



Rendimiento de los motores de combustible líquido versus combustible gaseoso. ¿Cuál es el mejor?

Performance of liquid fuel versus gaseous fuel engines. Which is the best?

Desempenho de motores a combustível líquido versus combustível gasoso. Qual é o melhor?

Emerson Luis Tarco-Guzmán ^I

etarco@istct.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8015-109X>

Luis Enrique Villafuerte-Buñay ^{II}

lvillafuerte@istct.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8637-3083>

Alex Mauricio Tipán-Suárez ^{III}

alex.tipansuarez1985@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1825-4837>

Cristian Mauricio Beltran-Chamba ^{IV}

crislermau@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8127-3913>

Correspondencia: etarco@istct.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículos de investigación

***Recibido:** 16 de julio de 2021 ***Aceptado:** 30 de agosto de 2021 * **Publicado:** 30 de septiembre de 2021

- I. Instituto Superior Tecnológico Central Técnico.
- II. Instituto Superior Tecnológico Central Técnico
- III. Investigador Independiente.
- IV. Investigador Independiente.

Resumen

El objetivo general de esta investigación es evaluar el rendimiento de los motores de combustible líquido versus combustible gaseoso. Como objetivos específicos se plantean, buscar información sobre el motor y su funcionamiento; los tipos de combustibles y sus aplicaciones y adaptaciones en los motores existentes. Así como también, las descripciones planteadas y objetadas en el ámbito para luego compararlas y obtener objetivamente una evaluación de estos. Entre los resultados están que, de acuerdo a expertos, fabricantes, usuarios, talleres mecánicos consultados, reglamentos y normativas, el motor de combustible gaseoso es 10% de menos rendimiento que el motor de combustible líquido; otro resultado importante es el efecto en el ambiente por la no emisión de gases contaminantes del motor a gas, sin embargo, resulta en desventaja en cuanto a la recarga, ya que no existen suficientes estaciones de servicio; así como el espacio del recipiente contenedor del combustible que ocupa en la maletera del vehículo.

Palabras clave: Combustible líquido; combustible gaseoso; rendimiento; ambiente.

Abstract

The general objective of this research is to evaluate the performance of liquid fuel versus gaseous fuel engines. As specific objectives are raised, to find information about the engine and its operation; the types of fuels and their applications and adaptations in existing engines. As well as, the descriptions raised and objected in the field to later compare them and objectively obtain an evaluation of these. Among the results are that, according to experts, manufacturers, users, mechanical workshops consulted, regulations and standards, the gaseous fuel engine is 10% less efficient than the liquid fuel engine; Another important result is the effect on the environment due to the non-emission of polluting gases from the gas engine, however, it is a disadvantage in terms of recharging, since there are not enough service stations; as well as the space of the fuel container container that it occupies in the trunk of the vehicle.

Keywords: Liquid fuel; gaseous fuel; performance; environment.

Resumo

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o desempenho de motores a combustível líquido versus gasoso. Como objetivos específicos são levantados, encontrar informações sobre o motor e seu funcionamento; os tipos de combustíveis e suas aplicações e adaptações nos motores existentes.

Bem como, as descrições levantadas e contestadas em campo para posteriormente compará-las e obter objetivamente uma avaliação das mesmas. Entre os resultados estão que, segundo especialistas, fabricantes, usuários, oficinas mecânicas consultadas, regulamentos e normas, o motor a combustível gasoso é 10% menos eficiente que o motor a combustível líquido; Outro resultado importante é o efeito no meio ambiente devido à não emissão de gases poluentes do motor a gás, porém, é uma desvantagem em termos de recarga, uma vez que não há postos suficientes; bem como o espaço do reservatório de combustível que ocupa no porta-malas do veículo.

Palavras-chave: Combustível líquido; combustível gasoso; desempenho; ambiente.

