



*Características y factibilidad del sistema de inyección a Diesel. Una revisión bibliográfica*

*Characteristics and feasibility of the Diesel injection system. A literature review*

*Características e viabilidade do sistema de injeção Diesel. Uma revisão de literatura*

Cristian Miguel Yacelga Campus <sup>I</sup>  
[cristian.yacelga230@ist17dejulio.edu.ec](mailto:cristian.yacelga230@ist17dejulio.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-3082-6896>

Silvia Lorena Pinto Ayala <sup>II</sup>  
[spinto@ist17dejulio.edu.ec](mailto:spinto@ist17dejulio.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-3155-1855>

Luis Caiza Quishpe <sup>III</sup>  
[lcaiza@ist17dejulio.edu.ec](mailto:lcaiza@ist17dejulio.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-4343-7280>

**Correspondencia:** [cristian.yacelga230@ist17dejulio.edu.ec](mailto:cristian.yacelga230@ist17dejulio.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de julio de 2022 \* **Aceptado:** 12 de agosto de 2022 \* **Publicado:** 15 de septiembre de 2022

- I. Instituto Superior Tecnológico 17 de julio, Urcuqui, Ecuador.
- II. Instituto Superior Tecnológico 17 de julio, Urcuqui, Ecuador.
- III. Instituto Superior Tecnológico 17 de julio, Urcuqui, Ecuador.

## Resumen

En la actualidad, las diferentes iniciativas enfocadas en mejorar las condiciones medioambientales, como la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, así como los gases contaminantes como los óxidos nitrosos NOX, y el material particulado MP, han sometido a los motores diésel a cumplir una gran cantidad de regulaciones gubernamentales, por lo que desarrollar las características de los sistemas de inyección, desde una perspectiva teórica, puede explicar cómo es factible cumplir con dichas exigencia y como diferentes trabajos mediante el control, ajuste del sistema de inyección han logrado obtener datos que demuestran que se ha logrado mejorar las prestaciones del motor, eficiencia y reducir la cantidad de emisión de gases contaminante. De igual modo la importancia de cada componente y su función en el comportamiento del sistema de inyección.

**Palabras Clave:** Sistema de inyección diésel; motores diésel; inyección directa diésel.

## Abstract

At present, the different initiatives focused on improving environmental conditions, such as the reduction of greenhouse gas emissions, as well as polluting gases such as nitrous oxides, NOX, and particulate matter PM, have subjected diesel engines to comply with a large number of government regulations, so developing the characteristics of the injection systems, from a theoretical perspective, can explain how it is feasible to comply with said requirements and how different works through the control, adjustment of the injection system have managed to obtain Data that shows that it has been possible to improve engine performance, efficiency and reduce the amount of polluting gas emissions. In the same way the importance of each component and its function in the behavior of the injection system.

**Keywords:** Diesel injection system; diesel engines; diesel direct injection.

## Resumo

Atualmente, as diferentes iniciativas voltadas para a melhoria das condições ambientais, como a redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como de gases poluentes como óxidos nitrosos, NOX e material particulado PM, têm submetido os motores diesel a cumprir um grande número de normas governamentais. regulamentações, de modo que o desenvolvimento das características dos sistemas de injeção, de uma perspectiva teórica, pode explicar como é viável cumprir com esses

requisitos e como diferentes trabalhos através do controle, ajuste do sistema de injeção conseguiram obter dados que mostram que ele foi possível melhorar o desempenho do motor, a eficiência e reduzir a quantidade de emissões de gases poluentes. Da mesma forma a importância de cada componente e sua função no comportamento do sistema de injeção.

**Palavras-chave:** Sistema de injeção diesel; motores a diesel; injeção direta diesel.

## Introducción

El cambio climático es un tema que desde hace tiempo ha estado ocupando los principales debates a nivel global, desde el ámbito académico, pasando por lo político y los social, como se puede constatar, por ejemplo, en las nuevas legislaciones que gobiernos como los de la Unión Europea ha establecido a las diferentes industrias, una de ellas la eléctrica la cual esperan sacar de funcionamiento las centrales eléctricas que utilizan carbón, así como la automotriz, donde acotan los niveles de elementos contaminantes, por lo cual están comenzando a desarrollar los vehículos eléctricos (Barrera-Martínez et al., 2020).

No obstante, la industria automotriz sigue desarrollando y fabricando vehículos con motores de combustión interna, más eficientes, de bajo consumo de combustible y bajas emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, y material particulado. Por lo que en los últimos años se ha logrado reducir los niveles de emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, monóxido de carbono CO, óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>, hidrocarburos sin quemar, material particulado MP (Ladino, 2019).

