



## Ficha Técnica Dirección de Movilidad y Transporte

### Principios electromotrices del auto eléctrico de Baterías

#### Tren motriz

Todos los automóviles tienen un tren motriz, el de un auto eléctrico común se muestra en la Figura 1. Hace referencia al conjunto de piezas mecánicas, en donde se origina la potencia y aquellas que permiten la transferencia de energía a las llantas de la unidad; en el caso del auto eléctrico, el tren motriz está conformado por las mismas partes que en un automóvil convencional, con la adición del sistema eléctrico de alta tensión (que incluye el banco de baterías) y la ausencia del embrague. En comparación con un auto tradicional, el auto eléctrico es 10-15% más pesado, debido al banco de baterías.

La unidad de propulsión en el vehículo eléctrico es el motor eléctrico, aunque pueden existir dos motores o hasta uno por rueda. Los autos eléctricos más energéticamente eficientes y rápidos tienen dos, uno por cada eje, aunque existen configuraciones no comerciales de tres motores, cuyo desempeño es superior, pero su precio abandona las expectativas racionales de la producción en masa.

Figura 1. Configuración común del tren motriz de un vehículo eléctrico de baterías.



FUENTE: MOTORPASION.COM

Un auto eléctrico utiliza el mismo principio mecánico para avanzar que un auto tradicional, con la diferencia de que las

revoluciones son creadas por un motor eléctrico y no de combustión interna.

Los autos eléctricos modernos utilizan motores asíncronos o síncronos de reluctancia variada. También existen configuraciones donde utilizan una combinación de ambos motores en cada eje del auto.

Uno de los retos que tienen los motores eléctricos es la disipación de calor, ya que a altas velocidades se calientan de manera que su eficiencia disminuye.

#### Tecnología de baterías

El sistema más importante en el auto eléctrico es el banco de baterías, pues es la fuente de energía del motor y sin electricidad dentro de ellas el coche no se moverá. Para las baterías el motor funciona como una carga eléctrica normal dentro de un circuito; una vez que se pise el acelerador, el motor demandará energía de las baterías, equivalente a la potencia exigida por el usuario.

Las baterías son colocadas en el chasis, como se muestra en la siguiente figura.

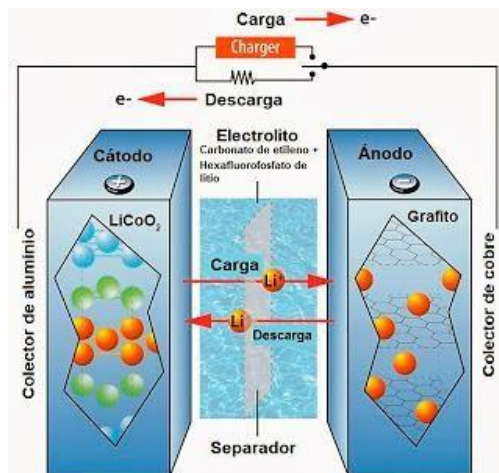
Figura 2. Baterías de un Nissan Leaf.



FUENTE: H. KASHIOKA

En el caso de las baterías modernas para autos eléctricos, se utiliza un sistema electroquímico llamado batería de ion-litio o batería de iones de litio. En estas baterías se aprovecha el potencial de reducción del electrodo de litio, aunque usualmente se utilizan dos electrodos de elementos diferentes, en esta aplicación de estado del arte solo es necesario el litio que al ser excitado por una corriente eléctrica, logra completar su propio ciclo de oxidación-reducción, sin ayuda de otro elemento.

Figura 3. Electroquímica en una pila de iones de litio.



FUENTE: ARGONNE NATIONAL LABORATORY

La batería de iones de litio es una celda electrolítica compuesta por un cátodo de algún óxido de metal (el más popular es dióxido de cobalto), un ánodo de grafito, donde se depositan los iones de litio cuando se induce una corriente en la pila, el electrolito (hexafluorofosfato de litio) para permitir el intercambio de partículas cargadas y un separador; este es una membrana permeable que solo permite el paso de los iones de litio, aumentando la eficiencia de la pila y, también, es una medida de seguridad que evita el contacto entre los electrodos en caso de que se comprometa la integridad física del sistema.

La vida útil de las baterías modernas varía, dependiendo del régimen de uso y el cuidado que se les dé; las pilas que son expuestas a sobrecargas o descargas profundas por largos periodos de tiempo, perderán eficiencia y potencia. En el peor de los casos, estos sistemas pueden presentar dendritas.

Las últimas investigaciones en tecnología de baterías apuntan a un eventual cambio hacia las baterías de estado sólido, que presentan superioridad en densidad energética, velocidad de carga y seguridad.

## Dispositivos electrónicos de alta potencia

Debido al alto desempeño que debe tener un auto eléctrico en las vialidades públicas, este tiene que poder administrar su potencia eléctrica de forma muy precisa y eficiente, esto lo logra gracias a los diferentes circuitos electrónicos y sistemas de control que están integrados dentro del auto. Los circuitos tienen que ser capaces de acondicionar la corriente eléctrica con la misma precisión que los componentes de un dispositivo electrónico, pero a altas tensiones, ya que el auto demanda mucha potencia eléctrica.

