



Carburadores vs inyectores, semejanzas y diferencias entre estos elementos del sistema de combustión

Carburetors vs injectors, similarities and differences between these elements of the combustion system

Carburadores vs injetores, semelhanças e diferenças entre esses elementos do sistema de combustão

Erick Joel Simbaña-Arias ^I

erick-9910@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0077-6418>

Cristian Armando Coronel-Valencia ^{II}

cristian24coronel@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6880-3104>

Jairo Edison Guasumba-Maila ^{III}

jguasumba@istte.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0533-0397>

Diego Andres Calero-Torres ^{IV}

acalero@istte.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4754-4251>

Correspondencia: erick-9910@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Revisión

***Recibido:** 26 de febrero de 2022 ***Aceptado:** 22 de marzo de 2022 * **Publicado:** 01 abril de 2022

- I. Participante Investigador, Estudiante Tecnología Superior en Mecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Quito, Ecuador.
- II. Participante Investigador, Estudiante Tecnología Superior en Mecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Quito, Ecuador.
- III. Magister en Diseño Mecánico, Docente Investigador, Coordinador de Carrera de Mecánica y Electromecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico, Quito, Ecuador.
- IV. Diplomado en Autotronica Automotriz. Docente investigador, Profesor Investigador de la Carrera de Tecnología en Electromecánica Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Quito, Ecuador.

Resumen

El objetivo de esta investigación se basa en estudiar los carburadores vs inyectores, sus semejanzas y diferencias en el sistema de combustión. La metodología utilizada se basó en la investigación documental, por medio de la investigación bibliográfica. Los sistemas de combustión tienen la tarea de circulación del combustible, y que este pueda llegar a la cámara de combustión, para que allí se junte con el aire y pueda generar la chispa en la bujía, para luego realizar el proceso de combustión y generar el movimiento. Existen diversos sistemas usados, sin embargo en esta investigación se hará mención al carburador y a los inyectores. Siendo el carburador uno de los sistemas más antiguos y que al pasar del tiempo, con el avance de las tecnologías, ha dado origen a nuevos sistemas como es el de los inyectores, sin embargo, ambos sistemas se pueden encontrar en la vida diaria. Una de las razones primordiales por la que se han buscado otras alternativas para los sistemas de combustión es para reducir el consumo de combustible, la reducción de gases contaminantes y proporcionar mayor potencia a los motores.

Palabras claves: sistema de combustión; carburador; inyectores; diferencias; semejanzas

Abstract

El objetivo de esta investigación se basa en estudiar los carburadores vs inyectores, sus semejanzas y diferencias en el sistema de combustión. La metodología utilizada se basó en la investigación documental, por medio de la investigación bibliográfica. Los sistemas de combustión tienen la tarea de circulación del combustible, y que este pueda llegar a la cámara de combustión, para que allí se junte con el aire y pueda generar la chispa en la bujía, para luego realizar el proceso de combustión y generar el movimiento. Existen diversos sistemas usados, sin embargo en esta investigación se hará mención al carburador y a los inyectores. Siendo el carburador uno de los sistemas más antiguos y que al pasar del tiempo, con el avance de las tecnologías, ha dado origen a nuevos sistemas como es el de los inyectores, sin embargo, ambos sistemas se pueden encontrar en la vida diaria. Una de las razones primordiales por la que se han buscado otras alternativas para los sistemas de combustión es para reducir el consumo de combustible, la reducción de gases contaminantes y proporcionar mayor potencia a los motores.

