

Simulación del proceso de implementación del sistema de propulsión eléctrica de movimiento en vehículos automotores.

Simulation of the implementation process of the electric motion propulsion system in motor vehicles.

José Quiroz Erazo ¹, Juan Carlos Cando Gutiérrez ¹, Marlon Fabricio Cayo Chiguano ¹.
¹ Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Correspondencia Autores: jliquiroz@espe.edu.ec; jccando5@espe.edu.ec; mfcayo1@espe.edu.ec

Recibido: 20 de agosto 2022, Publicado: 18 de diciembre de 2022

Resumen— La investigación considera la modelación y simulación del proceso de selección del kit para de sistema de propulsión eléctrica de movimiento en vehículos automotores mediante el uso de software especializado en la industria automotriz. Con el crecimiento del parque automotor se vienen incorporando diversos vehículos eléctricos motivados por reducir el efecto invernadero a causa de la emisión de gases producidos por los vehículos de combustión interna, sin embargo, los vehículos eléctricos son relativamente costosos por lo que la conversión de vehículos de combustión se convierte en una opción viable y se basa en la utilización de las tres “R” (Reducir, Reutilizar, Reciclar). La modelación y simulación se realizó en función a la dinámica del vehículo, los factores de estudio fueron determinar el kit de conversión para una autonomía de 200 km, en un vehículo que cumpla con los parámetros de 1000 - 2000cc con un peso menor o igual a 3.5 toneladas.

Palabras clave—. Conversión, autonomía, vehículo eléctrico, efecto invernadero.

Abstract— This research focuses on creating a model and simulation to select the appropriate kit for the electric propulsion system in automotive vehicles. The aim is to reduce the emission of greenhouse gases by converting combustion vehicles into electric vehicles. The study is based on the principles of the three "R's" (Reduce, Reuse, Recycle) and uses specialized software in the automotive industry. The modeling and simulation are based on vehicle dynamics and focus on finding the best conversion kit for vehicles with a weight less than or equal to 3.5 tons and an engine capacity of 1000-2000cc. The goal is to achieve a range of 200 km with the selected kit. This research contributes to the growth of the electric vehicle fleet and aims to make electric vehicle conversion a viable option for reducing environmental impact.

Keywords—. Conversion, autonomy, electric vehicle, greenhouse effect.

I INTRODUCCIÓN

Con el transcurso de los años la tecnología ha ido evolucionando en el campo automotriz con el objetivo de reducir la emisión de gases contaminantes, lo que llevo a la creación de los vehículos eléctricos.

Existen vehículos que se denominan clásicos por su año de fabricación anteriores al año 2000 los mismos que poseen un sistema de carburador y al no tener un sistema que ayude a reducir y contribuir con la contaminación ambiental, está afectando continuamente a nuestro ecosistema por tal motivo existe una solución de conservar al vehículo con la implementación de un kit de conversión eléctrico y así se le dará una nueva oportunidad de conservar estos vehículos y mejorar nuestro ecosistema.

El Ecuador siendo un país con gran capacidad energética y poseer distintas hidroeléctricas, nos proyecta a un futuro en que los vehículos eléctricos serán muy rentables en el mercado del país, por lo que se presenta una alternativa al convertir un vehículo convencional a eléctrico, dependiendo de las necesidades de funcionamiento que está expuesto el vehículo. Al tener un vehículo eléctrico brinda un mayor confort de conducción, además ayuda a economizar el costo de mantenimiento de este, su consumo de combustible es menor relacionado al consumo de un vehículo convencional y es amigable con el medio ambiente.

La aplicación de nuevas tecnologías en la industria automotriz, permite optimizar y reducir costos de prueba y error de nuevos diseños en prototipos de vehículos eléctricos que se quieran introducir en el mercado automotriz.

II MÉTODOS Y MATERIALES

El vehículo Suzuki forsa I, de cuatro tiempos, tres cilíndrico Fig. 1, las especificaciones técnicas del vehículo están detalladas en la tabla 1, obtenidas de manual del fabricante.



Fig. 1. Suzuki forsa I.

Tabla 1. Ficha técnica del Suzuki forsa I.

