales están integradas por un arreglo de aspas, un generador y una torre, principalmente.

1.3.2.- ENERGÍA SOLAR



Figura 1.3: Seguidor solar con 44 paneles fotovoltaicos (SOLÉNER)

La energía solar que recibe nuestro planeta es resultado de un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el interior del sol. Esa radiación solar se puede transformar directamente en electricidad (solar eléctrica) o en calor (solar térmica). El calor, a su vez, puede ser utilizado para producir vapor y generar electricidad.

La energía del sol se transforma en electricidad mediante células fotovoltaicas, aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores. El material base para la fabricación de la mayoría de las células fotovoltaicas es el silicio. La eficiencia de conversión de estos sistemas es de alrededor de 15%. Así, un metro cuadrado puede proveer potencia suficiente para operar un televisor mediano.

Para poder proveer de energía eléctrica en las noches, las celdas fotovoltaicas requieren de baterías donde se acumula la energía eléctrica generada durante el día. En la actualidad se están desarrollando sistemas fotovoltaicos conectados directamente a la red eléctrica, evitando así el uso de baterías, por lo que la energía que generan se usa de inmediato.

1.3.3.- ENERGÍA GEOTÉRMICA



Figura 1.4: Planta de Energía Geotérmica ubicada en Chernóbil

La energía geotérmica se obtiene aprovechando el calor que emana de la profundidad de la Tierra. La energía geotérmica se produce cuando el vapor de los yacimientos es conducido por tuberías. Al centrifugarse se obtiene una mezcla de agua y vapor seco, el cual es utilizado para activar turbinas que generan electricidad.

En términos estrictos no es una energía renovable, pero se le considera como tal debido a que existe en tan grandes cantidades que el ser humano no verá su fin y con un mínimo de cuidados es una energía limpia. Este calor también se puede aprovechar para usos térmicos.

1.3.4.- ENERGÍA HIDRÁULICA

Una aplicación muy interesante para pequeñas instalaciones cerca de saltos de agua es la mini central hidráulica, con potencias entre 5 KW y 100 KW, pudiéndose combinar con otras energías son enormes, ya que las tres cuartas partes de la humanidad carecen de energía eléctrica con la que se puede obtener agua potable, iluminación, herramientas eléctricas, conservación de los alimentos o acceso a la cultura (medios audiovisuales). Actualmente estos sistemas constituyen la mejor ayuda directa para el tercer mundo.

1.3.5.- BIOMASA



Figura 1.5: Elementos Orgánicos generadores de energía a través de Biomasa

La biomasa se refiere a la madera, a las cosechas, a los residuos de la cosecha o a la basura del arbolado urbano que se quema para hacer girar las turbinas y obtener electricidad. Biogás se le llama al metano que se puede extraer de estos residuos en

un generador de gas o un digestor. El biogás se puede también extraer del abono animal y puede ser quemado para producir electricidad. Los combustibles de la biomasa y del biogás se pueden almacenar para producir energía.

La biomasa es potencialmente carbón neutro porque el dióxido de carbono que se emite cuando es quemado es igual a la cantidad que fue absorbida de la atmósfera mientras que la planta creció. Hay bastante biomasa para proporcionar un porcentaje significativo de la electricidad generada. Usar este combustible podría también reducir el consumo del combustible fósil y la contaminación atmosférica. Desafortunadamente, la mayoría de los residuos agrícolas se quema actualmente al aire libre.

De ninguna manera se incluyen como biomasa los desechos sólidos, peligrosos, hospitalarios u otro tipo de basura que produzca contaminación atmosférica, como la quema llantas. De igual forma, por la incertidumbre que rodea el tema, se descartan los residuos de cosechas modificadas genéticamente.

1.4.- APLICACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES²

La energía térmica posee un sinfín de aplicaciones, pero se emplea principalmente para abastecer a los sistemas de calefacción y para proveer agua caliente a los sistemas sanitarios; los equipos domésticos de alta tecnología cuentan con un desarrollo fiable y económico, pueden funcionar a base de energía solar o de otras fuentes. En el primer caso no debemos depender únicamente de los días soleados ya que los equipos actuales cuentan con depósito y un sistema energético auxiliar en donde se almacena toda la energía recogida durante días lo que nos permite utilizarla luego durante la noche.

² <http://www.solener.com/energiarenovable.index.html>

La cocina es otro de los lugares en donde se utiliza la energía térmica, siempre y cuando nos refiramos a las cocinas solares; en ellas se pueden cocinar la mayoría de los platos que haríamos con un horno convencional con la ventaja de que en una cocina solar obtenemos un plato de manera ecológica. El único inconveniente de estos dispositivos es que necesita de un período de tiempo mucho más extenso para que los alimentos alcancen las temperaturas de cocción.

La energía térmica no se ha explotado convenientemente aún pero, de acuerdo a varios entendidos, este proceso no demorará mucho tiempo; son muchas las naciones que han presentado planes y proyectos para incursionar en este recurso aprovechando sus beneficios al máximo. Seguramente, en pocos años, encontraremos muchos más hornos y radiadores solares que hoy en día.

1.4.1.- LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La electrificación del transporte puede suponer el gran salto que necesitan las energías renovables destinadas a la generación de electricidad para consolidarse y superar sus inconvenientes de no gestionabilidad y de no garantizar el suministro.

La eólica es la que presenta, con mucho, el mayor potencial a corto y medio plazo, pero la fotovoltaica también puede proporcionar electricidad en lugares aislados o no conectados a la red con sencillas pérgolas (ya hay modelos patentados) o en garajes con cubiertas fotovoltaicas, y la solar (termoeléctrica) jugará un papel importante en determinadas regiones, como el sur de España y el suroeste de Estados Unidos, o Israel, donde el proyecto de electrificación del transporte va ligado día a día.



Figura 1.6: Vehículo eléctrico

Las baterías pueden recargarse cuando “sobra” electricidad de origen eólico, y en un futuro no muy lejano pueden verter la electricidad almacenada a la red en las horas punta, actuando como un sistema de almacenamiento distribuido, de forma similar a las centrales reversibles de bombeo, pero a una escala mucho mayor e implicando a miles o millones de vehículos que, además, pasan la mayor parte del tiempo aparcados.

Por el contrario, las fuentes de energía química como el carbón, el petróleo y, sobre todo, el gas natural, son mucho más flexibles para adaptarse a la curva de demanda de la red, y pueden modularse en función de la demanda. La no gestionabilidad actual de la eólica y otras energías renovables se utiliza para atacar su desarrollo, y limitarlo a un arbitrario 10% o 20 % de la demanda eléctrica, pues si se traspasase este límite las dificultades para gestionar a la red serían insalvables.

El consumo eléctrico de una reconversión paulatina del parque de vehículos. Un vehículo que consuma 14 kW/h por cada 100 km (los consumos oscilan bastante, de 10 a 20 kW/h por cada 100 km), y que recorriese unos 15.000 km anuales (una media aceptable), consumiría al año 2.100 kW/h.

El parque de vehículos, según los últimos datos de la D.G.T.³, Dirección General de Transporte de la Unión Europea asciende a 30,3 millones, de los que 21,8 millones son de turismos. Su consumo anual total ascendería a unos 80.000 GW/h. Esta electricidad la podrían producir, en teoría, unos 37.000 MW eólicos. Para 2020 habrá unos 40.000 MW eólicos en tierra, más otros 5.000 MW de eólica marina, y después del 2020 la potencia seguirá aumentando, además del desarrollo de la solar termoeléctrica y la fotovoltaica, que pueden aportar cada una unos 20.000 MW en 2020.

La energía eólica, por sí sola, podría suministrar en teoría toda la electricidad necesaria para electrificar el parque de vehículos existente en América Latina, aunque lo lógico será un mix equilibrado y variable, que habrá que determinar cuando empiece la electrificación del transporte.

1.5.- VENTAJAS

- Una vez realizada la instalación y hecha la inversión inicial, no se originan gastos posteriores; el consumo de energía eléctrica es totalmente gratuito.
- La instalación con paneles fotovoltaicos es de tipo modular; si aumentan las exigencias de consumo, puede aumentarse el número de paneles sin necesidad de intervención de especialistas.
- No usa combustibles, eliminando la incomodidad de tener que aprovisionarse y el peligro de su almacenamiento.

http://www.mundoauto.com.es/index_ref-UE.html

- La electricidad que se obtiene es en forma de corriente continua y generalmente a bajo voltaje, con lo que se evita el riesgo de accidentes, tan peligrosos en las líneas actuales.
- La energía solar se produce en el mismo lugar donde se consume: no necesita transformadores, ni canalizaciones subterráneas, ni redes de distribución a través de las calles.
- Impacto ambiental nulo: la energía solar no produce desechos, ni residuos, basuras, humos, polvos, vapores, ruidos, olores, etc. Al ser la única energía natural, origen de todas las demás, no contamina la naturaleza, ni descompone el paisaje con torres, postes y líneas eléctricas.
- Resistencia a las condiciones climatológicas más adversas: lluvia, nieve, viento, granizo.
- No necesitan mantenimiento: los paneles solares no tienen piezas móviles y se limpian con la lluvia.
- Es posible el aprovechamiento de las instalaciones convencionales, suministrando corriente alterna a 220 V, mediante el empleo de inversores.
- Las dimensiones de los paneles son muy reducidas, pudiendo instalarse fácilmente sobre el tejado de cada vivienda, con la única precaución de que reciban la luz del sol directamente y sin sombras durante todo el día.
- Ambas energías, solar y eólica, tienen la ventaja de complementarse entre sí. La radiación solar suministra energía los días despejados (por lo general días con poco viento), mientras que los días fríos y ventosos (generalmente nublados) es el viento el que proporciona la energía suficiente para hacer funcionar el aerogenerador.
- La energía renovable eléctrica es utilizada en la actualidad en todas las producciones del sector económico y debido al calentamiento global los vehículos eléctricos están llamando la atención a nivel mundial para su uso.⁴

⁴ Datos obtenidos del Sistema de Regulación Eólica por el Director Técnico de la Asociación Empresarial Eólica. José Santamarta colaborador en el proyecto REVE Regulación Eólica con Vehículos Eléctricos.Ed.232

1.6.- EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Un vehículo eléctrico es capaz de lograr una eficiencia energética mucho mayor que la de uno movido mediante un ICE. Siglas en inglés (Internal Combustion Energy) (Energía de Combustión Interna) La técnica bien establecida del "frenado regenerativo" puede recapturar la energía del movimiento que está ahora disipada (y desperdiciada) en los frenos de las ruedas, y retroaccionarla en las baterías del vehículo. Los motores eléctricos empleados para accionar las ruedas funcionan también como generadores eléctricos que toman energía de las ruedas y la vuelven a convertir en energía eléctrica.

De esta manera, la eficiencia energética del vehículo es duplicada o triplicada. Dependiendo de las condiciones de manejo, debería ser posible alcanzar cerca de 80 millas por galón de gasolina, sin reducir el tamaño del vehículo o restringir el estilo y la comodidad de los pasajeros.

1.6.1.- EL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL

Los estudios parciales sobre la eficiencia energética en el vehículo eléctrico se han desarrollado, incorporando los resultados del alcance del ciclo de vida que afectan al consumo de las plantas de energía primaria, la construcción de las mismas y el sistema de transporte y distribución. En el caso del motor eléctrico se considerarán tres supuestos evolutivos: Standard efficiency, High efficiency, Premium efficiency. Finalmente se compararán con los atribuidos al automóvil tipo gasolina/diesel/bio, al objeto de sacar conclusiones en relación al balance energético.

1.6.1.1.- Generación mixta de energía primaria

La cadena energética que conduce a la alimentación de cualquier vehículo eléctrico, coche, autobús, furgoneta, etc., parte de la generación de energía primaria atendiendo a la estructura mixta que suponen las distintas centrales, la cual a su vez

varía según los entornos geográficos de referencia. La publicación de la eco-ficha “Balance ambiental de energía para la generación de 1 kW/h eléctrico”, permite obtener, en relación a la eficiencia energética, el rendimiento medio ponderado de cada uno de los cuatro apartados en que este trabajo agrupa a las unidades generadoras, según se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Rendimientos medios de grupos generadores

Tipo de unidad generadora	Rendimiento medio atribuido
Carbón/Fuel/Gas/ Ciclo combinado	28.9 %
Nuclear	22.3 %
Hidráulica	71.2 %
Eólica / Resto de renovables	54.6 %

1.6.1.2.- Cadena energética relativa al vehículo eléctrico

El esquema mostrado en la Figura 1.7, sintetiza las cinco etapas en que agrupamos la cadena energética, así como la denominación de rendimientos (η):

- 1.- Sistema mixto generador: η_g
- 2.- Transporte y distribución: η_t
- 3.- Convertidor electrónico y batería: $\eta_c \cdot \eta_b$
- 4.- Motor eléctrico: η_m
- 5.- Sistema mecánico del vehículo: η_{mec}

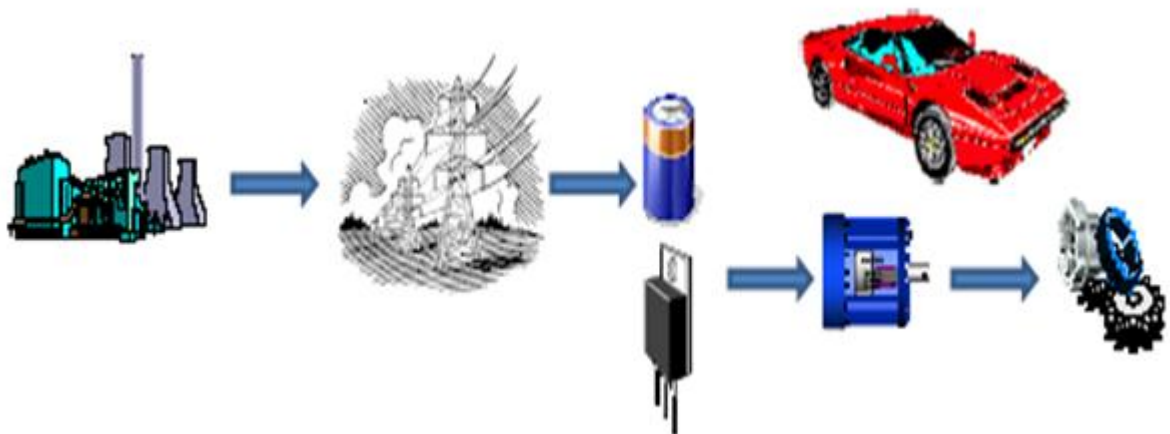


Figura 1.7: Cadena energética relativa al vehículo eléctrico

Las pérdidas atribuidas en transporte y distribución para EU son del 6,32 %, según [1] ⁵de aquí que adoptaremos el rendimiento $\eta_t = 93,7\%$ para el conjunto. El controlador electrónico de potencia incorporará un equipo a base de rectificador, ondulador e inductancia, que de acuerdo con ABB [3], permite estimar un rendimiento $\eta_c = 97,0\%$. Una batería del tipo Ion-Li con una resistencia interna media de $0.175 \text{ m}\Omega$, presenta un rendimiento eléctrico del $99,14\%$ [4], que reunido con $99,63\%$ correspondiente a la conducta térmica, determina para la batería un rendimiento $\eta_b = 98,8\%$.

En relación con el motor eléctrico, el rendimiento promedio para las potencias comprendidas entre 4 y 45 kW, de la serie $2p=4$ polos, que indica la publicación [5] para cada uno de los tres niveles consignados en Electric Motor MEPS Guide (2008); estimándose según la tabla siguiente:

⁵ [1] Ferreira. Uso de diferentes fuentes de energía para la generación de 1 kWh- eléctrico. Leonardo Energy. European Copper Institute. 2008. <http://www.mundofuturo.com.es>

Tabla 1.2: Rendimiento del motor según tipo⁶

Tipo de Motor	Rendimiento Motor η_m (%)
Standard efficiency	87,4
High efficiency	89,9
Premium efficiency	91,4

Los rendimientos anteriores se corregirán por la alimentación del motor según técnicas PWM, mediante la equipartición de pérdidas fijas y variables, asignando a estas últimas una corrección por armónicos, siendo la tasa de distorsión total armónica estimada en el 47%.

No se tendrá en cuenta el retorno energético por frenado regenerativo que un control inteligente debe permitir, ni la pérdida de rendimiento por trabajo distinto al de rendimiento óptimo, entendiéndolas como compensadas entre sí. En esta compensación se incluirá el consumo por servicios auxiliares del vehículo (luces, indicadores, vidrios, confort, etc.) Como consecuencia de lo expuesto, los rendimientos del motor η_m , para cada referencia son los indicados en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3: Rendimiento del motor corregido

Tipo de motor	Rendimiento η_m (%)
Standard efficiency	86,0
High efficiency	88,7
Premium efficiency	90,2

⁶ [2] REE. El sistema eléctrico español. Avance del informe 2007. Red eléctrica de España. Madrid. 2007

[3]-[4]-[5] Emg .Guía técnica de accionamientos de ca. Electric motor guide. Zurich. 2009.

<http://www.evwind.es>

Finalmente el sistema mecánico que comprenderá la transmisión de esfuerzos y los sistemas auxiliares de seguridad, tendrán asignado un rendimiento en conjunto $\eta_{mec} = 80,0\%$. El rendimiento η^7 representativo en la ecuación [1.1] de la eficiencia energética, según la cadena establecida en España y demás países que fabrican vehículos eléctricos en el mundo será igual producto de los rendimientos de la fuente generadora de energía, al transporte, el rendimiento del convertidor de energía, al rendimiento de la batería, al rendimiento del motor y por el rendimiento de su sistema mecánico:

$$\eta = \eta_g * \eta_t * \eta_c * \eta_b * \eta_m * \eta_{mec} \quad [1.1]$$

Donde:

η = Rendimiento representativo.

η_{mec} = Rendimiento mecánico.

η_m = Rendimiento del motor.

η_b = Rendimiento de la batería.

η_c = Rendimiento del convertidor.

η_t = Rendimiento del transporte.

η_g = Rendimiento de la fuente generadora.

1.7.- SISTEMAS ELÉCTRICOS

El corazón de un vehículo eléctrico es la combinación de:

- El motor eléctrico.
- El controlador del motor.
- Las baterías.

⁷ [η] - Rendimiento representativo. Documento -Departamento de Ingeniería Eléctrica - Universidad Politécnica de Catalunya EUETIB-C/Urgell, 187-08036 Barcelona. http://www.evwind.es_index654rendimiento.pdf

Pero en la actualidad el verdadero corazón de un vehículo está en su controlador y en las baterías dejando al motor en un segundo plano, debido a que las distintas tecnologías electrónicas y eléctricas diseñan el controlador de manera óptima, así como su batería de gran capacidad de almacenamiento y de tamaño reducido, dado que el motor ya sea AC o CD tiene el mismo funcionamiento fundamental.

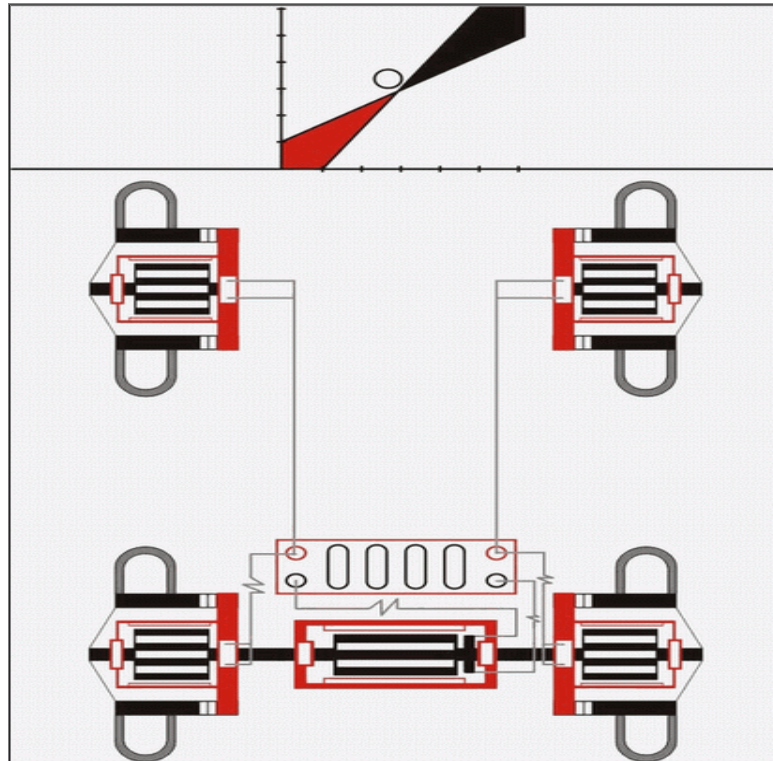


Figura 1.8: Diagrama interno de un vehículo eléctrico⁸

Este automóvil eléctrico que usa básicamente el empuje, la inercia de la velocidad como fuente de energía, trae otro tipo de motor y/o generador eléctrico que lo hace más eficiente. Este motor y/o generador usado en las ruedas produciría casi el doble de electricidad, pero su uso no solo se limita a los automóviles. También puede ser aprovechado en hidroeléctricas, molinos de energía eólica, etc.

⁸ <http://www.monografias.com/trabajos53/automovil-electrico/automovil-electrico.html>

Al acelerar el conductor pisa el pedal del vehículo, el controlador entrega los 96 voltios de las baterías al motor. Si el conductor quita su pie del acelerador, el controlador entrega cero voltios al motor. Para cualquier punto intermedio, el controlador hace entregas intermitentes de los 96 voltios miles de veces por segundo para crear una media tensión en algún punto entre 0 y 96 voltios.

1.8.- ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

1.8.1.- EL MOTOR ELÉCTRICO

Los vehículos eléctricos pueden utilizar motores AC o DC.

- Si el motor es de CC, entonces puede funcionar desde 96 a 192 voltios. Muchos de los motores utilizados en vehículos eléctricos provienen de la industria de los montacargas eléctricos.
- Si se trata de un motor de CA, entonces probablemente será de tres fases y el motor funcionará a 240 voltios AC con un paquete de baterías de 300 voltios.

Las instalaciones DC tienden a ser más sencillas y menos costosas. Un típico motor estará en la gama de los 20.000 a 30.000 vatios. Un típico controlador estará en la gama de los 40.000 a 60.000 vatios (por ejemplo, un controlador de 96 voltios entregará un máximo de 400 o 600 amperios)



Figura 1.9: Motor eléctrico en el modelo seleccionado un Ckery QQ. 1100 cc. 16 válvulas con dirección hidráulica y aire acondicionado

En la figura al vehículo se le ha dotado de un motor eléctrico con una potencia de 60 HP cuyo régimen alcanza las 12.000 r.p.m. Proporciona un rendimiento energético muy elevado del 90%, claramente superior al de los motores térmicos o de combustión interna. El motor eléctrico está acompañado de un reductor que reemplaza a la caja de cambios, que se monta habitualmente en los motores térmicos.

Dicho reductor posee una única relación fija de desmultiplicación. La energía eléctrica se transmite así al motor a través de una U.E.P. (Unidad Electrónica de Potencia o Controlador) que incluye un ondulator conocido como el controlador electrónico y que permite la alimentación del rotor del motor.

Los motores DC tienen la característica de que pueden extralimitarse (hasta un factor de 10 a 1) durante cortos períodos de tiempo. Es decir, un motor de 20.000 vatios aceptará 100.000 watts por un corto período de tiempo y entregará 5 veces los caballos de su fuerza nominal. Esto es excelente para cortas aceleraciones.

Pero las instalaciones de AC permiten el uso de casi cualquier motor industrial de tres fases, con lo que se puede hacer la búsqueda de un motor con un determinado tamaño, forma o potencia nominal de forma mucho más fácil.

Los motores de corriente alterna AC y los controladores tienen a menudo una característica de regeneración. Durante el frenado, el motor se convierte en un generador de energía y devuelve energía a las baterías.

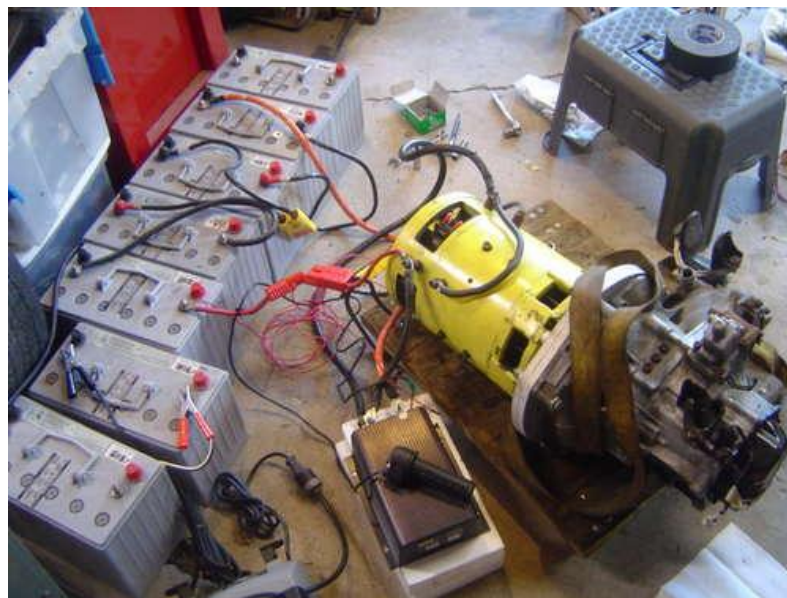


Figura 1.10: Prueba del motor conectado al controlador y a la transmisión

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos⁹.

⁹ Frenos regenerativos –<http://www.wikipedia.org/noticias-frenoregenerativo.html>

Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías. Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos eléctricos para aprovechar las ventajas de motor como de generador.

Los motores de corriente alterna y los motores de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cuál establece que si un conductor por el cual circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

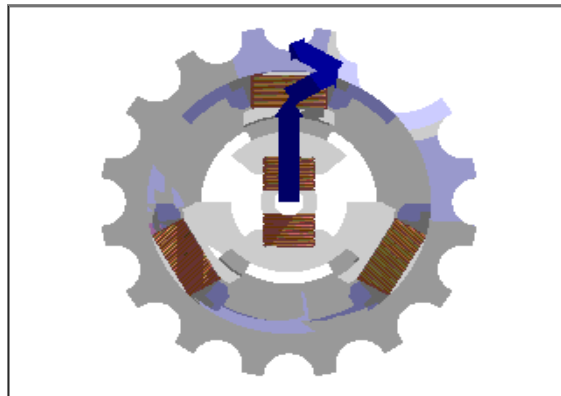


Figura 1.11: Campo magnético que rota como suma de vectores magnéticos a partir de 3 bobinas de la fase

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.



Figura 1.12: Rotor de un motor eléctrico

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente eléctrica por un conductor se produce un campo magnético, además si se lo pone dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado eje el mismo que va conectado a engranajes y chumaceras para utilizar su energía.

1.8.1.1.- Cálculos preliminares de elementos eléctricos

1.8.1.2.- Potencia del motor:

Para definir esto se deben tener en cuenta parámetros tales como peso del vehículo, fuerzas de fricción, fuerza de resistencia del viento.

Suponiendo peso del vehículo de 1000 Kg total con pasajero.