Keywords: combustion system; carburetor; injectors; differences; similarities

Resumo

O objetivo desta pesquisa baseia-se em estudar os carburadores vs. injetores, suas semelhanças e diferenças no sistema de combustão. A metodologia utilizada baseou-se na pesquisa documental, por meio de pesquisa bibliográfica. Os sistemas de combustão têm a função de fazer circular o combustível, e que este possa chegar à câmara de combustão, para que ali se junte ao ar e possa gerar a faísca na vela de ignição, para então realizar o processo de combustão e gerar o movimento. Existem vários sistemas utilizados, no entanto nesta investigação será feita menção ao carburador e aos injetores. Sendo o carburador um dos sistemas mais antigos e que ao longo do tempo, com o avanço das tecnologias, deu origem a novos sistemas como os injetores, porém, ambos os sistemas podem ser encontrados no dia a dia. Uma das principais razões pelas quais outras alternativas têm sido buscadas para os sistemas de combustão é reduzir o consumo de combustível, reduzir os gases poluentes e proporcionar maior potência aos motores.

Palavras-chave: sistema de combustão; carburador; injetores; diferenças; semelhanças

Introducción

Hoy en día, el mundo trata de disminuir el alto nivel de contaminación, el cual aumenta a pasos acrecentados y produce un alto nivel de contaminantes en la atmosfera, los cuales no solo generan problemas ambientales, sino daños considerables a la salud.

En este sentido, Soca (2021), señala que la emisión de gases de escape de los procesos de combustión, es el proceso central y más importante dentro de la cadena de emisión, transmisión y entrada de contaminantes. Asimismo destaca que las emisiones antropogénicas (producidas o influenciadas por los humanos), como lo son: la generación de energía, el tráfico (transporte), la industria, los hogares, la agricultura, entre otros, son uno de los mayores generadores de contaminación en la actualidad.

Dado a que uno de los factores que más contaminan el ambiente se produce a través de los gases emanados de los vehículos, los cuales utilizan sistemas de combustión como lo son los carburadores y los inyectores, se describirá a lo largo del desarrollo toda la información destacada de cada uno de ellos.

La tecnología abre paso a nuevos sistemas de combustión, los cuales suelen ser más precisos, generando un mejor aprovechamiento de los recursos de cualquier motor, reduce el consumo de combustible, el aumento del torque y da mayor potencia al motor.

Ahora bien, es importante señalar un término de interés para el desarrollo de la investigación como lo es el concepto de combustión.

Según Martínez (2018), la combustión es un proceso, mediante el cual se muestra un conjunto de reacciones químicas de oxidación con desprendimiento de calor, es decir, exotérmica, la cual está presente entre dos elementos, el combustible (en cualquiera de sus estados: sólido, líquido, gas) y el comburente. Este proceso se diferencia de otros procesos de oxidación lenta por ser más rápida y con existencia de llama.

Este proceso de combustión, es el que se lleva a cabo a través de estos dos elementos del sistema de combustión.

Para Correa y Velázquez (2021), el proceso de combustión se clasifica en:

- Formación de la mezcla: En esta fase el combustible líquido es pulverizado por el inyector y deberá mezclarse con el aire comprimido que se encuentra en la cámara de combustión. En este periodo hay un tiempo corto y aun no se ha empezado a quemar el combustible.
- Encendido: Se da la oxidación del combustible y el encendido ubicado del mismo. Este proceso se inició cuando la primera molécula de combustible inicia la combustión.
- Combustión general: Aumenta la temperatura de la cámara con la cual se produce una completa oxidación de todo combustible. La que de este combustible se llevara un tiempo, ya que este no se quema instantáneamente.

Con base a esto los autores Oñate y Frías (2019), mencionan al respecto, que la carburación como ciencia, nace en 1795, por Robert Street, quien consiguió evaporar la trementina y el aceite de alquitrán en un motor que funcionaba sin compresión (atmosférico). Para el año 1824 Samuel Morey, inventor estadounidense y el abogado de patentes Erskine Hazard, crearon el primer carburador con un sistema de precalentamiento que facilitaba la evaporación.

El carburador fue el método más utilizado para preparar la mezcla aire-gasolina, siendo un sistema totalmente mecánico, el cual con los distintos avances tecnológicos y el progreso de la electrónica, este sistema cambio hacia el uso de la inyección de gasolina en el colector de admisión.

