



Fecha de presentación: enero, 2024

Fecha de aceptación: julio, 2024

Fecha de publicación: julio, 2024

## EXPLORACIÓN BÁSICA

DE ELECTRIFICACIÓN EN SISTEMAS Y COMPONENTES DE TRACCIÓN PARA VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS

### **BASIC EXPLORATION OF ELECTRIFICATION IN TRACTION SYSTEMS AND COMPONENTS FOR HYBRID AND ELECTRIC VEHICLES**

Esteban Fernando López Espinel <sup>1\*</sup>

E-mail: [ua.estebanle84@uniandes.edu.ec](mailto:ua.estebanle84@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7502-3463>

Giovanny Vinicio Pineda Silva <sup>1</sup>

E-mail: [ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec](mailto:ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2785-1249>

Juan Diego Zurita Vargas <sup>1</sup>

E-mail: [ua.juanzv40@uniandes.edu.ec](mailto:ua.juanzv40@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6494-4152>

Antonio Gabriel Castillo Medina <sup>1</sup>

E-mail: [ua.antoniocastillo@uniandes.edu.ec](mailto:ua.antoniocastillo@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0045-7495>

\*Autor para correspondencia

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de los Andes Ambato, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

López Espinel, E. F., Pineda Silva, G. V., Zurita Vargas, J. D., & Castillo Medina, A. G. (2024). Exploración básica de electrificación en sistemas y componentes de tracción para vehículos híbridos y eléctricos. *Universidad y Sociedad*, 16(4), 545-552.

#### RESUMEN

En este estudio, se presenta un análisis técnico exhaustivo de los sistemas y componentes de tracción en vehículos híbridos y eléctricos, basado en investigaciones previas centradas en el dimensionamiento del sistema propulsor de vehículos eléctricos (SPVE). Se ha desarrollado una metodología que permite distinguir las diferentes tipologías que componen estos sistemas y comprender su grado de electrificación en la potencia del vehículo. Para lograr esto, se han establecido especificaciones técnicas detalladas que describen las características generales de los vehículos y sus componentes de tracción. Estas especificaciones tienen en cuenta factores como el peso del vehículo y el factor de masas rotativas, y se relacionan con aplicaciones específicas requeridas para el tren propulsor. El análisis también incluye una comparación detallada de los componentes clave de los sistemas de tracción, como el motor eléctrico y el paquete de baterías. Además, se aborda la estimación simplificada del comportamiento en circulación, considerando los ciclos de conducción tanto urbanos como interurbanos, así como otros factores dinámicos del automóvil. Estos aspectos tienen el potencial de contribuir al logro de diversos objetivos de diseño en proyectos relacionados con la ingeniería automotriz, promoviendo la producción científica en la Carrera de Ingeniería Automotriz de UNIANDÉS y brindando una valiosa perspectiva para la comunidad científica.

**Palabras clave:** Tracción vehículos híbridos y eléctricos, Ingeniería automotriz, Tecnologías.

#### ABSTRACT

In this study, a comprehensive technical analysis of traction systems and components in hybrid and electric vehicles is presented, based on previous research focused on the sizing of the propulsion system of electric vehicles (SPVE). A methodology has been developed to distinguish the different typologies that make up these systems and to understand their degree of electrification in vehicle power. To achieve this, detailed technical specifications have been established that describe the general characteristics of the vehicles and their traction components. These specifications take into account factors such as vehicle weight and rotating mass factor, and relate to specific applications required for the powertrain. The analysis also includes a detailed comparison of key components of the drive systems, such

as the electric motor and battery pack. In addition, simplified estimation of driving behavior is addressed, considering both urban and intercity driving cycles, as well as other dynamic factors of the car. These aspects have the potential to contribute to the achievement of various design objectives in projects related to automotive engineering, promoting scientific production in the Automotive Engineering Career at UNIANDES and providing a valuable perspective for the scientific community.

