

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DEL VEHÍCULO HÍBRIDO EN DIFERENTES CONDICIONES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Damián Israel Vargas Jarrín
dvargas@institutovicentefierro.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8844-5446>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Jhonatan Hernán Flores Pólit
jflores@institutovicentefierro.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6354-4464>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Erika Patricia Lozano Erazo
erikalozanoerazo@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3306-0637>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Recibido: 29/05/24

Aceptado: 25/06/24

Publicado: 01/07/24

RESUMEN

La presente investigación se realizó para analizar el desempeño del vehículo híbrido Hyundai Sonata 2.0, modelo 2016, a diferentes condiciones de presión atmosférica. La metodología empleada parte desde un enfoque mixto y cuasiexperimental. Se realizó una investigación bibliográfica y de campo para recopilar datos primarios y se utilizó investigación descriptiva para detallar las características del vehículo bajo distintas condiciones de presión atmosférica. Consecuentemente, se llevaron a cabo pruebas controladas en los cantones de Tulcán e Ibarra, que tienen diferencias significativas de presión atmosférica, temperatura y humedad. Las pruebas incluyeron medición de consumo de combustible en una ruta de 38 km, velocidad final en una ruta de 2 km, carga y descarga de la batería en una ruta de 20 km y análisis de emisiones de gases en distintas condiciones de funcionamiento del motor. El análisis confirma una relación directa entre la presión atmosférica y el rendimiento energético de los vehículos híbridos. Las variaciones en la presión del aire afectan significativamente la eficiencia, tanto del motor como de la batería. Además, se ha observado que las diferentes condiciones de presión atmosférica influyen en las emisiones de gases contaminantes de los vehículos híbridos.

PALABRAS CLAVE: desempeño de vehículo, vehículo híbrido, presión atmosférica.

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF HYBRID VEHICLE UNDER DIFFERENT ATMOSPHERIC PRESSURE CONDITIONS

ABSTRACT

This research was conducted to analyze the performance of the Hyundai Sonata 2.0 hybrid vehicle, model 2016, at different atmospheric pressure conditions. The methodology used is based on a mixed and quasi-experimental approach. A bibliographic and field research was conducted to collect primary data and descriptive research was used to detail the characteristics of the vehicle under different atmospheric pressure conditions. Consequently, controlled tests were carried out in the cantons of Tulcán and Ibarra, which have significant differences in atmospheric pressure, temperature and humidity. The tests included fuel consumption measurement on a 38 km route, final speed on a 2 km route, battery charging and discharging on a 20 km route, and gas emissions analysis under different engine operating conditions. The analysis confirms a direct relationship between atmospheric pressure and the energy efficiency of hybrid vehicles. Variations in air pressure significantly affect the efficiency of both the engine and the battery. In addition, it has been observed that different atmospheric pressure conditions influence the pollutant gas emissions of hybrid vehicles.

KEY WORDS: vehicle performance, hybrid vehicle, atmospheric pressure.

1. INTRODUCCIÓN

El desempeño de los vehículos híbridos es un tema de gran relevancia en la industria automotriz contemporánea. Estos vehículos representan una solución intermedia entre los vehículos tradicionales de combustión interna y los vehículos totalmente eléctricos. Uno de los modelos que ha destacado en este segmento es el Hyundai Sonata 2.0 híbrido, modelo 2016, conocido por su eficiencia y tecnología avanzada. Sin embargo, el rendimiento de estos vehículos puede verse afectado por diversas condiciones ambientales, siendo la presión atmosférica una de las variables más significativas.

La presión atmosférica varía considerablemente con la altitud y las condiciones climáticas. Esto puede influir en el funcionamiento de los sistemas del vehículo, incluyendo el motor de combustión interna y los componentes eléctricos del sistema híbrido. Específicamente, los motores de combustión interna pueden experimentar cambios en la eficiencia de la combustión, mientras que los sistemas eléctricos pueden verse afectados en términos de aislamiento y desempeño bajo diferentes niveles de presión (Alarcón y Lema, 2023).