Fuerza debido al peso sobre el piso = $1000 \times 9.8 = 9800$ (N)

Coeficiente asfalto = 0.17

Fuerza de fricción cinética = $F_k = 0.017 \times 9800 = 166.6$ (N)

Fuerza por fricción con el aire = $F_a = 0.0332 \times \text{vel.} \times \text{vel.}$

Resistencia (fricción) = $F_k + F_a = 166.6 + 0.0332 \times \text{vel.} \times \text{vel.} = 286.12$ Newton

Potencia = Resistencia \times vel. / 3,6 en Watt.

Si velocidad es de 60 Km/H entonces Potencia = 4769(W)



Figura 1.13: Placa de especificaciones adaptada al motor

Considerando pérdidas mecánicas totales de un 50% se tiene:

$$\text{Potencia motor} = 4769/0.5 = 9538 \text{ (W)}.$$

En forma práctica este vehículo eléctrico de poco peso (no más de 1000 Kg) requiere una P_{min} . de 9.5 KW a 60 Km/h. Por lo tanto, se utilizará un motor de CC. de 48 V y 4 Kw de régimen con una P_{max} . de 21 HP.

1.8.1.3.- Cálculo del banco de baterías¹⁰

Se tiene: corriente del motor = potencia/ voltaje del banco

Suponiendo 9.5 Kw y un voltaje de 48 Vcc tendremos corriente $I = 9500/48 = 198 \text{ A}$

Este valor es teórico a máxima velocidad, en la práctica depende de la pendiente con que se esté desplazando el auto en el terreno.

De la curva asintótica típica de una batería (a mayor corriente menor capacidad) obtenemos:

Capacidad de la batería= $198 \times 100/\%$ para la autonomía en horas.

Normalmente una batería al 50 % de descarga

¹⁰ Cálculos preliminares de elementos eléctricos para el Ckery QQ. 1100 cc proyecto de vehículo eléctrico de uso diario con sistema de recarga solar descripción técnica .http://www.vehiculosverdes.com/index_motores?/

Capacidad = $198/0.5 = 396$ AH Amperios/hora o Colombs (en 1 hora de autonomía)

Se requiere un banco de 19 Kw. para 60 km.

Se puede disponer del 80 % de descarga

Capacidad= $198/0.8= 247.5$ AH Requerimos un banco de 11.8 KW, para 60 km.

Cargador de batería:

Alimentación de 220 V CA

Corriente de carga: 20 % de la capacidad de la batería.

Tiempo de carga: 6 horas. Quien recomienda un cargador de 3 etapas, 48 V 40 A

Elementos de control:

Se utiliza un contactor para 48 V y una capacidad de 600 A y dos fusibles de corte rápido de 48 V y 325 A. Una llave de corte general (disponible en la posición del conductor) con capacidad de manejar 700 A. Se aconseja la colocación de un disyuntor de corte inercial para la eventualidad de una colisión en el transito. Además, disponer de medidores de estado de baterías.

1.8.2.- EL CONTROLADOR ELECTRÓNICO

En los últimos años los sistemas difusos se han venido consolidando como una herramienta útil para tratar y modelar sistemas complejos y no lineales. Las técnicas de inteligencia artificial se han convertido en una herramienta fundamental para abordar problemas complejos incluyendo el área de Control Automático.

El modelo se basa en un proyecto que creó una herramienta dinámica de simulación usando modelaje desde el nivel más bajo para los componentes eléctricos y mecánicos de un auto eléctrico. Al contrario de otras versiones desarrolladas que usan modelos estáticos de subsistemas internos para establecer las relaciones de eficiencia y características de operación del vehículo; el modelo a desarrollarse simulará las ecuaciones dinámicas del vehículo.

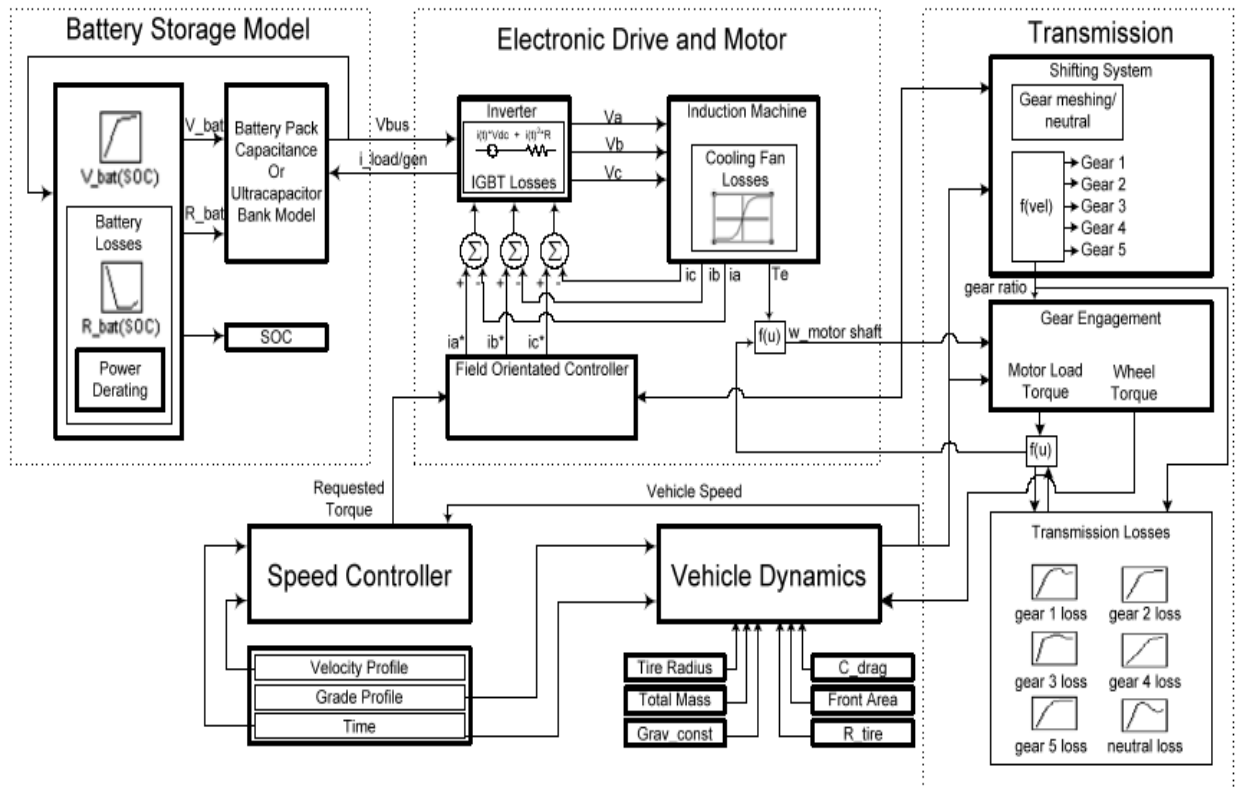


Figura 1.14: Interacciones entre los subcomponentes del vehículo eléctrico¹¹

En la figura muestra el simulador desarrollado en la Universidad de Illinois. En la figura se muestran los componentes adicionales del sistema de tracción, incluyendo el controlador eléctrico y el motor de inducción.

El controlador se encarga de transformar y administrar el flujo de electricidad entre la batería y el motor eléctrico. Además posee un convertidor integrado que envía parte de la electricidad del sistema a la batería auxiliar de 12 V.

¹¹ Simulador desarrollado por la Universidad de Illinois <http://www.batteryuniversity.com/partone-.htm>. (25sep. 08).

El controlador se encarga de las siguientes funciones:¹²

- Convierte los 201,6 V DC (corriente continua) que entrega la batería HV en 201,6 V AC trifásica (corriente alterna). Eleva estos 201,6 V AC trifásica hasta un máximo de 500 V AC trifásica al motor y al generador eléctrico.
- Convierte los 201,6 V DC en 201,6 V AC para el compresor eléctrico del aire acondicionado.
- Convierte los 201,6 V DC en 12V DC y 100 A. para recargar la batería de 12V, dada la ausencia de alternador y alimentar a los demás elemento eléctricos del vehículo (luces, audio, ventiladores, etc.).

Como ejemplo tenemos el funcionamiento del Toyota Prius. El motor eléctrico es un motor síncrono de imanes permanentes que funciona a 500 V y puede dar 50 Kw entre 1.200 y 1.540 rpm. Su par máximo es 400 Nm hasta 1.200 r.p.m. Pesa 104 kg y según Toyota no hay otro motor eléctrico en el mundo (en ningún sector de la industria) que dé más potencia con menos tamaño y peso que éste. Dado el desarrollo de transmisión que tiene el vehículo y su velocidad máxima (170 km/h), el régimen máximo del motor eléctrico es unas 6.150 r.p.m.



Figura 1.15: Controlador Electrónico

¹² Los datos de la pagina son tomados como referencia del controlador del Toyota Prius versión 04 http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html#hibrido.

El controlador obtiene 300 voltios de corriente continua DC de las baterías. Los convierte en un máximo de 201.6 voltios de corriente alterna AC, de tres fases, para enviar al motor gracias al oscilador incorporado. Esto se hace utilizando grandes transistores que rápidamente cambian el voltaje de las baterías de On a OFF para crear una onda sinusoidal. Cuando se pisa el acelerador, un cable desde el pedal se conecta a estos dos potenciómetros:

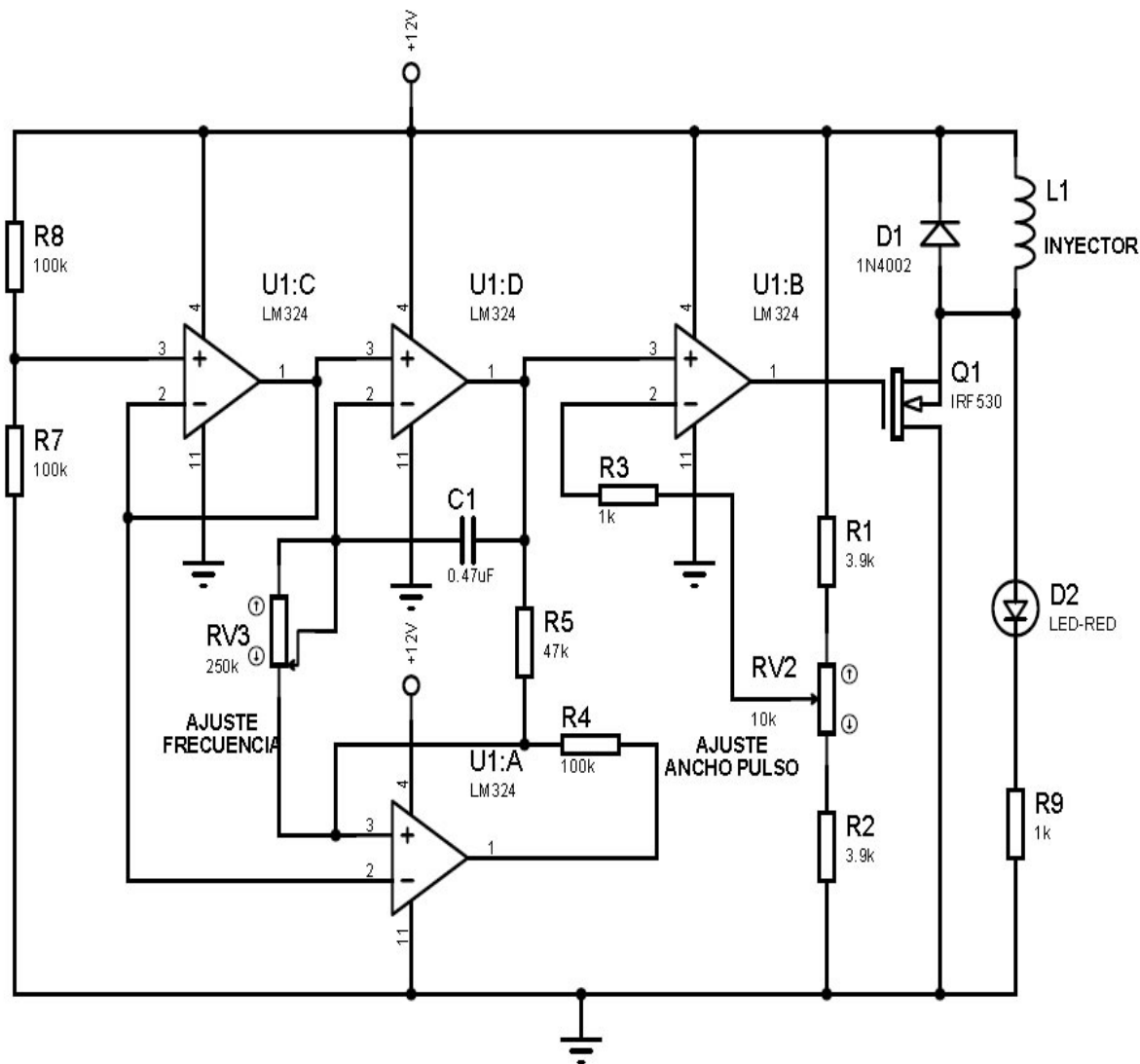


Figura 1.16: Oscilador PWM incorporado en el controlador del Toyota Prius¹³

¹³ www.yoreparo.com/foros/files/oscilador_pwm2.jpg



Figura 1.17: Grafica interna del controlador electrónico [U.E.P], (Prius)¹⁴

Distintas topologías existen para el convertidor de potencia del motor en aplicaciones de tracción para vehículos eléctricos. Sin embargo, la topología preferida es la del convertidor en puente asimétrico o clásico con dos interruptores de estado sólido controlados y dos diodos por fase. Debido a los niveles de tensión y corriente que han de manejarse, los IGBTs son la mejor elección para los interruptores de estado sólido. No existen actualmente en el mercado módulos de potencia específicos para este tipo de convertidor lo que encarece la construcción del convertidor.

¹⁴ U.E.P. http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html#hibrido.

1.8.3.- INSTALACIÓN DE ALTO VOLTAJE

La instalación eléctrica para la propulsión funciona con 500 V, hay otra instalación de 12 V para los demás elementos eléctricos del vehículo (incluida una toma de corriente para arrancar el motor con una batería normal, si fuera preciso). Para reducir peso (y precio) la red de cables de alta tensión no es de cobre, sino de aluminio. Hay sensores que cortan instantáneamente la corriente en caso de accidente o de cortocircuito. La tensión de funcionamiento del circuito de alta tensión (HV) varía en función de la evolución del sistema eléctrico.

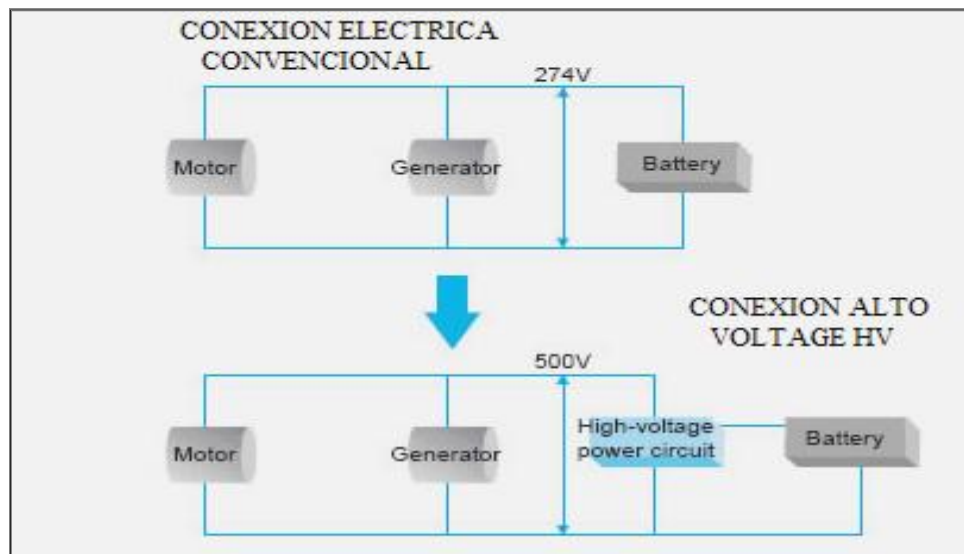


Figura 1.18: Circuito de conexión de Alto Voltaje¹⁵

El controlador va colocado en la parte delantera del vehículo, este controla el suministro de energía que necesita cada componente; en la figura 1.18, podemos observar que la conexión eléctrica convencional es reforzada por un aumento en la fuente de poder que es el controlador propiamente dicho, el cual convierte el voltaje continuo en corriente alterna o viceversa o tiene la capacidad de aumentar el voltaje para que entregue al motor sea el caso de utilizar un motor de AC que necesita un alto voltaje o reducir a uno de DC como se observa en la figura 1.19.

¹⁵ http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html#toyotasistemhybrid.

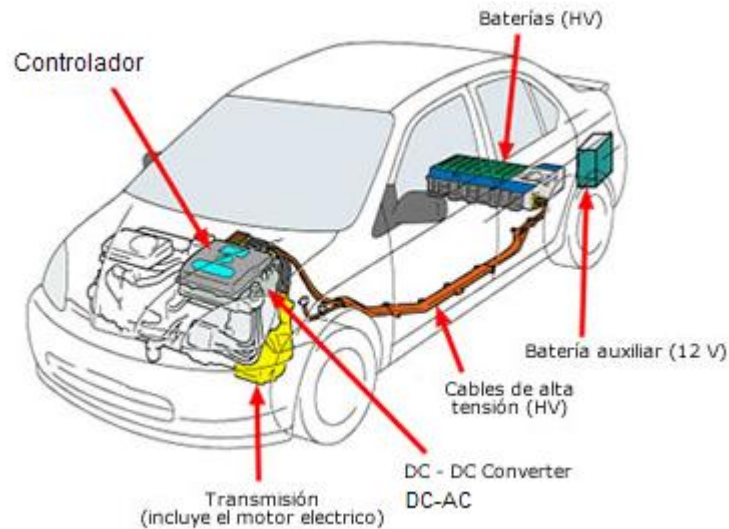


Figura 1.19: Conexiones y elementos de alto voltaje

1.8.4.- SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control de HV (alto voltaje) gestiona el vehículo en su máxima eficiencia controlando la energía usada por el vehículo, lo cual incluye la energía para mover el vehículo así como también la energía usada para dispositivos auxiliares, como el aire acondicionado, los calentadores, los focos delanteros y el sistema de navegación. El control de sistema monitorea los requisitos y las condiciones operativas de componentes del sistema eléctrico, como elemento principal, el motor eléctrico que es la fuente de energía para el vehículo. El motor eléctrico, que mueve el vehículo usa la energía eléctrica de la batería; Y la batería, almacena la energía eléctrica generada a través de la regeneración de electricidad por el motor eléctrico durante la desaceleración. El sistema de control también tiene en cuenta las informaciones que recibe del sensor de freno, sensor de velocidad, posición del acelerador, así como cuando el conductor actúa sobre la palanca de cambio., como se puede observar mediante diagramas de bloques esta función.

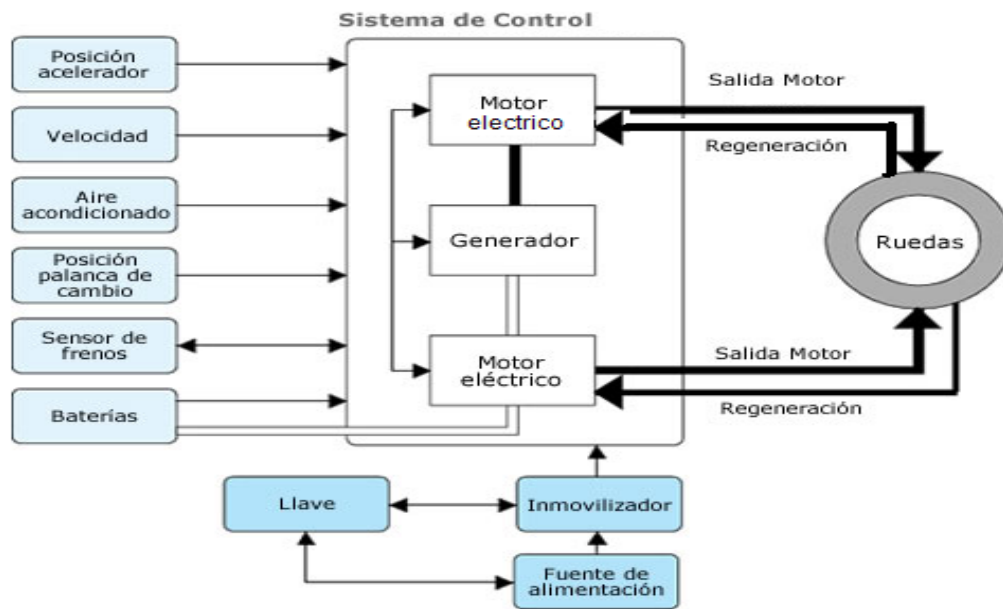


Figura 1.20: Diagrama del Sistema de control

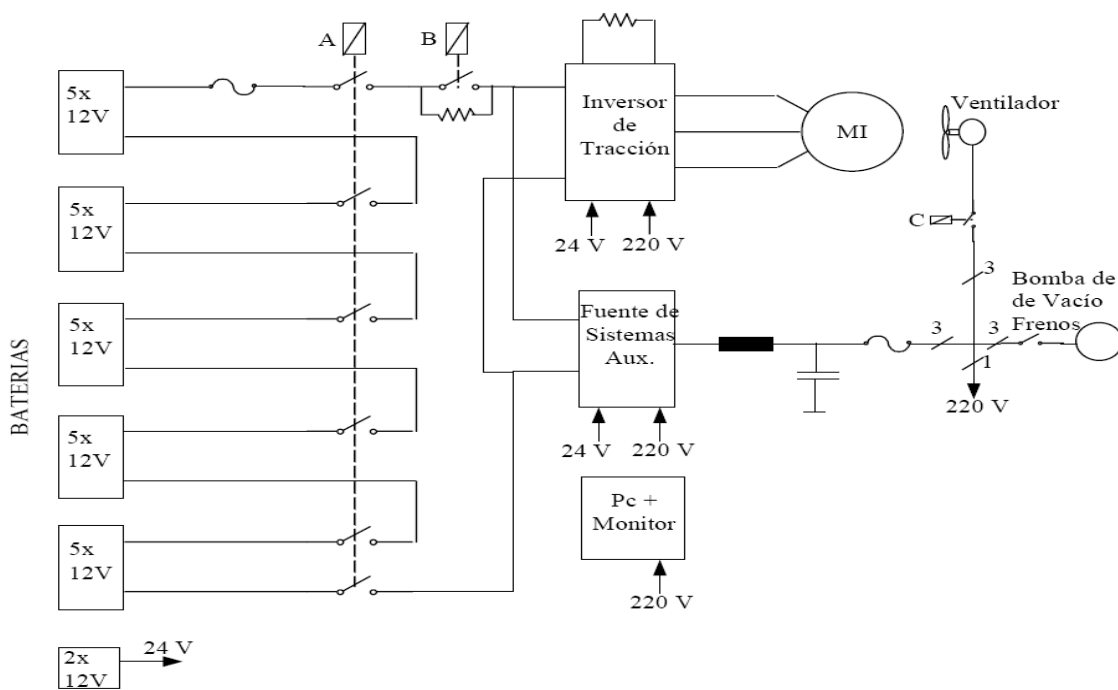


Figura 1.21: Diagrama de potencia del sistema eléctrico

Un acelerador magnético es un dispositivo que anula la conexión mecánica que existe entre el pedal del acelerador el mismo que permite mejor control de energía requerida por el motor, además corrige errores de accionamiento del acelerador por parte del conductor. Estos aceleradores magnéticos de estado sólido se han diseñado como dispositivos de entrada de la velocidad usados para los controles de estado sólido para los motores de la tracción del vehículo eléctrico.

La energía eléctrica se transmite al motor a través de una unidad electrónica de potencia que incluye un ondulator. Este transforma la corriente continua de 300V en corriente alterna trifásica, para alimentar el rotor y el estator del motor, el cual regula asimismo la potencia y el par del motor eléctrico. Situado en el mismo sitio que el ondulator, incluso el transformador convierte la corriente continua de 300V almacenada en la batería de tracción en corriente continua de 12V para alimentar la red de a bordo tradicional y las funciones auxiliares de algunos vehículos eléctricos como el Renault Kangoo be bop Z.E¹⁶ (iluminación interior y exterior, radio, lunas eléctricas, etc.).

El cajetín de interconexión distribuye la corriente de potencia para todos los elementos del motor, la batería, la climatización y la calefacción. Este cajetín incluye también el cargador que transforma la corriente alterna de 220V en corriente continua de 300V para recargar la batería.

El controlador recibe energía de las baterías y se lo entrega al motor. El acelerador va conectado a un par de potenciómetros (resistencias variables), como se observa en la figura 1.23. El controlador puede enviar entregar varios niveles de potencia, controlando la velocidad.

¹⁶ Los valores de esta pagina son tomados como referencia del vehiculo Renault Kangoo be bop Z.E. Inf. tecnol. v.16 n.5 La Serena 2008. <http://www.arpem.com/furgonetas/renault/kangoo/kangoo.html>.

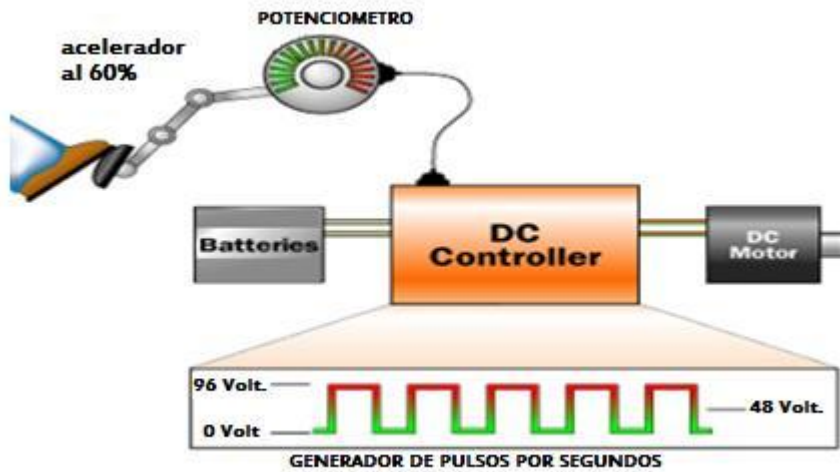


Figura 1.22: Controlador DC

La señal de los potenciómetros le indica al controlador cuanta energía debe entregar a los motores de los vehículos eléctricos. En este ejemplo hay dos potenciómetros para una mayor seguridad. El controlador lee ambos potenciómetros y se asegura de que sus señales sean iguales. Si no es así, el controlador no funciona. Este método nos protege contra una situación en la que un potenciómetro falle y se quede en plena aceleración, o apretado a tope, etc.

