

## **Análisis del comportamiento electrónico del inyector ejbr03701d crdi, bajo la variación de parámetros de tiempo de inyección, presión y números de strk**

### **Analysis of the electrical behavior of the injector ejbr03701d crdi delphi, under the variation of time parameters for injection, pressure and strk**

**Jefferson A. Bombón<sup>1</sup>, Milton P. Chalco<sup>2</sup>,**  
Unidad Educativa Nueva Generación, Latacunga - Ecuador

Correspondencia Autores: [distritolatacunga05h0033rp@gmail.com](mailto:distritolatacunga05h0033rp@gmail.com)

Recibido: 10 de julio 2022, Publicado: 18 de diciembre de 2022

*Resumen — El objetivo de esta investigación es determinar el comportamiento electrónico del inyector CRDI EJBR03701D bajo parámetros variables como el tiempo de inyección, la presión y los números STRK. Comprender el comportamiento del inyector CRDI es crucial en el campo de la automoción para establecer rangos y valores de trabajo eficientes. Mediante protocolos y metodologías de ensayo, el estudio proporciona información precisa sobre el comportamiento electrónico del inyector CRDI R03701D. También aporta conocimientos científicos tecnológicos para los investigadores y establece el rango de funcionamiento y el rendimiento del inyector. El estudio emplea el comprobador CRDI VNP - 3500 para realizar pruebas, variando el tiempo de inyección, el número STRK y la presión, estableciendo las características eléctricas del inyector en condiciones óptima.*

*Palabras clave— Crdi, Inyectores diesel, Caudal, Oscilogramas.*

*Abstract— This research aims to determine the electronic behavior of the EJBR03701D CRDI injector under varying parameters such as injection time, pressure, and STRK numbers. Understanding the CRDI injector's behavior is crucial in the automotive field to establish efficient working ranges and values. Through testing protocols and methodologies, the study provides accurate information about the electronic behavior of the Delphi R03701D injector. It also contributes scientific technological insights for researchers and establishes the injector's operating range and performance. The study employs the VNP - 3500 CRDI Tester to conduct tests, varying injection time, STRK number, and pressure, establishing the injector's electrical characteristics under optimal conditions*

*Keywords — Crdi, Diesel injectors, Flow, Oscillograms.*

El funcionamiento del motor de combustión interna produce una serie de residuos, entre los cuales se encuentran los gases contaminantes producto de la quema de un combustible fósil [1]. Debido a estos contaminantes, las regulaciones medioambientales son cada vez más estrictas, con el objetivo de reducirlos. Para lograr este propósito, las casas automotrices desarrollan nuevas tecnologías y perfeccionan los sistemas de inyección de combustible. Es así como hoy en día es más común encontrar vehículos con un sistema de inyección CRDI [2].

El sistema CRDI es una forma inteligente de controlar un motor diésel mediante el uso de sistemas computarizados modernos. Ayuda a mejorar la potencia, rendimiento y a reducir las emisiones dañinas de un motor diésel [3]. En comparación con los motores diésel convencionales, los cuales no son CRDI, estos son más lentos, ruidosos y menos eficientes en términos de rendimiento [4].

A pesar de que la utilización de un sistema CRDI en un vehículo diésel conlleva una alta inversión en la adquisición y mantenimiento, las ventajas a largo plazo son significativas [4]. El motor diésel funciona principalmente con un exceso de aire, y si este excedente es demasiado bajo, las emisiones contaminantes aumentan, produciendo contaminantes como el NOX [2]. El sistema CRDI mejora el control de la inyección y la atomización del combustible, lo que ayuda a ahorrar combustible y a reducir las emisiones. Se estima que es posible ahorrar alrededor del 30% de combustible en comparación con un motor diésel convencional, además

-----Artículo Científico / Scientific Paper-----

de reducir el ruido debido a una sincronización más precisa [5].

Los inyectores CRDI de Delphi y su tecnología se encuentran en diferentes marcas de vehículos, que circulan en el medio. Sin embargo, la información relacionada con estos sistemas, incluidos los mantenimientos, protocolos de pruebas y calibración de inyectores Delphi, es escasa y limitada [6].

Dado que hay poca información y personal capacitado, los trabajos de mantenimiento se vuelven arduos y escasos. Dado el aumento de la demanda de vehículos con este sistema, es necesario conocer el comportamiento electrónico y los parámetros de funcionamiento del mismo en ciertas condiciones de uso [6].

