



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención del
título de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

**Análisis Comparativo de la Huella de Carbono en el
Ciclo de Vida de Vehículos Eléctricos, Híbridos y de
Combustión Interna.**

Autores:

Oscar Alexis Granda Apolo
Karim Amhez Amores
José Ignacio Luna Pincay

Director:

Ing. Guillermo Gorky Reyes Campaña

Análisis Comparativo de la Huella de Carbono en el Ciclo de Vida de Vehículos Eléctricos, Híbridos y de Combustión Interna.

Ing. Gorky Reyes C. MS¹, Oscar Granda A³, Karim Amhez A.⁴ José Luna P.⁵

¹ *Maestría Especialidad - Universidad, Titulo Obtenido, gureyesca@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

³ *Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, osgrandaap@uide.edu.ec, Quito - Ecuador*

⁴ *Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, kaamhezam@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

⁵ *Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, johunapi@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

Resumen

Introducción: Este estudio comparó la huella de carbono generada durante el ciclo de vida en tres tipos de vehículos: eléctrico, híbrido enchufable (PHEV) y de combustión interna, considerando las fases de manufactura, uso y disposición final. El objetivo fue determinar cuál de estas tecnologías presenta el menor impacto ambiental bajo las condiciones actuales del Ciclo de Vida. **Metodología:** Se aplicó un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) según las normas ISO 14067 e ISO 14044, se combinó el método bibliográfico para cuantificar materiales y emisiones en la manufactura, el método experimental indirecto para estimar el impacto en la fase de uso mediante los modelos Well-to-Tank (WTT) y Tank-to-Wheel (TTW), y un análisis comparativo para evaluar diferencias entre tecnologías. **Resultados:** El vehículo híbrido enchufable (PHEV) registró la huella de carbono total más baja (12,58 t CO₂-eq), seguido por el eléctrico (16,23 t CO₂-eq), mientras que el de combustión interna presentó el mayor impacto ambiental (30,9 t CO₂-eq). En el caso del vehículo eléctrico, más del 80 % de sus emisiones totales provinieron de la etapa de manufactura, especialmente por la producción de la batería. En contraste, en el vehículo de combustión interna, el mayor aporte de emisiones (82 %) se generó durante su uso. Si bien el híbrido enchufable (PHEV) es actualmente la opción más eficiente bajo la matriz energética vigente, el vehículo eléctrico tiene el mayor potencial de reducción de emisiones a largo plazo, especialmente si el país avanza hacia una matriz basada en energías renovables. **Conclusiones:** El estudio reafirma la necesidad urgente de optimizar la manufactura vehicular, la matriz energética y la gestión de desechos para lograr una transición efectiva hacia tecnologías sostenibles. Actualmente, el vehículo híbrido enchufable (PHEV) constituye la alternativa tecnológica más equilibrada y efectiva bajo las condiciones energéticas nacionales actuales. A largo plazo, el vehículo eléctrico emerge como la solución con mayor potencial de reducir drásticamente las emisiones, condicionada al avance hacia una matriz energética más limpia.

Palabras clave: Vehículos eléctricos, huella de carbono, análisis de ciclo de vida, sostenibilidad, matriz energética.

Análisis Comparativo de la Huella de Carbono en el Ciclo de Vida de Vehículos Eléctricos, Híbridos y de Combustión Interna.

Ing. Gorky Reyes C. MS¹, Oscar Granda A³, Karim Amhez A.⁴ José Luna P.⁵

¹ *Maestría Especialidad - Universidad, Titulo Obtenido, gureyesca@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

³ *Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, osgrandaap@uide.edu.ec, Quito - Ecuador*

⁴ *Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, kaamhezam@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

⁵ *Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, jolunapi@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

Abstract

Introduction: This study compared the carbon footprint generated throughout the life cycle of three types of vehicles: electric, plug-in hybrid (PHEV), and internal combustion engine (ICE), considering the stages of manufacturing, use, and end-of-life. The objective was to determine which of these technologies presents the lowest environmental impact under current cycle conditions. **Methodology:** A Life Cycle Assessment (LCA) was conducted in accordance with ISO 14067 and ISO 14044 standards. The study combined a bibliographic method to quantify materials and emissions during manufacturing, an indirect experimental method to estimate the impact during the use phase using Well-to-Tank (WTT) and Tank-to-Wheel (TTW) models, and a comparative analysis to evaluate differences among technologies. **Results:** The plug-in hybrid vehicle (PHEV) recorded the lowest total carbon footprint (12.58 t CO₂-eq), followed by the electric vehicle (16.23 t CO₂-eq), while the internal combustion vehicle showed the highest environmental impact (30.9 t CO₂-eq). For the electric vehicle, over 80% of total emissions came from the manufacturing stage, especially from battery production. In contrast, 82% of emissions from the internal combustion vehicle were generated during its use phase. While the PHEV is currently the most efficient option under the existing energy matrix, the electric vehicle has the greatest long-term potential for emission reduction, particularly if the country transitions to a renewable-based energy system. **Conclusions:** The study reaffirms the urgent need to optimize vehicle manufacturing, the energy matrix, and waste management to enable an effective transition toward sustainable technologies. At present, the PHEV represents the most balanced and efficient technological alternative under national energy conditions. In the long term, the electric vehicle emerges as the most promising solution for drastically reducing emissions, provided the shift toward a cleaner energy matrix continues.

Keywords: Electric vehicles, carbon footprint, life cycle assessment, sustainability, energy matrix.