Esta investigación se justifica debido a que la comprensión del impacto de la presión atmosférica en los vehículos híbridos permite mejorar su eficiencia energética, reduciendo costos de combustible y prolongando la vida útil de los vehículos. Además, los hallazgos de este trabajo ofrecerán una orientación valiosa para la industria automotriz en el diseño y producción de vehículos híbridos, optimizando procesos y mejorando la calidad de los productos. Desde una perspectiva teórica, este estudio contribuirá con el conocimiento existente sobre la presión atmosférica y como afecta ésta al desempeño de los vehículos híbridos. Este análisis sustenta un marco teórico sólido, respaldado por teorías fiables y evaluaciones pertinentes.

Es así que se estableció, como objetivo general, analizar el desempeño del vehículo híbrido Hyundai Sonata 2.0, modelo 2016, a diferentes condiciones de presión atmosférica. Los objetivos específicos buscaron: la identificación de la relación entre la presión atmosférica y el rendimiento energético de un vehículo híbrido, a través del análisis de la literatura científica disponible; la experimentación en diferentes condiciones atmosféricas con el rendimiento energético y las emisiones de gases contaminantes de un vehículo híbrido; la afectación de la presión atmosférica en el rendimiento de la batería y el motor eléctrico en un vehículo híbrido y, finalmente, la comparación de datos obtenidos en las pruebas de rendimiento energético y emisiones de gases contaminantes, bajo diferentes condiciones de presión atmosférica.

Frente a los objetivos planteados se definieron las siguientes hipótesis: las variaciones en la presión atmosférica tienen un efecto significativo en el rendimiento del motor eléctrico de los vehículos híbridos, incluyendo el consumo de combustible, la eficiencia energética y las emisiones de gases contaminantes; a medida que la presión atmosférica disminuye, se espera que el consumo de

combustible aumente, debido a la reducción de la densidad del aire y la disminución de la eficiencia de la combustión en los motores de combustión interna; se anticipa que la presión atmosférica más alta conduce a una mayor eficiencia en el rendimiento del motor eléctrico, ya que la densidad del aire aumentada puede mejorar la refrigeración y la eficiencia térmica y las emisiones de gases contaminantes, como CO₂ y NO_x, pueden variar en respuesta a cambios en la presión atmosférica, debido a las diferencias en la eficiencia de la combustión y los procesos de control de emisiones.

Dentro de este contexto, se puede mencionar a la investigación de Wang et al. (2023), en donde se evaluó el efecto de la presión del aire en la aislación de motores de vehículos eléctricos. La metodología incluyó pruebas de voltaje de inicio de descarga parcial (PDIV), características de descarga parcial (PD) y pruebas de vida útil bajo diferentes presiones atmosféricas. Los resultados revelaron que la presión del aire impacta significativamente la aislación de los motores; a presiones más bajas, el voltaje de inicio de descarga parcial se reduce considerablemente, aumentando la probabilidad de descargas parciales; también, se observó que el área activa de las descargas parciales se expande a bajas presiones; aunque el número y la amplitud de las descargas parciales aumentan con la disminución de la presión del aire, el área activa de las descargas se expande lentamente, incrementando el estrés eléctrico sobre la aislación por unidad de área. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar el impacto de la presión del aire en el rendimiento de la aislación de motores eléctricos, lo cual es crucial para el diseño y mejora de sistemas de aislación en vehículos híbridos como el Hyundai Sonata 2.0, modelo 2016, bajo diferentes condiciones de presión atmosférica.

Por otro lado, en la investigación de Pérez et al. (2022) se identificaron varios factores clave que influyen en la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos. Por un lado, las altas temperaturas pueden acelerar la degradación de las baterías, afectando negativamente su vida útil. Mantener la tensión de carga dentro de ciertos rangos es crucial para prolongar la durabilidad de las baterías. El control de la profundidad de descarga en cada ciclo de uso es esencial para preservar el rendimiento y la longevidad de las baterías y la velocidad de carga influye en la degradación de las baterías, siendo importante para maximizar su vida útil. Estos factores son determinantes en la estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos, destacando la importancia de una gestión adecuada para garantizar un rendimiento óptimo y prolongar su durabilidad.