**Keywords:** Traction, hybrid and electric vehicles, Automotive engineering, Technologies.

## INTRODUCCIÓN

Los vehículos híbridos y eléctricos constituyen una tecnología innovadora que está en constante evolución, incentivada principalmente por varios aspectos: crisis energética, cambio climático e incremento de los gases de efecto invernadero (López & Jiménez, 2011). En países como el Ecuador, existe una baja aplicación de políticas restrictivas nacionales a las emisiones contaminantes del automóvil que estén alineadas con reglamentos internacionales (Brachtl et al., 2009). De acuerdo con las proyecciones de agencias de energía se puede visualizar el incremento sostenido de las de las ventas anuales de vehículos livianos por tecnología. Timur (2021). Se revela un panorama no sostenible de la evolución del motor de combustión interna (MCI), como única fuente de generación de energía de propulsión de vehículos (Viteri et al., 2023). En general, se plantea la necesaria la elaboración de un programa de selección de motores de tracción para vehículos híbridos y eléctricos, la cual nos permitirá implementar innovaciones a largo plazo en la matriz productiva y energética.

En contraste a lo presentado, una desventaja para la implantación de tecnologías más eficientes respecto a emisiones en nuestro entorno nacional es la falta de difusión que permita lograr una adecuada adaptación de los posibles usuarios a nuevos sistemas de movilidad (Singh & Singh, 2022). Esto acentúa la importancia de profundizar estudios sobre las características específicas que tendrían aquellos futuros vehículos, dando énfasis a los sistemas y componentes de tracción. Inicialmente, se debe analizar los aspectos constructivos, técnicos de los sistemas de propulsión eléctricos. Y, por otra parte, algunos métodos para la selección de elementos del sistema de tracción, que aporten al diseño base de un vehículo eléctrico o híbrido, serán utilizados (Asanov, 2022). Por consiguiente, plantean aspectos a tratar para poder vencer las barreras de adaptación a las nuevas tecnologías en el país aportando a la implementación de una movilidad

urbana más alineada con el futuro de la matriz energética mundial y nacional.

Por lo tanto, dentro de este análisis se parte de una comparación de diferentes configuraciones de automóviles actuales, en la cual se realiza una diferenciación de características de sistemas de tracción eléctrica de un vehículo (Yang et al., 2016). La definición la participación del número de fuentes de potencia considerada en un sistema híbrido de propulsión, como un de tipo cien por ciento eléctrico es de gran importancia si se considera la integración de los componentes principales como son los motores de tracción eléctrica y los criterios para seleccionar las baterías las cuales almacenan la energía para utilizarla en la generación del movimiento del vehículo, sin dejar a un lado aspectos de eficiencia como la autonomía (Da Silva et al., 2023).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación realizada tiene un enfoque de investigación descriptivo y analítico en el ámbito de la ingeniería automotriz. Permite diferenciar los sistemas de tracción de vehículos híbridos y eléctricos para luego someterlos a análisis simplificados. En este sentido permite conocer conceptos de hibridación enfocado al porcentaje de electrificación de los componentes que aportan potencia para producir el movimiento. Especialmente está centrada sistemas de tracción eléctrica y sus componentes principales.

La recolección de datos se realiza a través de la revisión de la literatura científica de varias fuentes confiables, estableciendo criterios de selección de baterías y motores de tracción eléctrica. Se extraen principalmente principios y criterios generales del conocimiento científico en la materia. El análisis de datos se centra primeramente en aplicar los conceptos de hibridación y métodos, de esta manera, permite definir mejor un el grado de electrificación.

Se plantea una aplicación para evaluar factores que influyen en la selección de baterías de tracción, incluyendo autonomía, capacidad de almacenamiento y seguridad. Por otro lado, se analizan los motores de tracción eléctrica en unos criterios principales

Por tanto, se estima que este método puede ser inicial para análisis de la electrificación de sistemas y componentes en vehículos con sistema de propulsión alternativo a los dependientes de fuentes fósiles. Los cálculos se basan en la recopilación de los antecedentes y se aplican en condiciones para comprender el comportamiento dinámico y energético.