Debe señalarse que, el diésel es considerado como uno de los combustibles para vehículos más amigables con el medio ambiente, debido a su baja emisión de CO<sub>2</sub>, aunque hay que considerar que presenta altos niveles de NO<sub>x</sub>, y MP, por lo que se sigue investigando para lograr reducir las emisiones de estos gases (Yoon et al., 2018).

En este sentido, se ha evaluado que, para los motores de inyección directa, la inyección de combustible y los procesos de formación de rocío, es decir, el proceso de fragmentación y/o aspersión influyen en el desarrollo de la combustión, y al mismo tiempo en la formación de las emisiones (Magnottia y Genzalea, 2017)

De igual manera, en el motor diésel de inyección directa (DI), puesto que el combustible es inyectado directamente en el cilindro justo al final de la carrera del pistón en compresión, el tiempo para que se logre realizar la mezcla entre el combustible y el aire es muy corto. Es por ello, que se

ha desarrollado estudios donde se evalúa el aumento del tiempo de mezcla de combustible y aire, logrando mejorar las características de combustión y escape (Yoon et al., 2018).

Asimismo, el comportamiento y funcionamiento de los motores diésel está íntimamente relacionado con el proceso de combustión, debido a que la admisión, compresión, escape, el periodo de rápida combustión, y la rapidez de acción de todo el conjunto del motor, está influenciado desde el instante en que se introduce el combustible a través de los inyectores al cilindro y ocurre el autoencendido (Asqui et al., 2021).

Se observa que, ha aumentado las demandas de motores diésel, puesto que presenta mayor eficiencia térmica si se compara con los motores a gasolina. Como se ha comentado anteriormente, debido a la presencia de NO<sub>x</sub>, y PM, se han venido desarrollando nuevas tecnologías con el propósito de disminuir las emisiones, tales como el empleo de combustibles ecológicos tales como el biodiesel, el dimetil-eter, bioetanol, entre otros, así como, la ignición por compresión controlada por reactividad RCCI y la combustión a baja temperatura LTC, por citar algunos, logrando reducir las emisiones del escape (Kim et al., 2016).

Si bien es cierto, el aumento del precio del petróleo y sus derivados, así como las normativas medioambientales, ha motivado a acelerar la evolución de los motores diésel, y como, se ha comentado en párrafos anteriores, se ha venido desarrollando tecnologías alrededor del sistema de inyección diésel common-rail, mediante el uso de inyectores piezoeléctrico. Lo que permite controlar de manera más precisa, gracias al cristal piezoeléctrico el flujo de combustible, controlando el proceso de inyección, logrando disminuir el consumo de combustible, el nivel de ruido que se produce al momento de la combustión, y por tanto las emisiones de gases (Barrera-Martínez et al., 2020).

De igual modo, el uso de la electrónica en los sistemas de inyección, se ha logrado controlar de forma más precisa las proporciones de la mezcla aire-combustible, lo que ha permitido mejorar el rendimiento de los motores, a menor consumo de combustible y mayor potencia obtenida. Mediante la unidad electrónica de control o ECU, así como diferentes sensores permiten la estimación de las proporciones de mezcla, el instante que debe ingresar a la cámara de combustión (Mora-Quijano et al., 2022)

Igualmente, el rendimiento, el nivel de ruido y la emisión de gases está relacionado con el proceso de combustión del motor diésel, así como la naturaleza del combustible que es inyectado dentro de la cámara de combustión, a medida que se incrementa la presión de inyección se incrementa de

igual forma la velocidad de inyección del combustible, lo que hace más fácil que se produzca el fenómeno de la atomización, mezcla aire-combustible, y vaporización del combustible. Logrando de esta forma incrementar la liberación de calor, y la reducción del consumo (Asqui et al., 2021) Por lo ante expuesto, el objetivo de esta investigación tiene como propósito desarrollar las características y factibilidad de los sistema de inyección diésel, desde una perspectiva teórica y documental, puesto y como se ha explicado, el entendimiento del sistema de inyección de un motor permite idear y desarrollar mejoras significativamente en el desempeño del motor, y de esta forma mejorar la eficiencia, disminuir el consume de combustible, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero así como contaminantes. Por otro lado, permite genera una visión de lo complejo e importante que son los sistemas de inyección diésel, su funcionamiento y partes que lo componen.

Este trabajo de investigación empleará una metodología enfocada en una de tipo documental, descriptiva, y transversal cuyo tema principal se enfocará en los sistemas de inyección diésel, en motores de combustión interna.