El desarrollo de vehículos híbridos tiene sus raíces en los avances tecnológicos del siglo XIX, como la invención de la batería, la generación de campos magnéticos mediante corriente eléctrica y la creación del electroimán. En 1828, Ányos Jedlik construyó el primer vehículo propulsado por energía eléctrica. A finales del siglo XIX y principios del XX, ingenieros como Louis Antoine Krieger y Clinton Edgar Woods fabricaron lujosos carruajes eléctricos y los primeros automóviles híbridos, aunque enfrentaron desafíos comerciales y competitivos (Blázquez, 2021).

Louis Antoine Kriéger, en 1894, creó carruajes eléctricos con motores delanteros y frenos regenerativos y en 1903 introdujo vehículos híbridos, pero su producción cesó en 1909. Clinton Edgar Woods fundó Woods Motor Vehicle en 1899 y lanzó el híbrido Dual Power Modelo 44 Coupe en 1911, aunque tuvo un éxito limitado debido a su alto precio (Segura, 2020). Ferdinand Porsche desarrolló en 1901 el Lohner-Porsche Mixte Hybrid, considerado el primer automóvil híbrido, combinando un motor de combustión interna con motores eléctricos y logrando éxito en competiciones y ventas hasta 1906. Un hito crucial fue la Ley de Vehículos Híbridos y Eléctricos de 1976 en Estados Unidos, promulgada en respuesta a la crisis del petróleo de 1973 - 1974 (Blázquez, 2021). Esta ley fomentó la investigación y desarrollo de tecnologías alternativas al petróleo, impulsando significativamente la evolución y adopción de vehículos híbridos y eléctricos en la industria automotriz.

Los vehículos híbridos combinan dos o más fuentes de energía, generalmente un motor de combustión interna y uno o más motores eléctricos, para propulsar el vehículo. Son importantes en la actualidad por su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia del combustible, lo que los hace más amigables con el medio ambiente y más económicos de operar. Además, los vehículos híbridos son una tecnología clave en la transición hacia una movilidad más sostenible y en la reducción de la dependencia del petróleo (Colcha et al., 2022).

Estos vehículos se reconocen porque constan de tres componentes principales: el motor de combustión interna (MCI), el motor eléctrico y la batería. El MCI, alimentado por gasolina o diésel, suministra potencia al tren motriz del vehículo, operando eficientemente en condiciones de alta demanda de energía; el motor eléctrico, impulsado por una batería recargable, actúa como una fuente adicional de potencia y puede funcionar independientemente o junto al MCI, optimizando la eficiencia del vehículo. La batería almacena energía de la red eléctrica y del MCI, facilitando la transferencia de energía al motor eléctrico y permitiendo una gestión dinámica de la potencia (Mejía et al., 2021).

Las baterías de los vehículos híbridos pueden diseñarse para maximizar la energía o la potencia según las necesidades específicas del vehículo, proporcionando flexibilidad en términos de rendimiento y eficiencia. Además, los vehículos híbridos pueden incorporar sistemas de frenado regenerativo, que convierten la energía cinética en energía eléctrica durante el frenado, mejorando la eficiencia general (Colcha et al., 2022). La arquitectura del tren motriz de los vehículos híbridos puede ser compleja, con configuraciones en serie o paralelo, permitiendo una gestión más sofisticada de la energía y adaptándose a diversas condiciones de conducción. Estas configuraciones maximizan la eficiencia en situaciones específicas.

El rendimiento de los vehículos híbridos está influenciado por diversos factores, tales como la tecnología de la batería, los patrones de conducción, el peso del vehículo, la temperatura y el estilo de conducción. Todos estos pueden

optimizarse para maximizar la eficiencia de combustible. La tecnología de la batería es crucial para el rendimiento de los vehículos híbridos. Los avances tecnológicos han mejorado el alcance y la potencia de estos vehículos. La configuración del sistema de propulsión, que incluye el motor eléctrico, el motor de combustión interna y la gestión de la energía, afecta significativamente la eficiencia y el rendimiento del vehículo (Ortega y Peralta, 2020).

