



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: ALMENDARIZ MAISINCHO, CARLOS ANDRÉS

NARANJO PULLUPAXI, LUIS ANÍBAL

DIRECTOR: ING. ERAZO LAVERDE, WASHINGTON GERMÁN





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TEMA:

ANÁLISIS ELECTRÓNICO Y MECÁNICO EN EL PROCESO DE CALIBRACIÓN DE LOS INYECTORES DE SISTEMAS CRDI BOSCH Y DENSO



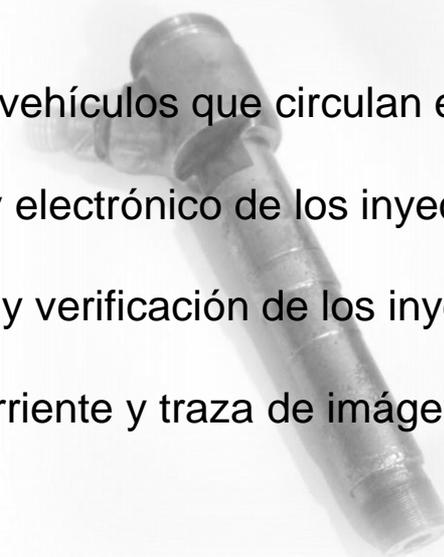
OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de sistemas CRDI Bosch y Denso para obtener un óptimo desempeño del motor de combustión interna.



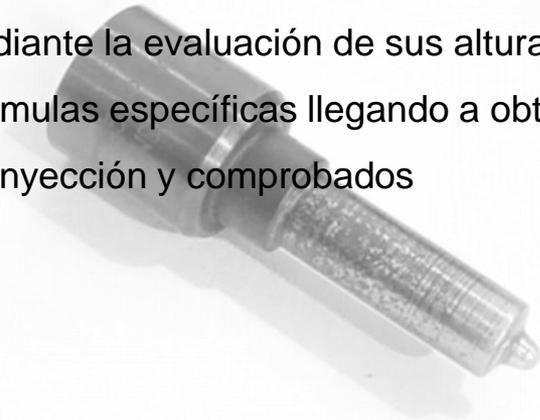
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar información en fuentes confiables, cuyas consultas serán relacionadas a los sistemas de inyección diésel CRDI.
- Seleccionar los inyectores de sistemas CRDI de vehículos que circulan en el medio.
- Realizar las pruebas de tipo mecánico eléctrico y electrónico de los inyectores CRDI.
- Desarrollar los procesos de armado, desarmado y verificación de los inyectores CRDI.
- Obtener curvas de funcionamiento de voltaje, corriente y traza de imágenes de los inyectores CRDI.
- Desarrollar los procesos de calibrado y puesta a punto de los inyectores CRDI.



RESUMEN

El presente proyecto de investigación desarrolló la calibración y puesta a punto de los inyectores CRDI Bosch serie 044 5110 310 y Denso serie 095000-6366, comenzando con las pruebas de inspección como: presión de funcionamiento, ruido, goteo interno, goteo externo y pulverización, cambiando los elementos en mal estado y realizando las pruebas de inyección en ralentí, preinyección y full carga en el banco CRDI-VP44-COVEC-EUP; a su vez se describe las herramientas para ejecutar el proceso de desarmado y enlistando cada elemento para un mejor reconocimiento, prosiguiendo con la limpieza por ultrasonido y desarrollando paso a paso el proceso de armado. Con el uso del manual de calibración de inyectores CRDI de Espinoza Garner se realiza el ajuste de los anillos VFK, DFK, AH, mediante la evaluación de sus alturas, longitudes de algunos elementos del inyector y el uso de fórmulas específicas llegando a obtener los espesores requeridos que solucionan los problemas de inyección y comprobados nuevamente en el banco.



RESUMEN

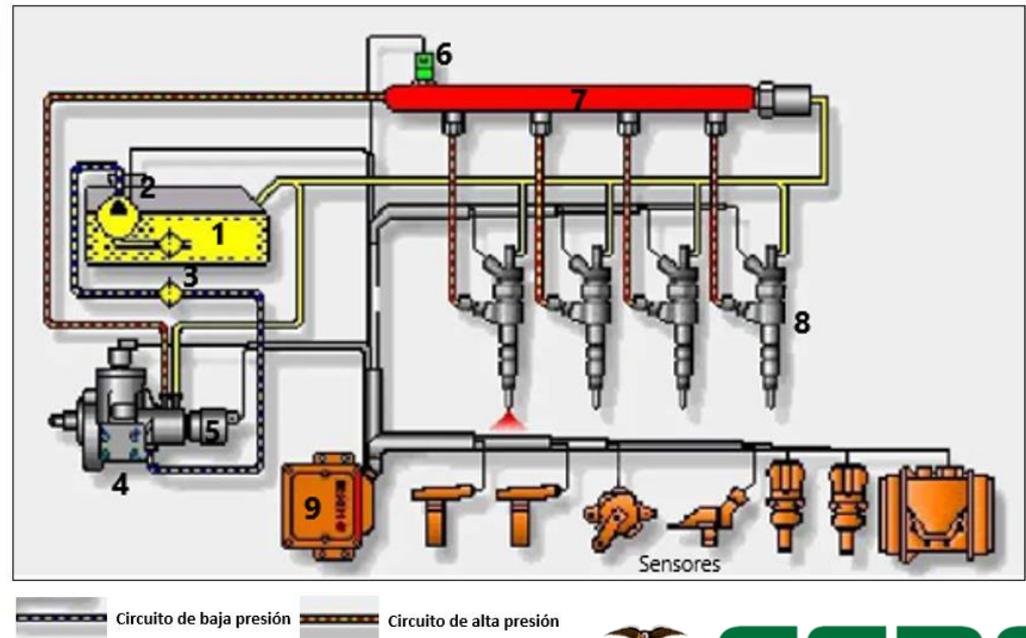
Por último, se analiza electrónicamente los inyectores con el uso del osciloscopio Hantek 1008 obteniendo las curvas de funcionamiento con su respectiva descripción e interpretación de los oscilogramas de corriente y voltaje en las tres diferentes pruebas de inyección; y a su vez con la instalación, conexión y uso del analizador y osciloscopio multifunción FADOS 9F1 se muestra el estado de las bobinas de los inyectores Bosch y Denso mediante el trazando de las curvas equivalentes Lissaisons.



FUNCIÓN Y ELEMENTOS DEL SISTEMA CRDI

El sistema de inyección electrónica Common rail es el conjunto de sensores y actuadores que interaccionan entre sí y es monitoreado por el módulo de control electrónico diésel. Y consta de dos circuitos; uno de baja presión y otro de alta presión.

- 1) Tanque de combustible
- 2) Bomba de suministro
- 3) Filtro
- 4) Bomba de alta presión
- 5) Válvula reguladora de presión
- 6) Sensor de presión del riel
- 7) Riel
- 8) Inyectores
- 9) Unidad de control



INYECTOR CRDI

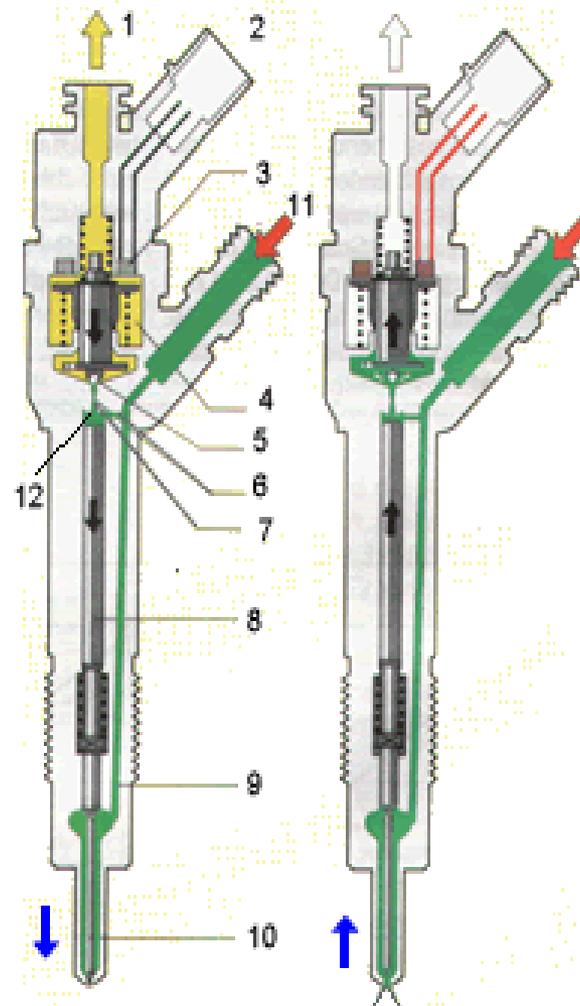
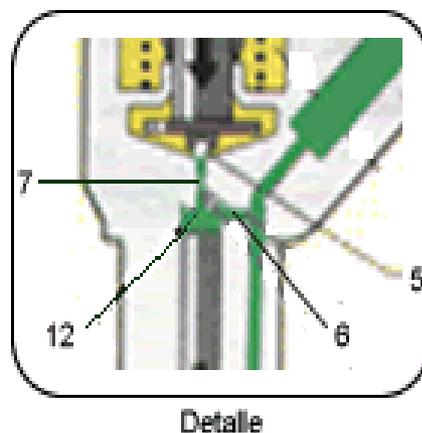
La gestión de los inyectores es de dirigir el chorro y la de efectuar la pulverización de la diminuta cantidad de combustible de tal modo que el combustible sea disperso homogéneamente por toda la cámara de combustión.