### **Metodología**

Los fundamentos teóricos que se han desarrollado en este trabajo de investigación, acerca de las características de los sistemas de inyección diésel, descripción del sistema, avances en el desarrollo de tecnologías asociado a los motores diésel que emplean inyectores. Considerando lo que explica Mejías (2005), sobre el tipo de investigación, donde las características más destacadas de la investigación son como se plantea resolver los objetivos propuestos, por lo que esta investigación es teórica al aportar los fundamentos conceptuales y teóricos acerca de los sistemas de inyección diésel.

Igualmente, este trabajo de investigación se sustenta en un análisis sistemático de la información recabada acerca de los sistemas de inyección diésel con la finalidad de entender las características de estos sistemas, su importancia y hasta cierto punto explicar el estado actual del conocimiento (Bernal, 2010).

En el mismo orden de idea, esta investigación al enfocarse en obtener información independiente, así como exponer con detalle una visión de las características de los sistemas de inyección diésel, por lo que este trabajo es una investigación descriptiva, y al ser teórica por lo tanto es no

experimental, junto al hecho de que no se realiza manipulación de variables (Hernández et al., 2014).

Como fuente de la información utilizada para la elaboración de este trabajo de investigación, se emplearon los siguientes criterios: artículos de revistas indexadas, tesis de grado, maestría o doctorado de universidades, de fechas recientes, el idioma tanto en inglés como en español, usando los motores de búsqueda en área científicas como en Google académico, Elsevier y Researchgate, empleando las palabras claves sistema inyección diésel, motores diésel.

### **Resultados y discusión**

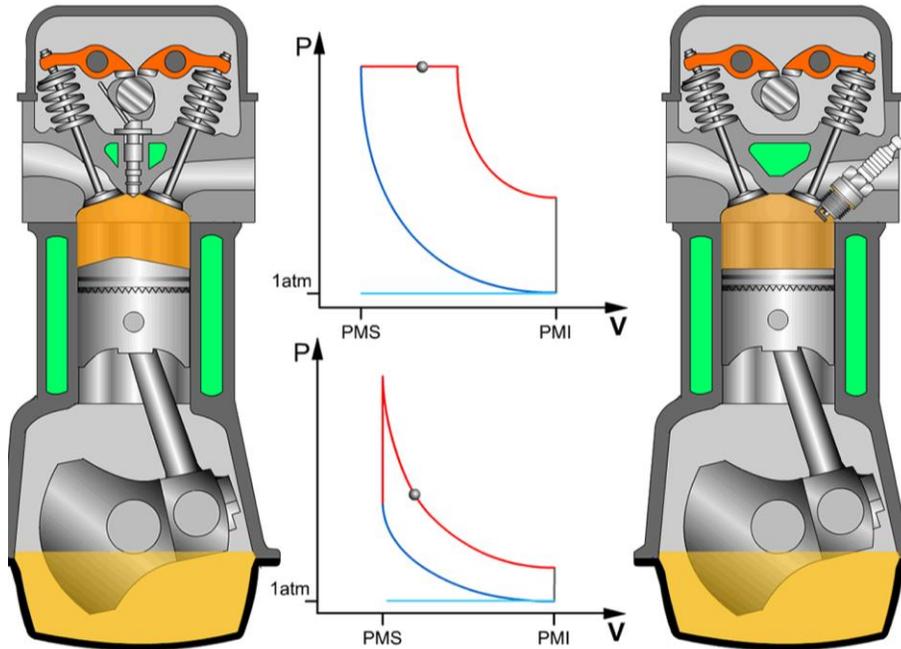
Un vehículo para ponerse en marcha, es imprescindible alimentar con combustible el motor, los primeros sistemas empleados era por medio del carburador, el cual paulatinamente fue reemplazado por el sistema de inyección, puesto se estos emplean sensores, y sistemas de cómputo que permiten medir diferentes parámetros del motor, y como resultado, por ejemplo, se obtienen la relación exacta entre la cantidad de combustible y de aire para una combustión y aprovechamiento del combustible lo más óptimo posible (Aguilar et al., 2022).

En necesario acotar que, se encuentra diferencia en la manera como se produce la combustión y se hace la alimentación de combustible entre los motores a gasolina y los motores diésel. En los motores diésel a lo largo del ciclo de admisión el cilindro solo se llena de aire, la compresión es mayor por lo que se aumenta la temperatura del aire de tal manera que se puede encender el combustible inyectado a través de los inyectores a la cámara, a diferencia de los motores a gasolina donde se inyecta por los inyectores la mezcla aire-combustible y la ignición se realiza a través de la chispa de una bujía, Ver figura 1 (Reyes, 2018).