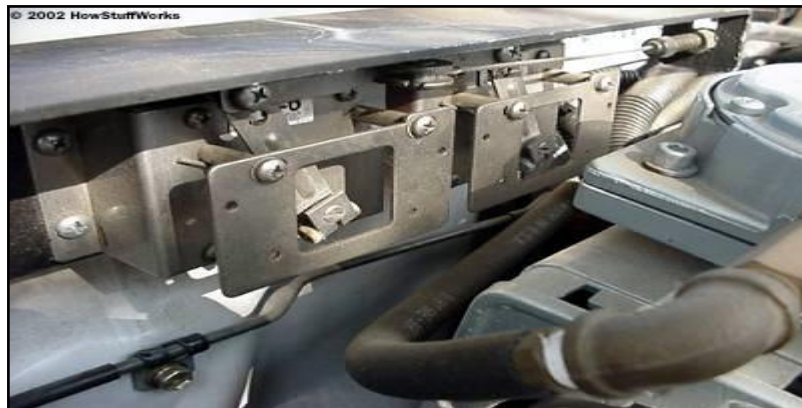


Figura 1.23: Conexión de los potenciómetros al acelerador



Figura 1.24: Conexión de interruptor

Los cables gruesos (a la izquierda) conectan las baterías al controlador. En el centro hay un gran interruptor de encendido / apagado. El conjunto de pequeños cables de la derecha lleva las señales de varios sensores de temperatura situados entre las baterías, así como la energía para los ventiladores que mantienen las baterías frescas y ventiladas.



Figura 1.25: Cables gruesos que se conectan al controlador

El trabajo de un controlador en un vehículo eléctrico (DC) se puede explicar. Suponiendo que el paquete de baterías contiene 12 bancos de 12 voltios, conectadas en serie para crear 144 voltios. El controlador obtiene 144 voltios DC, y los envía al motor de una manera controlada. Un controlador DC muy simple sería un gran interruptor de encendido / apagado conectado con un cable al pedal del acelerador. Cuando se pisa el pedal, a su vez el interruptor se enciende, y cuando soltamos el pedal, lo apagamos. Como conductor, tendríamos que presionar y soltar el acelerador para que el motor se encienda y se apague y así mantener una determinada velocidad.

Digamos que se tiene el acelerador pisado hasta la mitad. El controlador lee los potenciómetros y hace que el motor esté la mitad del tiempo apagado y la mitad de tiempo encendido con unas interrupciones de corriente de miles de veces por segundo. Si se tiene el pedal del acelerador pisado un 25 por ciento, el controlador manda impulsos de energía que mantienen el motor encendido el 25 por ciento del tiempo y apagado el otro 75 % (siempre con miles de pulsaciones por segundo).

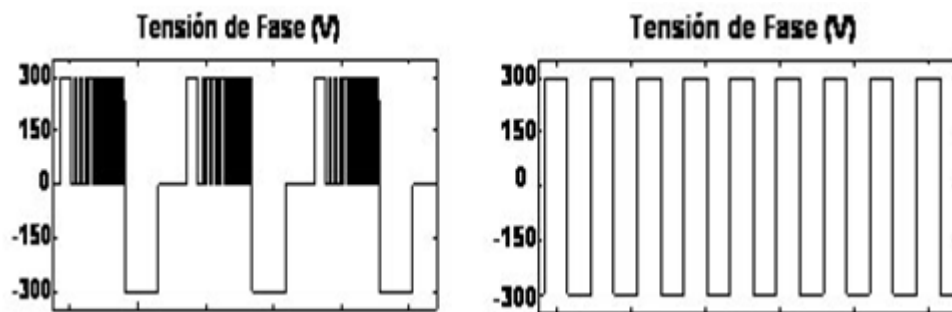


Figura 1.26: Pulsaciones para aceleraciones por segundo

La mayoría de los controladores impulsan energía más de 15.000 veces por segundo con el fin de mantener las pulsaciones fuera del alcance del oído humano. Los pulsos de corriente hacen que la carcasa del motor vibre a esa frecuencia, de modo que a una pulsación de más de 15.000 ciclos por segundo.

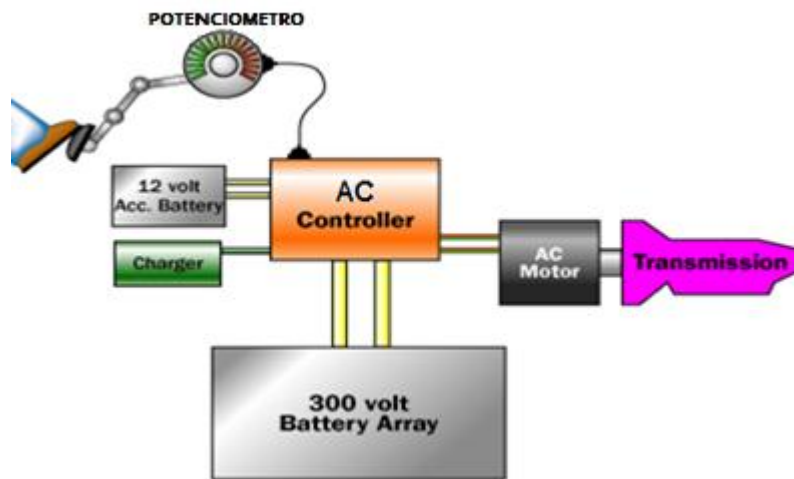


Figura 1.27: Conexión de la batería al controlador

Un controlador de AC se conecta a un motor de AC. Usando seis conjuntos de transistores de potencia, el controlador recibe 300 voltios de corriente continua DC y produce 240 voltios AC en 3 fases. Este controlador, además, incluye un sistema de carga para las baterías, y un convertidor DC-DC para recargar los 12 voltios de la batería de accesorios, por eso ocupa menos espacio bajo el capot como se aprecia en la figura 1.26¹⁷



Figura 1.28: Ubicación del Controlador en el vehículo

¹⁷ <http://www.arpem.com/furgonetas/renault/kangoo/kangoo.html>.

En un controlador AC, el funcionamiento es un poco más complicado, pero es la misma idea. El controlador crea tres ondas senoidales. Lo hace tomando la corriente de las baterías y emitiendo impulsos de encendido y apagado. En un controlador de CA, existe la necesidad adicional de invertir la polaridad del voltaje unas 60 veces por segundo. Por lo tanto, se necesitan seis conjuntos de transistores dos en cada conjunto en un controlador de CA, mientras que sólo necesita un conjunto en un controlador de DC.

En el controlador de CA, para cada fase necesita un conjunto de transistores que impulsen el voltaje y otro conjunto para invertir la polaridad. Hay que repetir esto tres veces para las tres fases - lo que hace un total de seis conjuntos de transistores. La mayoría de los controladores DC utilizados en los coches eléctricos provienen de la industria de los montacargas eléctricos, ya que estos ocupan estos controladores en sus motores tanto AC como DC de alta potencia debido a su trabajo.

1.8.5.- ACUMULADORES O BATERÍAS

Hay dos maneras de producir electricidad para aplicarla en usos prácticos: bien mediante máquinas llamadas Dinamos o Generadores de corriente eléctrica, cuando se trata de un consumo apreciable para instalaciones fijas; o bien mediante el empleo de baterías de pilas secas o acumuladores; (si se trata de equipos portátiles o vehículos eléctricos) [VE]¹⁸.

Para proporcionar una rápida aceleración y unos viajes de larga distancia las baterías de los vehículos eléctricos han de tener una gran potencia y una energía específica, además deben ser de bajo precio, ser seguras bajo condiciones de funcionamiento y tolerantes a los abusos a los que se someten los vehículos en su funcionamiento diario normal.

¹⁸ [VE] - Abreviatura Vehículo Eléctrico, según la comunidad europea desarrollada en España en 1995. <http://www.sercobe.es/espejo/Energia/EnergiasNoNucleares/UsorRacional/R%20%20UETransporte/VehicHibridElectric/Tutorial/baterias.htm>

Las baterías de ácido-plomo continúa siendo la de mayor disponibilidad en el mercado para los VE. La investigación para mejorar estas baterías se centra en incrementar la energía, potencia específica, el ciclo de vida de la misma y el de decrementar las exigencias de mantenimiento, volumen, peso y precio.

1.8.6.- CAPACIDAD DE UNA BATERÍA

La capacidad de una batería es la cantidad total de electricidad producida en la reacción electroquímica y se define en unidades de Coulombs (C) o Amperios/hora (AH) que es la más usada como especificaciones en las baterías. La capacidad es determinada por la masa activa de los electrodos y esta determinada por la Ley de Faraday: Un equivalente-gramo de material produce 96500 C o 26.8 Amperios/hora A/H.

Se define capacidad teórica al valor: $C_t^{19} = xnF$ [1.2]

Donde:

C_t = Capacidad teórica.

x = Número de moles que intervienen en la reacción completa de la descarga.

n = Número de electrones que intervienen en la reacción.

F = Número de Faraday (96500 C).

La capacidad real (C_r), valor obtenido en la práctica es inferior a la capacidad teórica debido a que la utilización de los materiales activos nunca es del 100%.

Conociendo las especificaciones del controlador y del motor se procede a la selección de la batería, en la siguiente tabla se puede apreciar un ejemplo de las características para la selección.

¹⁹ C_t – Capacidad teórica. <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/baterias.html>.

Tabla 1.4: Especificaciones de la fuente

Voltaje	202 Voltios
Capacidad	6.5 A/H
Corriente Máxima de carga	1.08A ²
Peso	42 Kg
Dimensiones físicas	15.1 cm x 64.5 cm x 9.4 cm

La batería del Prius es de níquel e hidruro metálico; su fabricante Panasonic, indica que proporciona 202 V, tiene 6,5 A/h de capacidad, pesa 42 kg y tiene la densidad de energía más alta del mundo entre las baterías de su tamaño. Esta batería sólo se recarga con el generador, al que impulsa el motor térmico. No tiene ningún tipo de conexión para conectarla a una red o a otro dispositivo de carga.



Figura 1.29: Batería del Toyota Prius de alto voltaje

La batería no tiene «efecto memoria»²⁰ porque el sistema eléctrico está hecho para que nunca baje de un cierto nivel de carga, mientras el vehículo está funcionando. Cuando el vehículo queda parado y desconectado, el proceso de descarga es muy lento.

²⁰ << Efecto memoria >> http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html#toyotasistemhybrid.

El efecto memoria en las baterías es un fenómeno que reduce la capacidad de las baterías con cargas incompletas. Es decir, cuando nosotros cargamos la batería -sin que haya sido descargada del todo- se produce este fenómeno: la batería “recuerda” el nivel de carga que tenía cuando se la comenzó a cargar, de forma que cuando la utilizamos nuevamente, sólo se descarga hasta dicho nivel, disminuyendo su tiempo de uso.

No está prevista su sustitución en el programa de mantenimiento y, como todos los elementos del sistema eléctrico e híbrido, tiene ocho años de garantía. Está conectada a un elemento que convierte los 201.6V \approx 202 V de corriente continua en 500 de corriente alterna. Este dispositivo también invierte la corriente eléctrica cuando hay que cargar la batería (bien con el generador, o bien con el motor eléctrico).

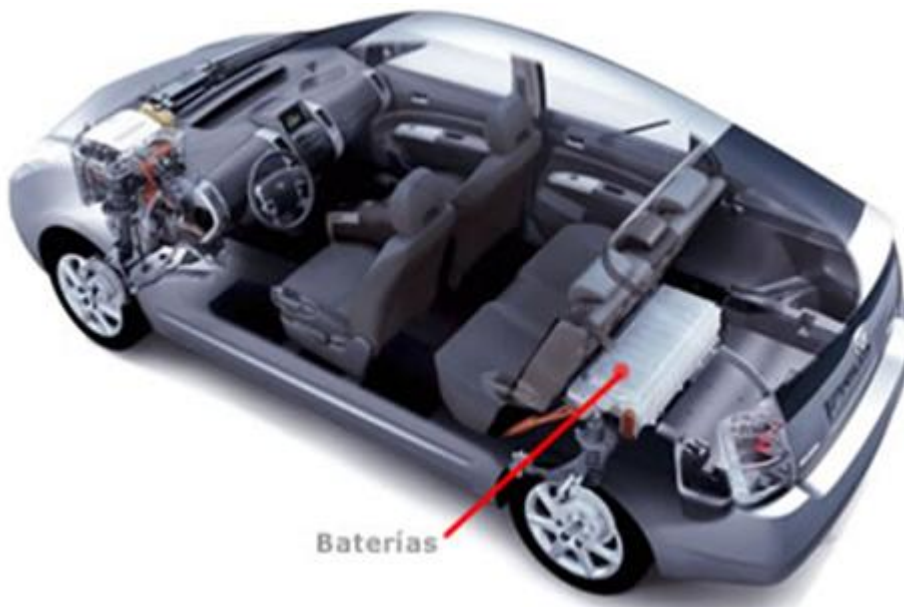


Figura 1.30: Posición de la batería en el vehículo

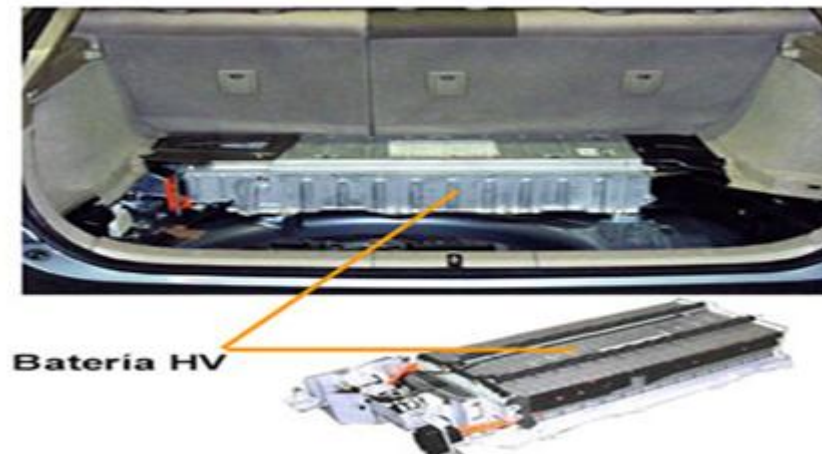


Figura 1.31: Vista posterior de la batería de alto voltaje

1.8.7.- BATERÍAS RECARGABLES

Un vehículo eléctrico se alimenta de la electricidad almacenada en las baterías recargables en su interior, que permite su funcionamiento con cero emisiones en su punto de uso y sin apenas ruido, excepto el producido por los neumáticos.

En la última década hemos asistido a una profunda mejora de las baterías, reduciendo su coste y permitiendo más ciclos de carga, a la vez que ha aumentado la capacidad de almacenamiento por unidad de peso y volumen, se ha eliminado el efecto memoria y ha aumentado su duración. La mejora de las baterías va a continuar, los medios de comunicación anuncian nuevas baterías con nuevos materiales que mejoran las prestaciones de las ya existentes, y cada vez más empresas se lanzan a un sector que se prevé un brillante futuro, porque las baterías sustentan y hacen posible los teléfonos móviles, los ordenadores portátiles y múltiples aparatos de consumo, y la electrificación del transporte por los nuevos vehículos eléctricos.

El motor eléctrico aprovecha la energía de los frenados, que normalmente se perderían a través de la disipación del calor y la fricción, mejorando notablemente la eficiencia de los vehículos tradicionales, lo que lo hace ideal para los desplazamientos urbanos. Al tener menos partes mecánicas, sus costes de operación son inferiores.

El coste del kilómetro recorrido por un vehículo eléctrico, por primera vez en la historia, es igual o inferior al de ese mismo kilómetro en un automóvil convencional de gasolina, lo que sienta las bases para iniciar un proceso de electrificación del transporte por carretera, proceso que va a ser largo y no exento de dificultades, y va a requerir imaginación, voluntad y constancia para plasmarlo, pero sin duda merece la pena, porque es una opción con muchos dividendos.

Los vehículos eléctricos pueden tener sólo un gran motor eléctrico conectado a la transmisión, o varios pequeños motores en cada una de las ruedas. Los vehículos eléctricos con sólo un motor se adaptan mejor al diseño tradicional y permiten un motor más potente, pero presentan algunas pérdidas de eficiencia a través de la fricción.

Los vehículos eléctricos con motores en los neumáticos (Michelin ya ha presentado sus prototipos) evitan muchas de las pérdidas de transmisión frente a un único motor, pero en la actualidad son más apropiados para pequeños vehículos, debido a la necesidad de mayor potencia de los vehículos grandes.

Las baterías se alimentan de electricidad, que puede producirse de múltiples maneras, y su impacto fundamental es el de la propia generación de electricidad.

1.8.7.1.- Tipos de baterías

La clave del futuro del vehículo eléctrico es la batería recargable, a la que se ha dedicado un esfuerzo muy pequeño de investigación, en relación con otras tecnologías: la capacidad de almacenamiento se ha duplicado²¹ cada diez años, cifra que palidece ante el desarrollo de la informática u otras tecnologías. Sólo en los últimos años, con el desarrollo de la telefonía móvil, se ha empezado a realizar inversiones importantes, aceleradas con la prevista generalización del automóvil eléctrico a partir de 2012. El coste de un vehículo eléctrico o de un híbrido enchufable depende de la batería en un porcentaje determinante. El tipo y la capacidad de la batería condicionan la velocidad máxima, la autonomía entre recargas, el tiempo de recarga y la duración de la batería. Los precios de las baterías se han reducido en los últimos años, y lo harán aún más a medida que aumente la demanda y se produzcan en grandes series.



Figura 1.32 Batería ion-Litio de la serie Varta

²¹ <http://www.evwind.es/> Alberto Ceña Director Técnico de la Asociación Empresarial Eólica de la Unión Europea.

1.8.8.- PRINCIPALES TECNOLOGÍAS EN BATERÍAS

Plomo-ácido: Los acumuladores de plomo-ácido son las más antiguas y tienen una baja relación entre la electricidad acumulada con el peso y el volumen. Ocupan mucho espacio y pesan mucho, pero son duraderas y de bajo coste, y su tasa de reciclaje supera el 90%.

Para conseguir una autonomía de 50 km con una velocidad punta de 70 km/h se necesitan más de 400 kg de baterías de plomo-ácido. El periodo de recarga puede oscilar entre 8 y 10 horas.

Níquel Cadmio (NiCd): Utilizan un ánodo de níquel y un cátodo de cadmio. El cadmio es un metal pesado muy tóxico, por lo que han sido prohibidas por la Unión Europea. Tienen una gran duración (más de 1.500 recargas) pero una baja densidad energética (50 Wh/kg), además de verse afectadas por el efecto memoria.

Baterías de Níquel-Hidruro Metálico (NiMH): Su estructura es muy similar a la de níquel cadmio, pero sin el metal tóxico, por lo que su impacto ambiental es muy inferior. Las baterías recargables de níquel hidruro metálico almacenan de 2 a 3 veces más electricidad que sus equivalentes en peso de níquel cadmio, aunque también se ven afectadas por el efecto memoria, aunque en una proporción menor. Su densidad energética asciende a unos 80 Wh/kg.

Iones de litio (Li-ion): Estas baterías deben su desarrollo a la telefonía móvil y su desarrollo es muy reciente. Su densidad energética asciende a unos 115 Wh/kg, y no sufren el efecto memoria. Las baterías de iones de litio se usan en teléfonos móviles, ordenadores portátiles, reproductores de MP3 y cámaras, y probablemente alimentarán la siguiente generación de vehículos **híbridos** y eléctricos puros conectados a la red. A pesar de sus indudables ventajas, también presentan inconvenientes: sobrecalentamiento, alto coste y, sobre todo, las reservas de litio, sujetas a una gran controversia.

Baterías recargables de ion – litio: La batería recargable de ion litio, con mucha mayor densidad de energía y menor peso que su antecesor, la batería de Ni-MH, la reemplazó tan pronto como fue producida. Ahora es el sistema empleado en dispositivos electrónicos portátiles, y también amenaza a la Ni-MH para la aplicación en vehículos híbridos. La célula de ion Litio tiene un ánodo de carbono/grafito, un cátodo de óxido de litio-cobalto, y un electrolito orgánico como se ve en la Figura 1.33. Tanto el ánodo como el cátodo funcionan con mecanismo de inserción de átomos de Litio.

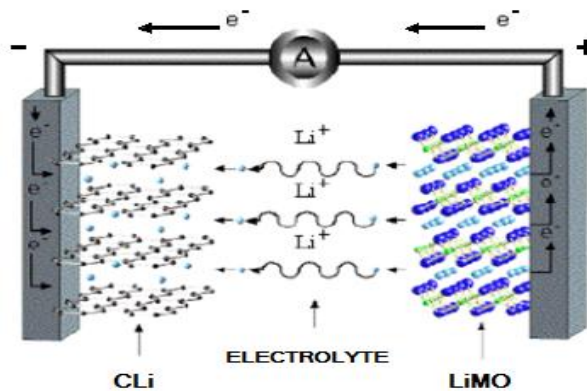


Figura 1.33: Esquema del funcionamiento de la batería de ion litio.

Sony introdujo la batería de ion litio en 1991. Nuevos materiales de ánodo y cátodo seguramente permitirán doblar a su vez las prestaciones actuales en los próximos 10 años. El mercado de Li ion probablemente se segmentará en una parte de altas prestaciones, de mayor costo, que continuará aumentando en densidad de energía, y un segmento de materiales de menor costo pero con grandes prestaciones de rapidez de respuesta para vehículos eléctricos híbridos.

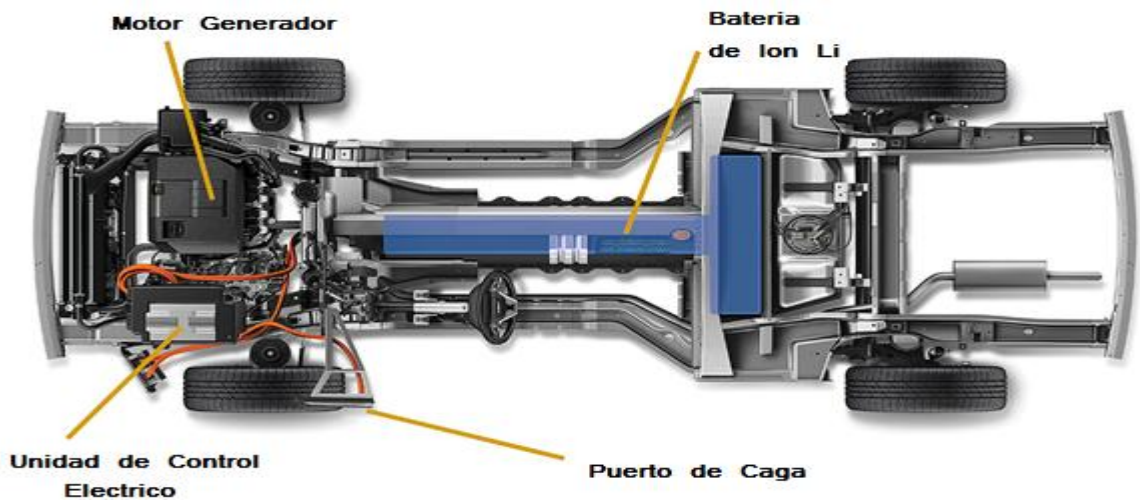


Figura 1.34: Alojamiento de la batería de ion-litio en el vehículo eléctrico Chevrolet Volt

Baterías de polímero de litio: Es una tecnología similar a la de iones de litio, pero con una mayor densidad de energía, diseño ultraligero (muy útil para equipos ultraligeros) y una tasa de descarga superior. Entre sus desventajas está la alta inestabilidad de las baterías si se sobrecargan y si la descarga se produce por debajo de cierto voltaje.

Tabla 1. 5: Tipo de baterías recargables²²

TIPO DE BATERIAS RECARGABLES	ENERGIA (Kw/Kg)	ENERGIA/VOLUMEN (Wh/litro)	POTENCIA/PESO (W/Kg)	N.- DE CICLOS	EFICIENCIA ENERGETICA-%
Zebra (NaNiCl)	125	300		1000	992.5
Polímero de litio	200	300	>3000	1000	90.0
Iones de litio	125	270	1800	1000	90.0
Niquel Hidruro Metalico(NiMH)	70	140-300	250-1000	1350	70.0
Niquel Cadmio (NiCd)	60	50-150	150	1350	72.5
Plomo-Acido	40	60-75	150	500	82.5

²² <http://www.evwind.es/>

Baterías Zebra (NaNiCl): Una de las baterías recargables que más prometen son las conocidas como Zebra. Tienen una alta densidad energética, pero operan en un rango de temperaturas que va de 270°C a 350°C, lo que requiere un aislamiento. Son apropiadas en autobuses.

En Stabio, en el sur del cantón del Tesino (Suiza), se está construyendo una fábrica para producir baterías en serie. Entre sus inconvenientes, además de la temperatura de trabajo, están las pérdidas térmicas cuando no se usa la batería. El automóvil eléctrico Think City va equipado con baterías Zebra NaNiCl de 17,5 kWh.

La distancia que un vehículo eléctrico puede recorrer sin recargar la batería, en los modelos actuales o de próxima fabricación, va de 60 a 250 kilómetros. Hay que tener en cuenta que la mayor parte de los desplazamientos diarios son inferiores a los 60 km. Un vehículo eléctrico consume de 0,12 kWh a 0,30 kWh por kilómetro; para recorrer 100 kilómetros haría falta una batería con una capacidad de 12 kWh a 30 kWh, dependiendo del modelo.

Aunque el mercado de los vehículos eléctricos está en sus inicios, ya se comercializan bicicletas eléctricas, motocicletas, automóviles, vehículos de reparto e incluso pequeños autobuses, como los que circulan en Madrid, Málaga, Segovia y otras ciudades. Entre 2010 y 2012 habrá una verdadera explosión, pues la totalidad de las empresas automovilísticas están desarrollando vehículos totalmente eléctricos o híbridos eléctricos con conexión a la red, como el Chevrolet Volt de General Motors.



Figura 1.35: Chevrolet Volt de batería recargable

La generalización de las baterías recargables debe evitar los errores del pasado, y para ello se debe considerar todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas al reciclaje o eliminación, pasando por la fabricación y la operación, evitando o minimizando en todas las fases la contaminación y el vertido, y muy especialmente de metales pesados. Las tasas actuales de reciclaje de baterías de vehículos alcanzan o superan el 90%, tasas mucho más elevadas que las pequeñas baterías empleadas en usos domésticos (menos del 10%), y que en gran parte acaban en los vertederos. Dado que el litio es totalmente reciclable, cabe esperar que las tasas del 90% se mantengan e incluso aumenten ligeramente.

Existen al menos 5 problemas importantes con la tecnología actual de baterías de plomo:

- Son pesadas (un pack típico de baterías de plomo-ácido pesa 450 kilos o más).
- Son voluminosas (el vehículo que estamos examinando aquí cuenta con 50 baterías de plomo, cada una mide aproximadamente 15 cm x 20 cm x 15 cm).
- Tienen una capacidad limitada (un paquete de baterías de plomo-ácido típico podría albergar de 12 a 15 kilovatios-hora de electricidad, lo que da a un vehículo una autonomía de sólo 80 kilómetros o así).

- Son lentas de cargar (una típica recarga de un pack oscila entre cuatro a 10 horas para completar la carga, dependiendo de la tecnología de las baterías y el cargador).
- Tienen una vida corta (de tres a cuatro años, tal vez unos 200 ciclos de plena carga / descarga).

La energía tomada de las baterías el controlador envía al motor. El acelerador se engancha a un par de potenciómetros "Pot-Box" (resistencias variables), y estos potenciómetros proporcionan la señal que le indica al controlador cuánta energía se supone que debe entregar. El controlador puede entregar la energía a cero (cuando el vehículo está parado), toda la energía (cuando el conductor pisa el pedal del acelerador), o cualquier nivel de potencia intermedio.

Una empresa suiza afirma que sus baterías de zinc-aire pueden almacenar tres veces más energía que las baterías de ion-litio y que, además, cuestan la mitad de precio.