Finalmente, factores como la temperatura, la humedad y la altitud impactan la eficiencia energética y la autonomía. Las temperaturas extremas pueden afectar negativamente la capacidad de la batería y su vida útil. El diseño aerodinámico influye en la resistencia al aire y, por ende, en el consumo de energía y el alcance del vehículo. El peso influye en el rendimiento, ya que los vehículos más pesados necesitan más potencia para moverse (Quintero, 2022). Los vehículos híbridos suelen ser más pesados debido a componentes adicionales como la batería y el motor eléctrico. Estos vehículos son eficientes en el tráfico de parada y marcha, donde el motor eléctrico es efectivo a bajas velocidades y el motor de combustión interna a velocidades más altas. La conducción suave y constante maximiza la eficiencia del sistema híbrido (Álvarez, 2020). Aunque varios factores afectan el rendimiento de los vehículos híbridos, este trabajo se centrará específicamente en las condiciones atmosféricas.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló desde un enfoque mixto, bajo una modalidad cuasiexperimental, debido a que implica la manipulación de variables independientes que fueron utilizadas para observar sus efectos sobre las variables dependientes en condiciones controladas. Para empezar, se realizó la investigación bibliográfica que permitió un acercamiento documental sobre el vehículo Hyundai Sonata 2.0, modelo 2016. También, se utilizó la investigación de campo para la recopilación de datos primarios. Finalmente, se utilizó la investigación descriptiva para detallar las características del vehículo objeto de estudio sometido a diferentes condiciones de presión atmosférica.

Para el estudio se consideró a un vehículo Hyundai Sonata 2.0, modelo 2016, como caso de estudio. Este, en su uso cotidiano, enfrenta diferentes condiciones de presión atmosférica debido a que se somete a distintos escenarios de manejo, entornos geográficos, estilos de conducción y condiciones climáticas. Se procedió a la selección de los equipos especializados, tomando en cuenta las variables a medir (presión atmosférica, consumo de combustible, emisiones de gases contaminantes, velocidad final, etc.). Para acceder a los datos reales del vehículo, con alta precisión, se utilizó un escáner automotriz de última tecnología (*Thinkcar/Platinum S20*). De igual manera, se utilizó los sensores de presión atmosférica, temperatura, GPS y altímetro incorporados en un teléfono celular gama alta (*Samsung Note 20 Ultra*). Para la medición de las emisiones de gases contaminantes se utilizó un analizador de gases debidamente calibrado en las diferentes condiciones de presión atmosférica (*Kane/ Autoplus 4 - 2*).

Para la ejecución de las pruebas se establecieron dos ubicaciones geográficas diferentes: la primera en el cantón Tulcán y la segunda en el cantón Ibarra las que presentan una diferencia significativa en relación a la presión atmosférica, temperatura y humedad.

Pruebas controladas

Prueba 1 - Consumo de combustible. Para la ejecución de esta prueba, se definió una ruta con una distancia de 38 Km en las dos ubicaciones geográficas, se estableció un rango de velocidad (80-100km/h) y con el escáner se procedió a obtener los valores de consumo específico de combustible.

Prueba 2 - Velocidad final. De la misma manera que en la prueba anterior, para la ejecución de esta prueba se definió una ruta con una distancia de 2 Km en las diferentes ubicaciones geográficas, con la ayuda del escáner automatizado se estableció la apertura del sensor de posición del pedal del acelerador de un 20%, con la ayuda de un cronómetro se obtuvo el tiempo y con el escáner la velocidad alcanzada.

Prueba 3 - Carga y descarga de la batería. Para la ejecución de esta prueba se definió una ruta con una distancia de 20 Km, un rango de velocidad de (80-100km/h) en las diferentes ubicaciones geográficas. Con la ayuda del escáner automatizado se procedió a obtener los datos de la potencia de carga y descarga, temperatura máxima y mínima de la batería, tensión máxima y mínima de la batería.

Prueba 4 - Análisis de emisión de gases. La ejecución de esta prueba se la realizó tomando en cuenta tres diferentes condiciones de funcionamiento del motor de combustión interna: ralentí (700 - 900 rpm), (2000 - 3000 rpm), 3500 rpm. Posteriormente, con la ayuda del analizador de gases se procede a realizar la medición de los diferentes gases contaminantes (HC, CO, CO₂, O₂, λ).