Para analizar el concepto de hibridación, se ha planteado dos definiciones tomando en cuenta el número de fuentes

de potencia que aporten a propulsión de automóviles y como estas aportan porcentualmente tracción eléctrica al tren de potencia, para ello se ha analizado los trabajos previos (De Klerk & Saha, 2022; Yang et al., 2016; López & Jiménez, 2011). Teniendo como resultado dos variables clave a continuación:

- Orden de hibridación.
- Grado de hibridación.

Para la determinación de las características de los sistemas y componentes aplicados al tren de tracción híbrido o puramente eléctrico, se plantean dos caminos uno para motores de tracción y otro para las baterías (Shimizu et al., 2013). A continuación, se detalla los pasos a seguir en la metodología:

- Selección de sistemas de almacenamiento de energía.
- Selección de motores de tracción.

Al utilizar los métodos previamente sugeridos se puede determinar la manera apropiada para seleccionar los componentes de tracción para vehículos híbridos o netamente eléctricos. A continuación, se señalan una serie de ecuaciones útiles, que son detalladas y descritas según la nomenclatura observadas en la tabla 1, estas son tomadas de la revisión de la literatura que permiten determinar el comportamiento dinámico en distintas condiciones de conducción:

$$F_w = W * f_r \tag{1}$$

$$F_D = \frac{1}{2} * \rho * C_{ax} * A_f * V^2 \tag{2}$$

$$F_p = m * g * \sin \alpha \tag{3}$$

$$H_w = R_w * \frac{v}{3.6} \tag{4}$$

$$H_t = \frac{\delta * M * (V_i^2 - V_o^2)}{2 * t} + \frac{2 * W * f_w * V_i}{3} + \frac{1 * \rho * C_D * A_f * V_i^3}{5} \tag{5}$$

Tabla 1. Nomenclatura de fórmulas utilizadas.

<p><b>Ht</b>, es la potencia cuando se produce cambio de velocidad en etapas de ciclos.</p> <p><b>Hw</b>, es potencia instantánea a velocidad constante [Kw].</p> <p><b>v</b>, es la velocidad de la motocicleta [Km/h]</p> <p><b>Rw</b> es la sumatoria de los esfuerzos resistentes Fw, FD y Fp [N].</p> <p><b>Fw</b>, Resistencia a la Rodadura [N].</p> <p><b>FD</b>, Fuerza aerodinámica al avance [N].</p> <p><b>Fp</b>, Fuerza gravitatoria</p> <p><b>W</b>, es el peso del vehículo [N].</p> <p><b>fr</b>, es el coeficiente de fricción de la calzada</p> <p>, densidad del aire, se puede tomar un valor tipo de 1.225 Kg/m³.</p> <p><b>Af</b>. Área frontal de la motocicleta [m²]</p>	<p><b>Cax</b>, Coeficiente de la resistencia aerodinámica al avance.</p> <p><b>V</b>, Velocidad en la dirección del avance [m/s]</p> <p><b>α</b>, representa la inclinación del plano de la carretera [°]</p> <p><b>m</b>, representa la masa del vehículo [kg]</p> <p><b>g</b>, a la gravedad [m/s²]</p> <p>es el factor de mayorización de masas rotativas se asume 1.0875, factor que hay que estimarlo lo más aproximado frente a un diseño</p> <p>masa de vehículo [Kg]</p> <p>Velocidad final [m/s]</p> <p>Velocidad Inicial [m/s]</p> <p>variación de tiempo [s]</p> <p>Masa de vehículo por gravedad [N]</p>
---	--

Fuente: Fórmulas seleccionadas en la revisión.

La capacidad de abastecer energía al motor de tracción eléctrico vendrá dada por el tipo de batería, aprovechando su capacidad de almacenar energía en forma química y la entregan en forma de energía eléctrica (Pravallika et al., 2023). Se suma la selección de la misma parámetros como ciclos de carga y descarga, la fiabilidad y la seguridad (Singirikonda & Pedda, 2023).

