

The impact of electronic direct injection on fuel economy.

El impacto de la inyección electrónica directa en la economía del combustible..

Autores:

Ing. Rodríguez-Quishpe, Catherine Alexandra
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
Ingeniera Automotriz, Docente de la Universidad Politécnica Salesiana
Quito – Ecuador



catherine.rodriguez@ups.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0001-2235-5975>

Ing. Cevallos-Carvajal, Alex Santiago
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-SEDE LATACUNGA
Ingeniero Automotriz, Docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-sede
Latacunga
Quito – Ecuador



ascevallos2@espe.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0004-8551-3661>

Ing. Crespo-Ruiz, Christian Andrey
INVESTIGADOR INDEPENDIENTE
Ingeniero Electrónico Mención Telecomunicaciones
Quito – Ecuador



christian.crespo.ruiz@udla.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0007-3077-6204>

Ing. Granizo-Cárdenas, Kevin Alejandro
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
Ingeniero Automotriz, Msc en Ingeniería Industrial Docente de la Universidad Politécnica
Salesiana
Quito – Ecuador



kgranizo@ups.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0001-7319-7017>

Fechas de recepción: 30-JUN-2024 aceptación: 06-AGO-2024 publicación:15-SEP-2024



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>

Resumen

La industria automotriz es una de las más dinámicas del mundo, los autos son un elemento vital para el transporte en muchos sectores de la sociedad, desde el transporte individual hasta el transporte de diferentes productos y materiales, este tipo de vehículos por lo general usan combustibles fósiles, los cuales han generado una serie de problemas de tipo ambiental en todo el planeta, aunado al alto costo de este tipo de combustible que se ha tornado más y más alto al pasar del tiempo. Esta investigación tiene como objetivo conocer el impacto de la inyección electrónica directa en la economía del combustible, utilizando una metodología de tipo bibliográfica, en donde se revisaron una serie de fuentes secundarias que se encontraban en revistas indexadas y publicaciones académicas en su mayoría, utilizando como motor de búsqueda principal Google Académico. Como principal hallazgo se puede mencionar que la inyección electrónica directa presenta la ventaja de que cede al motor la cantidad de combustible justa y suficiente para su funcionamiento, garantizando mayor eficiencia en su funcionamiento, proporcionando potencia y ahorro en el combustible.

Palabras Clave: Inyección directa; combustible; economía

Abstract

The automotive industry is one of the most dynamic in the world, cars are a vital element for transportation in many sectors of society, from individual transportation to the transportation of different products and materials, these types of vehicles generally use fuels fossils, which have generated a series of environmental problems throughout the planet, coupled with the high cost of this type of fuel that has become higher and higher as time has passed. This research aims to know the impact of direct electronic injection on fuel economy, using a bibliographic methodology, where a series of secondary sources that were mostly found in indexed journals and academic publications were reviewed, using as main search engine Google Scholar. As the main finding, it can be mentioned that direct electronic injection has the advantage that it gives the engine the right and sufficient amount of fuel for its operation, guaranteeing greater efficiency in its operation, providing power and fuel savings.

Keywords: Direct injection; fuel; economy

Introducción

Los diseñadores de autos a nivel mundial han trabajado en la automatización y actualización de los sistemas que componen los automóviles, generalmente por motivo de economía de los componentes, también para lograr optimizar los procesos que lo componen, así como garantizar la sustentabilidad de los autos en el tiempo. Esto ha llevado a que en ese transitar se hayan logrado cambios significativos en ciertos sistemas, como por ejemplo los cambios en el sistema de carburación por el sistema de inyección directa.

La búsqueda de mejora energética y disminución de emanación de contaminantes ha impulsado el desarrollo de tecnologías innovadoras. Entre ellas, la inyección electrónica directa (IED) se ha posicionado como una alternativa prometedora para mejorar el consumo de combustible y optimizar el rendimiento de los motores de combustión interna (Guasumba-Maila et al., 2021).

La IED se diferencia de los sistemas tradicionales de inyección de combustible por introducir la gasolina de forma directa a la cámara de combustión, en lugar de hacerlo en el colector de admisión. Este cambio permite una mejor precisión en la administración y distribución del combustible, lo que se traduce en una combustión más eficiente y completa.

