



## ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo integración Curricular previa a la obtención del título de Ingeniero en Automotriz.

**AUTOR:**

NICOLÁS MATEO MERIZALDE  
VIZCAÍNO

**TUTORES:**

ING. DENNY GUANUCHE MSc.  
ING. GORKY REYES MSc.

**TEMA:**

*“Análisis descriptivo de las etapas de mantenimiento y evaluación de funcionamiento de los inyectores CRDI”*



## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **MERIZALDE VIZCAÍNO NICOLÁS MATEO**, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mi derecho de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.

x Nicolás M.V.

---

**Nicolás Merizalde V**

## APROBACIÓN DE LOS TUTORES

Yo, **ING. GUANUCHE LARCO DENNY JAVIER** y Yo, **ING. REYES CAMPAÑA GUILLERMO GORKY**, certificamos que conocemos al autor del presente trabajo, siendo los responsables exclusivos tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



---

**Ing. Denny Guanche**



---

**Ing. Gorky Reyes**

## **Dedicatoria**

Este texto va dedicado al tiempo, por enseñarme que nunca es tarde.

Nicolás Merizalde V.

## **Agradecimiento**

Agradezco a mi familia, gracias por el esfuerzo otorgado para que yo me convierta en un profesional y por ayudarme a forjar el camino de un hombre de bien; al amparo de Dios que siempre está conmigo. Gracias a mis profesores y a todos los integrantes que hacen a la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE, estimados ingenieros e ingenieras, que resolvieron en mí, más que dudas y preguntas.

A mis camaradas Belén Crespo y Edison Torres, gracias por su paciencia y compañía en todo este proceso, fue un honor compartir la Universidad con ustedes.

Nicolás Merizalde V.

*“Y aunque yo juzgue esta obra indigna de ser presentada a vos, aun así confío plenamente en que vuestra cortesía os obligará a aceptarla, dado que no podría yo haceros mayor ofrenda que la de ponerlos en disposición de, en muy poco tiempo, poder entender todo aquello que yo, durante tantos años y con tantas dificultades y peligros, he aprendido y comprendido.”*

*Nicolás Maquiavelo*

## INDICE DE CONTENIDO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR Powered by ASU.....	1
CERTIFICACIÓN Y APROBACIÓN.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	4
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
Generalidades.....	11
Inyector CRDI.....	12
Máquina de calibración BOSCH EPS 205.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
1. Metodología.....	17
2. Materiales.....	18
2.1 Equipo para la comprobación de conjuntos porta- inyector e inyectores, BOSCH EPS 205.....	18
2.2 Instrumentos y Herramientas.....	19
3. Normativa.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES.....	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características Técnicas del fluido de Calibración "POWER DIESEL" ISO 4113.....	21
Tabla 2: Resultados del banco de pruebas realizado en la maquina BOSCH EPS 205.....	22
Tabla 3: Etapas de mantenimiento según el daño- reparación necesaria.....	24

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Inyector Common Rail 23670- 0L010.....	11
Figura 2: Equipo BOSCH EPS 205.....	14
Figura 3: Equipo BOSCH EPS 205 con un inyector de riel común marca DENSO.....	14
Figura 4: Descripción del Equipo EPS 205.....	15
Figura 5: Componentes para la comprobación del Equipo EPS 205.....	18
Figura 6: Inyector CRDI "DENSO 23670- 0L110".....	19
Figura 7 y Figura 8: Inyector DENSO CRDI y sus adaptadores para trabajar en la maquina EPS 205.....	19
Figura 9: Instrumentación necesaria para poder armar y desarmar el inyector.....	20

**“Análisis descriptivo de las etapas de mantenimiento y evaluación de funcionamiento de los inyectores CRDI”**

**“Descriptive analysis of the maintenance stages and operational evaluation of common rail diesel injectors”**

Nicolás Merizalde V<sup>1</sup>

e-mail<sup>1</sup>: [nimerizaldevi@uide.edu.ec](mailto:nimerizaldevi@uide.edu.ec)

<sup>1</sup> Universidad Internacional del Ecuador

**Resumen**

El **mantenimiento** adecuado de los inyectores Diésel Common Rail (CRDI) es fundamental, para garantizar un **funcionamiento** eficiente y fiable de los motores diésel. Este estudio tiene como objetivo analizar las etapas de mantenimiento y evaluación funcional de los inyectores DENSO 23670- 0L010. Mediante un análisis descriptivo el inyector fue sometido a una **inspección** detallada y **evaluación** funcional. Las etapas de mantenimiento se dividieron en cinco categorías: limpieza, desmontaje, inspección, reparación y montaje. La evaluación funcional incluyó pruebas de caudal, presión de inyección y patrón de pulverización. Los resultados mostraron que las etapas de mantenimiento de los **inyectores CRDI** afectan significativamente su desempeño. Una limpieza, inspección y reparación adecuadas mejoran la tasa de flujo y la presión de inyección, lo que resulta en una mejor eficiencia de combustible y rendimiento del motor. Además, el estudio encontró que la evaluación funcional de los inyectores CRDI es crucial para identificar cualquier problema subyacente y garantizar su correcto funcionamiento. El estudio recomienda, un mantenimiento tanto correctivo como preventivo al igual que una evaluación funcional de los inyectores CRDI para garantizar su fiabilidad a largo plazo y rendimiento óptimo. En conclusión, el mantenimiento, la operación, la reparación y la restauración adecuados de los inyectores CRDI son cruciales para garantizar el funcionamiento eficiente y confiable de los motores diésel.

**Palabras Clave:** mantenimiento, funcionamiento, evaluación, inspección, inyectores CRDI.

## **Abstract**

Proper **maintenance** of common rail diesel injectors (CRDI) is essential to ensure efficient and reliable **operation** of diesel engines. This study aims to analyze the stages of maintenance and functional evaluation of DENSO 23670-0L010 injectors. Through a descriptive analysis the injector subjected to a detailed **inspection** and functional **evaluation**. The maintenance stages were divided by importance into five categories: cleaning, disassembly, inspection, repair, and assembly. Functional evaluation included tests of flow rate, injection pressure, and spray pattern. The results showed that the maintenance stages of **CRDI injectors** significantly affect their performance. Proper cleaning, inspection and repair can significantly improve injection flow rate and pressure, resulting in better fuel efficiency and engine performance. In addition, the study found that the functional evaluation of CRDI injectors is crucial to identify any underlying problems and ensure their correct operation. The study recommends both corrective and preventive as well as functional evaluation of CRDI injectors to guarantee their long-term reliability and optimal performance. In conclusion, proper maintenance, operation, repair, and restoration of CRDI injectors are crucial to ensure efficient and reliable operation of diesel engines.