Los datos se procesaron utilizando software adecuados y pruebas controladas. Para ello, se realizó el proceso de depuración y organización de los datos obtenidos, que incluyó la eliminación de valores atípicos, se corrigieron errores de entrada y se aseguró que los datos estén correctamente formateados para su análisis. También, se realizó un análisis exploratorio de datos en el que se vislumbró la distribución de datos y se identificó los posibles patrones o tendencias. Finalmente, se utilizó un análisis comparativo en que se examinó cómo varían las métricas de rendimiento, como el consumo de combustible, la velocidad final, estado de carga y descarga de la batería y las emisiones de gases contaminantes en respuesta a los cambios en la presión atmosférica.

3. RESULTADOS

El modo híbrido del vehículo de prueba Hyundai Sonata muestra una eficiencia óptima en condiciones de tráfico urbano, mientras que el modo totalmente eléctrico se destaca en desplazamientos cortos.

Prueba 1 - Consumo de combustible

Vargas Jarrín, D., Flores Pólit, J. y Lozano Erazo E. (2024). Análisis del desempeño del vehículo híbrido a diferentes condiciones de presión atmosférica. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(2), pp. 109-121. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/141>
julio - diciembre (2024) ISSN 2806-5573

Durante las pruebas que se realizaron en condiciones de conducción normales, se hizo la comparación en las diferentes ciudades de estudio: el cantón Tulcán, Ecuador, que se encuentra ubicado a una altura de 2976 metros sobre el nivel del mar, a una temperatura de 5,2 grados centígrados con presión atmosférica de 1021,7 hPa y una humedad relativa del 78,9% (Chugá, 2019). Así mismo, se realizó las pruebas en condiciones normales de conducción en el cantón Ibarra, Ecuador, que se encuentra a una altura de 1666 metros sobre el nivel del mar, a una temperatura promedio de 24 grados centígrados, con una presión atmosférica de 1017 hPa y con una humedad relativa del 47,9% (Ramos, 2024). En cada cantón se hizo la toma de muestras mediante las diferentes pruebas, para medir el consumo de combustible, dando como resultado en la ciudad de Tulcán un consumo promedio de 3,35 litros en los 38 kilómetros que se estableció como distancia de prueba. En el cantón Ibarra se determinó un consumo menor en la misma distancia recorrida de 38km y se alcanzó en promedio 2,49 litros.

Con los resultados se puede determinar que, a medida que la altitud sobre el nivel del mar aumenta, la presión atmosférica y la densidad del aire disminuyen, afectando la mezcla de combustible y oxígeno en el motor, se aprecia un aumento gradual en el consumo de combustible a medida que la altitud aumenta. La relación entre la altitud y el consumo de combustible puede variar, ya que no es un espacio de prueba controlado, por lo que se realizaron varias tomas para determinar el resultado final. La altitud no es el único factor que influye en el consumo de combustible; entre otros factores, se tienen los ambientales y de conducción, que se realizó en régimen de conducción normales para la toma de datos.

Prueba 2 - Velocidad final

El resultado de una prueba de velocidad final realizada de un vehículo es la rapidez que el vehículo alcanza, durante las pruebas, tanto en el cantón Tulcán como en el cantón Ibarra. Este resultado se lo expresa en kilómetros / hora, tomada del propio velocímetro del automóvil y comparada con el scanner automotriz. El objetivo de esta prueba de velocidad final se realizó para conocer la afectación de la diferencia de presión atmosférica y altura, en la velocidad alcanzada por el vehículo. Se destaca que la prueba se realizó en rutas con características similares en los dos cantones. Para la realización de esta prueba, se estableció realizarla también con el scanner automotriz, comprobando siempre mantener el sensor App del auto, que indica en la computadora, la posición exacta del pedal del acelerador durante el tiempo que duró la prueba en un 20%. Se determinó una distancia de 2 kilómetros, partiendo desde el reposo, obteniendo que en el cantón Tulcán se alcanzó una velocidad 124 km/h y en el cantón Ibarra se determina una velocidad de 156 km/h.

Se puede valorar un aumento en la velocidad final del vehículo en la prueba realizada de los 2 km, obteniendo una eficiencia 32 kilómetros por hora más rápida en Ibarra que en Tulcán. En relación a la presión atmosférica, comparando con los dos cantones de estudio, el vehículo es más eficiente en el cantón Ibarra, porque la

altura sobre el nivel del mar es menor (en casi 700 metros), aumentando la densidad del aire y por ende el oxígeno.