Introducción

El mundo depende cada vez más del transporte de productos o traslados de personas entre continentes, países, regiones o localidades; y Latinoamérica no escapa de esa dependencia, por lo que se hace imprescindible evaluar las tecnologías existentes para realizar ese trabajo. Está demostrado que, con el transporte convencional y tradicional, como lo son los vehículos de carga o de usos particulares, según diferentes investigadores del tema (a los cuales se hará referencia más adelante), estos presentan ventajas y desventajas desde el punto de vista de su eficiencia de funcionamiento, de su influencia en el medio ambiente, de la comodidad en los usuarios, entre otros factores. Por todo esto, se ha innovado en las partes estructurales y funcionales de estos vehículos, tal es el caso de lo que se desarrollara en este estudio como lo es, los combustibles que se utilizan para producir esa movilidad, como lo son la gasolina, diesel, gas natural vehicular, otros. Ante todo, resalta la investigación de Menéndez (2019), quien muestra al gas natural comprimido (GNC) y el gas licuado de petróleo (GLP) como una solución de combustible alternativo en la indagación de una movilidad sostenible donde grandes grupos de fabricantes hacen uso de ellos. En particular el Grupo Volkswagen se especializa en el uso de GNC y en cambio el Grupo Fiat Chrysler Automóviles en GLP. Según The World LPG Association (WLPGA 2019) es decir, la (Asociación Mundial del Gas Licuado de Petróleo), las razones por las que los fabricantes inician cambios en estos combustibles son múltiples. Para empezar, se hace referencia a lo publicado en Emisiones de los distintos combustibles (2009), donde indica que estos combustibles son más limpios y amigables con el medio ambiente, lo que permite la reducción de las emisiones de CO₂, que es la causante principal del efecto invernadero, para el caso del GNC y del GLP comparado

con la gasolina. Pero las emisiones de contaminantes no son las únicas que se reducen, también las sónicas hasta en un 50 %. La reducción de estas emisiones hace que los vehículos con estos combustibles tengan el distintivo medioambiental ECO, según el Real Decreto 750/2010 emitido por el (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2010)

De todas estas relaciones estará centrada esta investigación, se trata de llevar a cabo el tipo de investigación no solo descriptivo, sino al mismo tiempo comparativo, cuál de los tipos de combustibles, tiene mayor rendimiento en la maquinaria del vehículo en cuanto al trabajo y ejecución de las actividades que debe cumplir en determinadas tareas.

El artículo estará estructurado como sigue: en el primer apartado se describirá la problemática del tema, seguido se harán definiciones claves sobre los tipos de motores de acuerdo al combustible, exponiendo los aspectos teóricos del tema y se realizará un enfoque en investigaciones publicadas sobre él mismo. Por último, se presentarán las conclusiones más relevantes que soportarán los beneficios derivados de este estudio.

Metodología

Diseño de investigación

El tipo de investigación es cualitativa, Según el enfoque o paradigma; es descriptivo y comparativo, porque se describirán los tipos de motores para luego compararlos. (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014) manifiestan que usan la recolección de datos para describir y comparar, para establecer patrones de comportamiento. El nivel de investigación es descriptivo, Según (Tamayo, 2014), en su libro Proceso de Investigación Científica, la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente”. Esta investigación está concentrada en la siguiente matriz de la tabla 1:

Tabla 1. Matriz de Consistencia

Título	Problema	Objetivo General	Variables	Fuentes
	General			
“Rendimiento de los motores	¿En los cambios	los Evaluar de rendimiento	el del RENDIMIENTO DEL MOTOR	1.Artículos 2.Tesis

de combustible líquido versus gaseoso. ¿Cuál es el mejor?"	motor combustible líquido versus gaseoso, que variable determina el rendimiento del motor?	de motor combustible líquido combustible gaseoso, diferentes de usos incentivar cambio en los usuarios.	de AMBIENTE RECARGA DEPOSITO	3.Instituciones Técnicas autorizadas 4.Normativas 5.Otras
--	--	---	------------------------------------	--

Fuente: elaboración propia

La técnica utilizada para la recopilación de datos es la recopilación de información de fuentes reconocidas, las cuales han realizado estudios, mediciones, aplicaciones en muestras representativas de vehículos de diferentes marcas, usos y tamaños; justificada de manera práctica, porque se realiza con el propósito de determinar las características del motor que lo describan de acuerdo a su tipo y uso, para luego compararlos; así como evaluar los factores y vínculos para lograr la satisfacción y fidelidad de los usuarios y que hagan sostenible en el tiempo, este tipo de vehículos.