De esta manera, para Egas y Pino (2020), el carburador, es un dispositivo mecánico, el cual tienen como función adecuar la mezcla de gasolina y aire de un motor, hoy en día no es muy usado debido

a que no es un sistema muy exacto al momento de inyectar el combustible, por lo cual genera un alto grado de contaminación ambiental. En el carburador, la gasolina se une con el aire pasando al conducto de admisión, producto a la depresión causada por la aspiración de aire, ya que necesita una bomba de combustible la cual se acciona mecánicamente por el motor y de esta forma trasladar la gasolina que está ubicada en el depósito del carburador.

Según García (2021) el carburador es un aparato mecánico encargado de graduar el combustible a través de un efecto de depresión en el conducto de admisión, en el momento en que su caudal pasa por una zona estrecha (efecto Venturi), Cuando la velocidad del aire sea mayor, la cual es controlada por la válvula de mariposa que acciona el acelerador, se originara un mayor pase de combustible por el conducto que surte la admisión.

Asimismo, Díaz (2021), señala que el carburador es la parte del motor, donde se mezcla la gasolina con el aire, antes de entrar a la cámara de combustión interna y su función es originar una buena mezcla para conseguir una explosión óptima

Para López (2021) el carburador es un sistema netamente mecánico. Compuesto por una compuerta (mariposa), la cual obstruye en estado de reposo el paso del aire y al momento de girar 90° otorga el máximo flujo. Generalmente se usa unida a un cable para trasladarla a su posición máxima de apertura y retorna por muelle a la posición de reposo

Granja (2019) , menciona que, el objetivo del carburador es obtener la mezcla de aire-gasolina con un equilibrio apropiado según las especificaciones de funcionamiento del vehículo.

En cuanto al funcionamiento del carburador, Granja (2019)señala que se fundamenta en el efecto venturi, el cual induce que la corriente de aire que transita por una canalización, produce una depresión (succión) que se beneficia para arrastrar el combustible adecuado por el mismo carburador.

La depresión establecida en el carburador obedece a la velocidad de entrada del aire, el cual será mayor cuando sea menor la sección de paso de las canalizaciones. Si internamente de la canalización se obtiene un estrechamiento (difusor o venturi), para acrecentar la velocidad del aire y se emplea un surtidor que se comunice a una cuba con combustible constantemente, la depresión que se obtiene en ese punto provocara la salida de combustible por la boca del surtidor, el cual se combinara con el aire que se encuentra en el estrechamiento, y será arrastrado hasta el interior de los cilindros del motor.

En referencia al encendido convencional Obando (2020), menciona que, para que un carburador consiga efectuar la mezcla de aire-gasolina para luego inflamarse al final del tiempo de compresión, es necesaria una chispa que inicie el proceso de combustión, lo cual se da por la interacción de los elementos mencionados a continuación:

- Bobina: Se encarga de recibir 12 voltios nominales de batería y los multiplica por el valor que sea necesario para provocar una gran chispa en la bujía.
- Distribuidor: Posee varios componentes internos, los cuales tienen la misión de producir la chispa justo en el momento exacto del tiempo de compresión, varía por la velocidad del motor y el caudal de aire de admisión.

Estos elementos ejecutan su función mecánicamente, por lo cual se produce desgaste que imposibilita resultados óptimos a mayor usabilidad; por lo cual el carburador limita sus capacidades, por lo cual se hace necesaria la evolución en otro tipo de sistemas que usen menos partes mecánicas. De allí que naciera la necesidad de reemplazar los carburadores por la inyección electrónica.

Metodología

Se usó la metodología basada en la investigación documental, por medio de la investigación bibliográfica, de documentos de carácter científico, artículos, publicaciones académicas, medios electrónicos, de diversas índoles, tomando ideas comúnmente adoptadas por los especialistas, y realizar un análisis descriptivo para el desarrollo del tema referente a las semejanzas y diferencias del carburador y los inyectores como parte del sistema de combustión...