Prueba 3 - Carga y descarga de la batería

Con esta prueba, se analiza la batería del vehículo híbrido refiriéndose a la capacidad para retener y suministrar energía eléctrica, en diferentes presiones atmosféricas y de altura. Para su cumplimiento, se realizó la prueba en una distancia de 20 kilómetros a régimen de conducción constante en un rango de velocidad entre 80 y 100 km/h, tomado como datos la carga y descarga de la batería, temperatura de ésta, tensión máxima y tensión mínima obteniendo los resultados detallados en la Tabla 1.

Tabla 1

Prueba carga y descarga de batería híbrida.

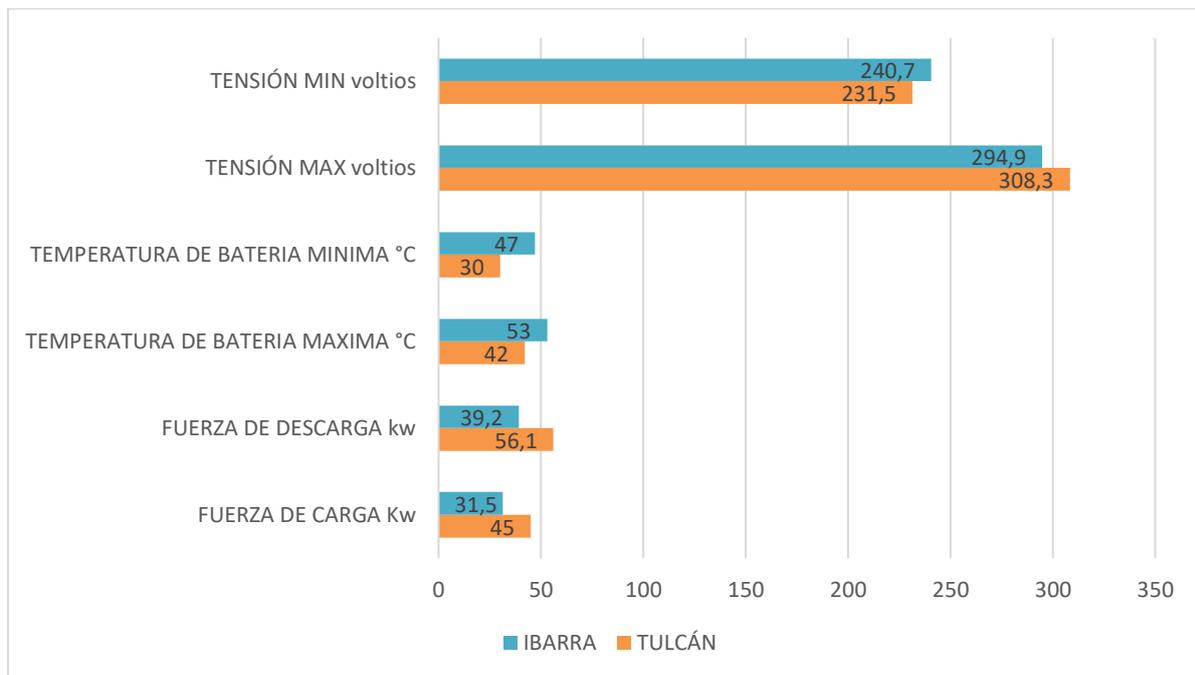
Cantón	Altura (msnm)	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (Kpa)	Humedad relativa %	Fuerza de carga kw	Fuerza de descarga kw
Tulcán	2976	5,2	1021,7	78,8	45,0	56,1
Ibarra	1666	24,0	1017,0	47,9	31,5	39,2
	Temperatura de batería máxima °C	Temperatura de batería mínima °C	Tensión máxima voltios	Tensión mínima voltios	Distancia de prueba km	Rango de velocidad km/h
Tulcán	42	30	308,3	231,5	20 km	80 - 100
Ibarra	53	47	294,9	240,7	20 km	80 - 100

Fuente: autoría propia.

