



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**

**TEMA: “INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES DE
MARCA DELPHI “EJBR02801D” Y “EJBR04601D” DEL
SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL
INJECTION)”**

AUTORES:

**JEFFERSON ALEXI BOMBÓN TOCA
MILTON PAUL CHALCO SUQUILLO**

DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO

LATACUNGA

2017



**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES DE MARCA DELPHI “EJBR02801D” Y “EJBR04601D” DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIÉSEL INJECTION)”** realizado por los señores **JEFFERSON ALEXI BOMBÓN TOCA** y **MILTON PAUL CHALCO SUQUILLO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **JEFFERSON ALEXI BOMBÓN TOCA** y **MILTON PAUL CHALCO SUQUILLO** para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 07 de agosto del 2017

**WASHINGTON GERMÁN ERAZO LAVERDE
DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **JEFFERSON ALEXI BOMBÓN TOCA**, con cédula de ciudadanía N°172159173-1 y **MILTON PAUL CHALCO SUQUILLO** con cédula de ciudadanía N° 172207414-1, declaramos que este trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES DE MARCA DELPHI “EJBR02801D” Y “EJBR04601D” DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIÉSEL INJECTION)”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 07 de agosto del 2017

Jefferson Alexi Bombón Toca
C.C.: 1721591731

Milton Paul Chalco Suquillo
C.C.: 1722074141



**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Nosotros **JEFFERSON ALEXI BOMBÓN TOCA** y **MILTON PAUL CHALCO SUQUILLO**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES DE MARCA DELPHI “EJBR02801D” Y “EJBR04601D” DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIÉSEL INJECTION)”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad

Latacunga, 07 de agosto del 2017

Jefferson Alexi Bombón Toca
C.C.: 1721591731

Milton Paul Chalco Suquillo
C.C.: 1722074141

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a toda mi familia Bombón Toca, en especial a mis padres que con su lucha diaria y su ejemplo inquebrantable me han guiado para ser una persona correcta, humilde la cual siempre luchara por sus metas y sueños, dedico este logro a mi hermosa madre que con sus consejos diarios supo fortalecer mi espíritu a pesar que la distancia se hacían presente que con su apoyo supo levantarme cuando esta caído, también se lo dedico a mi incansable padre el cual esforzó día y noche por brindarme la oportunidad de ser mejor y superarme, el cual ha sido un ejemplo permanente de lucha y perseverancia, a mis abuelitos Piedad Díaz , Juana Pillajo y Gonzalo Bombón, los cuales siempre estuvieron animándome y brindándome su apoyo, a todos mis tíos, que siempre con sus consejos buscaron que alcance una meta más en mi vida, a mi novia Lizeth Delgada que siempre me ha brindado su apoyo incondicional para seguir adelante con cada sonrisa y bellos momentos, a todos mis amigos que con cada palabra de aliento supieron animarme cuando el camino se veía nubloso, y que me enseñaron que los amigos están en las buenas, pero sobre todo en las malas circunstancias.

Jefferson Alexi Bombón Toca.

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a Dios por permitirme la vida, para cumplir con esta meta anhelada, a mis amados padres Marco Chalco, Ángela Suquillo y mis amados hermanos, Christian y Adriana, por todo el apoyo incondicional dado en los buenos y malos momentos, a mis padres que son los pilares fundamentales para mi formación personal y profesional, siendo ejemplo de esfuerzo, honradez, perseverancia, de lucha constante, sin dejarse vencer por las adversidades, padres que con sus consejos y enseñanzas han sabido ser de mí una persona de bien, a mis hermanos por ser los cómplices de una excelente y bella hermandad, cualidades de cada miembro de mi familia que han sido la fortaleza para poder llegar a cumplir este objetivo.

Milton Paul Chalco Suquillo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por permitirme cada día despertar para poder seguir cumpliendo con mis sueños.

Agradezco infinitamente al Ing. Germán Erazo, que me ha brindado sus conocimientos a lo largo de la enseñanza universitaria y me ayudado para poder realizar el presente proyecto, por el tiempo y la paciencia que tuvo con nosotros para culminar con éxito nuestra etapa universitaria.

Al Ing. José Quiroz por los conocimientos brindados durante la carrera, pero más que todo por la amistad brindada durante toda esta etapa estudiantil la cual se fortaleció en el periodo de titulación.

A mi bella madre por su lucha incansable, por ser mi consejera en esos momentos cuando se veía todo perdido, por ser la luz que alumbra mis mañanas y me da fuerza para seguir adelante

A mi padre, las palabras no me alcanzarían para darle las gracias, por todo el tiempo, la paciencia, pero sobre todo la confianza que deposito en mí, por todas las noches que no concilio el sueño por estar pendiente de mis problemas.

A mis abuelitos, Piedad Díaz, Juana Pillajo y Gonzalo Bombón, que con su preocupación me hacían ver que tengo que seguir adelante y que no estaba solo en el camino.

A mis tíos, Fernando Toca, Silvia Guzmán, Patricio Bombón, Gladys Bombón y Roció Bombón, que con sus consejos y ocurrencias siempre me alentaban a continuar.

A mi enamorada Lizeth Delgado, quien ha sido un apoyo fundamental e incansable, brindándome su apoyo incondicional cada día para seguir adelante.

A todos mis amigos porque con sus locuras mutuamente nos animábamos para continuar y no fallecer en nuestra vida universitaria, y hoy ya forman parte de mi familia.

Jefferson Alexi Bombón Toca.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida brindada a mi familia y a mí, para la vivencia y apoyo en buenos y malos momentos.

A mi padre por transmitir sus conocimientos profesionales y personales para poder salir a enfrentar el mundo profesional y ser mejor cada día.

A mi madre por su apoyo moral, anímico, por su forma de ser, por compartir sus experiencias vividas para enfrentar el mundo profesional y ser mejor cada día.

A mis hermanos Christian y Adriana por permitirme ser parte de sus vidas en cada momento difícil o bueno y convivir con ellos tantos bellos momentos inolvidables.

A mis abuelitos maternos, paternos a mis tíos Susana, Patricio, Miguel, Mónica, Juan, Mery, Luis, Ruth, Rosario y Lucila por sus consejos y apoyo constante en el momento preciso.

A mis padrinos Agustín Cevallos y Flora Pacheco por sus consejos y apoyo constante en todo momento.

A los Ing. Germán Erazo e Ing. José Quiroz docentes integrales que supieron compartir sus conocimientos profesionales además de su amistad y confianza para lograr la realización de este proyecto.

A amigos cercanos, que fueron un pilar de amistad fundamental.

Milton Paul Chalco Suquillo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.	xxiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxvi
RESUMEN.....	xxvii
ABSTRACT	xxviii

CAPÍTULO I

1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Descripción resumida del proyecto.....	5
1.4. Justificación e importancia.	5
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos.	6
1.6. Metas.....	7
1.7. Hipótesis.....	7
1.8. Variables de investigación.....	7
1.8.1. Variable independiente.....	7
1.8.2. Variable dependiente.	7
1.9. Metodología de la investigación.	7

CAPÍTULO II

2.	SISTEMAS DE INYECCIÓN CRDI EN LOS MOTORES DIÉSEL...	11
2.1.	Sistema de alimentación CRDI.....	11
2.2.	Sistema CRDI Delphi.	11
2.3.	Ventajas del uso del sistema CRDI Delphi.	12
2.4.	Inyectores.	18
2.4.1.	Inyectores con tecnología Delphi.	18
2.4.2.	Características de los inyectores Delphi.....	19
2.5.	Parámetros de inyección.....	21
2.5.1.	Inicio de la inyección.	21
2.5.2.	Inicio de la inyección avanzada.....	21
2.5.3.	Inicio de la inyección retardada.	22
2.5.4.	Curva de la inyección.	22
2.5.5.	Patrones de inyección.	25
2.6.	Inyección diésel.....	26
2.7.	Regulación electrónica diésel.....	28
2.7.1.	Sensor de temperatura del combustible.	28
2.7.2.	Sensor de presión del riel.....	28
2.7.3.	Válvula reguladora de presión.....	29
2.7.4.	Sensor de revoluciones.....	30
2.7.5.	Sensor de posición del acelerador.	31
2.7.6.	Sensor captador de ruidos (acelerómetro).	32
2.8.	Verificación y control de inyectores.	34
2.9.	Verificación de la pulverización y dirección del chorro.....	34
2.10.	Verificación de la estanqueidad.....	35
2.11.	Verificación de fuga de retorno.....	35
2.12.	Verificación de entrega de combustible.....	36
2.13.	Recomendaciones de manipulación de los inyectores.	36
2.13.1.	Equipamiento requerido.	36
2.13.2.	Piezas para la reparación:.....	37
2.13.3.	Aviso de reparación:	37
2.13.4.	Antes de desmontar el inyector:	37

CAPÍTULO III

3.	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	40
3.1.	Equipos.....	40
3.1.1.	Osciloscopio Owon PDS5022T.....	40
3.1.2.	Osciloscopio Hantek 1008c.....	41
3.1.3.	Banco de pruebas tester CRDI V – 3500 VNP.....	43
3.1.4.	Multímetro.....	46
3.1.5.	Pinza amperimétrica Brain Bee.....	49
3.2.	Especificaciones de los inyectores CRDI Delphi.....	50
3.2.1.	Inyector CRDI Delphi R02801D.....	50
3.2.2.	Inyector CRDI Delphi R04601D.....	51
3.3.	Inspección y preparación previa del tester V – 3500.....	52
3.4.	Protocolo de montaje de los inyectores.....	54
3.5.	Sugerencias.....	56
3.6.	Instalación del osciloscopio Owon.....	57
3.6.1.	Instalación del software Owon.....	57
3.6.2.	Instalación del USB DRIVE.....	57
3.6.3.	Acoplamiento del osciloscopio Owon a los inyectores.....	57
3.7.	Instalación del osciloscopio Hantek 1008c.....	59
3.7.1.	Instalación del USBDRIV.....	59
3.7.2.	Acoplamiento del osciloscopio Hantek a los inyectores.....	59
3.8.	Procedimiento de pruebas Inyector R03701D CRDI Delphi.....	61
3.8.1.	Pruebas mecánicas – hidráulica.....	61
3.8.2.	Pruebas eléctricas.....	63
3.8.3.	Parámetros del inyector.....	67
3.9.	Procedimiento de pruebas inyector R04601D CRDI Delphi.....	67
3.9.1.	Prueba mecánica – hidráulica.....	67
3.9.2.	Pruebas eléctricas.....	70
3.9.3.	Parámetros del inyector.....	74
3.10.	Protocolo de extracción de los inyectores.....	74
3.11.	Sugerencias.....	77

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS DE DATOS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES CRDI DELPHI.	78
4.1.	Introducción.	78
4.2.	Desarrollo de la investigación.....	78
4.3.	Pruebas mecánicas.....	79
4.4.	Pruebas eléctricas.....	79
4.5.	Análisis de los grados de activación.....	80
4.6.	Inyector CRDI Delphi EJBR04601D.	84
4.6.1.	Despiece y nomenclatura de las partes del inyector CRDI EJBR04601D.	85
4.6.2.	Análisis de las pruebas a la presión de 300 bar.	87
4.6.3.	Análisis de las pruebas a la presión de 400 bar.	92
4.6.4.	Análisis de las pruebas a la presión de 500 bar.	97
4.6.5.	Análisis de las pruebas a la presión de 600 bar.	102
4.6.6.	Análisis de las pruebas a la presión de 700 bar.	107
4.6.7.	Análisis y comparación de los caudales de inyección y de retorno del inyector R04601D CRDI Delphi a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.....	112
4.6.8.	Análisis de las pruebas eléctricas del inyector EJBR04601D.	116
4.6.9.	Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector EJBR04601D.	118
4.6.10.	Parámetros del inyector EJBR04601D.....	128
4.6.11.	Ángulo de pulverización.	130
4.6.12.	Presión de retorno.....	134
4.7.	Inyector CRDI Delphi EJBR03701D.	135
4.7.1.	Despiece y especificaciones de las partes del inyector EJBR03701D	135
4.7.2.	Análisis de las pruebas a la presión de 300 bar.	137
4.7.3.	Análisis de las pruebas a la presión de 400 bar.	142
4.7.4.	Análisis de las pruebas a la presión de 500 bar.	147
4.7.5.	Análisis de las pruebas a la presión de 600 bar.	152
4.7.6.	Análisis de las pruebas a la presión de 700 bar.	157

4.7.7. Análisis y comparación de los caudales de inyección y de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.....	162
4.7.8. Análisis de las pruebas eléctricas del inyector EJBR03701D.	166
4.7.9. Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector EJBR03701D.	168
4.7.10. Parámetros del inyector EJBR03701D.	178
4.7.11. Ángulo de pulverización.	179
4.7.12. Presión de retorno.....	183

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO	184
5.1. Recursos	184
5.2. Recursos humanos	184
5.3. Recursos físicos.....	185
5.4. Recursos materiales	185
5.5. Recursos tecnológicos	186
5.6. Recursos financieros.....	186
5.7. Análisis de costo del proyecto	187
5.8. Análisis de costo – beneficio.	188
5.9. Cronograma.	189
CONCLUSIONES.....	190
RECOMENDACIONES.....	193
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	194
ANEXO	198

ANEXO A: Manual de usuario del Tester VNP 3500 CRDI.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Árbol de Problemas.	4
Figura 2.	Sistema Common Rail Delphi con IDM.	12
Figura 3.	Sistema Common Rail Delphi sin MDI.	12
Figura 4.	Diagrama de emisiones contaminantes.	14
Figura 5.	Aumento de las prestaciones motoras.	18
Figura 6.	Composición de un inyector Delphi.	19
Figura 7.	Codificación del inyector por la casa matriz.	20
Figura 8.	Emisiones de NOx y HC en función del inicio de inyección.	22
Figura 9.	Curva de inyección de un sistema Common Riel.	23
Figura 10.	Curva de voltaje de un inyector diésel CRDI.	24
Figura 11.	Curva de corriente de un inyector diésel CRDI.	24
Figura 12.	Patrones de Inyección.....	25
Figura 13.	Efecto de la pre inyección en la presión de la cámara de combustión.	27
Figura 14.	Diagrama característico del sensor de presión de riel CRDI.	29
Figura 15.	Vista en corte de una válvula reguladora de presión DRV 1.....	30
Figura 16.	Estructura interna del sensor.	31
Figura 17.	Curva de funcionamiento del sensor del pedal del acelerador con potenciómetro redundante.	31
Figura 18.	Diagrama del acelerómetro.	32
Figura 19.	Corrección de la Inyección Piloto.	33
Figura 20.	Tipos de Pulverización.	34
Figura 21.	Panel frontal del osciloscopio PDS.	41
Figura 22.	Osciloscopio Hantek.	42
Figura 23.	Vista frontal Tester V – 3500.....	45
Figura 24.	Vistas laterales Tester V – 3500.....	45
Figura 25.	Multímetro Automotriz.	46
Figura 26.	Partes del multímetro.	47
Figura 27.	Pinza amperimétrica Brain Bee.....	49
Figura 28.	Trampa de agua.....	52
Figura 29.	Filtro de aceite.	52

Figura 30.	Control master de presión.....	52
Figura 31.	Indicador de viscor.....	53
Figura 32.	Cilindros de pulverización.....	53
Figura 33.	Sockets – Delphi.....	53
Figura 34.	Cañerías alta presión.....	53
Figura 35.	Mangueras de retorno.....	53
Figura 36.	Ingreso de aire.....	54
Figura 37.	Cable de poder.....	54
Figura 38.	Encendido principal.....	54
Figura 39.	Sockets – Delphi.....	55
Figura 40.	Cañerías de alta presión.....	55
Figura 41.	Ubicación de los inyectores.....	55
Figura 42.	Ajuste de los inyectores.....	55
Figura 43.	Ubicación de las mangueras de retorno.....	56
Figura 44.	Ajuste de la Mariposa.....	56
Figura 45.	Ubicación de los sockets.....	56
Figura 46.	Conexión cable de señal.....	58
Figura 47.	Montaje de las agujas.....	58
Figura 48.	Conexión de los lagartos.....	58
Figura 49.	Calibración de la onda - Owon.....	58
Figura 50.	Señal del inyector – Owon.....	59
Figura 51.	Osciloscopio Hantek 1008c.....	59
Figura 52.	Montaje de las agujas al socket del inyector.....	60
Figura 53.	Conexión de los lagartos al socket del inyector.....	60
Figura 54.	Onda del inyector.....	60
Figura 55.	Toma de medidas software Hantek 1008c.....	60
Figura 56.	Spray Inyector R03701D – DELPHI.....	62
Figura 57.	Voltaje de la batería de la pinza amperimétrica.....	64
Figura 58.	Onda de Corriente.....	64
Figura 59.	Escalas – Amperímetro.....	64
Figura 60.	Conexión de la pinza amperimétrica.....	65
Figura 61.	Valores emitidos por la pinza amperimétrica.....	65
Figura 62.	Conversión Voltaje – Amperios.....	65
Figura 63.	Spray Inyector R04601D – DELPHI.....	68

Figura 64. Voltaje de la batería de la pinza.	71
Figura 65. Onda de corriente.	71
Figura 66. Escalas – Amperímetro.	71
Figura 67. Conexión de la pinza amperimétrica.	71
Figura 68. Valores emitidos por la pinza amperimétrica.....	72
Figura 69. Conversión Voltaje – Amperios.	72
Figura 70. Probetas de caudal vacías.	74
Figura 71. Capsulas de pulverización	75
Figura 72. Botón de apagado.....	75
Figura 73 Válvula master control de presión	75
Figura 74. Toma de ingreso de aire.	75
Figura 75. Sockets de los inyectores.....	76
Figura 76. Mangueras de retorno.....	76
Figura 77. Cañería de alimentación.	76
Figura 78. Mariposa de ajuste.....	76
Figura 79. Desmontaje del inyector.....	76
Figura 80. Protectores de los Inyectores.....	77
Figura 81. Período y giro del cigüeñal en la inyección diésel.	80
Figura 82. Gráfica de los pulsos de inyección.	81
Figura 83. Análisis de los grados de activación con respecto al tiempo de activación y giro del cigüeñal /independientemente del valor de las presiones y el número de STRK.....	84
Figura 84. Logo de la empresa fabricante del inyector EJBR04601D.	85
Figura 85. Despiece del inyector EJBR04601D.	86
Figura 86. Prueba del inyector a una presión de 300 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	89
Figura 87. Prueba del inyector a una presión de 300 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	90
Figura 88. Prueba del inyector a una presión de 400 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990)	

	STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	94
Figura 89.	Prueba del inyector a una presión de 400 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno.	95
Figura 90.	Prueba del inyector a una presión de 500 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	99
Figura 91.	Prueba del inyector a una presión de 500 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno.	100
Figura 92.	Prueba del inyector a una presión de 600 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	104
Figura 93.	Prueba del inyector a una presión de 600 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno.	105
Figura 94.	Prueba del inyector a una presión de 700 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	109
Figura 95.	Prueba del inyector a una presión de 700 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno.	110
Figura 96.	Análisis gráfico de los caudales de inyección y retorno con variación del número de inyecciones y número de STRK a (300, 400, 500, 600, 700)bar de presión, en base a los datos de la tabla 38.	113

Figura 97.	Análisis gráfico de los caudales de inyección y retorno con variación del número de inyecciones y número de STRK a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión, en base a los datos de la tabla 39.	115
Figura 98.	Análisis gráfico de los voltajes de inyección, y voltajes de retención con variación del tiempo de inyección y presiones de trabajo a (300, 400, 500, 600, 700) bar del inyector EJBR04601D.	117
Figura 99.	Detalle del oscilograma de tensión del inyector CRDI.	118
Figura 100.	Detalle del oscilograma de corriente del inyector CRDI.	119
Figura 101.	Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 0,25ms del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	120
Figura 102.	Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 0,25 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	120
Figura 103.	Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 0,25 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	121
Figura 104.	Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 0,50 ms del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	121
Figura 105.	Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 0,50 ms del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	122
Figura 106.	Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 0,50 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	122
Figura 107.	Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 1ms del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	123
Figura 108.	Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 1 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	124
Figura 109.	Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 1 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	124
Figura 110.	Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 1,5 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	125

Figura 111. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 1,5 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	125
Figura 112. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 1,5 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	126
Figura 113. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 2 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	127
Figura 114. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 2ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	127
Figura 115. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 2 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	128
Figura 116. Inyector CRDI DELPHI EJBR04601D.	130
Figura 117. Nomenclatura para hallar los ángulos de pulverización.	130
Figura 118. Obtención del radio del cilindro de pulverización.	131
Figura 119. Grosor del material del cilindro de pulverización.	131
Figura 120. Medida referencial del inyector.	131
Figura 121. Medida al orificio de pulverización.	131
Figura 122. Traslación de medidas al cilindro de pulverización.	132
Figura 123. Referencia en el cilindro de inyección.	132
Figura 124. Diámetro del chorro de inyección.	132
Figura 125. Centro del chorro de inyección.	132
Figura 126. Ángulo de inyección.	133
Figura 127. Visualización de la presión de retorno.	134
Figura 128. Logo de la empresa fabricante del inyector EJBR03701D.	135
Figura 129. Despiece del inyector EJBR03701D.	136
Figura 130. Prueba del inyector a 300 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	139
Figura 131. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 300 bar.	140

Figura 132. Prueba del inyector a 400 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	144
Figura 133. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 400 bar.	145
Figura 134. Prueba del inyector a 500 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	149
Figura 135. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 500 bar	150
Figura 136. Prueba del inyector a 600 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	154
Figura 137. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 600 bar	155
Figura 138. Prueba del inyector a 700 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.	159
Figura 139. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 700 bar.	160

- Figura 140.** Análisis gráfico de los caudales de inyección, con variación del tiempo de inyección y número de SRTK a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión en base a los datos de la tabla 56..... 163
- Figura 141.** Análisis gráfico de los caudales de retorno, con variación del tiempo de inyección y número de SRTK a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión, en base a los datos de la tabla 57..... 165
- Figura 142.** Análisis gráfico de los voltajes de inyección, y voltajes de retención con variación del tiempo de inyección y presiones de trabajo a (300, 400, 500, 600, 700) bar del inyector EJBR03701D..... 167
- Figura 143.** Detalle del oscilograma de tensión del inyector CRDI. 168
- Figura 144.** Detalle de las partes que componen el oscilograma de corriente..... 169
- Figura 145.** Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 0,25ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo. 170
- Figura 146.** Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 0,25ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo 170
- Figura 147.** Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 0,25 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi. 171
- Figura 148.** Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 0,50ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo 171
- Figura 149.** Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 0,5ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo 172
- Figura 150.** Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 0,50 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi. 172

Figura 151. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 1ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo	173
Figura 152. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 1ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.	174
Figura 153. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 1 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.	174
Figura 154. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 1,5ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo	175
Figura 155. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 1,5ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo	175
Figura 156. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 1,5 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.	176
Figura 157. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 2ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo	176
Figura 158. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 2ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.	177
Figura 159. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 2 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.	177
Figura 160. Inyector CRDI DELPHI EJBR03701D	179
Figura 161. Ángulos de pulverización	179
Figura 162. Obtención del radio del cilindro de pulverización.....	180
Figura 163. Grosor del material del cilindro de pulverización	180
Figura 164. Medida referencial del inyector.....	180
Figura 165. Medida al orificio de pulverización.....	180
Figura 166. Traslación de medidas al cilindro de pulverización.....	181

Figura 167. Referencia en el cilindro de inyección	181
Figura 168. Diámetro del chorro de inyección	181
Figura 169. Centro del chorro de inyección.....	181
Figura 170. Ángulo de inyección.....	182
Figura 171. Presión de retorno.....	183
Figura 172. Cronograma de actividades	189

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis metodológico.....	9
Tabla 2. Normativas sobre la contaminación.....	15
Tabla 3. Gestión electrónica de la gama de los inyectores Delphi.....	17
Tabla 4. Nombre de las partes de la etiqueta Delphi.....	20
Tabla 5. Especificaciones técnicas del osciloscopio Owon PSD5022T.	40
Tabla 6. Especificaciones técnicas osciloscopio Hantek 1008c.....	42
Tabla 7. Especificaciones técnicas del banco de pruebas V – 3500.....	44
Tabla 8. Características Tester V 3500.	45
Tabla 9. Conectores a utilizar según medidas por realizar.....	48
Tabla 10. Especificaciones de la pinza amperimétrica Brain Bee.	49
Tabla 11. Aplicación del inyector Delphi R02801D.....	50
Tabla 12. Aplicación del inyector Delphi R03701D.....	51
Tabla 13. Aplicación del inyector Delphi R04601D.....	51
Tabla 14. Inspección previa del tester V – 3500.....	52
Tabla 15. Protocolo de montaje de los inyectores.....	55
Tabla 16. Acoplamiento del osciloscopio al pc.....	58
Tabla 17. Acoplamiento del osciloscopio Hantek 1008c.	59
Tabla 18. Ángulos del inyector R03701D CRDI DELPHI.	63
Tabla 19. Pasos para la medición de Amperaje.....	64
Tabla 20. Tabla de datos para las pruebas del inyector EJBR03701D.....	66
Tabla 21. Parámetros del Inyector.....	67
Tabla 22. Ángulos – inyector R04601D CRDI DELPHI.	69
Tabla 23. Pasos para la medición de Amperaje.....	71
Tabla 24. Tabla de datos para las pruebas del inyector EJBR04601D.	73
Tabla 25. Parámetros del inyector.....	74
Tabla 26. Protocolo de extracción de los inyectores.	74
Tabla 27. Valores para la realización de las pruebas mecánicas.....	79
Tabla 28. Grados de activación con respecto al giro del cigüeñal.	83
Tabla 29. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 300 bar – Parte 1.....	87
Tabla 30. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 300 bar - Parte 2.....	88
Tabla 31. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 400 bar - Parte 1.....	92
Tabla 32. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 400 bar - Parte 2.....	93
Tabla 33. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 500 bar - Parte 1.....	97

Tabla 34. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 500 bar - Parte 2.....	98
Tabla 35. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 600 bar - Parte 1.....	102
Tabla 36. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 600 bar - Parte 2.....	103
Tabla 37. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 700 bar - Parte 1.....	107
Tabla 38. Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 700 bar - Parte 2.....	108
Tabla 39. Caudales de inyección del inyector EJBR04601D.	112
Tabla 40. Caudales de retorno del inyector EJBR04601D.	114
Tabla 41. Valores eléctricos del inyector Delphi EJBR04601D.....	116
Tabla 42. Parámetros del inyector EJBR04601D.....	128
Tabla 43. Cálculo de los ángulos de pulverización.....	131
Tabla 44. Resultados del cálculo de los ángulos de disparo y dispersión.....	134
Tabla 45. Medición de la presión del caudal de retorno.....	134
Tabla 46. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 300 bar - Parte 1.....	137
Tabla 47. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 300 bar – Parte 2.....	138
Tabla 48. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 400 bar – Parte 1.....	142
Tabla 49. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 400 bar – Parte 2.....	143
Tabla 50. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 500 bar – Parte 1.....	147
Tabla 51. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 500 bar – Parte 2.....	148
Tabla 52. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 600 bar – Parte 1.....	152
Tabla 53. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 600 bar – Parte 2.....	153
Tabla 54. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 700 bar – Parte 1.....	157
Tabla 55. Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 700 bar – Parte 2.....	158
Tabla 56. Caudales de inyección del inyector EJBR03701D CRDI Delphi	162
Tabla 57. Caudales de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi	164
Tabla 58. Valores eléctricos del inyector Delphi EJBR03701D.....	166
Tabla 59. Parámetros generales del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.	178
Tabla 60. Protocolo para calcular los ángulos de pulverización.....	180
Tabla 61. Ángulos de pulverización.....	183
Tabla 62. Medición de presión del caudal de retorno.....	183
Tabla 63. Recursos Humanos.	184
Tabla 64. Recursos físicos.	185
Tabla 65. Recursos materiales.....	185
Tabla 66. Recursos Tecnológicos	186
Tabla 67. Recursos financieros	187

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ángulo de Disparo.....	62
Ecuación 2. Ángulo de Dispersión.	62
Ecuación 3. Ángulo de Disparo.....	69
Ecuación 4. Ángulo de Dispersión.	69
Ecuación 5. Período individual.....	80
Ecuación 6. Ángulo individual.	81
Ecuación 7. Grado de activación para un tiempo de inyección de 0.25 ms.	81
Ecuación 8. Grado de activación para un tiempo de inyección de 0.5 ms...	82
Ecuación 9. Grado de activación para un tiempo de inyección de 1 ms.....	82
Ecuación 10. Grado de activación para un tiempo de inyección de 1.5 ms.	82
Ecuación 11. Grado de activación para un tiempo de inyección de 2 ms....	83
Ecuación 12. Grados de activación para el promedio del tiempo de disparo de 0.02654 ms.	83

RESUMEN

La tecnología hoy en día evoluciona a pasos agigantados, con el pasar del tiempo los sistemas automotrices también muestran gran progreso, este es el caso del sistema de riel común de combustible, lo que permite mayor rendimiento y menores emisiones que contaminen el medio ambiente, debido a que este sistema se basa en un control electrónico es mucho más exacto que sistemas antiguos de control de combustible, los componentes electrónicos que este sistema presenta ayuda a que se lleve a cabo de manera eficiente su propósito, según las diferentes condiciones de funcionamiento, la ventaja principal que el sistema CRDI ofrece, es el control electrónico de combustible, que permite realizar preinyecciones a la cámara antes de la inyección principal, con lo que se consigue preparar mejor la mezcla, para una óptima combustión, la cual presenta ventajas como reducción de ruido del motor, y mejor rendimiento del mismo, la investigación consiste en el estudio de un elemento principal de este sistema que son los inyectores, en el caso particular de la marca Delphi serie R03701D y R04601D, con la finalidad de determinar su comportamiento mecánico y electrónico, sus características principales y valores a los cuales los mismos laboran en excelentes condiciones, consiguiendo de esta manera obtener información veraz de suma importancia para estudios y análisis posteriores, para el cumplimiento de este objetivo se utilizan equipos técnicos de alta tecnología, que son: Tester VNP – 3500 CRDI, osciloscopio Owon, osciloscopio Hantek 1008c, pinza amperimétrica Brain Bee, LCR multímetro MT 5211, mediante los cuales se creó un protocolo que abarque en su mayoría los distintos rangos de trabajo del inyector, los oscilogramas que nos brindan estos equipos tecnológicos son analizados a diferentes parámetros de funcionamiento, buscando establecer así las características de trabajo de los inyectores CRDI Delphi ya mencionados anteriormente.

PALABRAS CLAVE:

- **AUTOMÓVILES - INYECTORES CRDI**
- **INYECTORES - COMPORTAMIENTO MECÁNICO**
- **INYECTORES DELPHI EJBR03701D**
- **INYECTORES - COMPORTAMIENTO ELECTRÓNICO**
- **INYECTORES DELPHI EJBR04601D**

ABSTRACT

The technology nowadays evolves in leaps and bounds, with the passage of time the automotive systems also show great progress, this is the case of the system of common rail of fuel, which allows greater yield and smaller emissions that contaminate the environment, due that this system is based on an electronic control is much more accurate than old fuel control systems, the electronic components that this system presents helps to efficiently carry out its purpose, depending on the different operating conditions, the main advantage of the CRDI system is the electronic fuel control, which allows pre-injections to the chamber before the main injection, which allows to better prepare the mixture for optimum combustion, which has advantages such as reduction of Engine noise, and better performance of the same, the research consists of the study of a main element In the particular case of the Delphi series R03701D and R04601D series, with the purpose of determining their mechanical and electronic behavior, their main characteristics and values to which they work in excellent conditions, obtaining this way obtain truthful information of great importance for studies and later analyzes, in order to achieve this objective, high - tech technical equipment is used, which are: VNP - 3500 CRDI Tester, Owon oscilloscope, Hantek 1008c oscilloscope, Brain Bee clamp meter, LCR MT 5211 multimeter, through which a protocol covering Most of the different working ranges of the injector, the oscillograms provided by these technological equipment are analyzed to different operating parameters, thus seeking to establish the working characteristics of the CRDI Delphi injectors already mentioned above.

Keywords:

- **AUTOMOBILES - INJECTOR CRDI.**
- **INJECTOR - MECHANICAL BEHAVIOR.**
- **INJECTOR - DELPHI EJBR03701D.**
- **INJECTOR - ELECTRONIC BEHAVIOR.**
- **INJECTOR - DELPHI EJBR04601D.**

CAPÍTULO I

1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes investigativos.

Según cifras del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (2014) en su publicación, índice anuario de transporte en el Ecuador, en ese año el campo automotor estaba conformado por más de 1.75 millones de vehículos de los cuales alrededor de 194942 corresponden a aquellos alimentados con diésel representado el 11,12%.

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, debido a ello es que las regulaciones medioambientales son cada vez más estrictas, y tienen por finalidad la reducción de los mismos y para poder llegar a ese objetivo las casas automotrices desarrollan nuevas tecnologías y perfeccionan cada vez más sistemas de inyección de combustible, es así que hoy en día es más común encontrar vehículos con un sistema de inyección CRDI.

De acuerdo a Jha, Banerjee, & Jain (2013).

“El sistema CRDI es una forma inteligente de controlar un motor diésel con el uso de sistemas de un ordenador moderno. Mejora la potencia, rendimiento y reduce las emisiones dañinas de un motor diésel. Los motores diésel convencionales (no - CRDI) son lentos, ruidosos y pobres en rendimiento en comparación con un motor CRDI” (p. 57).

La importancia actual de lograr reducir los niveles de contaminación ambiental ha inferido para que los comités ambientales de cada país se rijan en la aplicación de normas ambientales vigentes como la EURO 3, EURO 5 o aquellas que están por entrar en rigor como la EURO 6.

De acuerdo a un reglamento expuesto por el Parlamento Europeo. (2007) donde se afirma.

“En particular, para mejorar la calidad del aire y respetar los valores límite de contaminación atmosférica se requiere una reducción considerable de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los vehículos diésel” (p.1).

En el país la evidente necesidad de limitar las emisiones contaminantes producidas por los vehículos con el fin de preservar el medio ambiente y evitar problemas de salud en la población, ha llevado a las autoridades a hacer cumplir la norma INEN para vehículos diésel:

- INEN 2207:2002, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE VEHÍCULOS AUTOMOTRICES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE DIÉSEL.

La utilización de un sistema CRDI en un vehículo diésel conlleva una alta inversión en la adquisición del vehículo y además de prever un mantenimiento preventivo y correctivo con personal capacitado, sin embargo las ventajas y beneficios que puede brindar a largo plazo son varias, entre las que a continuación se citan.

En cuanto a los beneficios que puede brindar la utilización de un sistema como el CRDI en los vehículos diésel son varias.

Ganesan V. (2012) afirma.

“El sistema CRDI aumenta la controlabilidad de la inyección y mejora la atomización del combustible, esto ayuda en el ahorro de combustible y también en la reducción de emisiones. En cuanto a la economía de combustible se informa que alrededor del 30% es posible ahorrar en un motor diésel convencional. También se consigue una reducción de ruidos debido a una operación de sincronización más precisa” (p.650).

El constante perfeccionamiento de un sistema common rail injection para cumplir con normas ecológicas a nivel mundial al igual que su nivel de eficiencia, ha involucrado diferentes sistemas de inyección desarrolladas por Delphi para poder satisfacer la demanda existente, con lo cual y sin duda alguna la evolución de su tecnología ha sido exitosa, con lo que respecta a esto entre las características de dos modelos de sistemas de inyección se lo ha ratificado en el siguiente artículo científico.

Schöppe, Zülch, Martin , & Geurts (2008) afirma.

“En el 2008, Delphi diseñó un innovador concepto de inyección de combustible diésel, años de adelanto tecnológico con respecto a su competencia han dado lugar a la tecnología piezoeléctrica de acción directa para motores diésel, en el sistema Delphi Direct Act Common Rail de 2000 bar, la aguja del inyector se mueve directamente por un actuador piezo-cerámico, en lugar de ser movido a través de un circuito electrohidráulico. La apertura y cierre de la aguja es ultra-rápida independiente de la presión de inyección lo que conduce a mejorar las emisiones y el consumo de combustible, mientras que se rompen nuevos niveles en la densidad de potencia y esfuerzo de torsión del motor., controlabilidad máxima de pequeñas inyecciones piloto con inyección múltiple excepcional” (p.32).

Schöppe, Zülch, Martin , & Geurts (2008) afirma.

“El sistema CRI de actuación directa para los motores diésel ligeros cumplirá la legislación sobre emisiones futuras, proporcionando mayor densidad de potencia y sin comprometer la economía de combustible” (p. 33).

Delphi diseñó dos familias de los sistemas diésel Common Rail

- Multec con válvula balanceada, servo rápido, inyector de solenoide (inyector DF11 Familia).
- Comando carril con el inyector piezo eléctrico (inyector DF13), de actuación directa.

1.2. Planteamiento del problema.

Los modernos avances tecnológicos en el campo automotriz con la aplicación de la electrónica en sistemas de alimentación CRDI para motores diésel, cada día avanzan en beneficio de las personas, y han reducido significativamente los niveles de contaminación producido por estos motores.

La reducida información sobre las pruebas, mediciones, comportamiento mecánico y eléctrico de los inyectores Delphi, denota datos limitados acerca de protocolos de desarrollo de pruebas, además de escasa información técnica y profesional calificado para la realización de calibraciones de inyectores Delphi.

Considerando que el sistema CRDI muestra beneficios hacia la contaminación ambiental y rendimiento de los motores diésel, los resultados de esta investigación permitieron generar información confiable y veraz con respecto al rendimiento y mejoras en los inyectores diésel Delphi además de un protocolo de pruebas a seguir para la comprobación del estado de los inyectores Delphi CRDI.

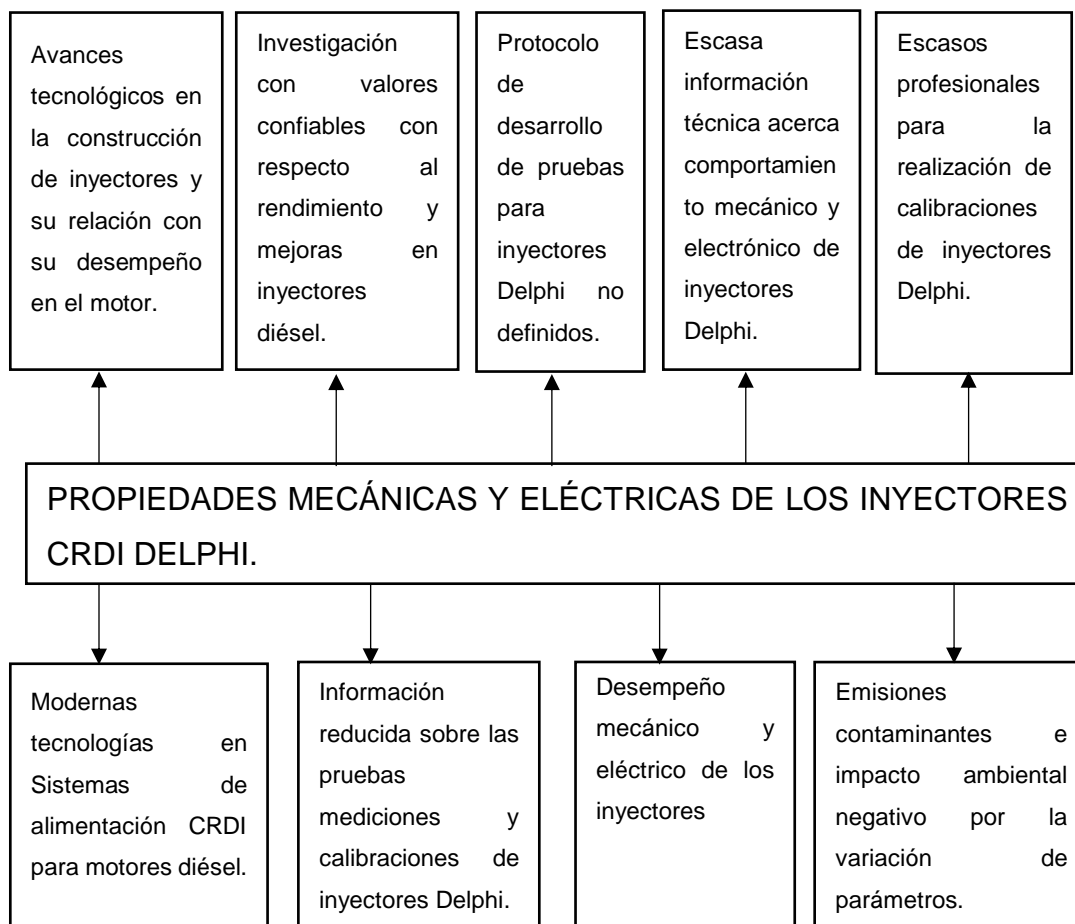


Figura 1. Árbol de Problemas.

Los problemas de contaminación ambiental aumentan con el pasar de los años debido al aumento del parque automotor en el Ecuador y a nivel mundial.

La investigación se desarrolló debido a la escasa información, protocolos de pruebas y falta de estudios realizados acerca del comportamiento de los inyectores Delphi del sistema de alimentación CRDI, por lo tanto, el problema a investigar son las propiedades mecánicas y eléctricas de los inyectores CRDI Delphi.

1.3. Descripción resumida del proyecto.

La investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores de marca Delphi “EJBR02801D” y “EJBR04601D” del sistema de inyección CRDI (Common Rail Diésel Injection), constó de los siguientes puntos:

Investigar en fuentes confiables información teórica acerca del sistema CRDI Marca Delphi con su respectivo respaldo para el estudio, desarrollo y ejecución de la investigación.

Caracterizar las condiciones de operacionalización de los inyectores Delphi

Realizar las pruebas de parámetros de funcionamiento de los inyectores Delphi: pruebas de caudal, pruebas de pulverización, pruebas eléctricas de corriente de activación, voltaje de activación, resistencia de la bobina, e inductancia de los inyectores CRDI Delphi en un banco de pruebas marca VNP modelo CRDI - 3500.

Al finalizar la investigación se elaboró el análisis comparativo de los resultados obtenidos en los protocolos de pruebas mencionados anteriormente, para emitir conclusiones del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores marca Delphi del sistema de alimentación CRDI.

1.4. Justificación e importancia.

Considerando que el parque automotor está en constante crecimiento y que gracias a los avances tecnológicos que se presentan día a día, en la que se incluye el sistema de inyección CRDI, es indispensable mantenerse al tanto de la información técnica especializada para dar un uso y mantenimiento adecuado a los vehículos que incorporan el sistema CRDI Delphi. Para generar nueva información veraz, confiable y tecnológica, permitió ampliar el limitado material actual acerca de protocolos de pruebas para inyectores Delphi.

Los inyectores CRDI Delphi y su tecnología se encuentran en diferentes marcas de vehículos, entre los cuales se destacan Kia, Hyundai y Ssangyong, con sus modelos Carnival, Terracán y Kyron respectivamente, pero la información relacionada a sistemas CRDI, de mantenimientos, protocolos de pruebas y calibración de inyectores Delphi es escasa, limitada e insuficiente,

para quienes pretendieron estudiar estos sistemas de alimentación automotriz.

El aporte de la investigación permitió obtener información veraz a través del protocolo de pruebas y metodologías para obtener el desempeño mecánico y eléctrico de los inyectores Delphi, también se obtuvo información tecnológica científica que sirva como fuente de consulta para investigadores, y además se estableció el rango de funcionamiento y desempeño de éstos sistemas CRDI Delphi.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo general.

Investigar el desempeño mecánico y electrónico de los inyectores Delphi “EJBR02801D” y “EJBR04601D” para generar información técnica, y relevante de los parámetros de operación de los inyectores CRDI.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Investigar en fuentes confiables información teórica con su respectivo respaldo para el estudio, desarrollo y ejecución de la investigación.
- Verificar modelos, marcas, autos que disponen de la utilización de inyectores marca Delphi en el país.
- Caracterizar las condiciones de operación de los inyectores Delphi.
- Evaluar los inyectores objeto de experimentación con cero horas de funcionamiento para utilizarlo como patrón de comparación.
- Determinar el tiempo de funcionamiento óptimo mediante la variación de los parámetros de tiempo de inyección, número de STRK y presión de operación.
- Realizar las pruebas mecánicas a los inyectores Delphi, que son: pruebas de caudal, de pulverización y de estanqueidad,
- Realizar las pruebas eléctricas, que son : pruebas de corriente de activación, voltaje de activación, resistencia de la bobina e inductancia de los inyectores CRDI Delphi
- Elaborar el análisis comparativo de los resultados obtenidos en los protocolos de pruebas.

1.6. Metas.

Desarrollar una investigación relacionada con el desempeño mecánico y electrónico de los inyectores marca Delphi del sistema de inyección CRDI para elaborar un protocolo con información veraz, para que sea una fuente de consulta.

1.7. Hipótesis.

La investigación del desempeño mecánico y electrónico de los inyectores Delphi “EJBR02801D” Y “EJBR04601D” permitirá establecer el comportamiento de los parámetros de operación del sistema de inyectores CRDI en los vehículos Hyundai, y Ssangyong modelos Terracán y Kyron respectivamente.

1.8. Variables de investigación.

1.8.1. Variable independiente.

Inyectores CRDI Delphi.

1.8.2. Variable dependiente.

Parámetros mecánicos y eléctricos.

1.9. Metodología de la investigación.

- **Método de análisis de contenido.**

El método de análisis de contenido establece en la necesidad de realizar inferencias válidas para conocer la información en libros, investigaciones realizadas, páginas web entre otros, lugares de investigación como la biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas para el desarrollo del proyecto.

- **Método deductivo.**

Dado que la investigación se enfoca en el comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Delphi, se analizó las características, parámetros de funcionamiento y pruebas a realizarse, para determinar el protocolo de pruebas, se obtuvo información confiable y veras acerca del desempeño de los inyectores Delphi en el sistema de alimentación CRDI.

- **Método inductivo.**

El método inductivo es de suma importancia debido a que se analizó cada uno de los datos obtenidos por individual de las pruebas que se realizaron en los inyectores Delphi, con la finalidad de obtener un protocolo de pruebas e información confiable para investigadores.

- **Método analítico.**

En la investigación se aplicó este método debido a que se tomó valores obtenidos mediante las pruebas realizadas con la ayuda del tester a los inyectores Delphi, antes y después del tiempo establecido de utilización de los mismos, los cuales fueron analizados para establecer el comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores.

- **Método de síntesis.**

Se aplicó en el desarrollo del documento técnico especializado donde convergen los resultados de las pruebas realizadas por el método experimental bajo condiciones específicas. El documento resultante, fue obtenido de las pruebas y mediciones realizadas, presentando la información de manera ordenada y sintetizada, lo que permitió una fácil asimilación y entendimiento del mismo.

- **Método experimental.**

La metodología a utilizar fue la experimental debido a que se trabajó mediante mediciones y pruebas en el banco de inyectores CRDI, pruebas que están estandarizadas para trabajar con inyectores Delphi, lo cual permitió obtener resultados fiables de cada uno de los inyectores, concluyendo así cual es el comportamiento de los mismos bajo ciertas condiciones de trabajo.