Resultados y discusión

Inyector

Para, Paspuel (2021), señala que los inyectores son electroválvulas, que dirigidas por la Unidad de Control Electrónico (ECU), se abren y se cierran millones de veces, en el tiempo de funcionamiento de un motor. Su función es pulverizar de manera precisa, homogénea y en una cantidad apropiada el combustible, a fin de que se lleve a cabo la combustión dentro de los cilindros del motor. La pulverización dependerá de la presión, tamaño y ángulo de los orificios de la tobera, el número de inyectores (mecánicos o electrónicos). Los inyectores se ubican en un riel, los cuales reciben la presión de combustible, cuyo valor debe estar comprendido entre los 2.5 y 3.5 bar, y en ese instante

los inyectores recibirán una señal de apertura de la ECU y e inyectara el combustible que sea necesario para la combustión de la mezcla aire-combustible.

Según el manual Common Rail Principios de Funcionamiento (2007), citado por Castro y González (2018). El inyector es un dispositivo electrohidráulico para la inyección de combustible, el cual consta de una válvula eléctrica solenoide, aguja y una tobera. La tobera se destapa cuando la válvula selenoide se activa por la ECU, e inyecta directamente el combustible a la cámara de combustión del motor, luego de este proceso, el sobrante de combustible es retornado nuevamente al tanque de combustible por medio de la línea de retorno.

Unidad de Control Electrónico (ECU)

Los autores, Montero y Paguay (2021) señala que es la unidad es la encargada de recibir las señales de los distintos sensores, con el fin de evaluar, calcular y enviar la respuesta en una señal para activar distintos actuadores. El programa de control se guarda en la memoria, la ejecución del programa se le establece al microcontrolador, el cual se conoce regularmente como: ECU, CPU, ECM, etc.

La ECU, por medio el microprocesador, recopila y procesa información y emite señales para activar diversos circuitos en el activador.

Entre las funciones más importantes de la ECU están:

- Controlar la inyección gasolina: Es la responsable de determinar la cantidad de gasolina que será inyectada.
- Controlar el Tiempo de inyección: Para que un motor de encendido inicie la combustión, es necesario que se genera la chispa eléctrica en la cámara, por lo cual la ECU ajusta el tiempo de encendido, con el propósito de dar más potencia y disminuir el consumo de combustible.
- Controlar la distribución de válvulas: En motores con válvulas, la ECU cumple la función de controlar el tiempo en que debe abrir cada una, durante el ciclo del motor, permitiendo optimizar el flujo de aire hacia los cilindros, lo cual aumenta la potencia y evita la mala combustión del combustible.
- Control de la bomba de combustible en ralentí: La ECU es la responsable de gestionar el voltaje que proporciona a la bomba de combustible, lo cual reduce el voltaje en la bomba, de combustible, reduciendo el sonido y disminuye el consumo eléctrico en ralentí.
- Auto-diagnostico: La ECU verifica las señales de entrada y salida del sistema, y revisa que sean normales y funcionen correctamente.

- Controlar el régimen de marcha en vacío: La ECU se fundamenta en señales de sensores y carga del motor, ajustando el régimen de marcha al más óptimo posible.
- Control Ralenti: Cuando existen diversos interruptores de cargas activados o si en la batería el voltaje es bajo, esta incrementaría el sistema de marcha en vacío.
- Control regulador de presión: Cuando el motor se encuentra en marcha con la temperatura de refrigerante muy alta, sube eventualmente la presión de combustible Montero y Paguay (2021)

Sistema de inyección

Según lo expuesto por Granja (2019) El sistema de inyección es un elemento a través del cual se alimentan los motores de combustión interna. Estos han sustituido al carburador, sin embargo para los vehículos con motor Diesel, este sistema es el que se usa regularmente, ya que se debe inyectar el combustible en la cámara al momento de la combustión. En la actualidad para los motores que utilizan gasolina se ha dejado de utilizar el uso del carburador.