Por esta razón, la investigación se centró en determinar los parámetros eléctricos y electrónicos característicos del inyector EJBR03701D, mediante pruebas de voltaje de activación, retención, amperaje, resistencia en la bobina e inductancia. Estas pruebas presentan las características de trabajo del inyector cuando están en condiciones óptimas de funcionamiento del Sistema CRDI de Delphi.

Este sistema se ha diseñado para: reducción del ruido, de las emisiones contaminantes, del consumo de combustible y aumento de las prestaciones. En el caso específico del sistema CRDI de Delphi, se subdividen en dos tipos, donde la PCM controla directamente los inyectores y la bomba, recibiendo toda la información necesaria para operar el motor [7].



Figura 1. Inyector Delphi

El módulo se comunica con la PCM y controla este a los inyectores, llamado IDM (Inyector Drive Module) este módulo actúa como un amplificador del PCM dados los requerimientos de potencia que se requieren para operar este tipo de inyectores [7].

Al utilizar un sistema de alimentación CRDI, el valor que se incrementa es la presión de combustión debido a una inflamación de la mezcla aire-combustible, lo cual provoca un aumento de ruido. En un motor diésel, la combustión no empieza inmediatamente después de la inyección del combustible en el cilindro. Este retraso se llama el retraso de inflamación. El aumento de la presión del cilindro durante la inflamación del combustible provoca un ruido de combustión elevado en función de la cantidad inyectada previamente. Para disminuir el ruido de combustión, hay que reducir pues el plazo de inflamación. La disminución de este plazo pasa por un aumento de la temperatura y de la presión en el cilindro. Para ello son posibles varios métodos; Disminución de la cantidad inyectada, precalentamiento, recalentamiento del aire de sobrealimentación, multi inyección (Añadido de una inyección antes de la inyección principal), el precalentamiento y la multi inyección son los 2 procedimientos más empleados [2].

El equilibrio correcto de las proporciones de aire y combustible es de suma importancia para reducir las emisiones contaminantes. De esta forma se ilustran gráficamente los valores adecuados [1]. El motor diésel funciona principalmente con un exceso de aire. Si el excedente de aire es demasiado bajo, las emisiones contaminantes aumentan [2].

Los inyectores de combustible diésel de Delphi son una familia de productos mecánicos altamente versátiles que puede adaptarse para su uso en una amplia gama de liviano, medio y sistema pesado de combustible, de inyección directa y motores diésel de inyección indirecta [2].

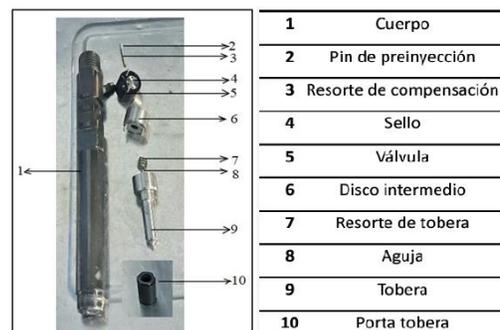


Figura 2. Composición de un inyector Delphi.

Los inyectores de carburante de Delphi diésel están disponibles en una amplia gama de diseños, esto proporciona a fabricantes la libertad para optimizar el rendimiento de las emisiones de motor y vehículo con diseño de motor y otros componentes del sistema de combustible.

-----Artículo Científico / Scientific Paper-----

Cuando se combina con otros componentes del sistema combustible apropiado, Delphi inyectores de combustible diésel han demostrado para contribuir a la consecución de estándares de emisiones hasta e incluyendo Euro IV [2].

II. MÉTODOS Y MATERIALES

Para llevar a cabo el cumplimiento del protocolo de pruebas se utiliza el Tester VNP – 3500 CRDI, además con la pinza amperimétrica Brain Bee, y el Osciloscopio Hantek 1008c .

Osciloscopio Hantek 1008c.

El osciloscopio automatizado Hantek 1008c permite visualizar y medir señales eléctricas de inyectores en tiempo real. Se conecta a la PC y su software permite ajustar escalas, tomar medidas y visualizar oscilogramas en ocho canales. Es una herramienta útil para el diagnóstico y reparación de sistemas de inyección automatizada. Los investigadores lo usan para identificar problemas como fugas, obstrucciones o fallos en los inyectores



Figura 3. Osciloscopio Hantek.