Denominación	Valor
Cilindraje	1000cc.
Motor	Motor cuatro tiempos tres cilindros.
Potencia	36 KW/48 HP.
Peso	620-750 Kg
Potencia R.P.M.	36 KW / 5100 rpm.
Momento de giro R.P.M.	77 Nm / 3200 rpm.
Combustible.	Súper.
Relación de caja	1. 3.41 2. 1.85 3. 1.28 4. 1.09 5. 0.75
Relación diferencial	4.1
Altura	1.35 m
Ancho	1.55 m
Distancia entre ejes	2.25 m

Forward-facing vehicle model

Los modelos orientados hacia adelante proporcionan información sobre la capacidad de conducción del modelo del vehículo, y captura los límites del sistema físico. También facilita el desarrollo y la implementación del control en los sistemas HIL [1] [2]. Sin embargo, con la presencia de múltiples ecuaciones de estado en un modelo típico orientado hacia adelante, la velocidad del vehículo (y posteriormente la velocidad angular del tren de transmisión) se calcula a través de la integración de

múltiples estados, lo que resulta en la necesidad de correr La simulación en pasos de tiempo más pequeños. Esto da como resultado tiempos de simulación más largos en comparación con el modelo orientado hacia atrás como se en la Fig. 2.

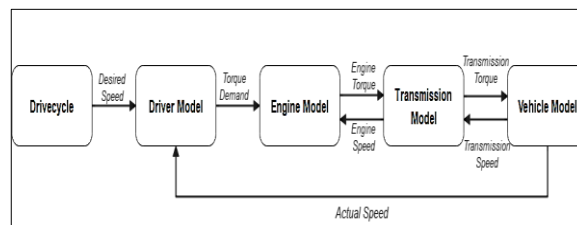


Fig. 2. Forward-facing vehicle model

Backward-facing vehicle model

Los modelos orientados hacia atrás se basan en mapas de eficiencia que se crearon en base a datos de par y velocidad, y que generalmente se producen durante las pruebas del mundo real en estado estacionario [3] [4]. Esto hace que el cálculo sea relativamente más simple que los modelos orientados hacia adelante esencialmente tablas de búsqueda en lugar de ecuaciones de estado) y, por lo tanto, puede ejecutarse en pasos de tiempo relativamente más largos como se ve en la Fig. 3.

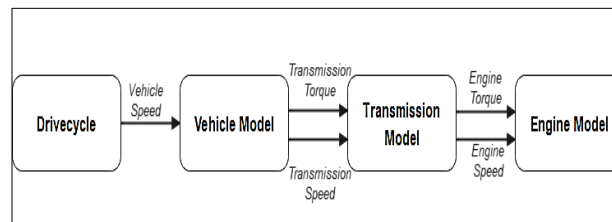


Fig. 3. Backward-facing vehicle model

Dinámica del vehículo.

Una forma de entender la dinámica de un sistema es mediante un modelo matemático abstracto, el cual es a través de la aplicación de leyes físicas que rigen su comportamiento [5] [6], el vehículo en pendiente tendrá que cumplir con la segunda Ley de Newton que plantea que la sumatoria de fuerzas en el eje x, es igual a la masa del cuerpo en movimiento por aceleración que el vehículo eléctrico tenga como se ve en la Fig. 4.

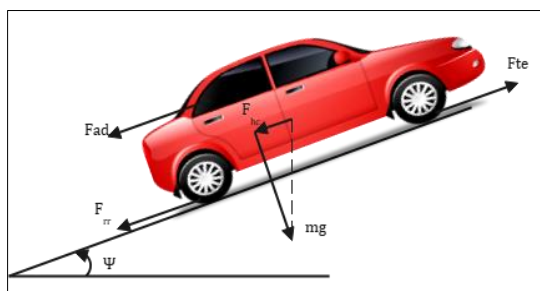


Fig. 4. Diagrama de la dinámica del vehículo

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \rho * A * C_d * v^2 \quad Ec. 1$$

$$F_{rr} = \mu_{rr} * m * g * \cos \Psi \quad Ec. 2$$

$$F_{hc} = m * g * \sin \Psi \quad Ec. 3$$

$$F_{nt} = Y_m * m * a \quad Ec. 4$$

$$Y_m = 1,04 + 0,0025 * (\epsilon_{caja} * \epsilon_{Dif})^2 \quad Ec. 5$$

$$F_{te} = F_{ad} + F_{rr} + F_{hc} + F_{nt} \quad Ec. 6$$

Donde:

- F_{ad} : Fuerza aerodinámica. [N]
- ρ : densidad del aire [kg/m³]
- A : área frontal del vehículo. [m²]
- C_d : Coeficiente aerodinámico.
- V : Velocidad del vehículo. [m/s]
- F_{rr} : Fuerza de arrastre [N]
- μ_{rr} : Coeficiente de fricción a la rodadura.
- m : Masa total [m]
- g : Gravedad [m/s²]
- Ψ : Ángulo de la pendiente [rad]
- F_{hc} : Fuerza en pendiente [N]
- F_{nt} : Fuerza neta [N]
- Y_m : Factor de masa
- a : Aceleración del vehículo. [m/s²]
- ϵ_{caja} : Relación de transmisión de la caja de cambios
- ϵ_{Dif} : Relación de transmisión del diferencial
- F_{te} : Fuerza de tracción

La tabla 2 muestra los valores calculados, necesarios para poder realizar la simulación.

Tabla 2. Valores calculados.

Fuerza	Valor
Aerodinámica	$F_{ad} = 92,90$ [N]
Arrastre	$F_{rr} = 225,63$ [N]
En Pendiente	$F_{hc} = 1720,45$ [N]
Factor de masa	$Y_m = 1,1456$
Neta	$F_{nt} = 0$ [N]
Fuerza de Tracción	$F_{te} = 3038,98$ [N]

Ciclo de conducción NEDC.

Significa New European Driving Cycle. Es el ciclo de homologación que supera cualquier coche que se pone a la venta en el viejo continente. [7] Este ciclo es el que determina el consumo urbano, extraurbano y mixto como se ve en la Fig. 5.

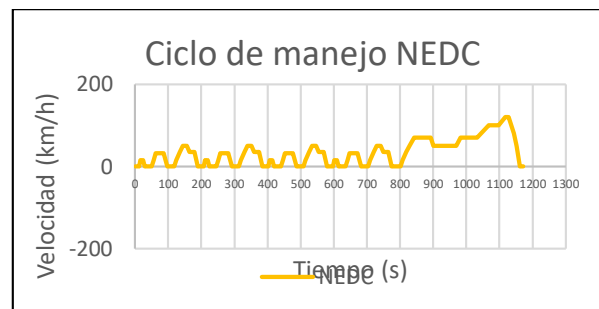


Fig. 5. Ciclo de conducción NEDC

Simulación.

Se presenta la simulación del vehículo eléctrico en el software [8] manejando las ecuaciones de estado planteadas anteriormente, acerca de la dinámica del vehículo. La simulación consta de tres partes:

- Simulación del ciclo de conducción NEDC.
- Simulación de la dinámica del vehículo.
- Simulación de la batería.

Una vez encontrados, definidos las características que poseerá la simulación se realiza el diseño que se muestra en la Fig. 6.

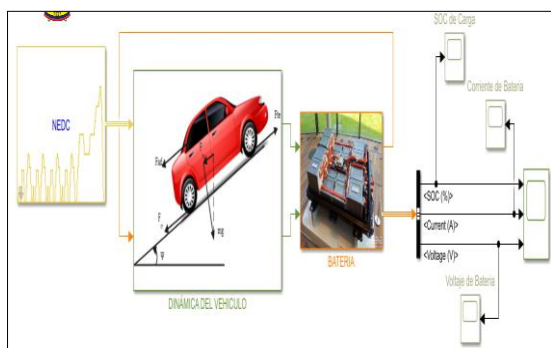


Fig. 6. Simulación.