- **Método comparativo.**

El método comparativo permitió establecer variaciones de los parámetros analizados basándose en datos, mediciones realizadas en las condiciones que determina el fabricante del banco de pruebas, con la finalidad de obtener valores comparativos de funcionamiento de cada inyector.

Tabla 1.

Análisis metodológico.

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Método deductivo.	Dado que la investigación se enfoca en el comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Delphi, se analizó las características, parámetros de funcionamiento y pruebas a realizarse, para determinar el protocolo de pruebas, se obtuvo información confiable y veras acerca del desempeño de los inyectores Delphi en el sistema de alimentación CRDI.	Inyectores CRDI marca Delphi.	Autotrónica.
Método inductivo.	El método inductivo es de suma importancia debido a que se pudo analizar cada uno de los datos obtenidos por individual de las pruebas a realizarse en los inyectores Delphi, con la finalidad de obtener un protocolo de pruebas e información confiable para investigadores.	Osciloscopio Owon. Osciloscopio Hantec. Multímetro LCR MT 5211. Banco de pruebas tester CRDI V – 3500.	Autotrónica.
Método analítico.	En la investigación se aplicó este método debido a que se tomó valores obtenidos mediante las pruebas realizadas con la ayuda del tester a los inyectores Delphi, antes y después del tiempo establecido de utilización de los mismos, los cuales fueron analizados para establecer el comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores	Computador personal. Osciloscopio Owon. Banco de pruebas tester CRDI V – 3500	Autotrónica.

CONTINÚA



Método de síntesis.	Se aplicó en el desarrollo del documento técnico especializado donde convergen los resultados de las pruebas realizadas por el método experimental bajo condiciones específicas. El documento resultante, fue obtenido de las pruebas y mediciones realizadas, presentando la información de manera ordenada y sintetizada, lo que permitió una fácil asimilación y entendimiento de la misma.	Computador personal.	Biblioteca.
Método experimental.	La metodología a utilizar fue la experimental debido a que se trabajó mediante mediciones y pruebas en el banco de inyectores CRDI, pruebas que están estandarizadas para trabajar con inyectores Delphi, lo cual permitió obtener resultados fiables de cada uno de los inyectores, concluyendo así cual es el comportamiento de los mismos bajo ciertos parámetros.	Osciloscopio Owon Banco de pruebas tester CRDI V – 3500.	Autotrónica
Método comparativo.	El método comparativo permitió establecer variaciones de los parámetros analizados basándose en datos, mediciones realizadas en las condiciones que determine el fabricante del banco de pruebas, con la finalidad de obtener valores comparativos de funcionamiento de cada inyector	Computador personal.	Biblioteca.
Método de análisis de contenido.	El método de análisis de contenido establece en la necesidad de realizar inferencias válidas para conocer la información en libros, investigaciones realizadas, páginas web entre otros, lugares de investigación como la biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas para el desarrollo del proyecto.	Computador personal.	Biblioteca.

CAPÍTULO II

2. SISTEMAS DE INYECCIÓN CRDI EN LOS MOTORES DIÉSEL

2.1. Sistema de alimentación CRDI.

De acuerdo al manual de entrenamiento de Kia Motors (2016).

“El control individual del avance de la distribución y del flujo, permiten el control perfecto de la combustión cilindro por cilindro. Además, la presión de inyección se puede ajustar en un amplio rango de valores de acuerdo a las condiciones de funcionamiento del motor” (p. 3).

2.2. Sistema CRDI Delphi.

El sistema CRDI de la compañía Delphi ha sido diseñado bajo cuatro objetivos primordiales que permite a los usuarios palpar un mejor desempeño de sus unidades motoras, las cuales son:

- Una reducción del ruido.
- Una reducción de las emisiones contaminantes.
- Una reducción del consumo de combustible.
- Un aumento de las prestaciones.

Para el sistema CRDI Delphi en específico se subdividen en dos tipos:

En el uno la PCM controla directamente los inyectores y bomba.

- Torres & Arizaga (2014) afirma. “La PCM recibe toda la información necesaria para operar el motor como son: sensores, monitoreo, requerimientos de arranque, estado seguro, inmovilizador, entre otros” (p. 24).

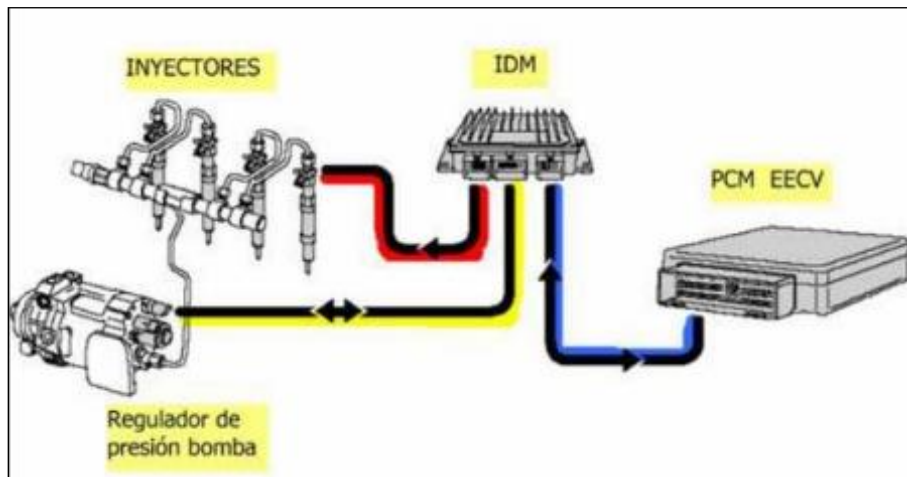


Figura 2. Sistema Common Rail Delphi con IDM.

Fuente: (Fustillo, 2006).

- Torres & Arizaga (2014), afirma. “Un 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” (p.25).

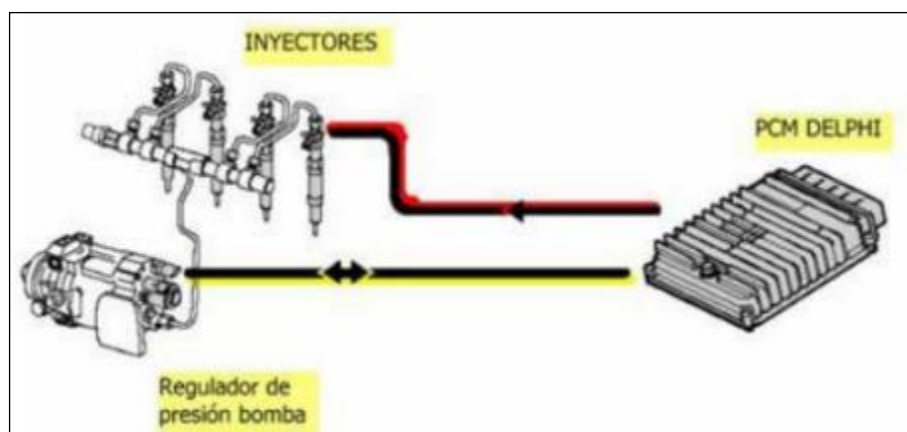


Figura 3. Sistema Common Rail Delphi sin MDI.

Fuente: (Fustillo, 2006).

2.3. Ventajas del uso del sistema CRDI Delphi.

- Reducción de ruido.

Al utilizar un sistema de alimentación CRDI el principal valor que se incrementa es la presión de combustión debido a una inflamación brutal de la mezcla aire combustible, lo cual provoca un aumento de ruido.

En el manual Delphi (2007).

“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 las cantidades inyectadas
- 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” (p.1).

- Reducción de las emisiones contaminantes.

El equilibrio correcto de las proporciones de aire y combustible son de suma importancia para reducir las emisiones contaminantes de esta forma se ve ilustrado gráficamente los valores adecuados.

En el manual Delphi (2007).

“El motor diésel funciona principalmente con un exceso de aire. Si el excedente de aire es demasiado bajo, las emisiones contaminantes aumentan” (p.2).

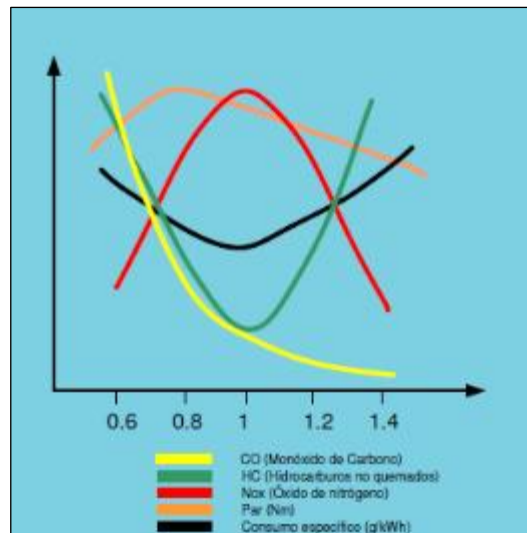


Figura 4. Diagrama de emisiones contaminantes.

Fuente: (Delphi, 2007).

En el manual Delphi (2007).

“El coeficiente de aire/carburante llamado comúnmente lambda (λ) es igual a 1 cuando la mezcla aire/carburante es estequiométrica (14.7/1).

- $\lambda < 1$ Déficit de aire, mezcla rica
- $\lambda > 1$ Exceso de aire, mezcla pobre

Las normas anticontaminación regulan los contaminantes siguientes:

- Los óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Las partículas. (PM)
- El monóxido de carbono (CO).
- Los hidrocarburos no quemados (HC).

Estas normas se expresan en gramos por kilómetro (g/km). Han entrado en vigor desde 1992 con la (EURO 1) y son actualizadas, por término medio, cada 4 años” (p.3).

Tabla 2.**Normativas sobre la contaminación.**

Normas (g/km)	Euro 1	Euro 2		Euro 3	Euro 4	Euro 5
Motorizaciones	Diésel	IDI Diésel	DI Diésel	Diésel	Diésel	Diésel.
HC+NOx	0.97	0.7	0.9	0.56	0.3	0.23
++Circ.Ab	2.72	1		0.64	0.5	0.5
PM	0.14	0.08	0.1	0.05	0.025	0.005
NOx	Sin Normas			0.5	0.25	0.18

Fuente: (Delphi, Manual Common Rail Principios de Funcionamiento., 2007).

Los óxidos de nitrógeno NOx.

En el manual Delphi France SAS (2007).

“Los NOx se producen por la oxidación del nitrógeno del aire. Esta reacción se produce a muy alta temperatura cuando el exceso de aire es importante.

Para limitar las emisiones de óxidos de nitrógeno, se utiliza un dispositivo que permite enviar hacia la admisión una parte de los gases de escape para limitar la cantidad de aire fresco admitido en el motor. Este dispositivo llamado EGR permite controlar la cantidad de gas de escape enviado hacia la admisión. Si esta cantidad es demasiado baja, la eficacia del sistema no es optimizada. En caso contrario, se constata un aumento de los humos, de los hollines y de las inestabilidades del motor debidas a la falta de aire fresco.

La reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno puede hacerse también mediante un pos tratamiento de los gases de escape en un catalizador DENOX. El principio consiste en reducir las moléculas de NOx formadas durante la combustión para obtener moléculas de oxígenos por un lado y moléculas de nitrógeno por otro” (p.1).

Partículas PM.

En el manual Delphi France SAS (2007).

“Los humos y los hollines pueden ser el resultado:

- De una mezcla demasiado rica. La falta de aire no permite una combustión completa y favorece la formación de partículas.
- De una mala pulverización del carburante en la cámara de combustión. Cuanto más importante es el tamaño de las gotitas, mayor es el tiempo necesario para su vaporización.

Si este plazo se vuelve demasiado importante, la parte central de la gotita no tendrá tiempo de vaporizarse. Bajo el efecto de la altísima temperatura que reina en la cámara de combustión, las moléculas de carburante no vaporizadas sufren un cracking. Este fenómeno físico produce compuestos carbonosos muy duros que constituyen los hollines y otras partículas características de los motores diésel” (p.1).

Hidrocarburos no quemados (HC).

En el manual Delphi France SAS (2007).

“Los HC resultan de una falta de oxígeno local (mal reparto del carburante) o de una inyección del carburante en zonas frías de la cámara de combustión (típicamente cuando el carburante empapa las paredes).

Las cámaras de combustión toroidal y los nuevos sistemas de admisión (swirl) combinadas con la inyección directa permiten obtener.

- Un tipo de turbulencias muy elevado que garantiza un muy buen reparto del carburante en la cámara de combustión. Se evita así la formación de las zonas ricas donde nacen los residuos no quemados.
- Una cámara de combustión compacta cuyas paredes son suficientemente cálidas para evitar la formación de residuos no quemados” (p.1).

Monóxido de carbono (CO).

En el manual Delphi France SAS (2007).

“Su presencia en los gases de escape resulta de la oxidación incompleta del carbono contenido en el gasóleo.

Esta oxidación incompleta es la consecuencia de una combustión que se desarrolla global o localmente en mezcla rica. El motor diésel funciona con un exceso de aire importante, las emisiones de CO quedan pues reducidas.

Es posible reducirlas más eliminando las zonas ricas de la cámara de combustión. Para ello, es necesario optimizar la aerodinámica interna de la cámara de combustión para generar un tipo de turbulencias muy elevado” (p.1).

- Reducción del consumo de combustible.

Según el manual de mantenimiento Delphi (2007).

“En relación a los sistemas de inyección convencionales, el sistema Common Rail aporta una flexibilidad de utilización que permite ajustar con precisión el caudal inyectado, el avance, el grado de introducción y la presión de inyección en función de las necesidades del motor para todas las condiciones de funcionamiento” (p.5).

Tabla 3.

Gestión electrónica de la gama de los inyectores Delphi.

Tipo de inyector.	Avance	Cantidad.	Número de inyección.
DPC	Fijada mecánicamente.	Fijada mecánicamente.	1
DPC-N	Gestionada electrónicamente	Fijada mecánicamente.	1
EPIC	Gestionada electrónicamente	Gestionada electrónicamente	1
Common Rail.	Gestionada electrónicamente	Gestionada electrónicamente	5

Fuente: (Delphi, 2007).

- Aumento de las prestaciones.

En el manual Delphi (2007).

“El aumento del par de bajo régimen necesita poder inyectar una fuerte cantidad de carburante desde los regímenes más bajos. La cantidad inyectada es proporcional a la duración de inyección y a la presión de inyección. Para aumentar el caudal, hay que aumentar pues la presión de inyección ya que el tiempo disponible para inyectar el carburante en el cilindro es limitado” (p.6).

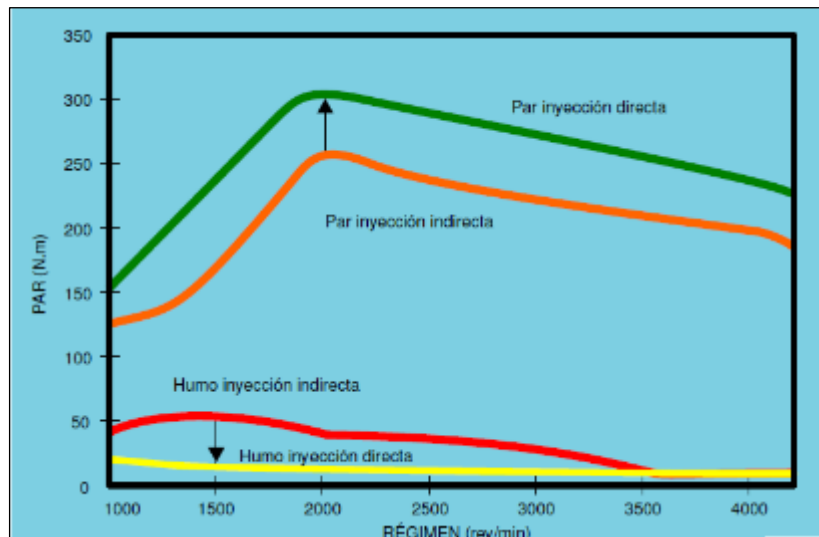


Figura 5. Aumento de las prestaciones motoras.

Fuente: (Delphi, 2007).

2.4. Inyectores.

De Castro (2000) afirma.

“Después de la bomba de inyección el elemento más importante del circuito es, sin duda, el inyector que incorpora también mecanismos de máxima precisión para cumplir con su cometido. El inyector propiamente dicho está formado por la aguja del inyector y el cuerpo mismo. La aguja se puede deslizar en sentido axial dentro del cuerpo” (p.30).

2.4.1. Inyectores con tecnología Delphi.

En el manual Delphi Automotive LLP (2015).

“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.” (p.1)

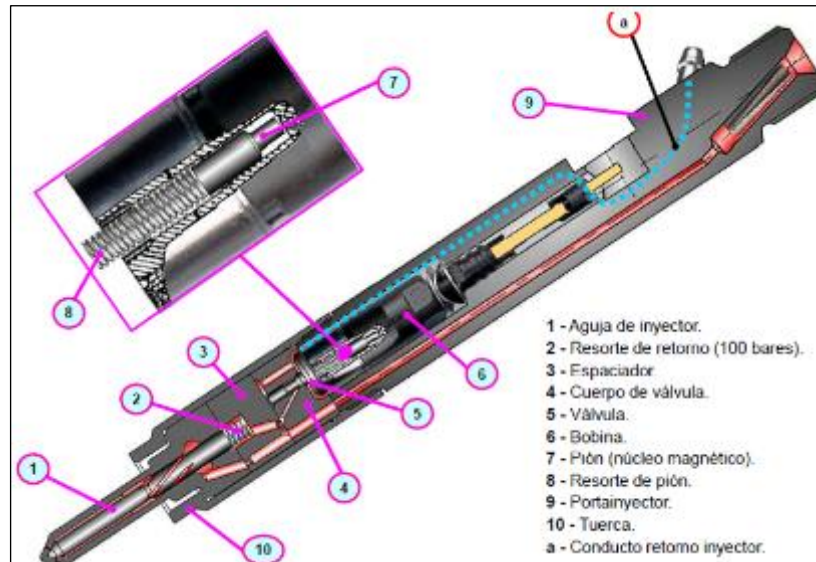


Figura 6. Composición de un inyector Delphi.

Fuente: Manual de capacitación Peugeot.

En el manual Delphi Automotive LLP (2015).

“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.

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” (p.2).

2.4.2. Características de los inyectores Delphi.

En el manual Delphi France SAS (2007).

“El inyector CRDI se identifica mediante:

- Su referencia: Comenzando con las letras EJBR o EJDR.
- Su número de serie.
- Los primeros 4 dígitos representan el número de orden para el cuerpo del inyector para el día.
- 1 letra representa el mes de producción: A para enero, M para diciembre. La letra I no se utiliza.

- 1 letra representa el año de producción: U para 2001, V para 2002, etc.
- 2 letras representan el día de producción.
- 1 carta representa el lugar de producción: W para La Rochelle y F para Blois.
- 1 o 2 dígitos representa el número de la línea de prueba” (p. 41).

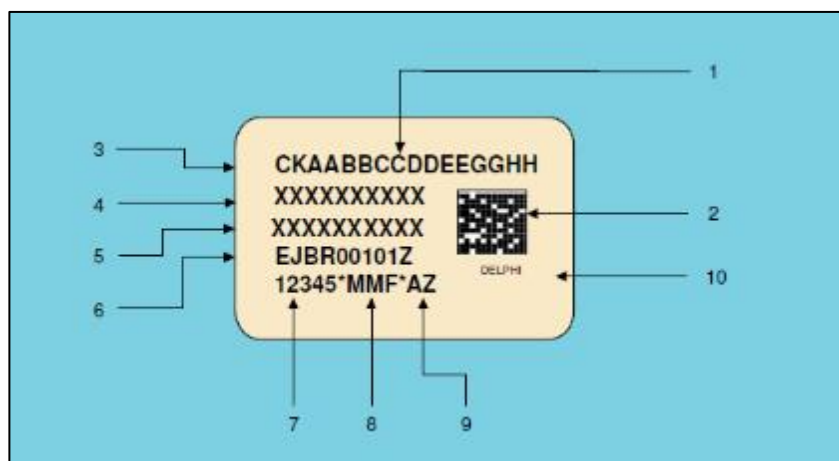


Figura 7. Codificación del inyector por la casa matriz.

Fuente: (Delphi, Manual Common Rail Principios de Funcionamiento., 2007).

Tabla 4.

Nombre de las partes de la etiqueta Delphi.

1	Etiqueta.	6	Referencia Delphi diésel del porta inyector.
2	Código data matriz (Lectura de fábrica).	7	Número de serie cronológico.
3	Factores de corrección.	8	Fecha y lugar de fabricación.
4	Referencia fabricante del vehículo.	9	Día de fabricación del porta inyector.
5	Nº homologación del fabricante.	10	Logo Delphi.

Fuente: (Delphi France SAS, 2007).

2.5. Parámetros de inyección.

2.5.1. Inicio de la inyección.

Castillejo A (2014) afirma.

“El inicio de la inyección juega el papel más importante en la optimización del rendimiento del motor, el mismo es el responsable del inicio de combustión de la mezcla una vez que a misma está en la cámara de combustión, también incide en el nivel de emisiones, el consumo de combustible y el ruido de la combustión.

El inicio de la inyección especifica la posición del cigüeñal con respecto al punto muerto superior “PMS” del mismo, en la que se abre la tobera del inyector y se pulveriza el combustible dentro de la cámara.

El punto de inyección varía de acuerdo a varios aspectos como son; la velocidad, la carga y la temperatura del motor. Para cada motor se determinan valores optimizados, teniendo en cuenta su impacto sobre el consumo de combustible, las emisiones contaminantes y el ruido.

Comparando el sistema de alimentación controlados por leva y el sistema CRDI (Common Rail Diésel Injection), se encontró que CRDI ofreció un mayor grado de libertad para elegir cantidad, el instante y la presión de inyección, debido a que su presión es controlada separadamente por una bomba de alta presión y la inyección se controla por un solenoide o un actuador piezoeléctrico, este sistema posibilita optimizar la inyección en cada punto de operación con el sistema de control del motor.” (p.13).

2.5.2. Inicio de la inyección avanzada.

De acuerdo a Castillejo A (2014).

“La mayor temperatura alcanzada durante la compresión se da un poco antes del PMS del pistón, si la combustión se inicia mucho antes del PMS, la presión crece bruscamente y actúa como una fuerza que se opone a la carrera de ascenso del pistón. La pérdida de calor en el proceso disminuye la eficiencia del motor y, por tanto, aumenta el consumo de combustible. La elevación brusca de la presión de compresión hace también que la combustión sea más ruidosa.

El mayor incremento de temperatura como consecuencia del inicio de inyección avanzado tiene como consecuencia un aumento de los niveles de NOx en los gases de escape y reducción de los HC” (p.14).

2.5.3. Inicio de la inyección retardada.

De acuerdo a Castillejo A (2014).

“En condiciones de baja carga, el inicio de la inyección retardado puede dar como resultado una combustión incompleta y, por tanto, un incremento en las emisiones de hidrocarburos quemados y de monóxido de carbono, ya que la temperatura en la cámara de combustión desciende notablemente.

El compromiso para compensar, por un lado, el consumo específico de combustible y las emisiones de hidrocarburos, y por el otro, las emisiones de partículas y NOx, hacen que la tolerancia sea muy pequeña cuando se modifica el inicio de inyección para ajustarlo a un determinado motor” (p.14).

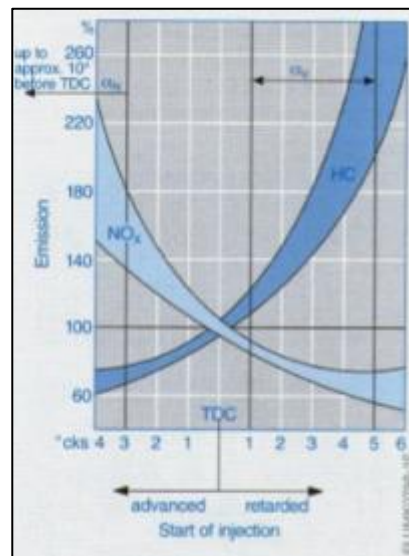


Figura 8. Emisiones de NOx y HC en función del inicio de inyección.

Fuente: (Castillejo, 2014).

2.5.4. Curva de la inyección.

Castillejo A (2014) menciona.

“En los sistemas common - riel una bomba genera la presión necesaria en el combustible independientemente del ciclo de inyección. Esta presión se mantiene prácticamente constante durante el proceso de inyección.

En un sistema con una determinada presión, la cantidad de combustible inyectado es proporcional al tiempo que el inyector permanece abierto, y esto es independiente de la velocidad del motor o de la bomba.

Esto tiene como resultado una curva de inyección casi cuadrada con inyecciones de corta duración y casi constantes, con altas velocidades de pulverización a plena carga que permiten incrementar la potencia específica del motor.

Sin embargo, un alto caudal al principio de la inyección (durante el retraso de encendido) no es beneficioso, en el sentido en que hace que la presión en la cámara de combustión crezca bruscamente y el proceso de combustión sea más ruidoso. Por eso, como la inyección se puede controlar de forma precisa, se pueden realizar hasta dos preinyecciones. Con esto se consigue pre acondicionar la cámara de combustión, haciendo que la presión crezca de forma más progresiva, reduciendo el tiempo de retraso de la inyección y, por tanto, consiguiendo reducir al mínimo el ruido de la combustión y la formación de NOx.

Esto es posible debido al control electrónico sobre los inyectores que permite variar la curva de inyección en función de las condiciones de operación” (p.20).

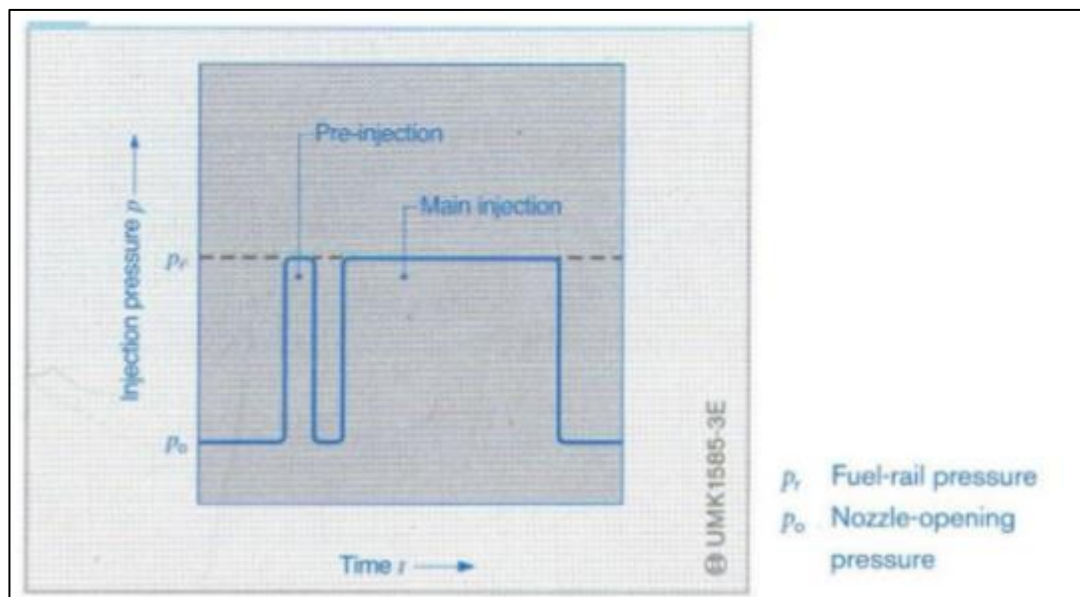
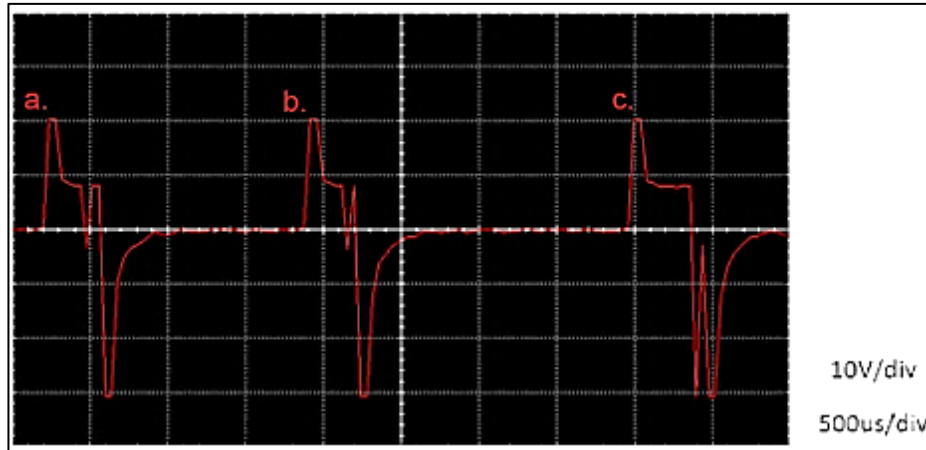


Figura 9. Curva de inyección de un sistema Common Rail.

Fuente: (Castillejo, 2014).

El oscilograma de voltaje del inyector en el momento de la inyección piloto es:
es:



a. Pre inyección, b. Inyección principal, c. Post inyección.

Figura 10. Oscilograma de voltaje de un inyector diésel CRDI.

El oscilograma de corriente del inyector en el momento de la inyección piloto es:



a. Pre inyección, b. Inyección principal, c. Post inyección.

Figura 11. Oscilograma de corriente de un inyector diésel CRDI.

2.5.5. Patrones de inyección.

De acuerdo a Logroño & García (2016).

“Dependiendo de la aplicación para la que esté destinado el motor, se requieren las siguientes funciones:

- Pre-inyección (1): reduce el ruido de la combustión y las emisiones de NOx, especialmente en los motores de inyección directa.
- Gradiente positivo de inyección durante la inyección principal (3): reduce emisiones de NOx en motores sin válvula EGR.
- Gradiente de presión en dos etapas (4): durante la inyección principal reduce las emisiones de NOx y partículas en motores sin EGR.
- Alta presión constante durante la inyección principal (3,7): reduce las emisiones de partículas durante la operación en motores con EGR.
- Inyección secundaria avanzada (8): reduce las emisiones de partículas.
- Inyección secundaria avanzada (9).”

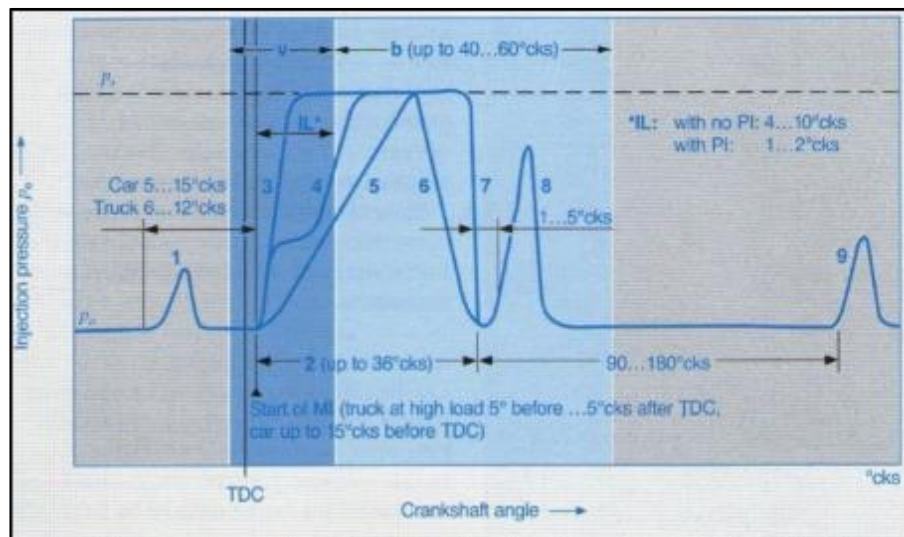


Figura 12. Patrones de Inyección.

Fuente: (Bosch, 2005)

2.6. Inyección diésel.

El sistema de inyección diésel se encarga de llevar el combustible desde el tanque de combustible hasta los cilindros para su inyección, esta inyección consta de varias etapas para aprovechar al máximo su eficiencia.

Castillejo A (2014), afirma. “La inyección diésel consta de las siguientes etapas:

PRE – INYECCIÓN

Consiste en la inyección de una pequeña cantidad de combustible (aprox. 1 mg), que se quema durante la fase de compresión. Con esto se consigue que aumente la presión y la temperatura en el punto en el que se produce la inyección principal, con lo cual se reduce el retardo de encendido de la inyección principal. Se reduce el aumento de la presión de combustión y los picos de presión, lo que se traduce en una combustión más suave y menos ruido del motor. Esto además tiene un efecto positivo sobre la reducción del consumo y de las emisiones contaminantes

La inyección previa contribuye indirectamente, a la generación de par motor, mediante la reducción del retardo de encendido. En función del comienzo de la inyección principal y de la separación entre la inyección previa y la inyección principal, puede aumentar o disminuir el consumo específico de combustible.

Por otro lado, las altas temperaturas en la cámara de combustión son favorables para el arranque en frío y cuando el motor trabaja en el rango de baja carga, ya que estabilizan la combustión y reducen las emisiones de HC y CO.

En el caso de reducción de ruido y de las emisiones de NOx, lo que hace que haya que ajustar el intervalo entre pre-inyección e inyección principal, y la cantidad de combustible pre-inyectado en función del punto de operación” (p.22).

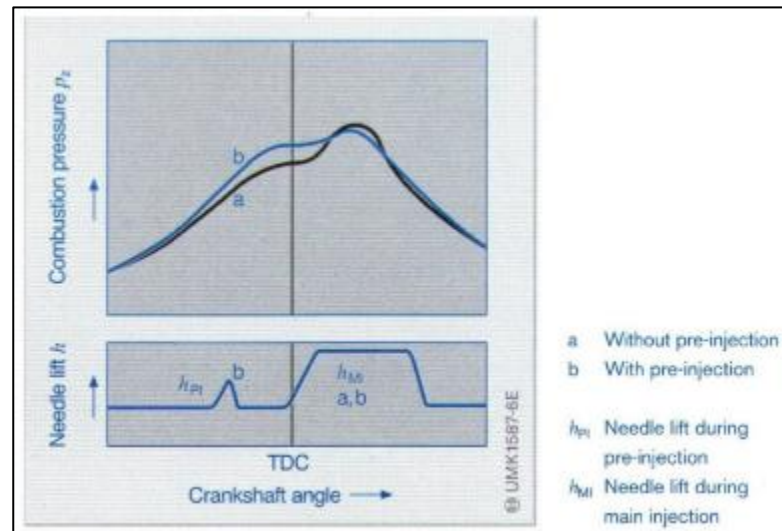


Figura 13. Efecto del pre inyección en la presión de la cámara de combustión.

Fuente: (Castillejo, 2014) .

INYECCIÓN RETARDADA.

Castillejo A (2014) afirma.

“Esta fase transcurre tras la inyección principal, durante la carrera de expansión o de escape (hasta 200° del cigüeñal después del PMS). Se inyecta una cantidad precisa de combustible en los gases de escape. El combustible inyectado en esta etapa no combustiona, pero se evapora por el calor residual de los gases de escape. La mezcla resultante se expulsa durante la carrera de escape.

La combustión de los hidrocarburos de esta mezcla genera también un incremento de la temperatura de los gases de escape por la oxidación en el acumulador catalítico. Esta medida tiene como objetivo regenerar el filtro de partículas y el acumulador de NOx” (p.23).

INYECCIÓN SECUNDARIA.

Castillejo A (2014) afirma.

“En los sistemas Common-rail, la inyección secundaria transcurre directamente después de la inyección principal cuando aún se está produciendo la combustión. Esto hace que se quemen las partículas de hollín, consiguiendo reducir estas emisiones entre un 20 y un 70%” (p.23).

2.7. Regulación electrónica diésel.

En el manual Bosch (2002). “El control electrónico del motor diésel permite una conformación exacta y diferenciada de las magnitudes de inyección. Únicamente así es posible cumplir el gran número de exigencias que se le plantean a un motor diésel moderno” (p.12).

2.7.1. Sensor de temperatura del combustible.

Coral de la Cadena F (2012) afirma. “Para detectar la temperatura del combustible el sistema utiliza un sensor de temperatura tipo NTC ubicado en el cuerpo de la bomba de combustible, específicamente en la línea de baja presión, el valor determinado por el sensor la ocupa la ECU para poder compensar la inyección de combustible para cada cilindro”.(p.22).

Coral de la Cadena F (2012) afirma. “A medida que aumenta la temperatura del combustible, el UCE modificará la inyección y tasa de entrega, al mismo tiempo ajustará los parámetros de funcionamiento de la válvula de control de presión del riel” (p.22).

2.7.2. Sensor de presión del riel.

En el manual Kia Motors (2016).

“Las características generales de este tipo de sensores son:

- Tipo: sensor de diafragma
- Suministro de voltaje: 5 +/- 0.25V
- Rango del sensor de presión: 0 a 1.800 bar
- Presión máxima: 2.200 bar
- Presión de explosión: sobre 2.500 bar” (p.13).

Coral de la Cadena F (2012) afirma.

“El combustible presurizado actúa sobre el sensor, lo que convierte la presión en señal eléctrica, que después se ingresa a un circuito de evaluación que amplifica esta señal y la envía al UCE” (p.22).

En el manual Bosch R (2002).

“En el sistema Common rail se mide la presión del combustible en el actuador de alta presión. El cumplimiento exacto de la presión del combustible prefijada en el riel es de gran importancia para la composición de los gases de escape y la potencia del motor.

La presión de combustible se controla en un circuito de regulación. Las posibles variaciones del valor se igualan mediante una válvula de control o una válvula de regulación.

La precisión de medición se encuentra por debajo del 2% del alcance de medición en el campo principal de servicio.

En los sistemas de inyección de acumulación diésel Common rail, la presión máxima de trabajo P_{max} (presión nominal) es de 1600 bares” (p.26).

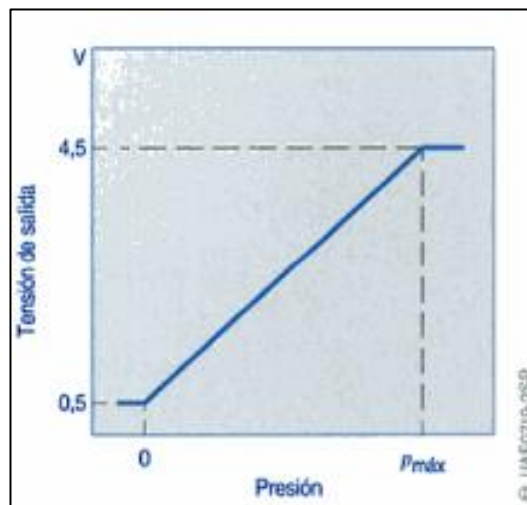


Figura 14. Diagrama característico del sensor de presión de riel CRDI.

Fuente: (Bosch,2005).

2.7.3. Válvula reguladora de presión.

Bosch R (2005) afirma.

“La válvula reguladora de presión tiene la misión de ajustar y mantener la presión en el conducto común en función del estado de carga del motor, esta válvula posee dos circuitos de regulación:

- Un circuito de regulación eléctrico lento para el ajuste de un valor de presión medio variable en el conducto común.
- Un circuito de regulación mecánico hidráulico rápido para compensar las oscilaciones de presión de alta frecuencia” (p.48).

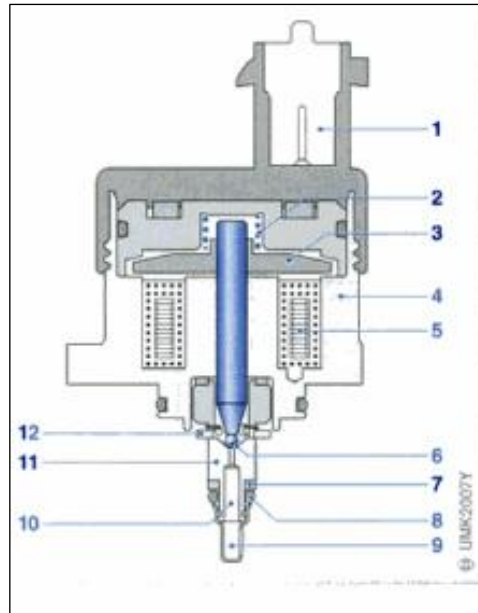


Figura 15. Vista en corte de una válvula reguladora de presión DRV 1.

Fuente: (Bosch, 2005).

1. Conexión eléctrica, 2. Muelle de la válvula, 3. Inducido, 4. Carcasa de la válvula, 5. Bobina electromagnética, 6. Bola de la válvula, 7. Anillo de apoyo, 8. Junta toroidal, 9. Filtro, 10. Afluencia de alta presión, 11. Cuerpo de la válvula, 12. Salida al circuito de baja presión.

2.7.4. Sensor de revoluciones.

En el manual Bosch R (2002).

“Los sensores de revoluciones del motor (sensores de varilla), también llamados transmisores de revoluciones, se emplean para:

- Medir el número de revoluciones del motor.
- Detectar la posición del cigüeñal (posición de los pistones del motor).

El número de revoluciones se calcula mediante el intervalo de tiempo entre las señales del sensor. La señal de este sensor es una de las magnitudes más importantes del control electrónico” (p.26).

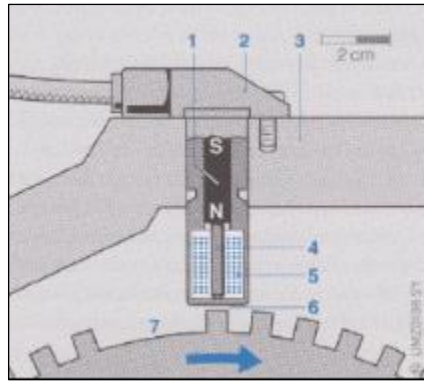


Figura 16. Estructura interna del sensor.

Fuente: (Bosch, 2002).

2.7.5. Sensor de posición del acelerador.

En el manual Bosch R. (2002).

“El deseo de aceleración, de marcha constante o de reducir la velocidad lo manifiesta el conductor en un motor de mando convencional accionándolo con el pedal acelerador a la válvula mariposa o a la bomba de inyección.

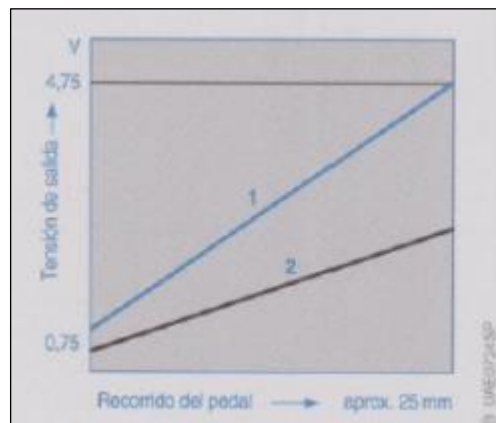


Figura 17. Curva de funcionamiento del sensor del pedal del acelerador con potenciómetro redundante.

Fuente: (Bosch, 2002).

Cuando el motor está equipado con un sistema de mando electrónico, un sensor de pedal acelerador (también llamado transmisor de posición del pedal) realiza la función de la unión mecánica. El detecta el recorrido o la posición de angular del pedal y lo transmite eléctricamente a la unidad de control del motor” (p.32).

2.7.6. Sensor Captador de ruidos (acelerómetro).

En el manual Delphi France SAS (2007).

“El sensor se posiciona en el bloque para poder recibir la señal máxima para todos los cilindros. Para tener la misma respuesta entre un cilindro próximo y alejado del acelerómetro, las señales brutas de este último son procesadas para obtener una variable que cuantifique la intensidad de la combustión. Esta variable, llamada el ratio, es la relación entre la intensidad del ruido de fondo y el ruido de combustión. El hecho de utilizar una relación que integra el ruido de fondo del motor permite sortear diferencias de intensidad de ruido debido al emplazamiento central del acelerómetro.

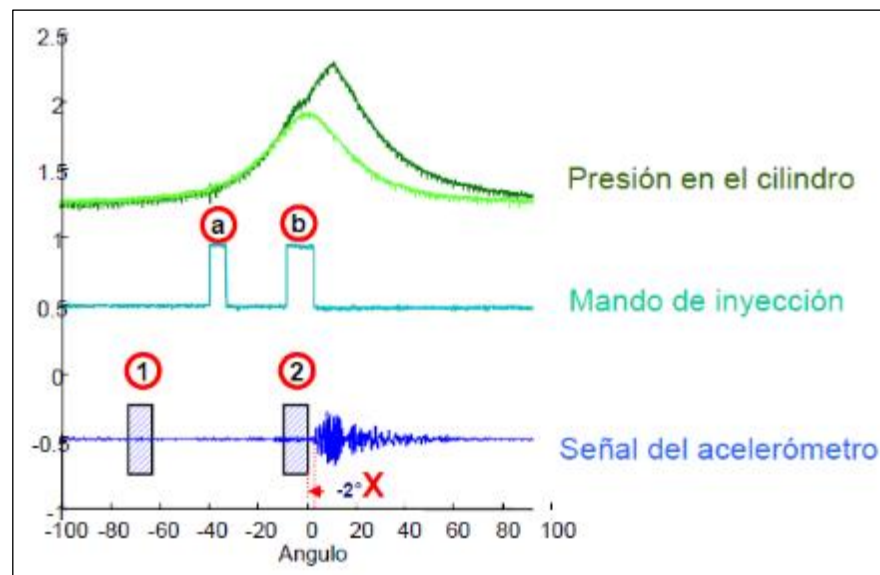


Figura 18. Diagrama del acelerómetro.

Fuente: (Adrogué, 2013).

1.-Ventana fija de medición de ruido (calibrado). También permite medir un ruido anormal del motor, 2. Ventana fija de medición de combustión, a. Inyección piloto, b. Inyección principal, X. Desplazamiento del comienzo de la combustión (Este valor permite posicionar el comienzo de la inyección piloto.).

- Una primera ventana sirve para fijar el nivel de ruido de fondo de la señal acelerométrica para cada cilindro, esta ventana debe posicionarse pues en un momento en el que no pueda haber combustión.
- La segunda ventana sirve para medir la intensidad de la combustión piloto. Su posición miden los ruidos de combustión generados por la inyección piloto. Está pues colocada justo antes de la inyección principal.

Su función primordial recae en la medición del ruido de combustión de cada cilindro después de la inyección piloto, con ello se ilustra los siguientes diagramas de funcionamiento del sensor” (p.69).

