

## DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO DE LA REGENERACIÓN, CARGA Y DESCARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA DETERMINAR SU AUTONOMÍA.

### ELECTRONIC DIAGNOSIS OF THE REGENERATION, CHARGING AND DISCHARGE OF THE ELECTRIC VEHICLE TO DETERMINE YOUR AUTONOMY.

John Jairo Chamorro Riascos<sup>1</sup>, Michael Antonio Guerrero Vera<sup>2</sup>, José Quiroz<sup>3</sup>, Leonidas Quiroz<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
e – mail : <sup>1</sup>jjchamorro@espe.edu.ec , <sup>3</sup>maguerrero13@espe.edu.ec , <sup>3</sup>jlquiroz@espe.edu.ec <sup>4</sup>laquiroz@espe.edu.ec .

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, VIII Edición 2019, No. 8 (12)

#### Resumen

La investigación se originó con el objetivo de comprobar la autonomía real en funcionamiento del bus eléctrico BYD modelo K9G, determinando las variables que inciden directamente en el consumo de energía del conjunto de baterías como son: velocidad, estado de carga (SOC), altitud, posición del pedal de aceleración, tiempo y distancia del recorrido, estos parámetros que afectan en el rendimiento de la autonomía del bus, estos datos se determinan a partir del flujo de datos que se toman en tiempo real en diferentes condiciones de operación con el escáner automotriz VDS 2000 en la ruta establecida por la cooperativa de transporte Saucinc S. A. en la ciudad de Guayaquil, de esta manera se obtiene además parámetros característicos del sistema de propulsión eléctrico que nos permiten analizar el funcionamiento de los componentes principales y en general del bus, para luego establecer un modelo matemático de validación para determinar la autonomía real del bus con la correlación de variables de Pearson se da a conocer las variables de mayor incidencia y que afectan notablemente en la ecuación de regresión múltiple, estos valores se ingresan en el software de análisis estadístico ocupando los valores de muestreo obtenidos en las pruebas de ruta que permiten establecer la predicción de la autonomía real.

**Palabras Clave:** Autonomía, bus eléctrico, regeneración, sistema de propulsión eléctrico.

#### Abstract

*The investigation presented originated with the aim of verifying the real autonomy in operating conditions of the electric bus BYD model K9G, by determining the variables that directly affect the energy consumption of the battery pack such as: speed, state of charge (SOC), altitude, acceleration pedal position, time and distance of travel; parameters that affect the performance of the autonomy of the bus, these data are determined from the flow of data that are taken in real time in different operating conditions with the automotive scanner VDS 2000 on the route established by the Saucinc SA transport cooperative in the city of Guayaquil, in this way it is also obtained characteristic parameters of the electric propulsion system that allow us to analyze the operation of the main components of the bus, and then establish a mathematical validation model to determine the real autonomy of the bus with correlation of The Pearson's variables, the variables with the highest incidence and which significantly affect the multiple regression equation are known, these values are entered in the statistical analysis software using the sampling values obtained in the route tests that allow establishing the prediction of real autonomy.*

**Keywords:** Autonomy, electric bus, regeneration, electrical propulsion system.

# 1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería del vehículo eléctrico existe antes del siglo XX, pero con el paso de los años ha ido evolucionando con la electrónica y electricidad moderna lo cual permite que el EV sea la perfecta combinación de la ingeniería automotriz, la ingeniería eléctrica y la ingeniería química, con las cuales se ha logrado la propulsión del EV, siendo así una maquina limpia con el medio ambiente y eficiente, en el siglo XXI se han destinado millones de recursos en varias marcas y países para contribuir con avances tecnológicos para el desarrollo y producción de vehículos eléctricos, los componentes principales que se encuentran en mejoras son el motor eléctrico, el convertidor de potencia y la fuente de energía para aumentar su autonomía.[1]

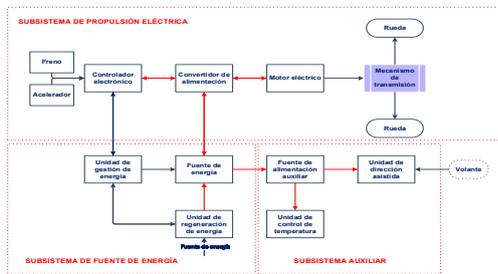


Figura 1. Configuración general del vehículo eléctrico.