Son muy requeridos los inyectores, además de ser fabricados sus elementos con calibraciones precisas para siendo idénticos entre sí, llegando a trabajar a elevadas presiones como 2000 aberturas por minuto y temperaturas alrededor de 500 C° y 600 C°



PARTES DEL INYECTOR

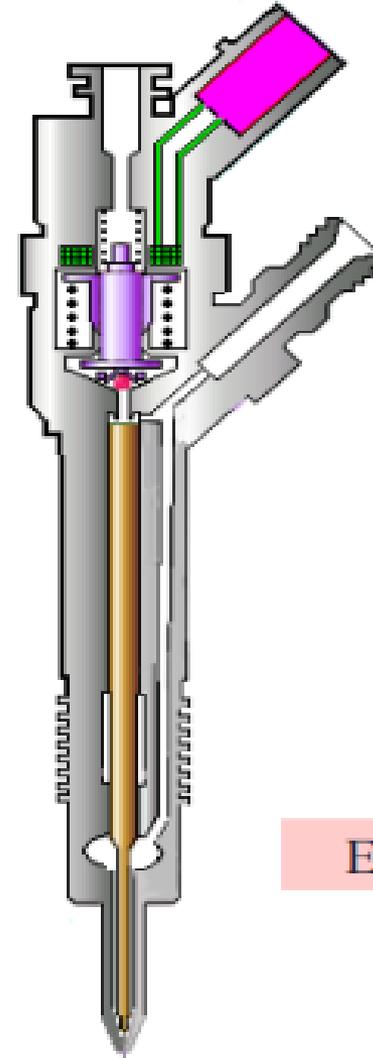
1. Retorno de combustible al depósito
2. Conexión eléctrica
3. Electroválvula
4. Muelle
5. Bola de válvula
6. Estrangulador de entrada
7. Estrangulador de salida
8. Émbolo de control de válvula
9. Canal de afluencia
10. Aguja del inyector
11. Entrada de combustible a presión
12. Cámara de control



ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO

1. ESTADO DE REPOSO

La electroválvula se encuentra desactivada por lo tanto va a estar en reposo, el estrangulamiento de salida se va a encontrar de manera cerrada, la aguja va a mantenerse comprimida sobre su asiento de la tobera cerrando el paso del combustible y no produciendo la inyección

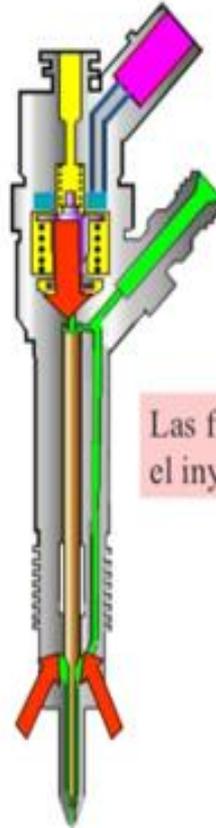


En reposo

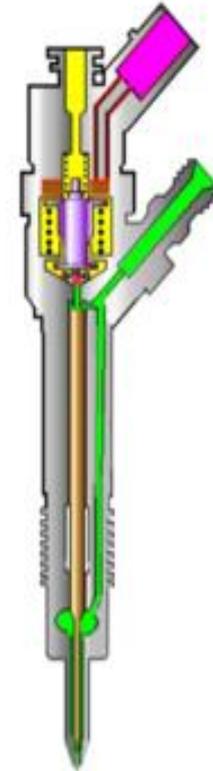


2. COMIENZO DE INYECCIÓN

La electroválvula es activada por una corriente de excitación que produce la apertura instantánea, la fuerza del electroimán va a ser superior a la fuerza del muelle de la válvula lo cual produce la apertura del estrangulador de salida provocando así el paso para que el combustible



Las fuerzas se equilibran y el inyector permanece cerrado

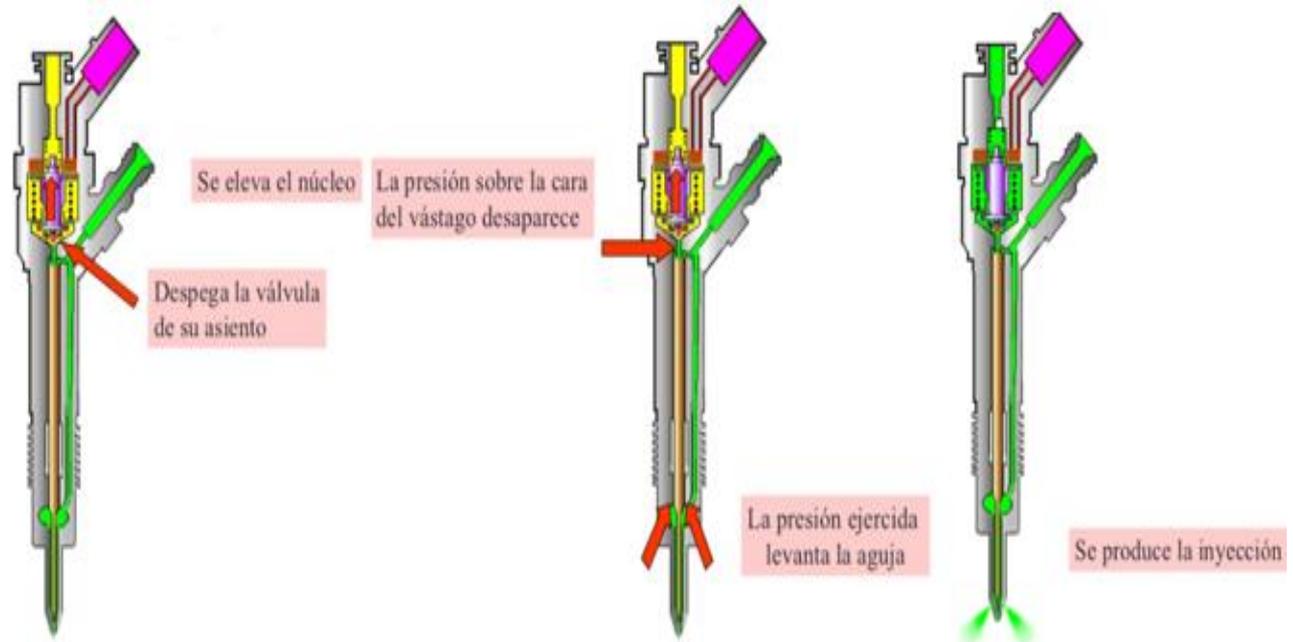


Se energiza la bobina



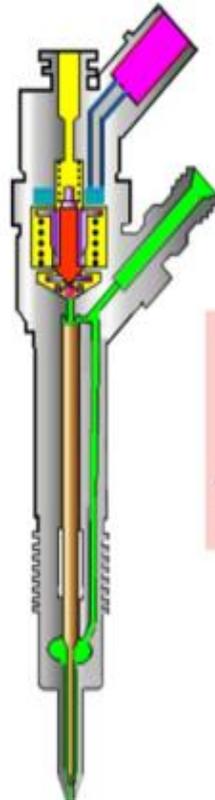
3. INYECTOR TOTALMENTE ABIERTO

El émbolo de mando tiene su alcance máximo y permanecerá ahí con un volumen de combustible, la tobera esta abierta y el combustible es suministrado hacia la cámara de combustión

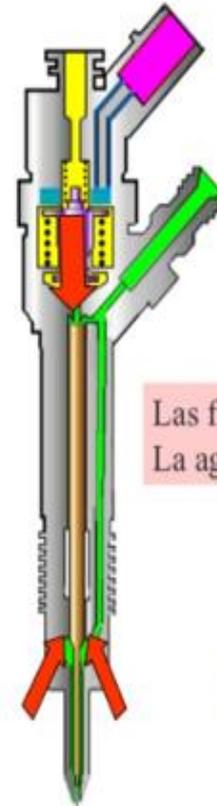


4. ESTADO FINAL DE INYECCIÓN

Se desactiva la electroválvula, el inducido es empujado hacia abajo por la fuerza que ejerce el muelle de la válvula se cierra el estrangulador de salida genera un retorno de combustible se cierra la válvula y se libera la presión con la espera deja de estar liberada



La inyección finaliza cuando se deja de energizar la bobina y el núcleo, baja cerrando la válvula esférica.



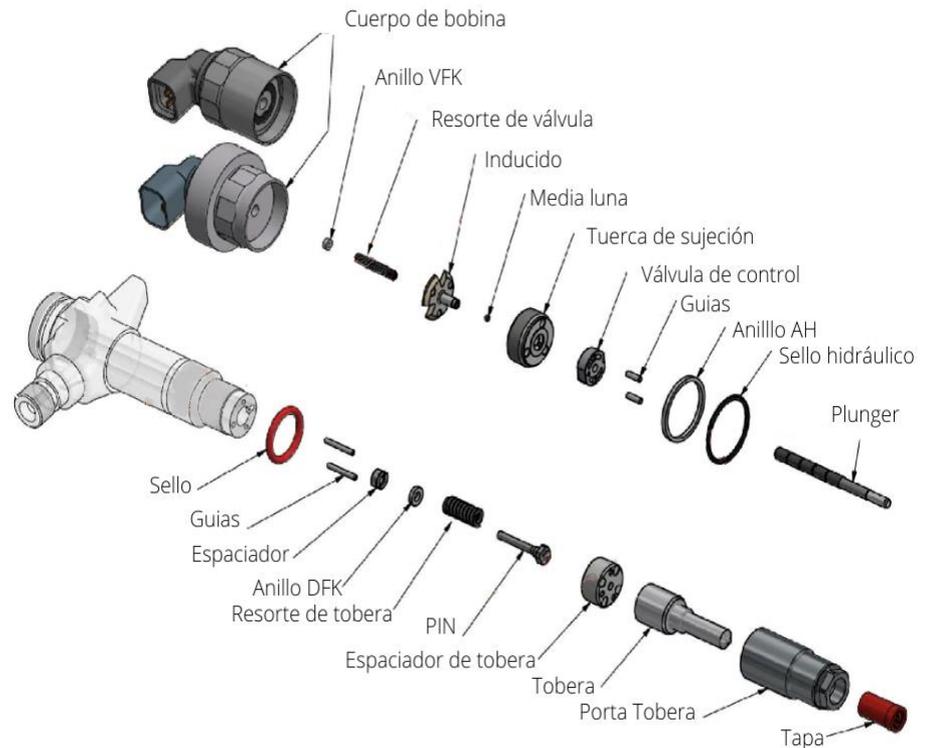
Las fuerzas se equilibran y La aguja cierra las toberas.

Final de inyección

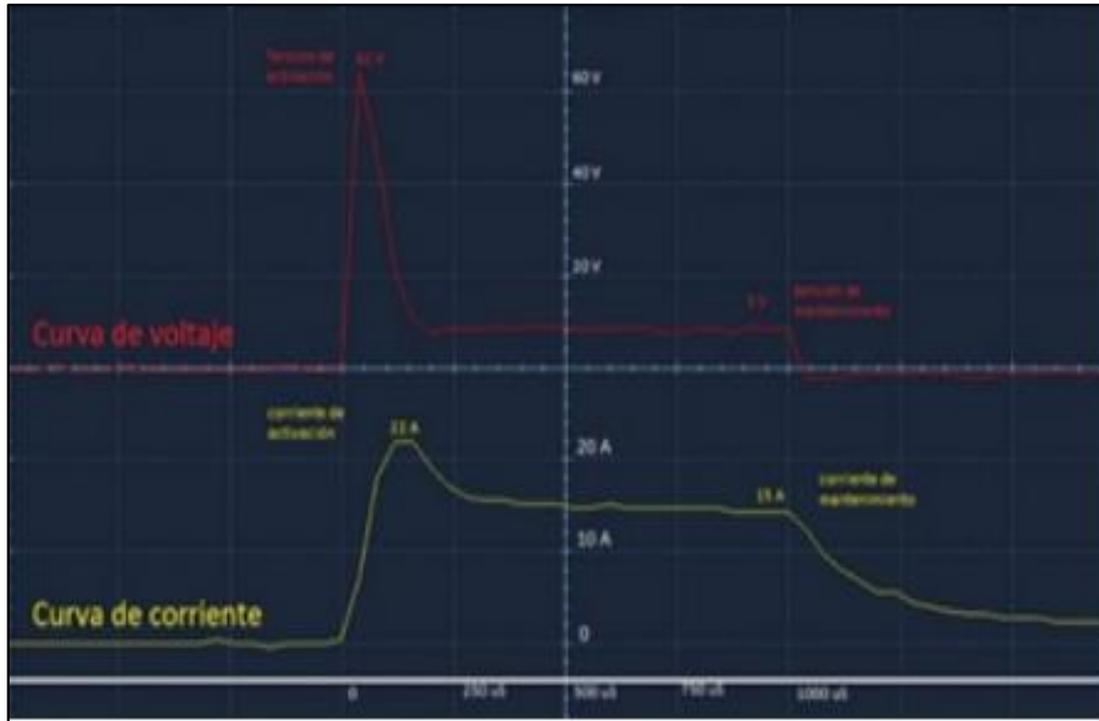


INYECTOR DENSO

Disponen de una resistencia de 0.8 a 1 ohm obteniendo tiempos de inyección de combustible de 0,4 a 1,5 milisegundos, tiempos en los cuales se ha producido la pre inyección e inyección principal hasta alcanzar las 3000 Rpm