La selección de los motores de tracción eléctrica se debe analizar con respecto al rendimiento y la relación peso potencia, sobre los motores de combustión interna. Cualquier tipo de motor que sea seleccionado para un proyecto, y los motores que se seleccionarían eventualmente en una solución vehicular de calle, deberían tener un alto par de arranque, amplia gama de velocidades, poder ser controlables para una variación en la conducción y cumplir con los reglamentos aplicables (Kwon et al., 2023).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2, se presenta una sólida revisión de la literatura que detalla y analiza minuciosamente las variadas tipologías de vehículos eléctricos convencionales que se encuentran actualmente en el mercado. Esta exhaustiva caracterización proporciona una visión completa y detallada de las diferentes opciones disponibles en el ámbito de la movilidad eléctrica.

Tabla 2. Tipología de vehículos presentes en el mercado internacional.

Tipo	Características Generales
ICE Internal Combustion Engine	Tecnología de tipo convencional. Las emisiones dependen de la tecnología anticontaminación, el tipo de uso de transporte y el cilindraje.
Micro HEV Star/Stop Micro Hybrid Electric Vehicle Start/Stop	Sistema integrado, que se ha programado para reducir las emisiones del motor cuando el vehículo se detiene en circulación vial.
Mild HEV Mild Hybrid Electric Vehicle	Cuenta con Star/Stop, Frenado regenerativo y el ME de Potencia muy inferior al MCI que puede dar apoyo a la tracción
Full HEV Full Hybrid Electric Vehicle	Conducción en modo eléctrico exclusivo por pocos kilómetros y asistencia de un MCI para asistir al generador de carga de baterías, Sistema de frenado regenerativo, Star/Stop
PHEV Plugged hybrid electric Vehicle	Conducción en modo eléctrico con mayor autonomía que el FULL HEV, asistencia de un MCI para propulsar el generador de carga de baterías, Sistema de frenado regenerativo, Recarga externa a la red eléctrica.
BEV Battery Electric Vehicle	Conducción netamente en modo eléctrico, las fuentes de energía deben ser recargadas a una red externa cada cierto tiempo, cuenta con frenado regenerativo. Esta tipología es el futuro deseable de los sistemas de propulsión de vehículos.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla 3 un análisis detallado de los diversos tipos de motores que pueden ser utilizados en vehículos eléctricos e híbridos esta información se basa en una minuciosa revisión de la literatura y se complementa con una exploración exhaustiva de las principales aplicaciones de los motores de tracción en el contexto de la movilidad eléctrica. Este enfoque integral proporciona una visión completa de las opciones de motorización disponibles y sus usos en la actualidad.

Tabla 3. Aplicaciones de motores de tracción.

Tipo de Motor	Aplicaciones
Motor de Corriente Continua	En motocicletas de baja potencia. Sin escobillas.
Motor Síncrono	Aplicable a tracción vehículos híbridos.
Motor Asíncrono	Componentes auxiliares de vehículos híbridos y eléctricos
Motor de flujo axial	Apropiados para configuraciones de motor en rueda.
Motor de reluctancia conmutada	Para todos los usos de tracción y componentes auxiliares.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 4, se lleva a cabo una comparativa exhaustiva que se fundamenta en la información recopilada durante la revisión de literatura sobre baterías de tracción. Esta comparativa proporciona una visión general y detallada de las tecnologías de materiales utilizados en los tipos de baterías más comúnmente empleados en la actualidad. Este análisis meticuloso permite identificar y evaluar las ventajas y desventajas de cada tecnología, lo que resulta fundamental para la toma de decisiones informadas en el contexto de la movilidad eléctrica.