Pinza amperimétrica .

La pinza amperimétrica, mide corriente sin necesidad de abrir el circuito, detecta el campo magnético generado

por la corriente circulante en un conductor, y su nombre proviene de su diseño de pinza que abraza el cable a medir.



Figura 4 Pinza Amperimétrica

Tabla 1. Especificaciones de la pinza amperimétrica Pinza amperimétrica Brain Bee

Entrada.	60A Max AC/DC
Salida.	10mV/A - 100mV/A
Max voltaje.	240V- AC / 300V - DC

Tester CRDI V – 3500 VNP

El Tester VNP - 3500 CRDI es un dispositivo especializado en analizar inyectores de marcas Bosch, Delphi y Denso, utilizando controles digitales STRK para ajustar el número de inyecciones, la presión y el tiempo de pulso del inyector. Utiliza contadores digitales automatizados con diferentes regímenes de trabajo, junto con tubos de ensayo y probetas de control para análisis visuales y comparaciones posteriores, ofreciendo así una herramienta completa para evaluar y comparar el estado mecánico y electrónico de los inyectores.

Tabla 2.Especificaciones técnicas del banco de pruebas V – 3500.

Categoría	Especificaciones
Modelo No.	MT 3000
Tipo de control	Regulador de aire + digital
CPU	18.4 MHz
Entrada	AC 220, MAX 300W
Salida	DC 0 – 12 V, MAX 200W
Corriente de funcionamiento	13A / MAX 30A por canal Para operación multicanal: MAX 25ª
Entrada de presión	8 bar
Salida de presión Max.	800 bar
Temperatura	5 – 40 °C
Fusible	110V 2ª
Peso	55 Kg

Para utilizar el Tester VNP-3500 correctamente, se deben seguir protocolos de inspección inicial, que incluyen verificar y limpiar la trampa de agua, asegurarse de que no haya fugas en el filtro de aceite, ajustar el control de presión principal y verificar el nivel de viscosidad del sistema. Además, se debe asegurar que las mangueras y cañerías estén libres de residuos y correctamente conectadas. El montaje del inyector debe seguir un protocolo específico, incluyendo el uso de guantes y equipo de protección personal. Es crucial no encender la máquina sin que los inyectores estén instalados correctamente. Durante el montaje, se deben ajustar las cañerías con cuidado para evitar fugas y daños. Se deben seguir las sugerencias proporcionadas para el uso adecuado del Tester VNP-3500.

- Tener en cuenta que nada ingrese en los cilindros de pulverización el momento del montaje de los inyectores.
- Utilizar siempre guantes de látex al momento de manipular los inyectores
- Por ningún motivo encender la máquina durante el proceso de montaje de los inyectores.
- Cuando el equipo no esté en uso, gire la válvula de presión de liberación en sentido antihorario una vez (liberación de presión)
- Cuando un inyector no está conectado al orificio de descarga, el aceite podría fluir.

El protocolo que utilizarse fue basado en la variación de tiempo de inyección, numero de STRK y presiones de funcionamiento. Teniendo en cuenta los datos iniciales, realizar las pruebas en el inyector y anotarlos en la tabla de datos.

La tabla de datos debe ser llevada a cabo para todas las presiones establecidas. Dentro de los valores a medir se encuentran; Voltaje de activación (V), Voltaje de retención (V), Resistencia en la bobina ( $\Omega$ ), Inductancia (H).

### III. PRUEBAS Y RESULTADOS

El diseño de la investigación del comportamiento mecánico del inyector EJBR03701D CRDI Delphi inicia a partir de un problema con ello se formuló la hipótesis. Para confirmar la hipótesis se planteó la caracterización del inyector y el protocolo de pruebas en el cual se utilizó instrumentos y técnicas de medición. Con el desarrollo del protocolo de pruebas se generaron resultados, los cuales fueron tratados con técnicas de análisis de datos, estos se escribieron en el reporte y a la vez se los puede considerar para una nueva hipótesis de acuerdo a los resultados alcanzados.