**Keywords:** maintenance, operation, evaluation, inspection, CRDI injectors.

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es considerado dentro de cualquier ámbito o campo la mejor forma de prolongar la vida del funcionamiento de un elemento y en su debido caso de un sistema, si referimos a un estudio en motores de combustión interna, se comprende que parte del funcionamiento en los ciclos de combustión e inyección forman parte esencial los inyectores, este estudio demuestra las etapas de mantenimiento y evaluación de funcionamiento en los inyectores CRDI (Common Rail DIESEL Injection), conducto único o de riel común en español. Los periodos de mantenimiento en los inyectores de motores diésel, son un aspecto importante para garantizar el correcto funcionamiento y por otro lado prolongar la vida útil de un motor, ya que marcan la diferencia entre el uso óptimo y el uso cotidiano, sin experiencia al desgaste generado por el tiempo y el uso. Dentro de la industria automotriz se utilizan ampliamente los motores diésel, debido a su eficiencia sumamente alta y potencia en el rendimiento, al momento de un trabajo solicitado varias veces, con relación al combustible normal y su mayor consumo. El sistema de combustión interna considera a todas sus partes como necesarias e importantes para poder funcionar de manera sincrónica, desde la inyección hasta el escape (Jovaj, 1985), esta publicación se centró en el primer ciclo que comprende el motor y los inyectores son el principal componente analizado.

Un CRDI, es un componente crítico dentro del motor diésel, ya que carga con la responsabilidad de entregar combustible a los cilindros del motor a alta presión; factor esencial para una combustión eficiente y consecuencia de esto, se genera un funcionamiento correcto del motor diésel (Donaldo.A, 2021). Dentro de los factores importantes que generan la necesidad de un mantenimiento están el uso, la frecuencia, capacidad y resistencia de los componentes, todos estos regidos por el paso del tiempo, uso o errores humanos. Al pasar un lapso de utilidad estas piezas y los componentes que comprenden al CRDI, se obstruyen con suciedad y desechos del combustible, lo que automáticamente se transforma en una pobre eficiencia del diésel y una reducida potencia de salida. Por este motivo de funcionamiento, es importante no ignorar los mantenimientos requeridos y recomendados por la marca, la guía de usuario y el profesional automotriz. Caso contrario por un uso pobre de los inyectores, se producen fallas como: de encendido del motor, aceleración reducida y aumento de emisiones; tres considerables constituyentes de gastos, ineficiencia en el motor y poca conciencia ambiental (AUTOAVANCE, 2019).

La limpieza e inspección, es la parte inicial de un mantenimiento de inyectores ya que busca daños o desgastes aparentes, empieza por la visualización microscópica para luego la comprobación y finalmente la prueba. Controla de igual forma la medición y ajuste del flujo de combustible, incluye el patrón de rociado de los inyectores que son medidos de manera exacta por un software Microsoft que ocupa Windows 10, pero tiene un programa de análisis de la propia marca BOSCH, al igual que la investigación anterior y la consideración de una posible resolución a cualquier problema con respecto al rendimiento del inyector, se debe tener en cuenta un estudio preventivo y/o correctivo según comprenda la necesidad del usuario (Ing.MecAut.MEX, 2020). El reemplazo de componentes del inyector, ya sean desgastados o dañados, forman parte de un mantenimiento correctivo, al igual que el récord de registros detallados y el análisis de rendimiento de los inyectores, para ayudar a identificar y resolver cualquier problema que pueda surgir con el tiempo según la base de datos generada.

En los últimos años, la importancia de mantener los inyectores diésel de riel común, se ha vuelto aún más crítica debido a la introducción de normas de emisiones más estrictas, por entidades nacionales e internacionales (González Valdés, 2010). Los motores diésel modernos dependen de un suministro de combustible preciso, a chorros, para cumplir con estas normas y mantener un rendimiento óptimo del motor. El mantenimiento regular de los inyectores comprende la importancia de las regulaciones ambientales y evitan reparaciones innecesarias, mantienen el sistema de inyección correctamente. En esta investigación, se describió los diversos factores que afectan el rendimiento de los inyectores CRDI, como la calidad del combustible, las condiciones de operación y las prácticas de mantenibilidad, mediante factores como el rendimiento y las emisiones del motor todo esto por una evaluación de efectividad para preservar la potencia de los inyectores. En última instancia, esta investigación demuestra el papel crucial que desempeña el mantenimiento de los inyectores para garantizar la duración y la eficiencia de los motores diésel, en la industria automotriz cumpliendo normativas y normas ambientales (Hunting, 2017).

En general, existe la necesidad industrial de proporcionar una mejora en las prácticas de funcionamiento en los inyectores CRDI, ya que no todo tipo de usuario posee un laboratorio capacitado, el cual provea con la capacidad de realizar restauraciones y reparaciones. Con el fin de optimizar su rendimiento y longevidad mediante equipos y

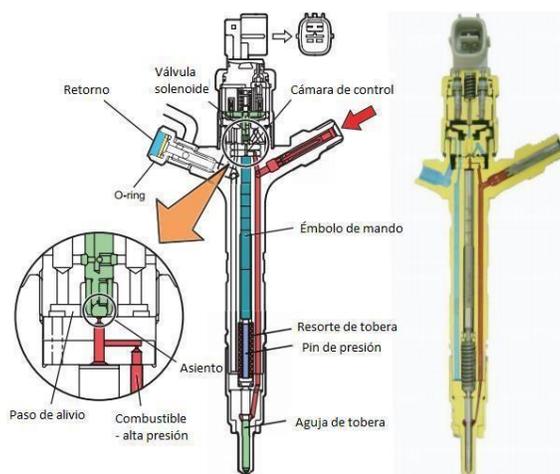
herramientas especializadas, las cuales otorgan exactitud y coherencia ingenieril, más demostraciones a tiempo real del diagnóstico realizado dentro de un banco de pruebas (AUTOAVANCE, 2019). Para poder comprobar y regirse a las normas a lo que mantenibilidad y funcionalidad se refiere dentro de la industria de los inyectores CRDI, se comprendió mediante un análisis descriptivo y una evaluación de funcionamiento con una máquina de calibración y mediante el uso de los equipos de un laboratorio, que las facilidades de la Escuelade Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional Del Ecuador- UIDE Powered by ASU tiene, ubicada en la capital de Ecuador, Quito.