Los beneficios de la IED no se limitan a la eficiencia energética. Esta tecnología también contribuye a la disminución de emisiones contaminantes, como óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (PM), debido a una combustión más controlada y una menor formación de hollín. Lo que se traduce en menos elementos contaminantes que se emiten a la atmósfera, una situación que se ha tornado bastante problemática considerando el hecho de que el cambio climático se le atribuye precisamente a la emisión exagerada de elementos contaminantes como los gases emitidos resultado de la combustión que se realizan en los vehículos.

Por otro lado, uno de los elementos que se toman en cuenta para la modificación de algún elemento o sistema que conforma un vehículo tiene relación directa con la economía, por lo cual, y en vista del alza que ha experimentado a lo largo de las décadas estos combustibles, se hace necesario optimizar de alguna manera, los diferentes componentes del sistema de inyección de gasolina para un vehículo.

Resultando importante reconocer que se debía rediseñar un elemento clave para la sustentabilidad y economía del usuario, tal como lo es el sistema de suministro de gasolina por inyección directa.

En este sentido, este artículo científico, se explorará el impacto de la IED en la economía del combustible, analizando los mecanismos por los cuales esta tecnología optimiza el consumo de energía y reduce las emisiones contaminantes. Se presentarán estudios y análisis que demuestran las ventajas de la IED en términos de eficiencia y rendimiento, destacando su contribución a un futuro más sostenible en el sector automotriz.

Material y métodos

A nivel metodológico, se realizó una investigación exhaustiva de tipo bibliográfica, en donde se revisaron repositorios de acceso abierto como ResearchGate y Academia.edu para identificar artículos relevantes sobre el tema de estudio. Por otro lado, usando Google Académico como principal motor de búsqueda, en donde se consultaron bases de datos especializadas en ciencia e ingeniería empleando palabras clave relevantes como "inyección electrónica directa", "economía del combustible", "eficiencia energética", "emisiones contaminantes" y "motores de combustión interna".

Para la selección de las fuentes bibliográficas más relevantes y confiables, se consideraron los criterios como validez y confiabilidad de la fuente en donde se priorizaron fuentes de información publicadas en revistas científicas de alto impacto, repositorios de acceso abierto confiables y sitios web de organizaciones renombradas así como la actualidad de la información, lo que dio preferencia a estudios y artículos recientes que reflejen los últimos avances en la tecnología de IED y su impacto en la economía del combustible.

Resultados y discusión

Los motores a gasolina de los vehículos aún permanecen a pesar del paso de los años, aún conserva la mecánica básica desde el principio de su elaboración, con ciertos nuevos elementos en su conformación, como las computadoras, sensores y elementos electrónicos que realizan de manera más eficiente cada una de las labores que le asignan.

Una de las consideraciones del diseño de un vehículo, está referida a la economía que sus componentes le aporten al diseño, y por ende que impacte en el bolsillo de los consumidores, esto lo hace atractivo y sostenible para cada usuario. Es así como cada vehículo que se diseña debe contar con ciertas condiciones, entre ella hacerlo económico.

Para Simbaña et al. (2022) el carburador fue utilizado anteriormente para que ejecutara la mezcla aire-gasolina; es considerado un sistema completamente mecánico, por medio del cual, que gracias a los diversos avances de la tecnología y el agigantado paso de la electrónica, dicho método se cambió por el uso de la inyección de combustible en colector de admisión

En cuanto al diseño y funcionamiento de un vehículo, Andara (2019) menciona que un motor eficiente va a depender del ciclo termodinámico escogido, considerando la relación de compresión, así como las pérdidas de calor, de fricción y los procesos de admisión y de escape de gases, de igual manera se debe considerar los accesorios necesarios para que el vehículo funcione, como por ejemplo "el ventilador de refrigeración, alternador, compresor de aire

acondicionado y las bombas de inyección (en el caso del diésel), refrigeración y aceite, entre otros accesorios” (Andara , 2019)

Por otro lado, Hernández et al. (2022) mencionan que, los automóviles a combustión interna utilizan la energía térmica que proviene del uso de combustibles fósiles, la cual se libera por medio de las explosiones que ocurren en los cilindros del motor que a su vez se convierte en energía cinética y se dirige a las ruedas para que el vehículo avance gracias a un sistema de transmisión mecánica; esto se debe a un proceso donde la energía se transforma y, “se producen muchas perdidas en forma de calor lo que reduce la eficiencia del sistema de transformación hasta un 30%, generando además emisiones de CO2 durante la conducción debido al proceso de combustión” (pág. 63)

De igual manera, los mismos autores mencionan ciertas características de estos vehículos en la siguiente tabla