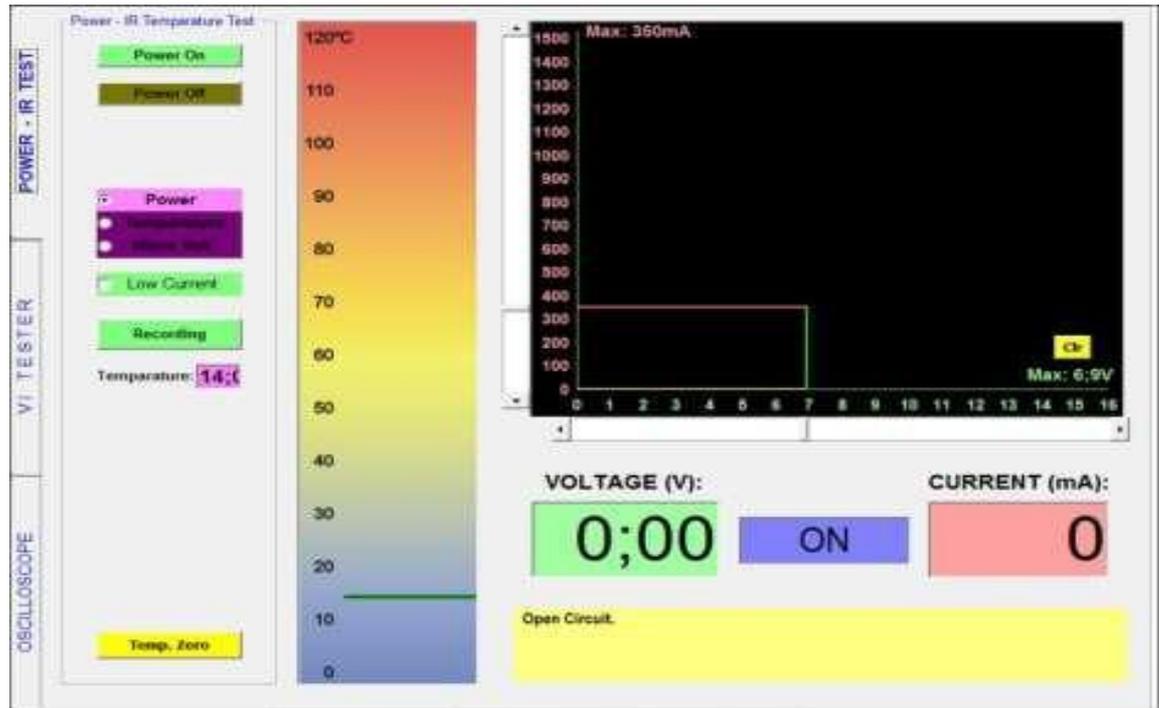


OSCILOGRAMA DEL INYECTOR



TRAZADO DE IMÁGENES

Para la traza de imágenes de los inyectores se empleó el equipo FADOS 9F1 que utiliza un método de testeo por imágenes mediante la verificación de elementos electrónicos, con la inserción de un plano x-y conjuntamente con un trazador donde cuyas imágenes llamadas Lissaions.



EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

EQUIPO DE CALIBRACIÓN INYECTORES CRDI



OSCILOSCOPIO HANTEK



FADOS 9F1



RELOJ COMPARADOR



TORCOMETRO DIGITAL



EQUIPOS Y HERRAMIENTAS



Type	WFM700	Output Power (KW/HPS)	15/20
Speed(rpm)	0-4000	Testing pump Cylinder	12
Ratead voltage(v)ac	3P-220V	Series No.	232010001
Frequency(Hz)	50/60	Ratead Current(A)	32
Manufacturig Date	202011	Total Net Weight	1000

Banco de pruebas CRDI-VP44-COVEC-EUP



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

HERRAMIENTAS PARA EL USO EN INYECTORES BOSCH

Útil Allen hueca de 10 mm “Para ajustar la tuerca de fijación de la válvula”



Útil para afloje y ajuste de la tuerca del solenoide del inyector. “XD11-AS29”.



Útil para afloje o ajuste de la tuerca de la tobera del inyector. “TS15(CR-V)”.

Útil extractor para el grupo de válvula en el cuerpo del inyector. “D20-M15X0.5”



HERRAMIENTAS PARA EL USO EN INYECTORES BOSCH

Útil D13- M27x1
para ajuste de
válvula



Útil gancho extractor
para anillo de cierre
de alta presión.



Útil D26m17x1
Para inserción de
anillo de presión.

INYECTOR BOSCH 044 5110 310



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Características	
Modelo	044 5110 310
Denominación	Inyector, sistema CRI 2.2
Max. Presión de inyección	1800 bar
Tipo de inyector	CRI 2.2
Código IMA	049 611 102



PRUEBA PREVIO AL DESARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Se observa si el inyector entra en funcionamiento a una presión de 175 Bar de forma general



Presión de apertura del inyector

con una presión sostenida del combustible por debajo del funcionamiento, se comprueba que no tenga ningún goteo



Fuga interna

Consiste en controlar la variación de presión del inyector para así producir un movimiento oscilatorio de la aguja del inyector al iniciar y terminar el ciclo de inyección.



Prueba de Ruido



PRUEBA PREVIO AL DESARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Se efectúa un aumento de presión en el inyector donde se coloca un pequeño absorbente en la parte inferior y superior del inyector, durante el procedimiento de fuga



Fuga externa

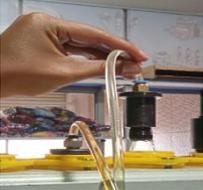
Se verifica que el chorro del inyector sea continuo, sin ninguna irregularidad y en forma de cono

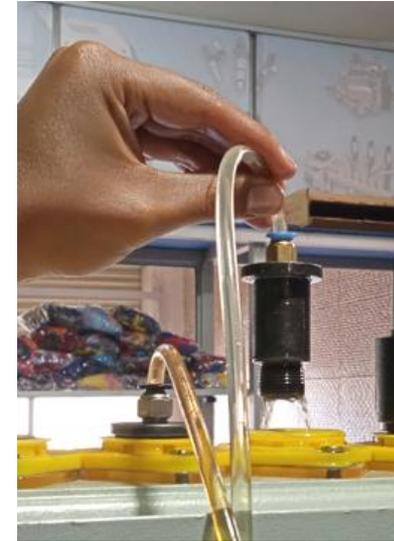


Control de pulverización del inyector



PRUEBA DE BANCO PREVIO AL DESARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Detalle	Prueba	Presión (bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	8	15
Imagen Resultado (P0)		Retorno	Inyección	Observación	
		F U L L R E T O R N O	116 ml	<p>Se verifica el primer estado de funcionamiento del inyector en el banco de pruebas y se determina que al emitir un exceso de inyección y retorno de combustibles en preinyección ralenti y full carga este requiere de calibración (inyector Bosch)</p> <p>Vehículo con elevada temperatura y exceso de humo, pérdida de potencia.</p>	
LL	Ralenti	320	675	6	30
FULL RETORNO					
VL	Full carga	1600	1380	25	30
FULL RETORNO		Observación			
		<p>Se verifica exceso de retorno de combustible en el inyector al someter a prueba de full carga para comprobar el estado final del inyector antes de ser calibrado.</p>			



DESARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Aflojar la tuerca de bobina con el útil XD 11-AS29 y retirar con cuidado del cuerpo del inyector



Extraer el conjunto que se encuentra en el interior de la bobina, resorte de bobina y anillo MFK.



Extraer el conjunto que se encuentra en el interior de la bobina, resorte de bobina y anillo MFK.



Separar inducido de la guía control de válvula



DESARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Separar resorte del inducido



Extraer el anillo de ajuste o arandela de separación de la bobina



Extraer la tuerca de sujeción de válvula con el útil TS15 (CR-V5) de 10 mm.

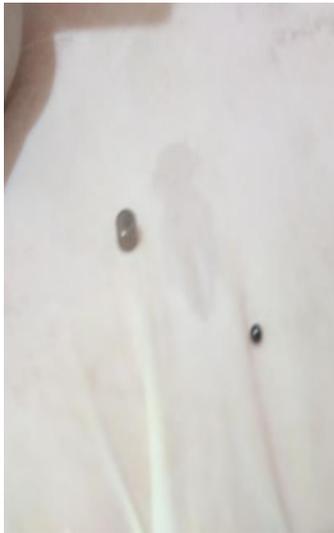


Una vez removida la tuerca de sujeción se retira el control de válvula en conjunto con el anillo de calibración AH.



DESARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Con la ayuda de unas pinzas retirar la guía y esfera de válvula.



Extraer cuidadosamente la tuerca de sujeción de tobera con el útil TS15 (CR-V) del cuerpo del inyector.



Extraer el conjunto interno de la sección de tobera, correspondiente a la arandela de calibración DNH y su guía.



Separar la arandela de calibración DNH de su guía.



DESARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Separar de la prensa el inyector, girar y sacudirlo levemente para que caiga el resorte y anillo de calibración DFK.



Una vez removida la sección interna, emplear el útil D20-M15X0.5.



Extraer la válvula y émbolo (plunger) del cuerpo del inyector.



Emplear el útil D17 para extraer el teflón del cuerpo del inyector para verificar las condiciones en las que este se encuentre.



LIMPIEZA DEL INYECTOR BOSCH

La limpieza del inyector se debe hacer fuera de impurezas ya que al mezclar puede arrojar datos erróneos o un mal sellado interno del mismo.



MEDICIONES Y CALIBRACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL INYECTOR BOSCH

Ajuste de combustible en emisión y pre-inyección

Extraer la bobina del cuerpo inyector.

Separar anillo de calibración MFK y resorte de bobina.

Posicionar el resorte para calibre por debajo del inducido



MEDICIONES Y CALIBRACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL INYECTOR BOSCH

Montar la bobina en el inyector y dar el ajuste necesario de: $T=15 \text{ Nm}$

Nota: No colocar el resorte de bobina y el anillo VFK.