La inyección admite una mejor distribución del combustible, permitiendo la regularización de las distintas fases de funcionamiento, acoplándose a las necesidades del conductor y acatando las normas de contaminación ambiental.

Función del sistema de inyección electrónica

Para Barcenes (2021) , la función de este sistema es transportar simultáneamente con la bomba de gasolina, el combustible desde el tanque hasta los cilindros. Este proceso debe llevarse a cabo en el momento preciso, con la cantidad y presión correcta.

La función de la inyección electrónica va en conjunto con las señales emitidas por los sensores, tomando la información de la computadora, para luego remitir una orden a los actuadores, que en este caso son los inyectores.

Sensores del sistema de inyección electrónica

En esta sección, Montero y Paguay (2021), mencionan que estos comprenden varios elementos, como componentes eléctricos y electrónicos, los cuales están ubicados en diferentes partes del motor y vehículo. Estos son la unidad de control electrónica (ECU), los sensores y los actuadores, todos colaboran para establecer tanto las condiciones externas como internas del motor y de esta forma determinar la cantidad exacta de combustible a inyectar.

Estos sensores son:

- Sensor temperatura del refrigerante (ECT): Mide la temperatura en la que se encuentra el refrigerante en el motor. La ECU toma la información del sensor, analiza los datos que

permiten tomar una acción y así poder modificar la mezcla aire-combustible. Controlando los pulsos de inyección y en algún caso, activar el electroventilador del radiador si es necesario.

- Sensor temperatura de aire del motor (IAT): Mide la temperatura en el colector de admisión, a través de señales que se envían a la ECU, permiten que se ejecuten ajustes en la mezcla para así establecer la duración del pulso del inyector y la densidad de aire.
- Sensor presión absoluta del múltiple de admisión (MAP): Mide el volumen de aire, se activa al detectar la presión existente en el colector de admisión, asimismo, la ECU a través de señales eléctricas del sensor computa el volumen de aire y ejecuta el ajuste de la mezcla aire-combustible que requiere el motor.
- Sensor posición de la mariposa de aceleración (TPS): Su función es indicar al ECU el estado en el cual se halla la mariposa o el Angulo de apertura, que se da en la aceleración, aprobando la entrada de aire al motor y de esta forma la ECU a través de señales recibidas por el sensor controla la inyección de combustible.
- Sensor de oxígeno: Mide la concentración de oxígeno que se halla en el humo de escape, estos gases, al entrar en contacto con el sensor de oxígeno, generan un voltaje, el cual es enviado a la ECU, la cual muestra la calidad de la mezcla del carburante, y de esta forma se podrá corregir los parámetros como la inyección de combustible o entrada de aire, alcanzando un eficiente consumo y menor contaminación.
- Sensor de posición del cigüeñal (CKP): Capta la señal de velocidad del motor, los rpm y la posición en la que se encuentra el cigüeñal, esta información es enviada y usada por la ECU, con el propósito de determinar el pulso de los inyectores y sincronizar la chispa de encendido de las bujías.
- Sensor flujo de aire (MAF): Su función es enviar señales a la ECU sobre los flujos y la cantidad de aire que aspira el motor todo el tiempo, para luego remitir mediante una señal eléctrica a la unidad de control Montero y Paguay (2021)

Tipos de Inyectores

En referencia a los tipos de inyectores, García (2021) señala que estos son:

- Inyector solenoide: El principio de estos inyectores se refiere a que el momento en que el combustible es insertado, este se distribuye entre dos conductos: uno que lleva a la tobera y el otro a un volumen de control sobre el pistón-aguja. La salida del volumen de control se abre a través de un solenoide el cual se acciona por medio de una señal eléctrica. La

depresión que se genera hace bajar la aguja que cubre el orificio de la tobera, para luego revelarla y producir la inyección. La señal eléctrica es la que permite el paso del combustible cuando este activa, esta controla el inicio y el final de la inyección, lo cual representa parámetros primordiales dentro del proceso y son constantemente calculados por la ECU del motor.