La unidad de control de motor o ECU, mediante los diferentes sensores, a través de las variaciones de las señales eléctricas enviadas por ellas a la ECU, esta, analiza y contrasta con los valores programado y/o preestablecidas en función del diseño y prestaciones del motor, a su vez, efectúa los cálculos adecuados con el objeto de enviar las señales a los diferentes actuadores para que las prestaciones del motor sean las más eficientes (Aguilar et al., 2022).

### **Figura 1**

*Diferencia entre los motores diésel (lado izquierdo) y motores a gasolina (lado derecho)*



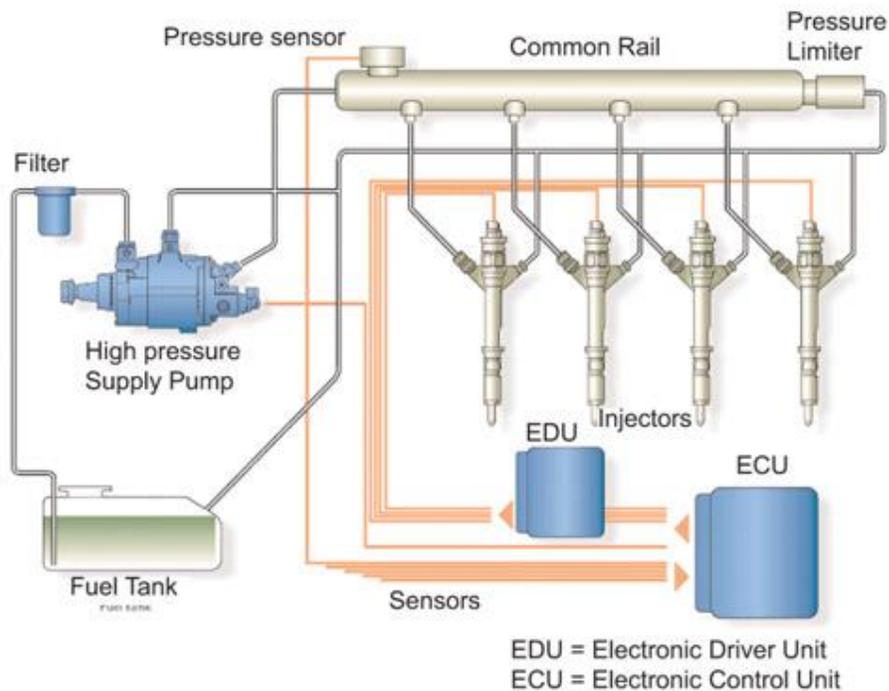
Fuente:

(Stefanelli, 2022)

En este sentido, es importante comentar que el funcionamiento de un motor diésel está correlacionado con el factor presión - temperatura, factores que influyen directamente en la combustión del diésel o biodiesel según sea el caso, y a su vez, en el sistema de inyección. Este sistema, constituido por 2 componentes esenciales la bomba de inyección y los inyectores (Guerrero, 2018) (Ver figura 2)

## Figura 2.

*Elemento del sistema de inyección diésel common rail*



Fuente:

(Doctor Auto Chain, 2022)

Como se puede apreciar en la figura 2, el sistema de inyección de los motores diésel, además de utilizar dos componentes como los mencionado anteriormente, el sistema a su vez, se puede dividir en 2 partes una que opera a baja presión, la cual iría desde el depósito de combustible hasta la bomba de alta presión, y la otra sección que opera a alta presión, que va desde la bomba de alta presión hasta los inyectores (Mora-Quijano et al., 2022).