III PRUEBAS Y RESULTADOS

La fuerza de tracción fue calculada en base a nuestro ciclo de conducción, como se tiene entendido el ciclo de conducción tiene variaciones de velocidad como de aceleraciones, es por ello que el software nos arroja segundo a segundo la fuerza necesaria para que el vehículo se desplace a distintas condiciones de velocidad, se está simulando que el recorrido cuenta con una pendiente del 15,30% como se muestra en la Fig. 7.

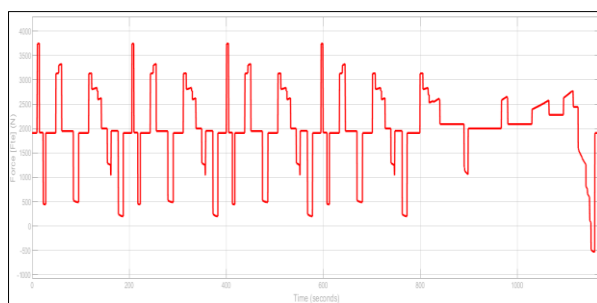


Fig. 7. Fuerza de tracción.

3.1. Simulación potencia eléctrica.

Considerando que la potencia es la velocidad a la que se consume la energía [9], la simulación determina los valores necesarios del motor, para que el vehículo logre superar una pendiente de un determinado porcentaje, considerando diferentes condiciones de velocidad Fig. 8.

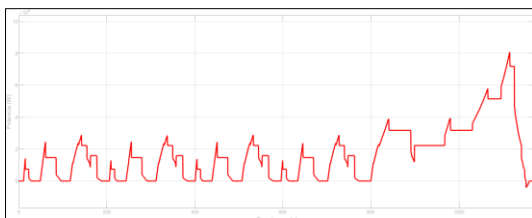


Fig. 8. Potencia eléctrica.

Calculo de la energía.

La cantidad de energía que se necesita está liada con la distancia que se desea recorrer, la simulación entrega un valor de energía al cabo de un ciclo de conducción [10]. Se desea que el vehículo debe recorrer una distancia de 200 Km que es igual a 18,17 ciclos NEDC, para lo cual se procede a realizar una regla de tres Fig. 9.

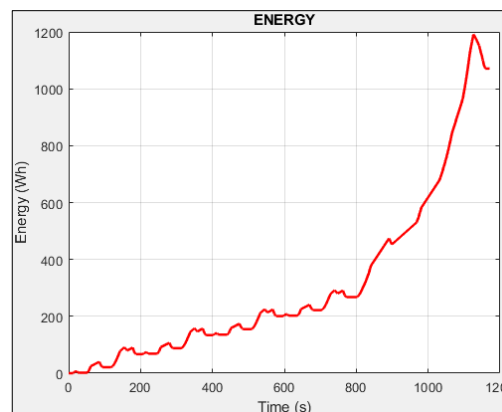


Fig. 9. Energía.

Datos:

Energía = 1,07 kWh

Ciclos = 1

X=Autonomía

$$X = \frac{1,07 \text{ kWh}}{1 \text{ ciclos}} \cdot \frac{18,17 \text{ ciclos}}{18,17 \text{ ciclos} * 1,07 \text{ kWh}}$$

$$X = \frac{1 \text{ ciclos}}{19,44 \text{ kWh}}$$

3.2. Simulación del estado de carga de la batería.

El estado de carga es equivalente al indicador de combustible, el SOC [11] se utiliza para saber la situación actual de una batería en uso Fig. 10.

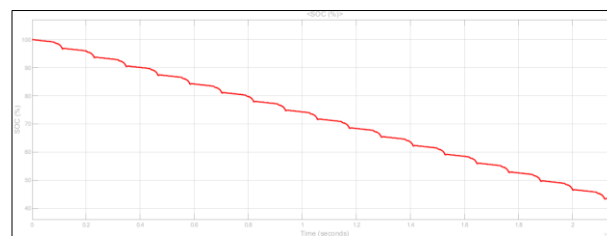


Fig. 10. SOC.

En la Fig. 8, se muestra la descarga de la batería de Ion-Litio de alto voltaje con respecto al tiempo [11], esta gráfica nos indica el estado de carga que dispone la

batería expresada en porcentaje al final del recorrido del vehículo. El vehículo logró cumplir la autonomía de 200 km restando un 43,02 % de la carga de batería.