- Inyector piezoeléctrico: La respuesta de este tipo de inyector es mucho más rápida, sin embargo el funcionamiento es muy similar al anterior. La diferencia entre ambos es que en vez de usar un solenoide la apertura del volumen es inducida por material piezoeléctrico.

Ventajas del sistema de inyección

Para Lucin (2019) las ventajas de este sistema son:

- Produce un mínimo de contaminación
- Es más económico
- Genera un mejor rendimiento del motor
- Se aprovecha mejor el combustible

Sin embargo Barcenas (2021) menciona otras ventajas que se adjudican al sistema de inyección como son:

- Se obtiene un dosado de la mezcla mucho más eficiente y disperso
- El funcionamiento a bajas temperaturas es correcto
- Variabilidad de ajuste de los componentes electrónicos que forman parte del sistema de inyección a los diferentes aparatos del motor
- Aumento de la potencia del motor, desde un 2% a un 15%
- El proceso de ingreso de aire y de pulverización se llevan a cabo más directamente, los cilindros se llenan adecuadamente, aumentando el rendimiento volumétrico, y el múltiple de admisión suele ser más corto.
- La pulverización de combustible se presenta de una manera más fina en comparación al sistema de carburación.
- Se incrementa el torque por medio de regímenes bajos y mismo consumo de combustible.
- Disminuye considerablemente la contaminación, dado a que los gases postcombustión son menos contaminadores.

Como se puede notar, los dos elementos de estudio del sistema de combustión como lo son el carburador y los inyectores, son sistemas que permiten el proceso de combustión, necesarios para el funcionamiento de puesta en marcha de un motor.

El carburador fue uno de los principales sistemas creados, el cual logro su objetivo, sin embargo, con el crecimiento de las nuevas tecnologías se fueron tecnificando componentes y también procesos que permitieron mejorar el sistema, hasta llegar a la creación de los inyectores.

Estos sistemas presentan las siguientes semejanzas:

- La función de inyectar combustible
- Mezclar el combustible con el aire
- Originar una explosión
- Llevan a cabo procesos de admisión.

Ambos sistemas tienen el mismo fin, sin embargo, la carburación fue el primero en usarse y con el pasar de los años ha sido descartado abriendo paso al sistema de inyectores, el cual es el más usado en la actualidad.

De igual forma, estos sistemas, han sido de gran utilidad para conseguir los objetivos y su función es similar, sin embargo entre ambos podemos notar algunas diferencias, las cuales mencionamos a continuación:

Para Lucin (2019) estas diferencias son:

- Los inyectores pueden regular mejor el flujo de combustible, posibilitando que la entrada de aire se coordine con el flujo de gasolina antes de entrar al motor
- Los carburadores meten el combustible en los cilindros a chorro, por lo cual no cubren la totalidad de la superficie mientras que los inyectores, pueden cubrir toda la zona de la cámara interna, justo donde se ubican los cilindros, logrando una explosión armónica.
- Con el sistema de inyectores el rendimiento del combustible es mayor, mientras que con el sistema de carburación, existe mayor consumo.
- Los gases expulsados por el sistema de carburación son más contaminantes que con el sistema de inyector, los cuales suelen ser más refinados y controlados.
- Con el sistema de carburación los olores en el escape son más cargados y contaminantes.
- Los motores que trabajan con el sistema de inyección, incrementan la temperatura del motor gracias al adecuado suministro de combustible.

- Los motores que trabajan con carburación al momento de distribuir el combustible en el arranque, lo hacen usando una gran cantidad de gasolina, lo cual origina que no se pueda tener un arranque rápido, debido a que no cubren por completo las superficies desde el comienzo, además de que el ralentí es muy inestable.