Figura 1.36: Baterías suizas de zinc-aire

ReVolt Technology, una empresa con sede en Staefa, Suiza, afirma que sus baterías de zinc-aire pueden “almacenar tres veces más energía que las baterías de ion-litio, por volumen, mientras que su coste se reduce a la mitad”, y a diferencia de otras baterías de aire existentes, ésta sería recargable.

A diferencia de las baterías convencionales, que contienen todos los reactivos necesarios para generar electricidad, las baterías de zinc-aire se basan en el oxígeno de la atmósfera para generar corriente. Hacer las baterías recargables ha sido un desafío. Dentro de la batería, un electrodo poroso de "aire" se basa en el oxígeno y, con la ayuda de catalizadores, se reduce hasta formar iones hidroxilos. Estos van, a través de un electrolito, hasta el electrodo de zinc, donde el zinc se oxida – una reacción que libera electrones para generar una corriente. Para recargar, el proceso se invierte: el óxido de zinc se convierte de nuevo a zinc y el oxígeno se libera en el aire de los electrodos. Pero después de varios ciclos de carga y de descarga, el electrodo de aire puede ser desactivado, retardar o detener las reacciones de oxígeno. Esto puede ser debido, por ejemplo, al electrolito líquido que se retiró de forma gradual. La batería también puede fallar si se seca o si el zinc se acumula de modo desnivelado, formando ramificaciones como estructuras que crean un corto circuito entre los electrodos. Hasta el momento, el eslabón más débil en cualquier vehículo eléctrico son las baterías. Recuerde esto: Un vehículo eléctrico será tan bueno como lo sean sus baterías".

1.9.- ACUMULADORES DE ENERGÍA – AUTONOMÍA EXTENDIDA

1.9.1.- ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El almacenamiento es una reacción natural para la conservación de las especies, tanto en los animales como en el hombre. En el caso de almacenamientos energéticos existe un gran reto porque la naturaleza castiga con entropía los grandes almacenamientos (hidrocarburos, química, energía nuclear, etc). A medida que se incrementa el nivel de desarrollo de la humanidad, crece también la demanda de energía, tanto en el entorno doméstico como industrial.

Los recursos de energía convencionales son limitados, por lo que las autoridades y gobiernos están promoviendo el ahorro energético y la generación de energía utilizando recursos renovables.

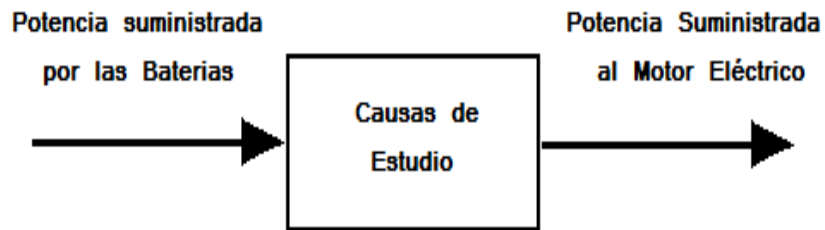


Figura 1.37: Cadena del suministro de energía

1.9.2.- SISTEMAS ELECTROQUÍMICOS

En las baterías se obtiene almacenamiento de energía en forma química fácilmente recuperable como electricidad. Muchos de los dispositivos actuales de almacenamiento de energía, como las baterías los supercondensadores, se basan en los conceptos de una vieja ciencia creada por Alessandro Volta: La electroquímica. En la electroquímica tradicional se controlan reacciones químicas de tipo redox (reducción-oxidación) mediante el potencial eléctrico de los electrodos metálicos inmersos en la disolución. Más recientemente, las posibilidades de los dispositivos electroquímicos se han multiplicado utilizando capas de materiales activos extendidas sobre el contacto metálico, por ejemplo un polímero conductor.

La batería de ion litio opera según este principio de diseño general, y se ha convertido en una tecnología de almacenamiento de energía muy extendida, que ha su vez ha suscitado un gran interés por las nuevas aplicaciones de la electroquímica para almacenamiento de energía.

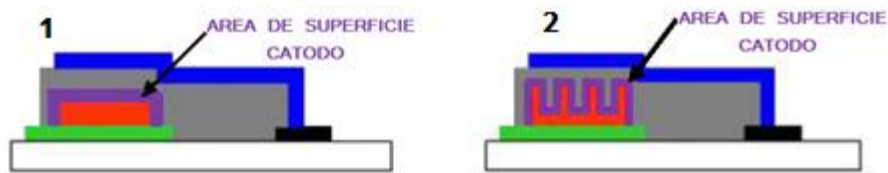


Figura 1.38: Uso de materiales nanoestructurados en una batería -recargable de litio

En la figura observamos como (abajo) aumenta notablemente el área activa (en morado) para realizar transferencia de carga respecto de la configuración plana (arriba). El uso de materiales activos como electrodos incrementa las posibilidades de realizar dispositivos funcionales muy eficientes en dos sentidos: Se puede estructurar (o nanoestructurar) el electrodo para incrementar su área activa Figura 1.38. Se puede mejorar los materiales en contacto para optimizar sus funciones, facilitando los pasos elementales de conversión de energía que ocurren en la nanoescala: transferencia de carga, reorganización molecular, reacciones químicas, etc.

Existen dos clases de pilas: la primaria, cuya carga no puede renovarse cuando se agota, excepto reponiendo las sustancias químicas de que está compuesta, y la secundaria, que sí es susceptible de reactivarse sometiéndola al paso más o menos prolongado de una corriente eléctrica continua, en sentido inverso a aquél en que la corriente de la pila fluye normalmente.

1.9.3.- CELDAS DE COMBUSTIBLE

El almacenamiento y el suministro efectivo de hidrógeno, producido de fuentes diversas y destinado a diversos usos, son elementos clave de la economía de hidrógeno. El uso del hidrógeno como vector de energía requiere un medio de almacenar el exceso de producto para uso posterior, transportar el hidrógeno almacenado desde el punto de producción al de consumo, y de cargar y descargar hidrógeno en los centros de suministro según las necesidades.

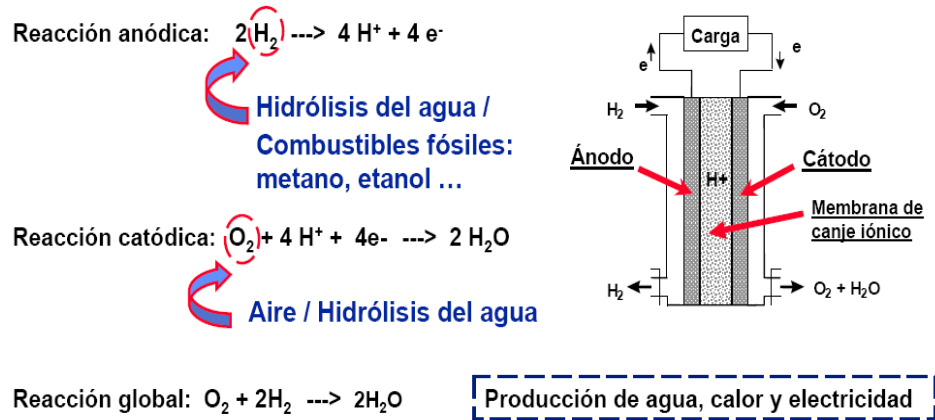


Figura 1.39: Reacción química molecular

En la grafica podemos apreciar las dos reacciones tanto la anódica como la catódica, la reacción química anódica contribuye el hidrogeno molecular que es separada de su molécula por la hidrólisis del agua como con compuestos fósiles, a diferencia de la reacción catódica, aquí el oxigeno molecular utiliza la hidrólisis del aire.

Producción de H2:

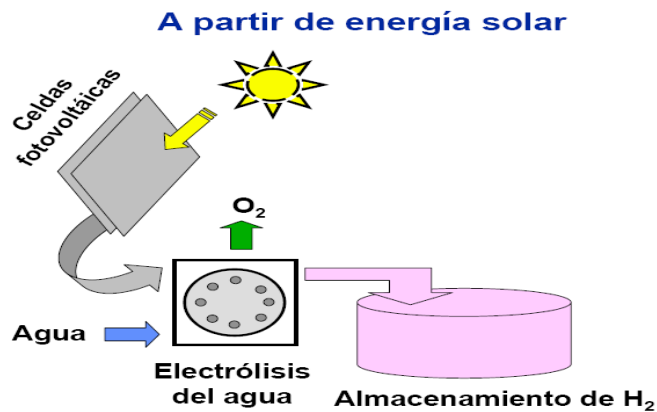


Figura 1.40: Proceso de producción de hidrógeno molecular.

La figura muestra en diagramas la producción de hidrogeno molecular, la misma que la energía calorífica del sol es tomada por los cristales o celdas fotovoltaicas que al desarrollar la electrólisis del agua genera el desprendimiento del oxigeno molecular O₂ el cual es separado de la composición química de sus elementos principales quedando para el almacenamiento el hidrógeno molecular H₂.

Características Eléctricas

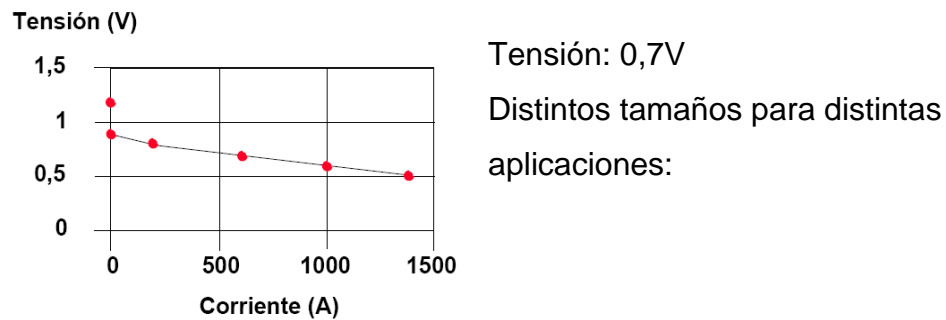


Figura 1.41: Curva característica de la corriente respecto al voltaje

1.9.4.- DIFERENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN

- Baterías de tracción. Las baterías de tracción están sujetas a una constante y relativamente pequeña descarga, durante largos periodos de tiempo, lo que supone un alto grado de descarga. Hay que procurar recargarlas, preferiblemente de 8 a 16 horas cada día antes de que se vuelvan a descargar. Las baterías de tracción tienen electrodos muy gruesos con rejillas pesadas y un exceso de material activo.
- Baterías estacionarias. Las baterías estacionarias están constantemente siendo cargadas y se debe tener cuidado de evitar que se sequen. El electrolito y el material de la rejilla del electrodo están diseñados de forma que se minimice la corrosión.
- Baterías de arranque. Tienen que ser capaces de descargar el máximo de corriente posible en un corto espacio de tiempo manteniendo un alto voltaje, tienen que ser capaces de soportar muchas descargas incluso con cambios

fuertes de temperatura. El peso, el diseño y la forma son también características determinantes.

1.9.5.- TIEMPO DE RECUPERACIÓN

El tiempo de recuperación es el lapso de tiempo que le toma a la batería para volver a generar la misma cantidad de corriente en un estado normal esto después de un consumo durante el arranque ya que es el momento en que más potencia se genera.

Si se deben hacer muchos intentos para arrancar un motor, la batería se recuperará si se le da una oportunidad de descansar entre los intentos. La velocidad de recuperación también dependerá del área de superficie del plomo activo. De acuerdo a las características de la batería este tiempo puede variar, por ejemplo se tiene la batería Óptima de recuperación más rápida que las baterías convencionales.

1.9.6.- MEDIDAS DE LAS BATERÍAS

AH, CCA, CA, y RC son las medidas que se encuentran cuando se lee las especificaciones de una batería.

AH: Amperios Hora. Es una medida muy útil ya que permite hacer una idea de la capacidad de la batería. Por ejemplo, una batería de 45 AH, sería teóricamente capaz de suministrar 45 A durante una hora.

CCA: capacidad de arranque en frío, (Cold Cranking Amps) en Inglés. Es la cantidad de corriente que la batería puede suministrar a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 30 segundos y sin bajar de 7,2 V. Un CCA alto es muy importante en climas fríos.

CA: capacidad de arranque, Cranking Amps en Inglés. Es la cantidad de corriente que la batería puede suministrar a 0 °C, durante 30 segundos y sin bajar de 7,2v.

RC: capacidad de reserva, Reserve Capacity en Inglés. Es una medida muy importante, ya que indica el tiempo (minutos) que una batería completamente cargada puede suministrar 25 A antes de que su voltaje baje de 10,5 V.

Ley de Peukert: describe el hecho de que la capacidad de una batería varía según el ritmo de descarga. Una batería descargada rápidamente, entregará menos AH que otra descargada más lentamente.

Voltaje en circuito abierto: esta medida hay que realizarla con los bornes de la batería desconectados que indica aproximadamente el estado de carga de la batería:

Tabla 1.6: Porcentaje del estado de carga de las baterías.

VOLTAJE	ESTADO DE LA CARGA (BATERÍAS DE ARRANQUE)	GRAVEDAD ESPECÍFICA
12.65 V	100 %	1.265
12.45 V	75 %	1.225
12.24 V	50 %	1.190
12.06 V	25 %	1.155
11.89V	0 %	1.120

La gravedad específica es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad del agua: $\text{La gravedad Específica} = \frac{\text{De la sustancia}}{\text{Del agua}}$ La gravedad específica es a dimensional y numéricamente coincide con la densidad.

El voltaje en circuito abierto puede variar con la temperatura o por las alteraciones en la gravedad específica (densidad) del electrolito. Para realizar todas estas medidas, se utiliza el voltímetro, hidrómetro, comprobador de carga, analizador/descargador, etc. Cabe recalcar que para la utilización en vehículos eléctricos se utilizan bancos de estas baterías de acuerdo a la necesidad consumo o potencia para la cual fuera diseñado el sistema.

1.9.7.- SUPERCONDENSADORES²³

Mientras que los condensadores electrostáticos se han empleado durante más de un siglo como acumuladores de energía, sus bajos valores de capacidad les han limitado tradicionalmente a aplicaciones de baja potencia como componentes en circuitos analógicos.

En los últimos años, la habilidad de construir materiales de gran área interna y electrodos de baja resistencia, así como la comprensión de los procesos que ocurren en la superficie del material, ha dado lugar a la posibilidad de condensadores que acumulan mucha más energía. Los condensadores electroquímicos de alta potencia, comúnmente denominados supercondensadores.

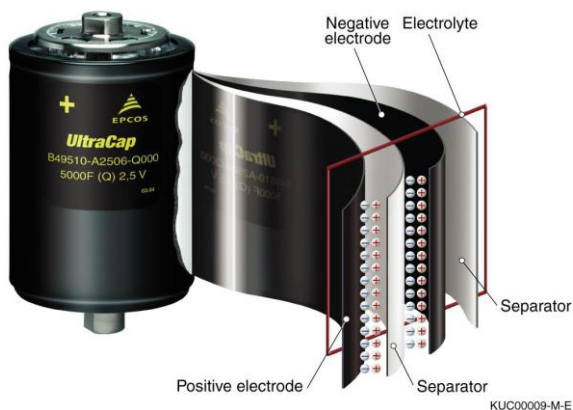


Figura 1.42: Estructura de un ultracapacitor

²³ <http://www.epcos.com/inf/20/35/ds/technology.pdf>

Las placas de los supercondensadores se construyen con varios tipos de materiales electroactivos: carbono, polímeros conductores, óxidos metálicos, de gran superficie interna. El almacenamiento de carga eléctrica ocurre mediante la acumulación de iones en la superficie interna, que forman una doble capa eléctrica en combinación con los electrones en el material conductor.

Los supercondensadores electroquímicos constituyen una nueva tecnología que ocupa un nicho entre otros dispositivos de almacenamiento de energía previamente vacante, en la Figura 1.43 se muestra el diagrama de Ragone simplificado (densidad de potencia respecto de densidad de energía en los dominios de almacenamiento de energía para varios sistemas electroquímicos de conversión de energía (baterías, supercondensadores y pilas de combustible), comparados con el motor de combustión interna y turbinas y condensadores convencionales.

Son capaces de almacenar mayor cantidad de energía que los condensadores convencionales, y suministran más potencia que las baterías. En los supercondensadores basados en materiales carbonícelos no ocurre ninguna reacción química, por lo tanto los dispositivos no se degradan con los ciclos de uso.

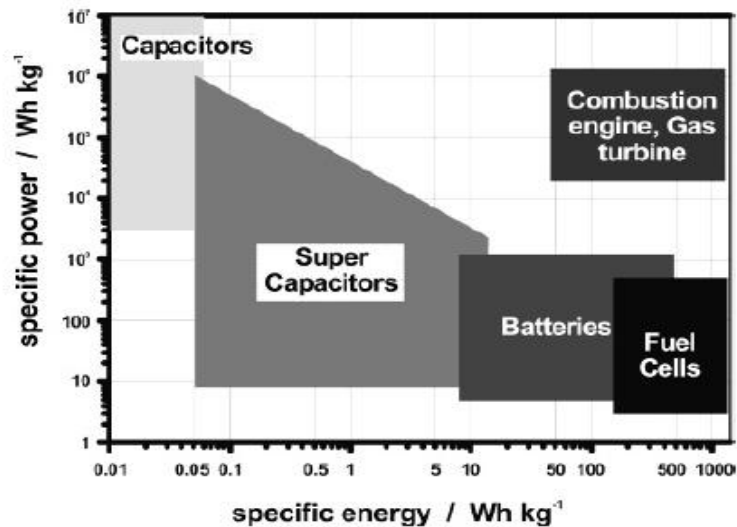


Figura 1.43: Diagrama de Ragone simplificado

1.9.8.- LOS SUPERCONDENSADORES COMO DISPOSITIVOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Los supercondensadores constituyen una tecnología emergente cuya aplicación en SAE (Sistemas de Almacenamiento Eléctrico) en sistemas de generación con energía renovable no está muy extendida. Pero estos dispositivos podrían ser una solución interesantes en los mismos, ya que podrían implementarse en los actuales sistemas (con las correspondientes modificaciones de sus topologías) sustituyendo los bancos de condensadores convencionales que se utilizan habitualmente en los acondicionadores de potencia.

Existen modelos comerciales con capacidades máximas del orden de 1 kWh y capaces de trabajar con potencias que van desde kW a MW. Tienen alta disponibilidad de potencia (del orden de MW/s), eficiencia elevada (superior al 95 %), bajo coste de mantenimiento y una vida útil lo suficientemente larga para lograr costes competitivos. El esquema equivalente de un supercondensador se muestra en la Figura 1.44. Este esquema consiste en un condensador, C ; una resistencia de fugas en paralelo, R_p , que modela la pérdida de energía debida a la autodescarga del condensador; una resistencia de serie (Equivalent Series Resistor, (ESR o R_s), que modela sus pérdidas en los procesos de carga y descarga; y una bobina en serie, L , que completa el modelo dinámico del condensador. En un supercondensador R_p es siempre mucho más alto que R_s .

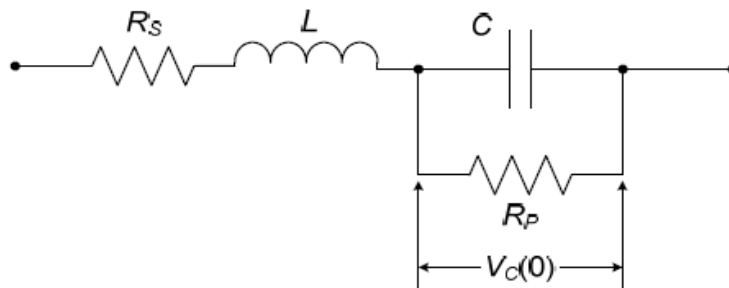


Figura 1.44: Modelo del circuito equivalente de un supercondensador

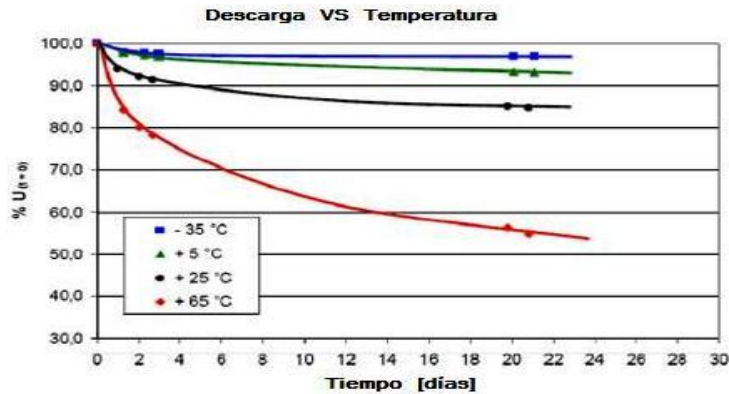


Figura 1.45: Descarga del supercondensador debido a las resistencias de fuga

Una de las características deseables de un SAE es que la autodescarga del mismo sea mínima. El proceso de autodescarga de un supercondensador está controlado por la ecuación:

$$V(t) = V_c(0)e^{-\frac{t}{RpC}} \quad [1.3]$$

donde $V_c(0)$ es el voltaje inicial del supercondensador. Siendo la energía almacenada $E(t)$ en el supercondensador:

$$E(t) = \frac{1}{2} CVc^2(0)e^{-\frac{2t}{RpC}} \quad [1.4]^{24}$$

Siendo la evolución de la tensión del supercondensador en la autodescarga la que se muestra en la Figura 1.45. Los módulos de supercondensadores están constituidos por múltiples supercondensadores unitarios que se asocian en estructuras serie/paralelo, por lo que de forma semejante a algunas tecnologías de batería secundarias, requieren de circuitos para el reparto equilibrado de la tensión total entre todos los supercondensadores conectados en una estructura serie. La distribución de la tensión (y por tanto de la energía almacenada) en una batería de

²⁴ M.I. Marei, S.J Samborsky, S.B. Lambert, and M.M.A. Salama” On the characterization of Ultracapacitor Banks Used for HEVs”, IEEE Conference of Vehicle Power and Propulsion , Page(s): 1-6,September 2006.

supercondensadores en serie es función principalmente de la capacidad y de la resistencia de fugas.

1.9.9.- PARÁMETROS DE UN SUPERCONDENSADOR

- La tensión o potencial (en voltios) es el primer parámetro a considerar, pues es el que suele determinar si el supercondensador conviene al uso de que se le destina. Viene fijado por el potencial de reducción del par redox utilizado; suele estar entre 1 V y 4 V por elemento.
- La corriente que puede almacenar el elemento, medida en ampere (A), es el segundo factor a considerar. Especial importancia tiene en algunos casos la corriente máxima obtenible (Ah); por ejemplo los motores de arranque de los automóviles exigen esfuerzos muy grandes de la batería cuando se ponen en funcionamiento (decenas de A), pero actúan durante poco tiempo.
- La capacidad eléctrica se mide en la práctica por referencia a los tiempos de carga y de descarga en A. La unidad en el Sistema Internacional [SI] es el coulomb (C).
- La energía que puede suministrar una batería se mide habitualmente en Wh (vatios-hora); la unidad en el sistema internacional [SI] es el julio.

$$1\text{Wh} = 3600\text{ J} = 3,6\text{ kJ}; 1\text{ J} = 0,278\text{ mWh}$$

- La resistencia de los supercondensadores es muy inferior a la de las pilas, lo que les permite suministrar cargas mucho más intensas que las de éstas, sobre todo de forma transitoria. Por ejemplo, la resistencia interna de un acumulador de plomo-ácido es de $0,006\Omega$, y la de otro de Ni-Cd, de $0,009\Omega$.
- Otra de las características importantes de un supercondensador es su masa o su peso, y la relación entre ella y la capacidad eléctrica (A/kg) o la energía (W/kg) que puede restituir. En algunos casos puede ser también importante el volumen que ocupe (en m^3 o en litros).

1.9.10.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES PARA SER UTILIZADOS

La investigación en supercapacitores se encuentra motivada por las enormes ventajas:

1. Gran período de operación.
2. Capacidad de manejar altos valores de corriente.
3. Valor de carga fácil de monitorear.
4. Alta eficiencia.
5. Gran rango de voltaje.
6. Gran rango de temperatura.
7. Ciclos de funcionamiento largos.
8. Facilidad de mantenimiento.

La vida útil de un supercapacitor disminuye conforme aumenta su capacitancia, pero actualmente contamos con dispositivos que superan una vida útil de veinte años con pérdidas en el voltaje suministrado de alrededor de un voltio.

1.9.11.- VENTAJAS RESPECTO A LAS BATERÍAS:

- Posibilidad de recarga en tiempos muy cortos.
- Facilidad para cubrir demandas frecuentes de pulsos de elevada potencia.
- Elevada vida cíclica (gran estabilidad frente a los procesos de carga/descarga)
- Resisten miles de ciclos por que el proceso de carga/descarga implica únicamente fenómenos físicos.
- Buen comportamiento a bajas temperaturas.
- Se pueden almacenar en cualquier estado de carga.
- Necesidades menores de mantenimiento.
- Métodos más simples de determinación del estado de carga como se observa en la Tabla 1.7.

Tabla 1. 7: Datos comparativos de los diferentes tipos de acumuladores

TIPO	ENERGÍA / PESO	TENSIÓN POR ELEMENTO (V)	DURACIÓN (NÚMERO DE RECARGAS)	TIEMPO DE CARGA	AUTO-DESCARGA POR MES (% DEL TOTAL)
Plomo	30-50 W/kg	2 V	1000	8-16h	5 %
Ni-Cd	48-80 W/kg	1,25 V	500	10-14h	30%
Ni-Mh	60-120W/kg	1,25 V	1000	2h-4h	20 %
Li-ion	110-160W/kg	3,16 V	4000	2h-4h	25 %
Li-Po	100-130 W/kg	3,7 V	5000	1h-1,5h	10%

Dentro del sistema mecánico del vehículo se hará un estudio de los componentes internos más importantes que cumplirán una misión específica en el control del vehículo.

2.1.1.- LA DIRECCIÓN

El conjunto de mecanismos que componen el sistema de dirección tienen la misión de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor. Para que el conductor no tenga que realizar esfuerzo en la orientación de las ruedas (a estas ruedas se las llama "directrices")²⁵, el vehículo dispone de un mecanismo desmultiplicador, en los casos simples (coches antiguos), o de servomecanismo de asistencia (en los vehículos actuales).