Fijar el micrómetro sobre la parte superior de la bobina e introducir el husillo hasta que la punta haga contacto con el inducido para determinar el recorrido de la esfera de la válvula



Presionar el capuchón tomar nota de la medida obtenida, esta deberá estar dentro de un rango determinado que se encuentra entre:

0,037 - 0,043 [mm]



El desbaste del anillo siempre debe hacerse en forma de ocho, sobre una superficie plana, de preferencia un vidrio y una lija de 400.



MEDICIONES Y CALIBRACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL INYECTOR BOSCH

Realizar el desbaste del anillo AH, hasta conseguir la medida requerida dentro del rango determinado



La altura del anillo VFK tiene un rango de referencia entre:

1,40 - 1,60 [mm]

El grosor de estos anillos debe encontrarse dentro de estos parámetros establecidos, siendo únicamente rectificable para el ajuste de combustible.



MEDICIONES Y CALIBRACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL INYECTOR BOSCH

Ajuste de combustible en full carga y ralentí.

Extraer la tuerca de sujeción de tobera



Encerar el reloj palpador con el útil G01 en el útil G11.



Colocar el reloj palpador en la base del inyector para tomar datos de la altura del DNH.



MEDICIONES Y CALIBRACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL INYECTOR BOSCH

Anotar la medida obtenida en X la cual será el desplazamiento de la aguja de tobera que se encuentra en el rango (tolerancias) de:

0.19-0.25 [mm]

medida obtenida $X=1.578$ este es el desplazamiento del husillo del reloj comparador .

Medir la altura de la arandela DNH y verificar si se encuentra dentro del rango determinado.

Realizar los siguientes cálculos:

$$x=1.578-0.19 ; x=1.388 \text{ hmax}$$

$$x=1.578-0.25 ; x= 1.328 \text{ hmin}$$

Si esta altura se encuentra fuera del rango se procede al cambio o desbaste de la arandela.



MEDICIONES Y CALIBRACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL INYECTOR BOSCH

medir el anillo de calibración DFK y verificar si este se encuentra dentro de los parámetros determinados que son :

1.300 -1.600 [mm].

$x=1.442$

se deberá encontrar dentro de estos parámetros siendo únicamente modificable si es necesario para el ajuste del combustible.



Colocar el émbolo dentro de la guía, poner los pines, la tobera y la tuerca de sujeción en su lugar en el inyector con su respectivo torque



ARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Comprobar que el área interna del cuerpo de inyector esté limpia para proceder a instalar el nuevo teflón con el útil D26m17x1



Con la ayuda del útil D13- M27x1 colocar el conjunto de émbolo y válvula en el interior del inyector



Ubicar la esfera y guía de esfera sobre el conducto de combustible de la válvula



Colocar el conjunto de control de válvula sobre la guía de esfera procurando que este se encuentre alineado correctamente



ARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Situar la tuerca de sujeción de válvula con la herramienta.... y aplicar el torque según las especificaciones.

Torque= 55 Nm



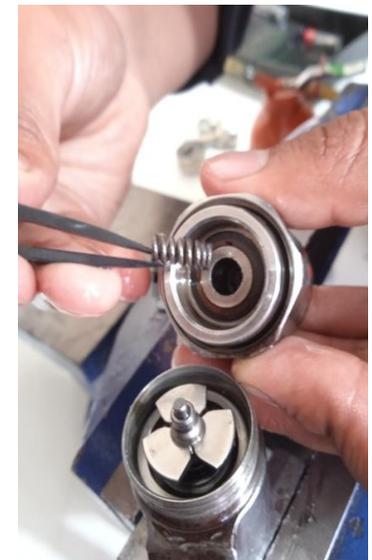
Introducir el resorte y guía de inducido asegurando su posición.



Aplicar leves movimientos verticales sobre el inducido para comprobar que este se encuentre posicionado correctamente



Colocar en el interior de la bobina el resorte y anillo de calibración, con la ayuda de un aceitero lubricar el interior y la circunferencia de la bobina para su montaje



ARMADO DEL INYECTOR BOSCH

Con la ayuda de un
aceitero lubricar el
conjunto.



Insertar la bobina sobre
el cuerpo del inyector y
aplicar su torque
correspondiente.

Torque= 15 Nm

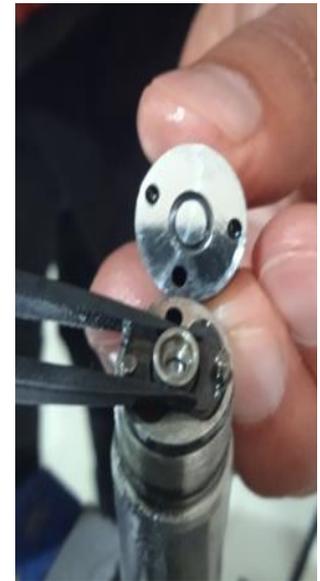


Introducir el
Anillo DFK. y
el resorte de
tobera



Colocar la Guía y la
arandela DNH.

Posicionar los pines
en los orificios
correspondientes



ARMADO DEL INYECTOR BOSCH

verificar que el orificio de combustible del cuerpo del inyector se encuentre alineado con el orificio de la tobera.



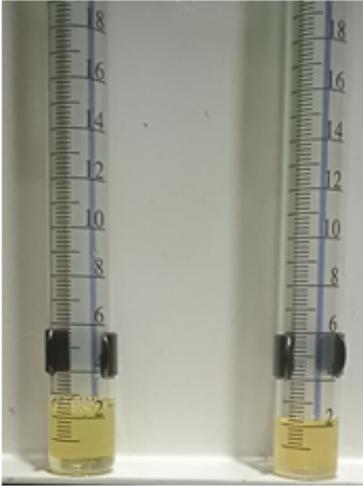
Colocar la porta tobera y aplicar el torque correspondiente.

Torque= 65 Nm



PRUEBAS EN EL BANCO DESPUÉS DE LA CALIBRACIÓN

Pre inyección

Detalle	Prueba	Presión (bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	8	15
Imagen Resultado (P0)		Retorno	Inyección	Observación	
		2 ml	2.2 ml	Al realizar el ajuste del anillo AH, el cual sirve para la calibración en preinyección se puede observar que los datos respectivos están dentro del rango de funcionamiento para este inyector.	



PRUEBAS EN EL BANCO DESPUÉS DE LA CALIBRACIÓN

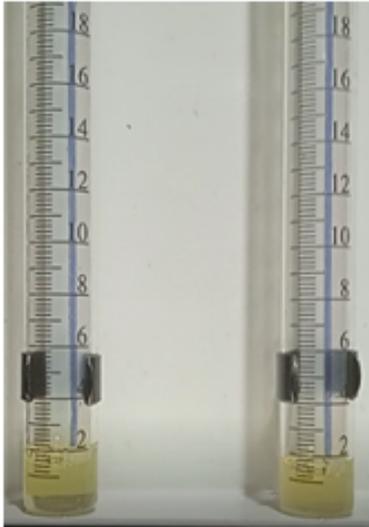
Full carga

Detalle	Prueba	Presión (bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VL	Full carga	1600	1380	25	30
Imagen Resultado (Pf)		Retorno	Inyección	Observación	
		16 ml	90 ml	Al ajustar el anillo de calibración DNH que desempeña el trabajo para la calibración en full carga, el cual se colocó dentro de los parámetros de funcionamiento para que el inyector Bosch esté debidamente Calibrado.	



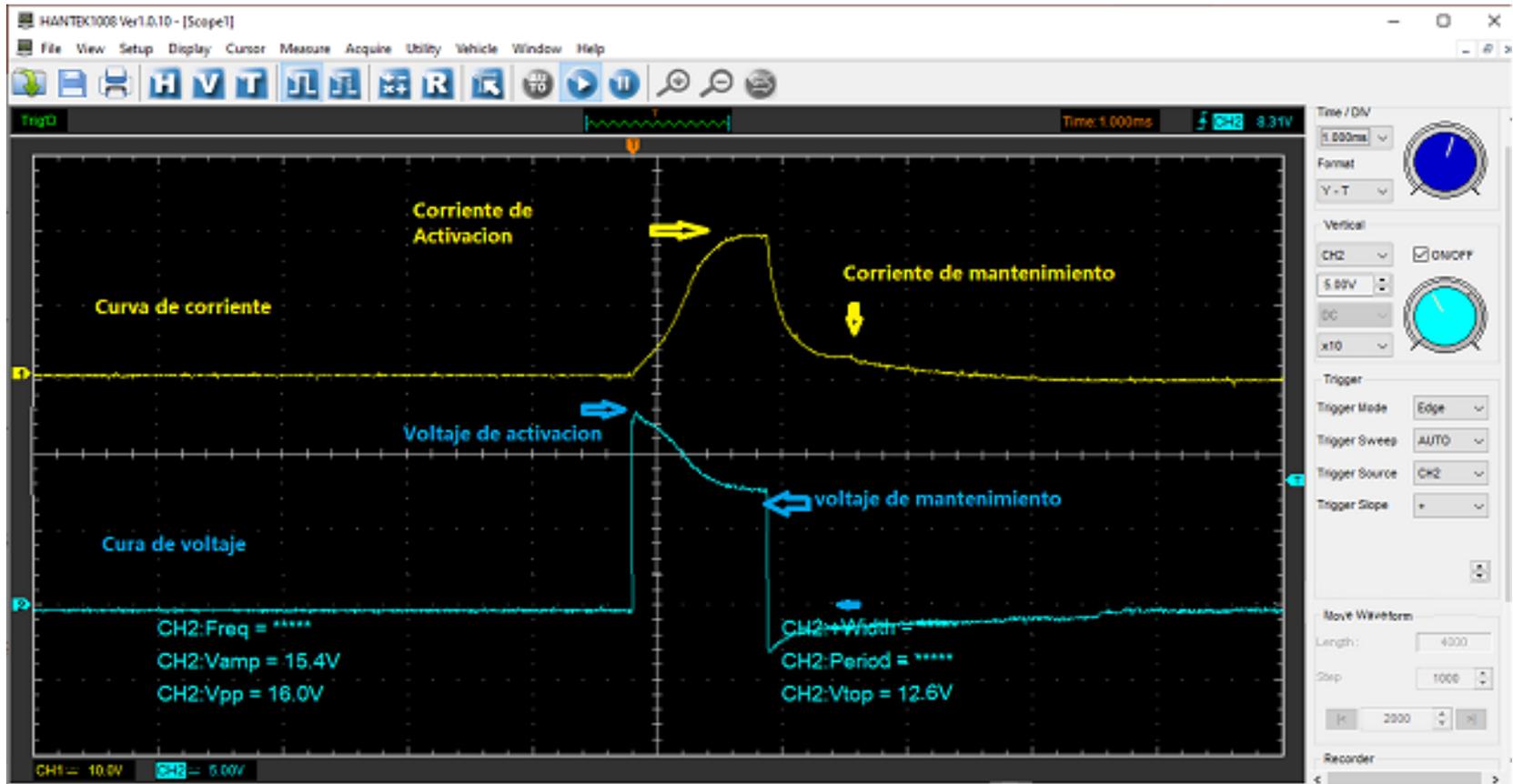
PRUEBAS EN EL BANCO DESPUÉS DE LA CALIBRACIÓN

Marcha mínima

Detalle	Prueba	Presión (bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
LL	Ralentí	320	675	6	30
Imagen Resultado (Pf)	Retorno	Inyección	Observación		
	1.8 ml	2 ml	Al ejercer la calibración del inyector Bosch en ralentí se debió ajustar el anillo DFK situando los parámetros de funcionamiento dentro del rango respectivo para su correcto funcionamiento.		