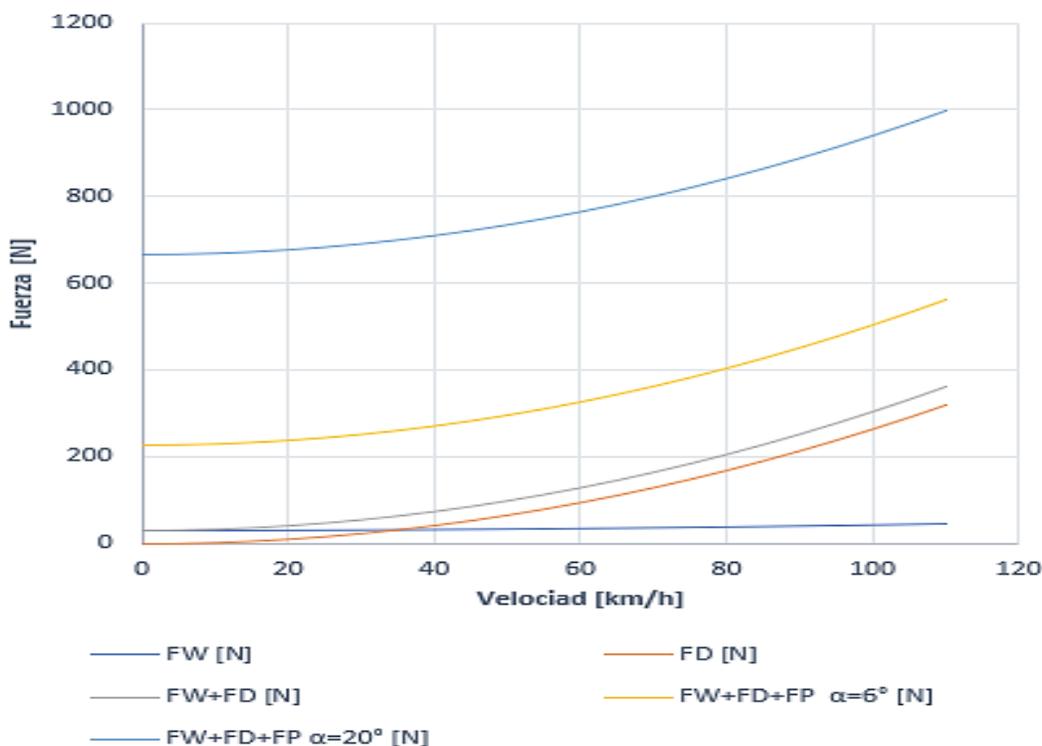
Tabla 4. Comparativa entre baterías de tracción.

Característica	Batería NiMH	Batería de Litio
Densidad de Energía (Wh/kg)	Menor que las baterías de litio	Mayor que las baterías NiMH
Masa de la Batería	Relativamente más pesada	Más liviana
Durabilidad	Menor ciclo de vida, sensible a efecto memoria	Mayor ciclo de vida, menos sensible a afecto memoria

Fuente: elaboración propia.

Se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de la dinámica vehicular con el propósito de calcular con precisión los esfuerzos resistentes y la potencia requerida. Para este análisis, se ha elegido un vehículo puramente eléctrico con un peso de 190 Kg como caso de estudio como se refleja en la figura 1.

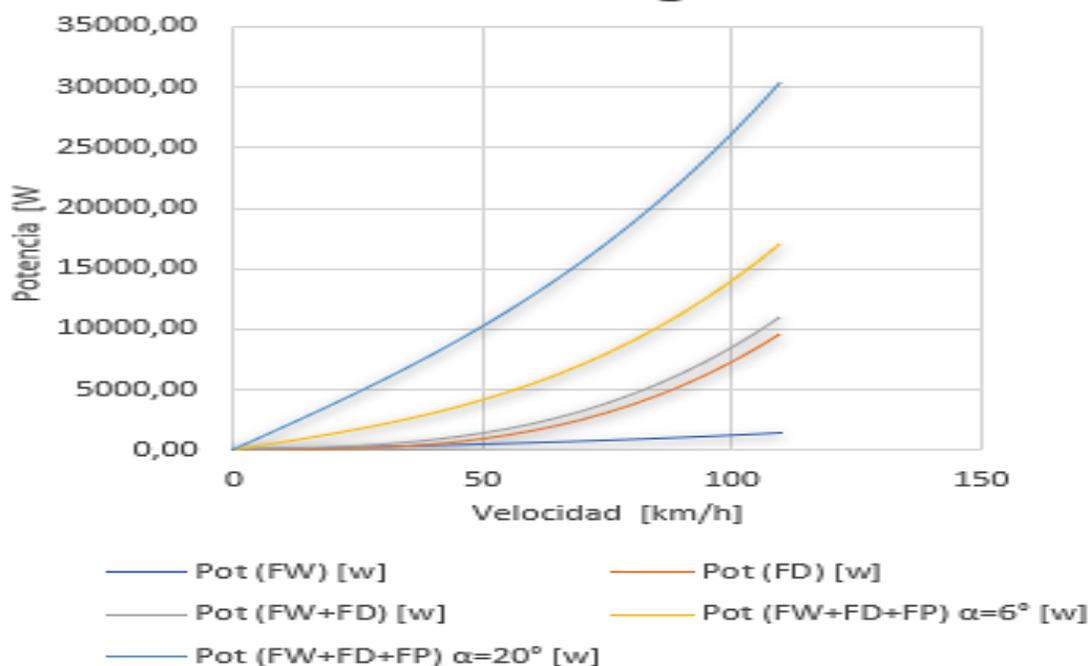
Fig 1. Esfuerzos resistentes de un vehículo de 190 Kg.