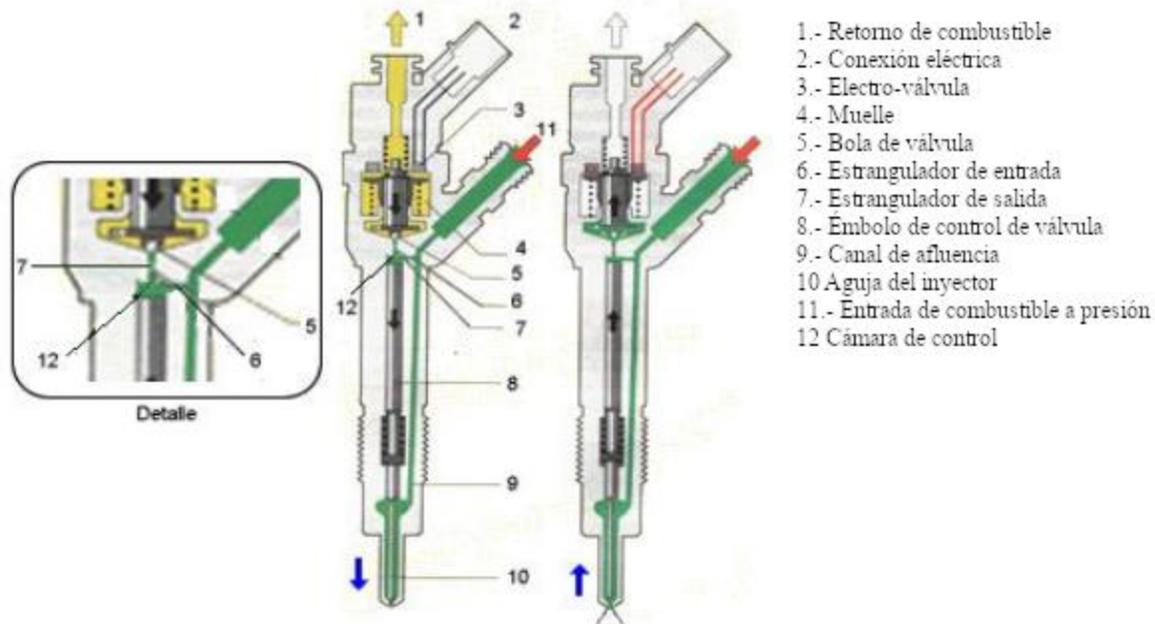
Asimismo, los sistemas de inyección directa diésel, carecen de una bomba de inyección lineal o rotativa, el control de la inyección y el sistema de presión son independiente, el ECU permite controlar la cantidad y la profundidad de inyección con un alto nivel de exactitud. De esta manera, se puede mantener el nivel de presión de inyección uniforme, bajo cualquier régimen del motor (Passo et al., 2019).

También, se ha encontrado que mejorar la atomización del combustible y la optimización del proceso de combustión son puntos de interés para mejorar el rendimiento del motor, y a su vez disminuir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes, es por ellos que diferentes trabajos han evaluado las características de la atomización de diferentes diésel (tanto derivados del petróleo como biodiesel), lo que ha arrojado que el tipo de combustible tienen comportamientos

diferentes en cuanto a tamaño de la gota como la profundidad de pulverización, asimismo, a mayor presión de mejora el equilibrio entre el volumen de pulverización y el tamaño de la gota (Wang et al., 2019).

### Figura 3

#### Partes de un inyector



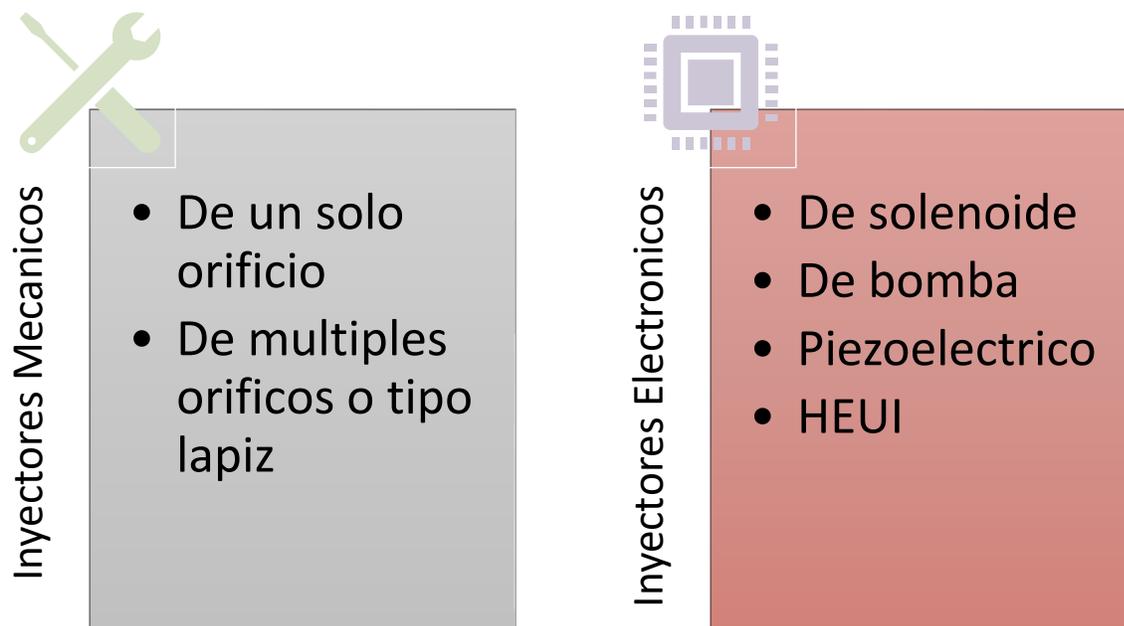
Fuente: (Reyes, 2018)

En el mismo orden de idea, son los inyectores los encargados de pulverizar el combustible, así como conducir hacia la cámara de combustión y de manera homogénea el combustible atomizado. Y a diferencia de los inyectores de los motores a gasolina, los inyectores para motores diésel está expuesto a altos regímenes de trabajo como alta presión, y altas temperaturas (Reyes, 2018). En la figura 3 se puede visualizar las partes de un inyector.