Selección del kit de conversión eléctrico.

De acuerdo a los datos calculados por ecuaciones de la dinámica del vehículo y por medio del programa [12], se logró obtener la potencia eléctrica necesaria para vencer la inercia en una pendiente de 15,43% es de 51,36 kW a una velocidad de 100 km en su carga máxima por lo tanto se debe escoger un motor eléctrico mayor o igual a la potencia eléctrica mencionada. A continuación, se procede a seleccionar el motor Motenergy ME1002 que tiene una potencia eléctrica de 63 kW.

En la selección del controlador se debe tomar en consideración el voltaje de accionamiento del motor eléctrico especificado anteriormente en este caso el voltaje del motor es de 96 - 144 voltios DC por lo tanto se necesita un controlador que cumpla con esta característica. A continuación, se procede a seleccionar el controlador Curtis – 1231c que trabaja con voltajes que van desde los 96 voltios hasta los 144 voltios.

La selección del convertidor DC/DC se realiza mediante el voltaje de funcionamiento de las baterías de alta tensión y al voltaje al que se lo quiere reducir en este caso se selecciona el convertidor Elcon que recibe un voltaje de entrada de 116 voltios y los transforma a 12-13,4 voltios.

El cargador a bordo seleccionado de la marca ThunderStruck-TCM 2500 posee 3,1 kW de potencia de salida.

Análisis con el nuevo peso.

Considerando que el nuevo kit de conversión dispone de varios elementos que son considerados como un aumento de masa para el vehículo, se procede a realizar la suma de estos y realizar una nueva simulación para verificar si existe una variación en la autonomía y potencia eléctrica [14].

El peso vehicular tomado para la primera simulación incluyó el peso del motor de combustión interna y el tanque de combustible lleno, por lo tanto, se restan esos pesos.

Datos:

W= Peso del vehículo

wm= Peso de motor

wt= Peso de tanque de combustible

$$W = W - w_t - w_m$$

$$W = 690 [kg] - 26,35[kg] - 60,1[kg]$$

$$W = 603,55 [kg]$$

Se procede a calcular el nuevo valor de masa del vehículo sumando el peso del kit Tabla 3.

Tabla 3. Valores de masa del Kit de conversión.

Descripción	Masa [Kg]
Vehículo	603,55
Motor eléctrico	86,18
Convertidor DC/DC	2,26
Controlador	4,5
Cargador a bordo	1,80
Batería de alto voltaje	239,8
Cableado	3

Una vez obtenida la nueva masa del vehículo se procede a realizar el reemplazo de datos en la simulación y obtener las nuevas gráficas de autonomía y potencia Fig. 11.

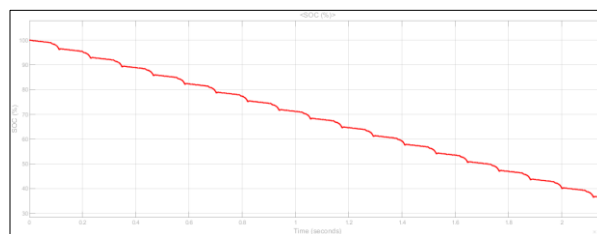


Fig. 11. Autonomía respecto al nuevo peso.

Con la nueva simulación se obtiene un valor sobrante de SOC del 36,20%, el cual permite cumplir la autonomía de 200 km sin presentar problemas en el transcurso.

En la Fig. 12, se observa un incremento de 4 kW en la potencia eléctrica del vehículo, aun así, el motor seleccionado para la conversión nos permite trabajar con la nueva potencia con normalidad, lo que no se vería afectado por el aumento de peso del kit de conversión.

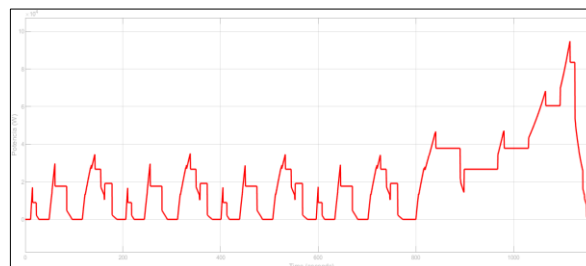


Fig. 12. Potencia respecto al nuevo peso.