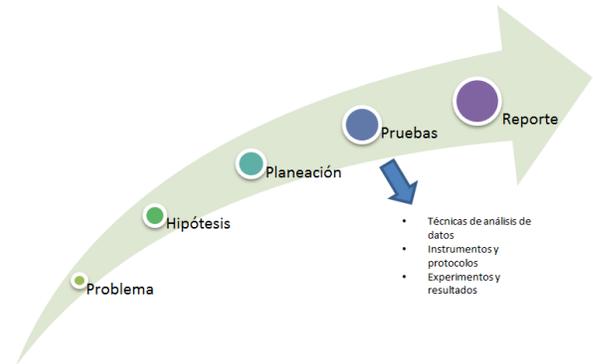


Figura 5 Metodología

### Inyector EJBR3701D CRDI Delphi.

El primer inyector a ser sujeto de estudio fue el EJBR03701D de la casa comercial automotriz Delphi, el cual es usado en las motorizaciones diésel CRDI que cumplen la normativa ambiental euro III, de 2.9lt, cuatro cilindros, de la marca Hyundai / Kia para los modelos Terracán y Carnival respectivamente, motores que llegan a generar 150 CV, estos inyectores utilizan una tobera de serie L137PRD y para complementar el funcionamiento de estos inyectores en la motorización descrita es necesario mencionar que es compatible con una bomba rotativa de serie 9044A072A.

Tabla 3. Aplicación del inyector Delphi R03701D.

Marca de auto.	Hyundai. Kia.
Modelo.	Terracán. Carnival.
Motor.	2.9 CRDI.
BHP.	150.
Cilindros.	4.
Normas emisión.	Euro III.
Bomba.	9044A072A.
Tobera.	L137PRD.

Análisis de las pruebas a la presión de 300 bar

-----Artículo Científico / Scientific Paper-----

Tabla 4. Prueba del inyector Delphi EJBR03701D a una presión de 300bar con una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms

PRESIÓN DE 300 BAR

STRK	Tiempo de inyección	Vol-taje de activación	Vol-taje de retención	Co-rriente de activación	Re-sis-tencia en la bobina	In-duc-tancia
	ms	(V)	(V)	(A)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,3	2,1	16,5	0,3	88,49
250	1	20,4	2,1	16,9	0,3	88,49
250	2	20,4	2,3	16,1	0,3	88,49
500	0,25	20,4	2	16,6	0,3	88,49
500	1	20,4	2	17,5	0,3	88,49
500	2	20,4	2	16,8	0,3	88,49
750	0,25	20,4	2	17,5	0,3	88,49
750	1	20,4	2	16,5	0,3	88,49
750	2	20,4	2	16,8	0,3	88,49
990	0,25	20,4	2	16,7	0,3	88,49
990	1	20,4	2	16,7	0,3	88,49
990	2	20,4	2	16,3	0,3	88,49

En la tabla 4 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó un consumo promedio de voltaje de 20.385 V, también se determinó que el voltaje de retención oscila entre valores similares siendo 2V el valor mínimo y 2,3 V el valor máximo, en cuanto a la corriente de activación se puede observar un valor mínimo de 16.1 A y un valor máximo de 17.5 A resultando un promedio de corriente de activación de 16.675 A, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3Ω, y una inductancia de 88,84 μH, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .

Análisis de las pruebas a la presión de 500 bar

Tabla 5. Prueba del inyector Delphi EJBR03701D a una presión de 500 bar con una variación del números de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms

PRESION DE 500 BAR

STRK	Tiempo de inyección	Vol-taje de activación	Vol-taje de retención	Co-rriente de Activación	Re-sis-tencia en la Bobina	In-duc-tancia
	ms	(V)	(V)	(A)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,3	2	15,6	0,3	88,49
250	1	20,4	2	16,7	0,3	88,49
250	2	20,4	2	16,9	0,3	88,49
500	0,25	20,4	2	15,8	0,3	88,49
500	1	20,4	2	15,9	0,3	88,49
500	2	20,4	2	16,5	0,3	88,49
750	0,25	20,4	2	16,8	0,3	88,49
750	1	20,4	2	17,1	0,3	88,49
750	2	20,4	2	15,9	0,3	88,49
990	0,25	20,4	2	17,5	0,3	88,49
990	1	20,4	2	16,8	0,3	88,49
990	2	20,4	2	16,8	0,3	88,49

En la tabla 5 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó un consumo promedio de voltaje de 20.395 V para su activación, se puede observar que el voltaje de retención oscila entre valores similares teniendo así un voltaje continuo para esta prueba de 2 V, se obtuvo un valor promedio de corriente de 16.56 A, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3Ω, y una inductancia de 88,84 μH, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas.