## Ventajas

Los vehículos eléctricos están contribuyendo con beneficios para el medio ambiente y ahorro de energía. Los beneficios se dan para las grandes ciudades que en su gran mayoría se encuentran contaminadas por los motores de combustión, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y reducir las emisiones de carbono hacia el medio ambiente son algunos de los beneficios con los que el vehículo eléctrico vuelve a tomar importancia.

El uso de los vehículos eléctricos con cero emisiones ayuda a ahorrar energías no renovables (petróleo) y remplazan a los vehículos convencionales, siempre y cuando que la electricidad sea generada por sistemas de red eficientes que utilicen centrales eléctricas con energía alternativa renovable como son la hidroeléctrica y eólica que son energías con las que cuenta el país. Los costos de mantenimiento, consumo de combustible se reducen aproximadamente hasta en un 50% en comparación con los vehículos de combustión interna. [2].

## Desventajas

La recarga de las baterías es escasa debido a que el país no cuenta con una red de estaciones de recarga, por lo cual si el vehículo va en trayecto en cual exceda la autonomía total, se quedara parado o caso contrario, si se encuentra un punto de recarga para alcanzar la carga completa puede tardar horas y luego continuar el trayecto. [3]

## Vehículos eléctricos en el Ecuador

Los vehículos eléctricos son la nueva generación que empieza a tomar fuerza en el mercado, en el pasado se tenía algunas limitaciones que hoy en la actualidad están siendo superadas.

El cambio de políticas referentes a los vehículos eléctricos hace que las posibilidades de ventas asciendan en el mercado debido a los incentivos como son la exoneración total de aranceles para la importación de este tipo de vehículos, CKD, baterías y cargadores. [4]

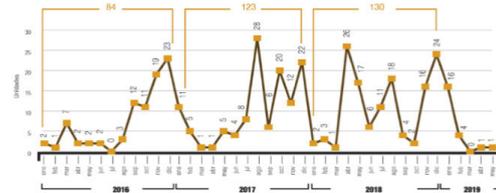


Figura 2. Ventas mensuales de vehículos eléctricos en Ecuador.

## Eficiencia de los vehículos eléctricos

El vehículo con motor de combustión interna solo aprovecha el 25% de la energía que utiliza, el restante son perdidas por fricción, el vehículo híbrido eléctrico y el vehículo híbrido electro enchufable aprovecha hasta 30% y 49 % de eficiencia respectivamente ya que de igual manera poseen motores de combustión interna que ayuda a recargar las baterías para que se accione el motor eléctrico.

Los vehículos eléctricos alcanzan una eficiencia superior hasta el 77%, siempre y cuando la energía que se utilice para cargar el EV provenga de una fuente de energía totalmente renovable. [5]

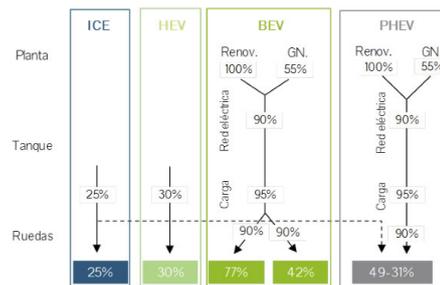


Figura 3. Eficiencia de los diferentes tipos de vehículos.

## Componentes del sistema de propulsión eléctrico

La figura 2, presentan los componentes del sistema de propulsión del bus eléctrico BYD.

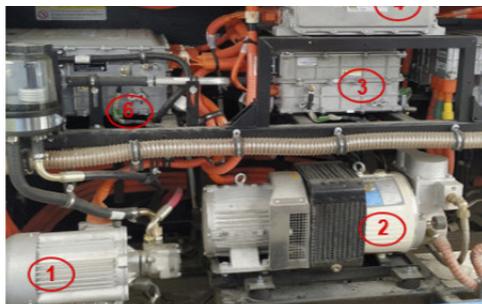


Figura 4. Componentes del sistema de propulsión eléctrico.

Tabla 1. Componentes del sistema de propulsión eléctrico.