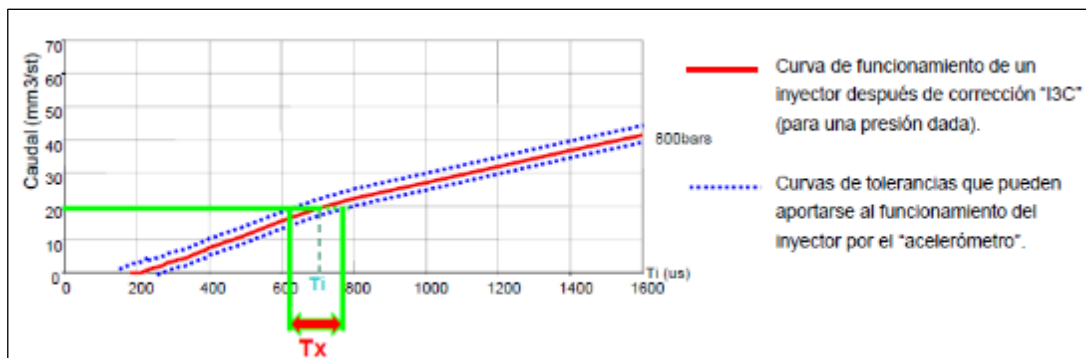
Adrogué F (2013) afirma.

“Un desplazamiento de la inyección piloto provoca un desplazamiento de la combustión (temperatura en la cámara diferente), este desplazamiento se mide gracias al captador de ruidos.

Estos disfuncionamientos en la inyección piloto se debe a parámetros como:

- Desgaste (funcionamiento, etc.) del inyector.
- Cambio de las propiedades del gasoil (viscosidad, etc.).
- Variaciones de las condiciones de funcionamiento (tensión batería, temperatura gasoil, etc.).

La corrección de la inyección Piloto se lo realiza de la siguiente forma y teniendo en cuenta la siguiente gráfica” (p.44).



. T_i . Tiempo de inyección sin la corrección del acelerómetro, T_x : Zona de corrección o el tiempo de inyección pueden encontrarse como resultado de una corrección vinculada a una deriva normal.

Figura 19. Corrección de la Inyección Piloto.

Fuente: (Adrogué, 2013).

Adrogué F (2013) afirma. “De esta forma el mando de cada inyector puede reajustarse individualmente, adaptando el tiempo de inyección (T_i) respecto a la deriva en el tiempo mínimo necesario para la abertura de la aguja de inyector. La inyección principal es proporcionalmente sub reajustada.”(p.44).

2.8. Verificación y control de inyectores.

Alonso J (2001) afirma.

Que la comprobación de inyectores se debe realizar en intervalos de mantenimiento prescritos o cuando se detecte un anormal funcionamiento en los mismos. Los síntomas típicos del mal funcionamiento de los inyectores son las emisiones de humos negros por el escape, la falta de potencia del motor, calentamiento excesivo, además de un aumento del consumo de combustibles y ruido de golpeteo.

2.9. Verificación de la pulverización y dirección del chorro.

De Castro (2000) afirma. Cuando se desconecta el manómetro de la bomba de pruebas el valor de la presión no tiene interés para esta prueba, pero se debe accionar la palanca de la bomba de una manera breve y enérgica aproximadamente 2 veces por segundo.

Alonso J (2001) afirma.

“Cuando la cadencia de bombeo es rápida, el chorro será neto, finamente pulverizado en forma de nube y formado un cono perfectamente centrado en el eje de simetría del inyector, como muestra el detalle A de la figura 20.

Ligeras desviaciones del chorro, pero con buena pulverización *B* son aceptables. Un flujo sólido, con gotitas, escasas pulverización y fuertes desviaciones *C* resulta inaceptable producido por depósitos de carbonilla en la tobera. Bajas presiones de tarado dan un chorro de escasa dispersión, como el que muestra en el detalle *D*.

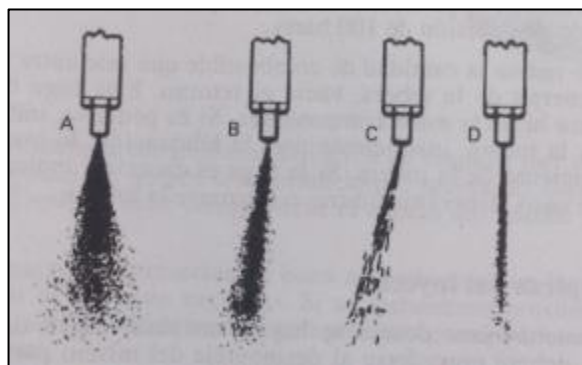


Figura 20. Tipos de Pulverización.

Fuente: Alonso, 2001.

2.10. Verificación de la estanqueidad.

De Castro (2000) afirma.

Resulta de comprobar el punto en que el inyector se cierra a presiones ligeramente inferiores a la presión de funcionamiento. La forma de actuar es la siguiente, se baja lentamente la palanca de accionamiento de la bomba observando el valor que progresivamente va indicando el manómetro. Cuando este valor es de 20 a 15 atm es inferior al valor de presión de funcionamiento, se interrumpe la carrera de la palanca y se cierra la válvula de desconexión del manómetro de modo que la presión se mantendrá en el interior del inyector. En estas condiciones, la aguja cierra perfectamente sobre su asiento, el inyector no debe gotear y ni siquiera hallarse húmedo en su punta. Si no ocurre así hay falta de estanqueidad.

Alonso J (2001) afirma. Que la falta de estanqueidad implica el desmontaje y limpieza del inyector, principalmente la superficie donde se asienta la aguja. Si con esta operación no se corrige el goteo, deberá sustituirse la tobera.

2.11. Verificación de fuga de retorno.

Morales A (2015) afirma. Que la cantidad de retorno de combustible que el inyector produce es un indicador del sellado interno y la condición del inyector. Cualquier problema con el sellado de la válvula del solenoide o la aguja de la tobera se desenmascaran o se muestran en forma de mucho retorno. Usualmente, si una cantidad alta de retorno es experimentada será vista en cada test y puede indicar problemas en el asiento de la válvula, problemas en la válvula del solenoide y sellado de la tobera o problemas de desgaste.

Alonso J (2001) afirma. Que la fuga de retorno indica la cantidad de combustible que sale entre la varilla de la válvula de aguja y el cuerpo de la tobera, hacia el retorno. Esta fuga debe existir en una cierta proporción, para lubricar estos componentes Si es pequeña, indica una escasa holgura entre la aguja y la tobera, insuficiente para la lubricación, lo que ocasionara probablemente el agarrotamiento de la tobera. Si la fuga es excesiva, indica mayor holgura de la necesaria y, en ese caso, deberá sustituirse o repararse la tobera.

Para la prueba se debe accionar la palanca de mando de la bomba del comprobador hasta obtener una presión en el inyector de aproximadamente 10 bares, y se cerrará la válvula de paso de combustible, en estas condiciones, debe observarse un descenso lento de la aguja del reloj comprobador, que indica el nivel de fuga del retorno.

2.12. Verificación de entrega de combustible

Morales A (2015) afirma. Que en esta prueba se verifica netamente los flujos de trabajo del inyector, si los resultados del flujo de un inyector reparado o usado son estimados como fuera de especificación cuando se comparan con un resultado de test de un inyector nuevo, entonces, las entregas de combustible pueden ser alteradas cambiando los calces de calibración (calibration shim) el cual se asienta entre el solenoide y el cuerpo del inyector.

Cambiando el calce del resorte del solenoide afectará también a la entrega de combustible y al tiempo de respuesta, reduciendo o incrementando la tensión en la válvula de solenoide, haciendo más fácil o difícil para el solenoide levantar la válvula.

2.13. Recomendaciones de manipulación de los inyectores.

Todas las recomendaciones a realizarse a continuación se fundamentan según el manual DELPHI (2006). “Con el fin de reparar correctamente un inyector Common Rail en términos de calidad y limpieza, debe seguir las recomendaciones y métodos descritos a continuación.

2.13.1. Equipamiento requerido.

- Una estación de lavado.
- Un banco revestido de metal, utilizado exclusivamente para el trabajo en los inyectores.
- Una entenalla con mordazas de metal suave.
- Paños sin pelusa.
- Producto de limpieza Care clean.

- Bandeja de plástico con numerosos compartimentos para almacenar los componentes internos del inyector.
- Herramientas de desmontaje y montaje. YDT440
- Un conjunto de inyectores maestros.
- Guantes de látex sin polvo.”

2.13.2. Piezas para la reparación:

Para asegurar el correcto funcionamiento del inyector reparado, debe reemplazar los componentes defectuosos por partes originales;

2.13.3. Aviso de reparación:

Se debe completar un "aviso de reparación" para cada inyector reparado para incluir la siguiente información:

- Referencia del inyector.
- Número de serie.
- Kilometraje del vehículo.
- Códigos de falla o síntomas observados durante el diagnóstico.
- Piezas reemplazadas durante la reparación.
- Resumen de los resultados de las pruebas en el banco de pruebas (antes y después de la reparación).

2.13.4. Antes de desmontar el inyector:

- a) Antes de trabajar en el inyector, el procedimiento de diagnóstico debe comenzar con una inspección externa.

Compruebe el estado del inyector:

- Exceso de depósitos de carbono.
- Punta dañada.
- Arandela de sellado presente.
- Condición de la conexión backleak.
- Condición del hilo M14.

Localizar fugas posibles:

- Alrededor de la rosca de tuerca / cuerpo del inyector.
- Alrededor de la conexión backleak.

- Nivel de líquido observado:
- Extremadamente bajo (o vapores).
- Contactos y partes externas completamente húmedas.

Tipo de líquido:

- Combustible diésel.
- Petróleo.
- Otros.

b) Limpieza externa.

Cubra la boquilla, la conexión de la carcasa trasera y la rosca M14 en el cuerpo del porta bobinas.

- Usando un destornillador, des carbonizar la ranura entre la tapa de la boquilla y la boquilla. Limpie la ranura, rocíe la tuerca y la punta del inyector usando un aerosol desengrasante.
- Advertencia, estos productos pueden causar daños a manos y ojos.
- La acción toma tiempo dependiendo del producto de la limpieza elegida.
- Retire la tapa de la boquilla y limpie para eliminar los depósitos de carbón alrededor de los orificios de inyección. Delphi.
- Recomendar el uso de la limpieza ultrasónica para asegurar una limpieza suficiente antes de pasar al banco de pruebas.
- La boquilla no debe cepillarse, ya que esto puede obstaculizar su funcionamiento.
- Limpie todo el inyector con un producto de lavado concentrándose en las zonas de mayor riesgo.
- Seque el inyector.

c) Pruebas eléctricas.

Esta prueba se lleva a cabo en dos etapas:

- Comprobación del estado de la bobina.
- Instale el inyector en el banco y mida la resistencia de la bobina.

- A 20 ° C la resistencia de la bobina debe estar entre 0,155 ohm y 0,185 ohm.
- La resistencia de aislamiento debe ser mayor de 10 mega ohmios.

Comprobación del movimiento de la válvula.

- Inicie la prueba de la válvula. Se trata de una prueba automática que realiza un número predeterminado de ciclos de carrera de la válvula.
- Si la resistencia de la bobina está dentro de las tolerancias y los movimientos de la válvula son audibles, la parte eléctrica del inyector está operativa.” (p1-4).

CAPÍTULO III

3. PROTOCOLO DE PRUEBAS

3.1. Equipos.

3.1.1. Osciloscopio Owon PDS5022T.

El osciloscopio automotriz es el instrumento que permite visualizar señales eléctricas, estimar sus diferentes parámetros, frecuencia, período, amplitud, valores máximos y mínimos.

De acuerdo a Logroño & García (2016).

“Mencionan que en un osciloscopio automotriz se puede ver gráficamente como las señales cambian con el tiempo. Ya que cuenta con un eje vertical "Y", que representa el voltaje y un eje horizontal " X" que representa el tiempo.

Trabaja mediante almacenamiento portátil digital y multímetro digital, para aplicaciones electrónicas tales como las pruebas de circuito, aplicaciones de ingeniería y demás.” (p.87).

Este tipo de osciloscopio cuenta con una unidad de USB para su conexión con la PC e incluye un software compatible con el sistema operativo Microsoft Windows para la transmisión de datos.

Tabla 5.

Especificaciones técnicas del osciloscopio Owon PSD5022T.

Categoría	Especificaciones
Monitor.	8´´color TFT – LCD.
Ancho de banda.	25 MHz.
Canales.	Dos + externo.
Tasa máxima de muestreo en tiempo real.	100 ms/ s.
Longitud de registro.	5 principales objetivos de ejecución por canal.
Fuente de alimentación.	100 a 240 V CA, 50 / 60Hz, CAT II o una batería de iones de litio recargable.
Dimensiones.	157 x 350 x 103.
Peso.	1,7 Kg.

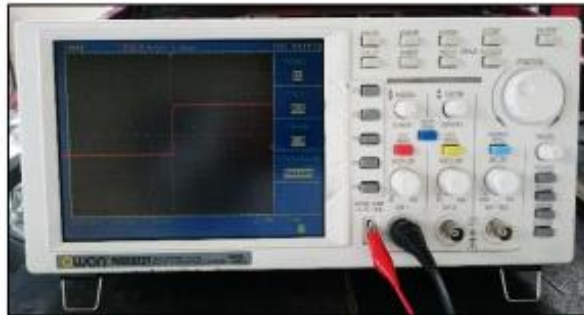


Figura 21. Panel frontal del osciloscopio PDS.

Procedimiento de uso:

De acuerdo a Logroño & García (2016). “El procedimiento para el uso del osciloscopio cumple con los siguientes pasos:

- Conectar a una toma de 110V y encender el equipo
- Conectar el juego de puntas en los puntos de medición deseados, y el otro extremo conectarlo al canal 1 del osciloscopio
- Calibrar con las perillas las escalas de tiempo y voltaje, visualizar la forma de onda adecuada y estabilizar la posición de la onda variando el “trigger”.
- Para visualizar el oscilograma en el computador, de debe instalar previamente el software “OWON Software de Osciloscopio 2.0.8.26”, y el driver correspondiente al osciloscopio para que se reconozca el puerto USB
- Conectar mediante USB con el programa en ejecución
- Para almacenar los datos obtenidos en tiempo real usar la opción “Obtener datos”, lo que permite generar un archivo que es manejado por el software”

3.1.2. Osciloscopio Hantek 1008c.

El osciloscopio automotriz Hantek 1008c es un instrumento que permite visualizar señales eléctricas y estimar sus diferentes parámetros: frecuencia, período, amplitud, valores máximos y mínimos.

El instalador es compatible con la PC, se pudo variar los valores de trabajo y visualizar las ondas ajustando las escalas a nuestra conveniencia.

Este software cuenta con su opción “measure” cuya función es tomar medidas tanto en el plano X como en el plano Y, de diferentes características a las que se encuentran trabando los inyectores en tiempo real, cuenta con

ocho canales, lo que permitió trabajar con más de dos canales de medición al mismo tiempo para poder visualizar los oscilogramas en la interface del portátil.



Figura 22. Osciloscopio Hantek.

Tabla 6.

Especificaciones técnicas osciloscopio Hantek 1008c.

	Marca y Modelo	1008c Hantek
Vertical	Canal analógico	8
	Impedancia de entrada	Resistencia: 1mΩ
	Sensibilidad de entrada	10 mV / div a 5V / div
	Acoplamiento de entrada	DC
	Resolución	12 bits
Horizontal	Profundidad de memoria	4K
	Max. Entrada	400v (dc + CA pico)
	Frecuencia de muestreo en tiempo real	2.4msa / s
	Rango de base de tiempo	1ns / div a 2000S / div (1-2-5 secuencias)
	Base de tiempo de precisión	50ppm ±
Cursosores y medición	Medición de la tensión	VPP, empeine, vmax, vmin, Vtop, VMID, Vbase, vpromedio, Vrms, vcrms, preimpulso, rebasamiento.
	La medición del tiempo	frecuencia, período, tiempo de subida, tiempo de caída, anchura positiva, anchura negativa, ciclo de trabajo
	Medición cursosores	Pista, modos de medición automática verticales horizontales
	Proceso de señal de forma de onda.	+, -, X, ÷, FFT, invertido.

Fuente: (Hantek, 2017).

Procedimiento de uso.

- Para realizar las medidas en el osciloscopio Hantek 1008c, se deben cumplir los siguientes pasos:
- Conectar el osciloscopio a la computadora mediante el cable USB.
- Nota: El osciloscopio Hantek 1008c no necesita fuente de alimentación.
- Calibrar las escalas de tiempo y voltaje, de tal forma que se pueda observar de manera adecuada los datos tomados, ajustar el trigger para estabilizar la imagen en el portátil.
- Conectar el juego de puntas que mejor se adapte al trabajo que se va a realizar e los puntos de medición deseados, y el otro extremo debe estar conectado al canal 1 del osciloscopio.
- Para visualizar el oscilograma en el computador, se instala previamente el software “Hantek 1008c” que se encuentra en el cd de instalación del equipo, y el driver correspondiente al osciloscopio para que se reconozca el puerto USB.
- Para almacenar los datos obtenidos en tiempo real usar la opción “meassure”, lo que permite generar mediciones que se puede apreciar en la pantalla.

3.1.3. Banco de pruebas tester CRDI V – 3500 VNP.

El banco de pruebas tester CRDI V – 3500 VNP es un instrumento que permite analizar el estado mecánico y electrónico en el que se encuentran los inyectores marca Bosch, Delphi y Denso, con la ayuda de sus controles digitales de STRK, que es el número de inyecciones que se van a llevar a cabo, la presión del sistema y el tiempo de pulso del inyector, llegando a tomar medidas a diferentes regímenes de trabajo, las cuales serán comparadas posteriormente.

Trabaja mediante contadores digitales automatizados que ofrecen variación en sus regímenes de trabajo, además, también cuenta con tubos de ensayo de pulverización y probetas de control mediante los cuales se permite realizar análisis visuales para obtener los resultados con la ayuda de cálculos y comparaciones posteriores.

Tabla 7.**Especificaciones técnicas del banco de pruebas V – 3500.**

Categoría	Especificaciones
Producto	MT 3000
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

Fuente: (VNP, 2017).**Funciones:**

- Prueba de características eléctricas para inyectores CRDI Bosch, Delphi y Denso
- Presión máxima: 800bar
- Modelo de pulverización variable incorporado
- Patrón automatizado
- Aspiración de aire en la boquilla de pulverización
- Contador de pulverización
- Descarga de aceite usado automática después de la prueba de pulverización
- Protección contra cortocircuitos.

Componentes:



Figura 23. Vista frontal Tester V – 3500.

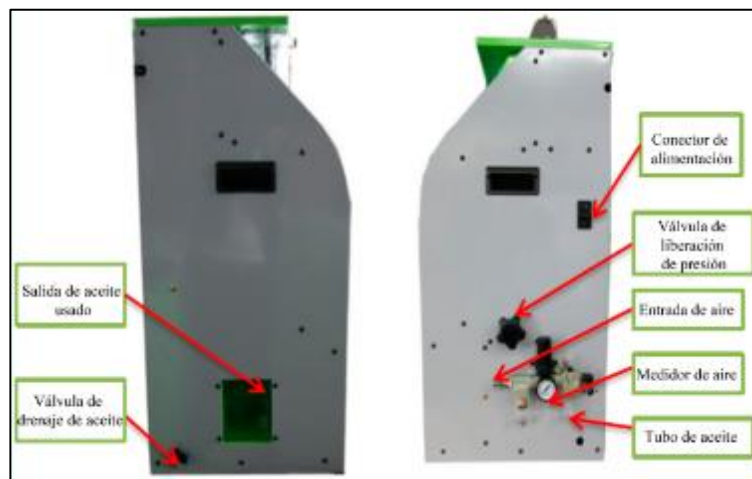


Figura 24. Vistas laterales Tester V – 3500.

Tabla 8.

Características Tester V 3500.

- | | |
|---|---|
| 1 | Diagnostica el funcionamiento del modelo del aerosol muy claramente con la luz del LED. |
| 2 | Compruebe el estado de los inyectores que cambian el tiempo de inyección. |
| 3 | Mide el volumen inyectado y devuelto (contra la fuga) |
| 4 | Comprueba la presión de arranque del inyector |
| 5 | Limpieza de inyectores con gran cantidad de flujo de aceite. |

3.1.4. Multímetro.

El multímetro o polímetro es un instrumento que permite medir diferentes magnitudes eléctricas. Así, en general, todos los modelos permiten medir:

- Tensión alterna y continua.
- Corriente alterna y continua.
- Resistencia.



Figura 25. Multímetro Automotriz.

Vasco (2016) afirma.

“Con los multímetros se pueden realizar medidas tanto de corriente continua (DC) como de corriente alterna (AC). Es importante señalar que, en general, cuando los multímetros operan en corriente alterna (AC), los valores medidos de las tensiones e intensidades corresponden a valores eficaces mientras no exista alguna indicación contraria; asimismo, en general, dichas medidas son válidas para señales sinusoidales con un cierto límite de frecuencia especificado en el aparato” (p.1).

Descripción del equipo.

Hay distintos tipos o modelos de estos multímetros, correspondientes a diferentes marcas, pero todos ellos tienen partes o componentes en común:

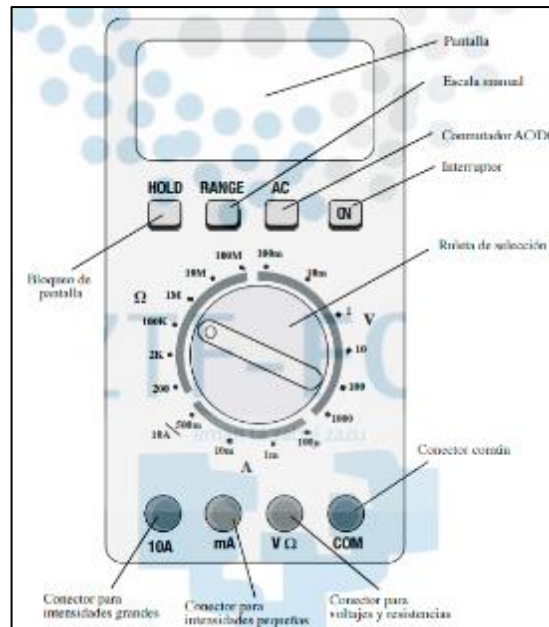


Figura 26. Partes del multímetro.

Fuente: (Vasco, 2016)

Medida de voltaje:

Vasco (2016) afirma.

“Un voltímetro (o un multímetro efectuando esa función) posee siempre una resistencia interna muy grande (de varios $M\Omega$), y se coloca siempre en paralelo. Si las resistencias en el circuito son pequeñas comparadas con la resistencia interna del voltímetro, se puede suponer que ésta es infinita sin introducir un error apreciable en las ecuaciones. Sin embargo, en aquellos casos en que la resistencia en la que se está midiendo la diferencia de potencial el circuito sea grande hay que tener en cuenta la resistencia interna del voltímetro” (p.4).

Medida de intensidad:

Vasco (2016) afirma.

“Un amperímetro (o un multímetro efectuando esa función) posee siempre una resistencia interna pequeña, y ha de colocarse en serie. En caso de que, por equivocación, se coloque en paralelo existe el peligro de que la intensidad que entre en el amperímetro supere el máximo permitido, debido a que su resistencia interna es muy pequeña. Al superar dicho máximo se puede estropear el aparato o, si se está utilizando una entrada protegida, se fundirá el fusible de protección” (p.4).

Medida de resistencia:

Vasco (2016) afirma.

“La medida de las resistencias (el multímetro funcionando como ohmímetro) se efectúa básicamente a partir de la Ley de Ohm: se aplica una tensión (procedente de una pila interna del aparato) y se mide la corriente que circula por el circuito de medida. Para realizar una medida correcta es necesario que la resistencia a medir este libre, es decir, que NO esté conectada a un circuito” (p.4).

Procedimiento de medida:

Como menciona Vasco (2016).

- “Para medidas de voltajes e intensidades, seleccionar el modo AC o DC según si el circuito es de corriente alterna o continua.
- Para medidas de resistencias, aislar la resistencia (o resistencias) a medir del circuito.
- Según el tipo de medidas a realizar conectar los cables al multímetro según la siguiente tabla” (p.5).

Tabla 9.

Conectores a utilizar según medidas por realizar.

Tipo de Medida	Conectores	
Voltajes.	V	COM
Intensidades Altas.	10A o 20A	COM
Intensidades bajas.	mA	COM
Resistencias.	Ω	COM

Fuente: (Vasco, 2016).

- Conectar los extremos de los cables entre los bornes del elemento que se va a medir, teniendo en cuenta que el tipo de medida a realizar:
- Para medir voltajes, los voltímetros se colocan en paralelo.
- Para medir intensidades, los amperímetros se colocan en serie.
- Para medir resistencias, éstas deben estar aisladas del circuito.
- Colocar la ruleta de selección del tipo de medida en la posición adecuada. Si el multímetro es de escala manual probar con varias escalas para buscar la más adecuada.

3.1.5. Pinza amperimétrica Brain Bee.

La pinza amperimétrica es un instrumento de medición de corriente, que permite realizar mediciones sin la necesidad de abrir el circuito en el que se quiere tomar datos.

El funcionamiento de la pinza amperimétrica se basa en la medida indirecta de la corriente que circula por un conducto a partir del campo magnético que esta circulación de corriente genera.

El nombre de pinza lo recibe por que el sensor se abre y abraza al cable cuya corriente se llega a medir.



Figura 27. Pinza amperimétrica Brain Bee.

Especificaciones.

Tabla 10.

Especificaciones de la pinza amperimétrica Brain Bee.

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

Fuente (Brain Bee, 2017).

Procedimiento de uso:

Para la utilización de la pinza amperimétrica seguir los siguientes pasos:

- Revisar que la batería no marque el indicador de low. bat. puesto que las medidas se pueden ver alteradas.
- Calibrar el osciloscopio para que se pueda visualizar la onda completa en el canal a utilizar la pinza amperimétrica.
- Elegir la escala adecuada que proporciona la pinza en su selector.

- Ubicar la pinza en el cable de alimentación siguiendo la flecha que ahí indica.
- Tomar las medidas y ondas del osciloscopio.
- Transformar el voltaje a amperios utilizando la conversión según la escala que se eligió.

3.2. Especificaciones de los inyectores CRDI Delphi.

A continuación, se presenta las características propias de cada inyector inductivo Delphi CRDI.

3.2.1. Inyector CRDI Delphi R02801D.

Se hace una mención para el inyector Delphi R02801D, el mismo que comparte características con el inyector R02901D el cual posteriormente ha sido remplazado por el inyector R03701D, por razones de mejoras que con el tiempo se han ido implementado, con el fin de brindar solución a las carencias que en su inicio presentaba el inyector R02801D.

Debido a que el inyector R02801D ya ha sido discontinuado por su antigüedad en el mercado “Garner Espinosa” representantes de la marca Delphi en el Ecuador han decidido optar por la utilización del inyector R03701D para cumplir sus labores, esto es posible gracias a la compatibilidad y similitud de características que presentan.

R02801D.

Tabla 11.

Aplicación del inyector Delphi R02801D.

Marca Auto.	Hyundai, Kia
Modelo.	Terracán, Carnival
Motor.	2.9 CRDI
BHP.	150
Cilindros.	4
Normas emisión.	Euro III
Bomba	9044A072A
Tobera	L097PRD

Fuente: (Delphi, diesel.ad.ua, 2014).

R03701D.**Tabla 12.****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.

Fuente: (Delphi, diesel.ad.ua, 2014).**3.2.2. Inyector CRDI Delphi R04601D.****R04601D.****Tabla 13.****Aplicación del inyector Delphi R04601D.**

Marca Auto.	Ssangyong.
Modelo.	Kyron. Rexton. Rodius. Stavic.
Motor.	2.7 Xdi.
BHP.	165.
Cilindros.	5.
Normas emisión.	Euro III.
Bomba.	9044A052A.
Tobera.	L138PRD.

Fuente: (Delphi, diesel.ad.ua, 2014)




3.3. Inspección y preparación previa del tester V – 3500.

La revisión previa trata de todos los parámetros que se deben tener en cuenta antes de empezar a trabajar con el banco de pruebas, pequeñas razones que son de valiosa importancia para el buen uso del tester.

A continuación, un listado de todas las partes que es necesario revisar antes de usar el tester V – 3500.

Tabla 14.

Inspección previa del tester V – 3500.

N°-	Detalle	Ubicación
1	Verificar que la trampa de agua no este con impurezas ni con agua, si se encuentra con alguno de ellos proceder a drenar, desmontar y limpiar.	 <p data-bbox="884 1084 1302 1122">Figura 28. Trampa de agua.</p>
2	Revisar que no existan fugas de fluido en el filtro de aceite.	 <p data-bbox="884 1464 1302 1503">Figura 29. Filtro de aceite.</p>
3	El control de presión máster se encuentre debidamente ajustado, caso contrario la maquina no tendrá presión para el trabajo.	 <p data-bbox="884 1845 1302 1921">Figura 30. Control master de presión</p>

CONTINÚA



- 4 Tomar en cuenta el nivel de viscor que se encuentre en el sistema, de ser necesario completar hasta el rango adecuado.



Figura 31. Indicador de viscor

- 5 Verificar que ingrese nada extraño en los cilindros de pulverización



Figura 32. Cilindros de pulverización

- 6 Verificar que los sockets se encuentren en buen estado.



Figura 33. Sockets - Delphi

- 7 Verificar que las cañerías que se conectan a los inyectores se encuentren libres de residuos o taponados.



Figura 34. Cañerías alta presión

- 8 Verificar que las cañerías que se conectan a los inyectores se encuentren libres de residuos o taponados.



Figura 35. Mangueras de retorno

CONTINÚA.



-
- 9 Verificar que se encuentre bien acoplado la toma de aire del compresor a la máquina.



Figura 36. Ingreso de aire.

- 10 Verificar que se encuentre bien conectado el cable de poder.



Figura 37. Cable de poder.

- 11 Verificar que el encendido principal este activado caso contrario la máquina no encenderá.



Figura 38. Encendido principal.

3.4. Protocolo de montaje de los inyectores.





Por ningún motivo encender la maquina sin que los inyectores estén correctamente instalados en el banco de pruebas.

Para la manipulación de los inyectores Delphi tener en cuenta usar siempre guantes de látex sin polvo, además del equipo de protección personal.

Para el montaje de los inyectores en el Tester V-3500, seguir los siguientes pasos:

Tabla 15.

Protocolo de montaje de los inyectores.

N°	Detalle	Gráfica
1	Localizar los sockets apropiados para los inyectores Delphi.	 <p data-bbox="906 651 1295 683">Figura 39. Sockets – Delphi</p>
2	Localizar las cañerías apropiadas para los inyectores Delphi.	 <p data-bbox="906 1005 1295 1070">Figura 40. Cañerías de alta presión</p>
3	Ubicar los inyectores en los cilindros acoplando las cañerías y únicamente ajustando con el pulso, para poder maniobrar.	 <p data-bbox="906 1384 1295 1451">Figura 41. Ubicación de los inyectores</p>
4	Con la ayuda de las llaves mixtas de 19mm y 11mm ajustar las cañerías teniendo cuidado de no causar daños a las roscas por exceso de torque.	 <p data-bbox="906 1771 1295 1841">Figura 42. Ajuste de los inyectores</p>

CONTINÚA



5

Ubicar las mangueras de retorno de combustible con mucho cuidado de no dañar el inyector.



Figura 43. Ubicación de las mangueras de retorno

6

Una vez listo ajustar la mariposa que presiona el inyector para que este no se mueva al hallarse en las pruebas.



Figura 44. Ajuste de la Mariposa.

7

Conectar los respectivos sockets para la marca Delphi, los cuales envían los pulsos eléctricos para la pulverización.



Figura 45. Ubicación de los sockets

3.5. Sugerencias.

- 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.
- Todos los inyectores deben ser sometidos a pruebas de resistencia primero
- En caso de Bosch si la resistencia es inferior a $0,4 \Omega$ $0,6 \Omega$ la bobina dañada.

- En caso de Delphi si la resistencia es inferior a $0,2 \Omega$ la bobina está dañada.
- El filtro de la bomba debe ser reemplazado cada 3 meses
- Cuando el equipo no esté en uso, gire la válvula de presión de liberación en sentido anti horario una vez (liberación de presión)
- Cuando un inyector no está conectado al orificio de descarga, el aceite podría fluir

3.6. Instalación del osciloscopio Owon.

El osciloscopio Owon permite obtener oscilogramas de corriente y voltaje de la inyección, para lo cual es necesario contar con el software adecuado para poder llevar a cabo la toma de datos.

3.6.1. Instalación del software Owon.

Para la utilización del osciloscopio Owon en la PC, instalar el software "OWON Software de Osciloscopio 2.0.8.26", que viene en el CD del equipo o en su defecto descargarlo del internet de la página oficial de OWON.

Como paso siguiente continuar con la instalación del USB DRIVE.

3.6.2. Instalación del USB DRIVE.





La instalación del USBDRIVE es muy importante puesto que se logra conectar el osciloscopio con la pc para la toma de datos y gráficas.

La instalación debe realizarse en actualizar controlador desde la administración de dispositivos en Mi Pc.

3.6.3. Acoplamiento del osciloscopio Owon a los inyectores.

Para la toma de medidas con el osciloscopio Owon, seguir los siguientes pasos.

Tabla 16.**Acoplamiento del osciloscopio al pc.**

N°-	Detalle	Gráfica
1	Conectar la punta de los lagartos al osciloscopio y el cable USB a la computadora.	 <p data-bbox="810 683 1316 719">Figura 46. Conexión cable de señal.</p>
2	Insertar las agujas en los cables de señal de los inyectores, teniendo cuidado no dañar los cables.	 <p data-bbox="810 1075 1316 1106">Figura 47. Montaje de las agujas.</p>
3	Conectar los lagartos a las agujas teniendo en cuenta la polaridad de los cables.	 <p data-bbox="810 1473 1316 1505">Figura 48. Conexión de los lagartos</p>
4	Verificar que la onda del inyector se muestre perfectamente en la pantalla, caso contrario ajustar la pantalla o utilizar los cables x10.	 <p data-bbox="810 1861 1316 1897">Figura 49. Calibración de la onda - Owon</p>

CONTINÚA



- 5 Tomar datos mediante la opción "Measure".

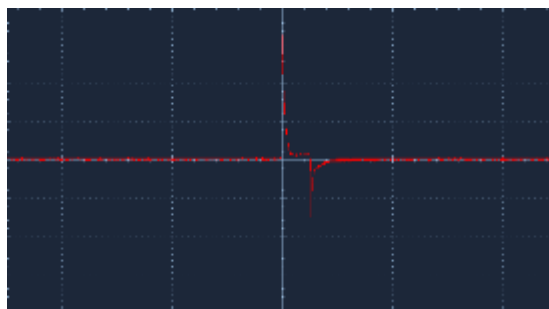


Figura 50. Señal del inyector – Owon.

3.7. Instalación del osciloscopio Hantek 1008c.

Para la utilización del osciloscopio Hantek 1008c en la PC, instalar el software "Hantek 1008c software".

Como paso siguiente continuar con la instalación del USBDRIVE.

3.7.1. Instalación del USBDRIVE.

La instalación del USBDRIVE es muy importante para conectarse con el osciloscopio para la toma de datos y gráficas.

La instalación debe realizarse en actualizar controlador desde la administración de dispositivos en mi Pc.

El USB DRIVE se encuentra en el mismo cd de instalación del equipo.

3.7.2. Acoplamiento del osciloscopio Hantek a los inyectores.

Tabla 17.

Acoplamiento del osciloscopio Hantek 1008c.


N°-	Detalle	Grafica
1	Conectar la punta de los lagartos al osciloscopio.	

Figura 51. Osciloscopio Hantek 1008c

CONTINÚA



- 2 Insertar las agujas en los cables de señal de los inyectores, teniendo cuidado no dañar los cables.



Figura 52. Montaje de las agujas al socket del inyector

- 3 Conectar los lagartos a las agujas teniendo en cuenta la polaridad de los cables.



Figura 53. Conexión de los lagartos al socket del inyector

- 4 Verificar que la onda del inyector se muestre perfectamente en la pantalla, caso contrario ajustar la pantalla.

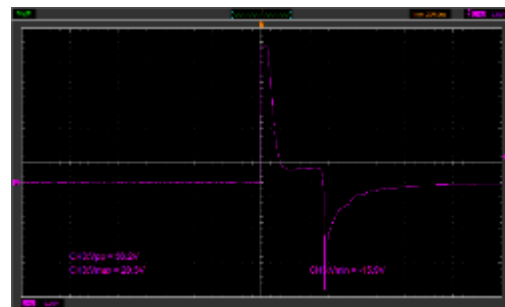


Figura 54. Onda del inyector.

- 5 Tomar datos mediante la opción "meassure "

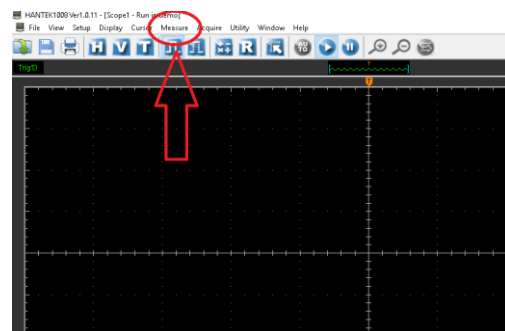


Figura 55. Toma de medidas software Hantek 1008c.

3.8. Procedimiento de pruebas Inyector R03701D CRDI Delphi.

3.8.1. Pruebas mecánicas – hidráulica.

- Verificar los tiempos de activación y cierre, caudales de inyección y retorno, mediante cálculos a (300, 400, 500, 600, 700,) bar, con variaciones de STRK: 250, 500, 750, 990.y tiempo de Inyección: (0,25; 0,5; 1; 1,5; 2) ms.
- Verificar las curvas de corriente y voltaje, para analizar los tiempos de activación del inyector.
- Analizar los datos obtenidos mediante tablas comparativas de los diferentes ciclos de trabajo.
- Realizar gráficas en Excel utilizando los datos obtenidos en las tablas de los ensayos a diferentes presiones.

Equipo.

- Banco de pruebas tester V-3500.
- Inyectores Delphi.
- Caja de herramientas.
- Osciloscopio, pinza amperimétrica, multímetro.
- Equipo de seguridad personal (Guantes de látex, gafas, mandil, calzado industrial).
- Laptop con programa Owon del osciloscopio.

Desarrollo de la práctica

Para llevar a cabo los cálculos, medición de los tiempos de apertura, cierre, caudales de inyección y retorno de los inyectores Delphi, en el banco de pruebas tester V- 3500, tener en cuenta para el inicio de la práctica los protocolos antes mencionados de preparación del tester V- 3500, también cumplir con el equipo de protección personal, puesto que la maquina trabaja a elevadas presiones y se podría causar un incidente si no se toman las debidas precauciones.

El tester V-3500 puede trabajar con dos inyectores CRDI Delphi a la vez.

Prueba de ángulo de pulverización

Para el ángulo de pulverización realizar los siguientes cálculos tomando en cuenta los datos de la cápsula del Tester V – 3500.

Inyector inductivo Delphi R03701D.

- Marca del vehículo: Hyundai
- Modelo del vehículo: Terracán 2,9

Cálculo:

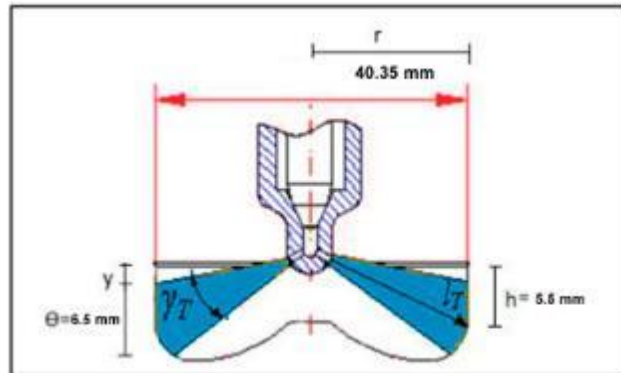


Figura 56. Spray Inyector R03701D – DELPHI.

Datos:

- h = altura
- r = radio del cilindro
- θ = Diámetro del chorro
- I_T = Angulo de Disparo
- γ_T = Angulo de Dispersión
- Y = Diferencia de Alturas

Ángulo de Disparo.

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{h}{r}\right)$$

Ecuación 1. Ángulo de Disparo.

Ángulo de Dispersión.

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{\theta + \gamma}{r}\right) - \arctan\left(\frac{Y}{r}\right)$$

Ecuación 2. Ángulo de Dispersión.

Tabla 18.**Ángulos del inyector R03701D CRDI DELPHI.**

Ángulo de disparo	--°
Ángulo de dispersión	--°

Prueba de caudal.

Para las pruebas de caudal, llenar la tabla establecida teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Datos:

- Presión: (300, 400, 500, 600, 700,) bar.
- STRK: 250, 500, 750, 990.
- Tiempo de Inyección: (0,25; 0,5; 1; 1,5; 2) ms.

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.

3.8.2. Pruebas eléctricas.

Para las pruebas eléctricas usar el tester V- 3500, el osciloscopio, el multímetro digital y la pinza amperimétrica.

- **Pruebas de corriente de activación del inyector.**

Para la medición de la corriente de activación en los inyectores Delphi usar la pinza amperimétrica y apuntar los resultados en la tabla de datos.

- **Prueba de voltaje de activación del inyector**

Para la medición del voltaje de activación en los inyectores Delphi usar el osciloscopio y apuntar los resultados en la tabla de datos.

- **Prueba de resistencia eléctrica de la bobina.**

Para la medición de la resistencia de la bobina en los inyectores Delphi utilizar el multímetro digital y digitar los resultados en la tabla de datos

- **Prueba de inductancia.**

Es una medida de la oposición al cambio de corriente de un inductor que almacena energía en presencia de un campo magnético.

Los resultados obtenidos ingresarlos a la tabla de datos.

Tabla 19.

Pasos para la medición de Amperaje.


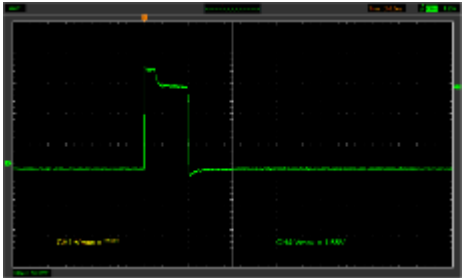

N°-	Detalle	Gráfica
1	<p>Revisar que la batería de la pinza amperimétrica se encuentre con el voltaje adecuado, caso contrario los datos emitidos se verán alterados.</p>	
2	<p>Calibrar el osciloscopio para que se pueda visualizar la onda completa en el canal a utilizar la pinza amperimétrica.</p>	
3	<p>Elegir la escala a utilizar en la pinza.</p>	

Figura 57. Voltaje de la batería de la pinza amperimétrica.

Figura 58. Onda de Corriente.

Figura 59. Escalas – Amperímetro.

CONTINÚA. 

-
- 4 Ubicar la pinza en el cable de alimentación siguiendo la flecha indicada.



Figura 60. Conexión de la pinza amperimétrica

-
- 5 Tomar las medidas y ondas que el osciloscopio ofrece

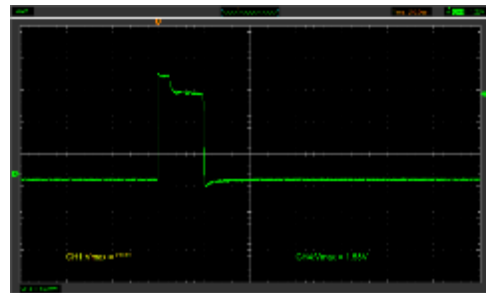


Figura 61. Valores emitidos por la pinza amperimétrica.

-
- 6 Trasformar el voltaje a amperios utilizando la conversión según la escala elegida.

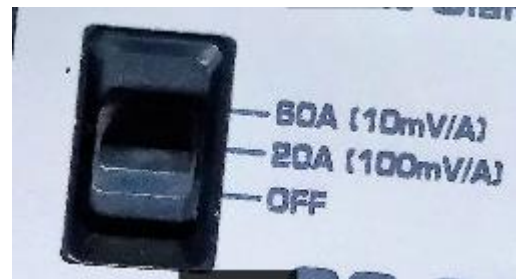


Figura 62. Conversión Voltaje – Amperios.

3.8.3. Parámetros del inyector.

En la tabla de parámetros se detallan las características más relevantes de la geometría física del inyector y sus componentes.

Tabla 21.
Parámetros del Inyector.

Indicador.	Ítem.	Técnica.	Medición.	Gráfica.
Presión Max de prueba	bar	Medición (Tester VNP-3500)		
Presión min de prueba	bar	Medición (Tester VNP - 3500)		
Numero de orificios del inyector	#	Observación inyector		
Presión de retorno	bar	Medición (Manómetro)		
Ángulos de dispersión	°	Cálculo (Datos obtenidos)		
Ángulo de disparo	°	Cálculo (Datos obtenidos)		
Bomba	#	Investigación (Especificaciones)		
Tobera	#	Investigación (Especificaciones)		

3.9. Procedimiento de pruebas inyector R04601D CRDI Delphi.

3.9.1. Prueba mecánica – hidráulica.

- Conocer y verificar los tiempos de activación y cierre, caudales de inyección y retorno, mediante cálculos a (300, 400, 500, 600, 700) bar, con variaciones de STRK: 250, 500, 750, 990.y tiempo de Inyección: (0,25; 0,5; 1; 1,5; 2) ms
- Verificar las curvas de Corriente y voltaje, para analizar los tiempos de activación del inyector.
- Analizar los datos obtenidos mediante tablas comparativas de los diferentes ciclos de trabajo
- Realizar Graficas en Excel utilizando los datos obtenidos en las tablas de los ensayos a diferentes presiones

Equipo:

- Banco de Pruebas Tester V-3500.
- Multímetro, pinza amperimétrica, osciloscopio.
- Inyectores Delphi.
- Caja de Herramientas.
- Equipo de seguridad personal (Guantes de látex, gafas, mandil, Calzado industrial).
- Laptop con programa Owon del osciloscopio.

Desarrollo de la práctica

Para llevar a cabo los cálculos, medición de los tiempos de apertura y cierre, caudales de inyección y retorno de los inyectores Delphi, en el banco de pruebas Tester V- 3500, tener en cuenta para el inicio de la práctica los protocolos antes mencionados de preparación del Tester V- 3500, también cumplir con el equipo de protección personal, puesto que la maquina trabaja a elevadas presiones y se podría causar un incidente si no se toman las debidas precauciones

El Tester V-3500 puede trabajar con dos inyectores CRDI Delphi a la vez.

Prueba de ángulo de pulverización

Para el ángulo de pulverización realizar los siguientes cálculos tomando en cuenta los datos de la capsula el Tester V – 3500.

Inyector inductivo Delphi R03701D.

- Marca del vehículo: Hyundai.
- Modelo del vehículo: Terracan 2,9

Cálculo:

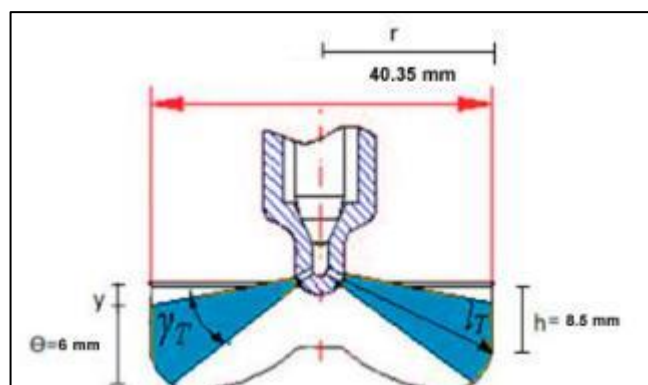


Figura 63. Spray Inyector R04601D – DELPHI.