Análisis económico de mantenimientos de VCI y EV

Para el análisis económico se realizó una comparación entre un vehículo convencional con uno eléctrico, tomando en cuenta gastos de implementación del kit, mantenimientos y consumo de combustible hasta los 50000 [km] VCI y 100000 [km] para EV Tabla 4.

Tabla 4. Costo de mantenimientos

Tipo de Vehículo	Distancia (Km)	Costo total
Vehículo de combustión interna	50000	\$ 871,00
Vehículo eléctrico	100000	\$ 730,00

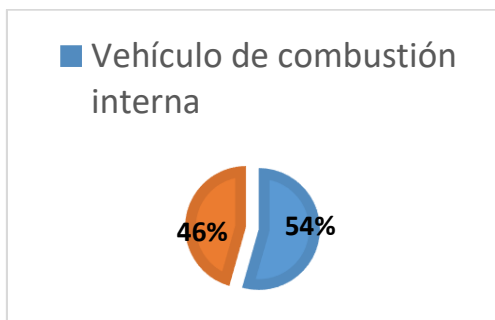


Fig. 13. Costo de mantenimiento.

Análisis de consumo de combustible

En la Tabla 5 se observa el consumo de combustible de un vehículo de combustión interna y un vehículo eléctrico.

Tabla 5. Análisis económico de consumo

Tipo de motor	Distancia (Km)	Consumo por distancia (km/gl) / (km/kW)	Costo de combustible	Costo total
Vehículo de combustión interna	50000	50 km / gl	\$ 2,95	\$ 2.950,00
Vehículo eléctrico	50000	7 km /kW	\$ 0,08	\$ 571,43

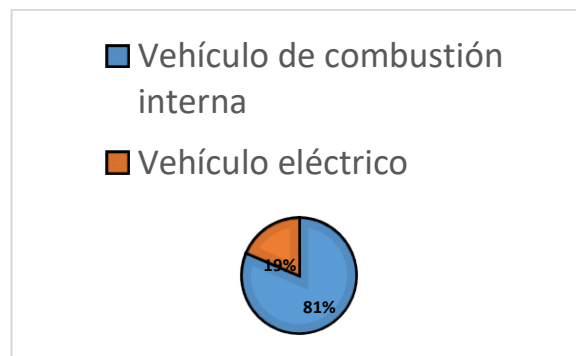


Fig. 14. Costo de combustible.

IV CONCLUSIONES

Se utilizó el vehículo con una cilindrada de 1000 c.c y que tiene un peso de 1150 kg que cumple con las especificaciones planteadas.

Se modeló el vehículo seleccionado con la implementación de su respectivo kit de conversión a eléctrico con software CAD.

Se obtuvo y se calculó los parámetros requeridos para la ciudad de Latacunga y la geografía del Ecuador mediante el uso de la herramienta digital Google earth para obtener la pendiente en la geografía de Ecuador especialmente en la ruta Latacunga-Quito, Latacunga-Ambato y Latacunga-Riobamba en donde se obtuvo un promedio de pendiente de 15,73%.

Se realizó la comparación de componentes del kit de conversión existentes en el mercado en donde se tomó en cuenta costo y características de los componentes. El costo estimado del kit de conversión es de \$10.273,00.

Según el análisis de las gráficas permitió observar el comportamiento de la potencia eléctrica necesaria para poder mover el vehículo en una pendiente de 15,73%, dando como resultado una potencia mayor o igual a 37,80 kW con una velocidad de 70 km/h, mientras que la potencia requerida en un terreno plano (pendiente 0) es de 23,65 kW con una velocidad de 120 km/h.

De acuerdo a la batería seleccionada se obtiene una energía de 32,13 kWh, la que nos permite cumplir la autonomía de 200 km, este valor tiende a disminuir si se eleva el peso del vehículo mientras que se obtendrá mayor autonomía al tener menor peso.