Fuente: elaboración propia.

Los resultados detallados de este análisis se presentan en la figura 2 que se muestra a continuación, proporcionando una representación gráfica clara de los datos obtenidos. Este análisis es esencial para comprender a fondo el rendimiento del vehículo eléctrico y optimizar su diseño en función de los requisitos específicos de eficiencia y rendimiento.

Fig 2. Potencia instantánea de un vehículo de 190 Kg.



Fuente: elaboración propia.

### DISCUSIÓN

Basados en la información de la tabla 3, se analiza que los motores de flujo axial en vehículos como mejor alternativa si están instalados en rueda, eliminan la función mecánica del diferencial, por lo que se planteó un escenario de mejora en los controladores electrónicos que soporten esta función. Sin embargo, todas las alternativas de motores se deben considerar si se incluye las distintas tipologías de vehículos electrificados presentes en la tabla 2. Esto provoca variaciones en el momento de la selección de este componente para un SPVE.

Tomando en cuenta la metodología previamente mencionada, se califica en el orden de hibridación según el número de componentes que aportan a la potencia mecánica del vehículo un vehículo puramente eléctrico. Analizando una motocicleta o un automóvil tipo, un calificativo de hibridación de primer orden se calificaría a un vehículo que posea un solo componente que aporta a la potencia tractora del vehículo. Al hablar de un híbrido con MCI y motor eléctrico se lo clasifica como hibridación de segundo orden.

Por otra parte, si se refiere a la contribución a la potencia de tracción de un híbrido paralelo del MCI es 20 KW y del motor eléctrico es de 80KW, el grado de hibridación será

de 0.25, si de manera diferente el MCI tiene un aporte del 49% de la potencia total radio es de 0.98. Así mismo el grado de hibridación eléctrica para el primer caso es 80% y para el segundo caso 51%.

Sobre los requerimientos del tren de potencia híbrido se obtienen de acuerdo a las fórmulas establecidas necesarias para obtener los valores de par y potencia del sistema propulsor para una hibridación vehicular moderna, debería tener suficiente portador de energía para cubrir la demanda de autonomía y alto rendimiento energético, estos dos factores combinados con una correcta actualización de normas anticontaminación para su funcionamiento.

Para la determinación de las características de los sistemas y componentes aplicados al tren de tracción híbrido o puramente eléctrico, podemos tener dos caminos:

- Selección de sistemas de almacenamiento de energía.
- Selección de motores de tracción.

Los cálculos revelan que la potencia para la tracción que se desarrolla en los vehículos eléctricos debe tomar en cuenta la dinámica vehicular, entre los dos criterios más importantes de análisis están:

- Par máximo vs. Pendiente.

- Potencia máxima vs. Velocidad.