Existen 4 procesos principales en los cuales estos sistemas deben funcionar en sincronía con las necesidades del usuario: aceleración del automóvil, alimentación de cargas en corriente directa, tracción negativa del motor y recarga del banco de baterías.

Cuando la unidad acelera, el motor eléctrico debe ser alimentado con corriente alterna, por lo que un inversor entre el banco de baterías y el motor es necesario; en este caso, el circuito electrónico de potencia se encarga de mantener la tensión en el inversor para que el motor funcione óptimamente.

Los aparatos electrónicos de entretenimiento a bordo de la unidad y los diferentes motores que también son necesarios en otros sistemas, como el de calefacción, son alimentados desde el banco de baterías principal, pero la tensión es regulada a través de componentes electrónicos de alta potencia.

La tracción negativa de un motor eléctrico es un fenómeno aprovechado por el auto para recargar sus baterías, sin embargo, la tensión que devuelve este fenómeno es inestable, por lo que un banco de capacitores bidireccionales o inversores DC/DC es necesario.

Por medio del sistema de frenado regenerativo, los autos eléctricos ganan más autonomía entre carga y carga, regresando energía a las baterías con un motor/generador en el eje trasero, que se activa cuando la unidad desacelera. Si la desaceleración es alta, se acciona el motor/generador y este empieza a frenar las ruedas, pues su revolución es contraria al giro de las ruedas; en cambio, si es poca, la fricción del generador detendrá el giro y esa energía cinética será la que devolverá electricidad a las baterías. Este intercambio en el sentido de la potencia muchas veces sucede en un segundo, y es la razón de que el banco de capacitores sea bidireccional. El sistema regenerativo de frenos es tan preciso que hay productores que están introduciendo al mercado autos con un



solo pedal que acelera el auto cuando es presionado y automáticamente empieza a desacelerar la unidad cuando el pedal deja de ser presionado.

Los frenos convencionales de disco son necesarios en todos los autos eléctricos, ya que el frenado regenerativo no es efectivo cuando la unidad debe ser parada en seco ya sea a altas o bajas velocidades.

La recarga del banco de baterías es un proceso que puede suceder con diferentes magnitudes de potencia, también puede ser en corriente alterna o directa, y es por todas estas variables que existe un sistema de control eléctrico conformado por sensores, controladores lógicos programables y componentes electrónicos de alta potencia, que permiten la recarga del banco de baterías en un enchufe tradicional de la red doméstica o en las estaciones de carga.

El sistema de enchufes para recarga es muy simple, se divide en conectores del auto y conectores de la toma. El auto suele tener dos conexiones: para CA (corriente alterna) o para CC (corriente continua), la toma de corriente alterna puede conectarse a un enchufe tradicional de casa y a las estaciones de recarga; usualmente, el fabricante proveerá este cable, mientras que el enchufe de corriente continua solo puede ser alimentado por los cables que se encuentran en las estaciones.

Los autos eléctricos modernos no se pueden recargar utilizando la instalación eléctrica doméstica, ya que esta no puede administrar la potencia necesaria; esta modalidad se recomienda únicamente como medida de emergencia y solo recarga un pequeño porcentaje de la batería.

Figura 4. Conector Tipo 2, el conector para CA más común en los autos eléctricos de baterías.



FUENTE: RAPHAEL DESROSIERS

En el lado de la toma puede existir un enchufe universal que proporciona CA por medio de un sistema trifásico (al que se conecta el cable provisto por el productor); estas tomas son las más comunes y en países con muchos autos eléctricos tanto el gobierno como la iniciativa privada han construido infraestructura que provee este servicio, con su respectivo costo. Por su parte, las tomas de CC son conocidas como estaciones de carga rápida y hasta ahora, solo existen las que construyen los productores de autos para sus propios modelos o algunas empresas privadas que también incursionan en este modelo de negocios; no todos los autos eléctricos cuentan con esta posibilidad de carga rápida y tanto la forma de los enchufes como la magnitud de potencia que puede recibir el conector varían entre los modelos.

### Eficiencia energética

Los autos eléctricos muestran una capacidad de convertir el 77% de la energía que reciben del motor en tracción para las ruedas, es decir, en movimiento. Esto es muy superior al 25% que tienen los autos tradicionales de motor de gasolina.

El auto eléctrico obtiene una alta eficiencia energética principalmente por su motor que funciona con electricidad, y eso hace que tenga menos partes móviles, procesos de transferencia de energía y pérdidas por calor.

Figura 5. Pérdidas generales del auto eléctrico.