Un vehículo de combustión interna presenta un mayor gasto en mantenimiento al cabo de los 50000 km, por motivo que posee muchos componentes mecánicos que sufren de fricción entre sí y requieren mantenimientos continuos, mientras que el vehículo eléctrico solo emplea un 37,71 % de ese gasto.

El costo de la gasolina por galón es de \$2,95 mientras que el Kilovatio está alrededor de \$0,08, lo que demuestra que existe un ahorro en gastos de combustible de casi el 80,63% al cabo de los 50000 km con referencia a un vehículo de combustión interna.

Análisis comparativos de factores económicos han demostrado que la conversión de vehículos es una opción viable, por motivo que la adquisición de un vehículo eléctrico nuevo está alrededor de \$ 35,000.00, mientras que la compra del kit eléctrico es un 37,14% de ese valor, teniendo como resultado un vehículo 100% eléctrico con las mismas prestaciones que uno nuevo.

El análisis del PRI concluyo que la inversión para adquirir el Kit de conversión se lograra recuperar al cabo de 5 a 6 años.

REFERENCIAS

- [1] Alegre Buj, M. S. (2017). Modelado del vehículo eléctrico e híbrido paralelo y planificación de estaciones de carga mediante sistemas de información geográfica y algoritmos genéticos [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado el 20 de Octubre de 2020, de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:IngInd-Msalegre/ALEGRE_BUJ_Susana_Tesis.pdf
- [2] Augeri, F. (02 de Septiembre de 2019). Cargador de la batería EV del Nissan Leaf 2011. Recuperado el 29 de Julio de 2020, de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/950-cargador-de-la-bater%C3%ADa-ev-del-nissan-leaf-2011.html?tmpl=component&print=1>
- [3] Bel, F. M., & Udrizard, A. S. (2018). Conversión de la motorización original mecánica a eléctrica de automóvil Peugeot 308 [Tesis de ingeniería]. Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado el 21 de Octubre de 2020, de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.1227/2/3362/Proyecto-Completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [4] Costas, J. (23 de Junio de 2011). Ciclo NEDC, o cómo entender los consumos homologados. Recuperado el 26 de Julio de 2020, de <https://www.motorpasion.com/otros/ciclo-nedc-o-como-entender-los-consumos-homologados#:~:text=Hoy%20vamos%20a%20conocer%20el,consumo%20urbano%2C%20extraurbano%20y%20mixto>
- [5] Duque Sarmiento, D. A., & Rocano Yunga, J. A. (2018). Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados [Tesis de ingeniería]. Universidad Politécnica Salesiana sede Matriz Cuenca. Recuperado el 14 de Octubre de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15067/1/UPS-CT007435.pdf>
- [6] Electric Car Parts Company. (2021). 96V Entrada. 12VDC, 50A Salida 600W. Convertidor CC-CC EV aislado. Recuperado el 08 de Noviembre de 2020, de <https://www.electrircarpartscompany.com/dc-dc-converter-waterproof-96v-input-12v-dc-50a-output-600w-isolated-ev#>
- [7] EV West. (11 de Octubre de 2011). Curtis 1238-7601 HPEVS AC-50 Kit de motor de CA sin escobillas - 96 voltios. Recuperado el 06 de Diciembre de 2020, de https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=8&products_id=83
- [8] García Martínez, G. (07 de Mayo de 2018). Motores de flujo axial: más potentes, compactos y ligeros. Recuperado el 26 de Julio de 2020, de <https://movilidadelectronica.com/motores-de-flujo-axial-mas-potentes-compactos-y-ligeros/>
- [9] Erazo, W. G., Quiroz, J. L., Salazar, B. J., Pallo, A. D., Erazo, L. A. Q., & León, V. D. Z. (2017). Modelación del parámetro de identificación de diagnóstico PID's, del sensor de temperatura de refrigerante del motor ECT del sistema de control de inyección electrónica de combustible EFI, mediante regresión no lineal. INNOVA Research Journal, 2(12), 112-122.
- [10] Larminie, J., & Lowry, J. (2003). Electric vehicle technology. John Wiley & Sons Ltd.
- [11] López Sánchez, D. (2019). Tecnologías de baterías [Tesis de ingeniería]. Valladolid: Universidad de Valladolid. Recuperado el 05 de Agosto de 2020, de <https://core.ac.uk/reader/228074000>
- [12] Merchán Lima, J. L. (2018). Estudio del rendimiento energético de un vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca [Tesis de ingeniería]. Cuenca: Universidad de Cuenca. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30321>
- [13] Mohan, G., Assadian, F., & Longo, S. (2013). Comparative analysis of forward-facing models vs backward-facing models in powertrain component sizing. IET 4th Hybrid and Electric Vehicles Conference 2013 (HEVC 2013), 1-6.
- [14] Müller, W. (1984). Electrotecnia de potencia: curso superior. Reverte.
- [15] Rodríguez Ortiz, J. L., & Vásquez Guaña, L. G. (2018). Implementación e investigación de los