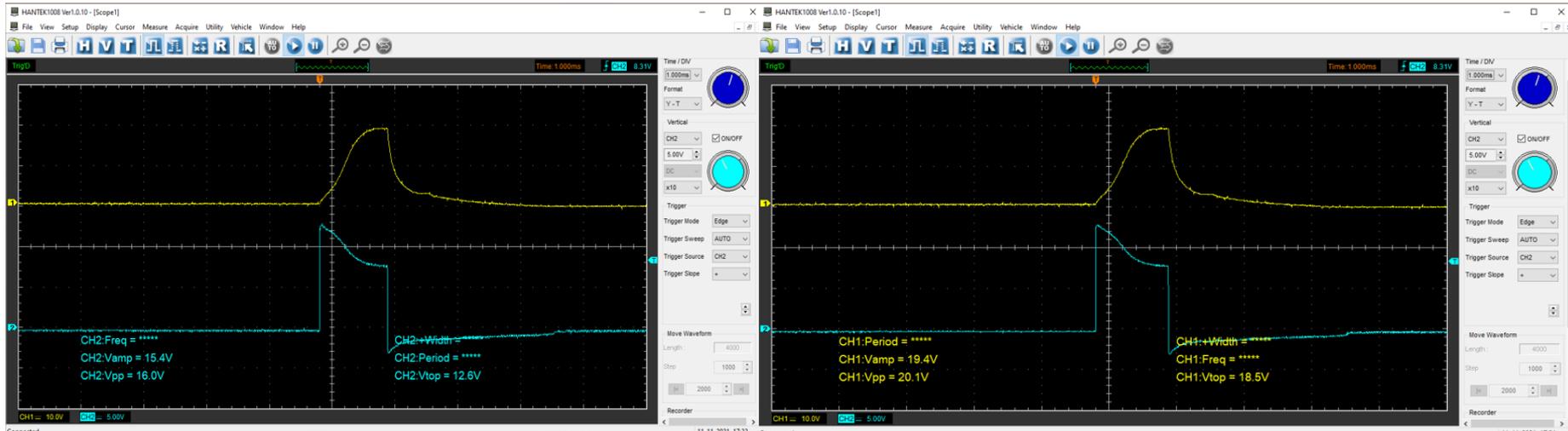
FASE DE ACTIVACIÓN DE VOLTAJE DEL Y CORRIENTE INYECTOR BOSCH



En la fase inicial, la batería suministra la tensión suficiente para la apertura y generar la fase de activación limitada con una regulación de corriente aproximadamente de **16.2A** En la fase de mantenimiento disminuye hasta **4A** y con esto se libera energía

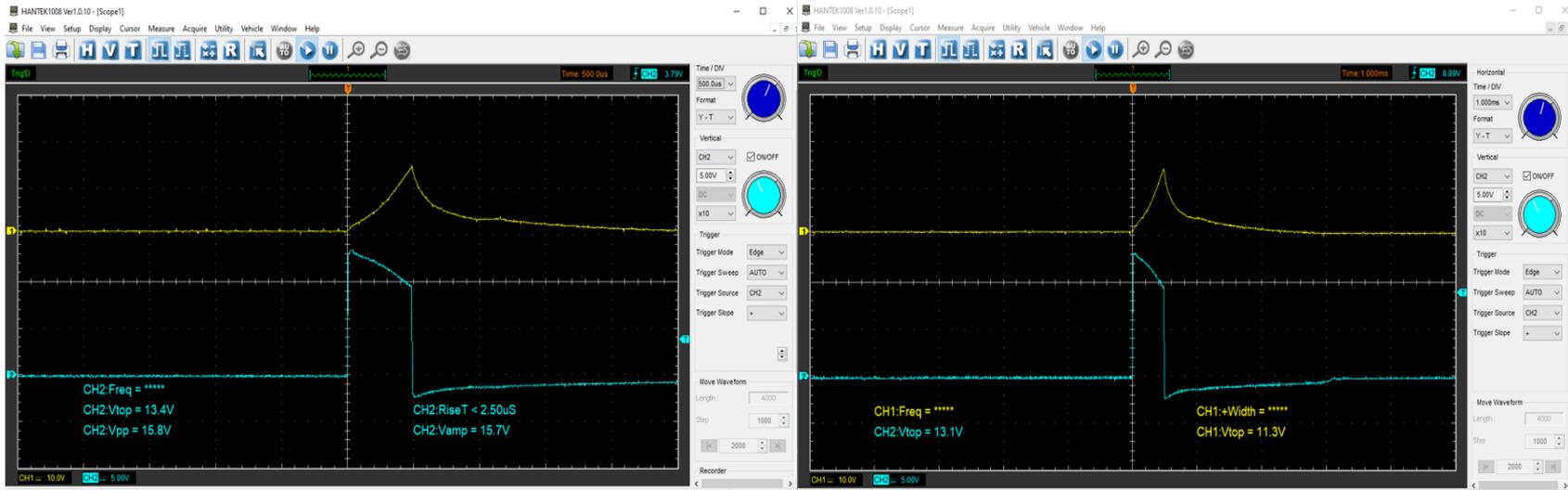


FASE DE ACTIVACIÓN DE VOLTAJE DEL Y CORRIENTE INYECTOR BOSCH



Se observa la curva azul de voltaje tiene una activación de 12.6V y la curva amarilla de corriente tiene una apertura de la inyección de 18.5 A, a un tiempo de inyección de 2 ms con un tiempo de cierre de 1.2ms el periodo total es de 185 ms a 960 rpm y 5.42 Hz.

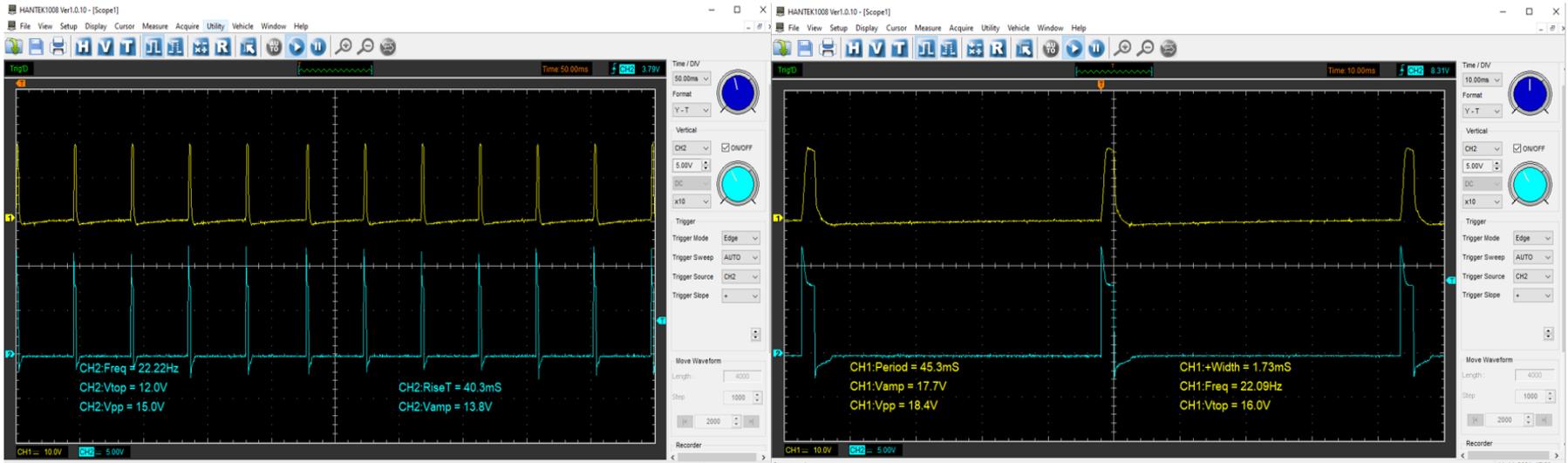
FASE DE ACTIVACIÓN DE VOLTAJE DEL Y CORRIENTE INYECTOR BOSCH



La curva azul de voltaje tiene una activación de 15.7 V y un voltaje de mantenimiento de 13,4V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 11.3 A a un tiempo de inyección de 1 ms con un tiempo de cierre 2.6ms el periodo total es de 188 ms y 7.22Hz



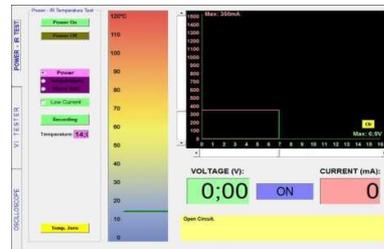
FASE DE ACTIVACIÓN DE VOLTAJE DEL Y CORRIENTE INYECTOR BOSCH



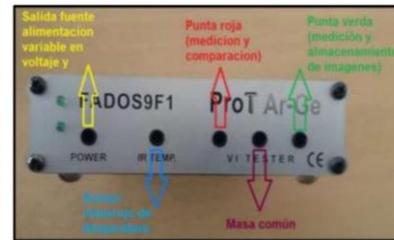
Se observa la curva azul de voltaje tiene una activación de 12.1V y la curva amarilla de corriente tiene una apertura de la inyección de 16.2 A, a un tiempo de inyección de 2.8 ms con un tiempo de cierre de 40.7 ms el periodo total es de 43.5 ms a 960 rpm y 22.09 Hz.