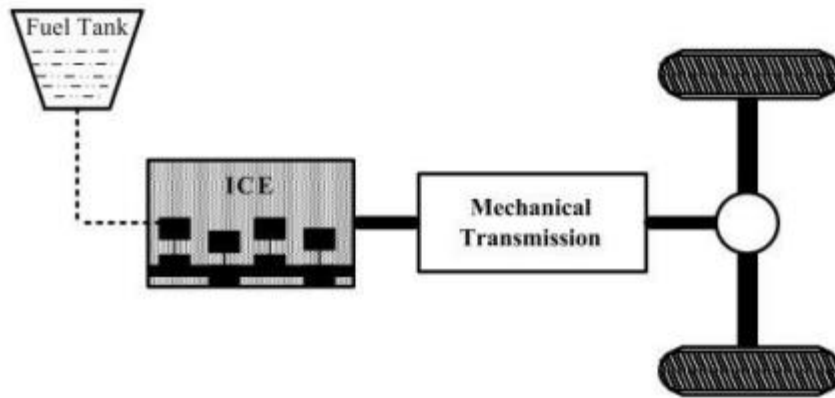
Tabla 1
Aspectos característicos de un vehículo de motor de combustión interna (VMCI)

Tipo de Vehículo	Sistema de Propulsión	Almacenamiento de Energía	Infraestructura de la Fuente de Energía	Ventajas	Desventajas	Problemáticas Importantes
VMCI	Basada en MCI	Tanque de combustible	Derivados de petróleo con estaciones de servicio	Tecnología madura Altamente comercial Buen rendimiento Operación simple Fiable Durable	Menos eficiente Baja economía de combustible Emisiones nocivas Comparativamente voluminoso	Economía de combustible Emisiones nocivas Altamente dependiente de derivados de petróleo

Fuente: (Hernández et al., 2022).

También es conveniente conocer un esquema de la arquitectura del vehículo a combustión interna.

Figura 1
Arquitectura de Vehículo a Combustión Interna.



Fuente: (Hernández et al., 2022).

Ahora bien, los vehículos han funcionado con gasolina desde que existen, lo que ha generado una dependencia muy alta de los combustibles fósiles para el sector automotriz en el mundo, esto ha conllevado a afectar al ambiente, generado problemas en la economía, y ha contribuido al cambio climático y a la sobre explotación de recursos naturales no renovables, por lo cual se han planteado escenarios para ahorrar en el uso de este tipo de combustible. A pesar de todo esto, para los años 2012 hasta el 2040, la gasolina y el diésel tienden a disminuir la demanda (Fernández, 2020)

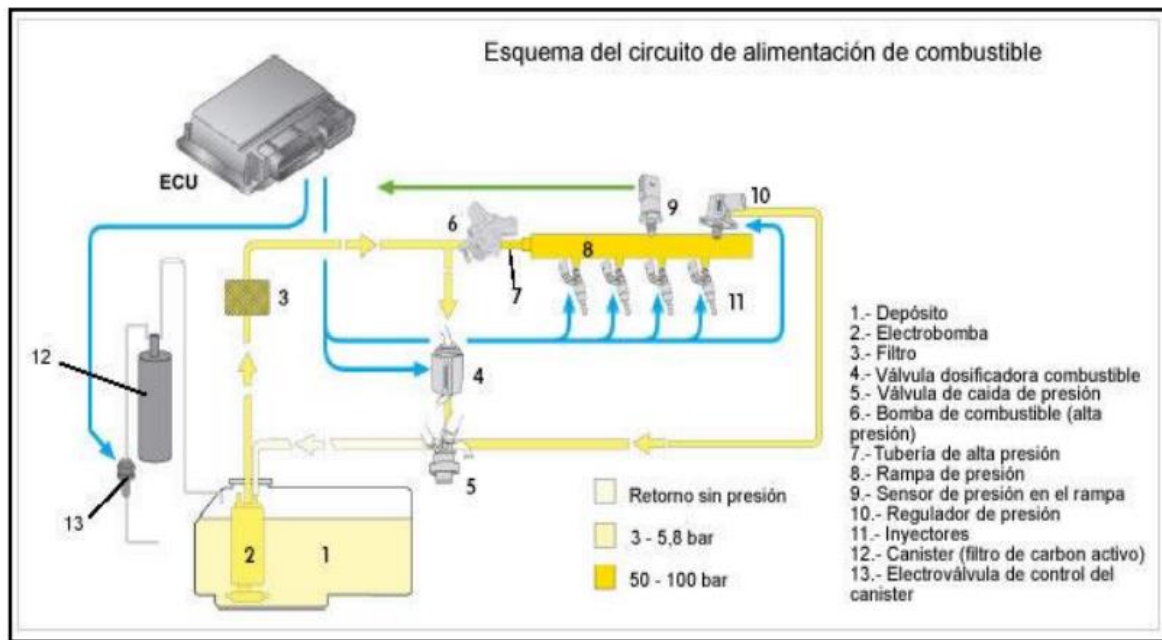
Sandovalin et al. (2022) mencionan que, uno de los retos que se planteó la industria automotriz para que los vehículos consumieran la medida justa de gasolina, fue la inclusión del sistema de inyección electrónica, el cual se describe de la siguiente manera:

“El combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión desde un riel de combustible central de alta presión mediante inyectores controlados electrónicamente, y la inyección directa enfría el interior del cilindro mediante la evaporación del combustible, lo que reduce las detonaciones a plena carga; aproximadamente una unidad; también reduce el consumo específico de combustible”

Conviene conocer cuáles son los aspectos fundamentales del sistema de inyección electrónica en un vehículo, a continuación se visualiza en la imagen.

Figura 2

Esquema del circuito de alimentación de combustible



Fuente: (Fiallos, 2020)

Con base en esto: “uno de los parámetros fundamentales que caracterizan las condiciones de funcionamiento del sistema de inyección y del motor, y especialmente el proceso de composición de una mezcla, es el combustible del aire es la relación” Guasumba et al. (2021, pág. 605), por lo que la emisión de residuos tóxicos está relacionada con esta mezcla.

Por lo que Sandoval et al. (2022) expresa que las demandas de bajas emisiones y menor consumo de combustible impulsan el diseño moderno de sistemas de inyección de gasolina, que utilizan inyectores electrónicos por cilindro. Las medidas para reducir emisiones se basan en estándares requeridos y en la clase de peso del vehículo en pruebas de smog.

Los sistemas de inyección electrónica de combustible son clasificados por Aguilar et al. (2022) por el número de los inyectores, la ubicación de estos, la sincronización y el sistema de control y accionamiento que utilicen.

Los sistemas de inyección de combustible se diseñaron con el fin de entregar al sistema la medida precisa de gasolina en un momento determinado, siguiendo una serie de requerimientos y aspectos característicos de cada vehículo y del conductor, para poder ejecutar su mayor torque o potencia de acuerdo a la carga que posea el automóvil, garantizando así un consumo eficiente e idóneo de combustible, lo que garantizaría un ahorro en el uso del combustible (Fiallos, 2020).

Por otro lado, es importante mencionar que si bien es cierto que el sistema de inyección mejora la potencia del motor y reduce la huella ambiental; también es importante resaltar que este

sistema se encarga específicamente de enviar la cantidad exacta de combustible a cada cilindro del motor para un mejor funcionamiento (Pineda et al., 2022).

En este sentido, Trujillo et al. (2020) menciona que fundamental considerar que el software que controla los sistemas electrónicos de un vehículo es: algoritmos diseñados específicamente para poder leer y controlar diferentes sistemas implementados en el vehículo, los cuales pasan por diferentes capas superiores de lógica encargados de coordinarlos hasta cierto punto, como por ejemplo los sistemas de inyección electrónica.

Por tanto, la unidad de control electrónico se encarga de coordinar las estructuras de control utilizadas en los sistemas de bucle abierto y cerrado que contribuyen a la variación de acuerdo al funcionamiento del motor (Trujillo et al., 2020).

Según Paspuel (2021) este software es gestionado por un computador conocido como ECU (Unidad de control electrónico); el cual es quien recibe la señal eléctrica que emiten los sensores, para posteriormente compararlas con los parámetros preestablecidos por el fabricante, y sea capaz de determinar cuales son las posibles correcciones a ejecutar sobre los inyectores y así alcanzar un mejor desempeño del motor

Por lo cual, es imprescindible que este tipo de control sea llevado a cabo por una serie de componentes cuya pieza fundamental del proceso es la ECU, ya que dentro del proceso de combustión interna es el proceso central y el mas fundamental dentro del proceso de emisión, transmisión y entrada de contaminantes (Tulcanaz y Rodríguez, 2022).