Datos:

- $h = \text{altura}$
- $r = \text{radio del cilindro}$
- $\theta = \text{Diámetro del chorro}$
- $I_T = \text{Angulo de Disparo}$
- $\gamma_T = \text{Angulo de Dispersión}$
- $Y = \text{Diferencia de Alturas}$

Ángulo de Disparo.

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{h}{r}\right)$$

Ecuación 3. Ángulo de Disparo.

Ángulo de Dispersión.

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{\theta + \gamma}{r}\right) - \arctan\left(\frac{Y}{r}\right)$$

Ecuación 4. Ángulo de Dispersión.

Tabla 22.

Ángulos – inyector R04601D CRDI DELPHI.

Ángulo de Disparo	--°
Ángulo de dispersión	--°

Prueba de caudal

Para las pruebas de caudal llenar la tabla establecida teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Datos:

- Presión: (300, 400, 500, 600, 700) bar
- STRK: 250, 500, 750, 990.
- Tiempo de Inyección: (0,25; 0,5; 1; 1,5; 2) ms

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.

3.9.2. Pruebas eléctricas.

Para las pruebas eléctricas utilizar el Tester V- 3500, el osciloscopio, el multímetro digital y la pinza amperimétrica.

- **Pruebas de corriente de activación del inyector.**

Para la medición de la corriente de activación en los inyectores Delphi utilizar la pinza amperimétrica y tomar los resultados en la tabla de datos.

- **Prueba de voltaje de activación del inyector.**

Para la medición del voltaje de activación en los inyectores Delphi dar uso del osciloscopio y tomarlos resultados en la tabla de datos.

- **Prueba de resistencia eléctrica de la bobina.**

Para la medición de la resistencia de la bobina en los inyectores Delphi ocupar el multímetro digital y apuntar los resultados en la tabla de datos.

- **Prueba de inductancia.**

Es una medida de la oposición al cambio de corriente de un inductor que almacena energía en presencia de un campo magnético.

Los resultados obtenidos ingresarlos a la tabla de datos.

- **Prueba de impedancia**

La impedancia es la resistencia al paso de corriente alterna en un circuito.

Para la medición de la impedancia en los inyectores Delphi usar el multímetro digital y apuntar los resultados en la tabla de datos.

Para llevar a cabo las pruebas eléctricas de los inyectores, obtener los valores con la ayuda del osciloscopio Hantek -1008c y la pinza amperimétrica Brain Bee.

Para la toma de datos mediante la pinza amperimétrica seguir los siguientes pasos.

Tabla 23.

Pasos para la medición de Amperaje.


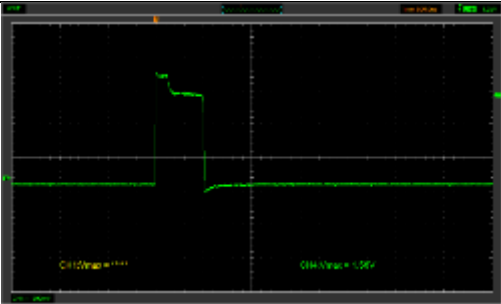


N°-	Detalle	Grafica
1	Revisar que la batería de la pinza amperimétrica se encuentre con el voltaje adecuado, caso contrario los datos emitidos se verán alterados	
2	Calibrar el osciloscopio para que se pueda visualizar la onda completa en el canal a utilizar la pinza amperimétrica.	
3	Elegir la escala a utilizar en la pinza.	
4	Ubicar la pinza en el cable de alimentación siguiendo la flecha que ahí determina	

Figura 64. Voltaje de la Batería de la pinza.

Figura 65. Onda de Corriente.

Figura 66. Escalas – Amperímetro.

Figura 67. Conexión de la pinza amperimétrica.

CONTINÚA.



5

Tomar las medidas y ondas que en el osciloscopio se visualiza.

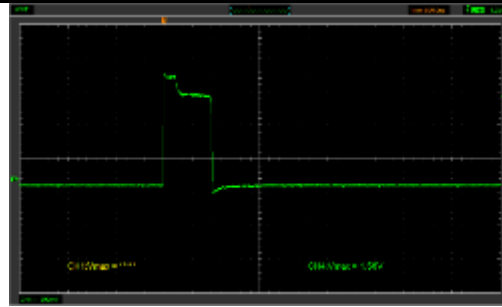


Figura 68. Valores emitidos por la pinza amperimétrica

6

Trasformar el voltaje a amperios utilizando la conversión según la escala elegida.

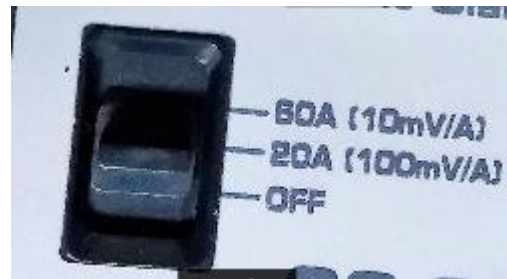


Figura 69. Conversión Voltaje – Amperios.

3.9.3. Parámetros del inyector.

En la tabla de parámetros se detallan las características más relevantes de la geometría física del inyector y sus componentes.

Tabla 25.

Parámetros del inyector.

Indicador	Ítem	Técnica	Medición	Gráfica
Presión de operación	de <i>bar</i>	Medición		
Número de orificios del inyector	de del #	Observación		
Tipo de tobera	<i>Corta / larga</i>	Observación		
Largo del Tallo	<i>mm</i>	Medición		
Presión de retorno	<i>bar</i>	Medición		
Tipo de boquilla	<i>diseño</i>	Observación		
Ángulos del cono de pulverización	°	Medición		

3.10. Protocolo de extracción de los inyectores.

Una vez culminada las pruebas con los inyectores, realizar los siguientes pasos para su extracción.

Tabla 26.

Protocolo de extracción de los inyectores.


N°	Detalle	Gráfica
1	Drenar todo el líquido de las probetas	

Figura 70. Probetas de caudal vacías.

CONTINÚA



-
2. Drenar el aerosol que se formó en los cilindros



Figura 71. Capsulas de Pulverización

-
3. Apagar el banco de pruebas Tester V – 3500



Figura 72. Botón de apagado

-
4. Despresurizar el banco mediante la válvula manual que se encuentra al costado derecho del banco



Figura 73 Válvula master control de presión

-
5. Desconectar la toma de ingreso de aire que viene desde el compresor.



Figura 74. Toma de ingreso de aire.

CONTINÚA



-
6. Desconectar los sockets de los inyectores.



Figura 75. Sockets de los inyectores.

-
7. Desconectar las mangueras de retorno



Figura 76. Mangueras de retorno.

-
8. Desconectar la cañería de alimentación mediante la ayuda de unas llaves mixtas adecuadas.



Figura 77. Cañería de alimentación.

-
9. Aflojar la mariposa que sujeta el inyector



Figura 78. Mariposa de ajuste.

-
10. Retirar con un movimiento hacia arriba los inyectores, teniendo en cuenta de que ingrese ninguna partícula de suciedad hacia los cilindros

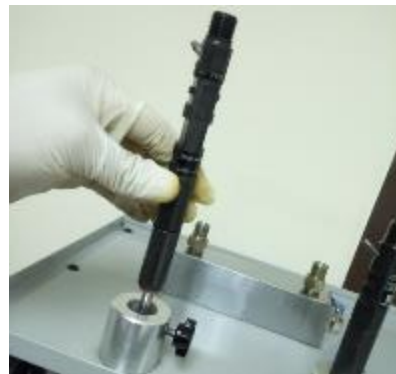


Figura 79. Desmontaje del inyector.

CONTINÚA. 

-
11. Ubicar los protectores del inyector para que no ingrese suciedades, polvo o pelusas



Figura 80. Protectores de los Inyectores.

3.11. Sugerencias.

- Desahogar la presión mediante la válvula master, antes de empezar el desmontaje
- Tener en cuenta que las cañerías están con líquido deben tener cuidado de no derramar al momento del desmontaje
- Esperar un momento a que el fluido descienda de las capsulas de pulverización hacia las probetas, para poder drenar en totalidad.
- Al momento de desmontar los inyectores tener cuidado de que no ingresen objetos en las cápsulas de pulverización
- Si la máquina no va a ser usada en días posteriores, o va a pasar mucho tiempo sin uso, se recomienda drenar el viscor y guardarlo para los trabajos posteriores.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE DATOS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES CRDI DELPHI

4.1. Introducción.

Una vez diseñados los protocolos de las pruebas mecánicas y eléctricas, se procedió a realizar la investigación descrita, en el Laboratorios de Autotrónica de la carrera de ingeniería automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, protocolos que serán útiles para poder aplicarlos en los dos inyectores del sistema CRDI Delphi (EJBR03701D y EJBR04601D), a continuación se efectuó el análisis de todos los datos obtenidos por cada una de las distintas pruebas realizadas, en las cuales se variaron parámetros como la presión de trabajo, el tiempo de inyección y por último el número de inyecciones.

4.2. Desarrollo de la investigación.

Para iniciar la investigación se utilizó la máquina comprobadora de inyectores CRDI VNP 3500 CRDI con rangos variables de funcionamiento de pulsos de inyección, de STRK y presiones de prueba, que en conjunto con los osciloscopios Owon PDS5022T, Hantec 1008c, pinza amperimétrica Brain Bee, computadores personales y el compresor de 4HP, se obtuvo los caudales de inyección, de retorno, valores de voltaje de activación del inyector, voltaje de retención, valor de la corriente consumida, tiempos de activación y tiempos de cierre de la inyección, al llevar a cabo las pruebas con los inyectores en rangos específicos de, tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, número de inyecciones de (250, 500, 750, 990) STRK y presiones de (300, 400, 500, 600 y 700) bar, además se visualizó los oscilogramas de voltaje y corriente verificando los tiempos de inyección, valores de voltaje y de corriente.

4.3. Pruebas mecánicas.

Para los cálculos y mediciones del tiempo de apertura, tiempo de cierre, caudales de inyección y retorno de los inyectores Delphi, en el banco de pruebas Tester V- 3500, tener en cuenta los protocolos preparación del Tester V- 3500 y equipo de protección personal, descritos en el capítulo 3, puesto que la máquina trabaja a elevadas presiones, poniendo en peligro la integridad de los operadores si no se toman las debidas precauciones.

Para cada una de las etapas de prueba se conformaron los siguientes grupos de datos que variaran únicamente en el valor de la presión, los mismos que serán ingresados en la tabla de información respectiva.

Tabla 27.

Valores para la realización de las pruebas mecánicas.

Presión. (300, 400, 500, 600, 700)bar	Tiempos de inyección (ms)	Número de inyecciones. (STRK)
300 / 400 / 500 / 600 / 700	0.25, 0.5, 1, 1.5, 2.	250
	0.25, 0.5, 1, 1.5, 2.	500
	0.25, 0.5, 1, 1.5, 2.	750
	0.25, 0.5, 1, 1.5, 2.	990

4.4. Pruebas eléctricas.

Las magnitudes a medir fueron los voltajes de activación, voltaje de retención, impedancia y valor de la corriente, bajo los requerimientos del uso de los implementos de seguridad personal, normas de seguridad y protocolos de pruebas especificados en el capítulo 3, de esta manera proceder a hacer los cálculos y mediciones del tiempo de apertura, tiempo de cierre, caudales de inyección y de retorno de los inyectores Delphi CRDI EJBR03701D y EJBR04601D, en el banco de pruebas Tester V- 3500 y además con el apoyo tecnológico de los osciloscopios Owon, Hantek, computadores personales, de la pinza amperimétrica, multímetro automotriz y del multímetro digital LCR para la medición de la inductancia.

Para la utilización de la pinza amperimétrica es necesario tener en cuenta la correcta selección del cable de corriente de entre los dos que se pueden visualizar en el socket de conexión para los inyectores.

4.5. Análisis de los grados de activación.

El grado de activación, es el ángulo en función del giro del cigüeñal, en el cual el inyector entra en funcionamiento, el mismo que es directamente proporcional al tiempo de inyección.

Para calcular el ángulo de activación en referencia al tiempo de inyección tener en cuenta los siguientes parámetros que ofrece el osciloscopio

$P=219.72 \text{ ms}$

Giro del cigüeñal= 720°

$n=\text{número de cilindros}=4$

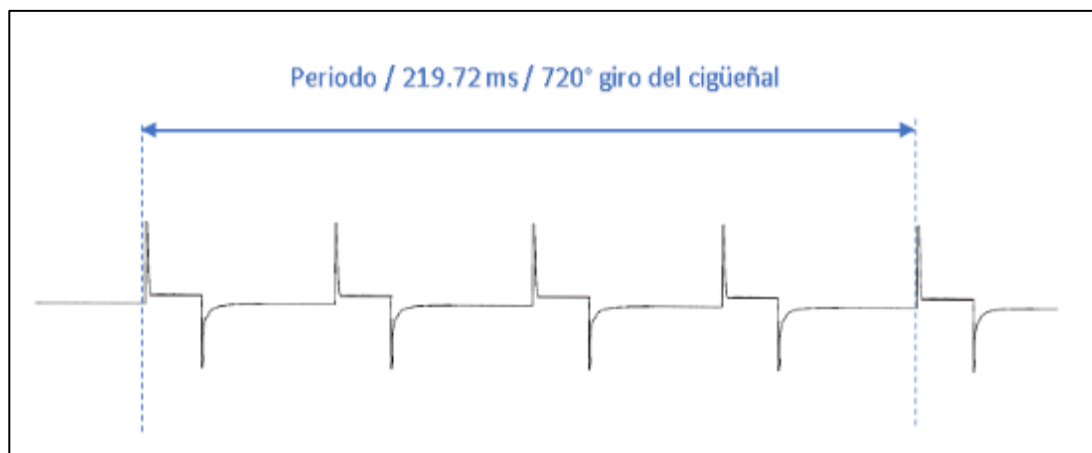


Figura 81. Período y giro del cigüeñal en la inyección diésel.

El período es de 219.72 ms, es un valor total para cuatro cilindros, es necesario obtener los valores para un solo cilindro debido a que el análisis es para un inyector.

- Período individual

$$P_1 = \frac{P}{n}$$

Ecuación 5. Período individual.

$$P_1 = \frac{219.73 \text{ ms}}{4}$$

$$P_1 = 54.93 \text{ ms}$$

- Ángulo individual.

$$\text{Ángulo}_{\text{Ind.}} = \frac{\text{Ángulo de giro del cigüeñal}}{n}$$

Ecuación 6. Ángulo individual.

$$\text{Ángulo}_{\text{Ind.}} = \frac{720^\circ}{4}$$

$$\text{Ángulo}_{\text{Ind.}} = 180^\circ$$

Entonces se obtuvieron los parámetros para un inyector.

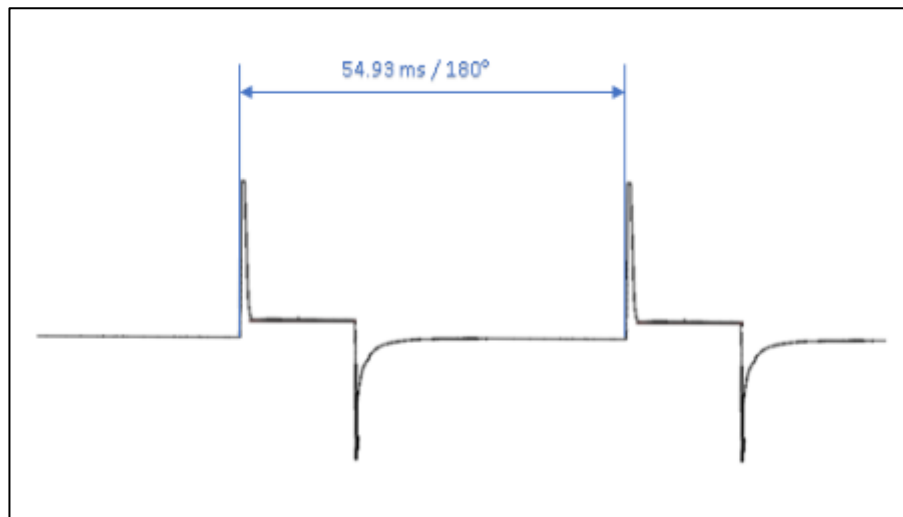


Figura 82. Gráfica de los pulsos de inyección.

Entonces con estos nuevos datos se determina el grado de activación dependiente del tiempo de inyección.

$$\text{Ángulo}_{\text{Ind.}} = 180^\circ$$

$$P_1 = 54.93 \text{ ms}$$

- **Para un $Ti_1 = 0.25 \text{ ms}$**

$$\text{Grado de Activación}_{Ti1} = \frac{Ti_1 * 180^\circ}{54.93 \text{ ms}}$$

Ecuación 7. Grado de activación para un tiempo de inyección de 0.25 ms.

$$\text{Grado de Activación}_{Ti1} = \frac{0.25\text{ms} \cdot 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

$$\text{Grado de Activación}_{Ti1} = 0.87^\circ$$

- **Para un $Ti_2 = 0.5 \text{ ms}$.**

$$\text{Grado de Activación}_{Ti2} = \frac{Ti_2 \cdot 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

Ecuación 8. Grado de activación para un tiempo de inyección de 0.5 ms.

$$\text{Grado de Activación}_{Ti2} = \frac{0.5\text{ms} \cdot 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

$$\text{Grado de Activación}_{Ti2} = 1.638^\circ$$

- **Para un $Ti_3 = 1 \text{ ms}$.**

$$\text{Grado de Activación}_{Ti3} = \frac{Ti_3 \cdot 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

Ecuación 9. Grado de activación para un tiempo de inyección de 1 ms.

$$\text{Grado de Activación}_{Ti3} = \frac{1\text{ms} \cdot 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

$$\text{Grado de Activación}_{Ti3} = 3.277^\circ$$

- **Para un $Ti_4 = 1.5 \text{ ms}$**

$$\text{Grado de Activación}_{Ti4} = \frac{Ti_4 \cdot 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

Ecuación 10. Grado de activación para un tiempo de inyección de 1.5 ms.

$$\text{Grado de Activación}_{Ti4} = \frac{1.5\text{ms} \cdot 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

$$\text{Grado de Activación}_{Ti4} = 4.915^\circ$$

- Para un $T_{i5}=2$ ms.

$$\text{Grado de Activación}_{T_{i5}} = \frac{T_{i5} * 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

Ecuación 11. Grado de activación para un tiempo de inyección de 2 ms.

$$\text{Grado de Activación}_{T_{i5}} = \frac{2\text{ms} * 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

$$\text{Grado de Activación}_{T_{i5}} = 6.554^\circ$$

- Para el tiempo promedio de disparo de 0.02654 ms.

$$\text{Grado de Activación}_{T_{\text{Disparo}}} = \frac{T_{\text{Disparo}} * 180^\circ}{54.93\text{ms}}$$

Ecuación 12. Grados de activación para el promedio del tiempo de disparo de 0.02654 ms.

$$\text{Grado de Activación}_{T_{\text{Disparo}}} = \frac{0.02654\text{ms} * 180^\circ}{54.93}$$

$$\text{Grado de Activación}_{T_{\text{Disparo}}} = 0.087^\circ$$

Los valores que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 28.

Grados de activación con respecto al giro del cigüeñal.

Grados de Activación			
	(ms)	(°)	
Tiempo promedio de disparo	0,02654	0,087	
Tiempo de inyección	Tiempo de inyección	0,25	0,819
	Tiempo de inyección	0,5	1,638
	Tiempo de inyección	1	3,277
	Tiempo de inyección	1,5	4,915
	Tiempo de inyección	2	6,554

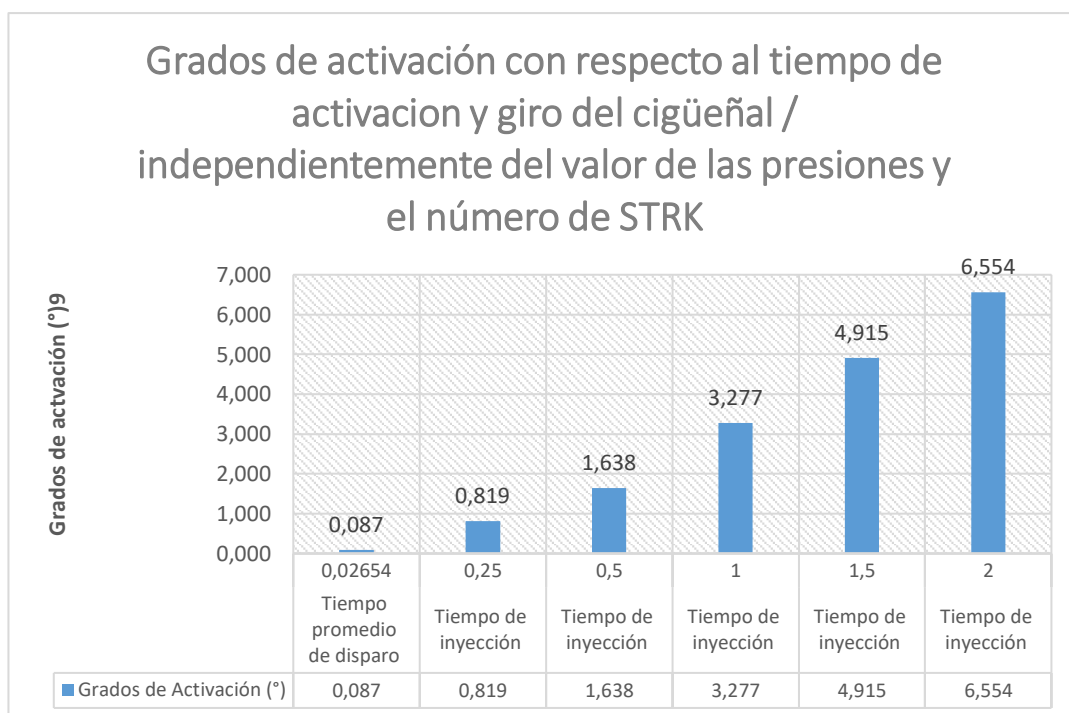


Figura 83. Análisis de los grados de activación con respecto al tiempo de activación y giro del cigüeñal / independientemente del valor de las presiones y el número de STRK.

Se observa que los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, pero independientes de las diferentes presiones de trabajo y número de STRK, teniendo un ángulo máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms y un ángulo mínimo de 0.819° para el tiempo de inyección de 0.25 ms, además el tiempo promedio de disparo es de 0.02654 lo que brinda un ángulo de 0.087° .

4.6. Inyector CRDI Delphi EJBR04601D.

El primer inyector a ser sujeto de estudio fue el EJBR04601D de la casa comercial automotriz Delphi, el cual es usado en las motorizaciones diésel CRDI que cumplen la normativa ambiental euro III, de 2.7lt, cinco cilindros, de la marca Ssangyong para los modelos Kyron, Rexton, Rodius y Stavic, motores que llegan a generar 165 CV.

Estos inyectores utilizan una tobera de serie L138PRD y para complementar el funcionamiento de estos inyectores en la motorización descrita es necesario mencionar que es compatible con una bomba rotativa de serie 9044A052A.

A continuación se ilustra el logo de la casa fabricante del inyector.



Figura 84. Logo de la empresa fabricante del inyector EJBR04601D.

4.6.1. Despiece y nomenclatura de las partes del inyector CRDI

EJBR04601D.

La nomenclatura para los puntos de referencia que conforman la parte interna del inyector es:

- 40.- Punto de conexión para el socket.
- 50.- Pasador de ajuste.
- 60.- Resorte de actuador.
- 70.- Válvula de control.
- 80.- Placa interior.
- 90.- Resorte del inyector.
- 100.- Toberas.
- 110.- Tuerca.
- 120.- Arandela de cierre.

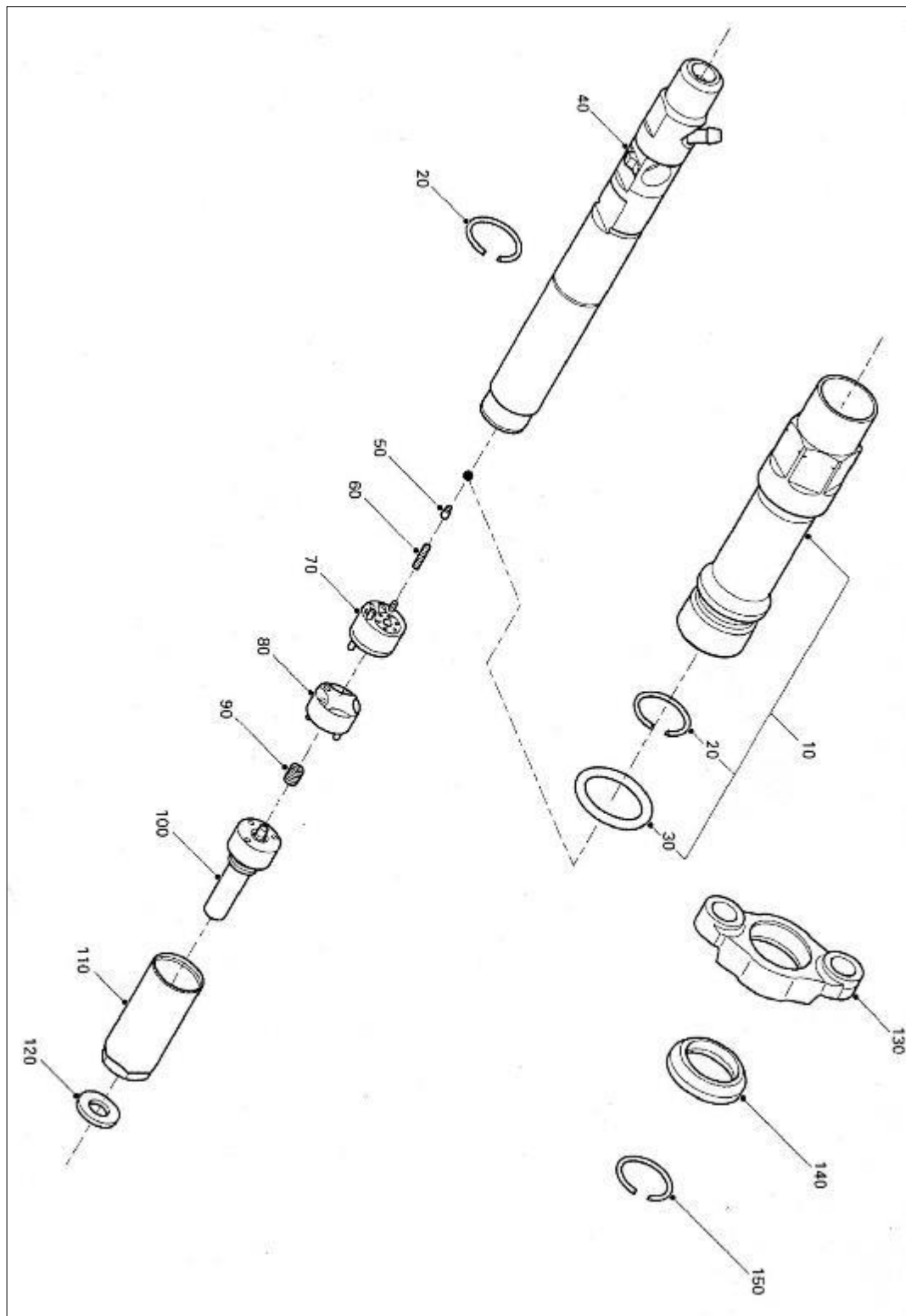


Figura 85. Despiece del inyector EJBR04601D.

4.6.2. Análisis de las pruebas a la presión de 300 bar.

Tabla 29.

Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 300 bar – Parte 1.

Presión de 300 BAR.						
STRK	Tiempo de inyección ms	Tiempo de disparo ms	Tiempo de retención ms	Caudal de inyección (mm3)	Caudal retorno (mm3)	Corriente de activación (A)
250	0,25	0,0243	0,2257	--	--	16,3
250	0,5	0,0244	0,4756	--	--	16,3
250	1	0,0243	0,9757	3	0,1	16,2
250	1,5	0,0243	1,4757	6	1	16,4
250	2	0,0243	1,9757	8,7	2	16,5
500	0,25	0,0243	0,2257	--	0,1	16,8
500	0,5	0,0243	0,4757	1	1	17,2
500	1	0,0243	0,9757	9	3	16,9
500	1,5	0,0243	1,4757	14,9	4,9	16,4
500	2	0,031	1,969	20,5	7,6	16,3
750	0,25	0,0243	0,2257	--	0,5	16,8
750	0,5	0,0243	0,4757	2,5	2,6	16,8
750	1	0,0243	0,9757	16	6,3	16,5
750	1,5	0,0243	1,4757	24,8	9	16,5
750	2	0,0243	1,9757	31,8	12	17
990	0,25	0,0243	0,2257	0	2,5	17,1
990	0,5	0,0243	0,4757	4,6	4,8	16,5
990	1	0,0243	0,9757	22	9	16,5
990	1,5	0,0243	1,4757	30	10,8	16,3
990	2	0,0243	1,9757	42,2	14,6	16,4

En la tabla 29 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de STRK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango muy corto de variación con un tiempo mínimo de 0.0243 ms y un tiempo máximo de 0.031 ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 16.2 A y un amperaje máximo de 17.2A logrando así un consumo promedio de corriente de 16.585 A para las pruebas de 300 Bar de presión.

Tabla 30.**Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 300 bar - Parte 2.**

Presión de 300 BAR.						
STRK	Tiempo de inyección ms	Voltaje de activación (V)	Voltaje de retención (V)	Grados de activación (°)	Resistencia en la bobina (Ω)	Inductancia (H)
250	0,25	20,2	2,2	0,819	0,3	39μH
250	0,5	20,2	2,2	1,638	0,3	39μH
250	1	20,2	2,2	3,277	0,3	39μH
250	1,5	20,2	2,2	4,915	0,3	39μH
250	2	20,2	2,2	6,554	0,3	39μH
500	0,25	20,2	2,3	0,819	0,3	39μH
500	0,5	20,3	2,2	1,638	0,3	39μH
500	1	20,3	2,2	3,277	0,3	39μH
500	1,5	20,3	2,3	4,915	0,3	39μH
500	2	20,3	2,3	6,554	0,3	39μH
750	0,25	20,3	2,4	0,819	0,3	39μH
750	0,5	20,3	2,3	1,638	0,3	39μH
750	1	20,3	2,3	3,277	0,3	39μH
750	1,5	20,3	2,3	4,915	0,3	39μH
750	2	20,3	2,3	6,554	0,3	39μH
990	0,25	20,3	2,3	0,819	0,3	39μH
990	0,5	20,3	2,3	1,638	0,3	39μH
990	1	20,3	2,3	3,277	0,3	39μH
990	1,5	20,3	2,2	4,915	0,3	39μH
990	2	20,3	2,3	6,554	0,3	39μH

En la tabla 30 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.27 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3Ω, y una impedancia de 39 μH, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .



Número de STRK / tiempo de inyección / tiempo de disparo / tiempo de retención a 300 bar de presión

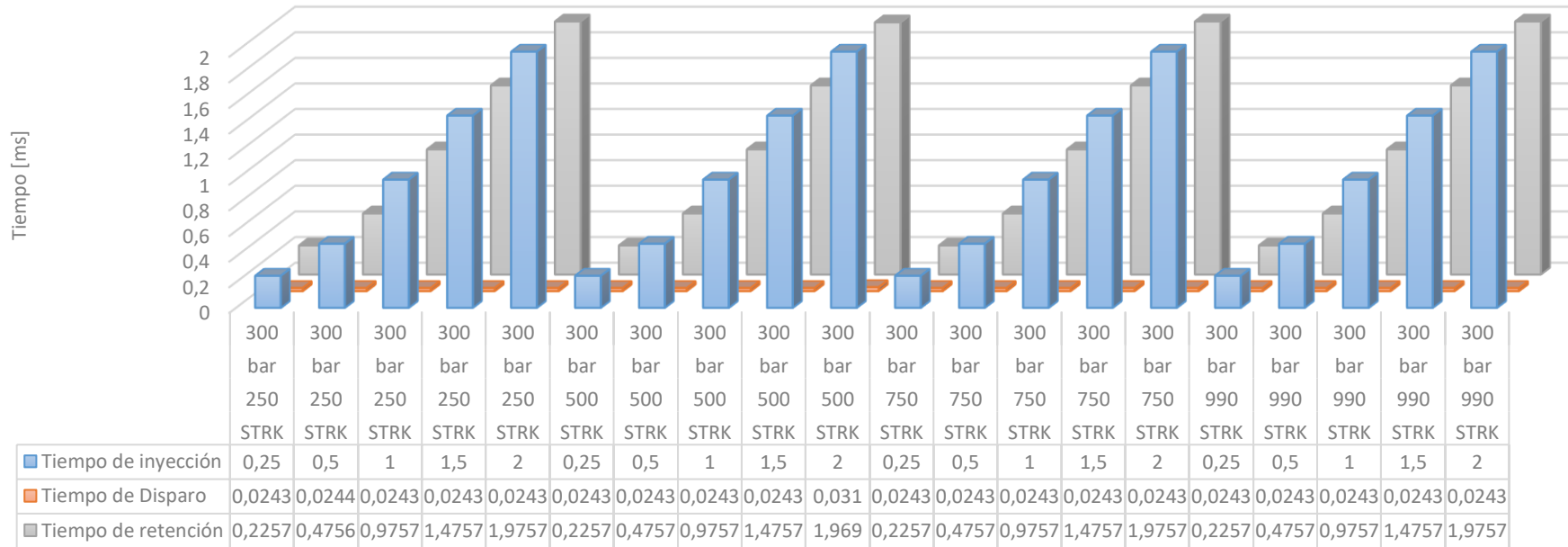


Figura 86. Prueba del inyector a una presión de 300 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

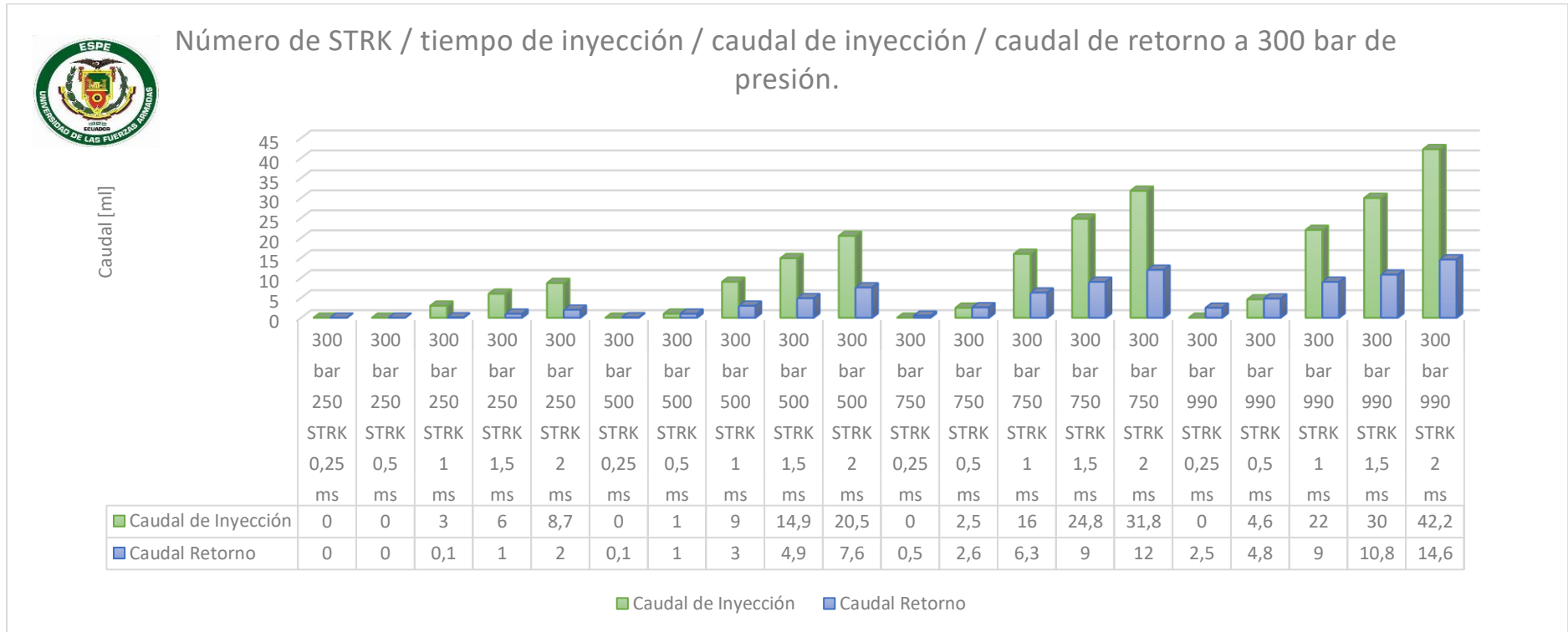


Figura 87. Prueba del inyector a una presión de 300 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

En la figura 86 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 300 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con lo cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.024 ms y 0.034ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.031ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 87 se observa una presión constante de 300 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante lo cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 42.222 ml y un caudal mínimo apreciable de 1 ml a 990 STRK con 2ms y 500 STRK con 0.5 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 14.6 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.6.3. Análisis de las pruebas a la presión de 400 bar.

Tabla 31.

Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 400 bar - Parte 1.

Presión de 400 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,0341	0,2159	--	--	17,4
250	0,5	0,0341	0,4659	0,3	0,1	17,4
250	1	0,0341	0,9659	4	0,9	17,7
250	1,5	0,0341	1,4659	7,6	2,2	17,6
250	2	0,0341	1,9659	10,1	3,5	17,2
500	0,25	0,0341	0,2159	--	1,1	16
500	0,5	0,0342	0,4658	2,5	1,8	15,6
500	1	0,0341	0,9659	12	4,5	16
500	1,5	0,0342	1,4658	17	7	17,6
500	2	0,0341	1,9659	23,6	9,2	17,3
750	0,25	0,0341	0,2159	--	2,6	17
750	0,5	0,0342	0,4658	6	4,7	17,4
750	1	0,0341	0,9659	19,7	8,1	17,1
750	1,5	0,0342	1,4658	26	9,5	17,4
750	2	0,0342	1,9658	34	13,1	17,3
990	0,25	0,0342	0,2158	0,1	4,6	17,4
990	0,5	0,0342	0,4658	9,5	8	17,4
990	1	0,0342	0,9658	27,5	12	17,4
990	1,5	0,0343	1,4657	36	14,5	17,3
990	2	0,0342	1,9658	48,6	18,9	17,9

En la tabla 31 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de STRK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango muy corto de variación con un tiempo mínimo de 0.0341 ms y un tiempo máximo de 0.0343 ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 15,6 A y un amperaje máximo de 17.7A logrando así un consumo promedio de corriente de 17,17 A para las pruebas de 400 Bar de presión.

Tabla 32.**Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 400 bar - Parte 2.**

Presión de 400 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,4	2,3	0,819	0,3	39 μ H
250	0,5	20,4	2,3	1,638	0,3	39 μ H
250	1	20,4	2,3	3,277	0,3	39 μ H
250	1,5	20,4	2,3	4,915	0,3	39 μ H
250	2	20,4	2,3	6,554	0,3	39 μ H
500	0,25	20,4	2,3	0,819	0,3	39 μ H
500	0,5	20,4	2,3	1,638	0,3	39 μ H
500	1	20,4	2,3	3,277	0,3	39 μ H
500	1,5	20,4	2,3	4,915	0,3	39 μ H
500	2	20,4	2,3	6,554	0,3	39 μ H
750	0,25	20,4	2,3	0,819	0,3	39 μ H
750	0,5	20,4	2,2	1,638	0,3	39 μ H
750	1	20,4	2,3	3,277	0,3	39 μ H
750	1,5	20,4	2,4	4,915	0,3	39 μ H
750	2	20,4	2,3	6,554	0,3	39 μ H
990	0,25	20,4	2,4	0,819	0,3	39 μ H
990	0,5	20,4	2,3	1,638	0,3	39 μ H
990	1	20,4	2,3	3,277	0,3	39 μ H
990	1,5	20,4	2,3	4,915	0,3	39 μ H
990	2	20,4	2,3	6,554	0,3	39 μ H

En la tabla 32 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.4 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3 Ω , y una impedancia de 39 μ H, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .

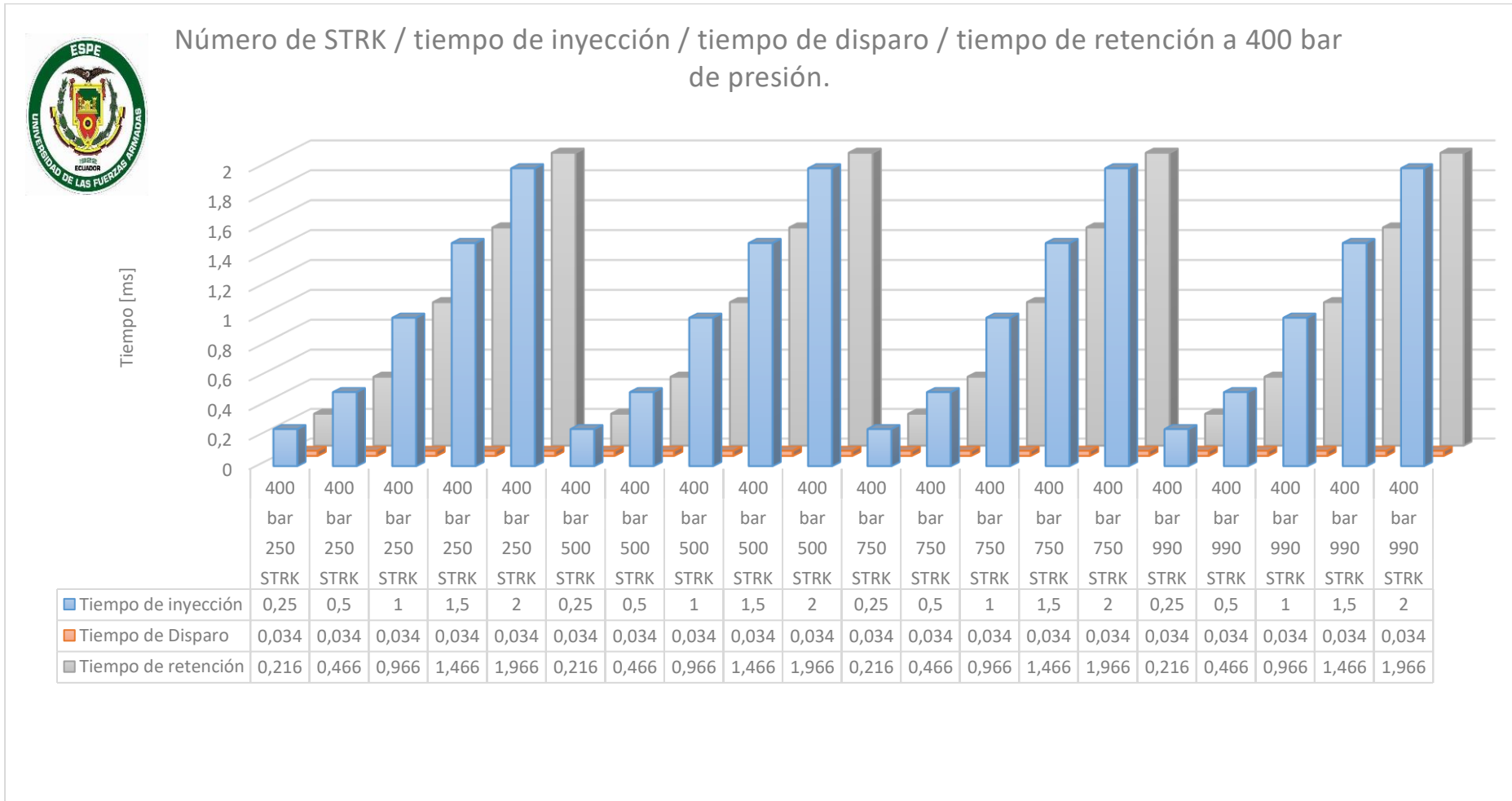


Figura 88. Prueba del inyector a una presión de 400 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

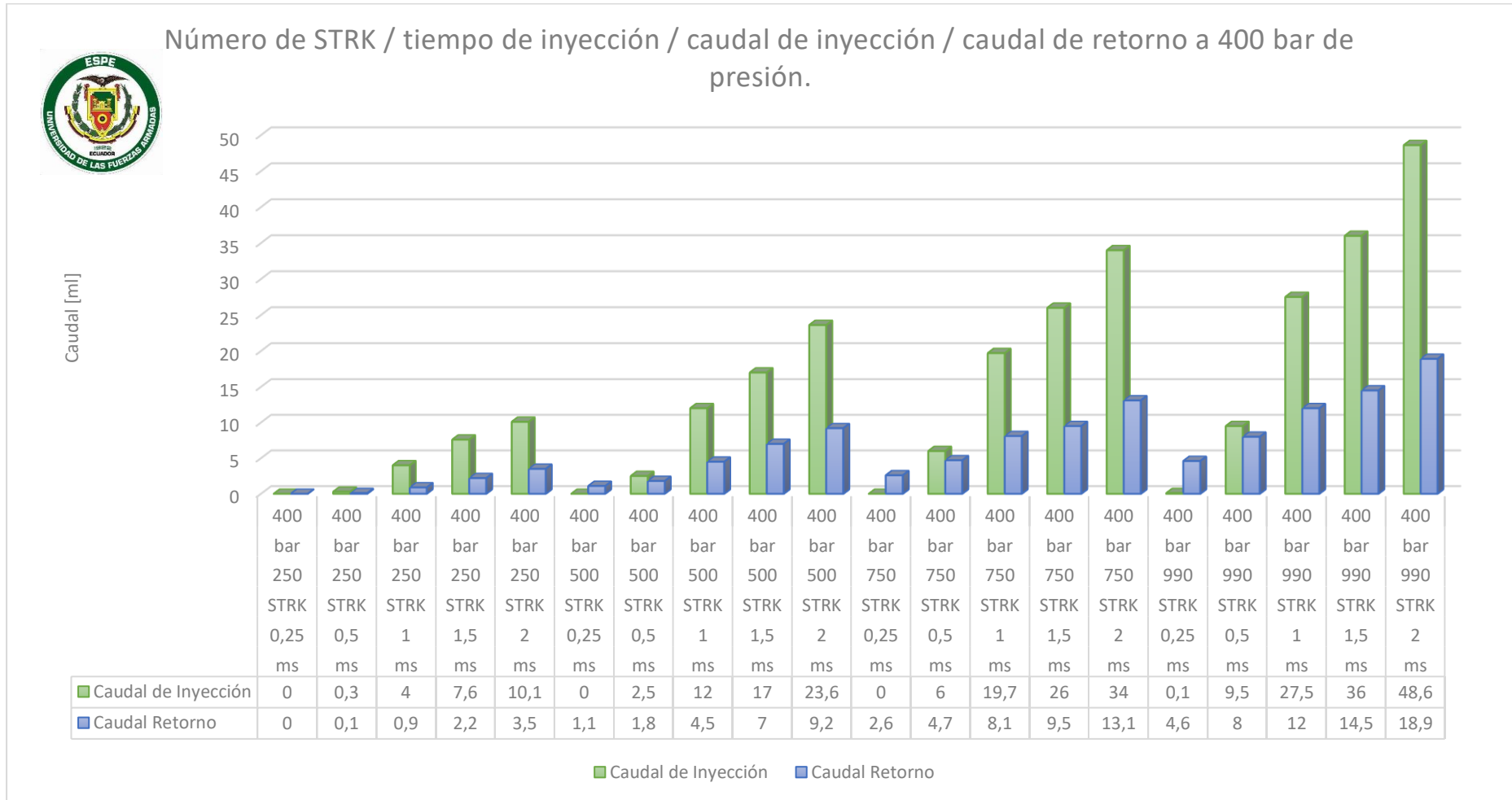


Figura 89. Prueba del inyector a una presión de 400 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 88 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 300 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con lo cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.0341 ms y 0.0342ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.034155ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 89 se observa una presión constante de 300 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante lo cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 48.6 ml y un caudal mínimo apreciable de 0.1 ml a 990 STRK con 2ms y 900 STRK con 0.25 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 18.9 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.6.4. Análisis de las pruebas a la presión de 500 bar.