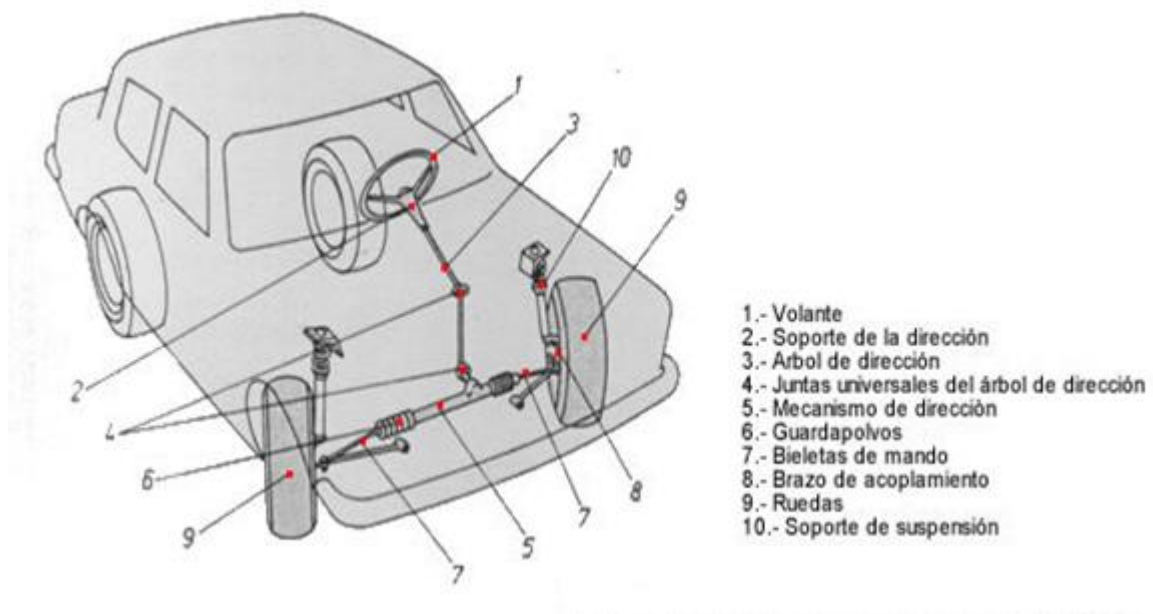


Figura 2.2: Esquema de los componentes de la dirección

²⁵ www.almuro.net/sitios/Mecanica/direccion.asp

2.1.2.- LA TRANSMISIÓN

La transmisión del movimiento de la caja de cambios a las ruedas necesita de unos elementos que se van a encargar de este cometido. Estos elementos van a depender principalmente de la posición que ocupe el motor en el vehículo (delantero, trasero) y de la posición de las ruedas motrices ("tracción" delantera, "propulsión" trasera, tracción total 4x4). Estos elementos de transmisión están sometidos a esfuerzos constantes de torsión; en consecuencia, deben diseñarse para soportar estos esfuerzos sin deformación y ser capaces de transmitir todo el par motor a las ruedas. Como el motor y la caja de cambios van fijos al bastidor y las ruedas van montadas sobre un sistema elástico de suspensión, éstas se hallan sometidas a continuos desplazamientos de vaivén por las irregularidades del terreno. Por lo tanto el enlace entre la caja de cambios y las ruedas no puede ser rígido, sino que ha de estar preparado para adaptarse a esas deformaciones.

Según la situación del grupo motor propulsor y de las ruedas motrices en el vehículo, se emplean diferentes sistemas de transmisión, acoplando juntas y semiarboles adaptados al sistema elegido.

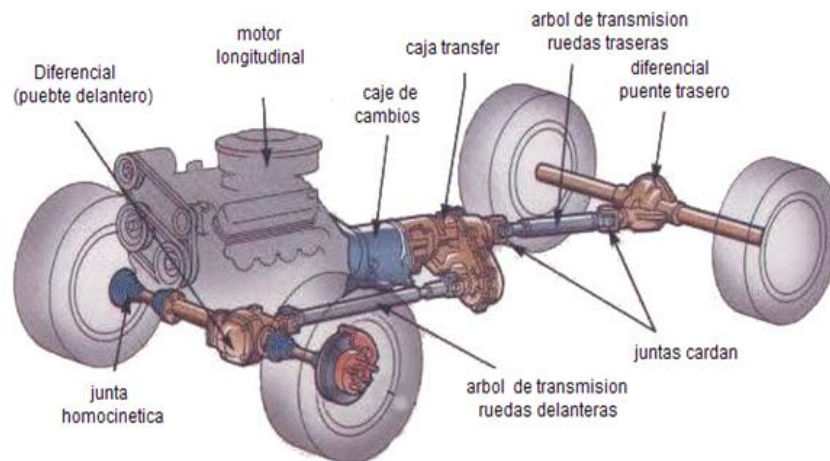


Figura 2.3: Sistema de transmisión completa del vehículo

2.1.3.- ARBOLES DE TRANSMISIÓN

Están sometidos en su funcionamiento a esfuerzos constantes de torsión que son contrarrestados por la elasticidad del material. Por este motivo están diseñados para que aguanten el máximo de revoluciones sin deformarse. Se fabrican en tubo de acero elástico, con su sección longitudinal en forma de uso (más grueso en el medio que en los extremos) y perfectamente equilibrados para no favorecer los esfuerzos en ningún punto determinado.

Además del esfuerzo de torsión, el árbol de transmisión está sometido a otro de oscilación alrededor de su centro fijo de rotación. Debido a este movimiento de oscilación se modifican continuamente las longitudes de las uniones, dando como resultado un movimiento axial del árbol de transmisión

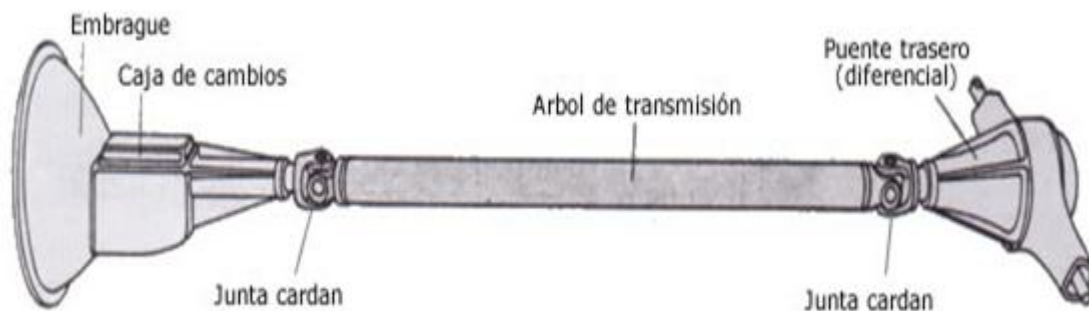


Figura 2.4: Acoplamiento de la caja de cambios al puente trasero diferencial²⁶

²⁶ http://www.lim.ii.udc.es/docs/.../2002_12_CNIM_Sistema_mecanico

2.1.4.- SISTEMA DE TRACCIÓN TRASERA²⁷

Los semiárboles o palieres pueden ser rígidos o articulados (para suspensiones independientes) tienen la misión de transmitir el movimiento desde el diferencial a las ruedas. Están constituidos por un eje de acero forjado, uno de sus extremos se acopla al planetario del diferencial y, el otro extremo se acopla al cubo de la rueda.

En vehículos con motor delantero y propulsión trasera dotada de puente trasero flotante (sin suspensión independiente) se emplean para el montaje de estos semiárboles, varios sistemas.

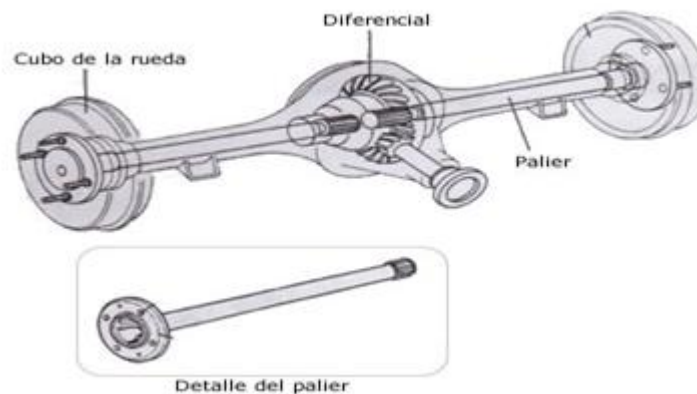


Figura 2.5: Conjunto del puente trasero flotante

2.1.5.- COMPONENTES MECÁNICOS INTERNOS AUXILIARES

Volante: Permite al conductor orientar las ruedas.

Columna de dirección: Transmite el movimiento del volante a la caja de engranajes.

²⁷ <http://www.ubaria.com/.../uploads/2008/11/traccion4.jpg>

Caja de engranajes: Sistema de desmultiplicación que minimiza el esfuerzo del conductor.

Brazo de mando: Situado a la salida de la caja de engranajes, manda el movimiento de ésta a los restantes elementos de la dirección.

Biela de dirección: Transmite el movimiento a la palanca de ataque.

Palanca de ataque: Está unida solidariamente con el brazo de acoplamiento.

Brazo de acoplamiento: Recibe el movimiento de la palanca de ataque y lo transmite a la barra de acoplamiento y a las manguetas.

Barra de acoplamiento: Hace posible que las ruedas giren al mismo tiempo.

Pivotes: Están unidos al eje delantero y hace que al girar sobre su eje, adherido a las manguetas hacia el lugar deseado.

Manguetas: Sujetan la rueda.

Eje delantero: Sustenta parte de los elementos de dirección.

Rótulas: Sirven para unir varios elementos de la dirección y hacen posible que, aunque estén unidos, se muevan en el sentido conveniente.

2.2.- ESTUDIO DEL MOTOR GENERADOR DE MOVIMIENTO²⁸

2.2.1.- MOTOR Y/O GENERADOR DE ROTACIÓN CONTRARIA

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas que no necesitan acoplen internos, solo los externos mediante engranajes que sujetarán la parte mecánica del mismo y de la tracción del vehículo. Algunos de los motores eléctricos utilizados en los vehículos eléctricos (VE) son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos. Por lo general estos motores/generadores están dentro de la gama de un par motor de 250 Nm constante en un amplio rango de r.p.m. Un adelanto de las cifras rendimiento de conducción: aceleración de cero a 100km/h en menos de 9 segundos, velocidad máxima: aprox. 144km/h (limitada electrónicamente), y una autonomía de 161 km con una sola carga. Estos motores y/o generadores poseen las siguientes partes.

2.2.2.- PARTES DEL MOTOR/GENERADOR

En la figura 2.7 podemos observar los componentes indicados a continuación.

- 1.- negro: Eje, piña o rotor, pinzas del eje.
- 2.- plomo: Rodamientos.
- 3.- rojo: Estator.
- 4.- azul: Coraza o cámara.

²⁸http://web.auto.configed.certificate/aaa/wba_login.html?wbaredirect=http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=1037

2.2.3.- FUNCIONAMIENTO

El eje, gira al ser impulsado por una fuerza externa, como el giro de la llanta, el impulso de una corriente de agua o aire, etc.

El eje tiene unas pinzas o extensiones que hacen girar los rodamientos, que a su vez hacen girar el estator.



Figura 2.6: Motor eléctrico Toyota Prius 2009

La carcasa o cámara va entornillada a una parte fija que no presenta movimiento, como el chasis de un automóvil. Esta carcasa o cámara alberga al motor y/o generador, impidiendo filtraciones de agua, polvo, etc. También esta carcasa o cámara lleva entornillados los rodamientos, cuya función u objetivo es que la parte negra y la parte roja giren en sentido contrario o en direcciones contrarias.

Como se aprecia en la figura 2.7 de flechas, el giro de la parte negra, va en una dirección y hace girar sobre su propio eje a los rodamientos, provocando el efecto que el estator gire en dirección contraria u opuesta a la parte negra.

Generalmente en un motor tradicional el ROTOR gira y el ESTATOR es la parte que está inmóvil. Cada vuelta del rotor es el equivalente a una revolución, es decir existe un punto en común entre el rotor y el estator se encuentra una vez en cada vuelta, pero el resultado en este otro tipo de motor y/o generador es que los rodamientos o cojinetes permiten:

Primero: que el estator ya no esté inmóvil y se mueva o gire al igual que el rotor.

Segundo: que el estator girará en sentido contrario del rotor o piña, lo que traerá como resultado que un mismo punto en común entre rotor y estator se encuentre 2 veces casi en una misma vuelta o revolución. Lo cual a su vez, transforma esa electricidad en energía rotacional. Debido a que la electricidad del motor es resultado de fuerzas que se atraen y se repelen, creando movimiento rotacional.

"La Ley de inducción electromagnética de Faraday (o simplemente Ley de Faraday) establece que el voltaje inducido en un circuito cerrado es directamente proporcional a la rapidez con que cambia en el tiempo el flujo magnético que atraviesa una superficie cualquiera con el circuito como borde". Por lo que al obtenerse casi 2 revoluciones por una sola vuelta, se puede hablar de casi duplicar la producción de electricidad por vuelta. A diferencia de un motor tradicional donde 1 vuelta del rotor es solo una revolución.

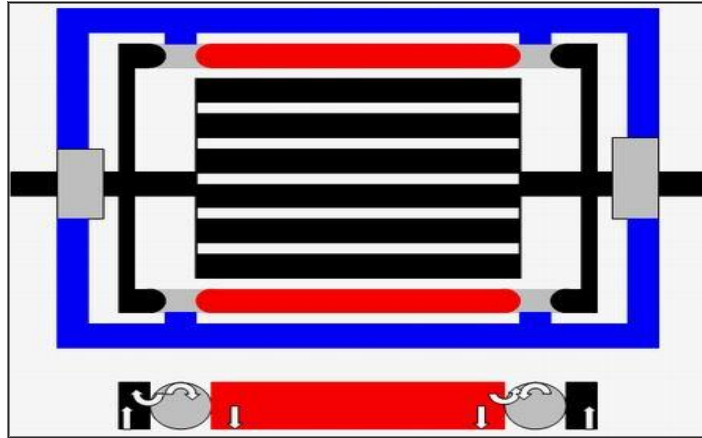


Figura 2.7: Motor y/o generador de rotación contraria

2.2.4.- EL MOTOR ELÉCTRICO COMO FRENO²⁹

Los frenos regenerativos se basan en el principio de que un motor eléctrico puede ser utilizado como generador. El motor eléctrico de tracción es reconectado como generador durante el frenado y las terminales de alimentación se convierten en suministradoras de energía la cual se conduce hacia una carga eléctrica, es esta carga , la que provee el efecto de frenado.



Figura 2.8: Conexiones de motor y salidas de generador

²⁹ http://www.meka-eko.org_index-freno.html

Un temprano ejemplo de este sistema fue el Freno Regenerador de energía, desarrollado en 1967 para el vehículo Amitron. Este fue un auto accionado completamente por baterías en fase prototipo, cuyas baterías eran recargadas por frenado regenerativo, lo que incrementaba la autonomía del automóvil. Lo que estamos acostumbrados a ver, es que un motor eléctrico se encargue de impulsar una máquina y vehículo, se suministra corriente eléctrica por un lado y se obtiene movimiento por el otro. Bueno en este caso el motor actúa como generador, el motor se hace girar con la inercia del vehículo que está en movimiento, por lo tanto el motor gira y produce electricidad, esta electricidad es enviada a las baterías o a súper condensadores que acumulan o guardan esta energía en un sistema de baterías para luego nuevamente invertir el proceso y produciendo el movimiento al vehículo.

2. 3.- EL FRENO REGENERATIVO³⁰

2.3.1.- INTRODUCCIÓN

Los automóviles actualmente son de locomoción. Generalmente la forma de frenar es por forma de fricción. Al realizar el proceso, la energía cinética que se había almacenado debido al movimiento, no se puede reutilizar puesto que esta se disipa en forma de calor. Esto implica que cada vez que se frene, el vehículo pierde energía cinética almacenada. Utilizando el principio de un motor eléctrico puede ser utilizado como generador. Este frenado consiste en transformar la energía de salida de la etapa de continua, disipada normalmente en la resistencia de frenado, para devolverla a la red de alimentación, de forma que esta energía no se pierde en forma de calor, sino que puede ser reutilizada por otros dispositivos eléctricos.

Tanto el freno eléctrico como el freno regenerativo aportan los medios adecuados para minimizar los tiempos de frenado de las masas rotantes. Con su utilización se

³⁰ [http:// www.patentesonline.com.mx_frenoregenerativo/generacion.html](http://www.patentesonline.com.mx_frenoregenerativo/generacion.html).

reduce el periodo de rotación de la unidad en bajas velocidades durante la desaceleración y por lo tanto se reduce también la zona de operación. El uso de estos sistemas de frenado aporta agilidad a la operación y también minimiza el uso del freno mecánico favoreciendo la reducción de la polución en la caja de máquinas.

Mediante los estudios realizados se puede convertir la energía cinética de un automotor en energía eléctrica que se almacena en los momentos en que se requiera frenar, ya sea para disminuir su velocidad o mantenerla cuando una fuerza externa actúe sobre ella, esta energía será almacenada en baterías y posteriormente utilizada.

2.3.2.- FUNCIONAMIENTO

El frenado regenerativo se utiliza en los vehículos que hacen uso de motores eléctricos, principalmente los vehículos totalmente eléctricos y vehículos eléctricos híbridos. Una de las características más interesantes de un motor eléctrico es que, cuando se ejecuta en una dirección, convierte la energía eléctrica en energía mecánica que se puede utilizar para realizar el trabajo (tales como girar las ruedas de un vehículo), pero cuando el motor está corriendo en la dirección opuesta, un motor de diseño adecuado se convierte en un generador eléctrico, convirtiendo la energía mecánica en energía eléctrica.

Esta energía eléctrica puede ser alimentada en un sistema de carga para las baterías del vehículo.

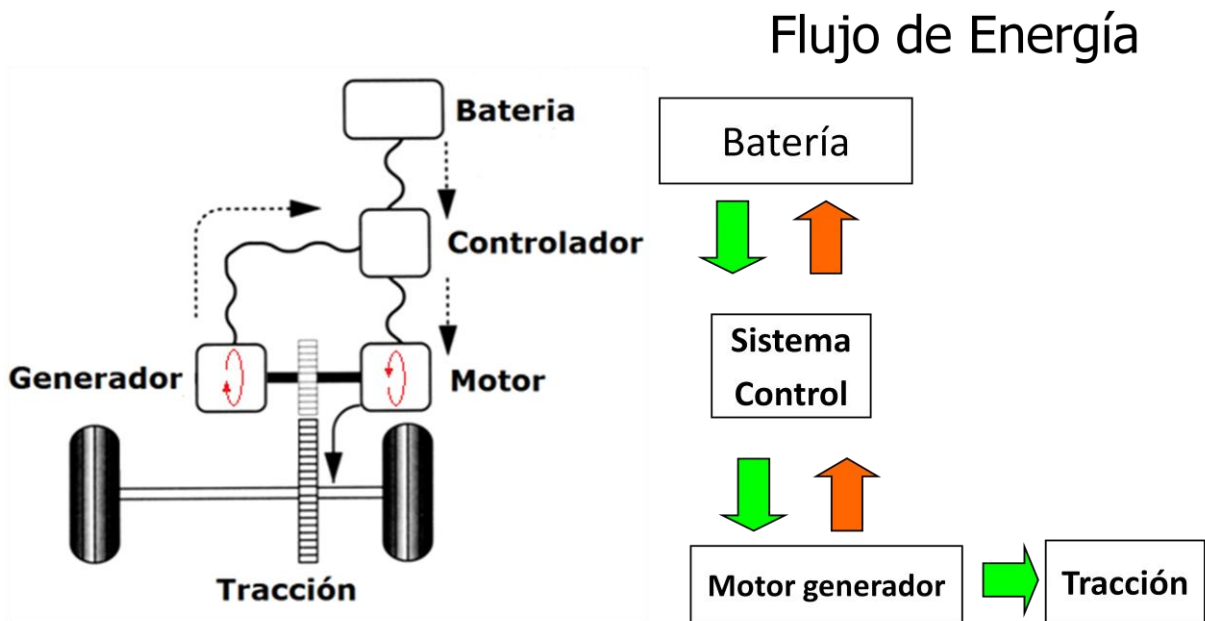


Figura 2.9: Funcionamiento del frenado regenerativo

Los motores eléctricos tienen la propiedad de almacenar energía durante el movimiento, una de las características del motor es que este puede ser utilizado como generador, durante el frenado las conexiones del motor de tracción son modificadas de esto se encarga un dispositivo electrónico. Los campos del motor se conectan al motor principal de tracción y las armaduras del motor se conectan a la carga. El motor de tracción excita los campos, las ruedas del vehículo, al girar, mueven las armaduras, y los motores actúan como generadores. Cuando los motores funcionan como generadores, la corriente generada en ellos se puede hacer pasar a través de resistencias eléctricas, lo que daría lugar a un frenado reostático. Si se envía a la línea de suministro, a las baterías o un supercondensador, en el caso de un vehículo autónomo e independiente de una línea de corriente, se estaría hablando de frenado regenerativo.

Si el movimiento del vehículo es decelerado, el flujo de corriente a través de la armadura del motor durante ese frenado debe ser contrario al que se utiliza para accionar al motor.

El esfuerzo de frenado es proporcional al producto de la fuerza magnética de las líneas de campo multiplicado por la velocidad angular de la armadura.

Para realizar el frenado dinámico de un motor DC es necesario aumentar la carga en el bobinado, de tal manera que el campo generado en este aumente, reduciendo la velocidad del rotor. Con el frenado regenerativo se aprovecha esta energía para recargar las baterías de alimentación optimizando el sistema. Uno de los motores más utilizados en este campo son los motores BRUSHLESS (sin escobillas) por mayor control para determinar la posición del rotor.

La energía entregada del motor del vehículo en este caso generador, es de tipo continua, la conversión de la energía dependerá del diseño del sistema ya sea continua o de ser necesario una conversión a alterna. El encargado de hacer de freno regenerativo es el motor eléctrico, que cuando una fuerza lo hace girar, actúa como un generador oponiendo resistencia a la generación de electricidad. Los siguientes puntos dan a entender de una forma sencilla como puede frenar y generar electricidad un motor eléctrico o un generador.

1. Lo que genera el campo magnético es el inductor, y el bobinado es el inducido. El inductor puede ser por imanes permanentes o por electroimanes, en este último caso el campo magnético puede ser variable.
2. Según la ley de Faraday³¹, cuando un conductor (los cables del bobinado) que se mueve corta líneas de flujo de un imán, se produce una fuerza electromotriz en el conductor.
3. Es necesario un circuito cerrado para que la fuerza electromotriz genere una corriente inducida en el conductor. Esta corriente inducida es la que se usa para cargar la batería. Si el motor está con los bornes al aire sin circuito cerrado, ni frena ni regenera.

³¹ <http://www2.ib.edu.ar/becaib//cd-ib/trabajos/LopezL.pdf>

4. Según la ley de Lenz³², una corriente inducida en el conductor, creará un campo magnético que se opondrá al campo magnético que la produce, esta es la fuerza que hace que el motor eléctrico se retenga.
5. En un motor dado se puede aumentar la fuerza electromotriz, aumentando la velocidad de giro, o aumentando el campo magnético. Se puede aumentar el campo magnético si en vez de un imán permanente el motor tiene un electroimán.

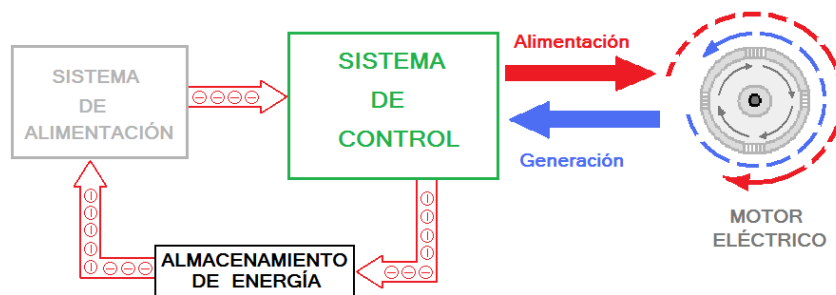


Figura 2.10: Generación y regeneración de energía

La diferencia entre un motor eléctrico y un generador es que en el motor es necesario que existan dos campos magnéticos que se repelan para provocar un giro (transforma una energía eléctrica en mecánica) en el generador es suficiente con que exista un campo magnético ya que el otro componente es un conductor que recoge la corriente inducida por el campo magnético (transforma una energía mecánica en eléctrica). En ambos casos los campos magnéticos pueden ser generados a través de bobinas inductoras o imanes permanentes. Así que la construcción de un motor eléctrico o un generador es esencialmente la misma.

El principio de funcionamiento de cualquier motor-generador eléctrico es siempre el mismo, desde una escalera eléctrica hasta un tren, una batidora, un ventilador, etc.

³² <http://www2.ib.edu.ar/becaib//cd-ib/trabajos/LopezL.pdf>

2.3.3.- CONTROLADORES DE FRENADO REGENERATIVO ³³

Los sistemas de frenado regenerativo son particularmente eficaces en (stop-and-go) condiciones de conducción.

Los controladores de freno son dispositivos electrónicos que pueden controlar los frenos de forma remota, decidir en qué momento de frenado empieza, termina, y con qué rapidez los frenos deben ser aplicados.

El frenado regenerativo se aplica en conjunción con los sistemas antibloqueo de frenos (ABS), por lo que el controlador de frenado regenerativo es similar a un controlador de ABS, que controla la velocidad de rotación de las ruedas y la diferencia de que la velocidad de una rueda a otra. En los vehículos que utilizan este tipo de frenos, el controlador del freno no sólo controla la velocidad de las ruedas, pero se puede calcular cuánto esfuerzo de torsión - fuerza de rotación - está disponible para generar electricidad que pasan a engrosar las baterías.

Durante la operación de frenado, el controlador de freno dirige la electricidad producida por el motor en las baterías o condensadores. Se asegura de que una óptima cantidad de energía es recibida por las baterías, pero también asegura que el flujo de la electricidad no es más que las baterías pueden manejar.

Un vehículo eléctrico también consta con frenos de fricción encargados de realizar una máxima eficiencia al momento de detener el vehículo.

³³www.mitoyotaprius.mforos.com/.../7338642-algo-sobre-frenos-regenerativos

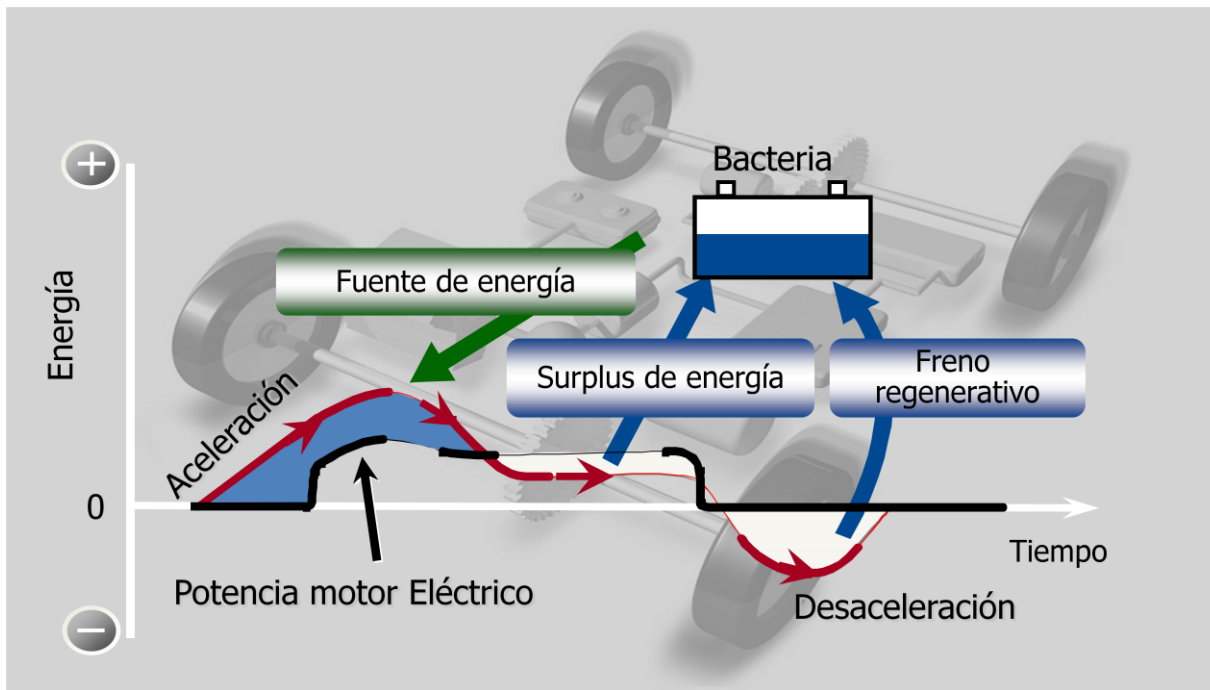


Figura 2.11: Manejo de la energía.