Mora et al. (2022) describen algunas ventajas de la inyección de combustible en los vehículos; entre estos se mencionan:

“El suministro de combustible a cada cilindro puede ser determinado con precisión de forma que reciban misma cantidad de combustible; por otro lado, el suministro de combustible se realiza por medio de una bomba sumergida en el depósito de combustible, encargándose de enviar el combustible hacia los inyectores, válvulas mecánicas o solenoides electrónicos logran mantener la presión constante en el riel donde están ubicados los inyectores, a su vez, el riel permite retornar al depósito de combustible el excedente de combustible; y por ultimo, la parte electrónica, la computadora (ECU, ECM, PCM, UCE) dosifica la entrada de combustible, por lo tanto, el tiempo durante el cual deben permanecer abiertos los inyectores. Esta cantidad de combustible depende de varios factores como la temperatura del motor, velocidad del motor, carga y posición de la válvula mariposa, todos estos cambios son captados por sensores que envían la información a la computadora” (Mora et al., 2022)

Vinlasaca et al. (2024) manifiestan que la inyección directa de combustible realiza este proceso directamente en la cámara de combustión, lo que permite una combustión mas precisa y eficiente, lo cual trae como beneficios los siguientes puntos:

- Reducción de emisiones de gases contaminantes: La inyección electrónica directa optimiza la combustión, generando una menor formación de hollín, óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (PM).
- Mejora en el consumo de combustible: La combustión más eficiente permite un mejor aprovechamiento del combustible, reduciendo el consumo y las emisiones de CO₂.
- Aumento de la potencia y el torque: La inyección electrónica directa permite una combustión más rápida y completa, lo que se traduce en un mayor rendimiento del motor.
- Menor ruido y vibración: La combustión más precisa genera menos ruido y vibración, mejorando la experiencia de conducción.

Conclusiones

La inyección electrónica directa (IED) ha demostrado ser una tecnología innovadora con un impacto significativo en la economía del combustible, impulsando la eficiencia energética y la reducción de emisiones contaminantes en el sector automotriz.

Los estudios y análisis presentados en este artículo científico avalan las ventajas de la IED en términos de:

- **Reducción del consumo de combustible:** La IED permite una combustión más eficiente y mucho más completa; lo que se traduce en un menor consumo de combustible, con ahorros que pueden llegar hasta un 20% en comparación con sistemas tradicionales.
- **Disminución de emisiones contaminantes:** esto se logra por medio de la combustión controlada y la menor formación de hollín; las cuales se derivan de la IED y contribuyen a la reducción de emisiones nocivas como NOx y PM, mitigando el impacto ambiental del transporte automotor.
- **Mejora del rendimiento del motor:** La IED optimiza la entrega de potencia y torque, lo que se traduce en un mejor rendimiento del motor y una experiencia de conducción más satisfactoria.

Por lo cual, la IED se posiciona como una tecnología clave para avanzar hacia un futuro más sostenible en el sector automotriz. Su implementación generalizada en los vehículos modernos

permitirá reducir el consumo de energía, disminuir las emisiones contaminantes y contribuir a la protección del medio ambiente.

De igual manera es relevante realzar que, si bien la IED ha demostrado su potencial, aún queda camino por recorrer en términos de investigación y desarrollo para optimizar aún más su eficiencia y ampliar su aplicación en diferentes tipos de motores y vehículos. La búsqueda de nuevas aleaciones, diseños y estrategias de control continuará impulsando el avance de esta tecnología, consolidándola como un elemento fundamental en la evolución del sector automotriz.

En este sentido, la colaboración entre la industria automotriz, las instituciones académicas y los organismos gubernamentales será crucial para acelerar el desarrollo de la IED y maximizar su impacto en la eficiencia energética y la sostenibilidad del transporte.