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

Un inyector CRDI o de riel común, es un tipo de inyector de combustible que utiliza un campo electromagnético, para crear un chorro de combustible a alta presión. Este rocío, luego se introduce en la cámara de combustión de un motor de combustión interna, donde se mezcla con el aire, genera una compresión extrema que hace que la mezcla aire- diésel explote y se enciende para impulsar el motor (Ing.MecAut.MEX, 2020). Los inyectores CRDI se utilizan en una variedad de aplicaciones que incluyen a los automóviles, camiones y embarcaciones (Donaldo.A, 2021). Un inyector CRDI se comprende como una válvula, específicamente electromagnética que suministra el combustible al motor, todo esto controlado por un software de computador dentro del automotor. Por estas razones de exactitud en el ciclo de inyección, la fabricación de este componente posee una tolerancia muy pequeña, sus medidas tienen un espesor al abrir de aproximadamente 1 micra y se mantienen abiertos por muy pocos milisegundos (de 2 y 15 milisegundos, todo depende de la condición de trabajo expuesto) para que pase la gasolina. La eficiencia operativa de entrega con respecto al caudal de inyección y la presión no deben ser menores al 60% de su capacidad para poder mantener parámetro adecuado de uso según su fabricante (Hunting, 2017).

Al momento que el combustible diésel ingresa al inyector CRDI para ser distribuido, el ingreso de este líquido es protegido por una fina malla filtrante de 20 micras que acciona

protección mediante un pulso electrónico, su salida puede ser mediante uno o varios orificios que dosificaran según las especificaciones de funcionamiento y del manual de la pieza, la salida de combustible es totalmente atomizada (Kech, 2014). El solenoide es el encargado de inyectar gasolina y está presente uno por cada inyector, por ende, en el cilindro del motor en el que trabaja. El sistema de inyección de combustible forma parte del mismo funcionamiento que el sistema de inyectores CRDI con sus partes que lo componen como válvulas, mangueras y cilindros; pero no siempre los inyectores son causantes de un porcentaje de error alto en la inyección como tal, más bien uno bajo por trabajar de manera tan exacta, ventaja que conviene al momento de tener mayor demanda de trabajo solicitado. (BOSCH, 2023).



**Figura 1:** Inyector Common Rail 23670- 0L010

**Fuente:** ESPE

Un inyector posee medidas extremadamente pequeñas, para ser específico en micras y exactas con una tolerancia baja. Dentro de las piezas que hacen a un componente y en el caso de un inyector, muchas veces no es posible reparar, si no cambiar debido a la tolerancia necesaria en el funcionamiento, es por esta razón que, empieza el proceso desde la limpieza como el primer factor determinante de un mantenimiento preventivo, proceso el cual se encarga de eliminar contaminantes y depósitos se acumulan en los inyectores y causar problemas de rendimiento. La calibración por otro lado sería parte de un mantenimiento correctivo, implica al tiempo y uso como factores determinantes que dictaminan el lapso entre un mantenimiento y otro, este implica someter a un banco de pruebas a los inyectores

para asegurar que entregan combustible a la presión correcta y en el volumen correcto (REDAT, 2020). El fin del tipo de mantenimientos, sea este correctivo o preventivo es preservar la vida funcional de un inyector CRDI ya que la eficiencia en el trabajo es necesaria para que produzca la cantidad de energía deseada en el motor. Un inyector que no esté dentro del 60% de funcionalidad óptima resulta en: deficiente o excesivo consumo de combustible, aumento de gastos, disminución del rendimiento del motor y agranda las emisiones permitidas por la normativa ambiental (MDInyeccionDiesel.ARG, 2015). Además, un inyector defectuoso dentro de la industria daña otros componentes del motor, entonces por consideración colectiva al sistema, se realizan los mantenimientos pertinentes e inspecciones periódicas, con el objetivo de identificar cualquier inconveniente, antes de que ocurra un accidente. Dentro del mercado ecuatoriano se encuentran tres marcas principales de inyectores de todo tipo, que son: Bosch, Delphi y Denso. Es importante denotar, que no todos los fabricantes de vehículos trabajan con el mismo estándar de inyectores y en el caso del análisis descriptivo de este estudio se trabajó con el inyector Denso Common Rail 23670-0L010 específicamente. Las etapas e intervalos de mantenimiento varían según el uso y el modelo específicos del inyector, esto también incluye al motor en el que se utilizan los componentes CRDI. Siempre es crucial consultar las recomendaciones del fabricante para los intervalos de mantenimiento y reemplazo, al igual que comprobar mediante las tres primeras etapas de mantenimiento: limpieza, lavado y comprobación electrónica, si el inyector necesita un proceso correctivo (reparación) o preventivo (recuperación), todo bajo una calibración a punto (REDAT, 2020).

Como los inyectores utilizan un campo electromagnético para controlar el flujo de combustible en la cámara de combustión, es necesario un análisis eléctrico de la bobina mediante un multímetro o equipo especializado, para luego mediante pruebas con el mismo definir un cambio, restauración o un reemplazo total de la pieza (BOSCH, 2020). Es común tener fallas en cualquier componente de los inyectores, debido al tiempo de utilización, pero estas suelen confundirse con fallas de las bujías o cables del sistema de inyección, conocimiento suficiente como para considerar y someter a varias pruebas individuales que se realizan para descartar factores no relacionados al inyector, por ejemplo, en un vehículo se coloca un aparato llamado regulador de presión de gasolina, que es un manómetro, el cual indica la presión de la línea de inyección completa, desde la bomba hasta los inyectores y de los inyectores hacia el tanque de retorno que entran en consideración de sus propiedades

mecánicas e hidráulicas, bajo un estándar de la cantidad de libras que requiere el motor para trabajar o también hacer pruebas de voltaje donde, si el inyector CRDI no completa los voltios de funcionamiento en la descarga generada, automáticamente no cumple con el estándar y estaría averiado el solenoide, este factor forma parte de la propiedad electrónica (RODIMotorServices, 2021). Un inyector que funciona de manera defectuosa podrá comprometer al consumo normal de gasolina y por otro lado el tener válvulas que funcionan de manera directa sin funcionamiento regular obstruye el paso al momento de la ignición, causa descompresión inconstante, explosiones descontroladas y demás fallas consecuentes (REDAT, 2020).

Un inyector conforma en su tamaño ser una pieza pequeña, que funciona dentro de un sistema automotriz de manera sincrónica por ende es necesario, al momento de realizar un análisis descriptivo de las etapas de mantenimiento, un banco de pruebas que simule presiones y condiciones casi exactas a las de un motor a diésel, dentro del margen de presión que ejerce el trabajo que es de 120 a 1.350 bares, pero el inyector CRDI trabaja hasta un límite máximo de 300 a 2000 bares de presión (Donaldo.A, 2021). Dentro del laboratorio de inyectores, existió la posibilidad de realizar pruebas en la maquina Bosch EPS 205, que es una herramienta ingenieril especializada que se utiliza para la prueba y el mantenimiento de inyectores, su manual describe siete pruebas respectivas, con respecto a la estanqueidad y la medición del caudal; todo esto incluye las mejores prácticas para la solución de problemas en el funcionamiento, como lo es la limpieza y la calibración de inyectores, de manera repetida en lapsos de tiempo definidos de entre 40 y 60 segundos de prueba, de igual forma evita algunos de los inconvenientes en el uso cotidiano de un inyector. También este aparato automotriz, cumple con los estándares industriales de la marca DENSO y tiene la capacidad de ejecutar pruebas dentro de los inyectores mediante regulaciones y normativas que garantizan operación segura y eficiente del sistema de inyección de combustible, incluso utilizan un fluido de calibración con estándares ISO (BOSCH, 2023).