Es de resaltar, según Soria (2017), quien establece varios criterios para la toma de decisiones en cuanto al cambio de vehículos con combustible líquido a combustible gaseoso, basada en la Evolución de la reglamentación europea con respecto al tema, como lo son, por nombrar algunos: el rendimiento del motor, su eficiencia, entre otros, pero haciendo hincapié en el factor medio ambiental y en el confort del usuario en lo referente a la recarga del vehículo cuando así lo requiera. La comodidad y la practicidad en el usuario es importante para que los fabricantes puedan ofrecer y convencer en los cambios que se plantean, sin olvidar los beneficios al ambiente.

A continuación, se muestra en la tabla 2, una descripción y comparación de vehículos con combustible líquido convencional versus combustible gaseoso, en la cual se consultaron expertos, revistas técnicas, conclusiones y recomendaciones de investigaciones reconocidas, tal como se muestran en la bibliografía y antecedentes consultados.

Tabla 2. Descripción y Comparación de vehículos con combustible líquido convencional versus combustible gaseoso.

Descripción/ Comparación	Combustible Líquido	Combustible Gaseoso
<i>Rendimiento Del Motor</i>	1 .Potencia (W) y Torque del Motor como referencia por ser el combustible convencional.	1. Variación de la Potencia (W) y Torque del Motor. 2. La pérdida de potencia está en torno al 10 %, dependiendo del combustible y el ciclo de combustión del motor. Benavides, A. (2016) 3. Se debe añadir al motor original un sistema de inyección indirecta para el combustible gaseoso.
<i>Ambiente</i>	1. Lo que emana un motor de combustión es altamente toxico y perjudicial tanto para la salud como para el impacto en el medio ambiente.	1.El GLP es un combustible limpio. 2.La ventaja más evidente, que es el objetivo principal de esta transformación es la reducción de las emisiones. (CO ₂ , NO _x , reduciendo hasta un 95% las emisiones de SO ₃ - y SO ₄ -)The European LPG Association 3. Reducción de la contaminación acústica, ya que con GNC/GLP el ruido se reduce un 50% haciéndoles atractivos para el uso urbano. DGT-Parque de vehículos 2018.
<i>Recarga</i>	Estaciones de servicio de recarga en cantidades suficientes, para surtir el combustible en tiempos adecuados.	El reducido número de estaciones de recarga hace que la implantación de este tipo de combustible sea más lenta. Puntos de repostaje de GNC (2021)
<i>Deposito</i>	Tanques laterales, no quitan espacios útiles.	Cilindros que según normativas deben ubicarse de manera segura. Quita espacio en maleteras.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Esta investigación estará centrada en evaluar, describir y comparar los rendimientos de los motores vehiculares de combustible líquido versus combustible gaseoso, para ello es necesario recurrir a las teorías existentes en torno a este tema, encontrando que Catalán (2021) en su desarrollo hizo un resumen, afirmando que:

El análisis estuvo dirigido en el impacto del motor de montacargas con la alimentación de los tipos de combustible, gasoliner y el GLP, si bien ambos tienen ventajas y desventajas, se ha demostrado que este último trae consecuencias en cuanto al mantenimiento del motor, ya que no logra lubricar con efectividad de todas las piezas del motor, en otros casos, el gas se asienta en diferentes partes. Su estudio estuvo centrado en el motor de montacargas, donde se extrajo en calidad de conclusión, que el motor alimentado con gasolina, es mucho más beneficioso que el de GLP.

Por otro lado López (2008) en su trabajo de grado denominado: Consideraciones técnicas y económicas de vehículos a Gas Natural, determina que las velocidades de los motores a gas disminuyen, aclarando que es muy útil para unidades que hacen servicio de transporte público debido a la distancia que recorren durante una jornada de trabajo que uno particular, por tal motivo se ahorra, haciendo este tipo de conversión sea favorable para ellos.