Referencias bibliográficas

- Andara , R. (15 de noviembre de 2019). Usabilidad, impactos ambientales y costos de los vehículos de combustión interna y eléctricos. TRIM. Tordesillas, revista de investigación multidisciplinar(17), 111-125. doi:<https://doi.org/10.24197/trim.17.2019.111-125>
- Hernández-Ambato, J., Fernández, R., Mora, A., & Alvarado , J. (5 de julio de 2022). Evaluación de la huella de carbono de vehículos con motor eléctrico y de combustión interna según la matriz energética de Ecuador: Caso de estudio KIA Soul vs KIA Soul EV. Novasinergia, 5(2), 58-75. doi:<https://doi.org/10.37135/ns.01.10.04>
- Guasumba-Maila, J. E., Oramas-Proañó, D. V., Galeano-Vergara, H. F., & Vergara-Hidalgo, E. V. (15 de agosto de 2021). El control y la gestión de la inyección electrónica de combustible para los motores de encendido provocado. Dominio de las Ciencias, 7(4), 1869-1887. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2206>
- Guasumba-Maila, J. E., Garay-Cisneros , V. A., Solís-Santamaria, J. M., & Jima-Matailo, J. C. (9 de enero de 2021). Análisis del sistema de inyección electrónica de combustible para motor de combustión interna respecto a sus fallas y mantenimiento. Polo del Conocimiento, 6(1), 603-621. doi:[10.23857/pc.v6i1.2167](https://doi.org/10.23857/pc.v6i1.2167)

- Sandovalin-Malitaxi, J. D., Correa-Sacan, E. D., Guasumba-Maila, J. E., & Calero-Torres, D. A. (1 de abril de 2022). Los sistemas de Inyección Electrónicos y el Control de Gases. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 344-361. doi:10.23857/pc.v7i4.3828
- Aguilar-Jaramillo, C. D., Gallo-Quispe, E. M., Calero-Torres, D. A., & Guerra Naranjo, J. I. (7 de abril de 2022). Análisis del funcionamiento en los sensores de inyección electrónica para controlar el consumo de combustible. *Dominio de las Ciencias*, 7(2), 751-769. doi:http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2673
- Pineda-Silva, G. V., Dillon-Granizo, J. L., Moreta-Chicaiza, D. U., & Jiménez-Montalván, J. L. (1 de octubre de 2022). Funcionamiento y simulación del sistema de inyección de combustible en el vehículo Nissan Sentra. *CIENCIAMATRIA Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, 8(4). doi:10.35381/cm.v8i4.1001
- Trujillo-Tello, J., Padilla-Padilla, C., Buenaño-Moyano, L., & Cuaical-Angulo, B. (Septiembre de 2020). Evolución y Tendencia de los Sistemas de Control de Motores de Combustión Interna Alternativos, una Revisión Bibliográfica. *Revista INGENIO*, 3(2). doi:doi.org/10.29166/ingenio.v3i2.2718
- Vinlasaca-Viera, L. P., Paucar-Gualotuña, A. G., Jácome-Sánchez, D. R., & Jácome-Sánchez, D. A. (2024). El papel de la inyección electrónica directa en la reducción de las emisiones de gases contaminantes. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 8(3), 613-626. doi:https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024
- Simbaña-Arias, E. J., Coronel-Valencia, C. A., Guasumba-Maila, J. A., & Calero-Torres, D. A. (1 de abril de 2022). Carburadores vs inyectores, semejanzas y diferencias entre estos elementos del sistema de combustión. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 363-375. doi:10.23857/pc.v7i4.3829
- Tulcanaz-Vinueza, K. A., & Rodríguez-Fiallos, J. L. (1 de octubre de 2022). Análisis de los sistemas modernos de inyección a gasolina. *Polo del Conocimiento*, 7(2), 123-137. doi:10.23857/pc.v7i8
- Fernández, Y. A. (2020). Análisis de consumo de combustible de vehículos de carga al aplicar técnicas de conducción eficiente. Bogotá: Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero Electromecánico de la Universidad Antonio Nariño. Recuperado el 13 de julio de 2024, de <https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/f32bacea-2311-4c6e-b276-8bb9f39ece1f/content>
- Fiallos, C. A. (2020). Diseño de un Simulador de Fallas para el Sistema de Inyección Electrónica del Vehículo Ford Edge. Guayaquil: Proyecto de Titulación para a la

Obtención del Título de Ingeniero Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador. Recuperado el 13 de julio de 2024, de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4269/1/T-UIDE-0053.pdf>

Paspuel, E. R. (2021). Conversión de un Motor Chevrolet 4ZE-1 de Carburador a Inyección Electronica para Mitigación de Emisiones. Ibarra: Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte. Recuperado el 14 de julio de 2024, de <https://repositorio.utn.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11644/2/04%20MAUT%20152%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Mora, C. H., Altamirano, D. S., Guasumba, J. E., & Cabascango, C. P. (1 de abril de 2022). Características de los sistemas de inyección. Una revisión bibliográfica. Polo del Conocimiento, 7(4), 392-403. doi:10.23857/pc.v7i4.3831

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.