Sistema	Pérdida en eficiencia
Recarga de batería	10%
Sistemas auxiliares a bordo	4%
Electrónica de potencia	4%
Sistema de tracción eléctrica	20%

FUENTE: WWW.FUELECONOMY.GOV

Por otra parte, el auto eléctrico sí tiene pérdidas en eficiencia como resultado de la carga de baterías (10%), el uso de los sistemas electrónicos de alta potencia y los sistemas de asistencia para el manejo del vehículo, como las computadoras para los motores, y la asistencia electrónica de frenos (4%), en los sistemas auxiliares a bordo (4%); la mayor pérdida sucede en la transferencia de energía mecánica del tren motriz (20%), sin embargo, el sistema regenerativo de frenos devuelve hasta un 17% del total de energía utilizada en el recorrido a la batería, lo cual aumenta de nuevo la eficiencia del auto eléctrico.



Todas estas cifras son un promedio del desempeño que tiene un auto eléctrico entre trayectos de ciudad y de carretera. El motor eléctrico pierde eficiencia cuando es obligado a mantener velocidades altas durante recorridos prolongados y, por el contrario, es más eficiente en situaciones donde le demandan altas potencias por cortos periodos de tiempo, como sucede en el tráfico urbano.

## Retos del auto eléctrico

En definitiva, el auto eléctrico es más eficiente y tecnológicamente más avanzado que su competidor de gasolina, aun así, el auto eléctrico no ha tenido una introducción fácil en el mercado. La tecnología que utiliza es aún cara y un vehículo de este tipo es inaccesible para la mayoría de la población en general.

La batería es el sistema más caro en cualquier auto eléctrico y es ahí donde está el mayor reto de los desarrolladores. Existen varios aspectos que vuelven tan caras las baterías de iones de litio, pero los dos principales son la complejidad de su producción, pues requieren ambientes libres de oxígeno, y lo segundo es la rareza de los metales níquel y cobalto (componentes clave en la producción de la batería), que son elementos cuya extracción es difícil, contaminante y agresiva para el medio ambiente y las poblaciones que trabajan en las minas.

Las alternativas a las baterías de ion-litio son las de estado sólido o las celdas de combustible, aunque ambos sistemas aún no se encuentran en fases favorables para su producción masiva.

## Bibliografía

Figura 1: M. Daniel. (2020). Anatomía de un coche eléctrico: su sencilla mecánica al desnudo. 5 abril, de motorpasion.

Sitioweb: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/anatomia-coche-electrico-su-sencilla-mecanica-al-desnudo>

Figura 2: H. Kashioka, "Nissan Leaf at the 2009 Tokyo Motor Show", 23 de octubre de 2009, dominio público CC BY-SA 3.0 (sin cambios):

[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Nissan\\_Leaf\\_012.JPG#filelinks](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Nissan_Leaf_012.JPG#filelinks), usuario: <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:%E5%A4%A9%E7%84%B6%E3%82%AC%E3%82%B9>

Figura 3: P.A. Nelson, K.G. Gallagher, I. Bloom, and D.W. Dees. (2011). Modeling the Performance and Cost of Lithium-Ion

Batteries for Electric-Drive Vehicles. 2020, de Argonne National Laboratory Sitio web: [https://www.anl.gov/topic/lithium-ion-batteries?content-type=project&sort\\_by=title&sort\\_order=DESC&page=1](https://www.anl.gov/topic/lithium-ion-batteries?content-type=project&sort_by=title&sort_order=DESC&page=1)

Figura 4: D. Raphael, "Prise type 2 Mennekes BMW i3", 14 de abril 2014, dominio público CC BY-SA 2.0 (sin cambios): [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Prise\\_type\\_2\\_Mennekes\\_BMW\\_i3.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Prise_type_2_Mennekes_BMW_i3.jpg), usuario: <https://www.flickr.com/people/120167116@N06>

Figura 5: U.S. Department of Energy. (s. f.). Where the Energy Goes: Electric Cars. Www.Fueleconomy.Gov. Recuperado 22 de marzo de 2021, de <https://www.fueleconomy.gov/feg/atv-ev.shtml>

## Mesografía

<https://www.fueleconomy.gov/>

<https://afdc.energy.gov/>

<https://www.youtube.com/user/EngineeringExplained/videos>

<https://www.youtube.com/c/WeberAuto/videos>

[https://www.youtube.com/channel/UCHN\\_XLW2mQKA\\_YG4Nr7AnLA/videos](https://www.youtube.com/channel/UCHN_XLW2mQKA_YG4Nr7AnLA/videos)

<https://www.autoevolution.com/news/what-are-today-s-most-efficient-evs-139801.html>

<https://youtu.be/TAFk-CebHWA>

<https://www.nytimes.com/2021/03/02/climate/electric-vehicles-environment.html>







Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

Av. Revolución 1877, Col. Loreto.

Ciudad de México. C.P. 01090

Tel. (55) 3000 1000 [www.gob.mx/conuee](http://www.gob.mx/conuee).

Elaborado en la Dirección de Movilidad y Transporte

Colaborador: Sebastián Hernández Arellano

Abril, 2021