**Figura 2:** Equipo BOSCH EPS 205

**Fuente:** Autor, NMV



**Figura 3:** Equipo BOSCH EPS 205 con un inyector de riel común marca DENSO

**Fuente:** Autor, NMV

Al momento que el componente CRDI se extrae de su cilindro para una revisión, es común el uso de un kit de limpieza de inyectores, luego un sistema de ensamble y desensamble para revisar pieza por pieza, se utiliza un limpia carburadores y aceite WD-40 para rociar y lubricar al montar nuevamente, después una lavadora ultrasónica, encargada de limpiar cualquier obstáculo en el paso o impureza dentro y fuera de la pieza considerada

(Donaldo.A, 2021), es importante considerar que nunca se pone la bobina en el limpiador ultrasónico ya que, genera un cortocircuito en la lavadora, porque es una pieza eléctrica y no mecánica. Luego para completar el mantenimiento, se utiliza el banco de pruebas que tiene la máquina de calibración, dentro de un estándar correcto de determinación, estas pruebas mediante la EPS 205, generan una simulación a tiempo real bajo presiones atmosféricas normales de trabajo en el inyector introducido. El proceso inicialmente, como la gran mayoría de limpiezas de inyectores, empieza mediante una limpieza de abajo hacia arriba, es decir en contraflujo con la maquina o en el mismo sentido, función que cumple el equipo BOSCH EPS 205, donde un algoritmo determina mediante vistas buenos si el inyector está en buen estado o con una equis si no cumple con el estándar, toma las pruebas de estanqueidad, preinyección, ralentí y plena carga en un orden secuencial (BOSCH, 2020).

3.6.1 Vista frontal

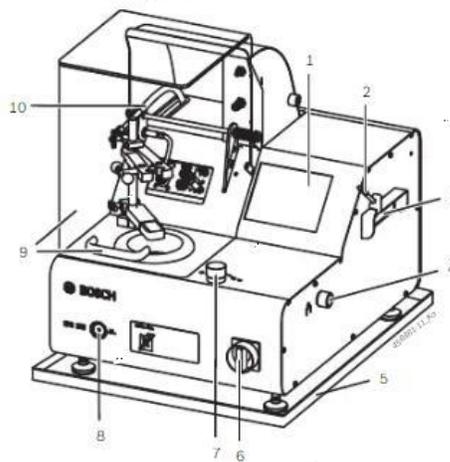


Fig. 1: Vista frontal

- 1 Pantalla LCD con pantalla táctil
- 2 Lápiz palpador
- 3 Conexiones para PC
- 4 Conexión de aspiración externa
- 5 Bandeja colectora de aceite
- 6 Interruptor principal (con función de parada de emergencia)
- 7 Regulador de aspiración para aspiración interna
- 8 Indicador de nivel de aceite de ensayo
- 9 Cubierta protectora con asa
- 10 Manguera de alta presión

**Figura 4:** Descripción del Equipo EPS 205

**Fuente:** Manual de Usuario BOSCH EPS 205

La herramienta digital EPS 205 permite a parte de exactitud, una base de datos que se guarda de manera automática en la computadora utilizada, para si es necesario comprobar

y comparar con tests que fueron realizados anteriormente. todo esto bajo el mismo estándar de consideración en bancos de prueba de trabajo como lo es un ciclo automático, un máximo de 1,800Bar de presión y fácil acceso al diagnóstico, sin la necesidad de enviar el inyector a un especialista que demora varios días en entregar un resultado (BOSCH, 2020).

El diagnóstico por realizar para un mantenimiento de inyectores CRDI, según el equipo BOSCH EPS 205 consiste en las siguientes pruebas: de estanqueidad, de preinyección, ralentí y plena carga, en ese orden, y con tan solo la primera prueba, la máquina de calibración mediante las fugas que son diagnosticadas o un retorno completo en el inyector me notifican que es necesario un mantenimiento correctivo. Estos ensayos también generan que el software no continúe con el proceso debido a un exceso en el factor de tolerancia electrónica, y se requiere un desarmado para comprobación de funcionamiento de las piezas y del mismo inyector (Kech, 2014). Luego de tener el inyector en piezas se observa mediante un microscopio cualquier ruptura, desgaste en general que pueda generar un funcionamiento pobre en el retorno. Después se inspecciona cada pieza, identificando la unidad imperfecta, y en el caso de ser necesario el reemplazo o limpieza de impurezas de combustible (REDAT, 2020).

Posteriormente se arma la pieza con su nuevo componente y se introduce el inyector en el banco de pruebas BOSCH EPS 205, si la simulación es exitosa el paso final es calibrar de manera electrónica, para que este se adapte a sus parámetros de funcionamiento normales/ originales, que también se especifica dentro del manual de usuario del equipo EPS 205, un mantenimiento preventivo regular garantiza que funcionen de manera inmejorable los inyectores. Se incluye como primera elección la limpieza y pruebas periódicas normales, o como prácticas recomendables según el manual, el reemplazo total de la pieza cada 150.000km- 30.000km o un servicio de mantenimiento y limpieza cada 15.000 o 30.000km según sea el uso (AUTOAVANCE, 2019). Los inyectores de solenoide en palabras coloquiales permiten el drenaje mediante una válvula que abre y cierra el retorno del diésel el combustible, se afirma nuevamente con esta declaración que un mantenimiento a un sistema de flujo sea correctivo, tanto como preventivo son primordiales para un correcto funcionamiento dentro del sistema de inyección en los motores de combustión interna diésel (Jovaj, 1985).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en esta investigación, es el método descriptivo acompañado del estudio práctico secuencial de las etapas de mantenimiento, de limpieza y calibración de los inyectores mediante bancos de prueba, 7 pruebas que miden estanqueidad y control de caudal, comandados por el equipo BOSCH EPS 205, que diagnostican y proveen de soluciones realizables a las causas y consecuencias del uso de inyectores de riel común o CRDI; con un enfoque definido a la experimentación en análisis de las etapas de mantenimiento de los inyectores de marca “DENSO” específicamente el modelo 23670-0L010, al igual que una evaluación de funcionamiento del mismo inyector, con el objetivo de comprobar su vida útil y la mantenibilidad.