Análisis de las pruebas a la presión de 700 bar

Tabla 6. Prueba del inyector Delphi EJBR03701D a una presión de 700 bar con una variación de los números de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms

PRESION DE 700 BAR

STRK	Tiempo de inyección	Vol-taje de activación	Vol-taje de retención	Co-rriente de Activación	Re-sis-tencia en la Bobina	In-duc-tancia
	Ms	(V)	(V)	(A)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,3	2,1	(A)	0,3	88,49



-----Artículo Científico / Scientific Paper-----

inyección en ms, (c) en el cual la distancia vertical representa el voltaje de activación en voltios, (d) es la calibración que permite realizar el osciloscopio para el eje de tiempo, el cual es de 500  $\mu$ s, (e) es la distancia vertical del valor para el voltaje de retención, (f) es la distancia que representa el tiempo de retención de inyección, este valor irá aumentando conforme variemos el valor del tiempo de inyección, (g) es la calibración que permite realizar el osciloscopio para el eje y, el cual es de 5V.

El siguiente oscilograma presenta la corriente, cual inicia y culmina en el mismo momento en que lo hace la gráfica de voltaje.

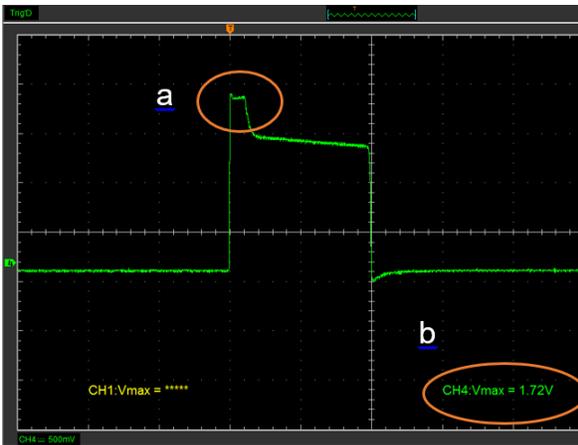


Figura 82. Detalle de las partes que componen la gráfica de corriente.

Los significados de las letras se detallan de la siguiente forma, (a) es el tiempo de disparo en la gráfica de corrientes. (b) es el valor de activación de la curva de corriente, esta opción es posible visualizarlo ingresando a la opción de measure value que es necesario transformarlo para obtener el amperaje con la relación de 10 mV es igual a 1 amperio.

Los oscilogramas de cada prueba realizada en el inyector inductivo comparten similitud en su forma, lo que establece un solo patrón de identificación de la curva de inyección, los parámetros que se diferencian son apreciables mediante el análisis de la información, expuesta en cada una de las tablas y graficas de barras, anteriormente presentadas, y según los datos que a continuación se identifican en cada figura.

Oscilogramas de voltaje y corriente, pulso de inyección de 0.25 ms, inyector inductivo Delphi R03701D CRDI.

Los siguientes oscilogramas de voltaje y corriente se los obtuvo variando los pulsos de inyección a 0.25 ms,

independientemente de la presión de trabajo y los STRK además la calibración del osciloscopio se la especifico en 500us para el eje de las abscisas y 1,25 V para el eje de las ordenadas.

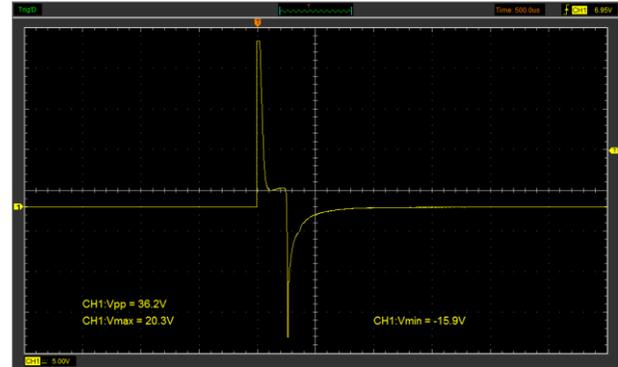


Figura 9 Curva de voltaje, con un tiempo de inyección de 0,25ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo

En la figura 9 se observa que la curva amarilla representa el voltaje de activación de 20,3 voltios en 0,0244 mil segundo y un voltaje de retención de 2 voltios en un tiempo de 0,2257 milisegundos, el voltaje de activación no se alteró al momento de variar los parámetros de número de STRK o presión.