De lo anteriormente descrito y en el mismo orden de ideas, provienen varias definiciones de términos muy importantes para proceder al desarrollo de esta investigación, como lo son:

Combustibles alternativos

Según Catalán (2021), menciona que con el objetivo de mejorar la movilidad y de que evolucione hacia un futuro más ecológico, se han desarrollado dos tipos de combustibles: Gas Natural Comprimido (GNC) y el Gas Licuado de Petróleo (GLP), también denominado el Autogas. Dichos combustibles poseen cualidades que los hacen atractivos para el consumidor, como son un aumento en la autonomía y una reducción en el coste del combustible. Es por esto por lo que resulta interesante el estudio de ambos carburantes.

Gas Combustible (Fuel gas)

Se refiere a combustibles gaseosos, capaces de ser distribuidos mediante tubería, tales como gas natural, gas líquido de petróleo, gas de hulla y gas de refinería (ob.cit).

Gas Natural Comprimido

El Gas Natural Comprimido (GNC) es una forma de tratar el gas natural para que ocupe el mínimo espacio posible sin cambiarle ni el estado ni las propiedades. Dichas propiedades vienen definidas por su composición.

De acuerdo a datos suministrados por GASNAM y ASEPA (2017) citado por Menéndez (2019), indican que:

La composición del gas natural depende también de su procedencia, en la Tierra, donde hay una reserva total de 187 trillones de m³. Esta reserva está repartida por todo el mundo, el 42,8% está en Oriente Medio mientras que Europa y Asia poseen el 30,4% de las reservas. El consumo actual del gas natural es de 3,2 trillones de m³, por lo que las reservas de gas pueden asegurar 60 años. Dicho consumo proviene principalmente de Asia y del Pacífico, con el 71% (pág. 14)

Motores. Breve descripción del motor de combustión interna

De acuerdo a Menéndez (2019), quien reseña que la mayoría de maquinaria de transporte hoy en día es movida por motores de combustión interna. Actualmente la industria de construcción de motores para lanchas, autos, barcos, aeroplanos, trenes, entre otros usan, los motores de combustión y esta constituye una de las grandes industrias del mundo. Un motor de combustión interna tiene como función transformar la energía química, derivada de un proceso de combustión o quema de un combustible, en energía mecánica, la cual debe ser capaz de trasladar un armazón pesado. La ignición del combustible se origina en una cámara interna del motor, en la cual entra el combustible mezclado con aire y de la cual escapan gases de combustión.

Por lo general se encuentran 3 tipos de motores de combustión interna: motores de cuatro tiempos, motores de dos tiempos, turbinas de gas.

En los motores de dos y de cuatro tiempos están: motores de encendido por chispa, motores de encendido por compresión

Principio de funcionamiento de los motores

Cada uno de los motores tienen su propio principio de funcionamiento, así como su propia aplicación industrial, estas características fueron otorgados por los ingenieros que les dieron forma, según lo anterior los motores de encendido por chispa reciben el nombre de “motores Otto” y los motores de encendido por compresión reciben el nombre de “motores Diésel”, (Barrera, 2012)

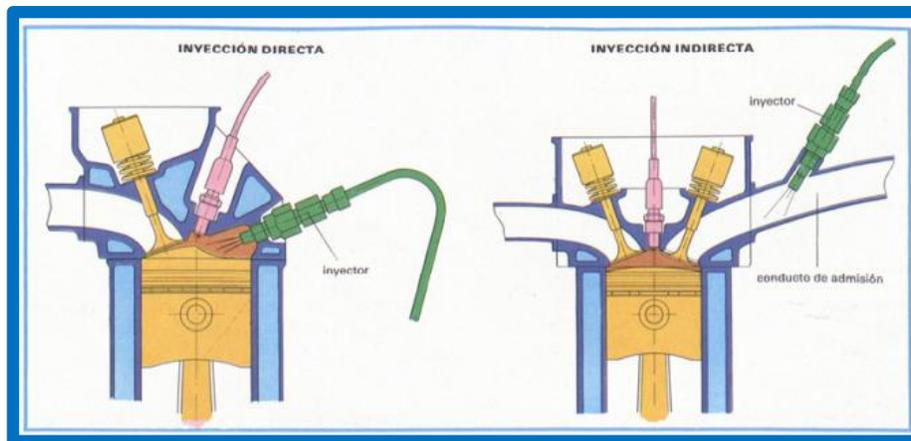
Funcionamiento del motor de un vehículo con GNC/GLP