Las consideraciones dentro de un mantenimiento de inyectores CRDI son:

- I. Análisis previo que diagnostica un error en el ciclo de inyección y específicamente en inyectores dentro del motor de combustión interna a diésel.
- II. Desarmado de la pieza CRDI para evidenciar estado de piezas y luego mediante el torque correcto armarlo y probar el estado de los componentes.
- III. Observación microscópica de cada una de las piezas, que comprueba la existencia de roturas, fisuras o daños irreversibles, para cambiar o limpiar dicha pieza, todo guiado por un manual de usuario según la marca del inyector.
- IV. Armado del componente CRDI con sus piezas reparadas y/o cambiadas, para someterlo al banco de pruebas.
- V. Según los resultados, considerar repetir los pasos anteriores si no aceptar que todas las etapas de mantenimiento sometidas por el equipo BOSCH EPS 205, son correctas y proceder al mantenimiento del siguiente inyector.
- VI. Armar en el sistema del automotor, el inyector en el cual se realizó las pruebas de cumplimiento funcional y definir que cumple con todas las etapas de mantenimiento, según su manual de usuario.

## 2. MATERIALES

### 2.1 Equipo para la comprobación de conjuntos porta- inyector e inyectores, BOSCH EPS 205

La máquina o banco de pruebas EPS 205 de la marca “Bosch” posee las siguientes características de los componentes para la comprobación:

#### 3.6.3 Componentes para la comprobación

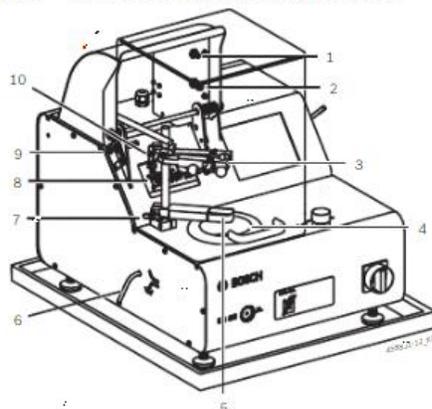


Fig. 3: Componentes para la comprobación

- 1 Entrada de retorno CRI Piezo
- 2 Salida de retorno CRI Piezo
- 3 Soporte de fijación con tornillo tensor para fijación de CRI/CRIN, CRI Piezo o DHK/UI
- 4 Cámara del chorro
- 5 Soporte de la cámara de inyección
- 6 Tubo de descarga
- 7 Tornillo tensor para regular la altura del soporte de la cámara de inyección
- 8 Panel de conexiones
- 9 Contacto de la cubierta protectora
- 10 Tornillo tensor para regular la altura del soporte de fijación

**Figura 5:** Componentes para la comprobación del Equipo EPS 205

**Fuente:** Manual de Usuario BOSCH EPS 205

También es capaz de inspeccionar inyectores del tipo: CRI, CRIN, CRI Piezo y DHK/UI. Cualquier tipo de inyectores trabajan a una presión sumamente alta (hasta 1800Bar) y este dispositivo genera la suficiente presión, para cada inyector que se necesite evaluar mediante una bomba de alta presión, que suministra el fluido de calibración ISO 4113 y a su vez mediante el riel común que con una válvula reguladora mantiene el caudal en su estándar de funcionamiento, para poder manejar una simulación correcta, en el caso del tipo de inyectores CRDI estos son accionados mediante un impulso eléctrico de 100v (BOSCH, 2023).

- Microscopio digital.

## 2.2 Instrumentos y herramientas para el mantenimiento de los inyectores CRDI

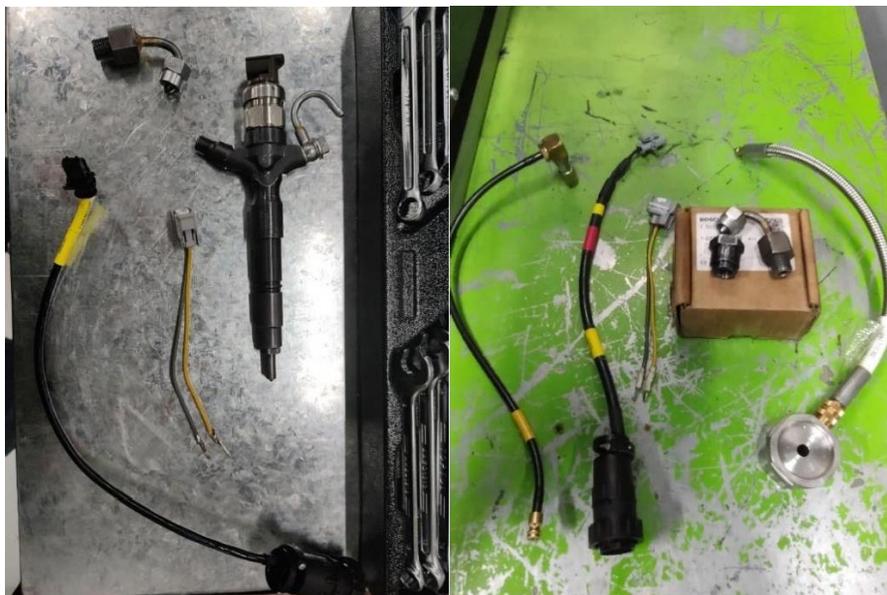
- Inyector inductivo CRI de marca “Denso” 23670-0L110



**Figura 6:** Inyector CRDI “DENSO 23670- 0L110”

**Fuente:** Autor, NMV

- Adaptadores: electrónico para la bobina, hidráulico para el ingreso del líquido de calibración y mecánico en forma de codo para mejor sujeción en el caudal de retorno.



**Figura 7 y Figura 8:** Inyector DENSO CRDI y sus adaptadores para trabajar en la maquina EPS 205

**Fuente:** Autor, NMV

- Fluido de calibración Power Diesel ISO 4113, (CASTROL, 2012).
- Multímetro, llave dinamométrica, juego de llaves y caja con herramientas específicas para el armado y desarmado de inyectores.



**Figura 9:** Instrumentación necesaria para poder armar y desarmar el inyector

**Fuente:** Autor, NMV

### **3. Normativa**

- Normativa ISO 8753- 1 de regulación ambiental, (UPV, 2018).

Dentro de las etapas de mantenimiento de un inyector existen normativas de seguridad, regulación ambiental y de instrumentación que son necesarias para poder trabajar de manera estándar en la industria. Para ejecutar las pruebas con el instrumento BOSCH EPS 205 se manejan dos normativas: ISO 8753-1, ISO 4113: 2010, la primera que define el máximo de contaminantes en el producto residual o calidad del aire comprimido (UPV, 2018) y la segunda que comprende una especificación técnica del líquido de calibración para someter al inyector al banco de pruebas de motores a combustión diésel (CASTROL, 2012).