Tabla 33.

Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 500 bar - Parte 1.

Presión de 500 bar						
STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de disparo	Tiempo de retención	Caudal de inyección	Caudal de retorno	Corriente de activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,0243	0,2257	--	0,1	16,8
250	0,5	0,0243	0,4757	2,1	0,2	17,2
250	1	0,0243	0,9757	4	0,9	16,9
250	1,5	0,0288	1,4712	9,2	3	16,4
250	2	0,0243	1,9757	13,1	4	16,8
500	0,25	0,0321	0,2179	--	1,3	17,1
500	0,5	0,0243	0,4757	5,1	2,4	16,1
500	1	0,031	0,969	11,1	4,5	16,5
500	1,5	0,034	1,466	18,5	7,2	17,4
500	2	0,0341	1,9659	24,8	9,5	17,1
750	0,25	0,0301	0,2199	0,1	3,2	16,2
750	0,5	0,029	0,471	8,1	5,9	17,7
750	1	0,034	0,966	25	11	17,3
750	1,5	0,034	1,466	30,5	12,5	17,6
750	2	0,0341	1,9659	40,1	15,3	16,6
990	0,25	0,0341	0,2159	1	6,8	18
990	0,5	0,0341	0,4659	14	9,8	17,4
990	1	0,0301	0,9699	31,4	14,9	17,5
990	1,5	0,0341	1,4659	40,2	17,8	16,7
990	2	0,0341	1,9659	56	23	16,9

En la tabla 33 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de STRK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango muy corto de variación con un tiempo mínimo de 0.0243 ms y un tiempo máximo de 0.0341 ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 16,1 A y un amperaje máximo de 18 A logrando así un consumo promedio de corriente de 17,01 A para las pruebas de 500 Bar de presión.

Tabla 34.**Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 500 bar - Parte 2.**

Presión de 500 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de activación	Resistencia en la bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,3	2,1	0,819	0,3	39 μ H
250	0,5	20,3	2,2	1,638	0,3	39 μ H
250	1	20,3	2,1	3,277	0,3	39 μ H
250	1,5	20,3	2,1	4,915	0,3	39 μ H
250	2	20,3	2,2	6,554	0,3	39 μ H
500	0,25	20,3	2,1	0,819	0,3	39 μ H
500	0,5	20,3	2,1	1,638	0,3	39 μ H
500	1	20,3	2,1	3,277	0,3	39 μ H
500	1,5	20,3	2,3	4,915	0,3	39 μ H
500	2	20,3	2,3	6,554	0,3	39 μ H
750	0,25	20,3	2,2	0,819	0,3	39 μ H
750	0,5	20,3	2,2	1,638	0,3	39 μ H
750	1	20,3	2,2	3,277	0,3	39 μ H
750	1,5	20,3	2,2	4,915	0,3	39 μ H
750	2	20,4	2,2	6,554	0,3	39 μ H
990	0,25	20,4	2,4	0,819	0,3	39 μ H
990	0,5	20,4	2,3	1,638	0,3	39 μ H
990	1	20,4	2,4	3,277	0,3	39 μ H
990	1,5	20,4	2,3	4,915	0,3	39 μ H
990	2	20,4	2,3	6,554	0,3	39 μ H

En la tabla 34 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.33 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3 Ω , y una impedancia de 39 μ H, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .

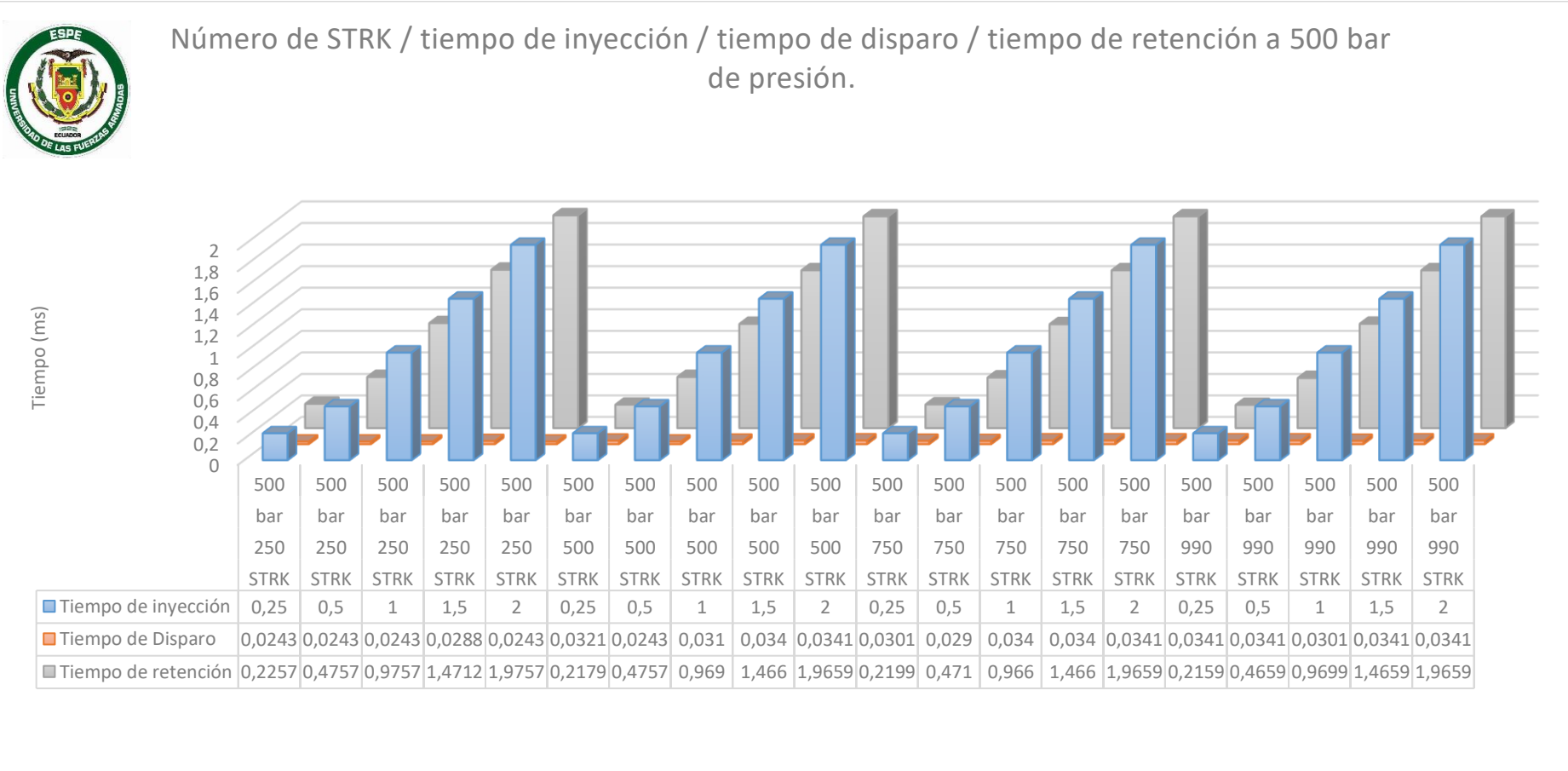


Figura 90. Prueba del inyector a una presión de 500 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

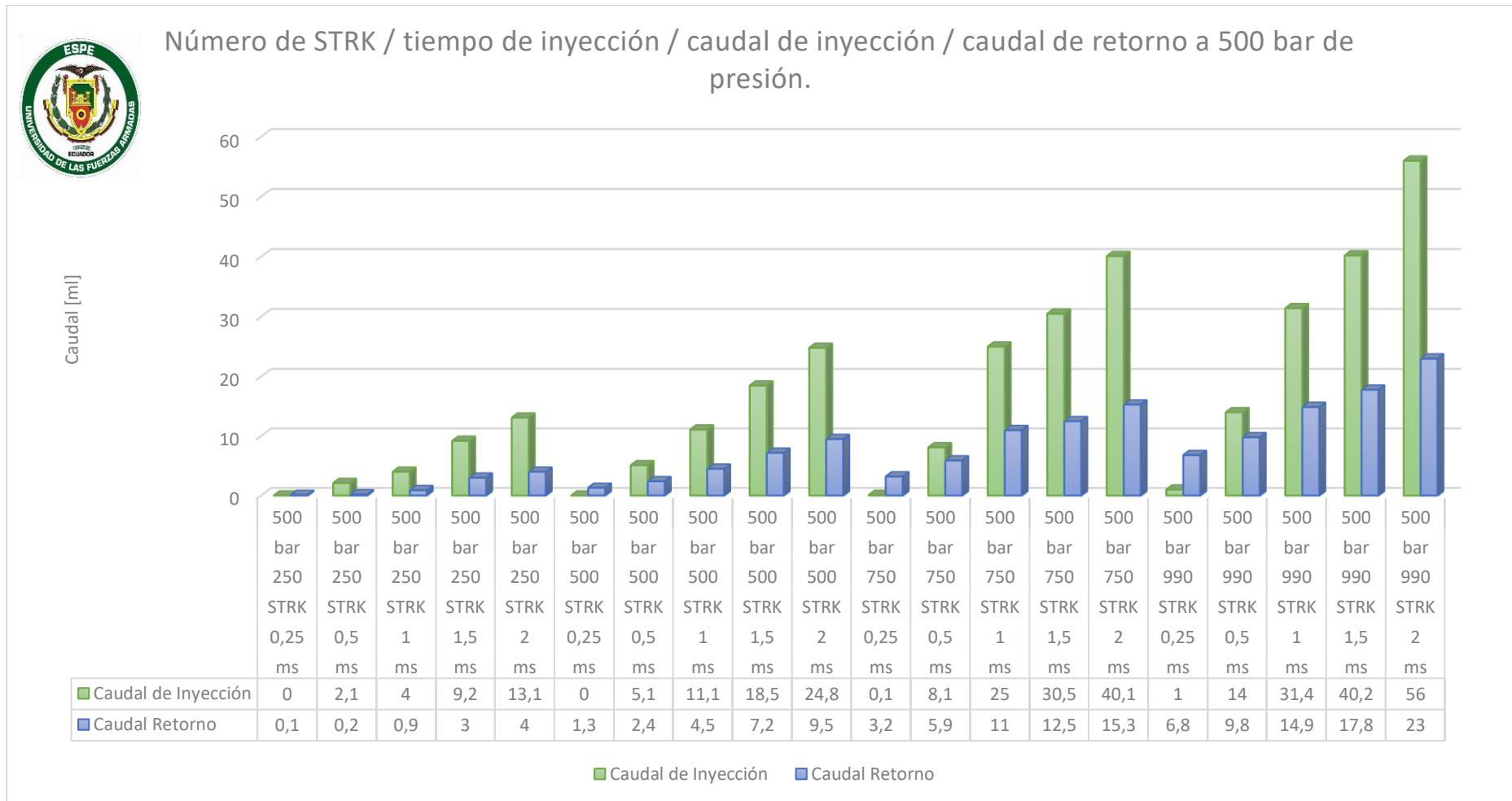


Figura 91. Prueba del inyector a una presión de 500 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 9 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 300 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con lo cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.0243 ms y 0.0341 ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.03046 ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 91 se observa una presión constante de 300 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante lo cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 56 ml y un caudal mínimo apreciable de 0.1 ml a 990 STRK con 2ms y 750 STRK con 0.25 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 23 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.6.5. Análisis de las pruebas a la presión de 600 bar.

Tabla 35.

Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 600 bar - Parte 1.

Presión de 600 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal de Retorno	Corriente de Activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,0342	0,2158	--	1	17,8
250	0,5	0,0342	0,4658	4,2	1,8	17,8
250	1	0,0342	0,9658	7	3	17,6
250	1,5	0,0342	1,4658	10	4	17,8
250	2	0,0342	1,9658	13,4	5	17,7
500	0,25	0,0342	0,2158	0,1	3,9	17,7
500	0,5	0,0342	0,4658	7,7	5	17,8
500	1	0,0342	0,9658	16	8	17,7
500	1,5	0,0342	1,4658	23,5	11,4	17,5
500	2	0,0341	1,9659	31,5	14	17,3
750	0,25	0,0341	0,2159	2	7	17,8
750	0,5	0,0341	0,4659	14	9	17,5
750	1	0,0341	0,9659	25,4	13,1	17,3
750	1,5	0,0341	1,4659	34,9	15,1	17,2
750	2	0,0341	1,9659	48,8	21,4	17
990	0,25	0,0341	0,2159	3	10	17,2
990	0,5	0,0341	0,4659	18,5	13	17,6
990	1	0,0341	0,9659	31,8	16	17,7
990	1,5	0,0341	1,4659	46,5	22	17,6
990	2	0,0341	1,9659	58,8	25	17,6

En la tabla 35 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de STRK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango muy corto de variación con un tiempo mínimo de 0.0341 ms y un tiempo máximo de 0.0342 ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 17 A y un amperaje máximo de 17,8 A logrando así un consumo promedio de corriente de 17,56 A para las pruebas de 600 Bar de presión.

Tabla 36.**Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 600 bar - Parte 2.**

Presión de 600 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de activación	Resistencia en la bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,4	2,3	0,819	0,3	39 μ H
250	0,5	20,4	2,4	1,638	0,3	39 μ H
250	1	20,4	2,4	3,277	0,3	39 μ H
250	1,5	20,4	2,4	4,915	0,3	39 μ H
250	2	20,4	2,3	6,554	0,3	39 μ H
500	0,25	20,4	2,4	0,819	0,3	39 μ H
500	0,5	20,4	2,4	1,638	0,3	39 μ H
500	1	20,4	2,4	3,277	0,3	39 μ H
500	1,5	20,4	2,4	4,915	0,3	39 μ H
500	2	20,4	2,4	6,554	0,3	39 μ H
750	0,25	20,4	2,4	0,819	0,3	39 μ H
750	0,5	20,4	2,4	1,638	0,3	39 μ H
750	1	20,4	2,4	3,277	0,3	39 μ H
750	1,5	20,4	2,4	4,915	0,3	39 μ H
750	2	20,4	2,4	6,554	0,3	39 μ H
990	0,25	20,4	2,4	0,819	0,3	39 μ H
990	0,5	20,4	2,4	1,638	0,3	39 μ H
990	1	20,4	2,4	3,277	0,3	39 μ H
990	1,5	20,4	2,4	4,915	0,3	39 μ H
990	2	20,4	2,4	6,554	0,3	39 μ H

En la tabla 36 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.4 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3 Ω , y una impedancia de 39 μ H, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .

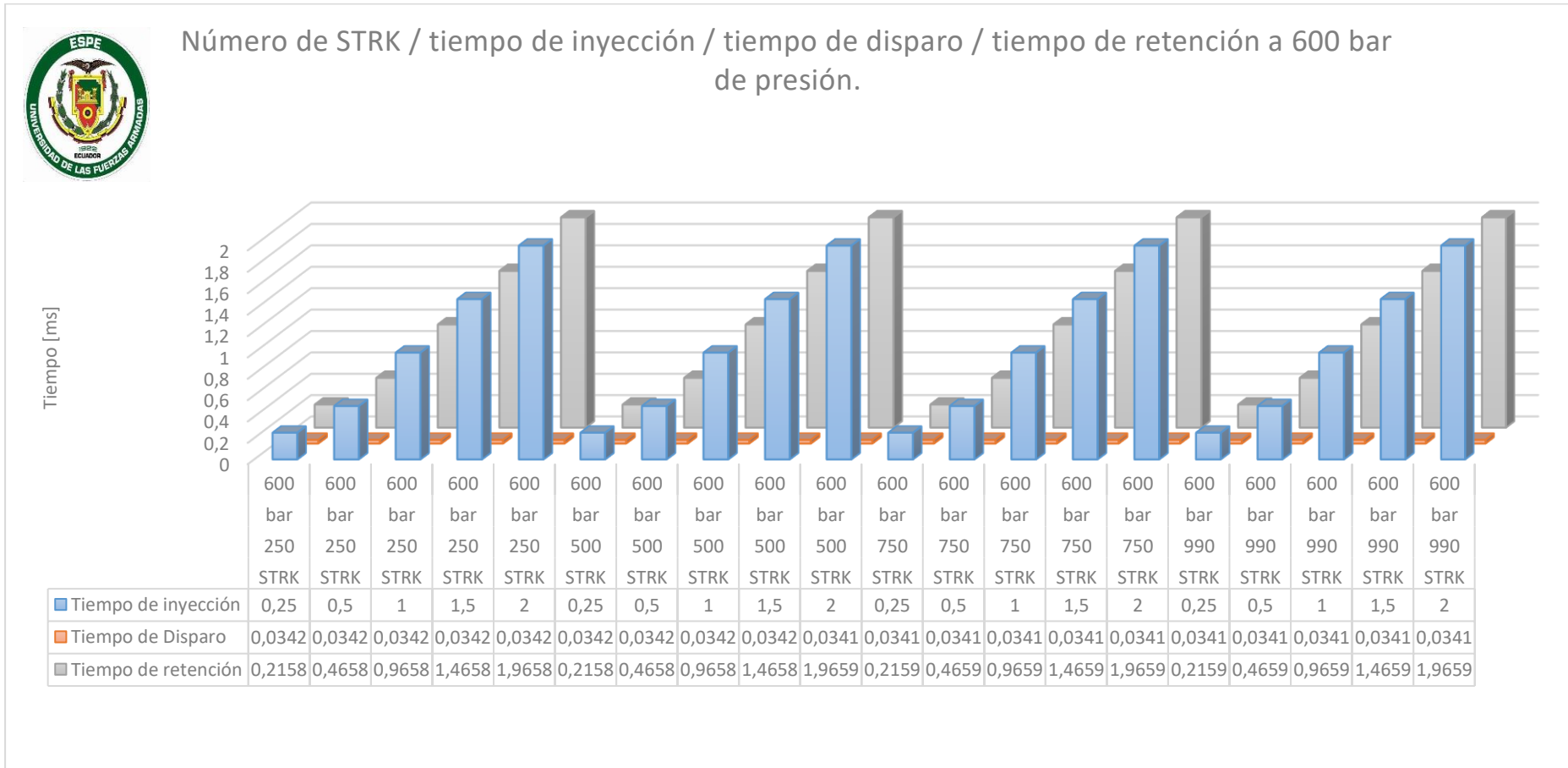


Figura 92. Prueba del inyector a una presión de 600 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

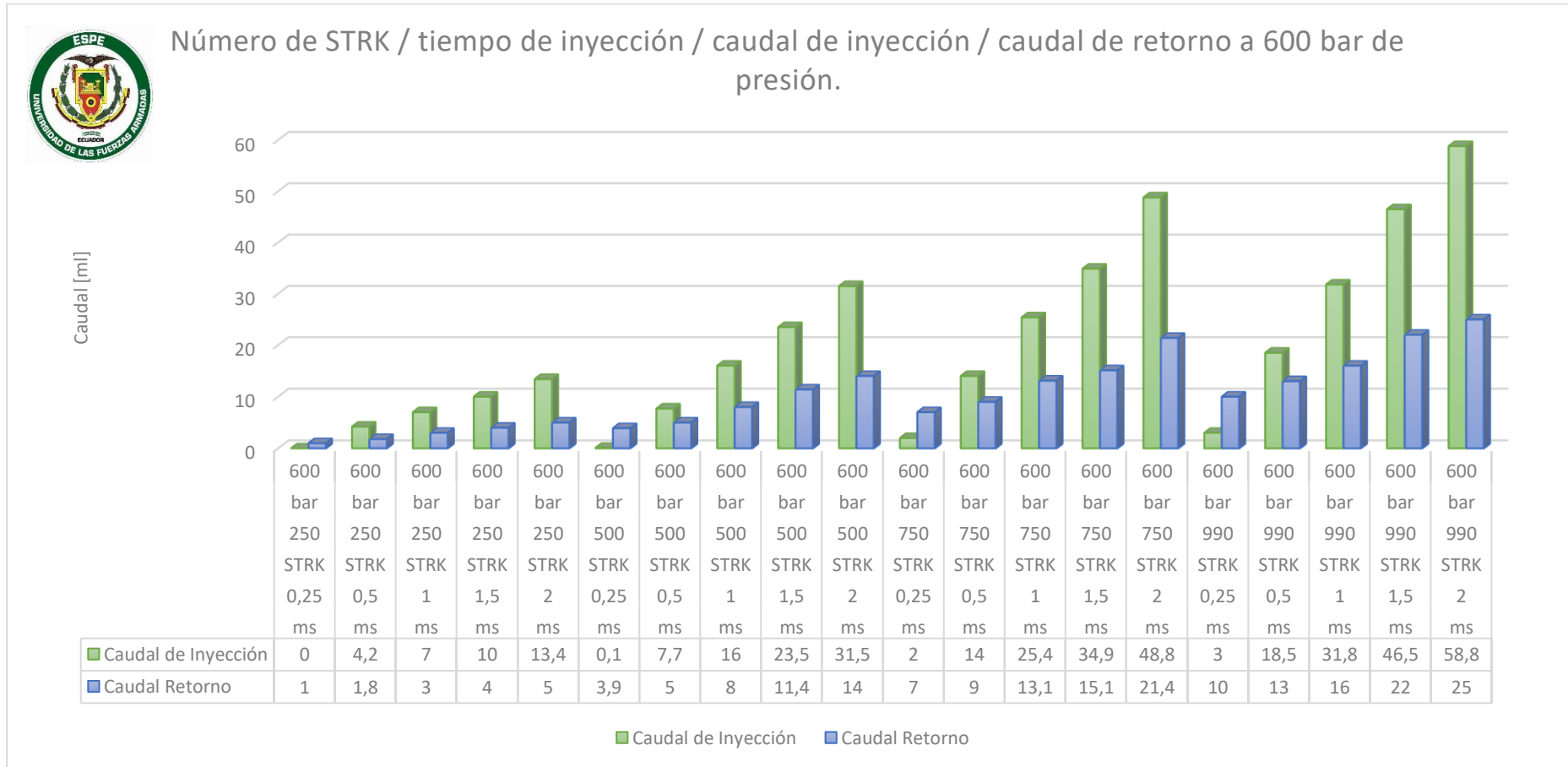


Figura 93. Prueba del inyector a una presión de 600 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 92 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 300 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con la cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.0243 ms y 0.0341 ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.03046 ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 93 se observa una presión constante de 300 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante la cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 58,8 ml y un caudal mínimo apreciable de 0.1 ml a 990 STRK con 2ms y 500 STRK con 0.25 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 25 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.6.6. Análisis de las pruebas a la presión de 700 bar.

Tabla 37.

Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 700 bar - Parte 1.

Presión de 700 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de disparo	Tiempo de retención	Caudal de inyección	Caudal retorno	Corriente de activación
	Ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,0342	0,2158	0,1	0,9	16,5
250	0,5	0,0342	0,4658	2,8	1,1	16,2
250	1	0,0342	0,9658	7,8	3	16,1
250	1,5	0,0342	1,4658	10,9	4	16,5
250	2	0,0342	1,9658	14	5,7	16,4
500	0,25	0,0342	0,2158	0,2	4	17
500	0,5	0,0342	0,4658	9	6	17,1
500	1	0,0342	0,9658	16	8,3	16,3
500	1,5	0,0342	1,4658	23,8	10,4	16,4
500	2	0,0341	1,9659	32,2	14	16,6
750	0,25	0,0341	0,2159	2,7	8,5	17,1
750	0,5	0,0341	0,4659	15,2	10,5	17,2
750	1	0,0341	0,9659	27,7	15	16,5
750	1,5	0,0341	1,4659	36,8	17,8	16,1
750	2	0,0341	1,9659	48,6	22,8	16,1
990	0,25	0,0341	0,2159	4	11,8	16,5
990	0,5	0,0341	0,4659	21,1	15	17,2
990	1	0,0341	0,9659	36	20,2	16,4
990	1,5	0,0341	1,4659	51	26,5	16,2
990	2	0,0341	1,9659	65,9	30,1	16,1

En la tabla 37 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de STRK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango muy corto de variación con un tiempo mínimo de 0.0341 ms y un tiempo máximo de 0.0342 ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 16,1 A y un amperaje máximo de 17,2A logrando así un consumo promedio de corriente de 16,525 A para las pruebas de 700 Bar de presión.

Tabla 38.**Prueba del inyector Delphi EJBR04601D a 700 bar - Parte 2.**

Presión de 700 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de activación	Resistencia en la bobina	Inductancia
	Ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,3	2,3	0,819	0,3	39 μ H
250	0,5	20,3	2,4	1,638	0,3	39 μ H
250	1	20,4	2,4	3,277	0,3	39 μ H
250	1,5	20,4	2,4	4,915	0,3	39 μ H
250	2	20,4	2,3	6,554	0,3	39 μ H
500	0,25	20,4	2,4	0,819	0,3	39 μ H
500	0,5	20,4	2,4	1,638	0,3	39 μ H
500	1	20,4	2,4	3,277	0,3	39 μ H
500	1,5	20,4	2,4	4,915	0,3	39 μ H
500	2	20,4	2,4	6,554	0,3	39 μ H
750	0,25	20,4	2,4	0,819	0,3	39 μ H
750	0,5	20,4	2,4	1,638	0,3	39 μ H
750	1	20,4	2,4	3,277	0,3	39 μ H
750	1,5	20,4	2,4	4,915	0,3	39 μ H
750	2	20,4	2,4	6,554	0,3	39 μ H
990	0,25	20,4	2,4	0,819	0,3	39 μ H
990	0,5	20,4	2,4	1,638	0,3	39 μ H
990	1	20,4	2,4	3,277	0,3	39 μ H
990	1,5	20,4	2,4	4,915	0,3	39 μ H
990	2	20,4	2,4	6,554	0,3	39 μ H

En la tabla 38 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.39 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3 Ω , y una inductancia de 39 μ H, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .

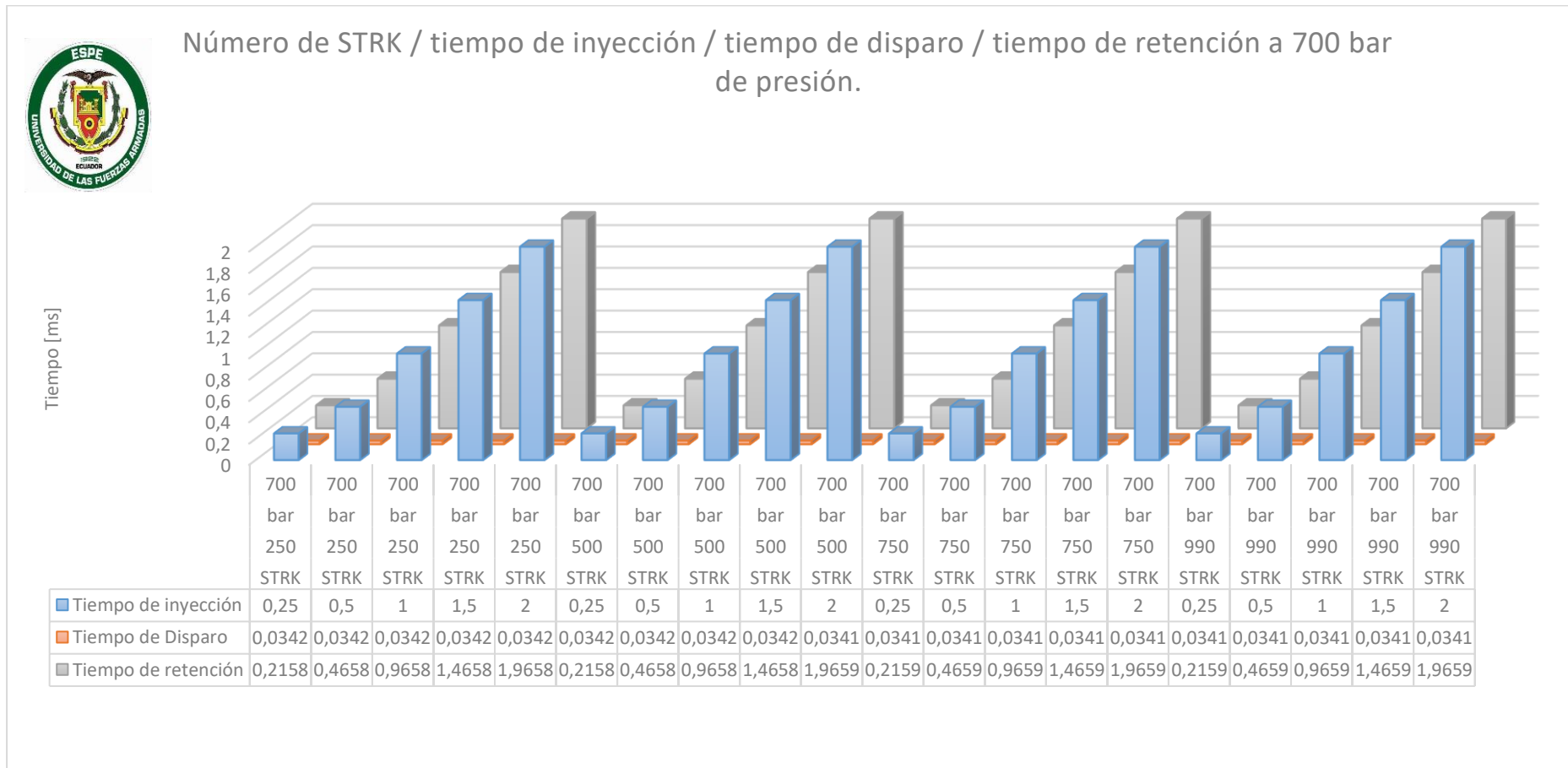


Figura 94. Prueba del inyector a una presión de 700 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

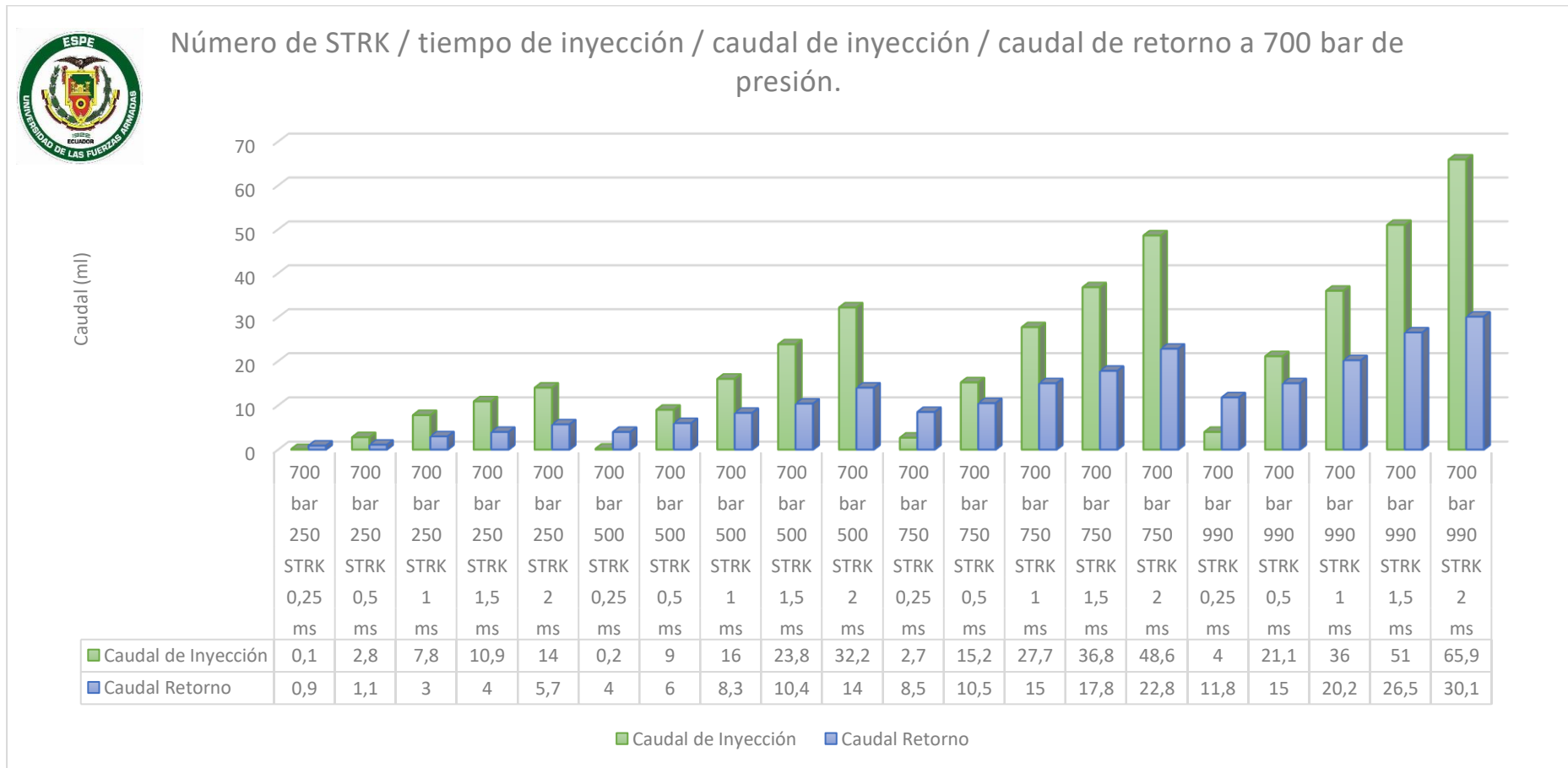


Figura 95. Prueba del inyector a una presión de 700 bar con variación del números de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 94 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 300 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con lo cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.0341 ms y 0.0342 ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.034145 ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 95 se observa una presión constante de 300 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante lo cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 65,9 ml y un caudal mínimo apreciable de 0.1 ml a 990 STRK con 2ms y 250 STRK con 0.25 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 30,1 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.6.7. Análisis y comparación de los caudales de inyección y de retorno del inyector R04601D CRDI Delphi a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.

Tabla 39.

Caudales de inyección del inyector EJBR04601D.

		300 bar	400 bar	500 bar	600 bar	700 bar
Tiempo de inyección	SRTK	Caudal de inyección	Caudal de inyección	Caudal de inyección	Caudal de inyección	Caudal de inyección
ms		(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)
0,25	250	--	--	--	--	0,1
0,5	250	--	0,3	2,1	4,2	2,8
1	250	3	4	4	7	7,8
1,5	250	6	7,6	9,2	10	10,9
2	250	8,7	10,1	13,1	13,4	14
0,25	500	--	--	--	0,1	0,2
0,5	500	1	2,5	5,1	7,7	9
1	500	9	12	11,1	16	16
1,5	500	14,9	17	18,5	23,5	23,8
2	500	20,5	23,6	24,8	31,5	32,2
0,25	750	--	--	0,1	2	2,7
0,5	750	2,5	6	8,1	14	15,2
1	750	16	19,7	25	25,4	27,7
1,5	750	24,8	26	30,5	34,9	36,8
2	750	31,8	34	40,1	48,8	48,6
0,25	990	--	0,1	1	3	4
0,5	990	4,6	9,5	14	18,5	21,1
1	990	22	27,5	31,4	31,8	36
1,5	990	30	36	40,2	46,5	51
2	990	42,2	48,6	56	58,8	65,9

En la tabla 39 se observa la variación del número de STRK y el tiempo de inyección para cada presión de pruebas, el caudal de inyección es directamente proporcional al número de SRTK, al tiempo de inyección y a la presión respectiva, por ello se determinó que el caudal máximo de inyección se lo obtuvo bajo parámetros de 990 STRK y 2 ms de inyección, alcanzando un valor máximo de 65,9 ml en la inyección a una presión de 700 bar.

También se determinó que, en las presiones de 300, 400, 500, 600 bar, con un tiempo de inyección de 0,25ms y número de inyecciones de (250, 500, 700 y 990) STRK, no pudo ser apreciable el caudal de inyección puesto que ingresa muy poco nivel de fluido, el cual es pulverizado en su totalidad ocasionando que no se muestre nivel alguno en la probeta respectiva.

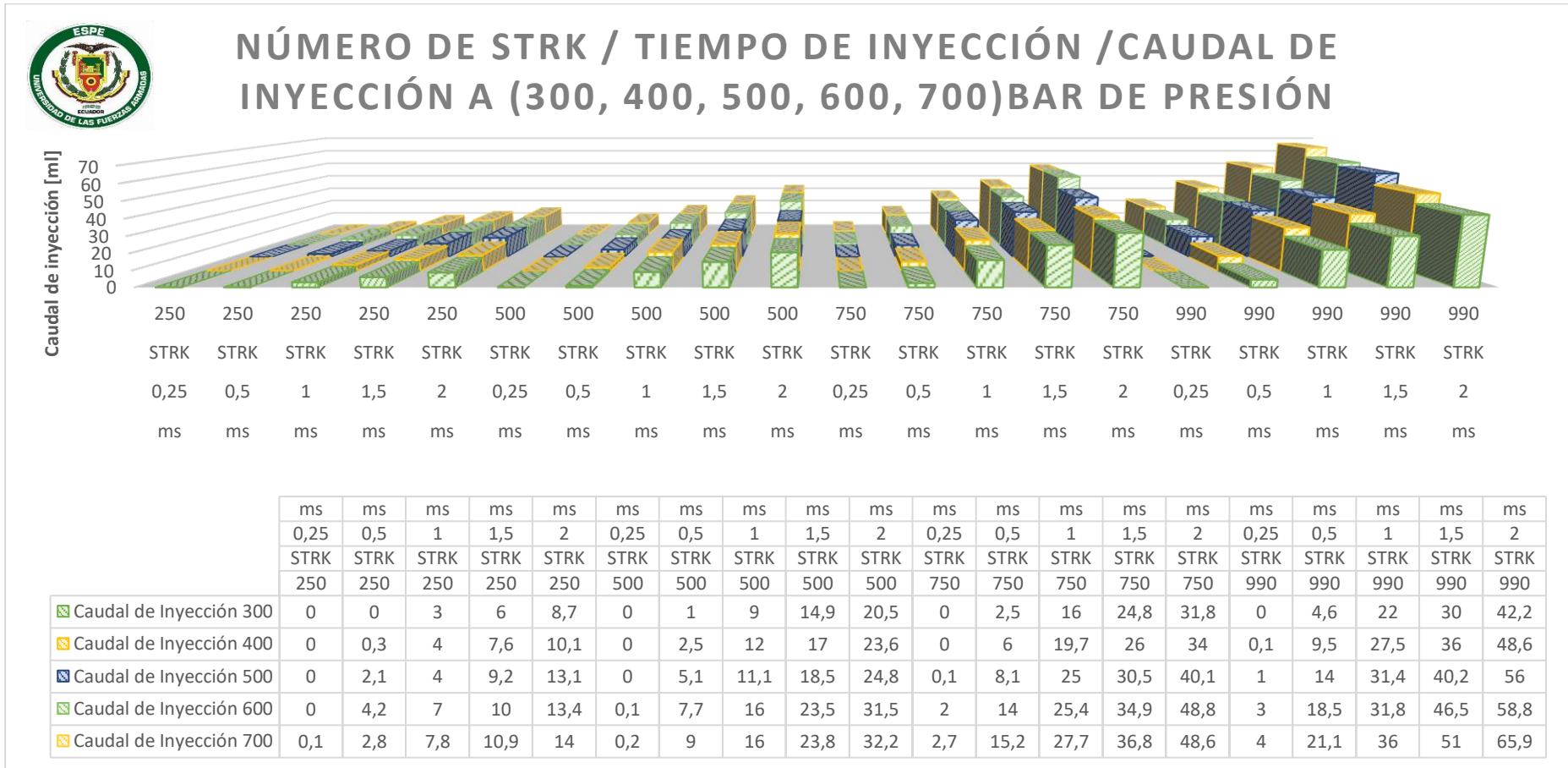


Figura 96. Análisis gráfico de los caudales de inyección y retorno con variación del número de inyecciones y número de STRK a (300, 400, 500, 600, 700)bar de presión, en base a los datos de la tabla 38.

Tabla 40.**Caudales de retorno del inyector EJBR04601D.**

		300 bar	400 bar	500 bar	600 bar	700 bar
Tiempo de inyección	SRTK	Caudal retorno	Caudal retorno	Caudal retorno	Caudal retorno	Caudal retorno
Ms		(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)
0,25	250	--	--	0,1	1	0,9
0,5	250	--	0,1	0,2	1,8	1,1
1	250	0,1	0,9	0,9	3	3
1,5	250	1	2,2	3	4	4
2	250	2	3,5	4	5	5,7
0,25	500	0,1	1,1	1,3	3,9	4
0,5	500	1	1,8	2,4	5	6
1	500	3	4,5	4,5	8	8,3
1,5	500	4,9	7	7,2	11,4	10,4
2	500	7,6	9,2	9,5	14	14
0,25	750	0,5	2,6	3,2	7	8,5
0,5	750	2,6	4,7	5,9	9	10,5
1	750	6,3	8,1	11	13,1	15
1,5	750	9	9,5	12,5	15,1	17,8
2	750	12	13,1	15,3	21,4	22,8
0,25	990	2,5	4,6	6,8	10	11,8
0,5	990	4,8	8	9,8	13	15
1	990	9	12	14,9	16	20,2
1,5	990	10,8	14,5	17,8	22	26,5
2	990	14,6	18,9	23	25	30,1

En la tabla 40 se observa la variación del número de STRK y el tiempo de inyección para cada presión de prueba, el caudal de inyección es directamente proporcional al número de SRTK, al tiempo de inyección y a la presión respectiva, por ello se determinó que el caudal máximo de retorno se lo obtuvo bajo parámetros de 990 STRK y 2 ms de inyección, alcanzando un valor de 30,1 ml a una presión de 700 bar.

Por otro lado al realizar la investigación a 300 bar con 0,25 y 0,5 en tiempo de inyección, no fue posible constatar nivel de fluido alguno en la probeta respectiva, de la misma forma sucede a una presión de 400 bar, 0,25 en tiempo de inyección y 250 STRK, esto debido a un bajo valor del número de inyecciones y tiempo de inyecciones, propiciando a la no visualización de algún volumen.



Figura 97. Análisis gráfico de los caudales de inyección y retorno con variación del número de inyecciones y número de STRK a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión, en base a los datos de la tabla 39.

4.6.8. Análisis de las pruebas eléctricas del inyector EJBR04601D.

Tabla 41.

Valores eléctricos del inyector Delphi EJBR04601D.

Tiempo de inyección	Presión	Corriente de activación	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Resistencia en la bobina	Inductancia
Ms	(bar)	(A)	(V)	(V)	(Ω)	(H)
0,25	300	16,3	20,2	2,2	0,3	39 μ H
0,5	300	16,3	20,2	2,2	0,3	39 μ H
1	300	16,2	20,2	2,2	0,3	39 μ H
1,5	300	16,4	20,2	2,2	0,3	39 μ H
2	300	16,5	20,2	2,2	0,3	39 μ H
0,25	400	16,8	20,3	2,1	0,3	39 μ H
0,5	400	17,2	20,3	2,2	0,3	39 μ H
1	400	16,9	20,3	2,1	0,3	39 μ H
1,5	400	16,4	20,3	2,1	0,3	39 μ H
2	400	16,8	20,3	2,2	0,3	39 μ H
0,25	500	17,1	20,3	2,1	0,3	39 μ H
0,5	500	16,1	20,3	2,1	0,3	39 μ H
1	500	16,5	20,3	2,1	0,3	39 μ H
1,5	500	17,4	20,3	2,3	0,3	39 μ H
2	500	17,1	20,3	2,3	0,3	39 μ H
0,25	600	16,2	20,3	2,2	0,3	39 μ H
0,5	600	17,7	20,3	2,2	0,3	39 μ H
1	600	17,3	20,3	2,2	0,3	39 μ H
1,5	600	17,6	20,3	2,2	0,3	39 μ H
2	600	16,6	20,4	2,2	0,3	39 μ H
0,25	700	18	20,4	2,4	0,3	39 μ H
0,5	700	17,4	20,4	2,3	0,3	39 μ H
1	700	17,5	20,4	2,4	0,3	39 μ H
1,5	700	16,7	20,4	2,3	0,3	39 μ H
2	700	16,9	20,4	2,3	0,3	39 μ H

En la tabla 31, los valores obtenidos a través la variación del número de STRK y el tiempo de inyección para cada presión, reflejan que el valor mínimo de la corriente de activación es de 16,1 A y un máximo de 18 A promediando en 16,876A, en cuanto al valor promedio del voltaje de activación es de 20,4V, el valor promedio del voltaje de retención es de 2,212 V y los valores que se mantuvieron constantes durante todas las pruebas fueron la resistencia eléctrica y la inductancia con 0,3 Ω y 39 μ H respectivamente.

El análisis gráfico comparativo de los voltajes de activación y voltajes de retención se da a conocer en la siguiente gráfica de barras.