	Descripción
1	Motor de dirección
2	Motor generador de aire a presión
3	Inversor
4	Controlador del compresor de aire
5	Controlador de accionamiento motor izquierdo
6	Controlador de accionamiento motor derecho
7	Controlador general
8	Controlador BMS 2 A
9	Controlador BMS 2 B

## Inversor

El inversor en los vehículos eléctricos es el componente principal del sistema eléctrico que cumple las siguientes funciones:

- Distribuir la corriente que se almacena en la batería de alto voltaje (HV) hacia los motores generadores MG1 y MG2.
- Convertir el voltaje principal de la batería en corriente continua que alimenta la batería convencional de 12 V para los diferentes accesorios del vehículo.
- Elevar el voltaje de la batería principal en corriente alterna, este tipo de corriente utilizada por los motores generadores. [6]

## Batería

La batería de un vehículo eléctrico es la fuente única de almacenamiento de energía, debido a los procesos de reacción electroquímicos, la energía química se transforma en energía eléctrica, capaz de alimentar a todo el sistema eléctrico con el cual se da propulsión al VE. [7]

## Motores eléctricos

Los motores eléctricos son los encargados de transformar la energía eléctrica que se almacena en la batería para luego transformarse en movimiento mecánico, los motores que se utilizan en los vehículos requieren algunos parámetros que los diferencian de los motores para aplicaciones industriales.

- Alta densidad de torque y potencia
- Amplio rango de velocidad
- Eficiencia en elevados rangos de par y velocidad
- Elevada capacidad de operación constante
- Elevada capacidad de sobrecarga intermitente para adelantar
- Bajo ruido
- Alta fiabilidad. [8]

## Controlador general del vehículo

El controlador del vehículo se utiliza principalmente para el cálculo de la potencia, el control de la transmisión, el control auxiliar del vehículo, la recolección y el procesamiento de señales (como el acelerador, el freno y la presión de aire), las alarmas relacionadas con el tren motriz del vehículo, el diagnóstico de fallas mediante la interacción de comunicación y el equipo de red CAN, el control interactivo con la electrónica del chasis (como EBS, ABS y ACU), definición de manejo de fallas para la comunicación CAN, recopilación de señales analógicas y de conmutación, e interacción con otros equipos externos conectados para lograr la función de configuración de parámetros del vehículo.

## BMC (Battery Management Controller)

El vehículo cuenta con un sistema de gestión de baterías distribuido para prevenir un envejecimiento prematuro de la misma, este sistema está en permanente control de los niveles de tensión en cada una de las celdas con el objetivo de evitar sobrecargas y sobre descargas, de igual manera contribuye con el control de la temperatura. [9]

## Sistema regenerativo

El sistema de frenado regenerativo es un parámetro para que los vehículos eléctricos utilicen la energía cinética y la conviertan en energía eléctrica, esta energía se produce al momento de pisar el pedal y también se recupera mediante desaceleraciones que se dan en las pendientes, este porcentaje de energía se almacena en la batería de alto voltaje.

Los sistemas de frenado regenerativos hacen que el vehículo eléctrico sea eficiente ya que este sistema aumenta el porcentaje de autonomía aproximadamente del 10 a 15 %, que dependerá del modo de conducción. [10]

## 2. Materiales y Métodos

El proceso inicia con la selección del vehículo para luego realizar la toma de datos mediante el escáner VDS2000

La tabla 2, muestra las características generales del bus eléctrico BYD modelo K9G

Tabla 2. Características generales del bus eléctrico BYD modelo K9G

Ítem	Descripción
Marca	BYD
Modelo	K9G
Tipo	Bus urbano
Categoría	M3(Clase II)
Combustible	Electricidad
Tipo de motor	AC síncrono de imanes permanentes
Potencia máxima(kW)	150 kW x 2 (201 HP x 2)
Torque (Nm)	550 x 2
Autonomía(km)	300
Velocidad máxima (km/h)	80
Capacidad de la batería	324kWh/600 Ah
Peso bruto vehicular [PBV] [kg]	19500
Peso en vacío [kg]	13850
Capacidad de carga [kg]	5650
Economía de combustible [km/kWh]	0.93
Capacidad de pasajeros, de pie y sentados [incluye chofer]	De pie: 49, Sentados: 31 + 1 chofer
Área útil disponible para pasajeros de pie [m <sup>2</sup> ]	8
Tipo de transmisión	Motor en llanta sin caja de cambios
Numero de marchas	3, Drive, Neutro y Retro
Tracción	4x2

## 3. Resultados y Discusión

De los datos obtenidos mediante el equipo de diagnóstico electrónico se obtiene el flujo de datos para el análisis y comparación de las gráficas de los parámetros característicos del sistema de propulsión eléctrico.