Igualmente, se pueden clasificar los inyectores empleados en los motores diésel, en dos grandes grupos los inyectores mecánicos, y los inyectores electrónicos, aunque hay algunos que por su manera de funcionar se pueden considera como un grupo diferente, los que se denominan inyectores electromecánicos, y a su vez cada uno de estos grupos se subdividen en otros subgrupos (ver figura 4).

**Figura 4**

*Clasificación de Inyectores*



Fuente: propia a partir de (Guerrero, 2018)

Se puede decir que, los inyectores mecánicos diésel, su función principal es pulverizar el combustible, y se activa o ponen en funcionamiento por la presión de combustibles, que es mantenida por la bomba de inyección, así como el tiempo de inyección y, además, depende de la correcta sincronización del sistema de distribución del motor y gracias al diseño de su estructura interna las presiones pueden llegar a ser muy elevadas obteniendo una correcta atomización de combustible. El sistema de tubería que suministra el combustible con el objetivo de mantener elevadas presiones, va desde la bomba de presión hasta los inyectores de manera individual. (Blanco y Camacho, 2018).

Como se aprecia en la figura 4, dentro los inyectores mecánicos se encuentra los inyectores mecánicos de un solo orificio, y como su nombre lo indica son inyectores que utiliza una única tobera de inyección, y es utilizado para sistemas de inyección indirecta (Guerrero, 2018) y (Hilgers & Achenbach, 2021)

En el mismo orden de idea, los inyectores de lápiz, también un tipo de inyector mecánicos, son inyectores que están diseñados con cuatro o más toberas de descarga y están ubicadas directamente en la cámara de combustión (Guerrero, 2018) y (Hilgers y Achenbach, 2021)

Igualmente. los inyectores electrónicos de solenoide, controlan la apertura de inyector mediante el movimiento de la aguja gracias a un magneto y un campo magnético producido en las bobinas por el paso de corriente eléctrica (Barrera-Martínez et al., 2020)

Los inyectores de bomba o bomba inyector, se considera una unidad, esta se coloca en cada cilindro del motor y es accionada a través de sistemas colocados en el árbol de leva. Entre sus partes, tiene una válvula solenoide que controla el suministro de combustible hacia la cámara de combustión (Blanco y Camacho, 2018)

Asimismo, Los inyectores electrónicos piezoeléctricos permiten el control más preciso en la cantidad de combustible que inyecta, así como la rapidez de su accionar. A menudo conducen a una mayor eficiencia y reducción de emisiones (Wang et al., 2019).

En el mismo orden de idea, los inyectores HEUI denominado de esa forma por sus siglas en inglés, que se puede traducir como unidad de inyección electrónica hidráulica, puesto que se controla electrónicamente pero su accionar o funcionamiento es mediante la presión hidráulica (Puente, 2018).

En esta perspectiva, diferentes trabajos de investigación han encontrado que las características de la pulverización, entre ellas el ángulo de pulverización, la velocidad de pulverización, han logrado obtener datos que permiten optimizar los parámetros de funcionamiento del motor (Wang et al., 2019).

Por otro lado, uno de los componentes que complementa el sistema de inyección es el common rail (Riel Común) (ver figura 2), siendo este elemento en el que más se ha desarrollado, puesto que minimiza el ruido en el proceso de combustión, así como permite reducir el consumo de combustible, y mejorar la eficiencia del motor (Reyes, 2018).

El common-rail, actúa como un acumulador o componente que permite mantener la alta presión del sistema, y distribuir el combustible a cada inyector a la misma presión independientemente del régimen al cual está funcionando el motor.

Como se ha comentado en los párrafos anteriores, este componente permite que todo el sistema pueda funcionar a dos condiciones de presión, una de baja presión, que es la que se encarga de suministrar el combustible a la bomba de alta presión, y la de alta presión que es la que se encarga

de aportar las condiciones para el combustible al entrar en contacto con el aire comprimido a muy alta presión entre en combustión (Blanco y Camacho, 2018)