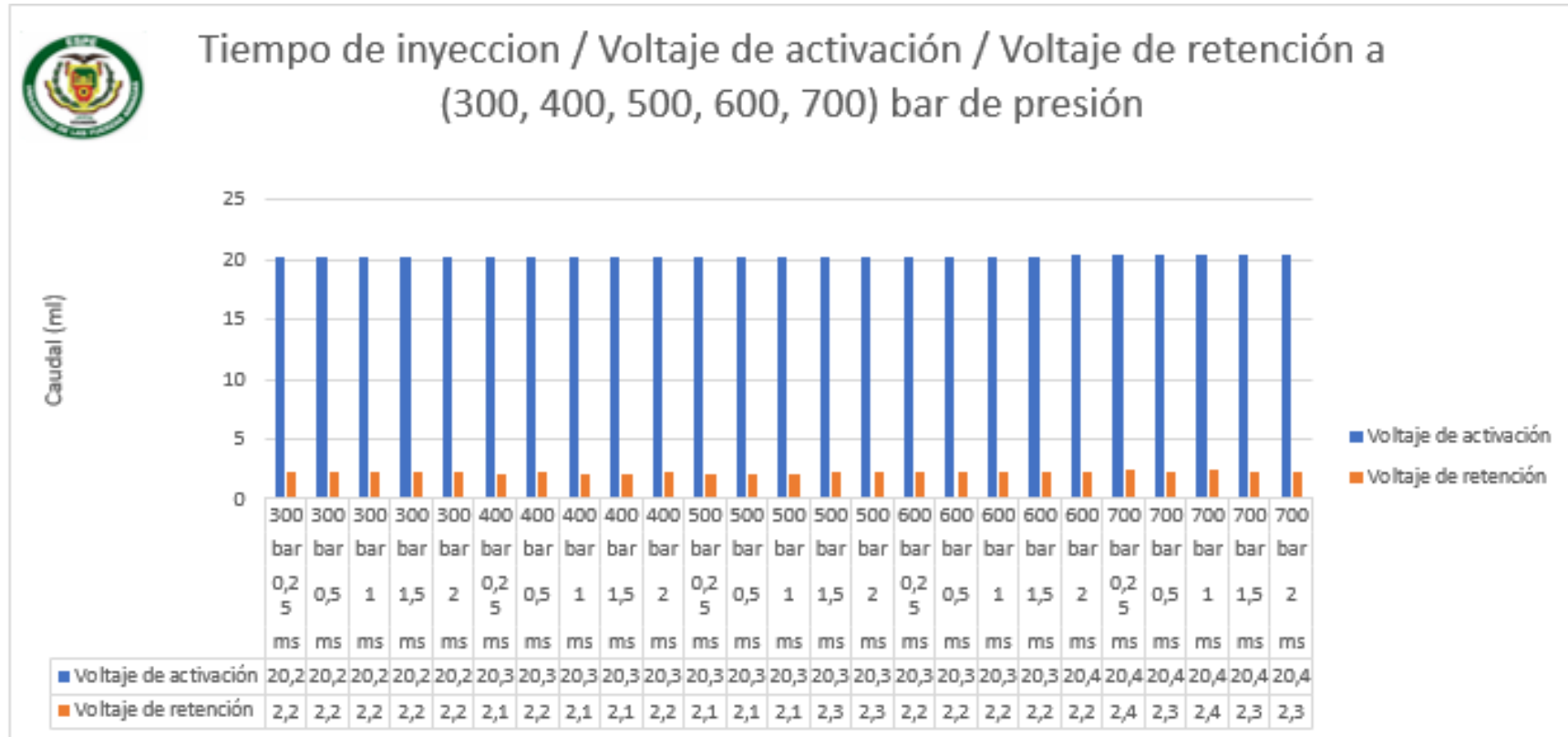


Figura 98. Análisis gráfico de los voltajes de inyección, y voltajes de retención con variación del tiempo de inyección y presiones de trabajo a (300, 400, 500, 600, 700) bar del inyector EJBR04601D.

Los valores de voltaje de activación y voltajes de retención no son directamente proporcionales al tiempo de inyección y presiones de trabajo y se encuentran en un promedio general de 20,4V y 2,212V respectivamente.

4.6.9. Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector EJBR04601D.

En el siguiente oscilograma se detallarán las secciones que lo conforman, y la especificación de las partes que cambiaron según la condición de la prueba.

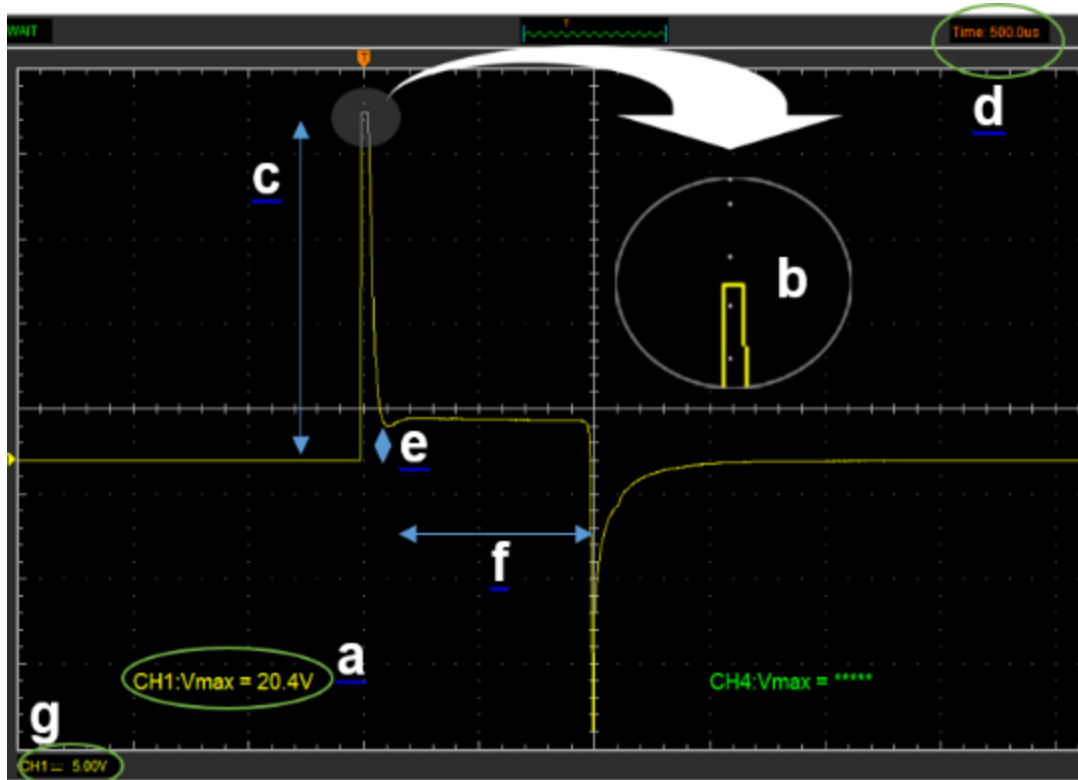


Figura 99. Detalle del oscilograma de tensión del inyector CRDI.

En la figura 99 la nomenclatura para cada letra se especifica de la siguiente forma, (a) es el voltaje de activación, se puede visualizar activando la opción desde measure, (b) en el cual la distancia horizontal representa el tiempo de 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 µs, (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 se varíe 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 a analizar se trata del de corriente, cual inicia y culmina en el mismo momento en que lo hace el oscilograma de voltaje.

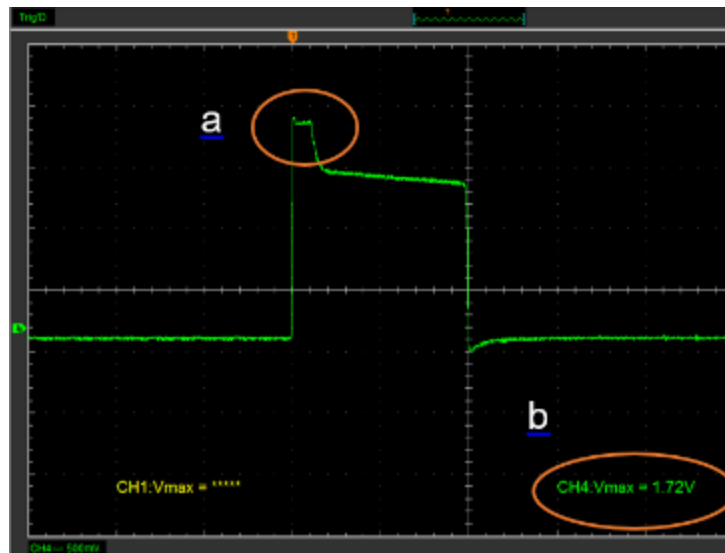


Figura 100. Detalle del oscilograma de corriente del inyector CRDI.

El significado de las letras se detalla de la siguiente forma, (a) es el tiempo de disparo en la gráfica de corrientes. (b) es el valor de activación del oscilograma de corriente, esta opción es posible visualizarlo ingresando a la opción de measure valor 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, anteriormente presentado, y según los datos que a continuación se identificarán en cada figura.

Oscilogramas de voltaje y corriente, pulso de inyección de 0.25 ms, inyector inductivo Delphi R04601D 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.

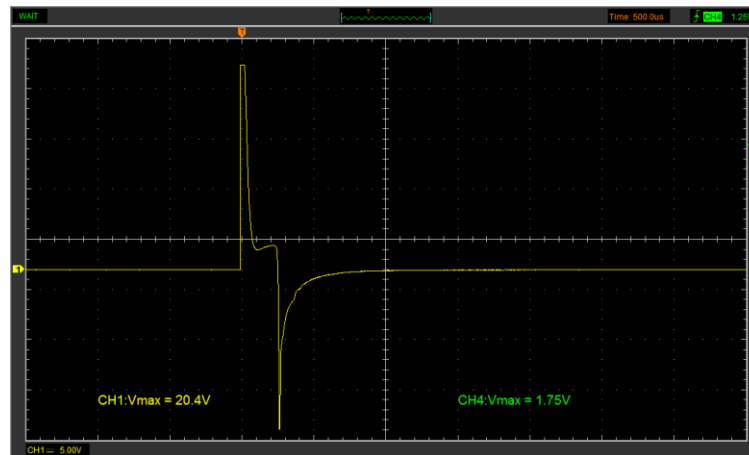


Figura 101. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 0,25ms del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 101 se observa que el oscilograma representa el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,0244 mili segundo y un voltaje de retención de 2 voltios en un tiempo de 0,2159 milisegundos, el voltaje de activación no se alteró al momento de variar los parámetros de número de STRK o presión.

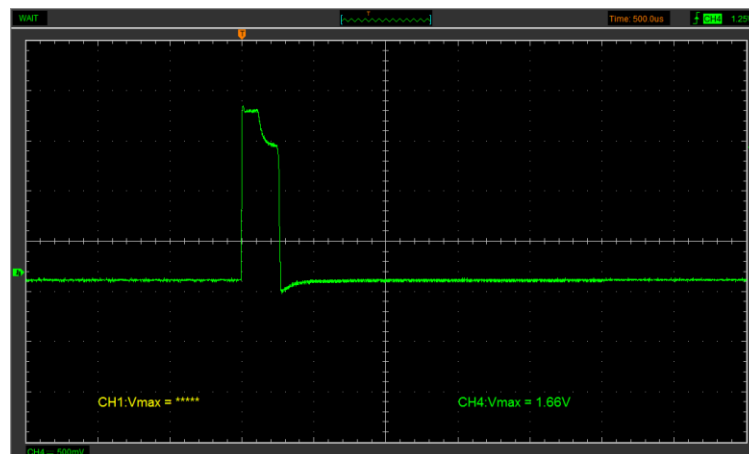


Figura 102. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 0,25 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 102, se observa que el oscilograma indica la corriente necesaria para activar el inyector de 16,6 A, la cual se mantiene durante el tiempo de disparo, el amperaje de activación no se alteró al variar los parámetros de número de STRK o presión del sistema.

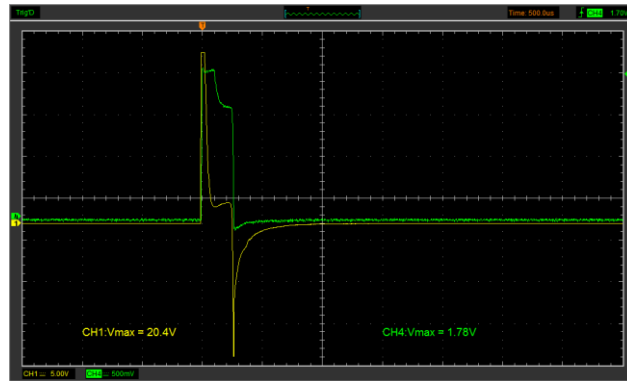


Figura 103. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 0,25 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 103 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 0.5 ms, inyector inductivo Delphi R04601D CRDI.

Los siguientes oscilogramas de voltaje y corriente se los obtuvo variando los pulsos de inyección a 0.50 ms, independientemente de la presión de trabajo y los STRK además la calibración del osciloscopio se la específico en 500us para el eje de las abscisas y 1,25 V para el eje de las ordenadas.

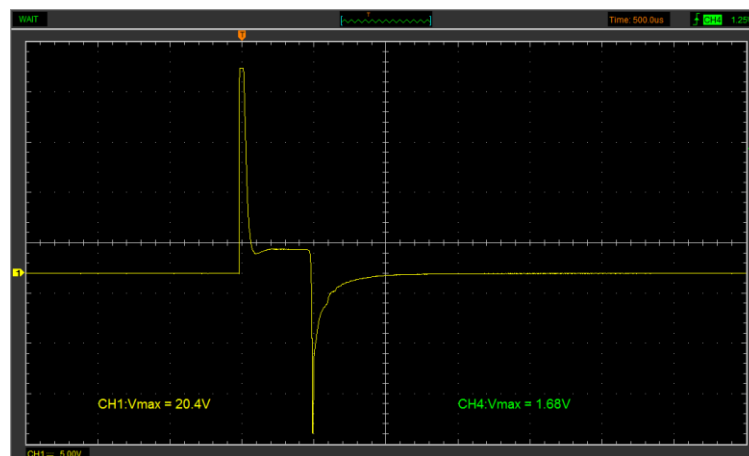


Figura 104. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 0,50 ms del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 104 se observa que el oscilograma representa el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,0243 mili segundo y un voltaje de mantenimiento de 2,1 voltios en un tiempo de 0,4659 milisegundos, el voltaje de activación no se alteró al momento de variar los parámetros de número de STRK o presión.

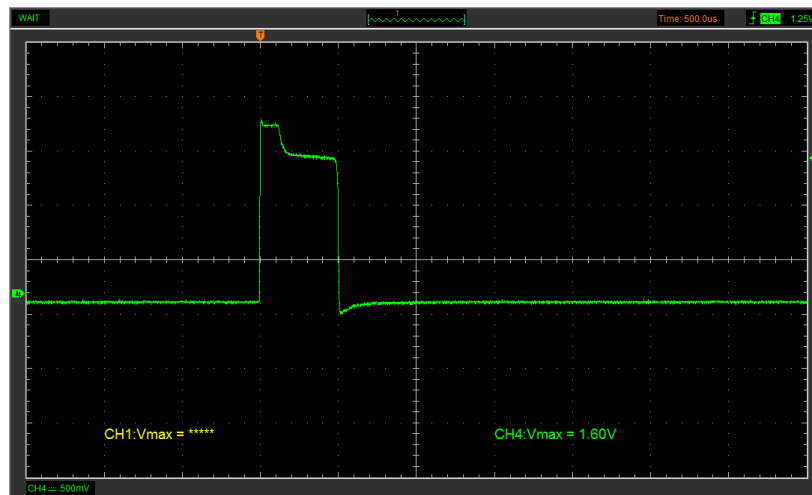


Figura 105. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 0,50 ms del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 105, se observa que el oscilograma indica la corriente necesaria para activar el inyector de 16 amperios, la cual se mantiene durante el tiempo de disparo, el amperaje de activación no se alteró al variar los parámetros de número de STRK o presión.

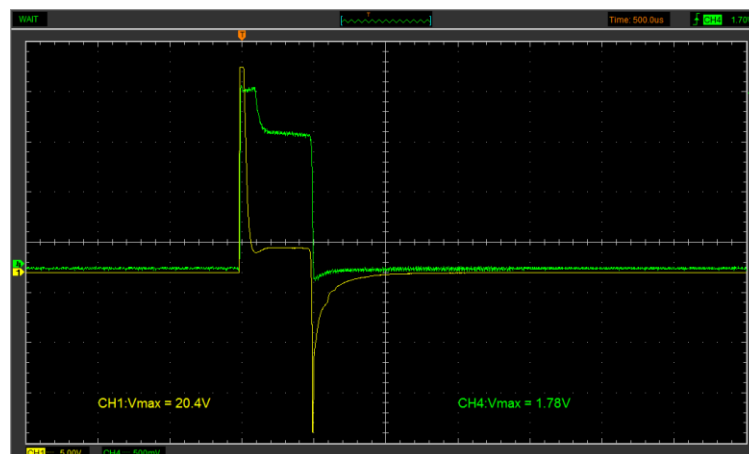


Figura 106. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 0,50 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 106 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 R04601D 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.

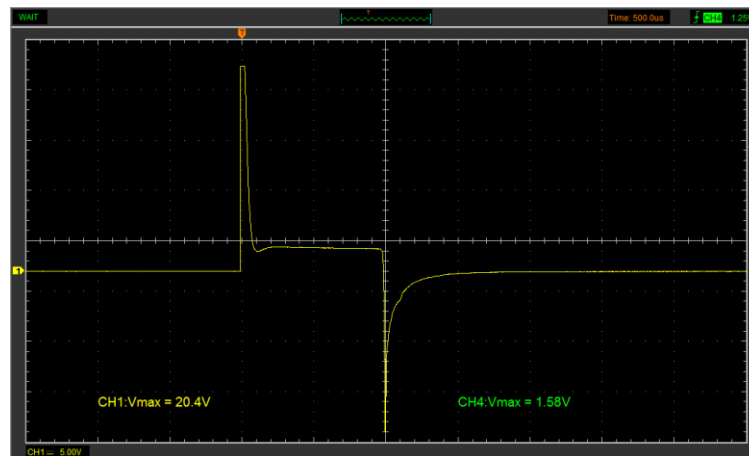


Figura 107. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 1ms del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 107 se observa que el oscilograma presenta el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,0243 mili segundo y un voltaje de mantenimiento de 2,1 voltios en un tiempo de 0,9757 milisegundos, el voltaje de activación no se alteró al momento de variar los parámetros de número de STRK o presión.

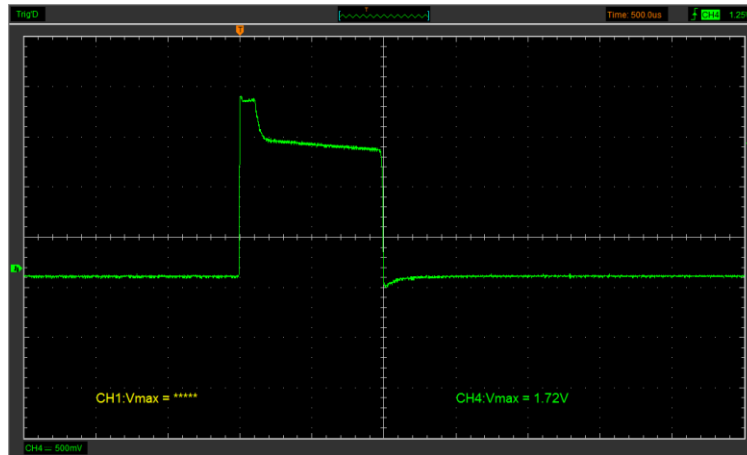


Figura 108. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 1 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 108, se observa que el oscilograma indica la corriente necesaria para activar el inyector de 17,2 amperios, la cual se mantiene durante el tiempo de disparo, el amperaje de activación no se alteró al variar los parámetros de número de STRK o presión

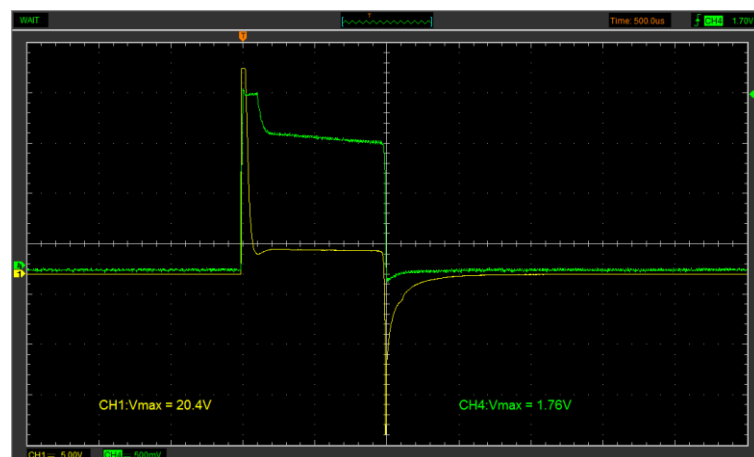


Figura 109. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 1 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 109 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 1,5 ms, inyector inductivo Delphi R04601D CRDI.

Los siguientes oscilogramas de voltaje y corriente se los obtuvo variando los pulsos de inyección a 1,5 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

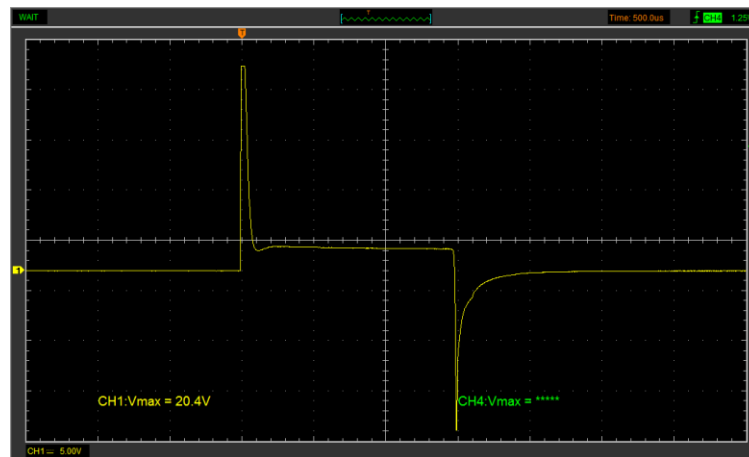


Figura 110. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 1,5 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 110 se observa que el oscilograma presenta el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,02159 mili segundo y un voltaje de mantenimiento de 2 voltios en un tiempo de 1,476 milisegundos, el voltaje de activación no se alteró al momento de variar los parámetros número de STRK o presión.

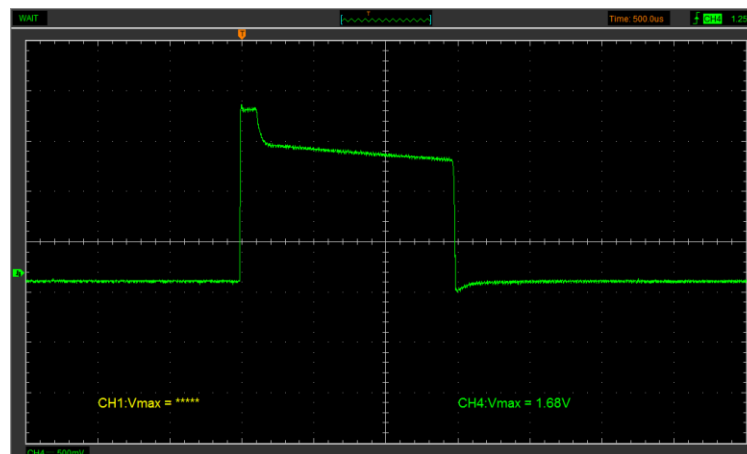


Figura 111. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 1,5 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 111, se observa que el oscilograma indica la corriente necesaria para activar el inyector de 16,8 amperios, la cual se mantiene durante el tiempo de disparo, el amperaje de activación no se alteró al variar los parámetros de número de STRK o presión.

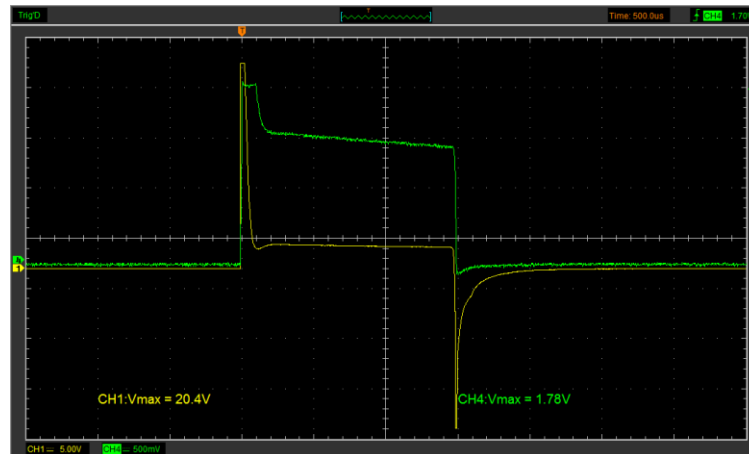


Figura 112. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 1,5 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 112 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 R04601D 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

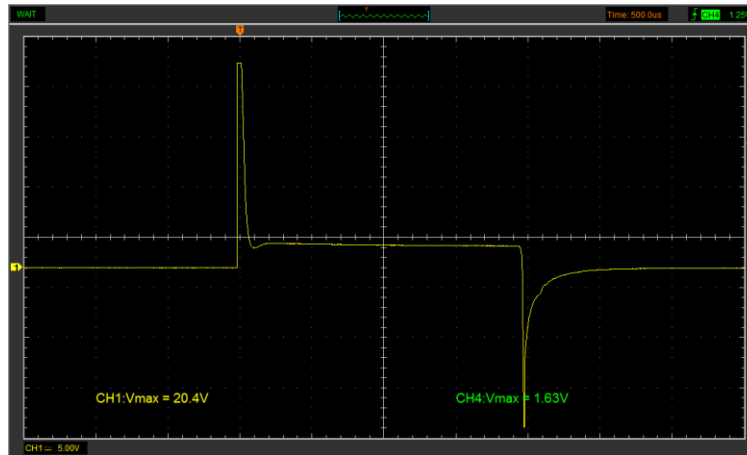


Figura 113. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 2 ms, del inyector EJB04601D CRDI Delphi.

En la figura 113, se observa que el oscilograma presenta el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,0243 mili segundos y un voltaje de mantenimiento de 2 voltios en un tiempo de 1,4659 milisegundos, el voltaje de activación no se alteró al momento de variar los parámetros número de STRK o presión.

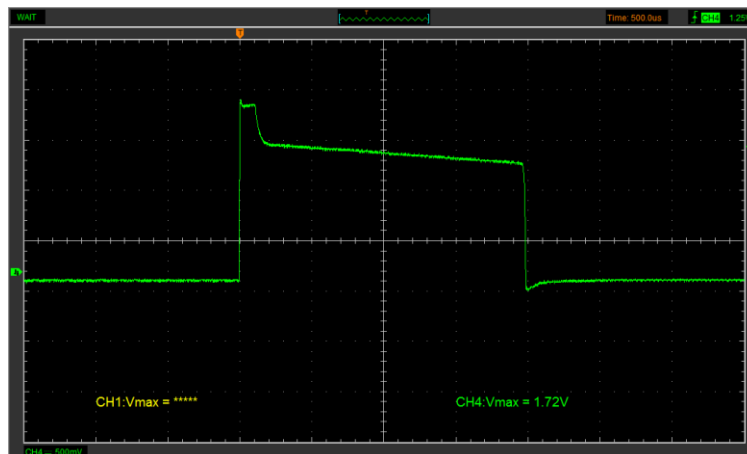


Figura 114. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 2ms, del inyector EJB04601D CRDI Delphi.

En la figura 114, se observa que el oscilograma indica la corriente necesaria para activar el inyector de 17,2 amperios, la cual se mantiene durante el tiempo de disparo, el amperaje de activación no se alteró al variar los parámetros de número de STRK o presión.

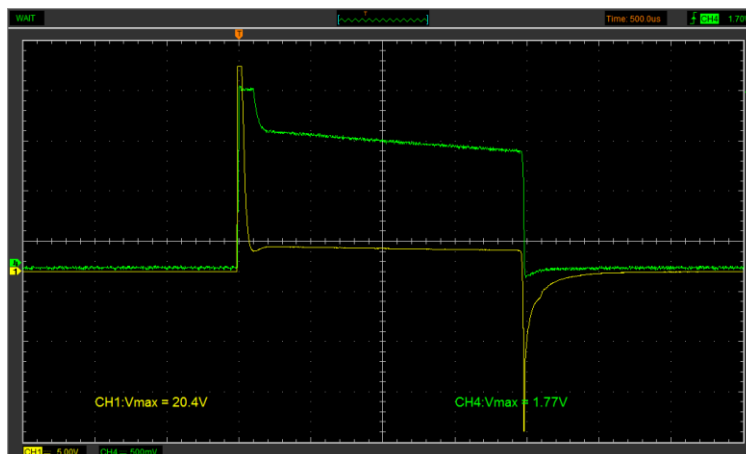




Figura 115. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 2 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 115, 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.

4.6.10. Parámetros del inyector EJBR04601D.

Tabla 42.

Parámetros del inyector EJBR04601D.

Indicador	Ítem	Técnica	Medición	Grafica
Presión Max de prueba	bar	Medición (Tester VNP- 3500)	700	
Presión min de prueba	bar	Medición (Tester VNP -3500)	300	

CONTINÚA



Número de orificios del inyector	#	Observación Inyector	6	
Presión de retorno	bar	Medición (Manómetro)	2.95	
Ángulos de dispersión	°	Cálculo (Datos obtenidos)	7.7619	
Ángulo de Disparo	°	Cálculo (Datos obtenidos)	9.0436	
Bomba	#	Investigación (Especificaciones)	9044A072A	
Tobera	#	Investigación (Especificaciones)	L097PRD	

4.6.11. Ángulo de pulverización.

El inyector EJBR04601D CRDI marca Delphi, es un inyector tipo inductivo, utilizado en el vehículo, Ssangyong Kyron1.6.



Figura 116. Inyector CRDI DELPHI EJBR04601D.

Para la determinación del ángulo de pulverización son necesarios los siguientes datos.

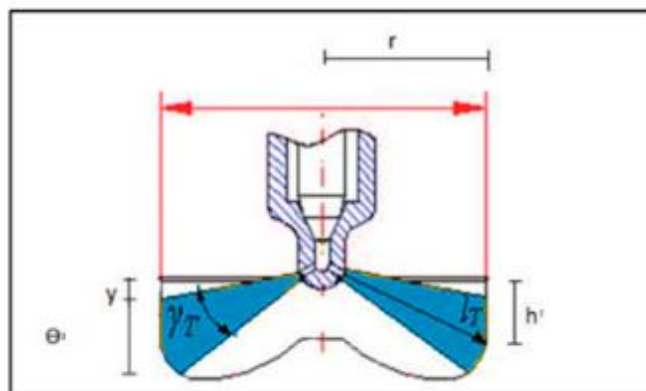





Figura 117. Nomenclatura para hallar los ángulos de pulverización.

- h = altura
- r = radio del cilindro
- θ = Diámetro del chorro
- Y = Diferencia de alturas
- I_T = Ángulo de disparo a determinar
- γ_T = Ángulo de dispersión a determinar

Para la obtención de estos datos se siguió los siguientes pasos

Tabla 43.**Cálculo de los ángulos de pulverización.**

N°	Detalle	Foto
1	Para la obtención del radio del cilindro se procede a que medir el diámetro exterior del cilindro con la ayuda del calibrador pie de rey.	 <p data-bbox="895 680 1394 763">Figura 118. Obtención del radio del cilindro de pulverización.</p>
2	Se debe tener en cuenta el grosor del material del cilindro para restarle al radio externo y obtener la medida del radio interno	 <p data-bbox="895 1106 1394 1167">Figura 119 Grosor del material del cilindro de pulverización</p>
3	Se tomó la medida del inyector desde la punta hacia una referencia marcada para situarlo correctamente más adelante	 <p data-bbox="895 1471 1394 1532">Figura 120 Medida referencial del inyector</p>
4	Es necesario tomar la medida desde la punta hacia los orificios de pulverización del inyector	 <p data-bbox="895 1807 1394 1868">Figura 121 Medida al orificio de pulverización.</p>

CONTINÚA.



-
- 5 Se calcula y se traslada la medida para situar el mismo nivel de la punta del inyector en el cilindro de pulverización



Figura 122 Traslación de medidas al cilindro de pulverización

- 6 Una vez ubicada la medida exacta en el cilindro de pulverización, con la ayuda de papel milimetrado se debe marcar una línea de referencia



Figura 123 Referencia en el cilindro de inyección

- 7 Se tomó la medida del diámetro de chorro, realizando la prueba de pulverización en el TESTER VNP – 3500



Figura 124. Diámetro del chorro de –inyección.

- 8 Se marca el centro del chorro y así se puede visualizar las medidas que pedían al inicio, para el cálculo de los ángulos



Figura 125 Centro del chorro de inyección.

Gracias a la línea de referencia que se sitúa en el cilindro de pulverización y a la medida del diámetro de chorro que el inyector dibuja en el cilindro cada vez que inyecta, se determinó los siguientes datos;

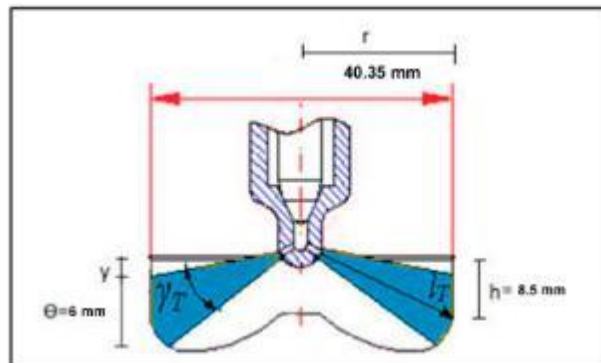


Figura 126. Ángulo de inyección

Datos:

- $h = \text{altura} = 0,85 \text{ cm}$.
- $r = \text{radio del cilindro} = 4,035 \text{ cm}$
- $\theta = \text{Diámetro del chorro} = 6 \text{ mm}$.
- $I_T = \text{Angulo de Disparo}$
- $\gamma_T = \text{Angulo de Dispersión}$
- $Y = \text{Diferencia de Alturas} = 5,5 \text{ mm}$

Con la ayuda de estos datos se llevó cabo el cálculo de los ángulos de dispersión y disparo mediante la utilización de las ecuaciones (1) y (2).

Ángulo de disparo.

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{0,85 \text{ cm}}{4,035 \text{ cm}}\right)$$

$$I_T = 11,8958^\circ.$$

Ángulo de dispersión.

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{6,00 \text{ mm} + 5,5 \text{ mm}}{40,35 \text{ mm}}\right) - \arctan\left(\frac{5,5 \text{ mm}}{40,35 \text{ mm}}\right)$$

$$\gamma_T = 8,4578^\circ$$

Tabla 44.**Resultados del cálculo de los ángulos de disparo y dispersión.**

EJBR04601D CRDI DELPHI	
Ángulo de disparo	11,8958°
Ángulo de dispersión	8,4578°

4.6.12. Presión de retorno.

Para medir la presión del caudal de retorno se utilizó un manómetro de paso de combustible, y fue necesario seguir los siguientes pasos

- Ubicar la manguera de ingreso al manómetro, en la salida de caudal de retorno del inyector,
- Ubicar la manguera de salida del manómetro a la manguera de retorno del Tester VNP – 3500
- Realizar los ajustes necesarios de los acoples verificando que todo esté bien instalado
- Poner en marcha una prueba de inyección independientemente de los parámetros, tiempo de inyección y numero de STRK,
- Medir la presión de retorno que se verá marcada en el manómetro de paso de combustible

Para el inyector EJBR04601D la presión de retorno que fue establecida se menciona en la siguiente tabla:

Tabla **45.**
Medición de la presión del caudal de retorno


Inyector	Marca	Medida	Unidades	Gráfica
EJBR04601D	Delphi	2.95	Bar	

Figura 127. Visualización de la presión de retorno.

4.7. Inyector CRDI Delphi EJBR03701D.

El segundo 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.

A continuación, se ilustra el logo de la casa fabricante del inyector.



Figura 128. Logo de la empresa fabricante del inyector EJBR03701D.

4.7.1. Despiece y especificaciones de las partes del inyector

EJBR03701D

La respectiva nomenclatura para los puntos de referencia que conforman la parte interna del inyector es:

- 50.- Pasador de ajuste.
- 60.- Resorte de actuador.
- 70.- Válvula de control.
- 80.- Placa interior.
- 90.- Resorte del inyector.
- 100.- Toberas.
- 110.- Tuerca.
- 120.- Arandela de cierre.

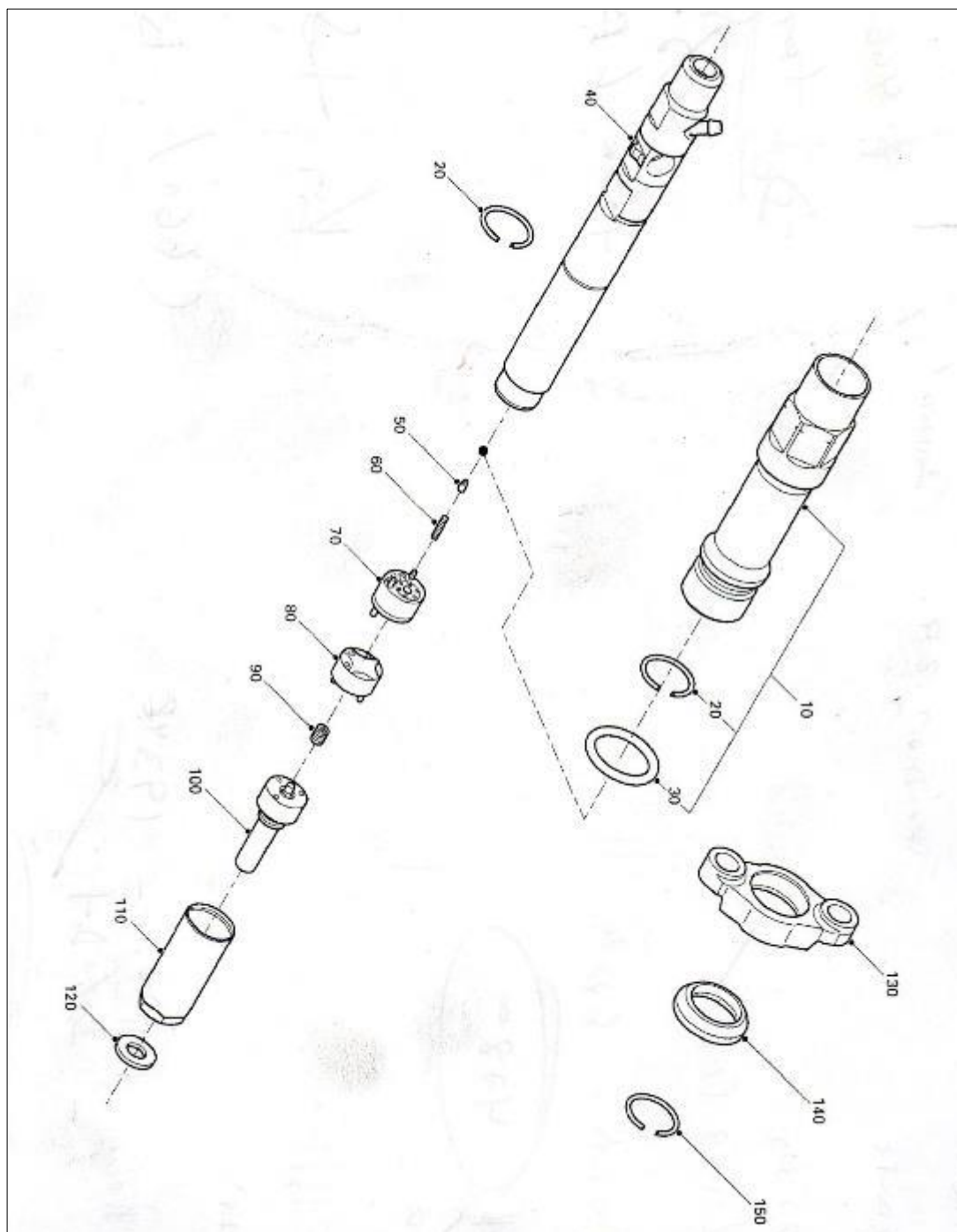


Figura 129. Despiece del inyector EJBR03701D.

4.7.2. Análisis de las pruebas a la presión de 300 bar.

Tabla 46.

Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 300 bar - Parte 1.

Presión 300 bar						
STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de disparo	Tiempo de retención	Caudal de inyección	Caudal retorno	Corriente de activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,031	0,219	--	--	16,5
250	0,5	0,03	0,47	--	--	16,6
250	1	0,028	0,972	4,5	0,1	16,9
250	1,5	0,031	1,469	7,1	1	17
250	2	0,027	1,973	10,9	2,2	16,1
500	0,25	0,029	0,221	--	--	16,6
500	0,5	0,027	0,473	0,1	1	16,5
500	1	0,034	0,966	9,5	2,7	17,5
500	1,5	0,034	1,466	18	5	16,7
500	2	0,033	1,967	30,5	8,5	16,8
750	0,25	0,036	0,214	--	1,1	17,5
750	0,5	0,034	0,466	3,8	3,5	16,4
750	1	0,034	0,966	21	7,5	16,5
750	1,5	0,034	1,466	30,5	9,5	16,3
750	2	0,034	1,966	44,7	11	16,8
990	0,25	0,03	0,22	--	3,1	16,7
990	0,5	0,033	0,467	3,8	4,9	16,7
990	1	0,029	0,971	24,7	8,9	16,7
990	1,5	0,024	1,476	36,5	10,4	16,4
990	2	0,028	1,972	56,7	13,4	16,3

En la tabla 46 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de STRK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango muy corto de variación con un tiempo mínimo de 0.024ms y un tiempo máximo de 0.036ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 16.1A y un amperaje máximo de 17.5A logrando así un consumo promedio de corriente de 16.675 A para las pruebas de 300 Bar de presión

Tabla 47.

Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 300 bar – Parte 2.

PRESION 300 BAR						
STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de activación	Resistencia en la bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(μ H)
250	0,25	20,3	2,1	0,819	0,3	38
250	0,5	20,3	2	1,638	0,3	38
250	1	20,4	2,1	3,277	0,3	38
250	1,5	20,3	2,2	4,915	0,3	38
250	2	20,4	2,3	6,554	0,3	38
500	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
500	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
500	1	20,4	2	3,277	0,3	38
500	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
500	2	20,4	2	6,554	0,3	38
750	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
750	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
750	1	20,4	2	3,277	0,3	38
750	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
750	2	20,4	2	6,554	0,3	38
990	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
990	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
990	1	20,4	2	3,277	0,3	38
990	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
990	2	20,4	2	6,554	0,3	38

En la tabla 47 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.385 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3 Ω , y una impedancia de 38 μ H, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .

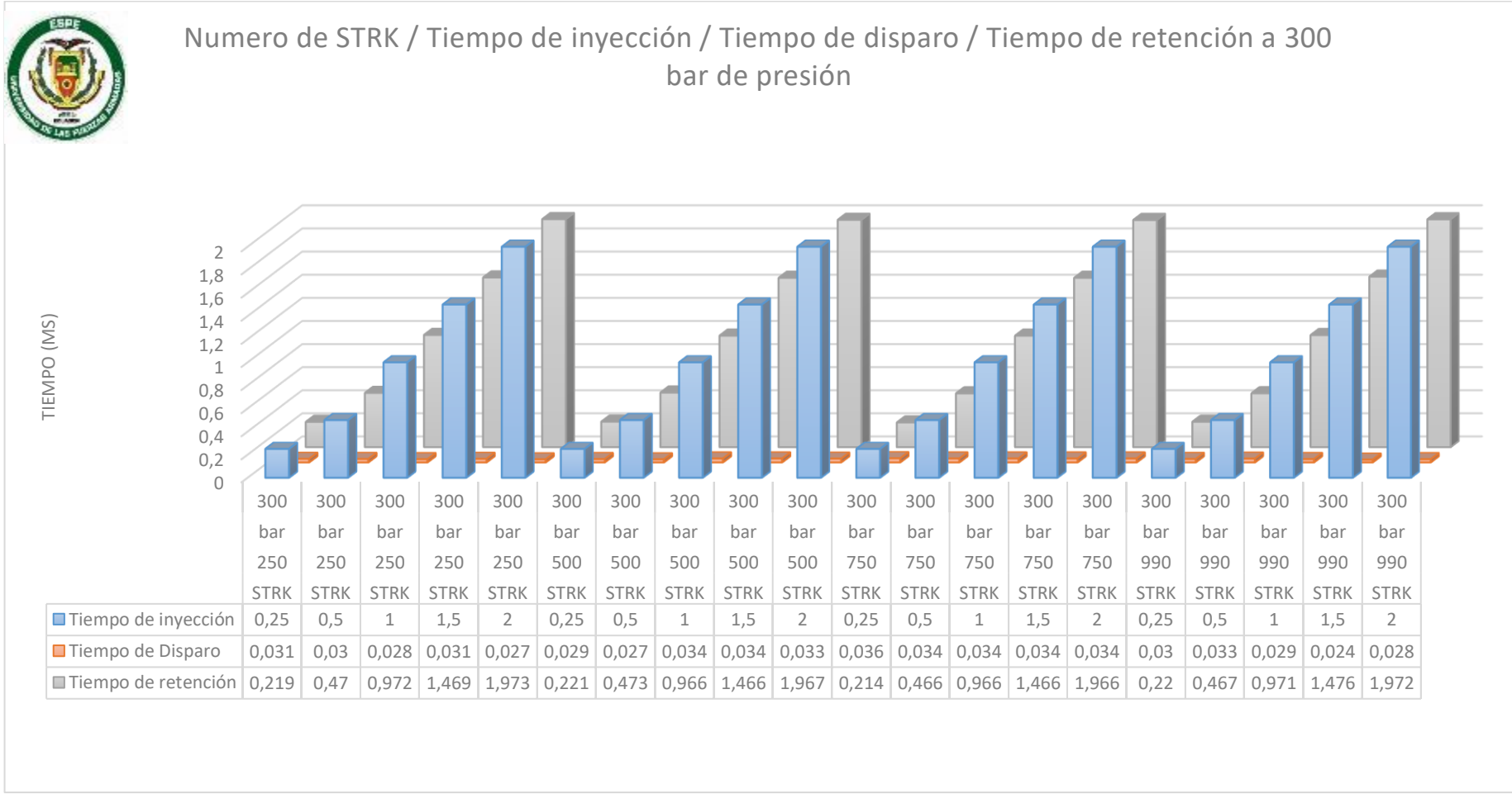


Figura 130. Prueba del inyector a una presión de 300 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

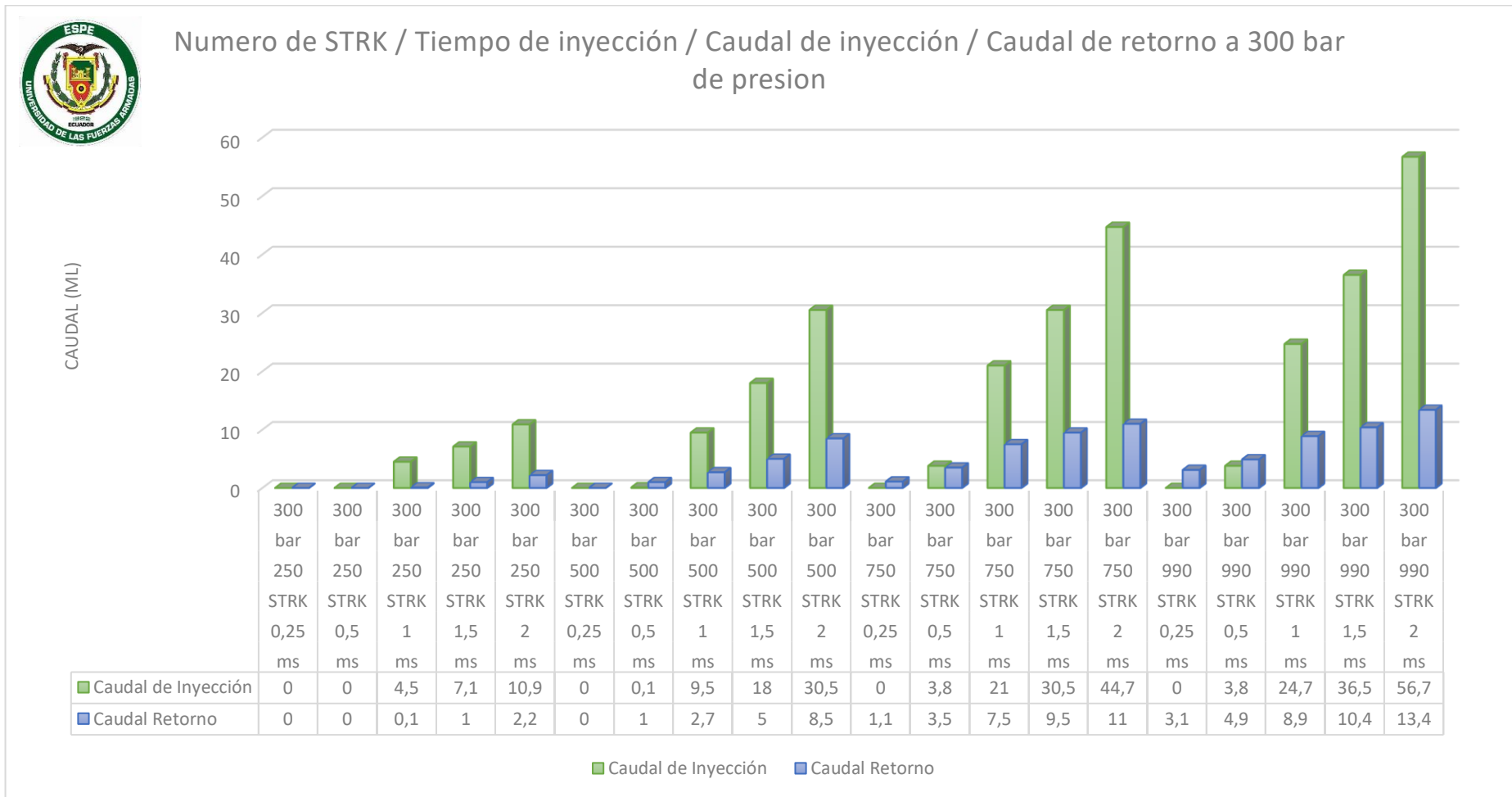


Figura 131. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 300 bar.