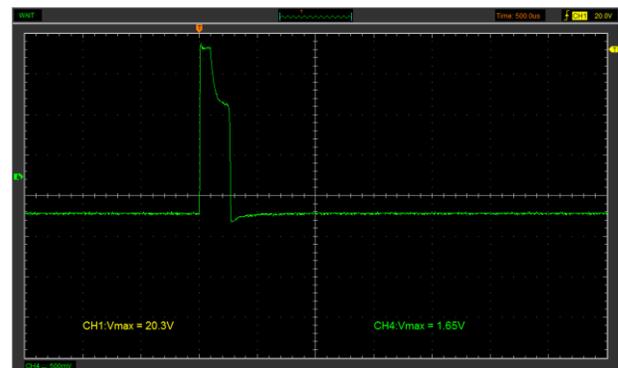


Figura 3. Curva de corriente, con un tiempo de inyección de 0,25ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo

En la figura 10, se observa la curva verde que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 16,5 amperios, la cual se mantiene durante el tiempo de disparo, el amperaje de activación no se vio alterado al variar los parámetros de número de STRK o presión del sistema.

Artículo Científico / Scientific Paper

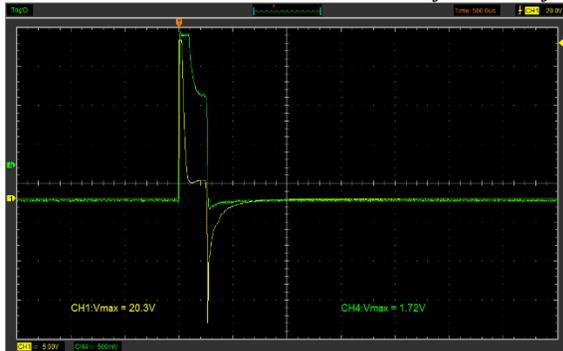


Figura 4. Curva de voltaje y corriente simultaneo con un tiempo de inyección de 0,25 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.

En la figura 11 se aprecia la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, identificándose que al pico de voltaje de la activación del inyector se aproxima el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención de la inyección, hasta llegar a finalizar totalmente el proceso de inyección.

Oscilogramas de voltaje y corriente, pulso de inyección de 1 ms, inyector inductivo Delphi R03701D CRDI.

Los siguientes oscilogramas de voltaje y corriente se los obtuvo variando los pulsos de inyección a 1 ms, independientemente de la presión de trabajo y los STRK además la calibración del osciloscopio se la especifico en 500us para el eje de las abscisas y 1,25 V para el eje de las ordenadas.

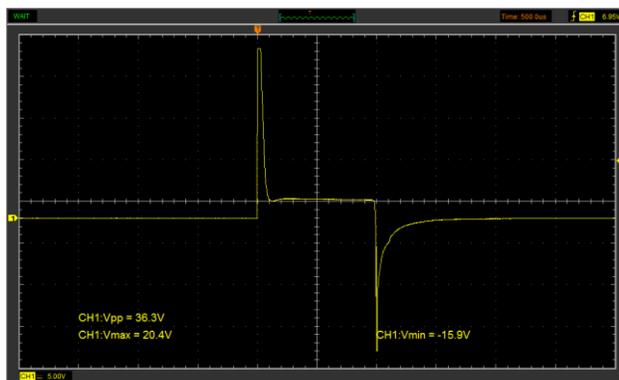


Figura 5. Curva de voltaje, con un tiempo de inyección de 1ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo

En la figura 12 se observa que la curva amarilla presenta el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,0243 milisegundos y un voltaje de mantenimiento de 2,1 voltios en un tiempo de 0,9757 milisegundos, el voltaje de activación no se ve alterado al momento de variar los parámetros número de STRK o presión del sistema.

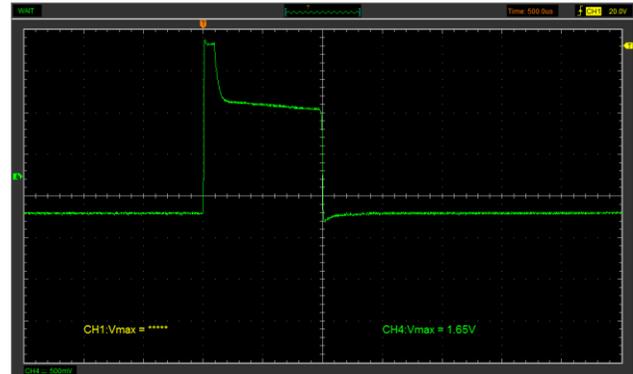


Figura 13. Curva de corriente, con un tiempo de inyección de 1ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo

En la figura 13, se observa la curva verde que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 16,5 amperios, la cual se mantiene durante el tiempo de disparo, el amperaje de activación no se vio alterado al variar los parámetros de número de STRK o presión del sistema.