El par máximo del motor es requerido para superar las condiciones de pendiente y su reserva de su valor pico de potencia otorga fiabilidad al vehículo para vencer ciertas condiciones atípicas de esfuerzos que no necesariamente estarían considerados en un ciclo de conducción estándar. La potencia máxima, se toma en cuenta para determinar la velocidad máxima. Además, es necesario, realizar las transformaciones de energía eléctrica a mecánica, considerando todos los rendimientos del tren de propulsión, donde las aplicaciones de motor en rueda serán las más adecuadas. En otras palabras, en el análisis elaborado, presenta una estimación simplificada muestra que la potencia instantánea va a depender principalmente de la velocidad del vehículo y se ve mayormente influenciada, por las condiciones de pendiente (Ver fórmula 4). Esta componente se utiliza de cara a un ciclo de conducción, en la sección de velocidades constantes. El grado de potencia real, debe ser calculado con la aplicación de la componente de la inercia, aplicando con la ecuación cinco, que estima el cambio de velocidad del vehículo, y puede convertirse en el principal factor para analizar, si se monitorizara los ciclos de conducción (Ver fórmula 5).

Como se aprecia en la figura 2, velocidades menores a los 50Km/h en plano, el factor de rodadura tiene casi la misma participación en el requerimiento de la potencia para desarrollar el movimiento que la componente del viento. Después de dicha velocidad, va perdiendo participación la rodadura y ganando importancia la resistencia aerodinámica al avance por su componte cuadrática (Ver fórmula 2). Es necesaria la realización de pruebas de laboratorio, que permitan visualizar la interacción real de cualquier tipo de neumático con plano de rodadura, para dar mayor precisión a los cálculos de resistencia a la rodadura (Ver fórmula 1) según la superficie y velocidades de circulación. Por tanto, los motores para seleccionar en un sistema de tracción deben ser analizados de acuerdo con las prestaciones de se requieran para la aplicación, que variarán según la vialidad del proyecto a una variedad de alternativas y acompañarlos de cálculos con software y ensayos de funcionamiento.

La autonomía, empezada como característica de la tabla 4, se refiere al número de kilómetros recorridos en un ciclo de estandarizado o requerido, tanto en la parte urbana como interurbana, presentando indicadores de velocidad máxima alcanzable y tiempo de aceleración y deceleración según los distintos tramos de los sub-ciclos. Por lo señalado, que tomar en cuenta otros consumidores que dependerán de esta fuente de almacenamiento, por citar un ejemplo: el motor eléctrico del sistema de dirección, pero como es comprensible el principal componente de

consumo será el motor de tracción. El tiempo de vida de las baterías, es un factor que constituye una barrera para promover la aceptación de este tipo de tecnologías, como criterios importantes se presenta los ciclos de carga y descarga y la adecuada gestión del estado de carga SOC (State of Charge), que permite incrementar los ciclos del sistema de almacenamiento. Es necesario plantear las características de nivel de voltaje del paquete de baterías de tracción para determinar las condiciones de operación del sistema de tracción en conjunto igualando la potencia eléctrica a la potencia mecánica evaluada con los rendimientos del tren de potencia

Con respecto a proyectos de investigación y desarrollo, y aún más acentuado en proyectos de industrialización, hay que considerar el factor de coste para determinar la viabilidad de la aplicación. En todo el recorrido de la vida útil de la batería, es importante agregar la fiabilidad los componentes individuales del paquete de baterías, de los motores y otros componentes de la instalación, los cuales no deben sufrir ninguna degradación, por ejemplo: deformación por efectos de la temperatura, desgastes mecánicos, de corrosión y agarrotamientos. Finalmente, al tratarse de sistemas eléctricos, dejamos planteado la necesidad de realizar un análisis de riesgos seguridad de los ocupantes que se transportan en un vehículo, especialmente si este desarrollado desde cero, el mismo que debe regirse a una reglamentación que proteja contra la elevada concentración de energía del paquete de baterías y los demás componentes eléctricos.

## CONCLUSIONES

En este apartado se puede manifestar que se lleva a cabo análisis importantes sobre la selección de componentes de tracción eléctrica en vehículos, destacando la importancia de considerar el ciclo de conducción para calcular la potencia requerida. Además, se observa que la precisión de los coeficientes de fricción de los neumáticos es fundamental para determinar los esfuerzos resistentes, lo que motiva la necesidad de obtener datos precisos mediante pruebas de laboratorio. En relación a los motores, se resalta que los motores de flujo axial representan una opción prometedora, especialmente cuando se instalan en las ruedas, eliminando la necesidad de un diferencial mecánico.