En la figura 130 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 300 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con lo cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.024 ms y 0.034ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.031ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 131 se observa una presión constante de 300 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante lo cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 56.7 ml y un caudal mínimo apreciable de 0.1 ml a 990 STRK con 2ms y 500 STRK con 0.5 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 13.4 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.7.3. Análisis de las pruebas a la presión de 400 bar.

Tabla 48.

Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 400 bar – Parte 1.

Presión 400 bar						
STRK	Tiempo de inyección ms	Tiempo de disparo ms	Tiempo de retención ms	Caudal de inyección (mm ³)	Caudal retorno (mm ³)	Corriente de activación (A)
250	0,25	0,0243	0,2257	--	--	16,7
250	0,5	0,0209	0,4791	--	0,1	16,1
250	1	0,029	0,971	6,1	0,7	16,5
250	1,5	0,03	1,47	10	2,6	17
250	2	0,031	1,969	13,1	3	15,8
500	0,25	0,034	0,216	--	1	15,8
500	0,5	0,028	0,472	3,1	2	15,8
500	1	0,034	0,966	15,5	4,5	17,2
500	1,5	0,025	1,475	20,4	7	16,4
500	2	0,028	1,972	28,5	9	16,8
750	0,25	0,0243	0,2257	--	2,5	17
750	0,5	0,0243	0,4757	6,1	4,7	16,5
750	1	0,0243	0,9757	24,5	8	16,3
750	1,5	0,028	1,472	33	11,5	16,8
750	2	0,031	1,969	44	12,5	17,1
990	0,25	0,034	0,216	--	4,2	17,6
990	0,5	0,034	0,466	8,5	6,9	17,1
990	1	0,034	0,966	30,1	9,1	17,2
990	1,5	0,031	1,469	44,7	14	15,7
990	2	0,03	1,97	60	15,5	17,2

En la tabla 48 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de STRK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango muy corto de variación con un tiempo mínimo de 0.0209ms y un tiempo máximo de 0.034ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 15.8 A y un amperaje máximo de 17.6 A logrando así un consumo promedio de corriente de 16.63 A para las pruebas de 400 Bar de presión.

Tabla 49.**Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 400 bar – Parte 2.**

PRESION 400 BAR						
STRK	Tiempo de inyección ms	Voltaje de activación (V)	Voltaje de retención (V)	Grados de activación (°)	Resistencia en la bobina (Ω)	Inductancia (μH)
250	0,25	20,2	2,1	0,819	0,3	38
250	0,5	20,4	2,1	1,638	0,3	38
250	1	20,4	2	3,277	0,3	38
250	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
250	2	20,4	2	6,554	0,3	38
500	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
500	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
500	1	20,4	2	3,277	0,3	38
500	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
500	2	20,4	2	6,554	0,3	38
750	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
750	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
750	1	20,4	2	3,277	0,3	38
750	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
750	2	20,4	2	6,554	0,3	38
990	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
990	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
990	1	20,4	2	3,277	0,3	38
990	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
990	2	20,4	2	6,554	0,3	38

Se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.39 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3Ω, y una impedancia de 38 μH, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .



Número de STRK / tiempo de inyección / tiempo de disparo / tiempo de retención a 400 bar de presión.

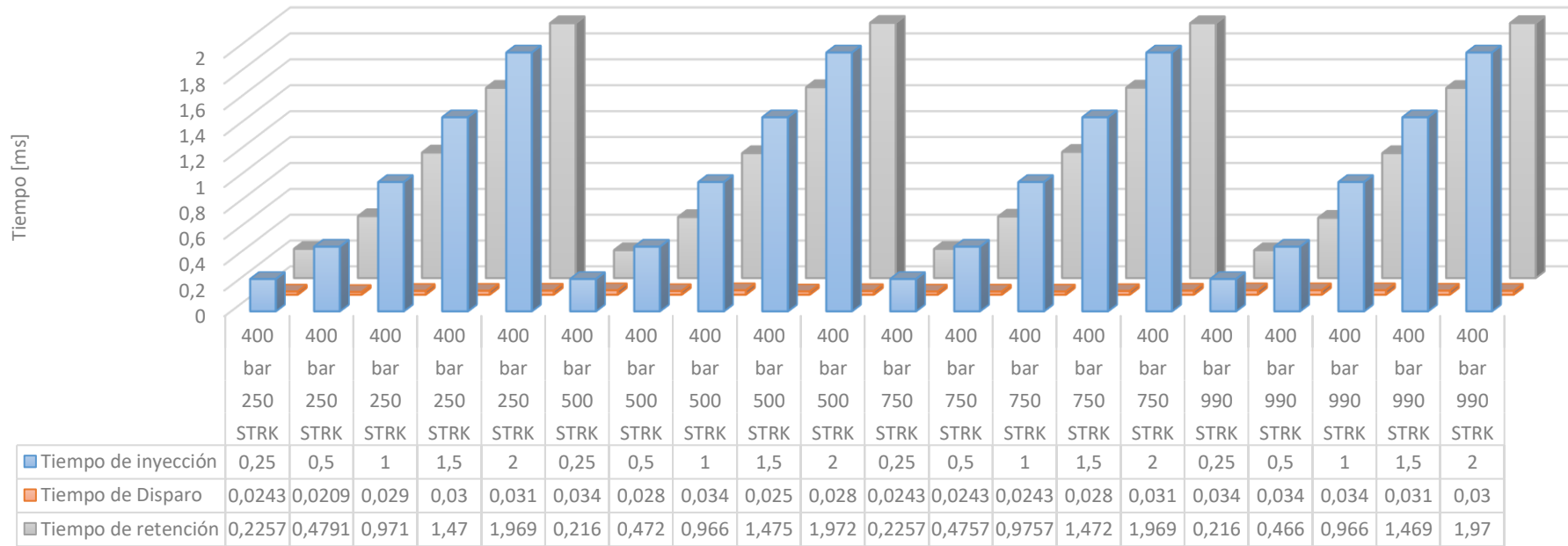


Figura 132. Prueba del inyector a una presión de 400 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

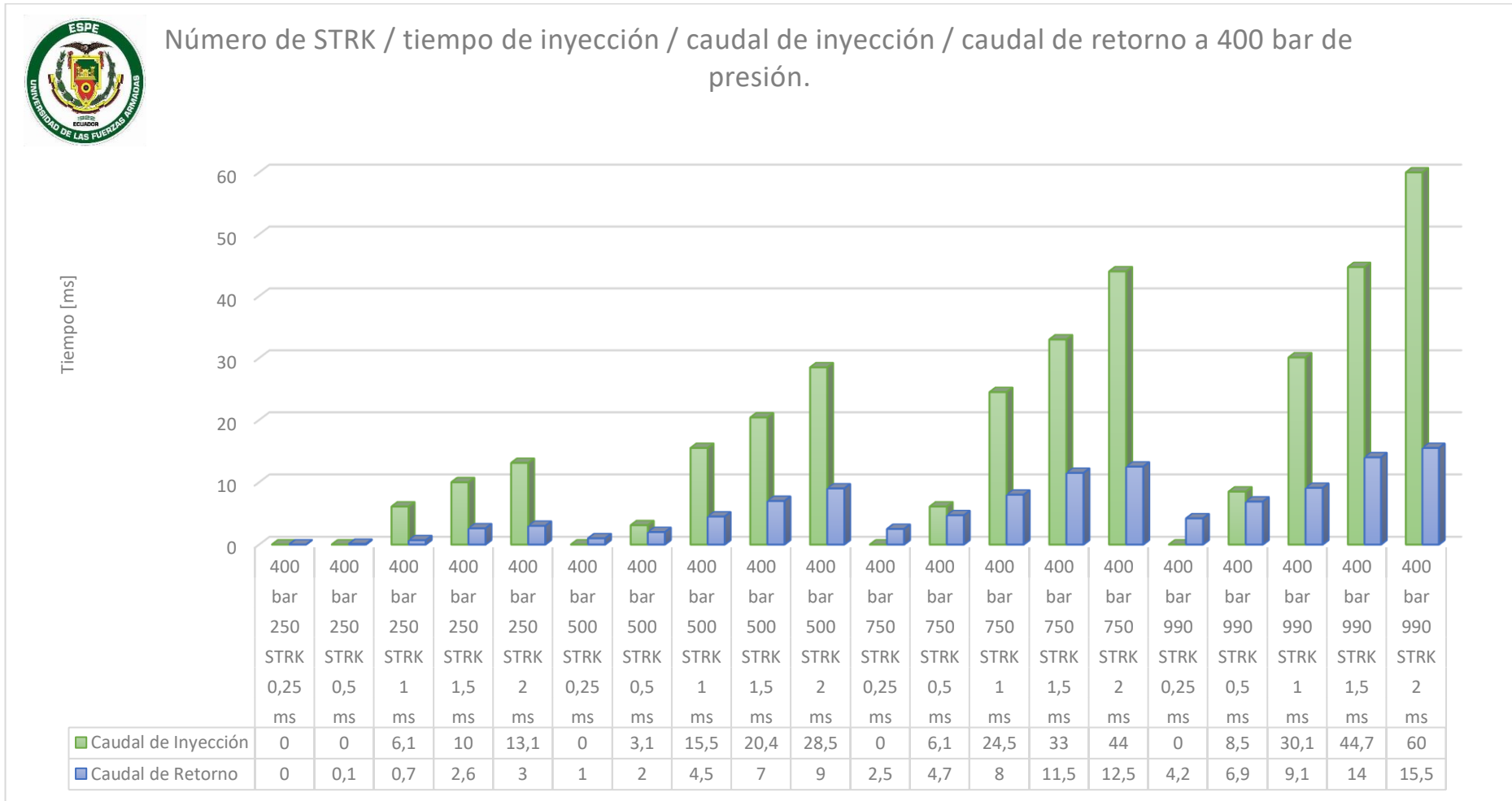


Figura 133. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 400 bar.

En la figura 132 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 400 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con lo cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.0209 ms y 0.034ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.0289ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 133 se observa una presión constante de 400 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante lo cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 60 ml y un caudal mínimo apreciable de 3.1 ml a 990 STRK con 2ms y 500 STRK con 0.5 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 15.5 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.7.4. Análisis de las pruebas a la presión de 500 bar.

Tabla 50.

Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 500 bar – Parte 1.

Presión 500 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de disparo	Tiempo de retención	Caudal de inyección	Caudal de retorno	Corriente de activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,0243	0,2257	--	--	15,6
250	0,5	0,025	0,475	0,2	0,1	16,7
250	1	0,0243	0,9757	7	1,2	16,7
250	1,5	0,024	1,476	12	3	16,9
250	2	0,0243	1,9757	16	4,5	16,9
500	0,25	0,0243	0,2257	--	2,9	15,8
500	0,5	0,025	0,475	6,4	4,9	16,6
500	1	0,0243	0,9757	13,1	6	15,9
500	1,5	0,0243	1,4757	26,2	9,1	16,2
500	2	0,0243	1,9757	33,5	10,8	16,5
750	0,25	0,024	0,226	--	4	16,8
750	0,5	0,0243	0,4757	9	6	16,4
750	1	0,0243	0,9757	28	11	17,1
750	1,5	0,0243	1,4757	42	13,5	16,5
750	2	0,0243	1,9757	53,5	15	15,9
990	0,25	0,0243	0,2257	--	6,2	17,5
990	0,5	0,0243	0,4757	14	9	16,9
990	1	0,024	0,976	40	15	16,8
990	1,5	0,024	1,476	56,5	22	16,7
990	2	0,0243	1,9757	72,5	26,75	16,8

En la tabla 50 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de STRK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango muy corto de variación con un tiempo mínimo de 0.024ms y un tiempo máximo de 0.025ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 15.6 A y un amperaje máximo de 17.5A logrando así un consumo promedio de corriente de 16.56 A para las pruebas de 500 Bar de presión.

Tabla 51.**Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 500 bar – Parte 2.**

Presión 500 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de activación	Resistencia en la bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(μ H)
250	0,25	20,3	2	0,819	0,3	38
250	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
250	1	20,4	2	3,277	0,3	38
250	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
250	2	20,4	2	6,554	0,3	38
500	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
500	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
500	1	20,4	2	3,277	0,3	38
500	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
500	2	20,4	2	6,554	0,3	38
750	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
750	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
750	1	20,4	2	3,277	0,3	38
750	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
750	2	20,4	2	6,554	0,3	38
990	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
990	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
990	1	20,4	2	3,277	0,3	38
990	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
990	2	20,4	2	6,554	0,3	38

En la tabla 51 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.395 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3 Ω , y una impedancia de 38 μ H, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .



Número de STRK / tiempo de inyección / tiempo de disparo / tiempo de retención a 500 bar de presión.

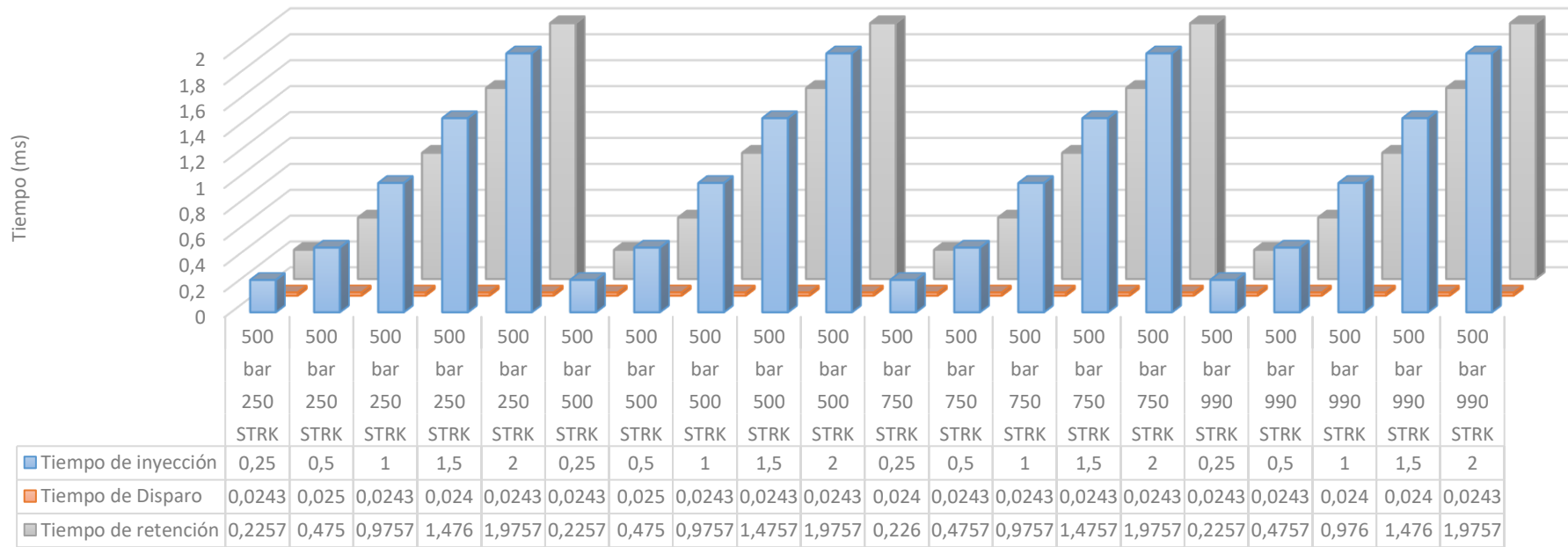


Figura 134. Prueba del inyector a una presión de 500 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.



Número de STRK / tiempo de inyección / caudal de inyección / caudal de retorno 500 bar de presión.

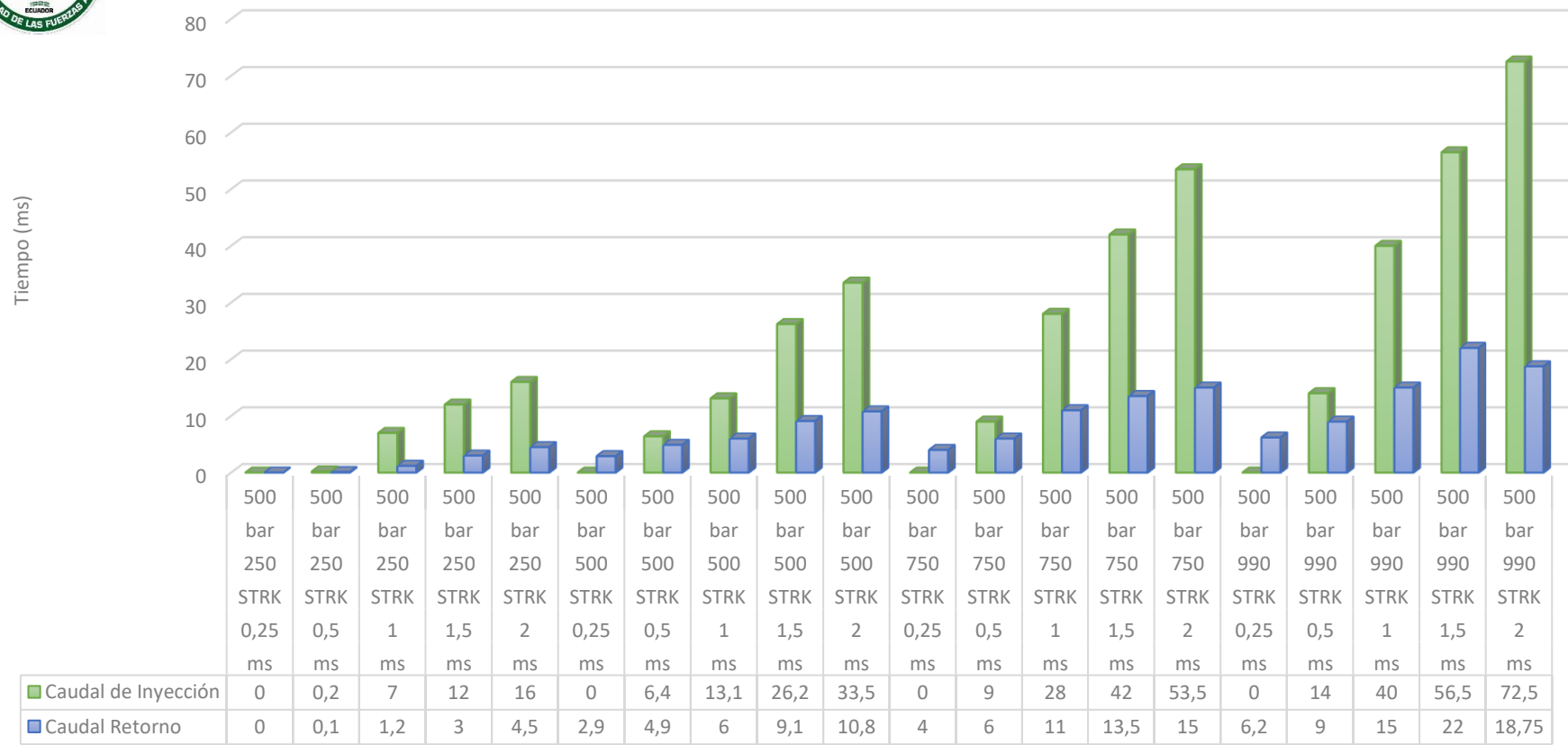


Figura 135. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 500 bar

En la figura 134 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 500 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con lo cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.024 ms y 0.025ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.02431 ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 135 se observa una presión constante de 500 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante lo cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 72.5 ml y un caudal mínimo apreciable de 0.2 ml a 990 STRK con 2ms y 250 STRK con 0.5 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 18.75 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.7.5. Análisis de las pruebas a la presión de 600 bar.

Tabla 52.

Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 600 bar – Parte 1.

PRESION 600 BAR						
STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de disparo	Tiempo de retención	Caudal de inyección	Caudal retorno	Corriente de activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,0243	0,2257	0,1	0,7	16,7
250	0,5	0,0243	0,4757	1,5	1	16,1
250	1	0,024	0,976	8	2,1	16,5
250	1,5	0,0243	1,4757	14	5	17
250	2	0,0243	1,9757	17	5,1	15,8
500	0,25	0,0243	0,2257	0,3	3,1	15,8
500	0,5	0,0243	0,4757	8	5	15,8
500	1	0,0243	0,9757	19,5	7,8	17,2
500	1,5	0,024	1,476	29,1	11	16,4
500	2	0,0243	1,9757	43	13	16,8
750	0,25	0,0243	0,2257	0,7	7	17,1
750	0,5	0,0243	0,4757	14,1	9	17,2
750	1	0,0243	0,9757	31	13	16,5
750	1,5	0,0243	1,4757	42,1	16	16,1
750	2	0,0243	1,9757	56	18,5	16,1
990	0,25	0,0242	0,2258	2,5	9,5	16,5
990	0,5	0,0243	0,4757	19	12,5	17,2
990	1	0,0243	0,9757	41,4	15,6	16,4
990	1,5	0,0243	1,4757	64	22	16,2
990	2	0,0243	1,9757	76	25	16,1

En la tabla se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de STRK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango despreciable de variación con un tiempo de disparo mínimo de 0.024ms y un tiempo máximo de 0.0243 ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 15.8 A y un amperaje máximo de 17.2 A logrando así un consumo promedio de corriente de 16.475 A para las pruebas de 600 Bar de presión.

Tabla 53.**Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 600 bar – Parte 2.**

Presión 600 bar.						
STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de activación	Resistencia en la bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(μ H)
250	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
250	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
250	1	20,4	2	3,277	0,3	38
250	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
250	2	20,4	2	6,554	0,3	38
500	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
500	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
500	1	20,4	2	3,277	0,3	38
500	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
500	2	20,4	2	6,554	0,3	38
750	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
750	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
750	1	20,4	2	3,277	0,3	38
750	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
750	2	20,4	2	6,554	0,3	38
990	0,25	20,4	2	0,819	0,3	38
990	0,5	20,4	2	1,638	0,3	38
990	1	20,4	2	3,277	0,3	38
990	1,5	20,4	2	4,915	0,3	38
990	2	20,4	2	6,554	0,3	38

En la tabla 53 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.4 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3 Ω , y una impedancia de 38 μ H, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .

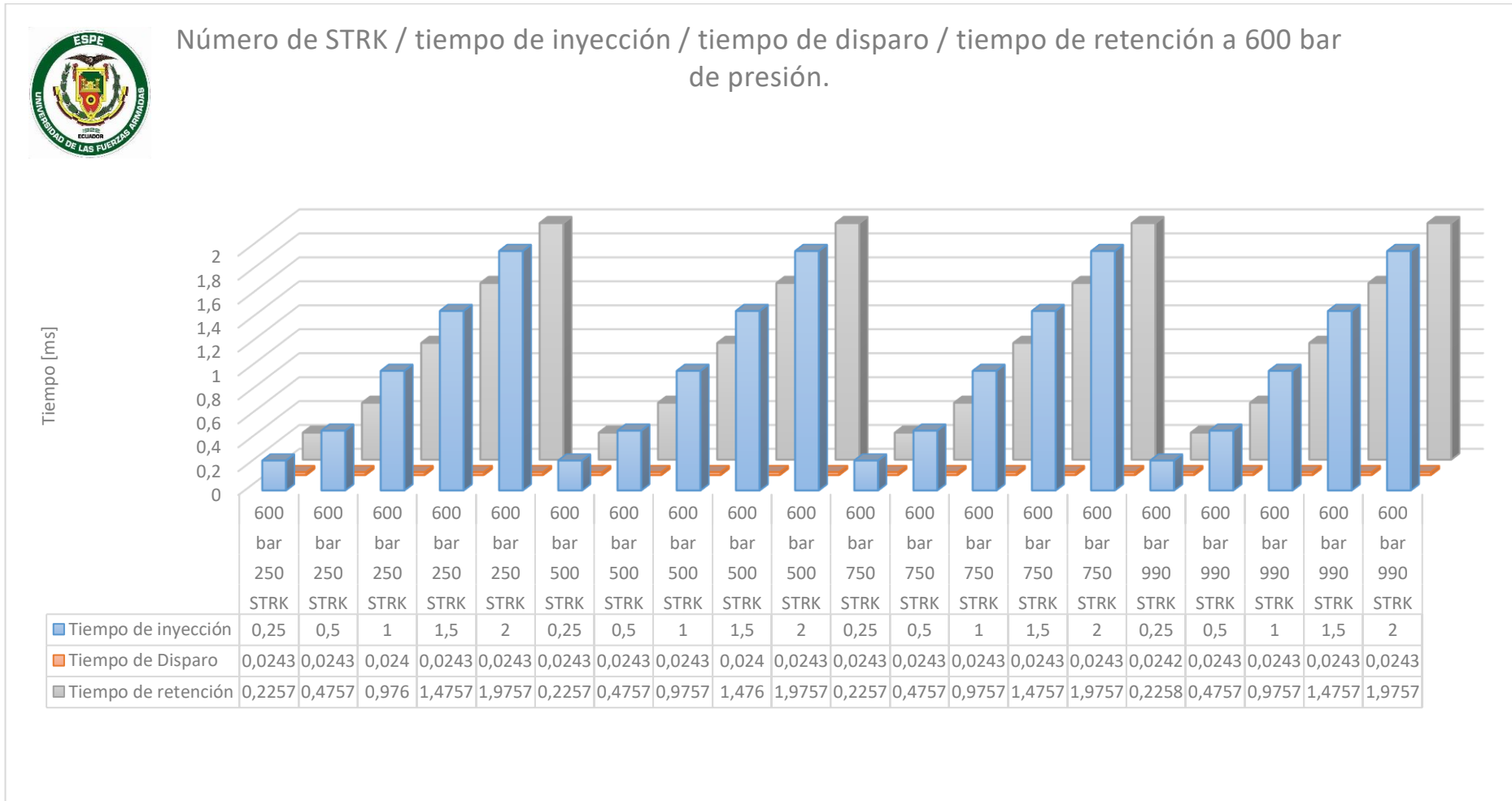


Figura 136. Prueba del inyector a una presión de 600 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

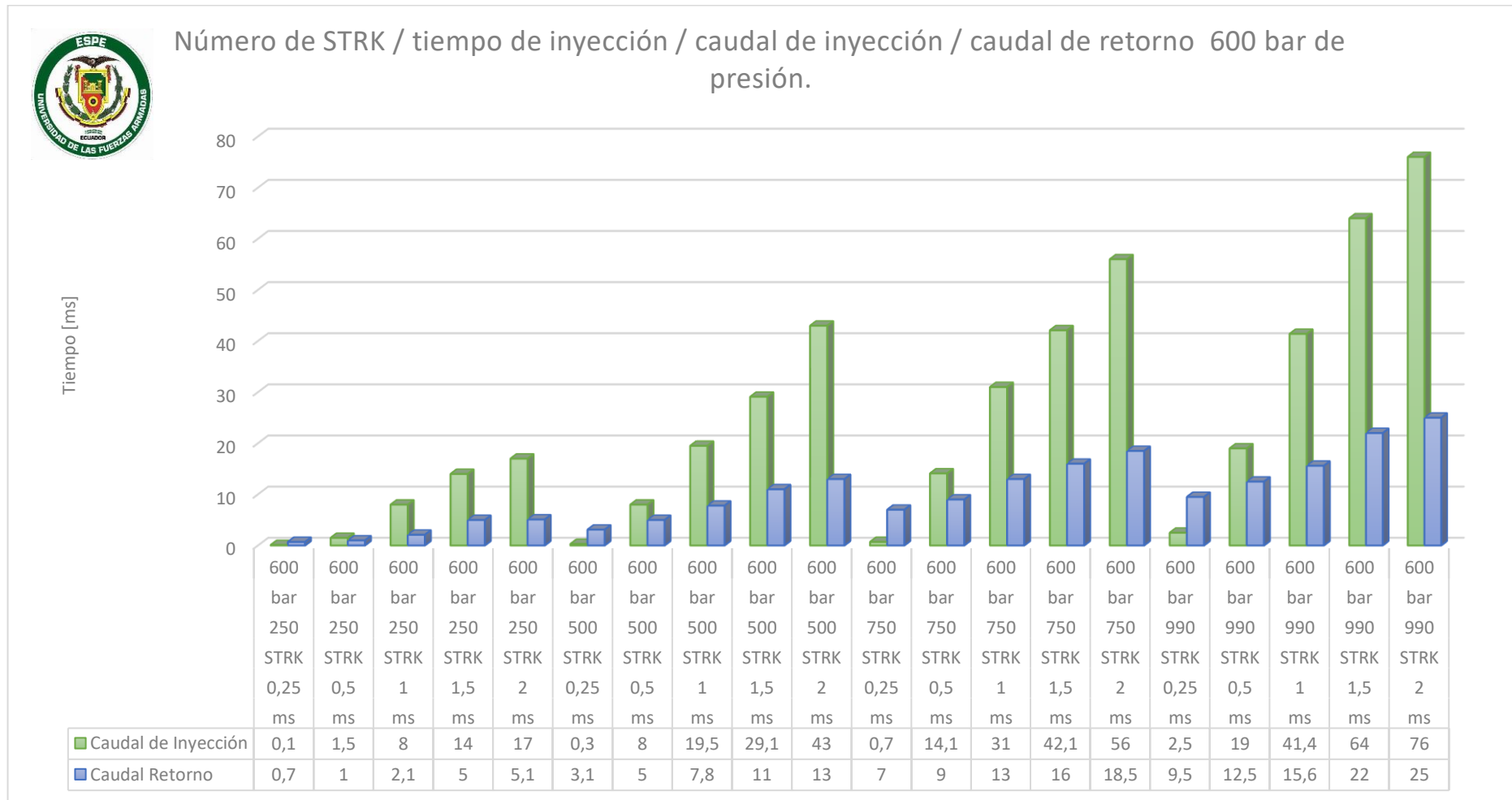


Figura 137. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 600 bar.

En la figura 136 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 600 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con lo cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.024 ms y 0.0243ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.02426 ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 137 se observa una presión constante de 600 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante lo cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 76 ml y un caudal mínimo apreciable de 0.1 ml a 990 STRK con 2ms y 250 STRK con 0.25 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 25 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.7.6. Análisis de las pruebas a la presión de 700 bar.

Tabla 54.

Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 700 bar – Parte 1.

PRESION 700 BAR						
STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,0243	0,2257	0,1	0,5	16,5
250	0,5	0,0243	0,4757	3	1	16,2
250	1	0,024	0,976	8,5	2	16,1
250	1,5	0,0243	1,4757	14	3	16,5
250	2	0,0243	1,9757	19,5	5	16,4
500	0,25	0,024	0,226	0,2	3,5	17
500	0,5	0,0243	0,4757	9,8	5,4	17,1
500	1	0,024	0,976	22	9	16,3
500	1,5	0,0243	1,4757	32	11,5	16,4
500	2	0,0243	1,9757	41	13,9	16,6
750	0,25	0,0243	0,2257	1	7	17,1
750	0,5	0,0243	0,4757	16	9,8	17,2
750	1	0,0242	0,9758	34	15	16,5
750	1,5	0,0243	1,4757	42	15	16,1
750	2	0,0243	1,9757	62	20,5	16,1
990	0,25	0,0243	0,2257	2	10,5	16,5
990	0,5	0,0243	0,4757	22	13,9	17,2
990	1	0,0242	0,9758	44	18	16,4
990	1,5	0,0243	1,4757	62	23	16,2
990	2	0,0241	1,9759	79,6	27,8	16,1

En la tabla 54 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, el número de SRTK y el tiempo de inyección es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención, en el tiempo de disparo se obtuvo un rango muy corto de variación con un tiempo mínimo de 0.024ms y un tiempo máximo de 0.0243 ms.

Además, la corriente de activación forma un pequeño rango de variación manteniendo un amperaje mínimo de 16.1A y un amperaje máximo de 17.2 A logrando así un consumo promedio de corriente de 16.525 A para las pruebas de 700 Bar de presión

Tabla 55.**Prueba del Inyector Delphi EJBR03701D a 700 bar – Parte 2.**

Presión 700 bar.						
STRK	Tiempo de inyección ms	Voltaje de activación (V)	Voltaje de retención (V)	Grados de activación (°)	Resistencia en la bobina (Ω)	Inductancia (μH)
250	0,25	20,3	2,1	0,819	0,3	38
250	0,5	20,2	2,1	1,638	0,3	38
250	1	20,2	2	3,277	0,3	38
250	1,5	20,2	2	4,915	0,3	38
250	2	20,2	2,1	6,554	0,3	38
500	0,25	20,2	2	0,819	0,3	38
500	0,5	20,2	2,1	1,638	0,3	38
500	1	20,3	2	3,277	0,3	38
500	1,5	20,2	2	4,915	0,3	38
500	2	20,2	2,1	6,554	0,3	38
750	0,25	20,2	2	0,819	0,3	38
750	0,5	20,2	2	1,638	0,3	38
750	1	20,2	2	3,277	0,3	38
750	1,5	20,2	2	4,915	0,3	38
750	2	20,2	2,1	6,554	0,3	38
990	0,25	20,2	2	0,819	0,3	38
990	0,5	20,2	2	1,638	0,3	38
990	1	20,2	2	3,277	0,3	38
990	1,5	20,2	2,1	4,915	0,3	38
990	2	20,3	2	6,554	0,3	38

En la tabla 55 se observa la variación del número de STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, se determinó que los grados de activación son directamente proporcional al tiempo de inyección, exponiendo un valor máximo de 6.554° para el tiempo de inyección de 2ms, un consumo promedio de voltaje de 20.215 V, además se comprobó que para el buen funcionamiento de la bobina debe exponer un valor resistivo de 0.3Ω, y una impedancia de 38 μH, estos valores de resistencia e inductancia son independientes de los parámetros variados en las diferentes pruebas .

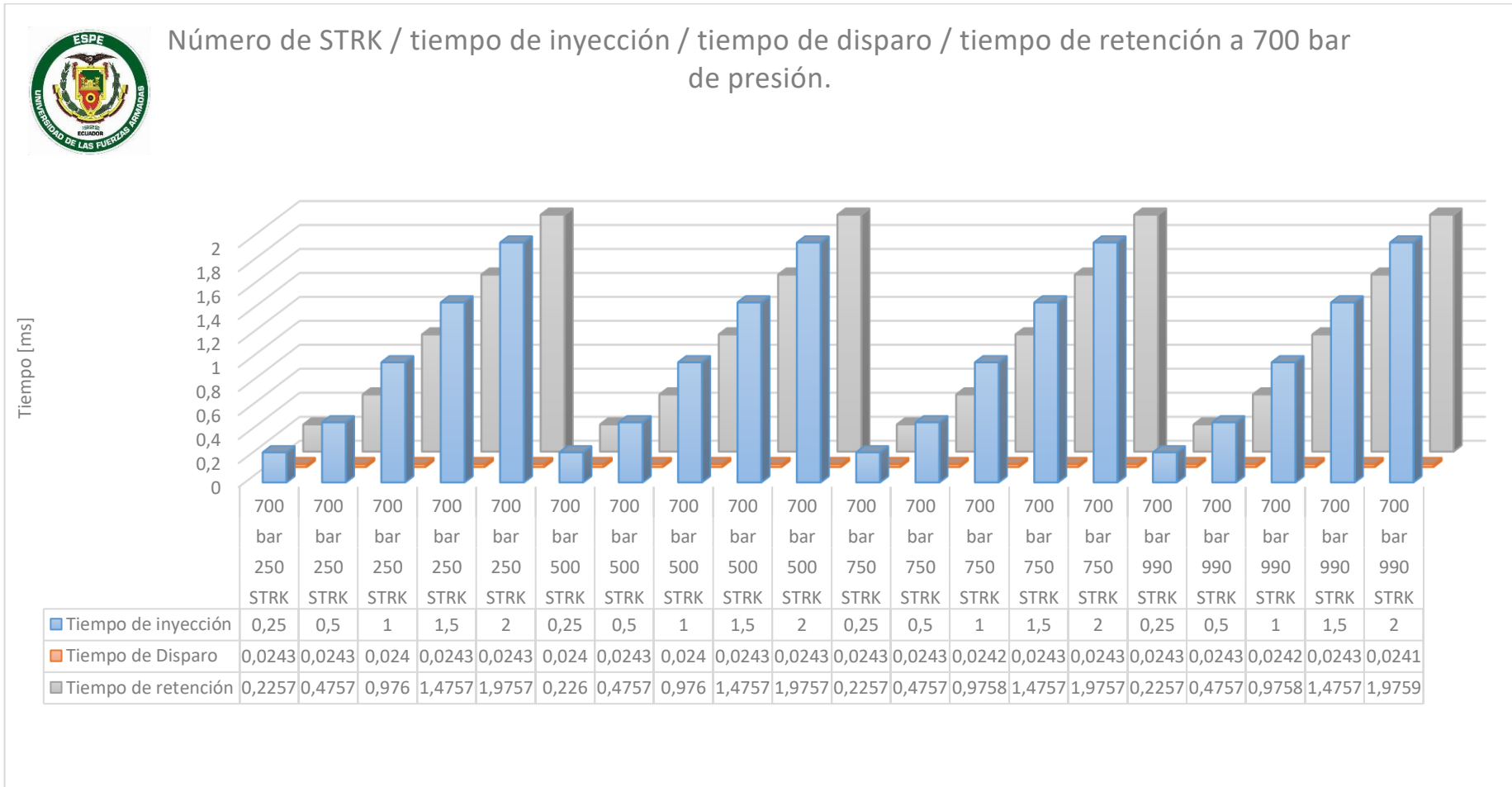


Figura 138. Prueba del inyector a una presión de 700 bar con variación del número de pulsos en (250, 500, 750, 990) STRK y con tiempos de inyección de (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2) ms, evaluando el tiempo de disparo y el tiempo de retención.

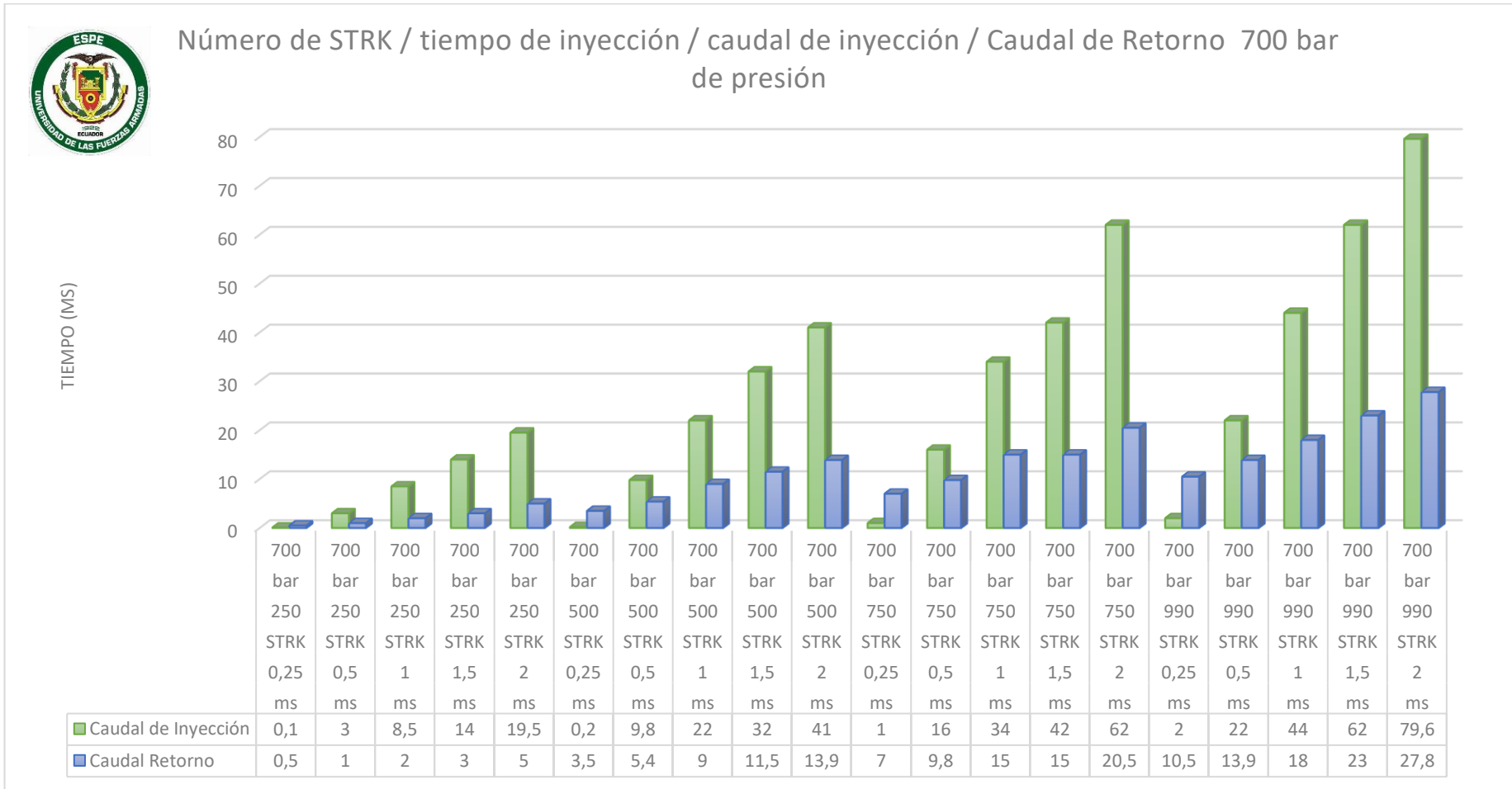


Figura 139. Pruebas a distinto número de STRK y distintos tiempos de inyección evaluando el caudal de inyección y el caudal de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi, a una presión de 700 bar.

En la figura 138 mediante la tabulación de los datos resultantes se observa una presión constante de 700 bar y una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms con lo cual se observa que el tiempo de disparo no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.024 ms y 0.0243ms resultando un tiempo promedio de disparo de 0.02426 ms , por otro lado el tiempo de retención es inversamente proporcional al de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos de inyección, disparo y retención son totalmente independientes del número de STRK, puesto que los tiempos no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 139 se observa una presión constante de 700 bar, una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) STRK y el tiempo de inyección entre (0.25, 0.5, 1, 1.5, 2)ms, mediante lo cual se observa con la ayuda de la gráfica de columnas que el caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcional al tiempo de inyección y al número de STRK, llegando a obtener un caudal de inyección máximo de 79.6 ml y un caudal mínimo apreciable de 0.1 ml a 990 STRK con 2ms y 250 STRK con 0.25 ms de tiempo de inyección, respectivamente, también se observa un caudal máximo de retorno de 27.8 ml, valor conseguido con una variación de 990 STRK y 2 ms de tiempo de inyección.

La apreciación del volumen de inyección a bajo número de STRK Y bajo tiempo de inyección, provoca que el caudal de inyección sea pulverizado en su totalidad creando una nube de Viscor haciendo inapreciable su medida en las probetas de inyección. Además, las pruebas con parámetros de 0.25ms de tiempo de inyección muestran que el caudal de inyección es menor al caudal de retorno, con una proporción aproximada de 2 a 1. Siendo este el único caso, puesto que en pruebas con otros parámetros los caudales se invierten.

4.7.7. Análisis y comparación de los caudales de inyección y de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.

Tabla 56.

Caudales de inyección del inyector EJBR03701D CRDI Delphi

		300 bar	400 bar	500 bar	600 bar	700 bar
Tiempo de inyección	SRTK	Caudal de inyección	Caudal de inyección	Caudal de inyección	Caudal de inyección	Caudal de inyección
ms		(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)
0,25	250	--	--	--	0,1	0,1
0,5	250	--	--	0,2	1,5	3
1	250	4,5	6,1	7	8	8,5
1,5	250	7,1	10	12	14	14
2	250	10,9	13,1	16	17	19,5
0,25	500	--	--	--	0,3	0,2
0,5	500	0,1	3,1	6,4	8	9,8
1	500	9,5	15,5	13,1	19,5	22
1,5	500	18	20,4	26,2	29,1	32
2	500	30,5	28,5	33,5	43	41
0,25	750	--	--	--	0,7	1
0,5	750	3,8	6,1	9	14,1	16
1	750	21	24,5	28	31	34
1,5	750	30,5	33	42	42,1	42
2	750	44,7	44	53,5	56	62
0,25	990	--	--	--	2,5	2
0,5	990	3,8	8,5	14	19	22
1	990	24,7	30,1	40	41,4	44
1,5	990	36,5	44,7	56,5	64	62
2	990	56,7	60	72,5	76	79,6

En la tabla 56, se observa la variación del número de STRK y del tiempo de inyección para cada presión de prueba, el caudal de inyección es directamente proporcional al número de SRTK, al tiempo de inyección y a la presión respectiva, por ello se determinó que el caudal máximo de inyección se lo obtuvo bajo parámetros de 990 STRK, 2ms de inyección alcanzando un valor máximo de 79.6 ml a una presión de 700 bar.