**Tabla 1:** Características Técnicas del fluido de Calibración “POWER DIESEL” ISO 4113

<b>Densidad a 15/4°C, kg/m<sup>3</sup></b>	DIN 51757	826
<b>Punto de inflamación, COC °C</b>	DIN ISO 2719	95
<b>Punto de enturbiamiento °C</b>	DIN ISO 3015	-18
<b>Punto de escurrimiento °C</b>	DIN ISO 3016	-27
<b>Viscosidad cinemática</b>		
<b>A 40°C cSt</b>	DIN 51562	2.55
<b>A 20°C cSt</b>		3.8
<b>Punto de ebullición</b>		
<b>Punto inicial °C</b>	DIN51751	220
<b>Punto final °C</b>		360
<b>Espuma sec. 1ml</b>	ASTM D 892	01/10/00
<b>Prueba de oxidación</b>		
<b>Residuos de mg/ 100ml</b>	ASTM D 2274	0.4
<b>Prueba de corrosión</b>		
<b>Humedad</b>	DIN 51359 (72hs)	6 X 0
<b>Corrosión al hierro</b>	DIN 51385 (24hs)	0 – A
<b>Corrosión al cobre</b>	DIN ISO 2160 (3h/ 100°C)	Clase 1

**Fuente:** (MDInyeccionDiesel.ARG, 2015)

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de esta investigación, consiguieron el objetivo que es demostrar la importancia que tiene un mantenimiento tanto preventivo como uno correctivo, estos definidos con dos puntos principales: el visto bueno de la maquina EPS 205 y la inspección visual microscópica sin ningunapieza que requiera un reemplazo, al igual que la evaluación de funcionamiento de los inyectores CRDI mediante un estándar de trabajo, que determina qué tipo de etapa se necesita desarrollar, tomando importancia en que la secuencia sea correcta.

**Inyector Common Rail**

No. Tipo- pieza: 23670- 0L110

Fabricante: Denso

Perfil activación: GX- 02

Descripción: G2

✓ **RESULTADOS DE MEDICION**

Número de serie: ---

**Tabla 2:** Resultados del banco de pruebas realizado en la maquina BOSCH EPS 205

Paso de prueba	Duración activación (microsegundo)	Presión (MPa)	Tiempo medición (seg.)	Caudal inyección (Valor nominal mm3/H)	Caudal inyección (Valor real mm3/H)	Caudal retorno (Valor nominal mm3/H)	Caudal retorno (Valor real mm3/H)	Evaluación
Prueba de fugas	0	145	40	---(+/-)---	----	20,0 (+/-) 15,0	19,42	✓
Calentar y lavar	950	135	60	150,0 (+/-) 150,0	77,96	---(+/-)---	----	✓
Retorno	1733	135	40	---(+/-)---	----	35,0 (+/-) 25,0	50,12	✓
Max	950	135	40	80,0 (+/-) 8,7	77,76	---(+/-)---	----	✓
TL	720	60	40	25,0 (+/-) 7,4	25,17	---(+/-)---	----	✓
LL	720	30	40	8,5 (+/-) 4,8	8,29	---(+/-)---	----	✓
VE	410	60	40	4,7 (+/-) 1,8	6,17	---(+/-)---	----	✓

Fuente: Maquina de Calibración EPS 205

Esta tabla demuestra un banco de pruebas totalmente regidas por estándares, normativas ambientales y una mantenibilidad correcta según el manual de usuario. El equipo BOSCH EPS 205, al momento de finalizar las pruebas entrega: resistencia en la bobina correcta, fugas y goteos inexistentes, funcionamiento mecánico original, patrón de pulverización de caudal y la calibración correctos según el manual de usuario; procesos los cuales se realizan las veces que sean necesarias, hasta comprobar una mantenibilidad correcta. Por ende, el trabajo con el método descriptivo y experimental cumple con los estándares de la industria, con el fin de conseguir los resultados de un funcionamiento correcto en los inyectores CRDI (BOSCH, 2020).

Un factor determinante al momento de interpretar los resultados obtenidos mediante el EPS 205 de Bosch es, la presión de apertura de los inyectores CRDI, ya que este componente necesita un mismo caudal de funcionamiento constantemente entonces, para que funcione la bomba debe generar una presión equivalente a 200 bares de presión en el caso de los inyectores DENSO, para que estos empiecen a funcionar y responder a cualquier tipo de prueba inicial (Donaldo.A, 2021). El mantenimiento y limpieza profunda de los inyectores CRDI, según el fabricante y el manual de usuario deben ser repetidos cada 15.000km-30.000km o una vez al año por la garantía ofrecida de la marca (VolkswagenMéxico, 2020), para evitar un deterioro mayor al causado por el tiempo y uso se debe someter a cada inyector a una inspección microscópica y limpieza ultrasónica para luego meter el componente dentro del banco de pruebas BOSCH EPS 205 y garantizar de que su funcionamiento es óptimo con los resultados obtenidos (BOSCH, 2020).

En el momento que el inyector necesita ser desarmado por partes para luego ser armado a punto de torquímetro, determina un funcionamiento que no es el original y que es momento de un mantenimiento correctivo, ya que el sistema de inyección presenta fallas como: consumo excesivo de combustible, emisiones elevadas, disminución de potencia, entre otros importantes factores. Entonces se consideran los desgastes más comunes para poder diagnosticar y encontrar el síntoma que causa daño al sistema, que lleva ser un problema con una causa aparente. En esta tabla existen 3 divisiones donde se expone lo siguiente, en la primera las etapas de mantenimiento, luego la segunda que describe la posible causa de un problema para luego concluir con la última que contiene la función y propiedad de la etapa.

**Tabla 3:** Etapas de mantenimiento según el daño- reparación necesaria

<b>Etapas de mantenimiento para solucionar el problema</b>	<b>Descripción de la Causa/ problema</b>	<b>Función y propiedad de la etapa</b>
<b>1. Limpieza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento regular según la garantía por 15.000- 30.000km.</li> <li>- Ralentí irregular.</li> </ul>	Mediante líquidos aprobados de lubricar las piezas al momento de desmontar el inyector para luego si fuera necesario limpiar a profundidad. Utilizar el ultrasonido para eliminar carbón y barniz almacenado, hollín e impurezas adheridas
<b>2. Lavado o Flushing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños por agua.</li> <li>- Daños por calidad de combustible diésel.</li> </ul>	Inyección de limpieza a alta presión por los conductos de entrada y salida para expulsar los residuales y sedimentos mediante rangos de calentamiento.
<b>3. Comprobación electrónica</b> <i>*Si el voltaje no corresponde a 100V no se debe continuar con el banco de pruebas ni etapas de mantenimiento.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ralentí irregular</li> <li>- Calibración por falla en bobina.</li> </ul>	Pruebas con un multímetro que diagnostica pulsaciones de funcionamiento que, si no se comprueban sus valores originales, la resistencia y capacitancia no podrían ser suficientes para trabajar ni tampoco su aislación. Calibración en el EPS 205.
<b>4. Comprobación de Fugas</b> <i>*Si mantiene estanqueidad no tiene fugas.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difícil arranque del motor.</li> <li>- Perdida de potencia.</li> <li>- Estanqueidad.</li> </ul>	Sometimiento a un banco de pruebas mediante alta presión, se simulan presiones atmosféricas normales con un líquido que diagnostica el estado de sellos y de la aguja inyectora.
<b>5. Comprobación de caudal correspondiente</b> <i>*Nunca el retorno deberá ser más que la descarga.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ralentí irregular.</li> <li>- Consumo excesivo de combustible.</li> <li>- Perdida de potencia.</li> </ul>	Simulación de pulsos que controlan cuanto caudal se entrega al momento de la inyección, de hasta 4mm <sup>3</sup> .
<b>6. Verificación de abanico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallas en velocidades altas.</li> </ul>	Prueba de uniformidad en la entrega del combustible al motor.