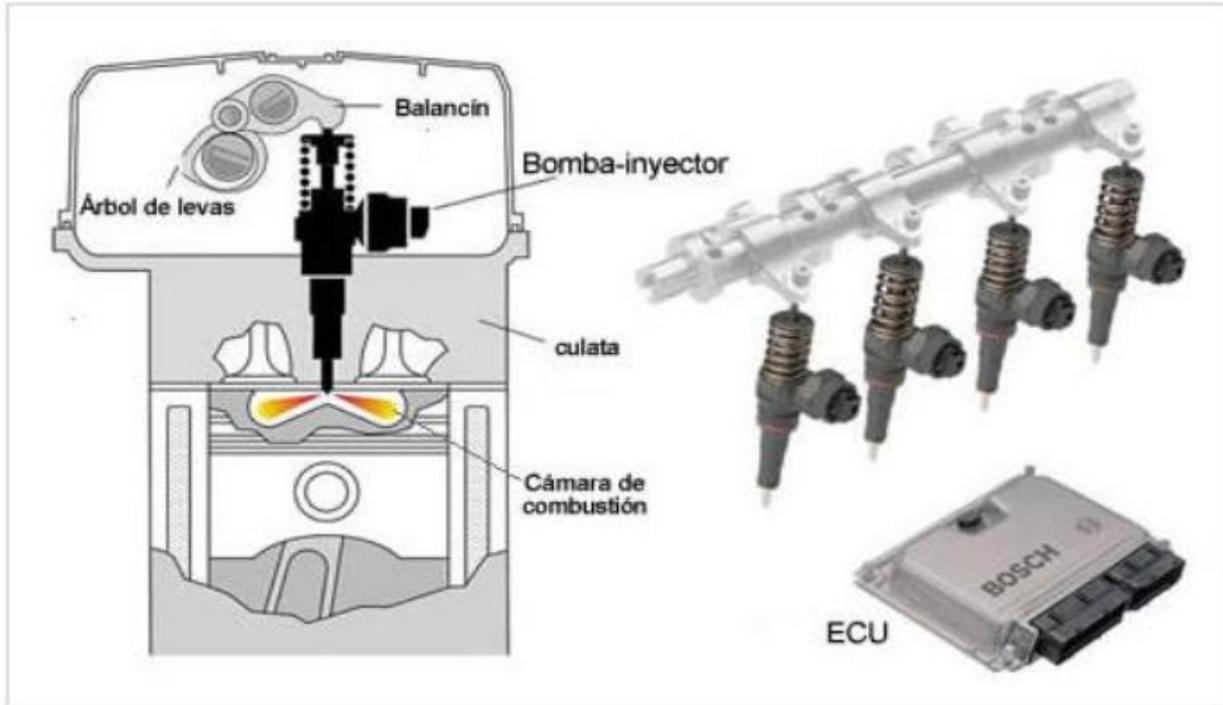
Para que todo el conjunto del sistema de inyección funciones, cuenta con una serie de dispositivos, sensores, actuadores que permite regular de presión y la cantidad de flujo que se comprimirá la parte de alta presión, así como la estructura de regulación, retorno y el sistema de control y activación de inyectores del common rail (Passo et al., 2019).

Asimismo, el common rail, permite variar la presión de trabajo en la inyección del diésel, y a su vez los tiempos de inyección. Ambos parámetros se pueden controlar debido a que hay separación entre la presión obtenida por la bomba de alta presión y la inyección obtenida por los inyectores (Reyes, 2018).

Por otro lado, se tiene, los motores que no utilizan el common rail, uno de ellos son los motores que utilizan las bombas inyectoras o sistema UIS y como se has descrito anteriormente, tanto la bomba de inyección y como el inyector forma una unidad (Ver figura 5). Puesto que este sistema carece del entramado de tuberías de alta presión, posibilita trabajar a presiones mucho mayores a las encontradas en otros sistemas. Gracias a un control electrónico de alta precisión, en la inyección, de igual manera, el caudal de inyección en conjunto con la altas presión de inyección, se puede disminuir las emisiones de gases y el consumo de combustible (Blanco y Camacho, 2018).

#### **Figura 4**

*Esquema del sistema bomba-inyector*



Fuente: (Blanco y Camacho, 2018)

Igualmente, una válvula electromagnética de accionamiento rápido controla la inyección del combustible, que a su vez es comandada por la unidad central del cómputo y control ECU, estableciendo el volumen óptimo de combustible, de igual modo, el preciso momento de ser inyectado a la cámara de combustión en función de régimen de funcionamiento del motor.

### Conclusión

Por lo antes expuesto, es indudable que, debido a la complejidad de los sistemas de inyección utilizados para los motores diésel, es importante caracterizar cada uno de ellos, con el objeto de identificar los elementos que permiten mejorar las prestaciones de estos motores, disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. Del mismo modo, y como se ha explicado, el control, disposición, tiempo, caudal, ángulo de los inyectores tienen efectos significativos en la eficiencia de los motores, consumo de combustible y disminución de gases de efecto invernadero.