2.4.- APLICACIÓN DE LA ENERGÍA REGENERADA

Uno de los principales puntos para alcanzar la máxima autonomía es el estudio de la regeneración eléctrica dentro del vehículo, este se basa en la energía producida en el frenado anteriormente estudiado: el frenado regenerativo.

Mediante la regeneración de la energía aplicada durante los tiempos de frenado, también aplicado a pendientes la autonomía del vehículo se ha extendido en un 10% siendo esta energía reutilizada durante los arranques, y en la actualidad se están colocando una segunda batería e incluso los Ultracaps ya que poseen mejores características para el almacenamiento de esta.

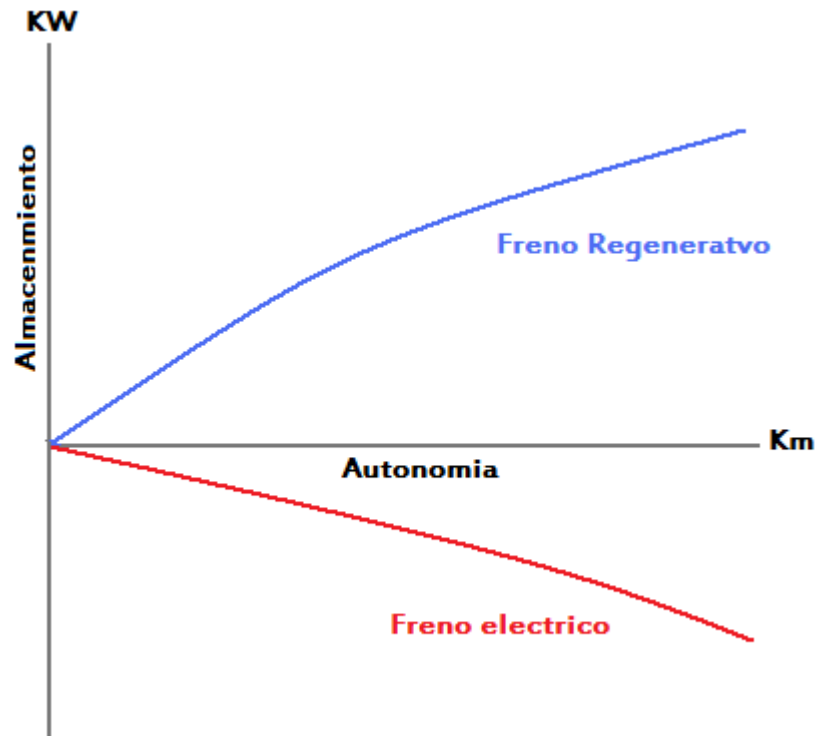


Figura 2.12: Curva característica de la energía producida durante el frenado.

Una recuperación de tan sólo el 1% de la energía de un sistema de baterías correspondientes a un vehículo eléctrico puede significar un incremento importante en la autonomía final del vehículo. Se ha visto anteriormente que la aplicación de la energía y autonomía del vehículo también depende del usuario y la aplicación que este le dé a ella.

2.5.- CONSUMO ENERGÉTICO

Los motores de un vehículo eléctricos en la actualidad van dirigidos hacia una mayor generación de potencia y un menor consumo energético, mediante los grandes avances tecnológicos alcanzados por los fabricantes de vehículos se encuentra e incluso el remplazo de los tradicionales dispositivos de consumo sustituyéndolos y mejorando no solo en su rendimiento y mediante esto logrando una autonomía superior en el vehículo.

Uno de los grandes desafíos de todas las industrias relacionadas a los nuevos vehículos eléctricos es cómo desarrollar un nuevo modelo de buenas prestaciones y a precios accesibles y, por otro, cómo potenciar la autonomía de los transportes al máximo.

Un vehículo eléctrico consume un 90% menos que uno de combustión en cuanto al valor energético. Con el uso de motores eléctricos se destacan por su alta eficiencia a diferentes regímenes de funcionamiento. Para analizar su eficiencia energética hemos de centrarnos en la forma de suministro de energía eléctrica al motor.

El futuro de los vehículos puramente eléctricos (sin contar con el apoyo de un motor de combustión interna, esto es, vehículos híbridos) parece pasar por las nuevas generaciones de acumuladores químicos (Batería de ión de litio e incluso los Ultracaps) cada vez con mayor densidad de carga y longevidad, que permiten mover motores más potentes y aumentar la autonomía aproximadamente a unos 400Km.

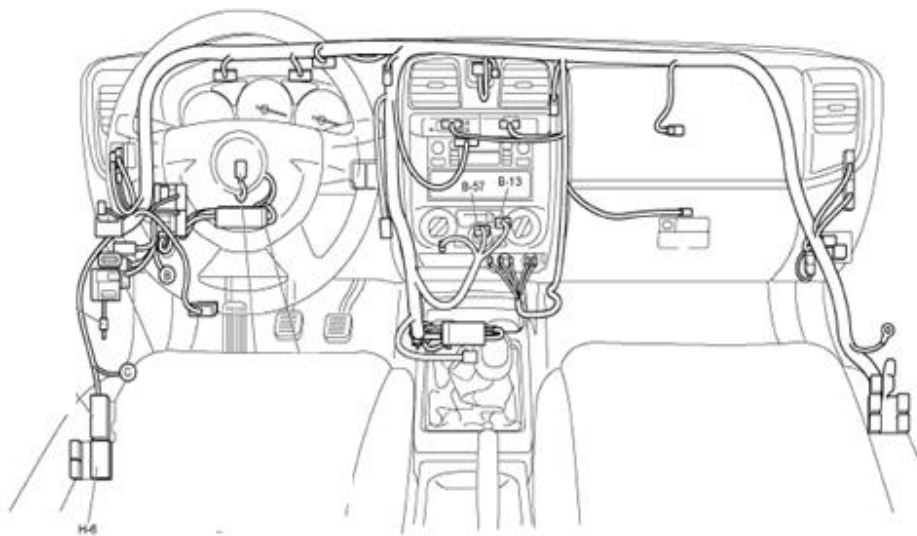


Figura 2.13: Conexiones de elementos de control y más accesorios.³⁴

³⁴ www.patentados.com/.../sistema-de-iluminacion-de-led-para-vehiculo.html - España

En un vehículo eléctrico el mayor consumo energético es producido por el motor que lo propulsa, dependiendo de la potencia que genera características del mismo, uno de los puntos a tomar muy en cuenta es durante el arranque, este tiempo es de aproximadamente 30 segundos que es el lapso en el cual existe la mayor cantidad de consumo, generación de potencia e incluso uno de los factores a tomar muy en cuenta dentro del acumulador de energía y su tiempo de recuperación, luego de este tiempo el motor alcanza un estado de consumo nominal. Pero durante el arranque no toda la energía entregada por el acumulador es consumida por el motor, un pequeño porcentaje el disipado entre los elementos de control.

2.5.1.- CONSUMO ELÉCTRICO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD³⁵

La presentación de resultados es mediante tablas, y en la primera, veremos el consumo de Wh por kilómetro y como se hace mayor en función de la velocidad de circulación.

Se considera un vehículo de hasta 1300 Kg de peso, en un régimen de funcionamiento de mínimo consumo; un pasajero, con aire acondicionado, calefacción y luces apagadas.

La resistencia por coeficiente aerodinámico del modelo, es un valor promedio (0.32) en vehículos actuales, frente en cuña y formas redondeadas. La presión de los neumáticos es de 36 adelante y 39 atrás. Se presenta una tercera columna con la gama proyectada, con un banco de baterías de Litio (Li FePO₄) de 17 Kw. del que solo utilizamos el 88 % de su capacidad.

³⁵ www.vehiculos-verdes.com/index_estudioenergetico.

Tabla 2.1: Relación del consumo energetico - autonomia

Velocidad Km/h	Consumo Wh/Km	Gama con 15KW
10	120	125 km.
20	130	116 km.
40	145	103 km.
60	155	97 km.
80	165	91 km.
100	188	80 km.
120	219	69 km.
130	243	62 km.
140	262	57 km.

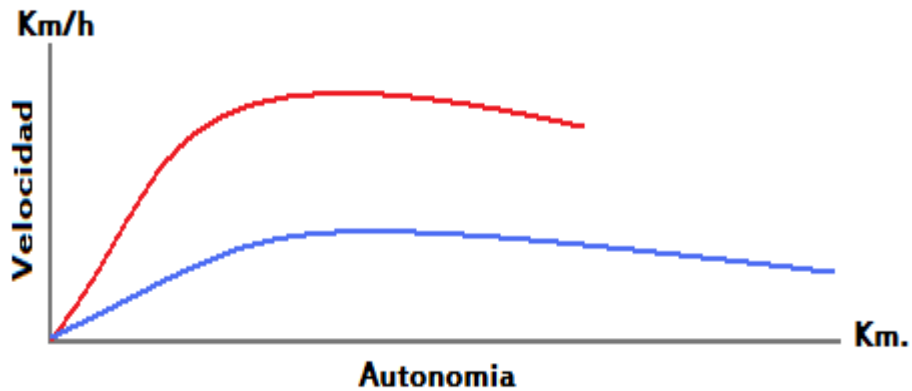


Figura 2.14: Curva característica del consumo en función de la velocidad

Los valores de esta tabla se registraron en pruebas en funcionamiento continuo en ruta. Se ve claramente que a mayor velocidad, mayor el consumo y menor la autonomía final. Esto se comprende con facilidad en el siguiente cuadro de potencia necesaria para determinadas velocidades.

Tabla 2.2: Especificación de velocidad y potencia requerida

Velocidad Km/h	Potencia Kw. Requeridos
20	2
48	5
60	6,5
80	12
100	18
120	25
140	35

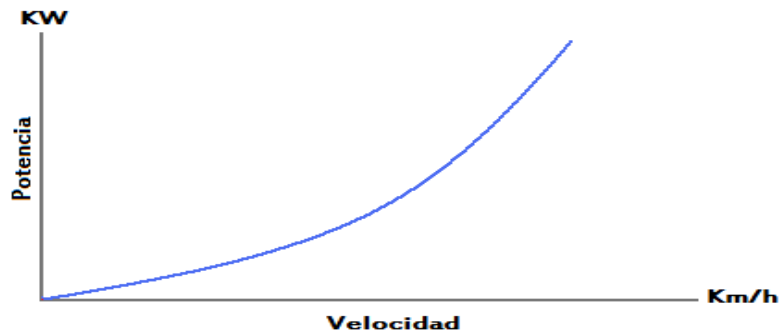


Figura 2.15: Comportamiento del vehículo relación potencia velocidad

Si analizamos la potencia necesaria para desplazarnos a 60 Km/h y a 120 Km./h se ve que no es lineal, para moverse al doble de 60 Km./h se requiere casi 4 veces más de potencia. Este efecto se aplica a cualquier móvil que se desplaza horizontalmente en un plano, por efecto directo de la resistencia aerodinámica, donde está claro que el viento puede incidir en estos valores a favor o en contra. Pero un vehículo no solo consta de un motor de propulsión también tiene sus complementos de control, señalización y mas accesorios que sumados estos forman una considerable carga eléctrica de consumo para la fuente, claro que no todas estas son de un consumo

constante tienen su variación de tiempo y consumo característico propio del accesorio. Por ejemplo los juegos de luces, estos son de señalización e iluminación, durante el día las luces de señalización tienen un uso constante mas no las de iluminación, mientras que en la noche existe un mayor consumo por el uso de todas las luces en conjunto.

El alumbrado de un vehículo está constituida por un conjunto de luces adosadas al mismo, cuya misión es proporcionar al conductor todos los servicios de luces necesarios prescritos por ley para poder circular tanto en carretera como en ciudad, así como todos aquellos servicios auxiliares de control y confort para la utilización del vehículo, las misiones que cumple el alumbrado son las siguientes:

- 1º Facilitar la perfecta visibilidad al vehículo.
- 2º Posicionar y dar visibilidad al vehículo.
- 3º Indicar los cambios de maniobra.
- 4º Servicios de control, anomalías.
- 5º Servicios auxiliares para confort del conductor.

En conclusión cada accesorio agregado a un vehículo representa una carga entre las más comúnmente utilizadas se tiene:

Tabla 2.3: Consumo de corriente por accesorios básicos

CONSUMO APROXIMADO EN EL VEHICULO		
Faros Principales	2 x 3 A	6A
Luz trasera	4 x 0,25 A	1A
Luces de posición delantera	2 x 0,25 A	0,5A
Alumbrado de Instrumentos	20-30 x0,05 A	1,5A
Motor de ventilador	1 x 5 A	5A
Limpiaparabrisas	1 x 4 A	4A
Radio (estándar)	1 x 2 A	2A

A más del consumo de energía en el motor de tracción, control y señalización se deben tomar en cuenta las prestaciones que posee un vehículo como son aire acondicionado, calefacción, reproductores, accesorios básicos como los juegos de luces, bocinas etc. Ya que estas también son parte de la carga total que soporta la fuente del uso de estos también dependerá el consumo total y tiempo de durabilidad energética.

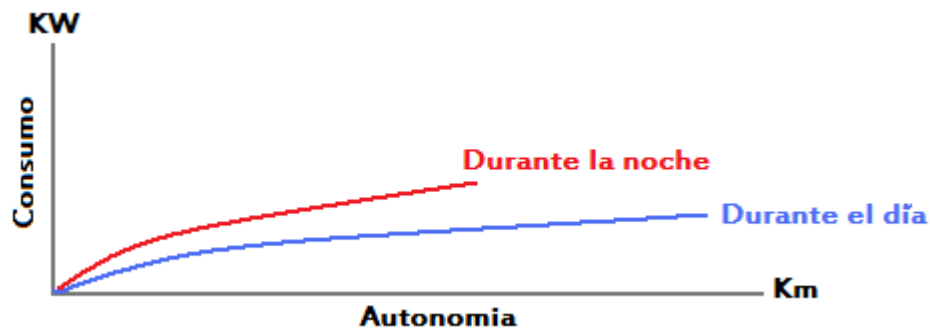


Figura 2.16: Comportamiento del vehículo durante el funcionamiento diario

La autonomía real va a depender del estilo de manejo y del uso de accesorios de alto consumo como aire acondicionado o la calefacción. La ventaja de contar con los valores de este estudio es que cada conductor, puede predecir según las condiciones de manejo los rendimientos de su vehículo. Es claro que cada conductor decide durante el manejo el rendimiento posible de su vehículo. Y en definitiva, la realidad indica que conducir con exceso de velocidad es poco eficiente y un riesgo de accidentes.

Mediante los avances tecnológicos el consumo de energía en los accesorios adicionales ha tenido una gran disminución ya que se encuentran aplicando luces de señalización y faros a base de LED's obteniendo una gran ventaja por la reducción de consumo.

Una de las desventajas en la aplicación de esta tecnología es el costo más elevado que las luces comunes a base de filamentos y gas, pero no es solo en luces la que tiene esta tendencia de reducir el consumo, es toda la actual tecnología ya sea en calefacción, aire acondicionado y equipos estéreos. Por ejemplo tenemos los faros del Audi R8 con los cuales han aumentado el poder luminoso es más cercano al de la luz de día, principalmente por su color logra más definición y eso es porque está en concordancia con el ojo humano.

2.6.- ADAPTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO AL SISTEMA MECÁNICO

El sistema eléctrico de la carrocería y del chasis funcionan con una alimentación de voltaje requerido por el motor ya sea este de corriente alterna como de continua, y polaridad a tierra negativa para los accesorios internos y externos del vehículo. El cableado principal está compuesto por el cableado del motor, el cableado de los instrumentos, el cableado de la carrocería y del chasis. Los cableados utilizan tubos corrugados divididos para proteger los cables de los demás componentes.

El tamaño del cable está determinado por el flujo de corriente, la longitud del circuito y la caída de tensión. Todos los cables cuentan con un aislamiento codificado por un color. Este sistema hace más fácil la localización de los circuitos y la realización correcta de las conexiones.

Cada circuito está formado por los siguientes componentes:

- 1 Fuente de energía – La batería el motor y/o generador.
- 2 Cables – Para conducir la energía eléctrica a través del circuito.
- 3 Fusibles - Para proteger los circuitos de las sobrecargas de corriente.

- 4 Relés – Para evitar las caídas de tensión entre la batería y las partes del circuito, y para evitar que los interruptores se quemen.
- 5 Interruptores – Para abrir y cerrar el circuito.
- 6 Carga – Cualquier dispositivo, como una luz o el motor, que convierte la corriente eléctrica en trabajo útil.
- 7 Tierra – Para permitir que la corriente regrese a la fuente de energía.

2.6.1.- ELEMENTOS PARA LA ADAPTACIÓN DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Todos los cables tienen un aislamiento codificado por un color, los cables del cableado principal del sistema tendrán un único color. Los cables marcados con rayas, los cables de los sub-circuitos del sistema tendrán rayas de color. Los cables marcados con rayas utilizan el siguiente código para indicar el tamaño y los colores del cable como se puede apreciar en la figura siguiente.

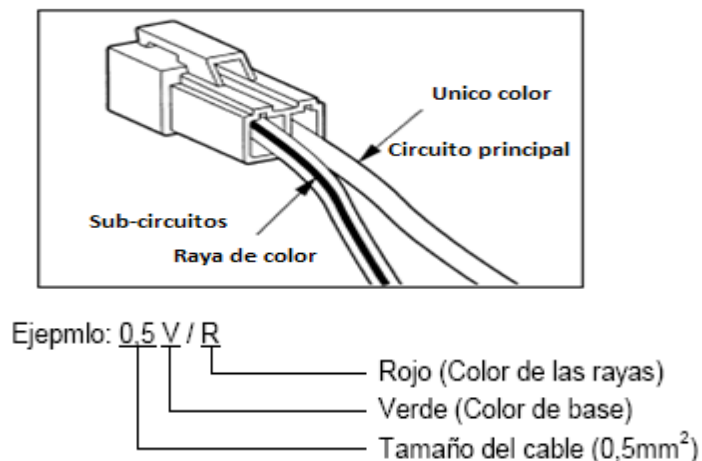


Figura 2.17: Conector eléctrico con denominación de color

Las abreviaturas se utilizan para indicar el color del cable dentro del diagrama de los circuitos como se aprecia en la tala 2.4.

Tabla 2.4: Código de colores de los cables

Código de color	Significado	Código de color	Significado
B	Negro	BR	Marrón
W	Blanco	LG	Verde claro
R	Rojo	GR	Gris
G	Verde	P	Rosa
Y	Amarillo	LB	Celeste
L	Azul	V	Violeta
O	Naranja	-	-

Definidos el color de cable para los circuitos cabe diferenciar los distintos circuitos con el color base de los mismos.

Tabla 2.5: Diferencia de los circuitos mediante el color de los cables

Color de base	Circuitos	Color de base	Circuitos
B	Circuito de arranque y de tierra	Y	Circuitos de instrumentos
W	Circuito de carga	L,O,BR	Otros circuitos
R	Circuito de luces	LG,GR	Otros circuitos
G	Circuito de señales	P,LB,V	Otros circuitos

El cableado principal de todo el sistema eléctrico se desplaza por toda la carrocería del vehículo, como se puede apreciar en la figura 2.17, cada sistema está definido por el color base de los conductores estipulados en la tabla 2.5. La carrocería alojará a todos los demás sistemas como el neumático, eléctrico, de frenado, luces, extras y confort.

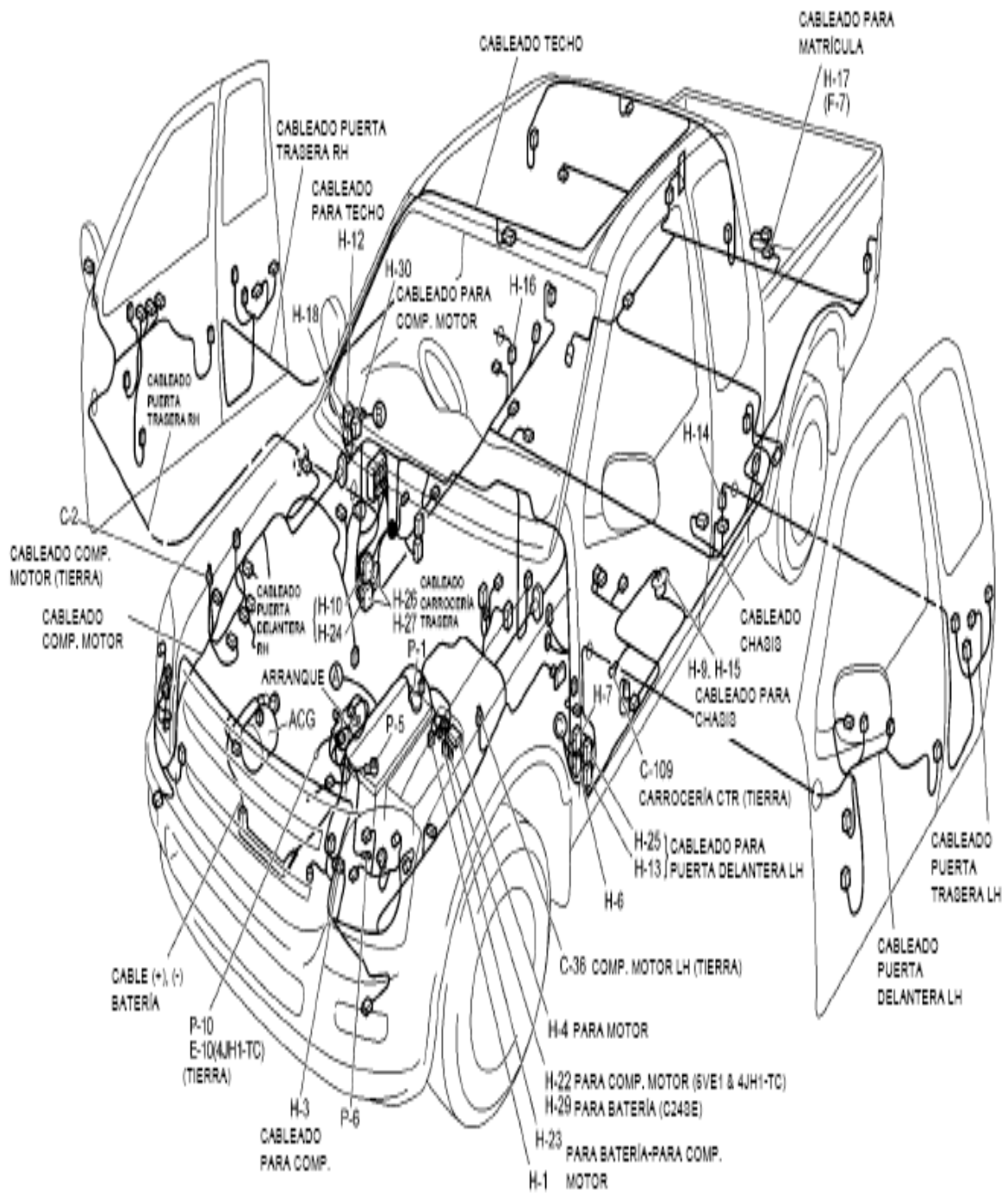


Figura 2.18: Diagrama del cableado principal³⁶

³⁶ www.generalmotors.com_seccion 08.pdf

CAPÍTULO III

3.1.- DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA

Un vehículo no solo consta de la tecnología con la que ha sido diseñado su sistema de propulsión. Para un vehículo eléctrico cada parte que lo constituye posee gran importancia, desde su diseño aerodinámico o futurista como se lo ha dado, también es tomado en cuenta el material del que se encuentra elaborado del que depende el volumen y peso que tendrá ya que de esto depende mucho la autonomía.

3.1.1.- MOTOR

El motor de un vehículo eléctrico puede variar de acuerdo al modelo y fabricante así como la potencia (caballos de fuerza), de esta manera podemos encontrar vehículos con motores trifásicos, de corriente continua, y de imanes permanentes. Cada uno de estos con su respectivo tipo de controlador ya que varían de acuerdo al motor y dentro del sistema de control tenemos el sistema de frenado en cuanto se refiere al freno regenerativo, control de velocidad que este es un variador de frecuencia o un PWM.



Figura 3.1: Propulsión eléctrica adaptado a un sistema de tracción convencional

En la figura podemos observar la adaptación que se ha realizado a la tracción de un vehículo convencional estos son uno de los métodos que se están implementando en algunos países de Sur América por lo Organización de Autolibre.³⁷ Esta es otra manera de crear o adaptar un vehiculó a eléctrico equipado con sistemas de alimentación y control.

3.1.2.- TRANSMISIÓN

La potencia del motor se transmite a las ruedas motrices, que impulsan al automóvil. la potencia hay que transmitirla al suelo a través de las ruedas de un eje o de ambos. En un principio los automóviles eran de tracción trasera debido a que las ruedas directrices, que eran las delanteras, no podían recibir la potencia del motor al mismo tiempo. Hoy en día hay una gran mayoría de vehículos con tracción delantera. Es más simple, barata y tiene menos pérdidas de energía por rozamiento, aunque la tracción trasera es más adecuada para automóviles deportivos por sus cualidades dinámicas. Los automóviles todo terreno suelen tener tracción a las cuatro ruedas, aunque otros tipos de automóviles también utilizan este sistema.

3.1.3.- ALIMENTACIÓN

Toda la energía consumida por el vehículo eléctrico es proporcionada por el sistema de almacenamiento de energía eléctrica, sea mediante celdas de combustible, ultracaps o baterías químicas. La energía suministrada al sistema eléctrico es proporcionada por las baterías mediante un sistemas de control, tanto al motor como a los accesorios del vehículo, los niveles de consumo dependen de la tecnología y la manera de conducción, siendo indispensable los puntos de recarga y tomando en cuenta el tiempo que se emplea en el mismo.

³⁷ Organización <http://www.autolibre.com>- Fundada por Gabriel García organismo dedicado al estudio y producción de vehículos verdes (cero contaminación).

3.1.4.- FRENOS

Como seguridad un vehículo eléctrico no solo consta de frenos que tengan capacidad para detener el auto, al contrario posee dos tipos de frenos, el dinámico o de fricción y el eléctrico o regenerativo, es mediante este que nos ayuda a extender la autonomía realimentando los almacenadores de energía eléctrica para un uso posterior en el arranque del vehículo, para este fin se ha optado por el uso de Ultracaps o supercondensadores por sus características de almacenar y generar mayores potencias y en menos tiempo que es uno de los factores a tomar mayormente en consideración.