Consumo de la batería vs velocidad de rotación del motor.

En las gráficas que se muestra a continuación, se observa dos casos particulares:

- a) La grafica que se obtiene en aceleración.
- b) La grafica que se obtiene en desaceleración (freno regenerativo).

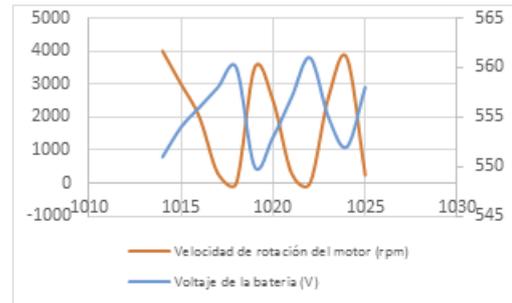


Figura 5. Consumo de la batería vs velocidad de rotación del motor (aceleración)

### a) Aceleración

Para el primer caso, en la gráfica, se observa dos curvas que muestran el consumo de energía de la batería en comparación con la rotación del motor, que son inversamente proporcionales. A mayor velocidad de rotación del motor, el consumo de batería va a ser mayor, en el grafico el voltaje promedio del bus es de 560 V cuando el motor está detenido y a medida que empieza el movimiento el voltaje empieza a descender aproximadamente 557 V a 1000 rpm.

En la ruta establecida solo se obtiene ese rango promedio de rotación del motor hasta 4000 revoluciones y con un consumo de energía de la batería hasta un mínimo de 550V, ya que es una ruta urbana y la velocidad máxima que está permitida es 50km/h.

### b) Desaceleración o frenado

Para el segundo caso, se observa dos curvas que muestran el consumo de energía de la batería en comparación con la rotación del motor, que en un tiempo dado las gráficas son directamente proporcionales. Esto se debe a que el bus cuenta con un sistema de frenado regenerativo que al momento de reducir las revoluciones la energía cinética se convierte en energía eléctrica mediante el conjunto inversor, por lo que cuando empiezan a disminuir las revoluciones, el voltaje empieza a elevarse.

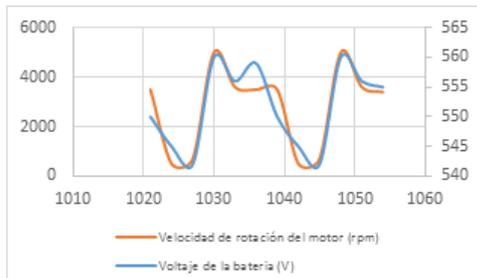


Figura 6. Consumo de la batería vs velocidad de rotación del motor (desaceleración)

### Posición del pedal de aceleración vs velocidad del vehículo.

En estos datos se observa que la velocidad máxima que es permitida dentro de un circuito urbano es de 50km/h. Cuando el vehículo se encuentra totalmente detenido la posición del pedal de aceleración es 0% y a medida que el porcentaje va aumentando la velocidad aumenta. Esto quiere decir que la posición del acelerador es directamente proporcional con la velocidad del vehículo con una respuesta inmediata. En este caso el porcentaje máximo que alcanza el vehículo para 50km/h es del 80%.

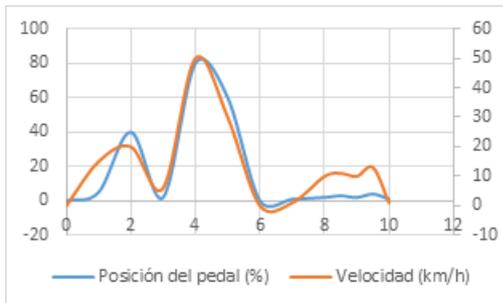


Figura 7. Posición del pedal de aceleración vs velocidad del vehículo.