- parámetros de operación de un vehículo eléctrico con freno regenerativo [Tesis de ingeniería]. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 27 de Agosto de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15387/1/T-ESPEL-MAI-0643.pdf>
- [16] Ros Marin, J. A., & Barrera Doblado, O. (2017). Vehículos eléctricos e híbridos. Paraninfo.
- [17] Simon. (10 de Enero de 2019). El vehículo eléctrico: elementos principales y funcionamiento. Recuperado el 26 de Julio de 2020, de Recarga de vehículo eléctrico: <https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento>
- [18] Suárez Montoya, M. C. (2017). Revisión bibliográfica y caracterización de motores para vehículos eléctricos [Tesis de tecnología]. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado el 03 de Agosto de 2020, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8223/6292293S939.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [19] Theodore, W. (2007). Maquinas eléctricas y sistemas de potencia (Sexta ed.). Pearson Educación. Recuperado el 07 de agosto de 2020, de <https://www.academia.edu/18513953/Maquinas-Electricas-y-Sistemas-de-Potencia>
- [20] ThunderStruck. (2019). TSM2500 Series High Efficiency Intelligent Charger. Recuperado el 18 de Diciembre de 2020, de User Manual Ver. 1.07: <http://www.thunderstruck-ev.com/images/companies/1/ThunderStruck-TSM2500-ManualV1.07.pdf?1557962804778>
- [21] Vélez Loaiza, S. C., & Vera Vanegas, A. V. (2016). Obtención de los parámetros necesarios para el cálculo de la fuerza en rueda de vehículos eléctricos [Tesis de ingeniería]. Universidad del Azuay. Recuperado el 09 de Agosto de 2020, de <http://dSPACE.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5739/1/12059.pdf>
- [22] Vertiv. (2017). El surgimiento de las baterías de iones de litio en los centros de datos. Un informe de aplicación de Vertiv™. Recuperado el 15 de Diciembre de 2020, de Vertiv Co: https://www.vertiv.com/globalassets/documents/white-papers/vertiv-lithium-ion-battery-wp-en-na-sl-24692-sp_154560_0.pdf
- [23] Vidal Pastor, F., Mas Fito, J., & González López, M. (19 de Diciembre de 2014). Sistemas Eléctricos y de Seguridad y Confortabilidad. Editex. Recuperado el 27 de Julio de 2020, de Transformadores de corriente: <https://books.google.com.ec/books?id=pjiRAwAAQBAJ&pg=PA254&dq=Veh%C3%ADculos+el%C3%A9ctricos+e+h%C3%ADbridos+convertidor+dc+dc&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiP9K2d7pXrAhVPwlkKHSUNCWAQ6AEwAnoECAIQAg#v=onepage&q=Veh%C3%ADculos%20el%C3%A9ctricos%20e%20h%C3%ADbridos%20>
- [24] Wong, J. Y. (2001). Theory of ground vehicles (Thrid ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- [25] Zhang, X., & Mi, C. (2011). Vehicle Power Management: Modeling, Control and Optimization. Springer.
- [26] Zumba Álvarez, W. M. (2017). Evaluación de la demanda energética de buses con motores de combustión interna, en rutas reales; para implementar buses eléctricos [Tesis de masterado]. Universidad del Azuay. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de <http://dSPACE.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7609/1/13472.pdf>