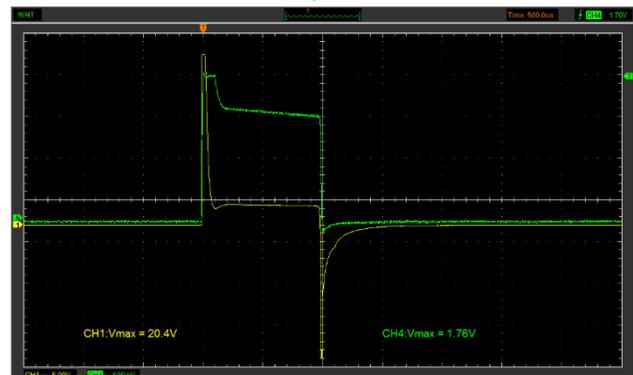


Figura 6. Curva de voltaje y corriente simultaneo con un tiempo de inyección de 1 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.

En la figura 14 se aprecia la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, identificándose que al pico de voltaje de la activación del inyector se aproxima el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención de la inyección, hasta llegar a finalizar totalmente el proceso de inyección

Oscilogramas de voltaje y corriente, pulso de inyección de 2 ms, inyector inductivo Delphi R03701D CRDI.

Artículo Científico / Scientific Paper

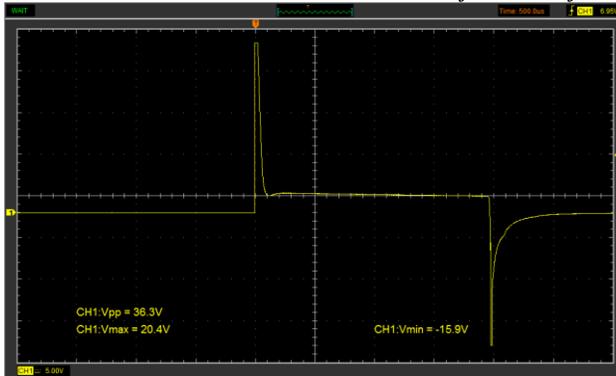


Figura 7. Curva de voltaje, con un tiempo de inyección de 2ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo

En la figura 15 se observa que la curva amarilla presenta el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,0243 mili segundo y un voltaje de mantenimiento de 2 voltios en un tiempo de 1,9757 milisegundos, el voltaje de activación no se ve alterado al momento de variar los parámetros número de STRK o presión del sistema.

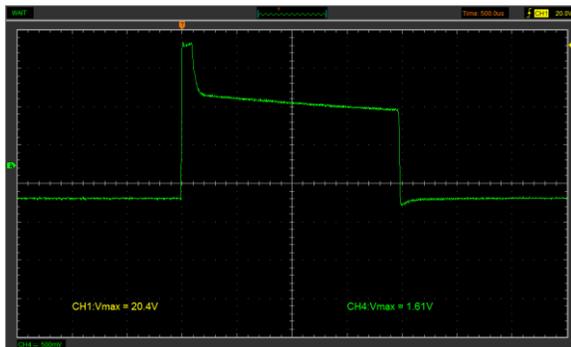


Figura 8. Curva de corriente, con un tiempo de inyección de 2ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo

En la figura 16, se observa la curva verde que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 16,1 amperios, la cual se mantiene durante el tiempo de disparo, el amperaje de activación no se vio alterado al variar los parámetros de número de STRK o presión del sistema.

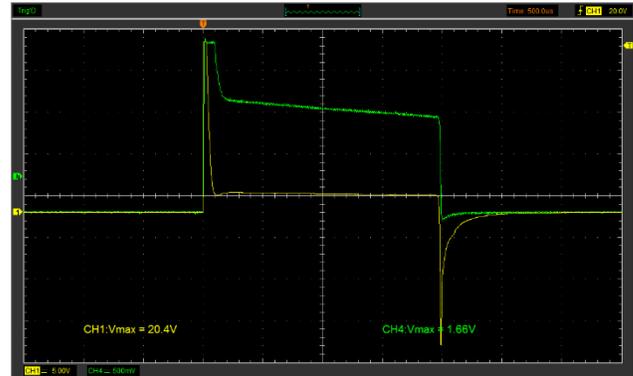


Figura 17. Curva de voltaje y corriente simultaneo con un tiempo de inyección de 2 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.