### Voltaje total del pack vs corriente del pack.

En los datos que se obtuvieron se observa que la corriente de descarga es inversamente proporcional al consumo de energía de la batería ya que a medida que los motores generadores entran en movimiento el consumo de corriente es mayor y por lo tanto la cantidad de energía almacenada en la batería disminuye.

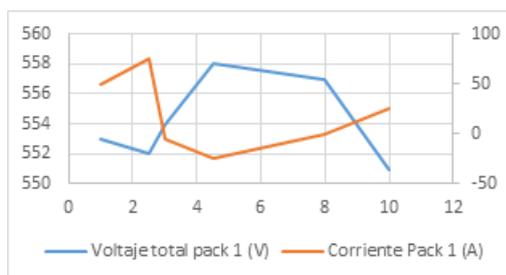


Figura 8. Voltaje total del pack vs corriente del pack.

### Voltaje total del pack vs SOC del pack

El estado de carga es el indicador del nivel que posee el conjunto de la batería, puede ser 'completamente cargada al 100%', o en estado de descarga con valores inferiores. Con esto se puede conocer en qué momento el vehículo necesita un punto de recarga para reabastecer de energía el conjunto de baterías, este estado de carga es similar al medidor de combustible de un vehículo convencional.

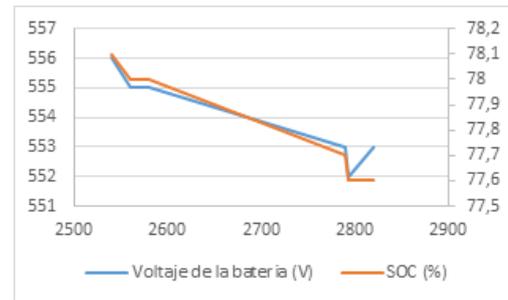


Figura 9. Voltaje total del pack vs SOC del pack

En la gráfica en un determinado momento el vehículo se encuentra en descarga por lo que el indicador de carga va disminuyendo de acuerdo a la aceleración que posee el vehículo con el consumo de los motores generadores, aire acondicionado, motores de dirección, etc.

En un momento dado se observa que la gráfica tiende a subir, en esta parte el estado de carga aumenta ya que el vehículo cuenta con un sistema de freno regenerativo lo que hace que los motores generadores actúen de manera inversa, recuperando así un porcentaje de energía para ayudar a recargar el conjunto de la batería.

### Velocidad de rotación del motor vs el torque

En la gráfica se observa que la velocidad de rotación de los motores es directamente proporcional al torque, a medida que las revoluciones del motor aumentan hace que se incremente el torque.

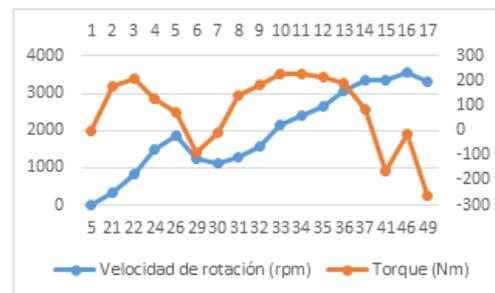


Figura 10. Velocidad de rotación del motor vs torque

## Torque del motor vs posición del pedal de aceleración.

El torque en un vehículo ya sea de tipo eléctrico o convencional muestra la fuerza que genera el motor para empezar el movimiento. En los datos obtenidos para la ruta descrita y el tipo de vehículo, se necesita que el torque sea mayor, ya que está sometido a detenciones por completo y arrancadas constantemente y por el propio peso del autobús más el peso de los pasajeros se necesita mayor fuerza para la tracción de las ruedas.

En la gráfica se observa que cuando el autobús está detenido no existe torque y la posición del acelerador esta sin acción (0%); a medida que se va aumentando la posición del acelerador el torque va aumentando. El máximo torque que se obtiene al pisar por completo el acelerador es de 200 Nm, entonces en esta grafica el torque es directamente proporcional a la posición del acelerador.