Cabe mencionar que un factor importante en la salud de la batería es la variación de temperatura. En el cantón Tulcán, la temperatura se mantenía a 42 grados centígrados y en el cantón Ibarra se mantuvo más caliente a 53 grados centígrados. Con respecto a la temperatura del vehículo híbrido y de la batería, es importante generar la tensión suficiente de carga y descarga, conforme al régimen de movimiento del vehículo. En el cantón Ibarra se puede apreciar un aumento de la temperatura de la batería, comparado con el cantón Tulcán en 17 °C de temperatura mínima y una variación de 11 °C en temperatura máxima. La Figura 1 muestra la eficiencia de la batería híbrida.

Figura 1

Eficiencia de batería híbrida.



Fuente: autoría propia.

Esta variación de temperatura afecta directamente a la carga y descarga de la batería. En el cantón Tulcán de 45 kW a diferencia de 31,5 kW en el cantón Ibarra. Se concluyó que, a mayor altura, la temperatura de la batería híbrida disminuye y es más eficiente. Así mismo, se aprecia que la fuerza de descarga en el cantón Tulcán fue de 56 kW y en el cantón Ibarra fue de 39,2 kW. Otro punto importante es sobre la tensión o voltaje máximo de la batería que se cargó: en el cantón Tulcán es de 308 voltios y en el cantón Ibarra de 295 voltios. Con estos valores se determina una afectación en el sistema de batería del vehículo híbrido ya que a menor temperatura la batería es más eficiente.

Prueba 4 - Análisis de emisión de gases

Se llevó a cabo una prueba de gases por el tubo de escape en los diferentes cantones, para analizar si existe diferencia en la combustión que realiza el motor y verificar variación a diferentes presiones atmosféricas de los sistemas de reducción de gases contaminantes. Dichos gases de medición son hidrocarburos (Hc) valorados en partes por millón (ppm), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂) y también, el valor conocido como sonda lambda λ. Cabe mencionar, que el resultado ideal es cercano a 1, en donde se encuentra la mezcla ideal del motor. Para esto, con la utilización del equipo de diagnóstico analizador de gases, se obtuvo, en tres pruebas a distintas revoluciones del motor, a marcha mínima, de 700-900 RPM, de 2000-3000 RPM y más de 3500 RPM. Los datos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Prueba análisis de emisión de gases contaminantes.

Cantón	Altura (msnm)	Temperatura (°C)	Presión atmosférica (Kpa)	Humedad relativa %	
Tulcán	2976	5,2	1021,7	78,8	
Ibarra	1666	24,0	1017,0	47,9	
	Ralentí (700 - 900 rpm)				
	HC	CO	CO2	O2	λ
	2000 - 3000 rpm				
	HC	CO	CO2	O2	λ
	3500 rpm				
	HC	CO	CO2	O2	λ
	ppm				
Tulcán	132	0,88	11,5	0	0,962
Ibarra	15	0,90	11,6	0	0,965

Fuente: autoría propia.

En los resultados se evidencia una diferencia en el consumo de combustible y directamente en los gases expulsados por el tubo de escape. En la prueba de ralentí o marcha mínima se puede apreciar como los hidrocarburos varían de 132 ppm en el cantón Tulcán a 15 ppm el cantón Ibarra. Asimismo, se evidencia una menor contaminación del medio ambiente en el cantón Ibarra de monóxido de carbono y dióxido de carbono, gases causantes del efecto invernadero. Se puede concluir que a menor altura el aire es más denso, por ende, se tiene una mejor combustión del combustible y una combustión más limpia.

4. DISCUSIÓN

El Hyundai Sonata en modo híbrido es, especialmente, eficiente en tráfico urbano, mientras que su modo totalmente eléctrico es más adecuado para trayectos cortos. En pruebas de consumo de combustible realizadas en Tulcán (2976 msnm) e Ibarra (1666 msnm), se observó un consumo promedio de 3,35 litros por 38 km en Tulcán y 2,49 litros por 38 km en Ibarra. Esto indica que, a mayor altitud, el consumo de combustible aumenta debido a la disminución de la presión atmosférica y la densidad del aire, lo que afecta la mezcla de combustible y oxígeno en el motor.

En cuanto a la velocidad final, el Hyundai Sonata alcanzó 124 km/h en Tulcán y 156 km/h en Ibarra, en una prueba de 2 km. La menor altitud de Ibarra favorece una mayor densidad del aire y, por ende, una mejor eficiencia del motor, resultando velocidades más altas. Además, se realizaron pruebas de carga y descarga de la batería híbrida en ambas ciudades. Los resultados mostraron que, a mayor altitud, la eficiencia de la batería disminuye, con una mayor temperatura en Ibarra afectando la capacidad de carga y descarga.