En el ámbito de las baterías, se concluye que las tecnologías de níquel-metal hidruro y de ion-litio son adecuadas debido a su densidad energética, costo y durabilidad la autonomía de un vehículo eléctrico se determina en gran medida por el número de ciclos de conducción, y la elección de las baterías debe equilibrar factores como densidad de energía, masa y durabilidad en relación con

el costo. Por último, se enfatiza la necesidad de llevar a cabo investigaciones en simulación y pruebas de laboratorio para obtener parámetros específicos que caractericen los vehículos, enriqueciendo así futuros estudios sobre la potencia y el consumo energético en vehículos de propulsión alternativa. También se resaltan consideraciones clave para proyectos de desarrollo de sistemas vehiculares electrificados en el contexto de la transición energética global.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asanov, S. (2022). Classification of parallel Hybrid Electric Vehicles based on the degree of electrification. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEARNING AND TEACHING*, 1(9), 67–70. <https://researchedu.org/index.php/ict/article/view/1835>
- Brachtl, M., Durant, J., Perez, C., Oviedo, J., Sempertegui, F., Naumova, E., & Griffiths, J. (2009). Spatial and temporal variations and mobile source emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons in Quito, Ecuador. *Environmental Pollution*, 157(2), 528-536. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026974910800448X>
- Da Silva, S., Eckert, J., Silva, F., Corrêa, F., Silva, L., Bueno, A., & Dedini, F. (2023). Aging-aware optimal power management control and component sizing of a fuel cell hybrid electric vehicle powertrain. *Energy Conversion and Management*, 292, 117330. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890423006763>
- De Klerk, M., & Saha, A. (2022). Performance analysis of DTC-SVM in a complete traction motor control mechanism for a battery electric vehicle. *Heliyon*, 8(4), 1-16. [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(22\)00553-9.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(22)00553-9.pdf)
- Kwon, H., Choi, Y., Choi, W., & Lee, S. (2023). Multimode dual-motor electric vehicle system for eco and dynamic driving. *Results in Engineering*, 19, 101298. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123023004255>
- Lopez, J., & Jiménez, F. (2011). Requerimientos energéticos de los vehículos híbridos de transporte urbano de alto tonelaje. *Dyna*, 86(2), 182-189. <https://recyt.fecyt.es/index.php/DY/article/view/12131>
- Pravallika, G., Sujatha, P., & Kumar, P. B. (2023). Different traction motor topologies with lithium-air battery for electric vehicles: A review. *Materials Today: Proceedings*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785323014487>
- Shimizu, H., Okubo, T., Hirano, I., Ishikawa, S., & Abe, M. (2013). Development of an integrated electrified powertrain for a newly developed electric vehicle (No. 2013-01-1759). *SAE Technical Paper*. <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2013-01-1759/>
- Singh, K., & Singh, A. (2022). Behavioural modelling for personal and societal benefits of V2G/V2H integration on EV adoption. *Applied Energy*, 319, 119265. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261922006237>
- Singirikonda, S., & Pedda, Y. (2023). Investigation on performance evaluation of electric vehicle batteries under different drive cycles. *Journal of Energy Storage*, 63, 106966. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352152X23003638>
- Timur, J. (2021). *Global EV Outlook 2021 - Dr Timur Gül, Dr Jacopo Tattini IEEJ Global Energy Webinar*, 11 May 2021, Institute of Energy Economics, Japan. Japan. <https://policycommons.net/artifacts/1581071/global-ev-outlook-2021/2270843/>
- Viteri, R., Borge, R., Paredes, M., & Pérez, M. A. (2023). A high-resolution vehicular emissions inventory for Ecuador using the IVE modelling system. *Chemosphere*, 315, 137634. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522041273>
- Yang, Y., Arshad-Ali, K., Roeleveld, J., & Emadi, A. (2016). State-of-the-art electrified powertrains-hybrid, plug-in, and electric vehicles. *International journal of powertrains*, 5(1), 1-29. <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJPT.2016.075181>