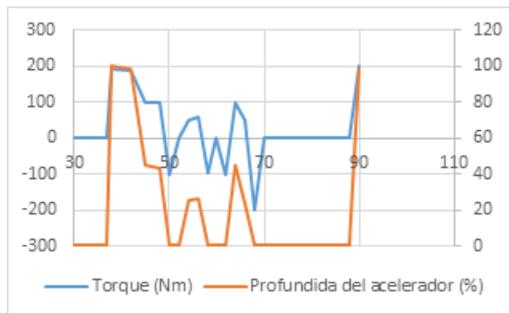


Figura 11. Torque vs posición del acelerador

## Determinación de la autonomía

Para determinar la autonomía del bus BYD modelo K9G, se realizó una investigación de campo tomando datos en tiempo real del funcionamiento del vehículo, la autonomía se calcula mediante análisis estadístico tomando en cuenta los parámetros que influyen directamente en el consumo de energía de las baterías mediante la correlación de Pearson y ecuación de regresión lineal.

### a. Correlación de variables

Para establecer la correlación de variables se selecciona las variables independientes frente a la variable dependiente, tomando en cuenta los valores cercanos a -1 y 1 que representan una correlación significativa.

Tabla 3. Correlación de variables

	Tiempo	Velocidad	Distancia	Posición del acelerador	SOC
Velocidad	0.746				
Distancia	0.952	0.743			
Posición del acelerador	0.728	0.955	0.721		
SOC	-0.996	0.748	-0.944	0.726	
Autonomía	-0.989	0.773	-0.950	0.743	0.993

### b) Autonomía teórica.

La autonomía teórica tiene relación directa con el estado de carga SOC de la batería y la autonomía determinada por el fabricante en condiciones ideales.

$$Autonomía\ teórica = \left( \frac{SOC(\%) * Autonomía\ vacío}{100} \right)$$

Ec.1

$$Autonomía\ teórica = 294\ km$$

### c) Calculo de la autonomía real mediante la ecuación de regresión lineal

Para determinar la autonomía real mediante la ecuación de regresión lineal se considera todos los parámetros que influyen en el consumo de energía de las baterías, en la correlación de variables se tiene en cuenta los parámetros y se los incluye en programa de análisis estadístico para proyectar el modelo que simula la autonomía del bus.

Tabla 3. Correlación de variables

Variables independientes	Variables influyentes
$x$	Tiempo del recorrido (s)
$x$	Velocidad (km/h)
$x$	Distancia recorrida (km)
$x$	Porcentaje del pedal de aceleración (%)
$x$	SOC (%)

$$AUTONOMÍA = 0,2 + 0,00247 x_1 - 0,00649 x_2 - 0,3130 x_3 + 0,001823 x_4 + 3,000 x_5$$

Ec.2

$$AUTONOMÍA = 294,2$$

## 4. CONCLUSIONES

Se diagnosticó electrónicamente por medio del escáner automotriz VDS2000 los sistemas para la propulsión del bus BYD modelo K9G, su funcionamiento en tiempo real monitoreado en ruta y su correlación entre módulos controladores.

Se recopiló información de estudios relacionados al

análisis de vehículos eléctricos y adicional se realizó el estudio de la conexión interna de los componentes del sistema motriz

Se analizó todo el flujo de datos obtenidos en las pruebas en ruta monitoreadas definiendo cada uno de los factores que inciden directamente en el consumo de energía que proporciona el conjunto de batería para con estos factores determinar su autonomía.

Se definió las variables independientes que influyen directamente en la determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante la ecuación de regresión lineal, estas son: tiempo del recorrido, velocidad, distancia, aceleración y el SOC, en menor incidencia tenemos el grado de inclinación que tiene el circuito.

Se investigó los parámetros y datos de funcionamiento del inversor y motores eléctricos del vehículo concluyendo que tanto motores como baterías cumplen con las exigencias del circuito tanto en torque, potencia y almacenamiento de energía ya que en el circuito por la velocidad máxima permitida y la capacidad de carga del bus al final del día existe un remanente de batería superior al 30%.

Se Obtuvieron los parámetros de carga y descarga del conjunto batería de alta tensión mediante la utilización del VDS2000 para posteriormente utilizar dichos datos en la determinación de la autonomía del vehículo mediante la ecuación.