TRAZADO DE IMÁGENES

1. Se ha de conectar el FADOS 9F1 y se instala el programa en el ordenador



2. Es necesario saber los conectores con su respectiva función para operar de manera correcta

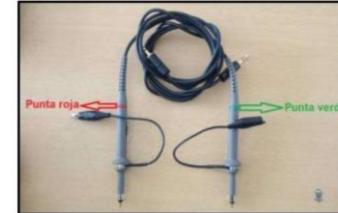


3. Realizar la conexión del cable de alimentación



TRAZADO DE IMÁGENES

4. Se conecta la primera sonda en el canal CH1 (verde) y la segunda sonda en el canal CH2 (rojo) del equipo, y el cable lagarto conectado a tierra



5. Conectar el cable USB para comunicar la información entre el FADOS 9F1 y el ordenador

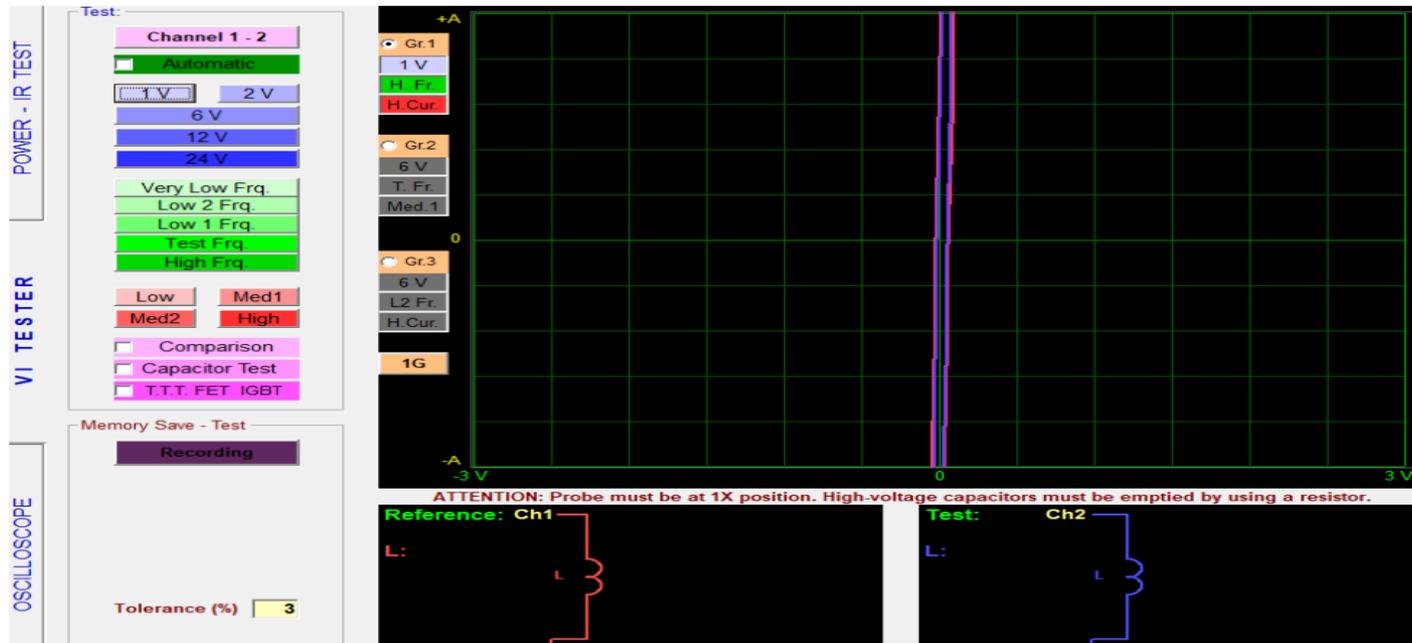


6. Para Comprobar elementos electrónicos como sensores y actuadores, en uno de los terminales debe ir conectado el cable de masa común.

7. Para realizar el testeo solo se debe hacer contacto la punta de la sonda en el terminal y así obtener la traza de imágenes



TRAZADO DE IMÁGENES



El grafica equivalente del test de la bobina del inyector Bosch o es una elipse cerrada lo que describe a una bobina en buen funcionamiento estable



INYECTOR DENSO 095000 -6366



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Características	
Material	Acero
No. Modelo	095000-6366
Boquilla	12N10561
Voltaje	12 V
Amperaje	20A
Resistencia	0.6 Ohm
Presión de funcionamiento	200 Bar
Presión máxima	1800 Bar

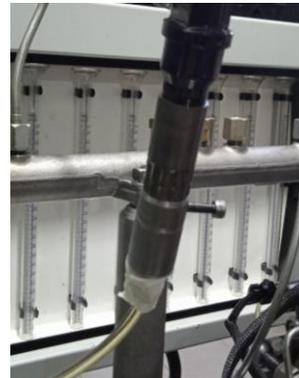


PRUEBA MECÁNICAS DEL INYECTOR DENSO

Previo al desarme del Inyector Denso, se procedió a montar en el banco de pruebas para verificar si existe alguna anomalía mecánica.



La presión necesaria para el funcionamiento del inyector que es alrededor de los 175 Bar



No existe goteo externo, es decir que está bien sellado el inyector.



Existe goteo excesivo, con la posible causa que haya demasiada holgura entre el vástago y la tobera por lo que se deberá sustituir



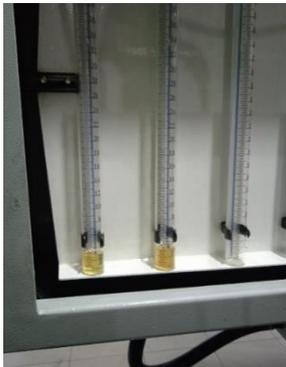
PRUEBA ANTES DEL DESARME DEL INYECTOR DENSO

Resultados del banco de pruebas con fallas.

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	16	30
Imagen Resultado (P0)		Retorno	Inyección	Observación	
		Ligeramente por debajo de la medida requerida	13.3 ml	Se encuentra dentro de los parámetros, lo cual es un buen indicio que el anillo de calibración está dentro del rango, pero será necesario su revisión y validar dicha hipótesis.	



PRUEBA ANTES DEL DESARME DEL INYECTOR DENSO

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
LL	Ralentí	300	675	6	30
Imagen Resultado (P0)		Retorno	Inyección	Observación	
		Dentro de la medida requerida	2.9 ml	La inyección de combustible se encuentra dentro de los parámetros, pero será necesario la revisión del anillo de calibración y verificar sus dimensiones.	
VL	Full carga	1350	1380	20	30
Imagen Resultado (P0)		Retorno	Inyección	Observación	
		Dentro del rango	101 ml	Existe un exceso de combustible en la carga máxima. Se calibra para reducir dicho volumen.	

DESARMADO DEL INYECTOR DENSO

Sujetar el inyector en la prensa en las partes más sólidas



Aflojar la tuerca de la bobina y retirarla con cuidado.



Extraer el conjunto que encuentra en el interior de la bobina que es el resorte de válvula y el anillo VFK



DESARMADO DEL INYECTOR DENSO

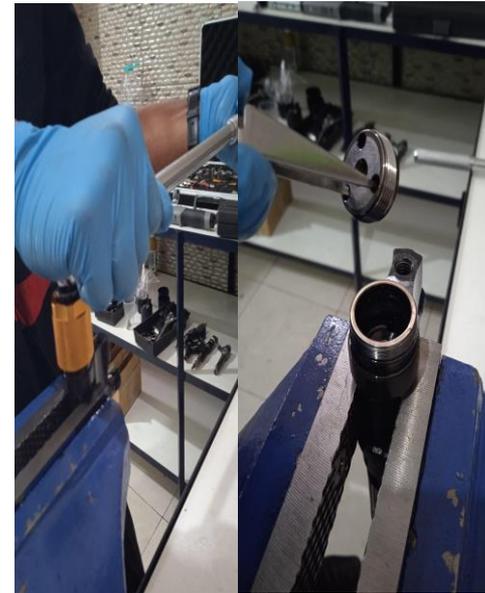
Extraer el anillo de ajuste o arandela de separación de la bobina.



Retirar el inducido que se encuentra en el cuerpo del inyector

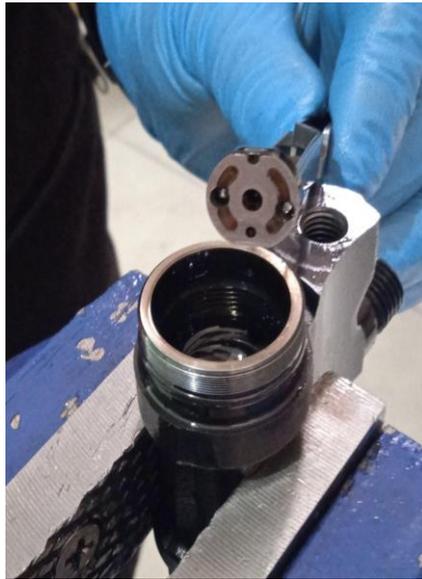


Aflojar la tuerca interna de la válvula de control con el acople D01 – CCR y retirar.



DESARMADO DEL INYECTOR DENSO

Extraer la válvula de control



Extraer las dos guías de la válvula de control



Quitar de la presa el inyector, girar y sacudirlo para que caiga el Plunger.



DESARMADO DEL INYECTOR DENSO

Sujetar nuevamente el inyector en posición invertida un dado 19 mm y retirarla con cuidado



Retirar el espaciador y sus guías

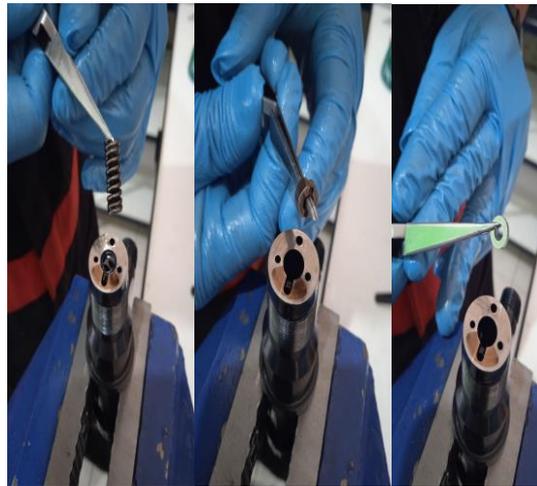


DESARMADO DEL INYECTOR DENSO

Extraer el PIN



Extraer el resorte, el anillo y el espaciador.



Extraer la aguja de la tobera



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

LIMPIEZA DEL INYECTOR DENSO

Se realiza una limpieza del inyector, necesario antes de armarlo. Con esto se eliminan partículas que no causen problemas en su funcionalidad.



CALIBRACIÓN DEL INYECTOR DENSO

Calibración del anillo AH

Espesor del anillo (x)

$$x = M - N$$

Ecuación 1.

m: Profundidad de la bobina

n: Altura del inducido

Altura final del anillo (X)

$$X = x + t$$

Ecuación 2

x: Espesor del anillo

t: Tolerancias



CALIBRACIÓN DEL INYECTOR DENSO

Calibración del anillo AH

Acoplar el útil G08, encerrar el reloj palpador con el útil G11 y proceder a medir la profundidad de la bobina



Tomar el rejol palpador y con el útil G09 encerar. Proceder a medir la altura del cuerpo del inyector hacia el inducido



Hallar el espesor inicial utilizando los datos obtenidos
Hallar la altura final con las tolerancias mínima y máxima

$$x=4.99-3.42$$

$$x=1.57 \text{ [mm]}$$

$$X_{min}=1.57+0.06$$

$$X_{min}=1.63 \text{ [mm]}$$

$$X_{max}= 1.57+0.08$$

$$X_{min}=1.65 \text{ [mm]}$$

Resultado: M =4.99 [mm] **Resultado:** N=3.42 [mm]



CALIBRACIÓN DEL INYECTOR DENSO

Calibración del anillo AH

Medir la altura del anillo y tomar la decisión respectiva

Se procedió a cambiar el anillo porque no se encontraba dentro del rango y estaba en mal estado



Resultado: $X_o = 1.60$ [mm]



$X_f = 1.643$ [mm]



CALIBRACIÓN DEL INYECTOR DENSO

Calibración del anillo VFK

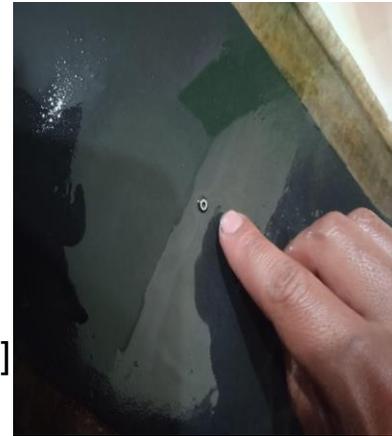
Ubicar el anillo VFK entre las superficies de contacto y medir su espesor



Observar si la altura está dentro del rango.
En este caso no se realizó ningún cambio porque si está dentro del rango

Resultado

H = 1.164 [mm]



CALIBRACIÓN DEL INYECTOR DENSO

Calibración del anillo DFK

Ubicar el anillo DFK entre las superficies de contacto y medir su espesor. A pesar de estar dentro del rango es necesario cambiarlo para reducir el volumen de inyección



Resultado

H= 1.554 [mm]

Medida elegida

H= 1.63 [mm]

CALIBRACIÓN DEL INYECTOR DENSO

Grosor de los anillos de calibración

Realizadas las calibraciones de los anillos AH, VFK y DFK se puede comparar su estado inicial y el posterior con el rango requerido

Anillo	Antes	Después	Rango
AH	1.60 mm	1.643 mm	1.63mm - 1.65mm
VFK	1.164 mm	1.164 mm	1.10mm - 1.20mm
DFK	1.554 mm	1.63 mm	1.30mm - 1.70mm



ARMADO DEL INYECTOR DENSO

Tener un recipiente con aceite para lubricar todas las piezas durante el armado



Lubricar el Plunger e introducir en el interior del cuerpo del inyector desde su parte inferior.