Otras diferencias que son notables entre estos dos sistemas están:

- Los carburadores son mecánicos y los inyectores electrónicos
- Los costos de mantenimiento son mucho más costosos para los inyectores electrónicos.
- Los inyectores trabajan en conjunto con diversos sensores distribuidos por todo el motor y vehículo.

Cabe destacar, que las nuevas tecnologías en sistemas de combustión, se centran en buscar elementos que contribuyan al mejoramiento en el rendimiento de los motores, que permitan la disminución del uso de combustibles, y quizás la más importante, que genere un mínimo nivel de contaminación.

Referencias

1. Barcenas, A. (2021). *Estudio del consumo. Torque y potencia del motor Suzuki G1313 1300cc adaptado con un sistema de estrangulación independiente ITBS*. Ecuador: Trabajo especial de grado de la Universidad Internacional del Ecuador.
2. Castro, J., & González, M. (2018). Análisis comparativo del funcionamiento del inyector de un motor CRDI bajo diferentes alturas geográficas. *INNOVA Research Journal 4(1)* , 60-74.
3. Correa, B., & Velásquez, C. (2021). *Análisis energético y exergetico para la reutilización del calor residual de los gases de combustión en un sistema de refrigeración de un furgón*. Trabajo especial de grado de la Universidad de América.
4. Díaz, C. (2021). *Evaluación, análisis exegético y repotenciación del sistema de frenado de un auto clásico Nissan Datsun 1973*. Ecuador: Trabajo especial de grado de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE .
5. Egas, D., & Pino, M. (2020). *Análisis comparativo de torque y potencia de las diferentes etapas evolutivas del sistema de entrega de combustible*. Trabajo especial de grado de la Universidad Internacional del Ecuador.

6. García, V. (2021). *Simulación CFD del proceso de atomización y mezcla de un inyector GDI a partir de modelos de acoplamiento unidireccional (oneWayCoupling)*. Valencia, España: Trabajo especial de grado de la Universitat Politècnica de València.
7. Granja, S. (2019). *Estudio comparativo de potencia de los sistemas de alimentación de combustible a 2800 MSNM*. Ecuador: Trabajo especial de grado de la Universidad Internacional del Ecuador.
8. López, F. (2021). *Diseño, implementación y mejora de un sistema de inyección de gasolina por bucle cerrado*. Valencia, España: Trabajo especial de grado de la Universitat Politècnica de València.
9. Lucin, A. (2019). *Implementación de brida y acople al banco de calibración de bombas de inyección a Diesel COM EMC para prueba de bomba de inyección tipo A de Hino EB300 para camión*. Ecuador: Trabajo especial de grado de la Universidad Internacional del Ecuador.
10. Martínez, A. (2018). *Desarrollo de una herramienta para diagnóstico de combustión de gases con base en análisis de humos y composición del combustible*. Bucaramanga, Colombia: Trabajo especial de grado de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.
11. Montero, C., & Paguay, F. (2021). *Estudio e implementación de un sistema de inyección electrónica programable para el aumento del rendimiento y disminución de gases de escape contaminantes en un vehículo Suzuki Forza GA*. Ecuador: Trabajo especial de grado de la Universidad Politécnica Salesiana.
12. Obando, D. (2020). *Prototipo de captador de aire para ITBS en un motor de competencia*. Trabajo especial de grado de la Universidad Técnica del Norte.
13. Oñate, D., & Frias, J. (2019). *Diseño y construcción de un dispositivo electrónico, adquiriendo y modificando las señales base de los sensores para aumentar la eficiencia y funcionamiento del motor de combustión interna*. Riobamba: Trabajo especial de grado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .
14. Paspuel, E. (2021). *Conversión de un motor Chevrolet ZE-1 de carburador a inyección electrónica para mitigación de emisiones* . Ecuador: Trabajo especial de grado de la Universidad Técnica del Norte.
15. Soca, J. (2021). *Emisiones contaminantes de los motores de combustión interna*. Chapingo, México: Monografía de la Universidad Autónoma Chapingo.

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).