El cambio de combustible conlleva que se produzcan cambios en la combustión y para que el motor mantenga el mismo rendimiento será necesario que se produzcan cambios en el proceso de combustión o en la mezcla. Por lo tanto, en este apartado se estudiará los diferentes cambios que se le pueden realizar al ciclo Otto, en el que se basa. Además, se concluirá que tipos de inyecciones que se pueden utilizar y cual es preferible (Menéndez, 2019)

Distintos tipos de inyección

Para el correcto funcionamiento de un motor Menéndez (2019), menciona que es necesario optimizar la forma en la que el combustible es introducido en la cámara de combustión. Por lo tanto, es necesario ver si los sistemas tradicionales de inyección, directa e indirecta, se pueden utilizar con los nuevos combustibles, GNC y GLP (Transformación Gas Licuado del Petróleo (GLP)).

Figura 1: Sistemas de Inyección Fuente: (Menéndez, 2019)



Inyección directa

Este sistema inyecta el combustible directamente a la cámara de combustión. Mediante esta solución se consigue cambiar la distribución de la mezcla aire-combustible dependiendo de si el motor está trabajando a carga plena o a carga parcial. A plena carga el combustible es inyectado durante la fase de admisión, de esta forma se consigue que la mezcla sea homogénea en la cámara de combustión. De esta forma se obtiene un resultado similar al de la inyección indirecta.

Debido a la complejidad según Payri y Desantes (2015), suponen conseguir que el rendimiento de este sistema de inyección sea el óptimo y es normal que los talleres que transforman vehículos para que usen GNC/GLP se muestren más reticentes que en el caso de la inyección indirecta.

Sistema Bi-Fuel

Menéndez, C. (2019), reseña en su investigación que:

El sistema bi-fuel es la solución más común cuando se adapta un vehículo para que use GNC/GLP. Este sistema existe la posibilidad de utilizar tanto gasolina como GNC/GLP. Por lo que cuando existe todavía combustible gaseoso en el tanque es posible que el vehículo funcione 100% con ese combustible (pág. 40).

Para funcionar como bi-fuel es necesario que el motor se base en un ciclo Otto y para el sistema de inyección lo más normal es que tenga distintos inyectores para los dos combustibles. Para la gasolina se utiliza un sistema de inyección directa, ya que es un sistema más eficiente y no sufre de sobrecalentamiento cuando usa un combustible líquido. Para el GNC/GLP lo más común es usar un sistema de inyección indirecta en el conducto de admisión, esto es debido a que de esta manera se evita el sobrecalentamiento y desgaste de los inyectores, a parte se consigue una mezcla más homogénea para una correcta combustión. Mostrado por RACE en su informe 2018, donde llegaron a esas recomendaciones del motor Bi-Fuel.

Este sistema, según Lira (2012), presenta grandes ventajas como la de una gran autonomía, ya que cuando se acabe el GNC/GLP puede funcionar con el tanque de gasolina, que se ve puede ver reducido con la transformación. Además, como se ha explicado anteriormente, se produce una reducción de emisiones considerables por el uso del combustible gaseoso y una reducción del costo en el combustible.

En la Tabla 3, se mostrarán características de ambos casos de estudio, que servirán de guía para la toma de decisiones, sin embargo, es de resaltar que hay factores que no se consideraron por lo específico del tema, tal como, procesos de fabricación

Tabla 3. Resultados de descripción y Comparación.