Finalmente, el análisis de emisiones de gases reveló diferencias significativas entre las dos ciudades. En Tulcán, los niveles de hidrocarburos (HC) fueron significativamente más altos en ralentí (132 ppm) comparado con Ibarra (15 ppm). Los resultados sugieren que la combustión del combustible es más eficiente y limpia a menor altitud, debido a la mayor densidad del aire, reduciendo así las emisiones contaminantes como monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO2).

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

Tras analizar los datos recopilados, se ha confirmado que existe una relación directa entre la presión atmosférica y el rendimiento energético del vehículo híbrido. Variaciones en la presión del aire afectan significativamente la eficiencia del motor y la batería, lo que sugiere la importancia de considerar este factor en el diseño y desarrollo de vehículos más eficientes.

Se ha observado que las diferentes condiciones de presión atmosférica también influyen en las emisiones de gases contaminantes del vehículo híbrido. Estos hallazgos resaltan la relevancia de ajustar las políticas públicas relacionadas con la reducción de emisiones y la promoción de tecnologías más sostenibles en el sector automotriz.

Este estudio ha contribuido significativamente al conocimiento científico sobre la influencia de la presión atmosférica en el desempeño de los vehículos híbridos. Los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y para la toma de decisiones en el diseño de vehículos más eficientes desde el punto de vista ambiental.

6. REFERENCIAS

- Alarcón, L., & Lema, L. (2023). *Análisis del consumo energético de un Vehículo Híbrido en rutas urbanas en la ciudad de Guayaquil mediante simulación del tren de potencia*. Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25920>
- Álvarez, J. (2020). *Estudio del potencial de vehículos híbridos con arquitectura paralelo y motor térmico operado bajo el modo de combustión dual-fuel*. Universitat Politècnica de Valencia.
<https://riunet.upv.es/handle/10251/151233>
- Blázquez, F. (2021). *La empresa Tesla y el vehículo eléctrico*. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/48626>
- Chugá, R. (2019). *Factores valorizantes y homogenización del suelo rural en el cantón Tulcán*. Tulcán: Universidad Técnica del Norte.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8962>
- Colcha, A., Caiza, L., & Pineda, D. (2022). Características de los vehículos con motores híbridos: Una revisión bibliográfica. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(10), 1710-1725.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9438944>
- Mejía, G., Ordoñez, E., & Trejo, H. (2021). Tecnologías en los sistemas de propulsión híbridos: revisión de literatura. *RIDE. Revista Iberoamericana para la*
- Vargas Jarrín, D., Flores Pólit, J. y Lozano Erazo E. (2024). Análisis del desempeño del vehículo híbrido a diferentes condiciones de presión atmosférica. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(2), pp. 109-121.
<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/141>
julio - diciembre (2024) ISSN 2806-5573

Investigación y el Desarrollo Educativo, 12(23), 1-22.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74672021000200145&script=sci_arttext

Ortega, O., & Peralta, W. (2020). *Desarrollo de un sistema de diagnóstico y recuperación de baterías de alto voltaje de vehículos híbridos*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18709>

Pérez, M., Angueta, A., Guasumba, J., & Calero, D. (2022). Estimación de la vida útil de las baterías de los vehículos híbridos causas y consecuencias. *Dominio de las Ciencias*, 8(2), 770-781.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=5344610>

Quintero, G. (2022). *Vehículos híbridos y medio ambiente en Colombia*. Institucion Universitaria Pascual Bravo.
<https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/1602>

Ramos, T. (2024). *Diversidad de avifauna de las áreas verdes de la ciudad de Ibarra*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15771>

Segura, F. (2020). *El vehículo eléctrico de la cuna a la cuna*. Escuela Politécnica Superior (Linares). <https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/12131>

Wang, P., Yu, C., Akram, S., Fan, Z., & Zhao, W. (2023). Impact of air pressure variations on electrical vehicle motor insulation. *High Voltage*, 8(5), 1011-1019.
<https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/hve2.12346>