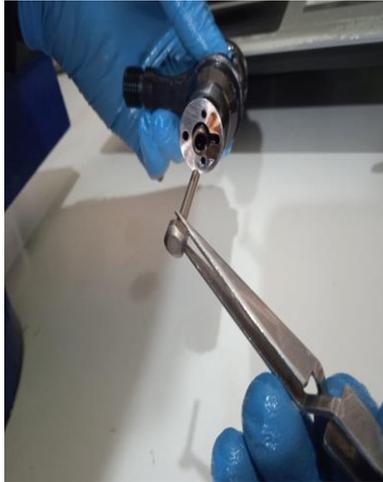


Ubicar el espaciador con sus cortes en dirección a la tobera
Introducir el anillo DKF sin importar su dirección
Ingresar el resorte sin importar su dirección

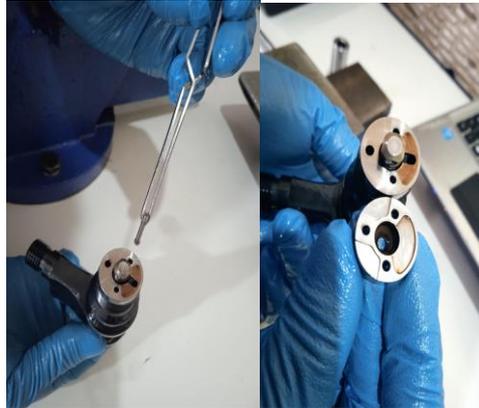


ARMADO DEL INYECTOR DENSO

Ingresar el PIN en el interior del resorte de tobera



Ubicar guías y el espaciador de tobera.
Tener en cuenta la posición del espaciador respecto al orificio de combustible



Ingresar la aguja en la tobera y sobreponer en el espaciador de tobera



ARMADO DEL INYECTOR DENSO

Ajustar la porta tobera y aplicar el torque según las especificaciones



Torque = 65Nm

Insertar las dos guías y la válvula de control.
La posición debe estar acorde al orificio de combustible



Ajustar la tuerca interna de la válvula de control con el útil respectivo y al torque según especificaciones



Torque = 55 Nm



ARMADO DEL INYECTOR DENSO

Introducir y posicionar el inducido.

Tener en cuenta que la cara plana de la media esfera debe dirigirse

hacia afuera



Introducir en la bobina el anillo VFK y el resorte de válvula.

La forma cónica del anillo debe apuntar hacia la parte superior del inyector



Ingresar el anillo de ajuste o arandela de separación en la bobina



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ARMADO DEL INYECTOR DENSO

Lubricar el canal de la bobina.



Ajustar la bobina en el cuerpo del inyector con una pequeña presión.



Aplicar el torque según las especificaciones



Torque = 14Nm



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA DESPUÉS DEL ARMADO DEL INYECTOR DENSO

Resultados del banco de pruebas.

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	16	30
Imagen Resultado (P0)		Retorno	Inyección	Observación	
		7 ml	13 ml	Al calibrar el anillo AH se ajusta la pre inyección del inyector, dando un volumen favorable.	

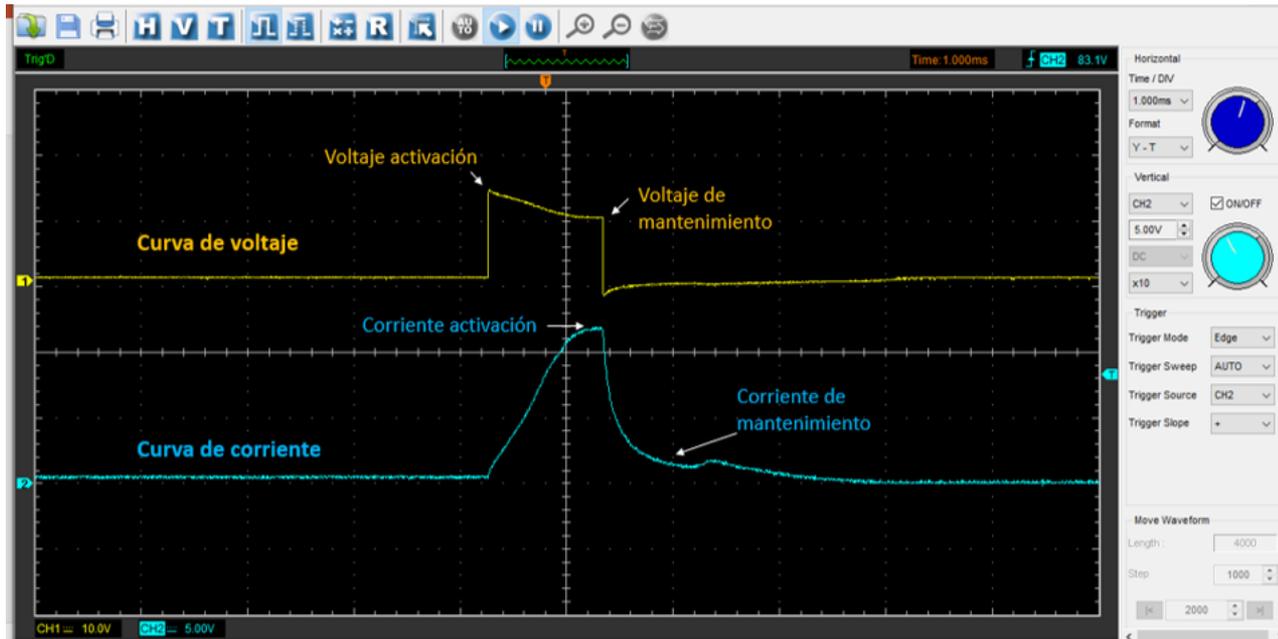


PRUEBA ANTES DEL DESARME DEL INYECTOR DENSO

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
LL	Ralentí	300	675	6	30
Imagen Resultado (P0)		Retorno	Inyección	Observación	
		2.5 ml	2.9 ml	Se ilustra la prueba en ralentí después de calibrar el anillo, dando como resultado 2,5 ml de inyección y encontrándose dentro del parámetro.	
VL	Full carga	1350	1380	20	30
Imagen Resultado (P0)		Retorno	Inyección	Observación	
		29 ml	84 ml	Al cambiar el anillo DFK se calibra la carga máxima. Como está dentro del rango, el volumen de la inyección es aceptable	



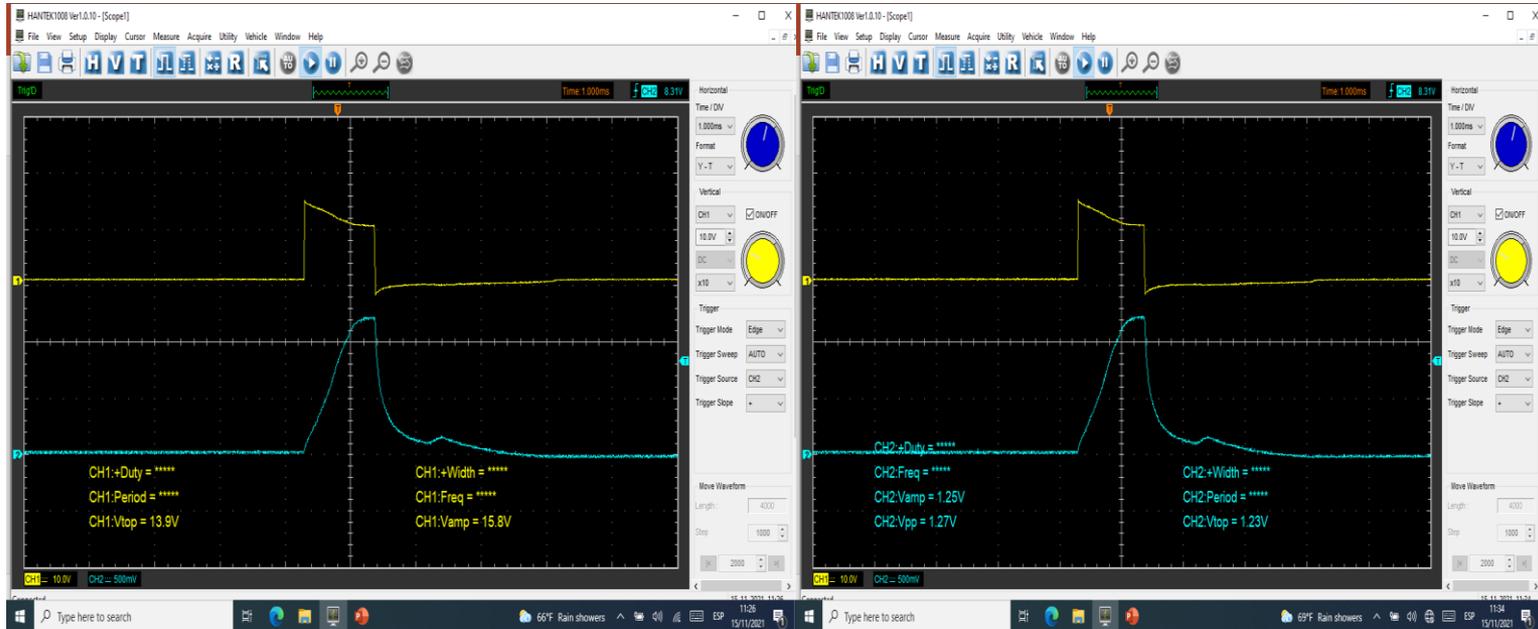
FASE DE ACTIVACIÓN DE CORRIENTE Y VOLTAJE DEL INYECTOR DENSO



En la fase inicial, la batería suministra la tensión para la apertura y generar la fase de activación limitada con una regulación de corriente aproximadamente de **24A** En la fase de mantenimiento disminuye hasta **4A** y con esto se libera energía.