En la figura 17, se aprecia la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, identificándose que al pico de voltaje de la activación del inyector se aproxima el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención de la inyección, hasta llegar a finalizar totalmente el proceso de inyección.

#### IV. CONCLUSIONES

Los valores obtenidos muestran que la corriente de activación varía entre 15.7 A y 17.6 A, con un promedio de 15.58 A, mientras que el voltaje de activación promedio es de 20.4V y el voltaje de retención promedio es de 2V, con resistencia eléctrica e inductancia constantes en  $0.3\Omega$  y  $88.84 \mu\text{H}$  respectivamente.

Los oscilogramas de voltaje y corriente proporcionan una representación detallada de la activación de los inyectores, mostrando la relación entre voltaje y corriente durante el proceso de inyección.

La estabilidad de la corriente y el voltaje de activación a lo largo de diferentes pulsos de inyección indica una robustez en el diseño y funcionamiento del inyector, lo que sugiere una alta confiabilidad en su desempeño en diversas condiciones de operación.

La representación gráfica detallada proporcionada por los oscilogramas facilita la identificación de patrones consistentes en la activación de los inyectores, lo que puede ser útil para el diagnóstico preciso de problemas y el ajuste óptimo de los parámetros de inyección.

La correlación observada entre los picos de voltaje y corriente durante la activación del inyector sugiere una relación directa entre estos dos parámetros, lo que puede ser importante para comprender mejor el proceso de inyección y optimizar su eficiencia.

---

-----Artículo Científico / Scientific Paper-----

La similitud en la respuesta del inyector bajo diferentes condiciones de tiempo de inyección y presión de trabajo indica una consistencia en su desempeño, lo que podría traducirse en una mayor confiabilidad y durabilidad en aplicaciones prácticas.

La variación en el tiempo de inyección a 0.25 ms, 1 ms y 2 ms no afecta significativamente los valores de corriente y voltaje de activación, lo que indica una estabilidad en el funcionamiento del inyector.

La activación simultánea de la señal de voltaje y corriente revela una correlación entre el pico de voltaje de activación y el pico de corriente, seguido por un período de retención de inyección antes de finalizar el proceso.

Estos resultados sugieren que el inyector inductivo Delphi R03701D CRDI mantiene un comportamiento consistente y predecible en términos de activación bajo diferentes condiciones de tiempo de inyección y presión de trabajo.

#### REFERENCIAS

- [1] Orovio, M. (2010). *Tecnología del automovil*. Paraninfo: Madrid.
- [2] Ganesan V (2012). *Internal Combustion Engines*. Tata McGraw Hill: New Delhi.
- [3] Delphi France SAS. *MANUAL COMMON RAIL Principios de Funcionamiento*. Blois: Delphi France SAS, 2007.
- [4] Delphi Automotive LLP. *DELPHI*. 2015.
- [5] <http://www.delphi.com/manufacturers/auto/powertrain/diesel/inject/diesel-fuel-injectors>.
- [6] Delphi. *Manual Common Rail Principios de Funcionamiento*. Francia.: Delphi France SAS., 2007.
- [7] Bombón, T., Jefferson, A., & Chalco, S., Milton, P. (2017). *Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores de marca Delphi "EJBR02801D" y "EJBR04601D" del sistema de inyección crdi (common rail diésel injection) (Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.)*.
- [8] Torres, y Arizaga. *Diseño de un simulador para diagnóstico de bombas CRDI e implementación en un banco de pruebas*. Cuenca, 2014
- [9] Fustillo, J.M. *Programa Master Sistemas Common Rail*. Miami, 2006

[10] Bosch, R. (2005). *Sistemas de inyección diesel por acumulador Common Rail*. Reverté.

[11] Arco Sola, J. (2015). *Hydraulic Characterization of Diesel Engine Single-Hole Injectors*.

[12] Mobasheri, R. (2017). *Influence of narrow fuel spray angle and split injection strategies on combustion efficiency and engine performance in a common rail direct injection diesel engine*. *International Journal of Spray and Combustion Dynamics*, 9(1), 71-81.