**Fuente:** Autor, NMV

La reparación dentro del análisis de funcionamiento genera la solución a los síntomas diagnosticados en el inyector CRDI, toma en cuenta que los componentes que más daños sufren de forma común, debido al uso son la aguja del inyector y el cuerpo del inyector, estas dos consideran el kilometraje y el tiempo como mayor factor, luego las guías, tuercas, bolas y pines, que constantemente están sometidos a una alta presión y por este factor de rozamiento tienden a necesitar mayor mantenibilidad; de todas sus partes que comprenden a un CRDI: bobina del inyector, muelle de la válvula, anillo de ajuste VFK, anillo de ajuste AH, inducido de pulverización, tobera del inyector, aguja de la tobera, pines de tobera, muelle de tobera, anillo de calibración de la tobera DFK, embolo, cuerpo del inyector, tuerca de la válvula del inyector, válvula del inyector y finalmente los pines de la válvula del inyector, se puede decir que en totalidad las piezas que conforma un inyector CRDI de la marca DENSO, no se dañan al mismo tiempo, ni de la misma forma, si no unas tienden a fallar más que otras si se considera su posición y trabajo en el inyector (DENSO, 2022).

El combustible y su calidad, índice de cetano en el caso del diésel, deben estar siempre en el margen de los estándares que pide el fabricante de la pieza y el vehículo, ya que varias impurezas de diversos tipos se asientan dentro del combustible diésel y con el tiempo causan fallas o comprometen el rendimiento de los inyectores diésel, estas impurezas son algo natural y para poder dar un correcto diagnóstico, se descartan factores como la dificultad para arrancar el motor, el aumento del consumo de combustible, la pérdida de potencia, bajas revoluciones del motor, gases de escape salen azules (agua) o negros (contaminación de combustible), entre otros (Hunting, 2017). La limpieza y mantenimiento de inyectores se debe hacer constantemente cada 15.000km más o menos, para evitar también así el depósito de polvo y mugre en las piezas internas del inyector que son extremadamente delicadas por su tamaño y función, razón por la cual es importante seguir un paso a paso de las etapas de mantenimiento, al igual que evaluar el funcionamiento mediante un orden secuencial (ASA, 2022).

Los resultados obtenidos demuestran un banco de pruebas y de diagnósticos resueltos que funcionan, no solo en este inyector que fue seleccionado incluso en otros inyectores de la misma marca y de las mismas características CRDI. La máquina de calibración BOSCH EPS 205 es una herramienta ingenieril altamente efectiva, eficiente y duradera para cualquier etapa de mantenimiento de los inyectores de riel común ya que, está equipada con tecnología

avanzada, características que permiten limpieza profunda y ensayos precisos que sustentan si la pieza deberá regirse a un mantenimiento correctivo o preventivo, sea su respectivo caso; por otro lado, la EPS 205 elimina cualquier contaminante del combustible al momento de generar la simulación de pruebas, de esta forma se asegura que los CRDI funcionen de manera óptima y a punto. En conjunto todo lo mencionado de esta herramienta, ayuda a aumentar la vida útil del inyector (BOSCH, 2020). Además, la EPS 205 de Bosch es fácil de usar y operar, lo que la convierte en una opción popular entre los técnicos y mecánicos automotrices que trabajan dentro de la industria automotriz diésel. La marca BOSCH tiene alta fidelidad en su uso y está construida para durar y someterse a lo que necesite su usuario, utiliza la confianza como mayor determinante para vender a sus usuarios, siendo una excelente inversión para aquellos que trabajan con inyectores CRDI (BOSCH, 2023).

En el análisis descriptivo de las etapas de mantenimiento y evaluación de funcionamiento de los inyectores CRDI, se comprobó que el inyector ya posee kilometraje anterior, es usado, pero sin embargo no posee ninguna falla grave al momento de realizar el estudio descriptivo y su respectivo análisis de funcionamiento; también que las pruebas realizadas resultaron ser positivas, al igual que todos los procesos de manera secuencial se cumplen y cada pieza que compone al inyector se encuentra en un buen estado. Si la mantenibilidad es realizada de manera periódica y adecuada, esto garantiza en un 80% que la vida útil de un inyector aumente que va de la mano con un combustible de calidad el cual genera una correcta atomización (Hunting, 2017).

## **CONCLUSIONES**

El tipo de inyectores “Common Rail Diesel Injection” tiene una particularidad y es que no se repara un componente interno al 100%, ya que poseen una calibración y tolerancia tan baja que solo el fabricante sabe cómo replicar; los tamaños, formas y medidas no son hechas para reparar sino para reemplazar, motivo que obliga al usuario a repetir de manera habitual los mantenimientos y limpiezas profundas de las piezas en el CRDI. La máquina de calibración EPS 205 determina el análisis de funcionamiento del inyector mediante un banco de pruebas, somete al inyector a tests progresivos y toma la comprobación electrónica como la etapa más importante debido a que si la bobina no

funciona, ningún elemento podrá funcionar normalmente. Este tipo de pruebas deben ser cumplidas de manera constante y fija, cada 15.000km- 30.000km o cada vez que el inyector cumpla un año de función, de esta forma se cumplen todas las normativas y reglas del fabricante. Si el inyector presenta fallas de funcionamiento, se debe desarmar el mismo desde arriba hacia abajo y luego dando la vuelta para desenroscar el último componente, para poder analizar de manera microscópica pieza por pieza y con un ejemplo original de la marca, poder comparar visualmente que necesita el inyector si un mantenimiento correctivo o uno preventivo, si el CRDI ya no tiene vida útil y posee alrededor de un 40% de funcionamiento correcto, este deberá ser cambiado totalmente, normalmente cada 150.000km o cada 300.000km según sea el uso del automotor (Volkswagen México, 2020). En el caso de no requerir recuperación de piezas limpiar el inyector y proceder al armado a punto exacto de torque. Toda pieza de inyector no debería funcionar bajo un 60% de vida útil ya que un desgaste entre ese nivel es aceptado, pero si llega a ser menor del porcentaje evaluado resulta ser comprometedor con el sistema de inyección entonces; es necesario un replazo de pieza total proceso el cual cumple con las reglas de funcionalidad en el ciclo de inyección. Dentro del sistema de inyección a diésel en los automotores, los inyectores no son el mayor determinante de fallas, generalmente menos del 10% de los errores son conexos a las piezas CRDI, entonces se concluye que este tipo de inyectores también por el tipo de combustible que utiliza es menos contaminante, en lo que a CO<sub>2</sub> refiere, reduce los gases contaminantes a la atmósfera en referencia al combustible de uso regular, también genera un porcentaje mínimo de reparación total comparándolo con demás componentes del sistema de inyección.