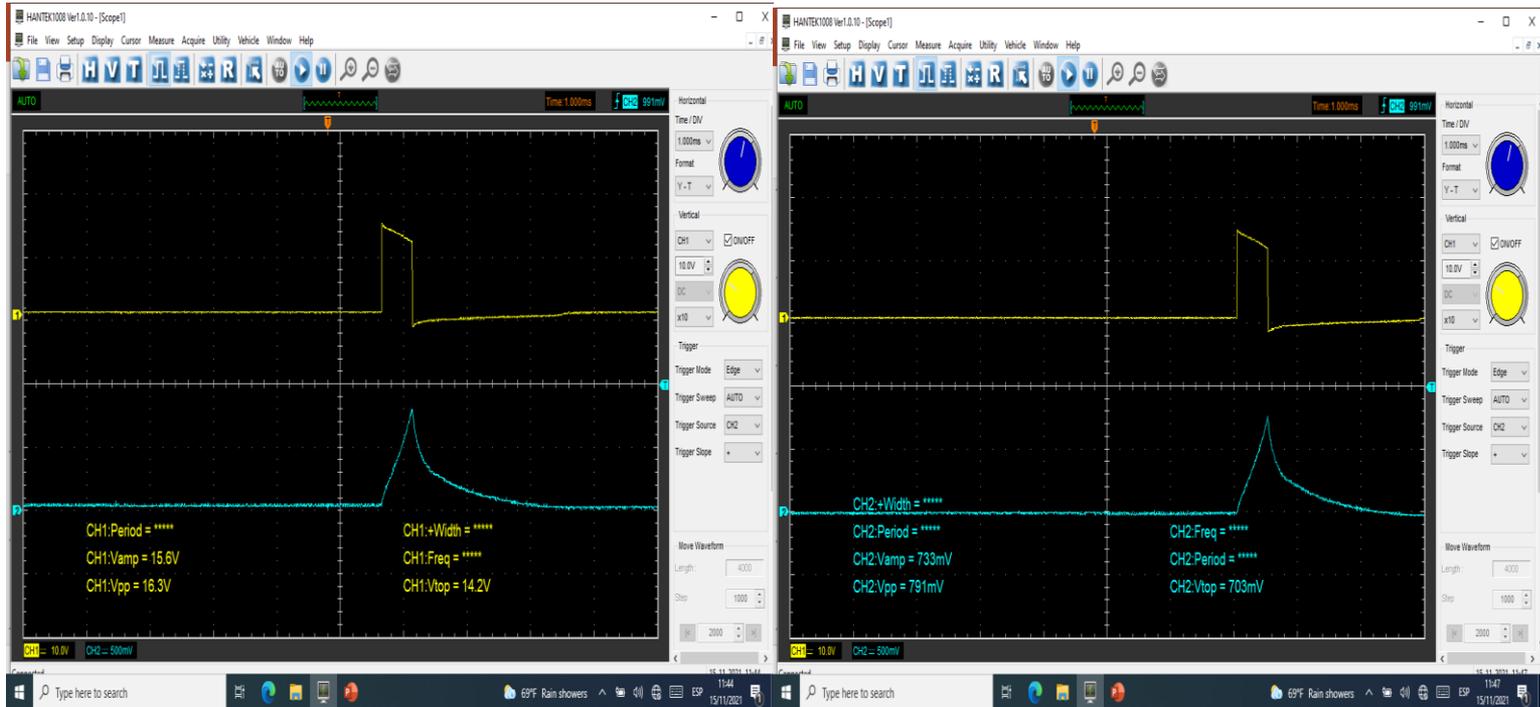
CURVAS DE CORRIENTE Y VOLTAJE DEL INYECTOR DENSO - PREINYECCIÓN



La curva amarilla de voltaje tiene una activación de 15V y un voltaje de mantenimiento de 10V, la curva azul de corriente tiene una apertura de inyección de 24A a un tiempo de inyección de 1.1 ms con un tiempo de cierre de 186,9 el periodo total es de 188 ms a 960 rpm y 5.333 Hz

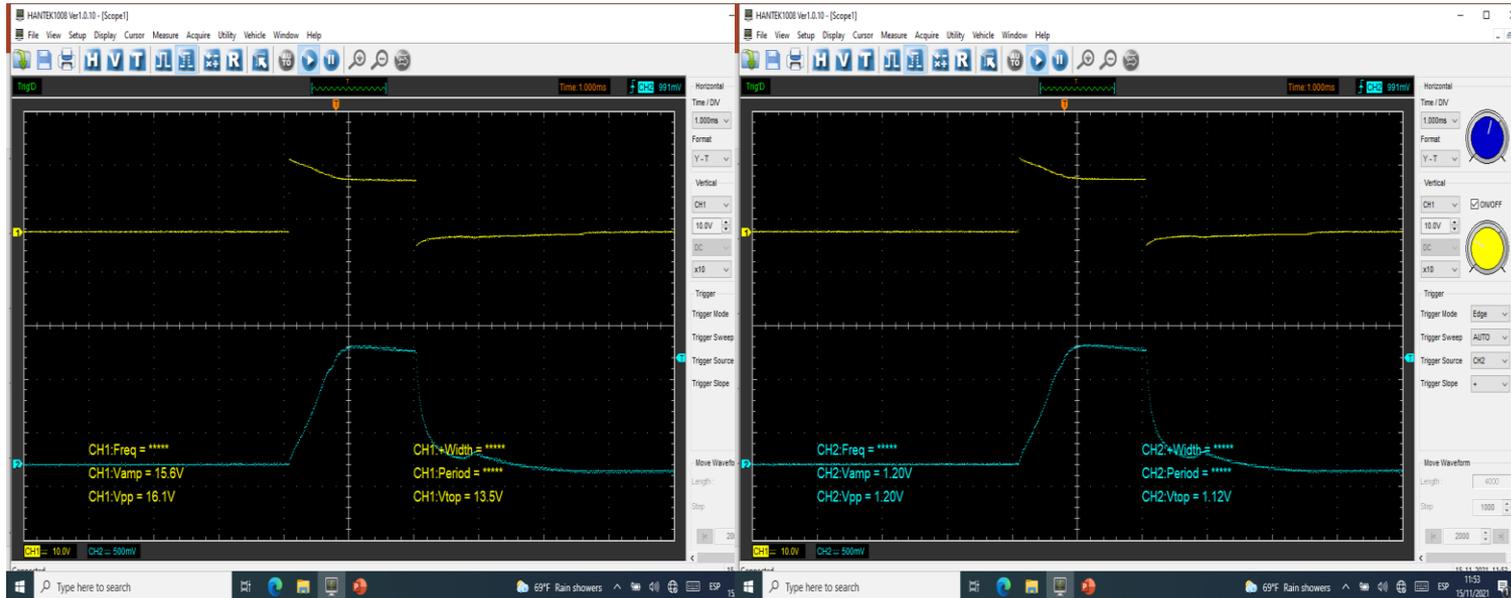


CURVAS DE CORRIENTE Y VOLTAJE DEL INYECTOR DENSO - RALENTÍ



Se observa la curva amarilla de voltaje tiene una activación de 14.8V y la curva azul de corriente tiene una apertura de la inyección de 16A, a un tiempo de inyección de 0,45 ms con un tiempo de cierre de 69,05 ms el periodo total es de 69.5 ms a 960 rpm y 14.40 Hz

CURVAS DE CORRIENTE Y VOLTAJE DEL INYECTOR DENSO – FULL CARGA



Se observa la curva amarilla de voltaje tiene una activación de 13.5V y la curva azul de corriente tiene una apertura de la inyección de 20A, a un tiempo de inyección de 1.9 ms con un tiempo de cierre de 54.6 el periodo total es de 56.5 ms a 960 rpm y 17.71 Hz



TRAZADO DE IMÁGENES



El grafica equivalente del test de la bobina del inyector Denso es una elipse cerrada

CONCLUSIONES

Al finalizar el trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- Se investigó las fuentes bibliográficas a través de libros, tesis, información de manuales y revistas técnicas que sirvieron de ayuda con los procesos y parámetros de calibración de los inyectores CRDI Bosch y Denso.
- Se seleccionó minuciosamente los inyectores CRDI Bosch serie 044 5110 310 y Denso serie 095000-6366 que sirvieron para el desarrollo de la investigación.
- Se realizó las pruebas mecánicas y eléctricas de los inyectores Bosch serie 044 5110 310 y Denso serie 095000-6366 utilizando el Banco de pruebas CRDI-VP44-COVEC-EUP y el software (osciloscopio) Hantek 1008.
- Se desarrolló todos los procedimientos de armado, desarmado y verificación de los inyectores CRDI Bosch y Denso mediante tablas de secuencia y todo esto gracias a investigar información exhaustiva y detalla, además de la práctica constante para llegar a lo planificado.
- Se obtuvo las curvas de funcionamiento de voltaje, corriente, sus diferentes fases e interpretación y además la traza de imágenes de los inyectores CRDI gracias al analizador en forma gráfica FADOS9F1.
- Se desarrolló los procesos de calibrado de los inyectores CRDI tomando medidas de los elementos y pasando a los cálculos y obtener a las dimensiones requeridas de los anillos de calibración.



RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta las características específicas de la calibración de los inyectores CRDI Bosch serie 044 5110 310 y Denso serie 095000-6366 para no tener ningún inconveniente al momento de realizar las pruebas en el banco ya que al colocar un dato errado se puede alterar los valores finales.
- Se debe mantener una limpieza minuciosa al momento de extraer las partes internas del inyector ya que al realizar las mediciones puede alterar el valor o a su vez causar fugas internas y perjudicar la calibración de los inyectores.
- Utilizar las herramientas adecuadas en el desarme del inyector ya que puede causar algún daño externo del inyector y provocar que no se llegue a la calibración deseada.
- Para realizar el desarmado de los inyectores, se ha de tener un área limpia y adecuada, así como las herramientas adecuadas para el proceso y sobre todo con los instrumentos calibrados se lo realiza de manera eficaz.
- En el proceso de armado tener en cuenta la limpieza previa de todas las piezas ya que podría generar fallas en el funcionamiento del inyector y tener precaución en la aplicación de los respectivos torques.
- Tener en cuenta la correcta instalación del software FADOS 9F1, especialmente el controlador o puerto de comunicación del ordenador. Realizar las conexiones con mucho cuidado antes de tomar las mediciones pertinentes de las bobinas de los inyectores.
- Se ha de considerar poner al punto o encerar los micrómetros y relojes comparadores al menos 2 veces para precisar las medidas de los elementos que intervienen y hallar las alturas de los anillos de calibración, estas medidas se han de tomar varias veces para tener lecturas correctas y definitivas, ya que depende de esto el desarrollar de los criterios y toma de decisión al momento de calibrar.