	Vehículo Combustible Líquido	Vehículo Combustible Gaseoso	Observación
<i>Rendimiento del motor</i>	X	10% MENOS	Esto es muy útil para unidades que hacen servicio de

			transporte público debido a la distancia que recorren durante una jornada de trabajo que uno particular, por tal motivo el ahorro es representativo haciendo este tipo de conversión.
<i>Ambiente</i>		X	La disminución de emisiones es altamente positiva
<i>Recarga</i>	X		A medida que se incrementen la cantidad de vehículos a gas, el servicio de recarga será más eficiente.
<i>Deposito</i>	X		Se sacrifica espacio en la maletera.
<i>Seguridad</i>	X	X	Ambos sistemas de combustibles son regidos por estrictas normas de seguridad. Según (López J. , 2001)

Fuente: Elaboración Propia

La tabla anterior muestra como resultados que:

- El motor con combustible líquido presenta mayor rendimiento que el motor con combustible gaseoso, expresado por expertos que así lo han verificado a través de mediciones como en carretera. Sin embargo, es de hacer notar que este rendimiento depende del trabajo al que es sometido el vehículo, tal como de carga, de transporte pesado, de transporte liviano, de las distancias de recorridos, de turismo o paseo, entre otras.
- En cuanto al beneficio ambiental, resalta el vehículo con combustible gaseoso, demostrado por organizaciones reconocidas a nivel mundial, tal es el caso del Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de los vehículos de motor, Reglamento nº 115 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa: Sistemas de adaptación específicos para GLP y GNC., (Sánchez L., Reyes O. (2016).
- En el aspecto de la recarga, es un tema a considerar, ya que la deficiencia en el combustible gaseoso se debe a que el ser humano se caracteriza por ser reactivo a los cambios de paradigmas, tanto en el

usuario de este tipo de vehículos como para los prestadores de servicios en la recarga del combustible.

- En la alternativa de depósito, pareciera en estos momentos que no hay más alternativas en su almacenamiento y ubicación en el vehículo, sin embargo, es bien sabido que en el mundo de la tecnología hay estudiosos investigadores, que en cualquier instante de tiempo, mostraran innovadoras y satisfactorias opciones.
- Por el lado de la seguridad, ambas opciones deben garantizarlas, ya que el riesgo implícito en el uso y manejo de combustibles que bajo ciertas condiciones son altamente inflamables así lo requieren, por tanto la reglamentación y normativas a los fabricantes son estrictas y exigentes.

Referencias

1. Barrera, M. (2012). Estudio del sistema GLP como combustible alternativo de uso en vehículos automotrices. Cuenca, Ecuador: Trabajo especial de grado de la Universidad del Azuay para optar al título de Ingeniero Mecánico Automotriz.
2. Catalán, G. (2021). Estudio y análisis comparativo de un sistema de gasolina empleando GLP para optimizar la combustión interna de un motor OTTO en un montacarga, Arequipa, Perú. Arequipa, Perú: Trabajo de grado de la Universidad Autónoma San Francisco para optar al título de Ingeniería Mecánica.
3. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Mc Graw Hill: México.
4. Lira, J. (2012). Un método para el diseño óptimo del sistema de alimentación de GNV de motores automotrices de encendido por chispa.
5. López, J. (2001). Manual de Instalaciones de Gas Licuado de Petróleo. Perú .
6. López, S. (2008). Consideraciones técnicas y económicas de vehículos a gas natural. Lima, Perú: Trabajo de grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú para optar a título de Ingeniero Mecánico.
7. Menéndez, C. (2019). Proyecto de conversión a GNC/GLP de un vehículo con MCI de combustible líquido como alternativa a la hibridación eléctrica. Trabajo especial de grado de la Universidad Pontificia Comillas para optar al grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales.

8. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2010). Real Decreto 750/2010. España: Boletín Oficial del estado.
9. Payri, F., & Desantes, M. (2015). Motores de combustión interna alternativos. Editorial Reverté: Barcelona.
10. Soria, M. (2017). Evolución de la reglamentación europea sobre emisiones y homologación de los vehículos. Sernauto.
11. Tamayo, M. (2014). El proceso de la investigación científica . México D.F: Limusa.
12. The World LPG Association WLPGA. (05 de Abril de 2019). El sector del gas licuado se erige como "una alternativa real y presente" para la transición energética. Recuperado el 26 de Septiembre de 2021, de <https://www.wlpga.org/news/el-sector-del-gas-licuado-se-erige-como-una-alternativa-real-y-presente-para-la-transicion-energetica/>