Se analizó los datos obtenidos del escáner automotriz VDS2000 en el bus K9G acerca de los packs de baterías y el grupo motriz obteniendo que el consumo de energía del conjunto batería es inversamente proporcional a las revoluciones que alcanzan los motores eléctricos, la posición del pedal de aceleración es directamente proporcional a la velocidad que alcanza el vehículo.

Se estudió la composición de las baterías del bus K9G, y mediante una comparación con el resto de baterías de alta tensión teniendo en cuenta varios factores que inciden en el rendimiento de las mismas, el tipo de baterías utilizadas en el bus K9G son tipo LFP las cuales son patentadas por la marca y reciben carga lenta, ideales para recibir energía durante la noche.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Chan, C. C., & Chau, K. T. (2001). Modern electric vehicle technology (Vol. 47). New York: Oxford University Press. Recuperado el 06 de noviembre de 2019, de [https://books.google.com.ec/books?id=mxP\\_C\\_KsxnICprintsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=mxP_C_KsxnICprintsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false)
- [2] Larminie, J., & Lowry, J. (2012). Electric vehicle technology explained. John Wiley & Sons.
- [3] Dincer, I., Hamut, H., & Javani, N. (2016). Thermal management of electric vehicle battery systems. John Wiley & Sons.
- [4] Gonzáles, P. C. (06 de junio de 2019). Empresas ofrecerán más autos eléctricos en el Ecuador. Recuperado el 06 de noviembre de 2019, de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/empresas-oferta-autos-electricos-ecuador.html>
- [5] Laverón, F., Muñoz, M. Á., & Sáenz de Miera, G. (15 de Marzo de 2010). Análisis energético y económico del vehículo eléctrico. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de Redes: <https://www.evwind.com/2010/03/15/analisis-energetico-y-economico-del-vehiculo-electrico/>
- [6] Espinoza, J., & Flores, J. (2019). Investigación de los parámetros de funcionamiento del sistema inversor para vehículos híbridos a través de la construcción de un módulo didáctico. Latacunga: Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 17 de noviembre de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15623/1/T-ESPEL-MAI-0653.pdf>.
- [7] Iglesias, R., Lago, A., Nogueiras, A., Martínez-Peñalver, C., Marcos, J., Quintans, C., . . . Valdés, M. (2012). Modelado y simulación de una batería de ion-litio comercial multicelda. Seminario anual de automática, electrónica industrial e instrumentación, 12.
- [8] Casanova, J. B. (2017). Observación de la posición de un motor síncrono de imanes permanentes sin sensores mecánicos. San Nicolás de los Garza: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,

Universidad Autónoma de Nuevo León.  
Recuperado el 06 de Octubre de 2019, de <http://eprints.uanl.mx/14392/1/1080251100.pdf>

[9] Rodríguez Cea, Á. I. (2017). Modelo para la batería de ion de litio de un vehículo eléctrico. Valladolid: Escuela de Ingenierías Industriales. Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/24673/TFM-I-648.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[10] Castillo, C. (2018). Monitorización de un vehículo eléctrico. Tesis. Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales. Recuperado el 17 de octubre de 2019, de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/28942>



<sup>3</sup>Leonidas Quiroz. - Magíster en Gestión de Energías, Diploma Superior en Autotrónica, Ingeniero Automotriz, Docente Tiempo Completo, del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.

Autor para correspondencia:  
[jjchamorro@espe.edu.ec](mailto:jjchamorro@espe.edu.ec)

REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN	
Fecha recepción	18 agosto 2018
Fecha aceptación	02 diciembre 2018

## 6. BIOGRAFÍAS



<sup>1</sup>Jairo Chamorro. - nació en la ciudad de Quito-Ecuador. Ingeniero Automotriz Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga.



<sup>2</sup>Michael Guerrero. - nació en la ciudad de Portoviejo- Ecuador. Ingeniero Automotriz Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga.



<sup>3</sup>José Quiroz, Ingeniero Automotriz, Magíster en Gestión de Energías, Diploma Superior en Autotrónica, Diploma Superior en Gestión para el aprendizaje universitario. Jefe de Laboratorio de Autotrónica, Docente de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.