El análisis descriptivo de las etapas de mantenimiento y evaluación de funcionamiento de los inyectores CRDI garantiza, el correcto funcionamiento de estos componentes críticos, en los motores diésel. Los resultados de este estudio se comprendieron en tres etapas principales: inspección, limpieza y calibración, se tomaron cada una por separado según fueron sus propiedades: hidráulicas, mecánicas y/o electrónicas, como determinantes para el funcionamiento original, por ejemplo, el evitar la pérdida de potencia en la atomización y caudal de retorno o de inyección. De esta forma se previenen inconvenientes en el futuro, que descartan ineficiencias funcionales y crean mejoras en la

vida útil desde el inyector hasta el sistema de inyección como tal, todo mediante una normativa ambiental que me permite trabajar de manera adecuada.

Las prácticas constantes de mantenimiento y adecuados bancos de prueba en la maquina EPS 205, ayudan a prevenir la acumulación de depósitos, corrosión y otras formas de desgaste que conducen a un rendimiento reducido y mayores emisiones. Es importante, tener en cuenta que estos procedimientos de los tipos de mantenimiento descritos en este estudio deben ser realizados por técnicos capacitados que utilicen herramientas y equipos especializados. El uso de soluciones, líquidos de calibración, herramientas incorrectas o la calibración de los inyectores sin la capacitación y el equipo adecuados, tiene un alto porcentaje de dañar piezas internas de los inyectores como la válvula del inyector, ya que este componente posee una media bola, muy frágil al torque poco preciso de ajuste al momento de armar. En resumen, el análisis descriptivo de las etapas de mantenimiento y evaluación de funcionamiento de los inyectores CRDI, maneja de manera objetiva y lógica la importancia del mantenimiento regular en lapsos definidos (15.000- 30.000km máximo) y los beneficios que brinda para el buen funcionamiento, prolongando la longevidad de las piezas en el sistema de inyección de los motores diésel. El mantenimiento correctivo adecuado, es esencial para garantizar que estos componentes críticos continúen su función mediante un rendimiento confiable y eficiencia de combustible según su regulación y normativa correspondiente (Kech, 2014).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- I. (BOSCH, 2020), Bosch Automotive Aftermarket. Recuperado del URL: <https://ap.boschaftermarket.com/au/en/equipment/test-equipment/test-benches-and-tools/eps-205>
- II. (Ing.MecAut.MEX, 2020), ¿Qué es un Inyector piezoeléctrico del sistema Common Rail y cómo funciona? Recuperado del URL: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-un-inyector-piezoelctrico-del-sistema-common-rail-y-como-funciona/>
- III. AUTOAVANCE, 2019), El Inyector Common Rail. Recuperado del URL de la revista electrónica: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/100-el-inyector-common-rail/>
- IV. (REDAT, 2020), LIMPIEZA DE LOS INYECTORES DIESEL. Recuperado del URL: <https://www.redat.com/es/news/noticias/limpieza-de-los-inyectores-diesel>
- V. (Donaldo.A, 2021), Tipos de inyectores en Sistema Diesel Common Rail. Recuperado del URL: <https://autosoporte.com/tipos-de-inyectores-en-sistema-diesel-common-rail/>
- VI. (Herramundo, 2019), Las 17 Herramientas Que Necesitas Para Abrir Un Taller De Inyección Electrónica. Recuperado del URL: <https://herramientas.tv/herramientas-para-taller-de-inyeccion-electronica/>
- VII. (RODIMotorServices, 2021), Consejos para el mantenimiento de los inyectores de tu Coche. Recuperado del URL: <https://www.rodi.es/blog/mantenimiento-inyectores/>
- VIII. (DENSO, 2022), Denso Products. Recuperado del URL: <https://www.denso-am.co.jp/en/product/fuel-injection-systems/>
- IX. (ASA, 2022), Automotive Service Association. Recuperado del URL: <https://www.asashop.org/Publications/ASA-News-and-Articles/ArtMID/5735/ArticleID/23/Fuel-Injection-101-Understanding-Fuel-Injectors>
- X. (Hunting, 2017), FUEL INJECTION SYSTEM 101. Recuperado del URL: <https://knowhow.napaonline.com/fuel-injection-system-101/>
- XI. (BOSCH, 2023), Bosch Mobility Piezo Inyector. Recuperado del URL: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/injectors/piezo-injector->

[cri3/](#)

- XII. (Kech, 2014), HOW DOES COMMON RAIL INJECTION WORK? Recuperado del URL: <https://www.mtu-solutions.com/eu/en/stories/technology/research-development/how-does-common-rail-injection-work.html>
- XIII. (MDInyeccionDiesel.ARG, 2015), Inyección Diésel. Recuperado del URL: <https://www.mdinyecciondiesel.com.ar/>
- XIV. CASTROL, 2012), Ficha técnica 4113. Recuperado de la ficha técnica de Castrol: Calibration Oil 4113, 2012.
- XV. (Jovaj, 1985), Motores de Automóvil, Dirigido por M.S. Jovaj.
- XVI. (UPV, 2018), Elementos básicos de las instalaciones de aire comprimido. Recuperado del artículo docente de la Universitat Politècnica de València: <https://riunet.upv.es/handle/10251/102417>
- XVII. (Volkswagen México, 2020), Inyectores de autos: ¿cómo funcionan y por qué limpiarlos? Recuperado del URL: <https://www.vw.com.mx/es/experiencia/innovacion/que-es-inyector-de-auto.html#:~:text=%C2%BFCada%20cu%C3%A1nto%20debo%20limpiarlos%3F,cada%20uno%20o%20dos%20a%C3%B1os>.
- XVIII. Normativa ISO 8573-1:2010. <https://www.iso.org/standard/46418.html>
- XIX. Normativa ISO 4113:2010. <https://www.iso.org/standard/50636.html>