### Referencias

1. Aguilar, C. D., Gallo, E. M., Calero, D. A., & Guerra, J. I. (2022). Análisis del funcionamiento en los sensores de inyección electrónica para controlar el consumo de combustible. *Revista Científica Dominio de la Ciencia*, 7(2), 751-769. doi:10.23857/dc.v8i2.2673
2. Asqui, G. R., Pilamunga, E., Mejía, C. A., & Villalba, E. D. (2021). Optimización del rendimiento del motor a diesel Mercedes Benz sprinter mediante la mejora de inyectores electromagnéticos. *Polo del Conocimiento*, 6(11), 1386-1401. doi:10.23857/pc.v6i11.3334
3. Barrera-Martínez, M., Ángel-García, M., Rúa-Mujica, L. F., Garza, O., & Martínez-Martínez, S. (2020). Influencia de las estrategias de inyección múltiple en la caracterización del chorro diésel empleando inyectores diésel tipo solenoide y piezoeléctrico. XXVI CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM. Morelia, Michoacán, México. Obtenido de [http://somim.org.mx/memorias/memorias2020/articulos/A4\\_120.pdf](http://somim.org.mx/memorias/memorias2020/articulos/A4_120.pdf)
4. Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación* (Tercera ed.). Colombia: Prentice Hall.
5. Blanco, D., & Camacho, J. d. (2018). Diseño y construcción de un banco de pruebas de inyectores a diésel. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Departamento de Ingeniería Mecánica. Chiapas: Tecnológico Nacional de México. Obtenido de <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2013>
6. Doctor Auto Chain. (2022). COMMON RAIL TECHNOLOGIES #67. Recuperado el agosto de 2022, de <http://news.cardoctor.mn/read/166>
7. Guerrero, L. M. (2018). Análisis del comportamiento de los inyectores mecánicos y electrónicos de motores diésel, con el uso de biodiésel. con mezclas B5 Y B10. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8043>
8. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw Hill.
9. Hilgers, M., & Achenbach, W. (2021). *The Diesel Engine* (1 ed.). Heidelberg: Springer Vieweg Berlin.

10. Kim, H. J., Park, S. H., & Lee, C. S. (2016). Impact of fuel spray angles and injection timing on the combustion and emission characteristics of a high-speed diesel engine. *Energy*, 107, 572-579. doi:10.1016/j.energy.2016.04.035
11. Ladino, A. (2019). Revisión Bibliográfica: HCCI “El futuro de los motores a combustión interna”. Facultad de Ingeniería. Bogota: Fundación Universitaria Los Libertadores. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11371/2998>
12. Magnottia, G. M., & Genzalea, C. L. (2017). Detailed Assessment of Diesel Spray Atomization Models Using Visible and XRay Extinction Measurements. *International Journal of Multiphase Flow*, 97, 33-45. doi:10.1016/j.ijmultiphaseflow.2017.08.002.
13. Mejías, E. (2005). Metodología de la Investigación Científica (Primera ed.). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Unidad de Potgrado.
14. Mora-Quijano, C. H., Altamirano-Bustos, D. S., Guasumba-Maila, J. E., & Cabascango-Camuendo, C. P. (2022). Características de los sistemas de inyección. Una revisión bibliográfica. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 392-403. doi:10.23857/pc.v7i4.3831
15. Passo, R., Ulcuango, C., Toapanta, C., & Luna, L. (2019). Activación y control de inyectores diésel CRDI de las marcas DENSO y DELPHI. *Universidad, Ciencia y Tecnología*(02), 186-194. Obtenido de [//uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/238](http://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/238)
16. Puente, E. G. (2018). Análisis y diagnóstico del sistema de control electrónico de inyección de combustible diésel HEUI CAT-3126. *INNOVA Research Journal*, 3(1), 145-150. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6343651>
17. Reyes, J. P. (2018). Diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (CRDI). Facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas. Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8354>
18. Stefanelli, E. J. (2022). Eduardo J. Stefanelli. Recuperado el agosto de 2022, de <https://www.stefanelli.eng.br/es/comparacion-ciclo-diesel-otto-motor/>

19. Wang, L., Lowrie, J., Ngaile, G., & Fang, T. (2019). High Injection Pressure Diesel Sprays from a Piezoelectric Fuel Injector. *Applied Thermal Engineering*, 152, 807-824. doi:10.1016/j.applthermaleng.2019.02.095
20. Yoon, S., Lee, S., Kwon, H., Lee, J., & Park, S. (2018). Effects of the swirl ratio and injector hole number on the combustion and emission characteristics of a light duty diesel engine. *Applied Thermal Engineering*, 142, 68-78. doi:10.1016/j.applthermaleng.2018.06.076

© 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/>).