3.1.5.- CHASIS Y CARROCERÍA

Al igual que el resto del vehículo, este posee características de acuerdo con el sistema para el que fue diseñado, en su construcción se emplean materiales más livianos pero de igual resistencia estos están acorde con el motor y con las condiciones suficientes de seguridad y comodidad. El diseño de la carrocería puede tener grandes ventajas como pueden ser aerodinámicas o convencionales de acuerdo al fabricante.



Figura 3.2: Chasis de un vehículo eléctrico Opel Ampera

En los vehículos convencionales (de combustión) que son adaptados a eléctricos no existe mucho problema ya que el motor eléctrico es más pequeño que uno de combustión y el peso que este otorga es reemplazado por el banco de baterías que alimenta el sistema de propulsión eléctrica.

3.1.6.- SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Como todo vehículo este necesita del juego de luces, para poder desplazarse y en condiciones de poca iluminación (de noche, túneles, etc.), los automóviles poseen un sistema de iluminación de la vía. Estos han tenido una importante evolución. Inicialmente utilizaban bombillas incandescentes, basadas en un filamento aislado en una bombilla de vidrio al vacío. Posteriormente surgieron los focos halógenos, que son los más ampliamente utilizados actualmente, cuya operación es similar a la bombilla incandescente, pero en vez de estar el filamento en vacío, el filamento está en un ambiente en el que se ha introducido un gas halógeno. Los gases halógenos son flúor, cloro, bromo y yodo.

Con las últimas generaciones tecnológicas los sistemas tradicionales como son las luces incandescentes han sido suplantados por diodos luminosos (LEDs), estos poseen mejores características en cuanto a consumo y versatilidad para su utilización.



Figura 3.3: Sistema de iluminación a base de LEDs del Vehículo LZ

3.2.- ALCANCES Y LIMITACIONES

A medida que la tecnología avanza, también las necesidades del ser humano explotando todos sus conocimientos al igual que los recursos naturales, una de estas necesidades es la movilidad siendo hoy en día uno de los problemas principales en las grandes ciudades no solo por la cantidad de vehículos sino también por la contaminación que estos causan. En la actualidad los vehículos eléctricos se los están produciendo en grandes cantidades y con la evolución de la tecnología estos tienden a cambiar y aumentar su autonomía así como sus prestaciones.

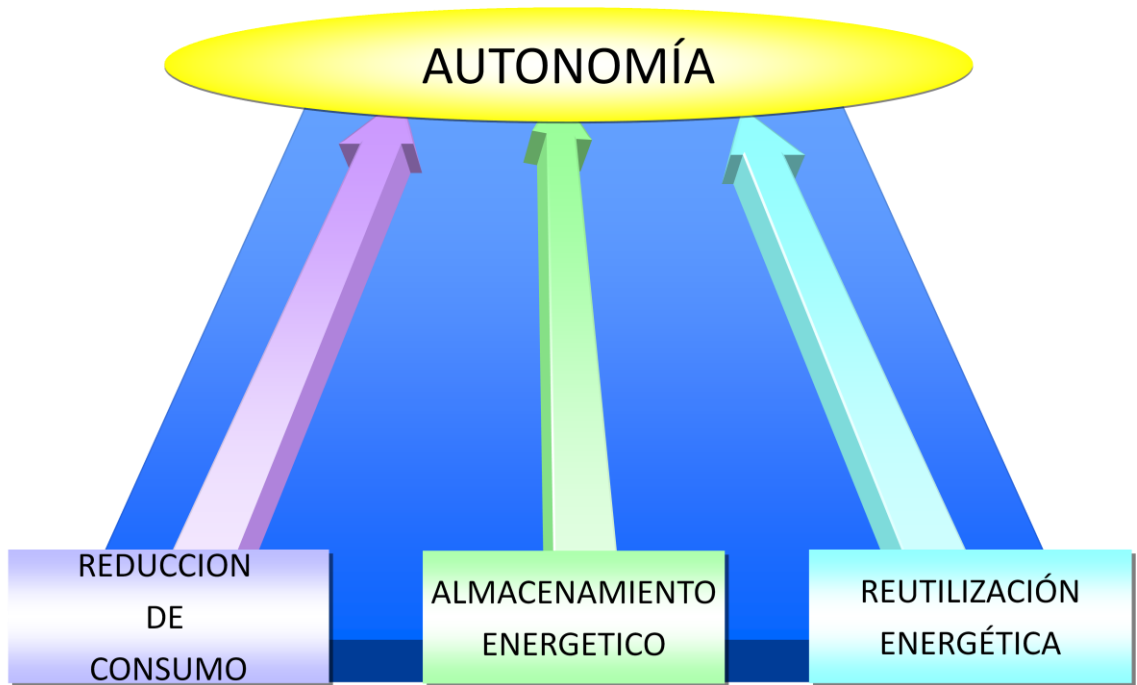


Figura 3.4: Condiciones para una máxima autonomía

En este caso al igual que todo vehículo el eléctrico también tiene sus limitaciones en diferentes campos y en muchos casos superando a los vehículos convencionales (de combustión), entre los puntos más principales a analizar se encuentra la autonomía, la potencia y la velocidad que desarrolla el mismo.

El sistema de tracción de un automóvil convencional consiste en un motor de combustión interna mecánicamente acoplado al tren motriz mediante un embrague, una caja de cambios y un diferencial con sus juntas homocinéticas. La eficiencia de este sistema de tracción se ve perjudicada, además por su peso, porque el motor debe proveer una potencia variable. Al contrario un vehículo eléctrico no posee muchas piezas móviles proporcionando una potencia constante y velocidad variable. La potencia de un auto eléctrico se encuentra alrededor de los 60 a 120 HP.³⁸

El mayor problema que poseen los vehículos eléctricos es la autonomía y su tiempo de carga de batería, esta varía de acuerdo a la tecnología con un tiempo aproximado de 8 horas. Al contrario del vehículo de combustión que no necesita tiempo de carga tan solo con abastecerse de combustible en una gasolinera. En los países de Europa ya se encuentran instalados puntos de recarga de para coches eléctricos, este es uno de los problemas a los que se enfrenta en la actualidad, mas aún si se desea extender a los países de Latinoamérica y otros en los cuales la red eléctrica domiciliaria es de 110V como en nuestro caso ya que esto influye en el tiempo de carga duplicándolo.

Actualmente un vehículo eléctrico posee una autonomía de 300km (como es el Tesla Roaster). Las grandes empresas vehículos están aumentando la eficiencia de estos mediante generadores eléctricos de combustión una parte diferente al híbrido común. En la actualidad los vehículos híbridos poseen dos motores de propulsión un eléctrico y uno de combustión, a diferencia las nuevas generación de vehículos híbridos solo poseen un motor eléctrico de propulsión asistido por un generador de combustión, el mismo que se acciona cuando las baterías llegan a un determinado porcentaje de descarga (Chevrolet Volt³⁹).

³⁸ Datos obtenidos.- http://www.wikipedi.com_Friskaer/ Automotive?.

³⁹ http://general motors.com/index_prototypes y develop technological.html

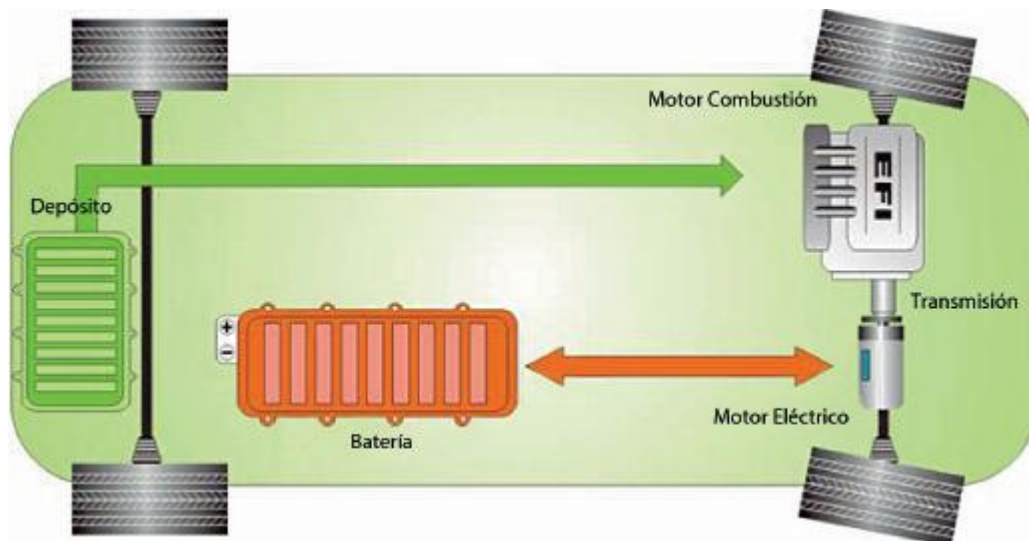


Figura 3.5: Funcionamiento de un vehículo híbrido normal

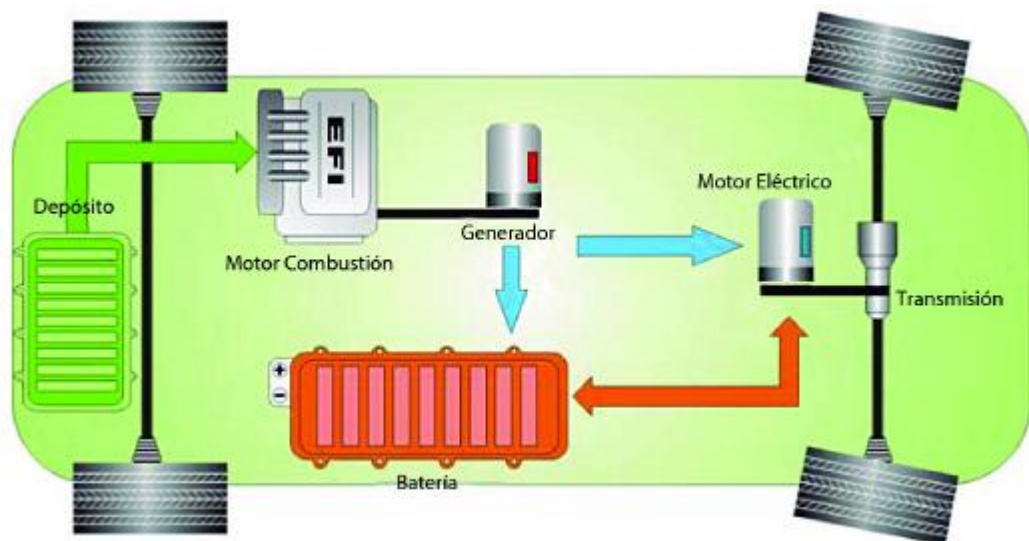


Figura 3.6: Funcionamiento de un vehículo eléctrico asistido por generador (Híbrido)

Con esta configuración se obtienen grandes ventajas sobre el vehículo eléctrico, como son:

- Incremento de autonomía, ya que esta depende del combustible almacenado en el tanque.
- Alto y uniforme rendimiento incluso a bajas temperaturas.
- La unidad auxiliar no funciona continuamente, ya que se desactiva automáticamente cuando no es necesaria.
- Se elimina la necesidad de recargar las baterías cuando estas se agotan.
- El motor de combustión interna funciona bajo un estrecho margen de carga y velocidad, lo que incrementa su eficiencia.
- Este sistema de propulsión pesa alrededor de una cuarta parte como mucho de lo que pesa un vehículo de baterías eléctricas, que debe arrastrar media tonelada de baterías bajo el piso.

Los vehículos híbridos ofrecen así las ventajas de la propulsión eléctrica sin las desventajas de las baterías.

3.3.- ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO⁴⁰

3.3.1.- POTENCIA

Los automóviles normalmente tienen motores de combustión interna que rondan entre los 60 y 180 CV de potencia máxima. Esta potencia se requiere en situaciones particulares, tales como aceleraciones a fondo, subida de grandes pendientes con gran carga del vehículo y a gran velocidad. El hecho de que la mayoría del tiempo dicha potencia no sea requerida supone un despilfarro de energía, puesto que sobredimensionar el motor para posteriormente emplearlo a un porcentaje muy

⁴⁰U.S. Department of Energy y U.S. Environmental Protection Agency. Consultado el 09-12-2009. Click en los modelos 2009 y 2010.

pequeño de su capacidad sitúa el punto de funcionamiento en un lugar donde el rendimiento es bastante malo. Un vehículo medio convencional, si se emplea mayoritariamente en ciudad o en recorridos largos y estacionarios a velocidad moderada, ni siquiera necesitará desarrollar 20 caballos.

El hecho de desarrollar una potencia muy inferior a la que el motor puede dar, supone un despilfarro por dos motivos: por una parte se incurre en gastos de fabricación del motor superiores a lo que requeriría realmente, y por otra, el rendimiento de un motor que pueda dar 100 caballos cuando da sólo 20 es muy inferior al de otro motor de menor potencia máxima funcionando a plena potencia y dando esos mismos 20 caballos. Este segundo factor es el principal responsable de que el consumo urbano de un mismo vehículo equipado con un motor de gran potencia consuma, en recorridos urbanos, muchísimo más que uno del mismo peso equipado con un motor más pequeño. En conclusión, el motor ha de ser el idóneo para el uso al que se destina.

Dado que el mayor consumo de los vehículos se da en ciudad, los motores eléctricos constituyen un ahorro energético notable, mientras que un motor térmico necesita incrementar sus revoluciones para aumentar su par, el motor eléctrico en cambio tiene una fuerza constante, es decir produce la misma aceleración al comenzar la marcha que con el vehículo en movimiento.

Otro factor que influye el rendimiento en recorridos urbanos es la forma de detener el vehículo. Ésta detención se realiza mediante un proceso tan ineficiente cómo es disipar y destruir la energía en forma de movimiento, energía cinética, que lleva el vehículo para transformarla en calor liberado inútilmente al ambiente.

Sin embargo, tampoco parece razonable limitar la potencia máxima de un motor en demasía en pro de conseguir excelentes consumos, puesto que en ciertas ocasiones es estrictamente necesario disponer de potencia para determinados esfuerzos tan

puntuales como inevitables, tales como adelantamientos y aceleraciones en pendiente.

Por una parte desarrolla el suplemento extra de potencia necesario en contadas, pero inevitables, situaciones como las anteriormente citadas. Por otra, no supone en absoluto ningún consumo extra de combustible. Al contrario, supone un ahorro, puesto que la energía eléctrica es obtenida a base de cargar las baterías en frenadas o retenciones del vehículo al descender pendientes, momentos en los que la energía cinética del vehículo se destruiría (transformaría en calor irrecuperable para ser más exactos) con frenos tradicionales. Además, no sólo aporta potencia extra en momentos de gran demanda de ésta, sino que posibilita emplear solo la propulsión eléctrica en arrancadas tras detenciones prolongadas (semáforos por ejemplo) o aparcamientos y mantener el motor térmico parado en éstas situaciones en las que no es empleado, o se requiere de él una potencia mínima, sin comprometer la capacidad para retomar la marcha instantáneamente. Además de la altísima eficiencia, la posibilidad de emplear los motores eléctricos, exclusivamente, durante un tiempo permite evitar la producción de humos en situaciones molestas, como por ejemplo en garajes.

En conclusión, desde el punto de vista de la eficiencia energética, el vehículo eléctrico representa un hito nunca jamás antes alcanzado. El principal problema al que se enfrenta la industria del automóvil para fabricar vehículos eficientes son las propias exigencias del consumidor. Debido al bajísimo precio (en relación a otras fuentes de energía) de los combustibles fósiles, gracias a que el petróleo es una fuente que la humanidad ha encontrado fácilmente disponible, no contribuye a concienciar a la población para un ahorro energético.

Sin embargo, no todos son ventajas actualmente. Los costes actuales de producción de baterías, el peso de las mismas y la escasa capacidad de almacenamiento limitan aún su empleo generalizado.

3.3.2.- ALMACENAMIENTO EN LAS BATERÍAS

El gran problema actual con el que se encuentra el motor eléctrico para sustituir al térmico en el vehículo es la capacidad de acumulación de energía eléctrica, que es muy baja en comparación con la capacidad de acumulación de energía en forma de combustible. Aproximadamente, 1 kg de baterías puede almacenar la energía equivalente de 18 gramos de combustible ver [Tabla 1.7], si bien este cálculo no tiene en cuenta el escaso aprovechamiento energético de esa energía en un motor de combustión, en comparación con un motor eléctrico. Aun así esto supone una barrera tecnológica importante para un motor eléctrico.

Los motores eléctricos han demostrado capacidades de sobra para impulsar otros tipos de máquinas, como trenes y robots de fábricas, puesto que pueden conectarse sin problemas a líneas de corriente de alta potencia. Sin embargo, las capacidades de almacenamiento energético en un vehículo móvil obligan a los diseñadores a usar una complicada cadena energética multidisciplinar, e híbrida, para sustituir a una sencilla y barata cadena energética clásica depósito-motor-ruedas. La electricidad, como moneda de cambio energética, facilita el uso de tecnologías muy diversas, ya que el motor eléctrico consume electricidad, independientemente de la fuente empleada para generarla.

Si bien el sobrepeso de un vehículo eléctrico es amortizable durante la vida de un automóvil, el consumidor raramente opta por realizar una fuerte inversión inicial en un vehículo de éste tipo. En cambio, en un futuro a medio plazo, en el que el precio del petróleo se dispare por su escasez (utilizado para la generación eléctrica) y la única forma de suplir esta carencia sea aumentar la eficiencia y emplear biocombustibles (de mayor coste de producción que el petróleo en la actualidad) el vehículo eléctrico seguramente pase de considerarse un lujo solo para ecologistas convencidos y pudientes, a la única forma viable de transporte por carretera.

3.3.3.- DESEMPEÑO

En nuestro país y América Latina el uso de vehículos eléctricos es escaso teniendo un aproximado de 5% de vehículos híbridos y un 1% en vehículos eléctricos, por lo cual se ha tomado para este proyecto estudios realizados en Europa donde el uso de vehículos eléctricos es del 25% e incrementándose en un 7% anualmente.

Actualmente el transporte depende en su mayor parte de energías fósiles, sobretudo del petróleo, cuyos derivados cubren el 98% de las necesidades energéticas del sector. Según una campaña realizada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE) en 2004 con varios vehículos eléctricos franceses se comprobó que habían consumido una media de 0,220 kWh/km de energía final, lo que convertido en energía primaria y teniendo en cuenta las pérdidas en producción, transporte y distribución se obtiene un consumo de 2.937 kJ/Km. Los consumos de vehículos equivalentes en sus versiones de gasolina y diesel y en tráfico urbano, son respectivamente 3.430 kJ/km y 3.019 kJ/km. Ello significa que los vehículos eléctricos consumieron en las ciudades un 17,3 % menos que los vehículos de gasolina y un 6,4 % menos que los coches diesel. Los vehículos eléctricos en prueba emitieron un 32 % menos de CO₂ comparado con lo que emitirían los vehículos de gasolina y un 27 % menos frente a los vehículos de diesel.

Por otro lado, buena parte de este consumo energético de los automóviles tiene lugar en las zonas urbanas, donde una cuarta parte de los desplazamientos no supera los 2 Km y el consumo de combustible se ve incrementado por el elevado número de movimientos de arranque y frenada. Las emisiones de dióxido de carbono de la movilidad privada suponen un 25 % del total de las causadas por el transporte.

Además, en España el 23% de la población vive expuesta a un nivel de ruido originado por el tráfico, superior a los 65 dB que es el límite de tolerancia normalmente aceptado. Esta cifra puede afectar al 60% de la población en las

grandes concentraciones urbanas como Madrid y Barcelona. Además, los atascos constituyen una fuente de nerviosismo que amenaza la salud de las personas al volante.

Así pues, el tráfico en las ciudades origina problemas de contaminación ambiental, exceso de ruido y secuelas en la salud de las personas. Es en este contexto que los vehículos con motores de emisión cero pueden colaborar en la mejora de nuestro entorno y la salud de las personas.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.- CONCLUSIONES

- A través de este proyecto se determinó las nuevas tecnologías , aplicadas al diseño y control del sistema eléctrico en un vehículo impulsado eléctricamente.
- Se determino que un vehículo eléctrico presenta ventajas importantísimas con respecto a un vehículo convencional principalmente en cuanto al consumo energético, a la salud de las personas y al cuidado del medio ambiente
- El almacenamiento de la energía y la reducción de carga constituyen los pilares de la gestión energética actual. Al respecto, uno de los potenciales más importantes de los desarrollos tecnológicos en almacenamiento es poder utilizar eficientemente dicha energía.
- El costo en cuanto al consumo de energía de un vehículo eléctrico es reducido y menos contaminante comparado con el de un vehículo de combustión, este costo es eficiente si la energía utilizada no es producida por combustibles fósiles.
- El principal problema de las baterías (peso y costo) depende de la cantidad de energía que se necesite acumular con relación a la distancia que el vehículo recorrerá. Pero en el momento en que exista una industria para baterías de vehículos eléctricos, habrá un gran progreso en el avance hacia los límites de ese problema.
- En términos generales, el almacenamiento de energía es económico cuando el costo marginal de la electricidad varía más que los costos de almacenar y recuperar la energía, más el precio de la energía perdida en el proceso.

- Un automóvil de combustión tiene alrededor de 7000 piezas diferentes. El 40% del negocio de los fabricantes de autos proviene de piezas y reparaciones posventa que los vehículos eléctricos prácticamente no necesitan, reduciendo así su mantenimiento y facilidad para realizarlo.
- La mayor cantidad de personas no necesitan movilizarse mas de 100 km en el día por lo cual este tipo de vehículo seria excelente opción para las ciudades en la que existe mayor cantidad de vehículos circulando a no mas de 40km/h.
- Los vehículos eléctricos son la única alternativa para un transporte urbano más limpio, eficiente y menos contaminante. Los accionamientos de reluctancia auto conmutados emergen como uno de los mejores candidatos en los vehículos eléctricos, debido a su elevado rendimiento, amplia zona de trabajo a potencia constante, robustez y bajos costes de fabricación.
- Una ventaja adicional que se puede agregar es el espacio. Ya que no se requeriría una cajuela para almacenar el motor, lo que ofrece al usuario vehículos más compactos pero con mayor lugar y comodidad para el usuario y su familia.

4.2.- RECOMENDACIONES

- El presente proyecto está orientado al estudio de las nuevas energías renovables para aplicarlas en sistemas automáticos, por tal motivo recomendamos continuar su estudio y análisis de los diferentes aspectos de transformación y comportamiento de las mismas en dichos sistemas, sumadas a la aplicación de estas ya que son el objetivo de estudio y contribución a nuestro desarrollo tecnológico sin causar un impacto ambiental.
- Si los poderes públicos adoptasen una decidida política industrial, en el sentido de favorecer el desarrollo del vehículo eléctrico como mínimo en los servicios públicos; se podría aspirar las decisiones particulares en orden a la

generalización de los nuevos vehículos eléctricos. Algunos países, regiones, han tomado ya decisiones importantes en este sentido.

ENLACES Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <http://www.cienciateca.com/ctslibat.html>
- <http://www.data1.com.ar/es/ups/extendida.asp>
- <http://www.evwind.es/>
- <http://www.solener.com/energiarenovable.index.html>
- http://www.mundoauto.com.es/index_ref-UE.html
- Guía técnica Asociación Empresarial Eólica. José Santamarta colaborador en el proyecto REVE Regulación Eólica con Vehículos Eléctricos Vol.34 .Ed.232.
- [1] Ferreira. Uso de diferentes fuentes de energía para la generación de 1 kWh-eléctrico. Leonardo Energy. European Copper Institute. 2008.
- [2] REE. El sistema eléctrico español. Avance del informe 2007. Red eléctrica de España. Madrid. 2007 <http://www.mundofuturo.com.es>
- [3]-[4]-[5] Emg .Guía técnica de accionamientos de ca. Electric motor guide. Zurich. 2009. <http://www.evwind.es>
- Frenos regenerativos –<http://www.wipipedia.org/noticias>.
- Cálculos preliminares de elementos eléctricos para el Ckery QQ. 1100 cc proyecto de vehículo eléctrico de uso diario con sistema de recarga solar descripción técnica .http://www.vehiculosverdes.com/index_motores.pdf
- Simulador desarrollado por la Universidad de Illinois
- <http://www.batteryuniversity.com/partone-.htm>. (25sep. 08).
- http://www.yoreparo.com/foros/files/oscilador_pwm2.jpg
- U.E.P. http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html#hibrido.
- http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html#toyotasistemhybrid.
- Los valores de esta pagina son tomados como referencia del vehiculo Renault Kangoo be bop Z.E. Inf. tecnol. v.16 n.5 La Serena 2008.
- <http://www.arpem.com/furgonetas/renault/kangoo/kangoo.html>.
- <http://www.arpem.com/furgonetas/renault/kangoo/kangoo.html>.
- [VE] - Abreviatura Vehículo Eléctrico, según la comunidad europea desarrollada en España en 1995.

- <http://www.sercobe.es/espejo/Energia/EnergiasNoNucleares/UsorRacional/R%20%20UETransporte/VehicHibridElectric/Tutorial/baterias.htm>
- Ct – Capacidad teórica. <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/baterias.html>.
- Efecto memoria.
http://www.mecanicavirtual.org/indice_cursos.html#toyotasistemhybrid.
- <http://www.evwind.es/> Alberto Ceña Director Técnico de la Asociación Empresarial Eólica de la Unión Europea.
- M.I. Marei, S.J Samborsky, S.B. Lambert, and M.M.A. Salama” On the characterization of Ultracapacitor Banks Used for HEVs”, IEEE Conference of Vehicle Power and Propulsion , Page(s): 1-6,September 2006.
- www.almuro.net/sitios/Mecanica/direccion.asp?
- http://www.lim.ii.udc.es/docs/.../2002_12_CNIM_Sistema_mecanico
- <http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/Estrategia/>
- http://web.auto.configed.certificate/aaa/wba_login.html?wbaredirect=http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=1037
- http://www.meka-eko.org_index-freno.html
- Organización <http://www.autolibre.com-> Fundada por Gabriel García organismo dedicado al estudio y producción de vehículos verdes (cero contaminación).
- http://generalmotors.com/index_prototypes-y-develop_technological.html¹U.S. Department of Energy y U.S. Environmental Protection Agency. Consultado el 09-12-2009. Click en los modelos 2009 y 2010.

CONTENIDO

CAPÍTULO I	- 1 -
1.1.- INTRODUCCIÓN.....	- 13 -
1.2.- IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	- 14 -
1.2.1.- ANTECEDENTES	- 14 -
1.3.- ENERGÍAS RENOVABLES	- 15 -
1.3.1.- ENERGÍA EÓLICA	- 16 -
1.3.2.- ENERGÍA SOLAR.....	- 17 -
1.3.3.- ENERGÍA GEOTÉRMICA	- 18 -
1.3.4.- ENERGÍA HIDRÁULICA	- 19 -
1.3.5.- BIOMASA.....	- 19 -
1.4.- APLICACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES	- 20 -
1.4.1.- LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	- 21 -
1.5.- VENTAJAS	- 23 -
1.6.- EL VEHÍCULO ELÉCTRICO	- 25 -
1.6.1.- EL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL	- 25 -
Tabla 1.2: Rendimiento del motor según tipo	- 28 -
1.7.- SISTEMAS ELÉCTRICOS	- 29 -
1.8.- ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	- 31 -
1.8.1.- EL MOTOR ELÉCTRICO.....	- 31 -
1.8.2.- EL CONTROLADOR ELECTRÓNICO	- 37 -
1.8.3.- INSTALACIÓN DE ALTO VOLTAJE.....	- 42 -
1.8.4.- SISTEMA DE CONTROL	- 43 -
1.8.5.- ACUMULADORES O BATERÍAS	- 50 -
1.8.6.- CAPACIDAD DE UNA BATERÍA	- 51 -
1.8.7.- BATERÍAS RECARGABLES.....	- 54 -
1.8.8.- PRINCIPALES TECNOLOGÍAS EN BATERÍAS.....	-57-
1.9.- ACUMULADORES DE ENERGÍA – AUTONOMÍA EXTENDIDA	-63-
1.9.1.- ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	-63-

1.9.2.- SISTEMAS ELECTROQUÍMICOS.....	-64-
1.9.3.- CELDAS DE COMBUSTIBLE.....	-65-
1.9.4.- DIFERENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN.....	-67-
1.9.5.- TIEMPO DE RECUPERACIÓN.....	-68-
1.9.6.- MEDIDAS DE LAS BATERÍAS.....	-68-
1.9.7.- SUPERCONDENSADORES.....	-70-
1.9.8.- LOS SUPERCONDENSADORES COMO DISPOSITIVOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA.....	-72-
1.9.9.- PARÁMETROS DE UN SUPERCONDENSADOR.....	-74-
1.9.10.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES PARA SER UTILIZADOS.....	-75-
1.9.11.- VENTAJAS RESPECTO A LAS BATERÍAS:.....	-75-
CAPÍTULO II	-77-
2.1.- ANÁLISIS DEL SISTEMA MECÁNICO.....	-77-
2.1.1.- LA DIRECCIÓN.....	-78-
2.1.2.- LA TRANSMISIÓN.....	-79-
2.1.3.- ARBOLES DE TRANSMISIÓN.....	-80-
2.1.4.- SISTEMA DE TRACCIÓN TRASERA.....	-81-
2.1.5.- COMPONENTES MECÁNICOS INTERNOS AUXILIARES.....	-81-
2.2.- ESTUDIO DEL MOTOR GENERADOR DE MOVIMIENTO.....	-83-
2.2.1.- MOTOR Y/O GENERADOR DE ROTACIÓN CONTRARIA.....	-83-
2.2.2.- PARTES DEL MOTOR/GENERADOR.....	-83-
2.2.3.- FUNCIONAMIENTO.....	-84-
2.2.4.- EL MOTOR ELÉCTRICO COMO FRENO.....	-86-
2.3.- EL FRENO REGENERATIVO.....	-87-
2.3.1.- INTRODUCCIÓN.....	-87-
2.3.2.- FUNCIONAMIENTO.....	-88-
2.3.3.- CONTROLADORES DE FRENADO REGENERATIVO.....	-92-
2.4.- APLICACIÓN DE LA ENERGÍA REGENERADA.....	-93-
2.5.- CONSUMO ENERGÉTICO.....	-94-
2.5.1.- CONSUMO ELÉCTRICO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD.....	-96-

2.6.- ADAPTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO AL SISTEMA MECÁNICO	-101-
2.6.1.- ELEMENTOS PARA LA ADAPTACIÓN DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	-102-
CAPÍTULO III	-105-
3.1.- DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA	-105-
3.1.1.- MOTOR.....	-105-
3.1.2.- TRANSMISIÓN	-106-
3.1.3.- ALIMENTACIÓN	-106-
3.1.4.- FRENOS.....	-107-
3.1.5.- CHASIS Y CARROCERÍA	-107-
3.1.6.- SISTEMA DE ILUMINACIÓN	-108-
3.2.- ALCANCES Y LIMITACIONES	-109-
3.3.- ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO.....	-112-
3.3.1.- POTENCIA.....	-112-
3.3.2.- ALMACENAMIENTO EN LAS BATERÍAS.....	-115-
3.3.3.- DESEMPEÑO.....	-116-
CAPÍTULO IV	-118-
4.1.- CONCLUSIONES.....	-118-
4.2.- RECOMENDACIONES.....	-119-
ENLACES Y BIBLIOGRAFIA	-109-
ANEXOS	

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Amitrón: Vehículo de carreras de la Fórmula 1 con sistemas de freno regenerativo creado en 1967.

Brushless: Clase de motor DC sin escobillas.

CA: Capacidad de arranque.

CCA: Capacidad de arranque en frío.

C.O.V: Partículas sólidas y compuestos orgánicos volátiles.

Coulomb: Unidad de carga de los capacitores.

Cr: Capacidad real.

CR: Capacidad de reserva.

Control de frenado: Accionamiento de control sobre el circuito para frenar el sistema.

Control de motor: Accionamiento de control para conmutar las fases del motor.

D.G.T: Dirección General de Transporte de la Unión Europea.

Directrices: Servomecanismos para la orientación de las ruedas.

Hidrólisis Descomposición de un cuerpo producida por el agua y la electricidad.

Hidrómetro: Instrumento de medida de hidrógeno.

I.C.E: Siglas en ingles (Interna Combustion Energy) (Energía de Combustión Interna).

I.D.E.A: Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético en Europa.

LiFePO4: Compuesto químico pirofosfato ferroso de litio.

LED's: Diodos emisores de luz.

Ley de Faraday: Cuando un conductor atraviesa por un campo magnético y corta las líneas de fuerza se induce en este una Fuerza electromotriz (f.e.m.).

Ley de Lenz: Una corriente inducida en un conductor, creará un campo magnético que se opondrá al campo magnético que la produce.

Metano: Gas desarrollado por la descomposición de desechos orgánicos biodegradables.

Oscilador: Este se encuentra dentro del controlador el cual convierte la corriente continua en corriente alterna.

Pérgolas: Cubierta o garaje para los vehículos que necesitan fuentes para recargarlos.

PWM: La modulación por ancho de pulsos por sus siglas en inglés (Pulse-Width Modulation).

Redox: Reacciones químicas de oxidación y reducción relacionadas con la electroquímica desarrollada por Alessandro Volta.

Rp: Resistencia de fuga.

Revolución Industrial: Desarrollo de las primeras máquinas industriales.

RS-ESR: Resistencia equivalente en serie.

SAE: Energía almacenada en el supecondensador.

Semiarboles: Son suspensiones independientes en el sistema de tracción.

Supercondensador: Dispositivo que tiene la capacidad de almacenar grandes cantidades de energía y de potencia.

SOLENER: Soluciones energéticas.

Stop-and-Go: Paro y marcha de un vehículo.

U.E.P: Unidad Electrónica de Potencia.

BPAK0052 P015 B01
BPAK0052 P015 B02
BPAK0058 E015 B01
BPAK0058 E015 B02



FEATURES AND BENEFITS

- 15 V working voltage
- Individually balanced cells
- Rugged, fully enclosed system
- Screw terminals
- Module-to-module balance cable included
- UL Recognized

APPLICATIONS

- Automotive subsystems
- Consumer electronics
- Portable power tools
- Renewable energy systems
- Short term UPS and telecom

PRODUCT SPECIFICATIONS

CAPACITANCE	BPAK0052 B01	BPAK0052 B02	BPAK0058 B01	BPAK0058 B02
Nominal capacitance	52 F	52 F	58 F	58 F
Tolerance capacitance	±20%			
VOLTAGE				
Rated voltage	15 V			
Surge voltage	15 V			
Maximum operating voltage	50 V			
Isolation voltage	1,100 V			
RESISTANCE				
ESR, DC	0.8 mΩ	0.58 mΩ	19 mΩ	19 mΩ
Resistance tolerance	±25%			
Thermal resistance (Rth)	6.5°C/W	5.3°C/W	1.8°C/W	1.8°C/W
TEMPERATURE				
Operating temperature range	-40°C to +65°C			
Storage temperature range	-40°C to +70°C			
Temperature characteristics				
Capacitance change	Within ±5% of initial measured value at 25°C (at -40°C)			
Internal resistance change	Within 150% of initial measured value at 25°C (at -40°C)			
POWER				
Pd			3,000 W/kg	3,000 W/kg
Pmax			11,200 W/kg	11,200 W/kg
ENERGY				
E _{max}			3.63 Wh/kg	3.63 Wh/kg
LIFESPAN				
Endurance	After 1,000 hours application of rated voltage at 65°C.			
Capacitance change	Within 20% of initial specified value			
Internal resistance change	Within 25% of initial specified value			
Life test	After 10 years at rated voltage and 25°C.			
Capacitance change	Within 20% of initial specified value			
Internal resistance	Within 100% of initial specified value			

DATASHEET

15V POWER AND ENERGY SERIES ULTRACAPACITOR PACKS



BPAK0052 P015 B01
BPAK0052 P015 B02
BPAK0058 E015 B01
BPAK0058 E015 B02



PRODUCT SPECIFICATIONS (cont.)

CYCLES	BPAK0052 B01	BPAK0052 B02	BPAK0058 B01	BPAK0058 B02
Capacitors cycled between specified voltage and half rated voltage under constant current at 25 °C (500,000 cycles).				
Capacitance change	Within 20% of initial specified value			
Internal resistance	Within 100% of initial specified value			
CURRENT				
Leakage current After 72 hours at 25°C. Initial leakage current can be higher.	1 mA	55 mA	1 mA	55 mA
Short circuit current (Isc) CAUTION: Current possible with short circuit from UR. Do not use as an operating current	1,500 A	1,500 A	1,500 A	1,500 A
Maximum continuous current	20 A	20 A	20 A	20 A
Maximum peak current, 1 sec	80 A	80 A	80 A	80 A
CONNECTION				
Terminal	Screw			
MONITORING (IN-BUILT)				
Balancing	Active	Passive	Active	Passive
Thermal monitoring	N/A			
SIZE				
Dimensions	See drawing.			
Mass	500g	500g	560g	560g
Volume	0.566 L	0.566 L	0.566 L	0.566 L
RATINGS				
Vibration resistance	IEC 61373			

BATTERY POWER PRODUCTS & TECHNOLOGY

Solutions for OEM Design Engineers, Integrators & Specifiers of Power Management Products



Chevrolet Volt Battery Packs Will be Manufactured by General Motors in the US

The Chevrolet Volt, an extended-range electric vehicle that delivers up to 40 miles of gasoline-free and emissions-free electric driving, will use battery packs manufactured in the US by General Motors, chairman and CEO Rick Wagoner announced at the North American International Auto Show in January.

GM will establish the first lithium-ion battery pack manufacturing facility operated by a major automaker in the US to produce the Volt's battery pack system. It consists of lithium-ion cells that are grouped into modules, along with other key battery components.

The plant will be located in Michigan, subject to negotiations with state and local government authorities. Facility preparation will begin in early 2009, with production tooling to be installed mid-year and output starting in 2010.

"The design, development and production of advanced batteries must be a core competency for GM, and we've been rapidly building our capability and resources to support this direction," Wagoner said. "This is a further demonstration of our commitment to the electrification of the automobile and to the Chevrolet Volt, a commitment that now totals more than \$1 billion."

The Volt's lithium-ion battery cells will be supplied by LG Chem. Compact Power, Inc., a subsidiary of LG Chem based in Troy, Mich., will build battery packs for Volt prototype vehicles until GM's battery facility is operational. A joint engineering contract with Compact Power and LG Chem also has been signed to further expedite the development of the Volt's lithium-ion battery technology.

GM has been testing battery packs for the Volt, powered by cells from LG Chem, for the past 16 months. These tests, both on the road and in the lab, have provided invaluable insight into lithium-ion battery technology.



General Motors Battery Lab engineers prepare batteries for testing in the thermal chamber at the GM Tech Center in Warren, Mich.

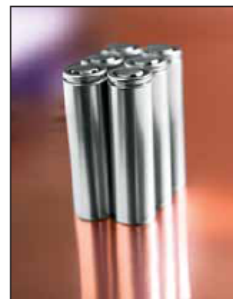
INSIDE	
Battery Power 2009	p 9
Ensuring Safety in Battery Pack Assembly	p 10
Increasing Cycle Life in Lithium Ion Battery Sub-Systems	p 11
A System Versus "Silo" Approach to Lithium Battery Safety	p 13
Will the Economy Discharge The Battery Industry?	p 15
Tools Available to Help Warehouse, Battery Room Managers Save Money in Weak Economy	p 22
PRODUCTS & SERVICES	
New Batteries On the Market	p 3
Charging & Testing	p 4
	
<i>eTec's New Fast-Charger</i>	
Integrated Circuits & Semiconductors	p 6
Battery Components	p 7
Power Supplies & Power Conversion	p 8
DEPARTMENTS	
Industry News	p 17
Ask the Experts	p 18
Marketplace	p 21
www.BatteryPowerOnline.com	

Imara Corp. Introduces Advanced Lithium-Ion Battery Technology for High-Power Applications

Imara Corp., a research, design and manufacturing company, has developed next generation lithium-ion battery technology. Imara's patented and proprietary battery technology breaks through current barriers of performance and energy capability, enabling new applications in power tools, outdoor power equipment, specialty applications, hybrid vehicles and grid storage.

The initial core technology, exclusively licensed from the Stanford Research Institute (SRI), was developed and funded in conjunction with the US Department of Energy as part of the Partnership for the Next Generation Vehicle (PNGV) initiative. Imara's technology has been demonstrated across multiple lithium-ion chemistries. It is being scaled to high-volume production and will be shipping by the fourth quarter of 2009.

Imara is currently developing next-generation batteries and packs for power tools, where there is an ongoing need for higher power-to-weight energy storage solutions. Imara's lithium-ion batteries "cut the cord" by providing a combination of run-time and cycle-life, improving power tools' performance rankings while delivering lower lifetime battery costs for heavy-duty applications such as cutting, grinding and sanding.



Please look at the mailing label below and read the code in the red box.
 Code-A: You are receiving the complimentary issue due to your involvement in the industry. To start your free subscription today, please go to www.BatteryPowerOnline.com and subscribe.
 Code-B: Your subscription is about to expire. Go to www.BatteryPowerOnline.com and renew your subscription today.
 Code-C: Your subscription is active and current.



UltraCap 2700F/2.3V

Preliminary technical data

Rated Capacitance (DCC ¹⁾ , 25°C)	C _R	2700	F
Capacitance Tolerance		-10...+30	%
Rated Voltage	U _R	2.3	V
Specific Power (matched load)		3040 W/kg; 3700 W/l	
Rated Current (25°C)	I _C	400	A
Stored Energy (at U _R)	E	7142	J
Specific Energy (at U _R)		2.74 Wh/kg; 3.33 Wh/l	
Surge Voltage	U _S	2.7	V
Max. Leakage Current (12h, 25°C)	I _{LC}	6	mA
Max. Series Resistance (25°C)	ESR	600	μΩ
Max. Series Resistance (25°C)	ESR _{DC}	1000	μΩ
Weight		725	g
Volume		0.60	l
Operating Temperature	T _{op}	-30...+70	°C
Storage Temperature	T _{st}	-40...+70	°C
Lifetime (25°C, U _R)	t _{LD(CO)}	90 000 h	
Lifetime, cycles ²⁾ (25°C, I _C = 100 A)	t _{LD(CI)}	500 000	

Product



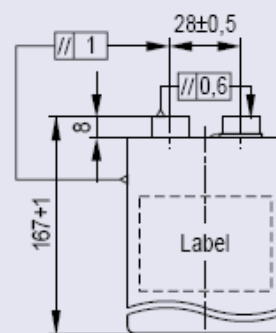
Criteria:
 [ΔC] > 20% of initial value or
 ESR > 200% of initial value or
 ILC > specified value

Remarks: 1) DCC: discharging with constant current
 2) 1 cycle: charging to U_R, 30 s rest, discharging to 0 V, 30 s rest

Features

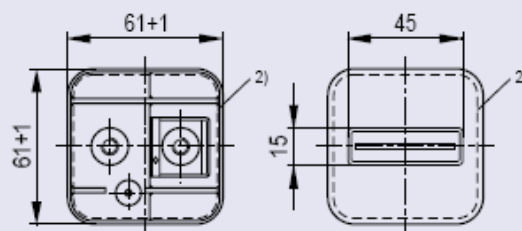
- Screw terminals
- M6

Type	B49300
Ordering code	B49300 L1276 Q000
Voltage	2.3V
Capacitance	2700 F
Dimensions (mm)	D: 61.0 + 1.0
	W: 61.0 + 1.0
	L: 167.0 + 1.0



- 1) Tightening torque: T = 6 Nr
- 2) Insulation

View X
 (pressure relief area)
 operate pressure 7,0±1 bar



Cells

KAL0509

01.01

Ensuring Safety in Battery Pack Assembly

Katherine Mack, Vice President, Sales & Marketing
Rose Electronics

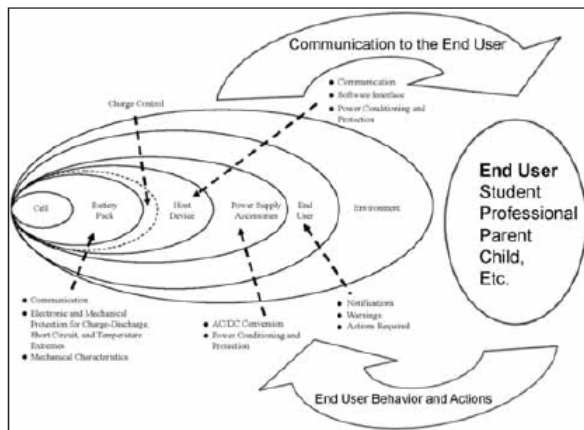
Battery problems can occur at every level of the battery manufacturing and use process. All facets of battery manufacturing and use must work together for a safe end product. Even extensive cell, pack and system testing will not completely prevent any and all battery issues from occurring, but it will greatly limit them.

The culprit of recent battery incidents and recalls is wide and varied. Accomplished manufacturers of cylindrical 18650-size cells have now produced well over 2 billion cells and are far along the learning curve for producing cells. However, even accomplished cell and pack manufacturers still experience in-house and field failures. To complicate matters, new players are sprouting up in the lithium ion cell market. Lithium-ion cells and packs are being produced by "beginners" with no experience and sometimes a disregard for safety measures due to price pressures.

The reason for recalls at the cell level include issues such as tiny particles getting caught in electrode material causing internal cell shorts, and electrode slitters not making clean cuts which cause burring on electrode edges resulting in internal short circuits. At the pack level, poor battery design has caused issues in that when a product is dropped at a certain angle, the safety devices are compromised. Solder balls have come loose on safety boards and caused internal shorts inside packs. At the system level, charge regimes such as pulse charging of batteries weaken separator material in cells and allow internal shorts. In addition, counterfeit cells and packs made to inferior standards (some packs not even containing required safety devices) have entered the market.

The battery industry is essentially self-policing. Starting at the cell level, reputable cell manufacturers dictate assembly procedures to their pack assemblers and approve applications. However, not all manufacturers share the same philosophy. Recent factory fires and cell shortages have exacerbated the black/gray market cell industry. Testing and adherence to established agency standards such as UL and CSA are recommended, but not absolutely required for most applications. Pass criteria for these abuse tolerance tests generally revolve around the lack of an explosive or flame event on a yes/no basis for a defined parameter. Given this, cells and packs can be designed for the sole purpose of passing a particular test. The only actual requirements for testing battery packs for safety fall under the UN Transportation guidelines, a system which is, in reality, also self-policing.

Ensuring a safe product begins at the cell level and ends with the user. It is about understanding the intended use of a product, and mitigating reasonable and foreseeable misuse that may occur. IEEE P1625, the Standard for Rechargeable Batteries for Portable Computing, was the first standard to encompass all levels of the battery manufacturing process and include the customer experience. IEEE P1725, the Standard for Rechargeable Batteries for Cellular Telephones, followed. This graph from the recently updated P1625-2008 standard IEEE illustrates the thought process:



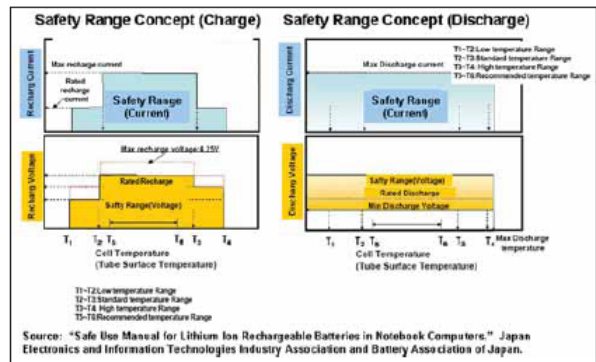
In addition, the Japan Electronics and Information Technologies Industry Association (JEITA) and the Battery Association of Japan (BAJ) have also formulated a standard for lithium ion batteries for notebook computers. Their standard also encompasses a holistic approach to designing a successful battery.

Ensuring safety at the cell level includes the addition of internal vent mechanisms, the use of internal positive temperature coefficients (PTCs), good separator design

and a consistent manufacturing process. Testing to and for agency approvals help to mitigate failures as these include testing for overcharge, forced discharge, crush, thermal abuse, external and internal short circuit. Testing not only new cells, but cells that have aged or experienced a number of cycles, helps to eliminate possible field issues.

At the pack level, the addition of safety components goes a long way in lessening risk. A safety circuit, protecting packs against overcharge, overdischarge and overcurrent, is mandatory. A secondary protector, such as a current and/or temperature-based component (PTC or a thermostat) is absolutely recommended. A thermistor to monitor battery temperature while charging is also desired, especially for NiMH chemistries. For larger packs, a one-shot chemical fuse is suggested. Good manufacturing practices and good design, such as use of trained operators, the addition of extra insulation and recessing contacts also add to a pack's safety rating. Verification that safety devices are actually working packs is also needed: overcharge/overdischarge, short circuit, continuous charge tests are among industry standard.

At system level, the charger is the first line of defense. A charger matched to the specifications of the battery is non-negotiable. Different cell chemistries all have their own recommended charge methodologies. In lithium ion cells, the overcharge condition is the condition in which cells are most volatile. Charge method, voltage, charge rate and temperature all must be considered. Test verification of charger with the battery must be performed. Ensuring that the end unit does not cause any unforeseen current spikes or shorts (mechanical or electrical) is compulsory. In addition, the battery must be appropriate for the environment in which it is used. A battery specified to operate in 0°C to 45°C has no business being used where temperatures will be above or below these levels. The following graph from JEITA/BAJ illustrates the safety range for voltage for both charge and discharge.



All the cell, pack and system testing is for naught, though, if the user does not understand or respect the battery for the high energy system that it is. Shipping issues and improper packaging have caused the greatest number of single battery incidents. Shorting can occur in single shipments, bulk shipments and where batteries are contained in or packed with equipment. Shipping issues are not limited to battery packs; they can just as easily occur with coin cells or so-called consumer single cells. Without proper packaging, incidents will occur. The recent harmonization of the DOT with new requirements from IATA and ICAO mandate specific labeling and testing of packs and packaging for battery shipments. Shipping personnel must be trained, customers must be educated and regulations must be adhered to.

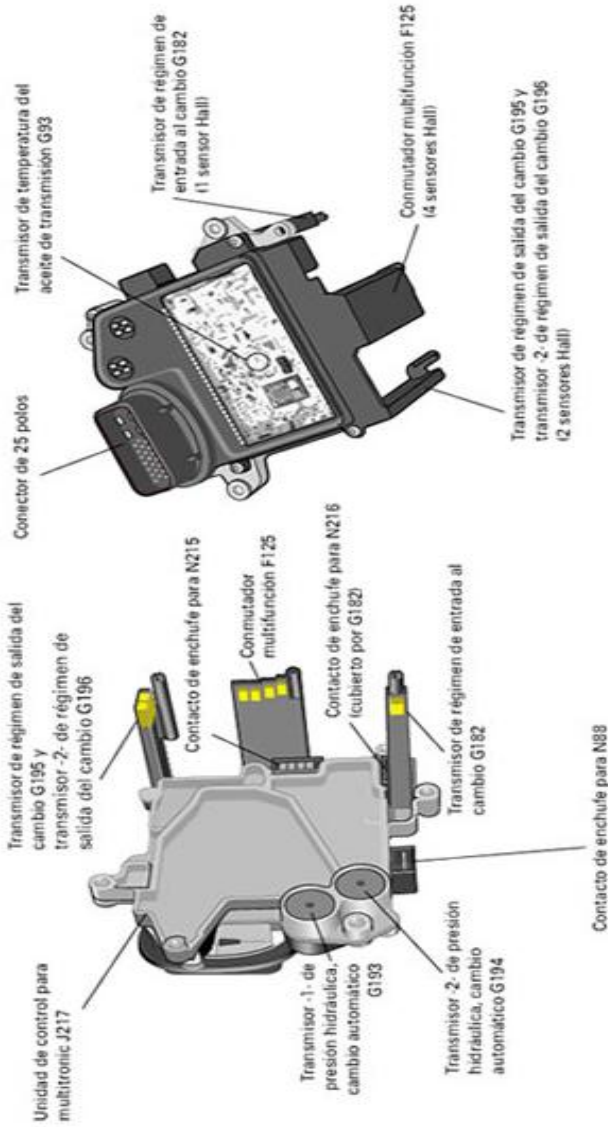
So how to ensure a safe battery pack? Ensure all levels of battery manufacturing are addressed: cell, pack, system, user and environment. There is no substitute for using experienced, high quality, reputable cell and pack vendors. Utilize accepted industry practices. Design in early. Don't use price as the lead item. Design and test per industry standards, and perhaps more importantly, test per your application requirements. A holistic approach in designing systems involving batteries is an absolutely necessary path for a satisfactory user experience.

Katherine Mack has more than 20 years of experience in designing and developing custom battery systems for industrial and medical OEMs requiring portable power. Katherine has focused her career particularly on portable cell chemistries, cell vendors and smart battery solutions. She was an original member of the IEEE P1625 Working Group for establishing Safety Standards for Mobile Computing.

Contact Rose Electronics at www.rose-elec.com.

UNIDAD ELECTRONICA DE POTENCIA

Unidad electrónica de control del cambio



VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

KANGOO BE BOP ZE

DIMENSIONES

Longitud (mm) 3871

Ancho total / con retrovisor (mm) 1829
Altura en vacío (mm) 1812
Batalla (mm) 2313
Trocha delantera (mm) 1522
Trocha trasera (mm) 1536
Guarda al suelo en vacío (mm) 170
Peso (kg) 1591
DATOS TÉCNICOS
Motorización Motor eléctrico
Potencia (cv) 60
Régimen (r.p.m.) 12.000
Par máximo 190 Nm
Transmisión Transmisión directa con reductor DEL/TRAS
Baterías Tipo ion-litio
Energía de las baterías 15 kWh
Neumáticos Dunlop SP Sport MAX 205/45 R18
Llantas Llantas macizas 18"
PRESTACIONES
Velocidad máx. (limitación electrónica) (km/h) 130



CADENA ENERGÉTICA RELATIVA AL VEHÍCULO ELÉCTRICO

WHAT'S AN ERG?



Copyright 2007 - Project Better Place

Latacunga, Marzo del 2010

ELABORADO POR:

Byron Danilo Amaguaya Cajo

Richard Andrés Solano Carrasco

APROBADO POR

Ing. Armando Álvarez S.

**DIRECTOR DE LA CARRERA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
INSTRUMENTACIÓN**

CRETIFICADO POR:

**Dr. Eduardo Vásquez A.
SECRETARIO ACADÉMICO**