También se determinó que, en las presiones de 300, 400 500 bar con un tiempo de inyección de 0.25 ms, y en las presiones de 300, 400 bar con un tiempo de inyección de 0.5 ms, no pudo ser apreciable el caudal de inyección puesto que ingresa muy poco fluido, el cual es pulverizado en su totalidad, ocasionando que no se muestre nivel en la probeta recolectora.



Figura 140. Análisis gráfico de los caudales de inyección, con variación del tiempo de inyección y numero de SRTK a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión en baso a los datos de la tabla 56.

Tabla 57.**Caudales de retorno del inyector EJBR03701D CRDI Delphi**

		300 bar	400 bar	500 bar	600 bar	700 bar
Tiempo de inyección	SRTK	Caudal retorno	Caudal retorno	Caudal retorno	Caudal retorno	Caudal retorno
ms		(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)
0,25	250	--	--	--	0,7	0,5
0,5	250	--	0,1	0,1	1	1
1	250	0,1	0,7	1,2	2,1	2
1,5	250	1	2,6	3	5	3
2	250	2,2	3	4,5	5,1	5
0,25	500	--	1	2,9	3,1	3,5
0,5	500	1	2	4,9	5	5,4
1	500	2,7	4,5	6	7,8	9
1,5	500	5	7	9,1	11	11,5
2	500	8,5	9	10,8	13	13,9
0,25	750	1,1	2,5	4	7	7
0,5	750	3,5	4,7	6	9	9,8
1	750	7,5	8	11	13	15
1,5	750	9,5	11,5	13,5	16	15
2	750	11	12,5	15	18,5	20,5
0,25	990	3,1	4,2	6,2	9,5	10,5
0,5	990	4,9	6,9	9	12,5	13,9
1	990	8,9	9,1	15	15,6	18
1,5	990	10,4	14	22	22	23
2	990	13,4	15,5	18,75	25	27,8

En la tabla 57, se observa la variación del número de STRK y del tiempo de inyección para cada presión de prueba, el caudal de retorno es directamente proporcional al número de SRTK, al tiempo de inyección y a la presión respectiva se determinó que el caudal máximo de retorno se llegó a dar bajo parámetros de 990 STRK Y 2ms de inyección, alcanzando un valor máximo 27.8ml a una presión de 700 bar.

Se pudo observar que al situarse en ciertas parámetros pruebas, la presión es muy baja o el número de SRTK muy corto como para entregar un caudal apreciable en las probetas de medición. Por otro lado en el rango de pruebas cuyo tiempo de inyección es de 0.25 ms sin importar la presión ni el número de STRK correspondientes, el caudal de retorno supera al caudal de inyección, no cumpliéndose de la misma manera en otros tiempos de inyección.



Figura 141. Análisis grafico de los caudales de retorno, con variación del tiempo de inyección y numero de SRTK a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión, en baso a los datos de la tabla 57.

4.7.8. Análisis de las pruebas eléctricas del inyector EJBR03701D.

Tabla 58.

Valores eléctricos del inyector Delphi EJBR03701D.

Presión	Tiempo de inyección	Corriente de activación	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Resistencia en la bobina	Inductancia
(bar)	ms	(A)	(V)	(V)	(Ω)	(μ H)
300	0,25	16,7	20,2	2,1	0,3	38
300	0,5	16,1	20,4	2,1	0,3	38
300	1	16,5	20,4	2	0,3	38
300	1,5	17	20,4	2	0,3	38
300	2	15,8	20,4	2	0,3	38
400	0,25	16,7	20,2	2,1	0,3	38
400	0,5	16,1	20,4	2,1	0,3	38
400	1	16,5	20,4	2	0,3	38
400	1,5	17	20,4	2	0,3	38
400	2	15,8	20,4	2	0,3	38
500	0,25	15,8	20,4	2	0,3	38
500	0,5	15,8	20,4	2	0,3	38
500	1	17,2	20,4	2	0,3	38
500	1,5	16,4	20,4	2	0,3	38
500	2	16,8	20,4	2	0,3	38
600	0,25	17	20,4	2	0,3	38
600	0,5	16,5	20,4	2	0,3	38
600	1	16,3	20,4	2	0,3	38
600	1,5	16,8	20,4	2	0,3	38
600	2	17,1	20,4	2	0,3	38
700	0,25	17,6	20,4	2	0,3	38
700	0,5	17,1	20,4	2	0,3	38
700	1	17,2	20,4	2	0,3	38
700	1,5	15,7	20,4	2	0,3	38
700	2	17,2	20,4	2	0,3	38

En la tabla 58 los valores obtenidos a través la variación del número de STRK y el tiempo de inyección para cada presión, reflejan que el valor mínimo de la corriente de activación es de 15.7 A y un máximo de 17.6 A promediando en 15.5880 A, en cuanto al valor promedio del voltaje de activación es de 20,4V, el valor promedio del voltaje de retención es de 2 V y los valores que se mantuvieron constantes durante todas las pruebas fueron la resistencia eléctrica y la inductancia con 0,3 Ω y 38 μ H respectivamente.

El análisis gráfico comparativo de los voltajes de activación y voltajes de retención se da a conocer en la siguiente gráfica de barras.

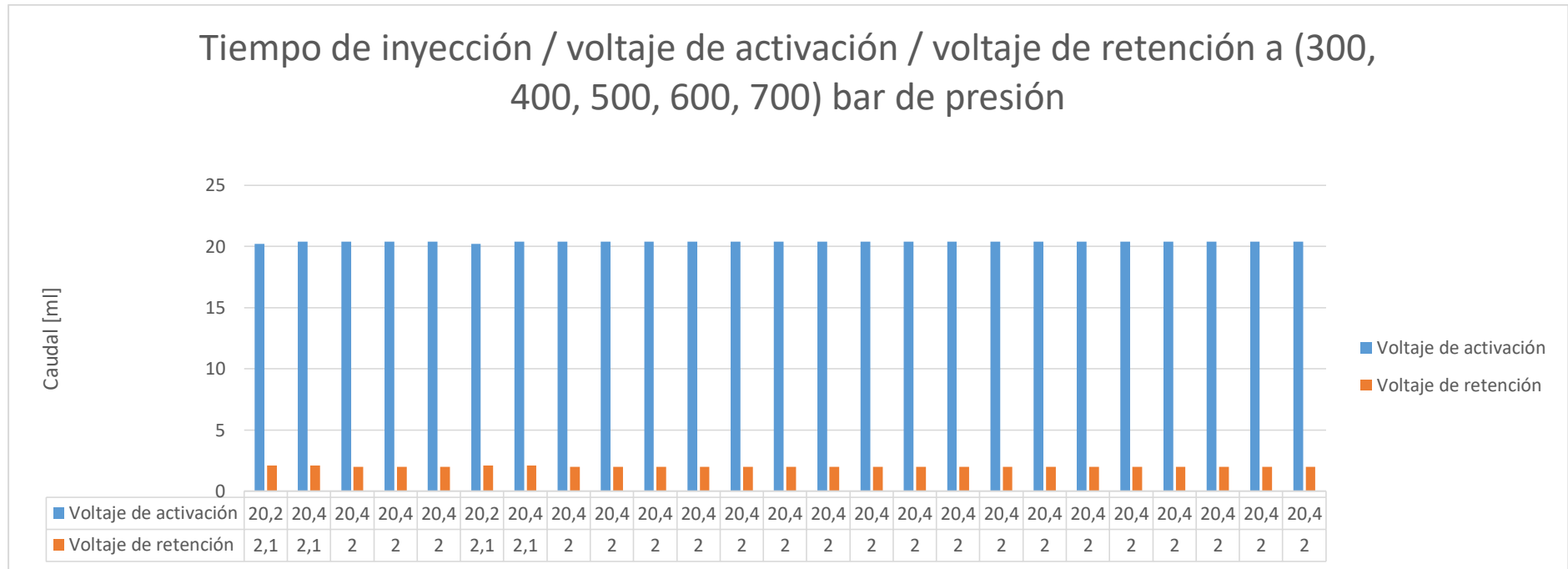


Figura 142. Análisis gráfico de los voltajes de inyección, y voltajes de retención con variación del tiempo de inyección y presiones de trabajo a (300, 400, 500, 600, 700) bar del inyector EJBR03701D.

Los valores de voltaje de activación y voltajes de retención no son directamente proporcionales al tiempo de inyección y presiones de trabajo y se encuentran en un promedio general de 20,4V y 2,212V respectivamente

4.7.9. Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector EJBR03701D.

En el siguiente oscilograma se detallarán las secciones que lo conforman, y la especificación de las partes que cambiaron según la condición de la prueba.

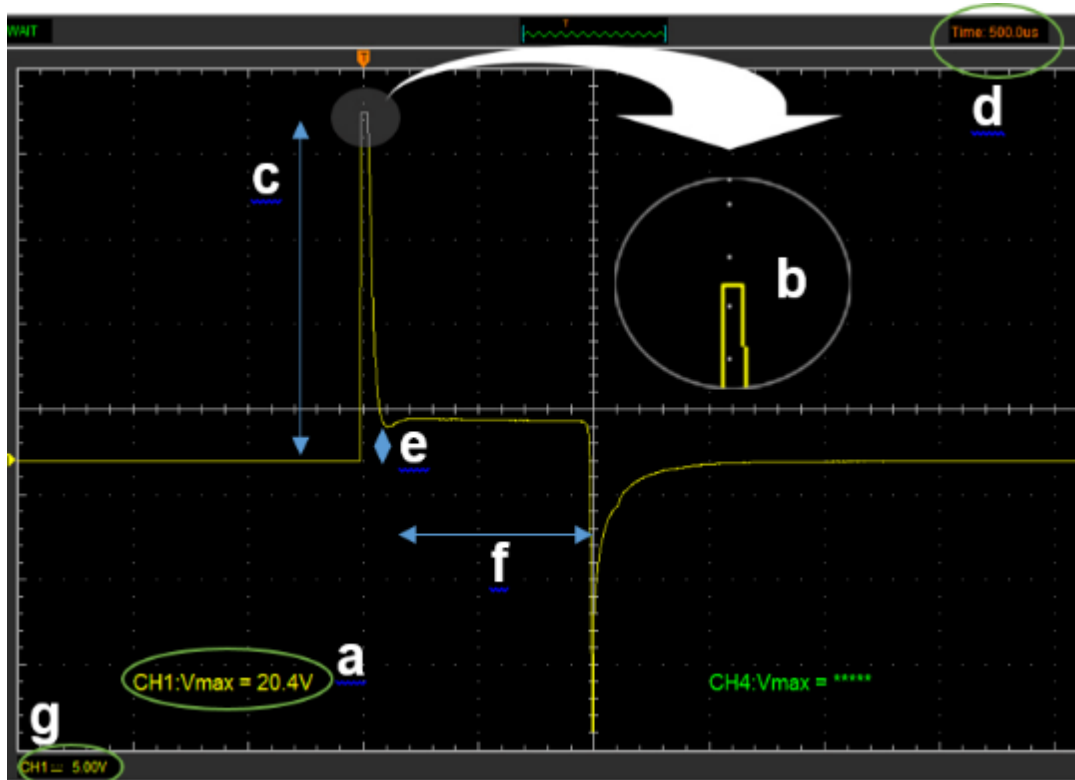


Figura 143. Detalle del oscilograma de tensión del inyector CRDI.

En la figura 143 la nomenclatura para cada letra se especifica de la siguiente forma, (a) es el voltaje de activación, se puede visualizar activando la opción desde measure, (b) en el cual la distancia horizontal representa el tiempo de 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 μ 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 se varíe 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 a analizar se trata del de corriente, cual inicia y culmina en el mismo momento en que lo hace el oscilograma de voltaje.

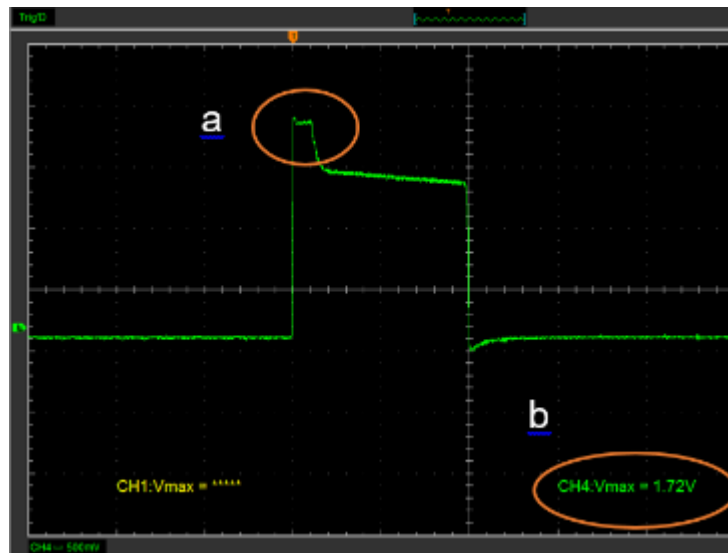


Figura 144. Detalle de las partes que componen el oscilograma de corriente.

En la figura 144 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 oscilograma de corriente, esta opción es posible visualizarlo ingresando a la opción de measure valor 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 y según los datos que a continuación se identificaran 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

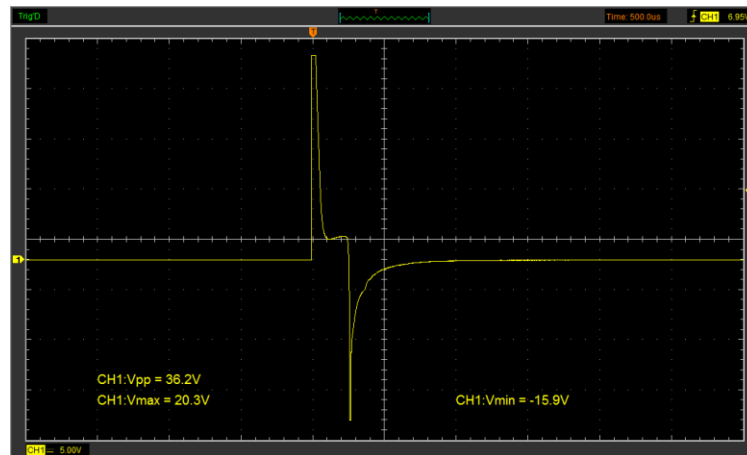


Figura 145. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 0,25ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.

En la figura 145 Se observa que el oscilograma representa el voltaje de activación de 20,3 voltios en 0,0244 mili 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.

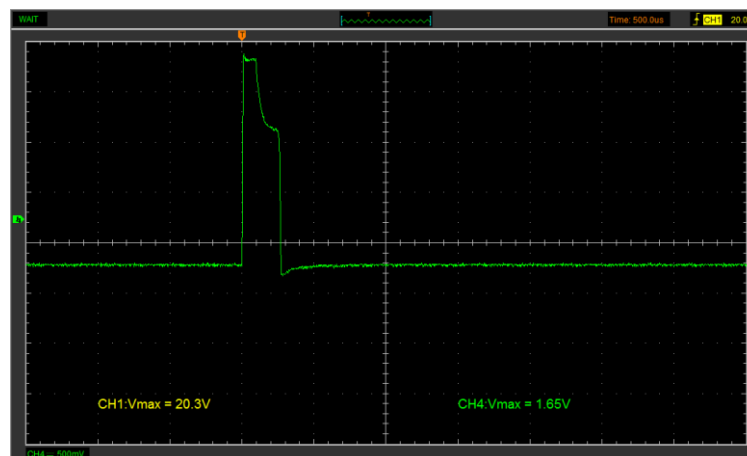


Figura 146. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 0,25ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.

En la figura 146 se observa que el oscilograma 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.

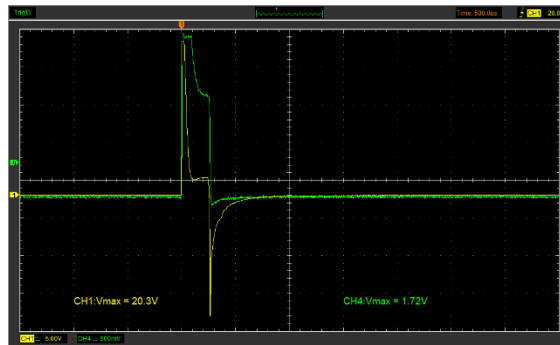


Figura 147. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 0,25 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.

En la figura 147 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 0.5 ms, inyector inductivo Delphi R04601D CRDI.

Los siguientes oscilogramas de voltaje y corriente se los obtuvo variando los pulsos de inyección a 0.50 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.

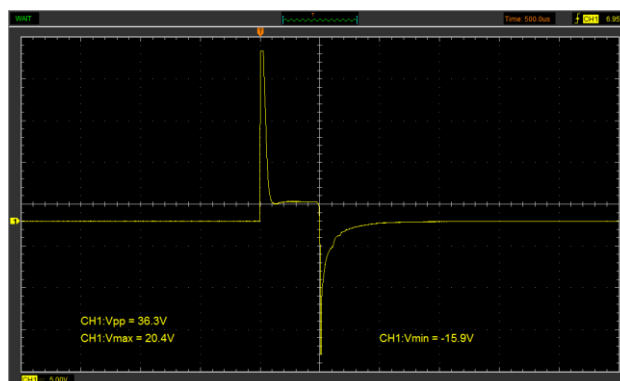


Figura 148. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 0,50ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.

En la figura 148 se observa que el oscilograma presenta el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,0243 mili segundo y un voltaje de mantenimiento de 2,1 voltios en un tiempo de 0,475 milisegundos, el voltaje de activación no se ve alterado al momento de variar los parámetros número de STRK o presión del sistema.

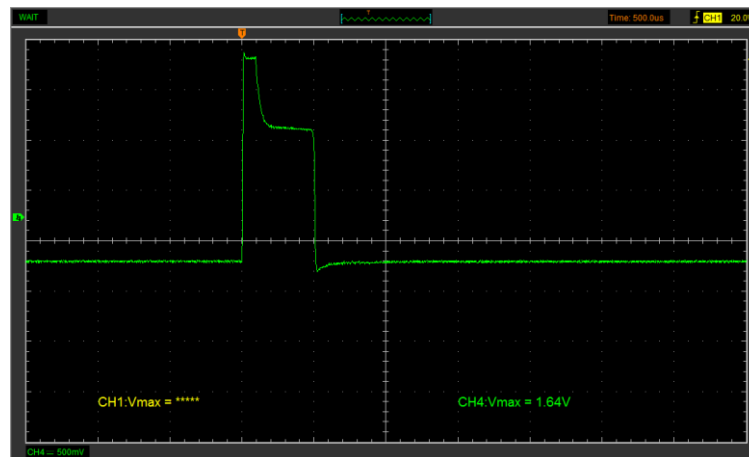


Figura 149. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 0,5ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.

En la figura 149, se observa que el oscilograma indica la corriente necesaria para activar el inyector de 16,4 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.

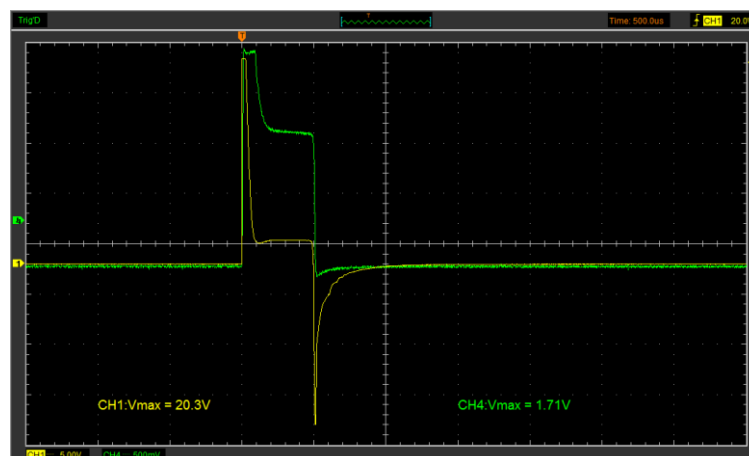


Figura 150. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 0,50 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.

En la figura 150 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 R04601D 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.

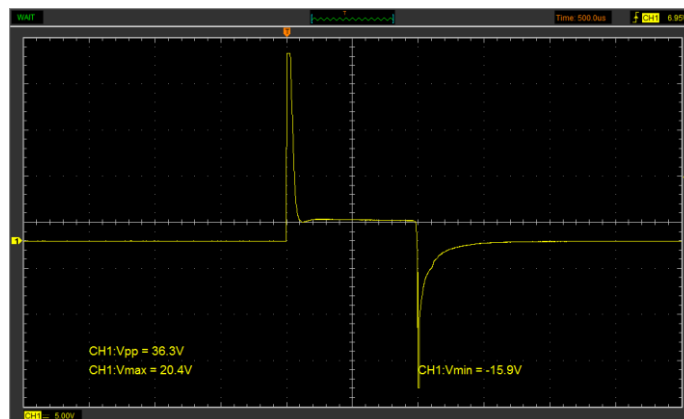


Figura 151. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 1ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.

En la figura 151 se observa que el oscilograma presenta el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,0243 mili segundo 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.

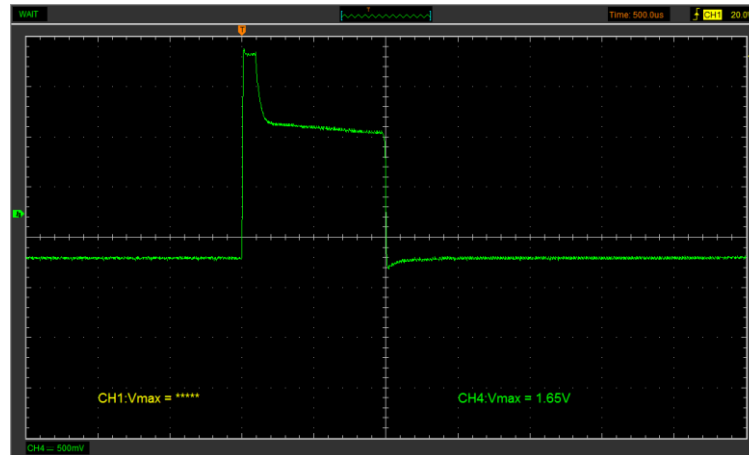


Figura 152. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 1ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.

En la figura 152, se observa que el oscilograma 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.

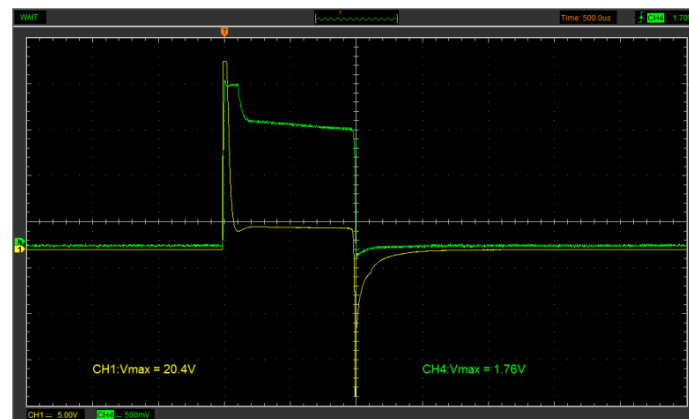


Figura 153. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 1 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.

En la figura 153 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 1,5 ms, inyector inductivo Delphi R04601D CRDI.

Los siguientes oscilogramas de voltaje y corriente se los obtuvo variando los pulsos de inyección a 1,5 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

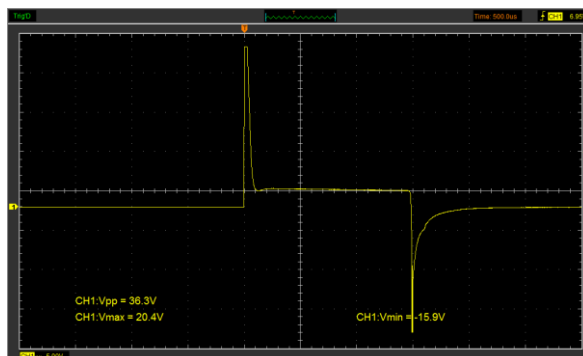


Figura 154. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 1,5ms del inyector EJB03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.

En la figura 154 se observa que el oscilograma presenta el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,024 mili segundo y un voltaje de mantenimiento de 2 voltios en un tiempo de 1,476 milisegundos, el voltaje de activación no se ve alterado al momento de variar los parámetros número de STRK o presión del sistema.

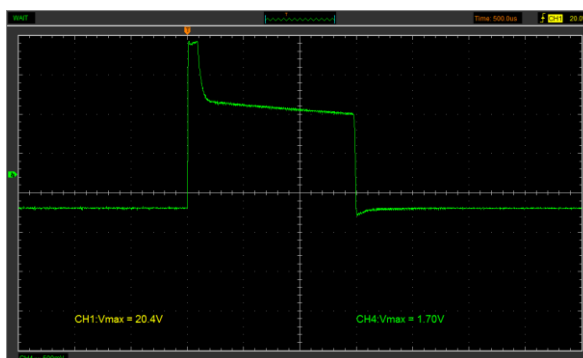


Figura 155. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 1,5ms del inyector EJB03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.

En la figura 155, se observa que el oscilograma indica la corriente necesaria para activar el inyector de 17,5 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.

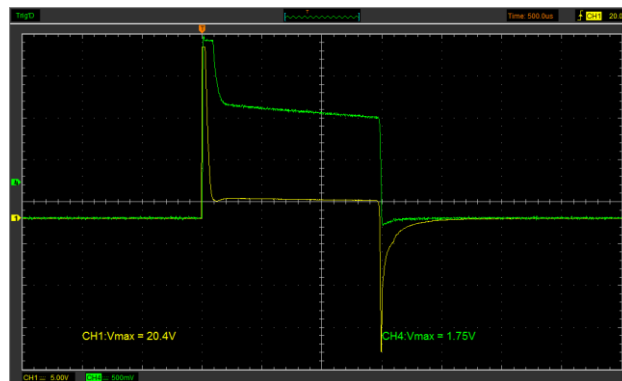


Figura 156. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 1,5 ms, del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.

En la figura 156 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 R04601D CRDI.

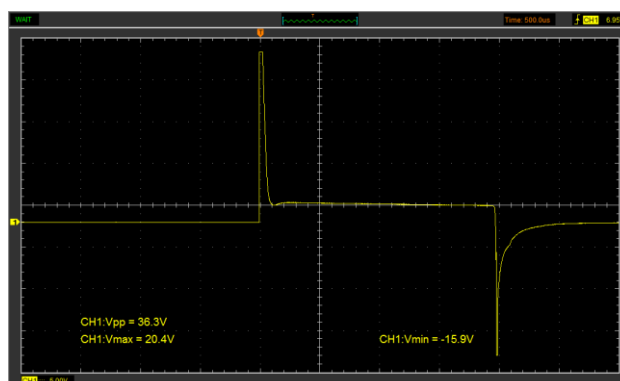


Figura 157. Oscilograma de voltaje, con un tiempo de inyección de 2ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo

En la figura 157 se observa que el oscilograma presenta el voltaje de activación de 20,4 voltios en 0,0243 milisegundos 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.

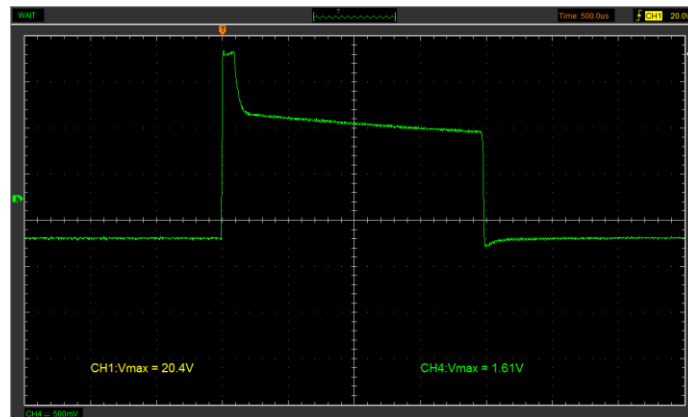


Figura 158. Oscilograma de corriente, con un tiempo de inyección de 2ms del inyector EJBR03701D CRDI Delphi independiente de su presión de trabajo.

En la figura 158, se observa el oscilograma 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.

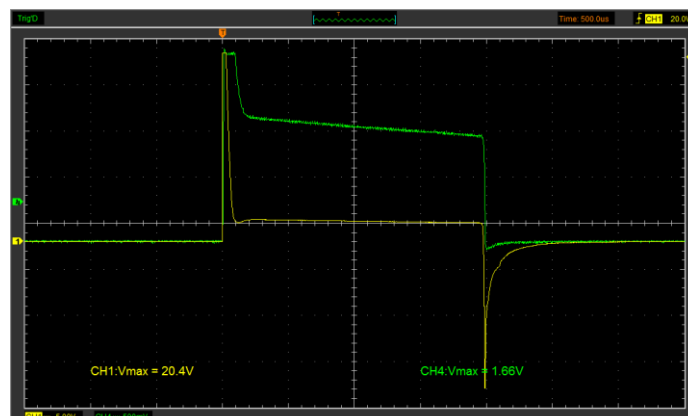








Figura 159. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneo con un tiempo de inyección de 2 ms, del inyector EJBR04601D CRDI Delphi.

En la figura 159, 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.

4.7.10. Parámetros del inyector EJBR03701D.

Tabla 59.
Parámetros generales del inyector EJBR03701D CRDI Delphi.

Indicador	Ítem	Técnica	Medición	Grafica
Presión Max de prueba	bar	Medición (Tester VNP- 3500)	700	
Presión min de prueba	bar	Medición (Tester VNP -3500)	300	
Número de orificios del inyector	#	Observación Inyector	6	
Presión de retorno	bar	Medición (Manómetro)	2.75	
Ángulos de dispersión	°	Cálculo (Datos obtenidos)	7.7619	
Angulo de Disparo	°	Cálculo (Datos obtenidos)	9.0436	
Bomba	#	Investigación (Especificaciones)	9044A07 2A	
Tobera	#	Investigación (Especificaciones)	L097PRD	

4.7.11. Ángulo de pulverización.

El inyector EJBR03701D CRDI marca Delphi, es un inyector tipo inductivo, utilizado en los vehículos, Hyundai Terracán motor 2.9 y Kia, Carnival, motor 2.9.



Figura 160. Inyector CRDI DELPHI EJBR03701D

Para la determinación del ángulo de pulverización son necesarios los siguientes datos

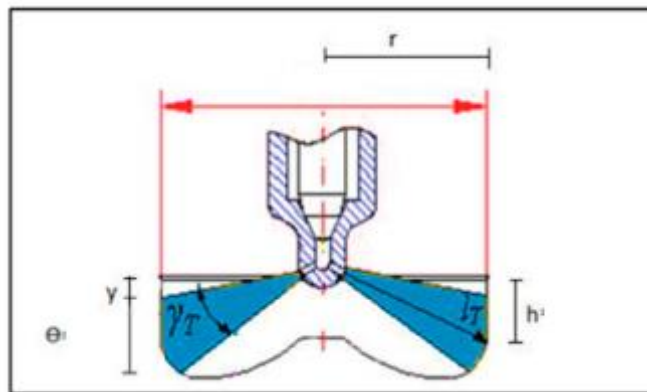






Figura 161. Ángulos de pulverización.

- h = altura.
- r = radio del cilindro.
- θ =Diámetro de alturas.
- Y = Diferencia de alturas.
- I_T =Ángulo de disparo a determinar.
- γ_T =Ángulo de dispersión a determinar

Para la obtención de estos datos se siguió los siguientes pasos.

Tabla 60.

Protocolo para calcular los ángulos de pulverización.

ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN		
Nº	Detalle	Foto
1	Para la obtención del radio del cilindro se midió el diámetro exterior del cilindro con la ayuda del calibrador pie de rey y así se obtuvo el radio externo.	
2	Se debe tener en cuenta el grosor del material del cilindro para restarle al radio externo y obtener la medida del radio interno	
3	Se toma la medida del inyector desde la punta hacia una referencia marcada para situarlo correctamente más adelante	
4	Se midió la distancia desde la punta hacia los orificios de pulverización del inyector	

CONTINÚA.



5

Se calcula y se traslada la medida para situar el mismo nivel de la punta del inyector en el cilindro de pulverización



Figura 166. Traslación de medidas al cilindro de pulverización

6

Una vez ubicada la medida exacta en el cilindro de pulverización, con la ayuda de papel milimetrado se debe marcar una línea de referencia



Figura 167. Referencia en el cilindro de inyección

7

Se tomó la medida del diámetro de chorro, realizando la prueba de pulverización en el TESTER VNP – 3500

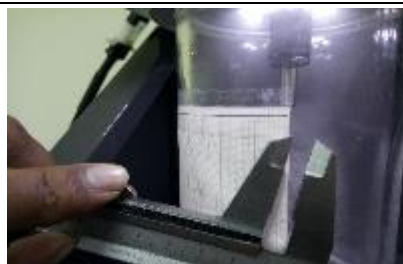


Figura 168. Diámetro del chorro de inyección

8

Se marca el centro del chorro y así se puede visualizar las medidas que pedían al inicio, para el cálculo de los ángulos



Figura 169. Centro del chorro de inyección.

Gracias a la línea de referencia que se sitúa en el cilindro de pulverización y a la medida del diámetro de chorro que el inyector dibuja en el cilindro cada vez que inyecta, se determinó los siguientes datos;

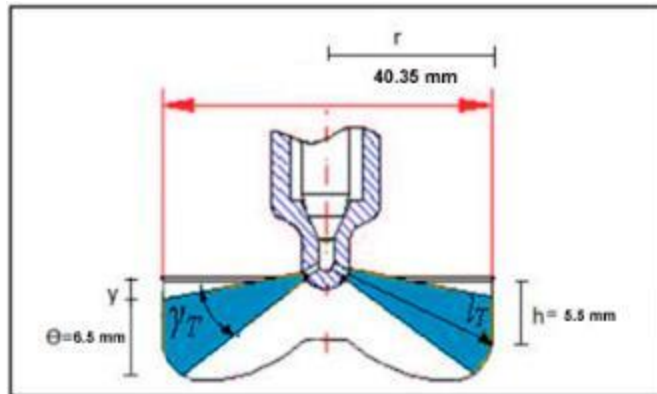


Figura 170. Ángulo de inyección.

Datos:

- $h = \text{altura} = 0,55 \text{ cm}$.
- $r = \text{radio del cilindro} = 4,035 \text{ cm}$
- $\theta = \text{Diámetro del chorro} = 6,5 \text{ mm}$.
- $I_T = \text{Angulo de disparo}$
- $\gamma_T = \text{Angulo de dispersión}$
- $Y = \text{Diferencia de alturas} = 2,25 \text{ mm}$

Con la ayuda de estos datos se llevó cabo el cálculo de los ángulos de dispersión y disparo mediante la utilización de las ecuaciones (1) y (2).

Ángulo de disparo

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{0,55 \text{ cm}}{4,035 \text{ cm}}\right)$$

$$I_T = 7,7619^\circ.$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{6,5 \text{ mm} + 2,25 \text{ mm}}{40,35 \text{ mm}}\right) - \arctan\left(\frac{2,25 \text{ mm}}{40,35 \text{ mm}}\right)$$

$$\gamma_T = 9,0436^\circ$$

Tabla 61.
Ángulos de pulverización

EJBR03701D CRDI DELPHI	
Ángulo de Disparo	7,7619°
Ángulo de dispersión	9,0436°

4.7.12. Presión de retorno.

Para medir la presión del caudal de retorno se utilizó un manómetro de paso de combustible, y fue necesario seguir los siguientes pasos

- Ubicar la manguera de ingreso al manómetro, en la salida de caudal de retorno del inyector,
- Ubicar la manguera de salida del manómetro a la manguera de retorno del Tester VNP – 3500
- Realizar los ajustes necesarios de los acoples verificando que todo esté bien instalado
- Poner en marcha una prueba de inyección independientemente de los parámetros, tiempo de inyección y numero de STRK,
- Medir la presión de retorno que se verá marcada en el manómetro de paso de combustible

Para el inyector EJBR03701D la presión de retorno que fue establecida se menciona en la siguiente tabla:

Tabla 62.
Medición de presión del caudal de retorno


Inyector	Marca	Medida	Unidades	Gráfica
EJBR03701D	Delphi	2.75	Bar	

Figura 171. Presión de retorno

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Recursos

Para poder llevar a cabo la investigación científica con validez técnica, fueron necesarios varios aportes que permitan cumplir todos los objetivos y metas propuestas.

Por lo cual en el presente capítulo se ha dado a conocer detalladamente los recursos humanos, físicos, materiales, tecnológicos, financieros, que intervinieron con la finalidad de optimizar y facilitar el desarrollo del proyecto y mediante ello poder concluir con satisfacción el mismo.

5.2. Recursos humanos

Los recursos humanos son el aporte principal al realizar el proyecto pues de ellos surgen las ideas que se verán encaminadas al cumplimiento de los objetivos.

Por ello la ejecución de la investigación: “INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES DE MARCA DELPHI “EJBR02801D” Y “EJBR04601D” DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION)”, fue encaminada por los señores:

Tabla 63.

Recursos humanos.

Recursos Humanos	
Ing. Germán Erazo	Director
Ing. José Quiroz	Docente
Alexi Bombón	
Paul Chalco	Investigadores

5.3. Recursos Físicos.

Los espacios adecuados son de gran importancia para la eficiencia de un proyecto, dependiendo de la actividad a realizarse, esto permite que el trabajo y análisis de la investigación además de los procedimientos se lleven a cabo de una forma ordenada y a la vez los resultados obtenidos no son afectados por factores varios

Tabla 64
Recursos físicos.

Recursos físicos	
Pruebas de laboratorio	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE –L (Campus Belisario Quevedo)
Desarrollo teórico	Bibliotecas de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Domicilio de los investigadores.

5.4. Recursos materiales

Para llevar a cabo las pruebas de laboratorio se debe utilizar materiales técnicos específicos para las funciones requeridas; así también para la realización de la parte teórica y metodológica del proyecto son necesarios materiales de estudio y suministros varios:

Tabla 65.
Recursos materiales.

Recursos materiales	
Pruebas de laboratorio	Equipo de seguridad personal.
	Herramientas automotrices.
	Taípe.
	Cinta Adhesiva
	Batería 9v
	Papel milimetrado
	Puntero laser.
	Productos de limpieza "Clear Clean"
	Compresor de aire de 4 HP
Desarrollo tecnológico	Libros Automotrices
	Hojas de papel / esferos /calculadora.

5.5. Recursos tecnológicos

Para realizar las pruebas de laboratorio se debe utilizar herramientas y equipos específicos los cuales cumplen con funciones específicas; de la misma manera para el desarrollo teórico y metodológico del proyecto es necesario materiales de estudio y varios suministros.

Tabla 66.
Recursos tecnológicos

Recursos tecnológicos	
Pruebas de laboratorio	Testar VNP – 3500 CRDI
	Osciloscopio Owon PDS5022T
	Osciloscopio Hantek 1008c
	Multímetro automotriz
	Pinza amperimétrica Bran Bee
	LCR meter Proskit Tool
	Computador
Desarrollo teórico	Internet
	Computadora
	Impresora

5.6. Recursos Financieros

Al ser un proyecto de calidad técnica, requiere la utilización de equipos, instrumentos, materiales, y varios implementos que constituyen costos económicos, los mismos que son asumidos por parte de los investigadores encargados del proyecto.

Los recursos financieros entablan los gastos que se llevan a cabo durante la ejecución del proyecto, el presupuesto económico utilizado, que se detalla en la siguiente tabla

Tabla 67.**Recursos financieros**

Ord.	Cat.	Unid.	Detalle	Unitario	Total
1	1	Gal.	Viscor	60	60
2	2	Unid.	Equipo de seguridad personal	10	20
3	1	Juego.	Herramientas manuales	150	150
4	5	Unid.	Guaípe	1	5
5	1	\$	Alquiler del Tester VNP – 3500 CRDI	400	400
6	1	\$	Alquiler del osciloscopio Owon	200	200
7	1	\$	Alquiler del osciloscopio Hantek	200	200
8	1	\$	Alquiler de la pinza amperimétrica Brain Bee	100	100
9	1	\$	Inyector diésel EJBR02801D CRDI Delphi	531.52	531.52
10	1	\$	Inyector diésel EJBR04601D CRDI Delphi	682.86	682.86
11	1	\$	Transporte	150	150
12	1	\$	Gastos extras	150	150
13	1000	Unid.	Papel Bond	0.01	10
14	1000	Unid.	Impresiones	0.15	150
TOTAL GENERAL					\$2809,38

5.7. Análisis de costo del proyecto

Se debe considerar que para llevar a cabo la ejecución del proyecto los inyectores a ponerse a prueba deben ser totalmente nuevos, puesto que los parámetros a investigarse van a ser establecidos por primera vez, es por ello el elevado precio de los mismos,

Además para llevar a cabo la obtención de datos de parámetros de los inyectores es necesario usar equipos especializados, es por ello que el alquiler de los osciloscopios, pinza amperimétrica, y el equipo más importante Tester VNP-3500 CRDI es indispensable.

El presupuesto establecido para la investigación es relativo, pues la magnitud del proyecto y la variación en los costos se pueden ver afectados con el pasar del tiempo.

5.8. Análisis de costo – beneficio.

Este análisis determina la viabilidad del proyecto de investigación en consideración al costo que implica.

Debido a que el proyecto es de carácter técnico, se requiere la utilización de equipos tecnológicos adecuadamente calibrados que ofrezcan gran precisión en sus mediciones, al momento de realizar las pruebas.

La investigación llevada a cabo permitió obtener información veraz con la cual se desarrolló un protocolo de pruebas y metodologías que permiten establecer el desempeño mecánico y eléctrico de varios inyectores inductivos para sistema CRDI de marca Delphi, por otro lado se estableció información tecnológica científica que sirve como fuente de consulta para posteriores investigadores. Debido a que uno de los objetivos de la universidad está dirigido a la investigación y a la innovación continua, temas que aporten nueva información a la ya establecida son considerados de gran importancia académica.

5.9. Cronograma.

Se detallan las actividades realizadas para el desarrollo de la investigación de inicio a fin.

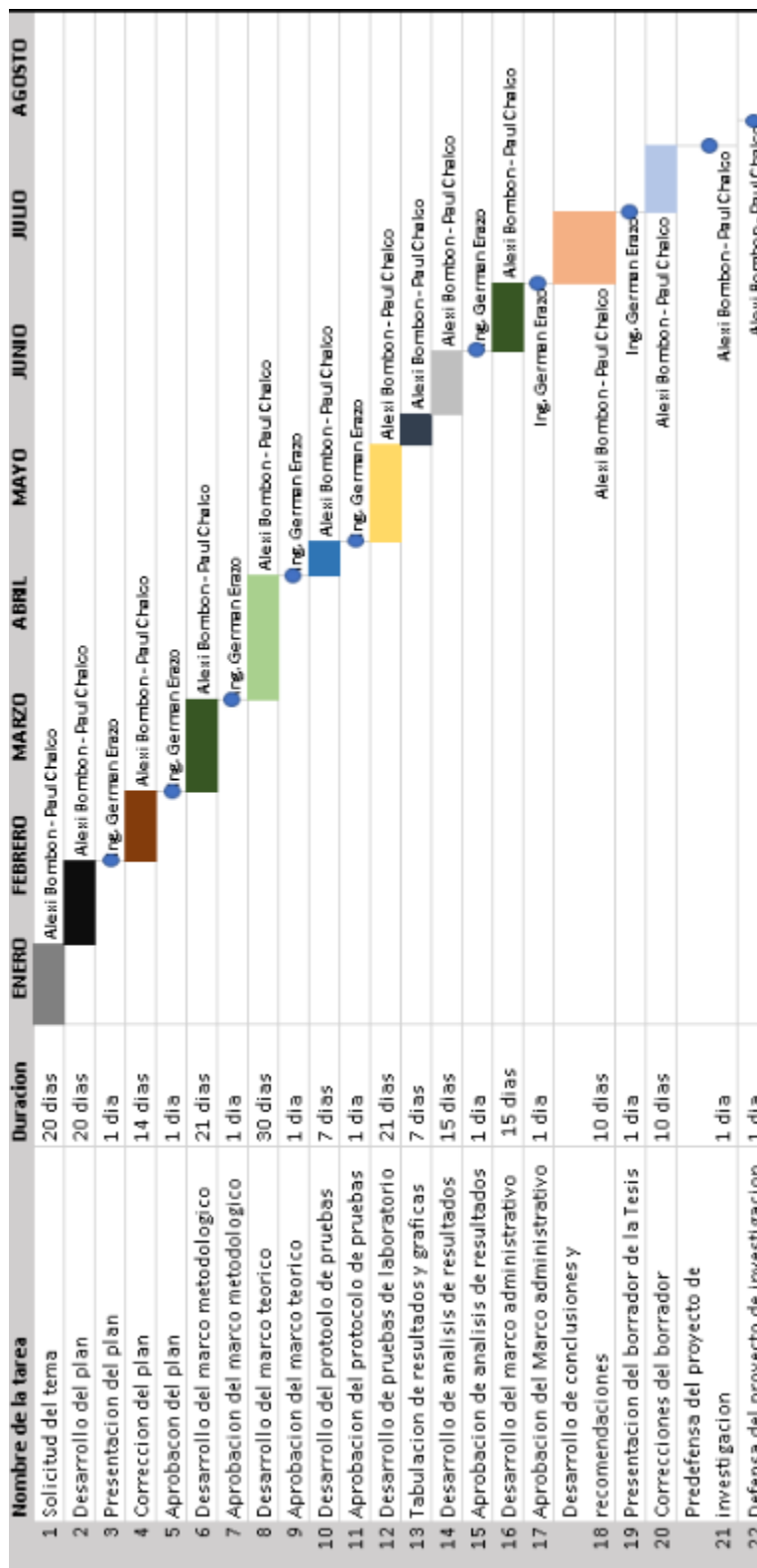


Figura 172. Cronograma de actividades

CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación se llegó a la conclusión de:

- Se investigó las fuentes confiables de información teórica posible, referente al tema, con su respectivo respaldo para el estudio, desarrollo y ejecución de la investigación.
- Se verificó las marcas de automóviles utilizan inyectores de marca Delphi en el país.
- Se caracterizó las condiciones de operación de los inyectores Delphi.
- Se evaluaron a los inyectores objeto de experimentación con cero horas de funcionamiento para utilizarlo como patrón de comparación, en base a cada uno de los protocolos establecidos para la investigación.
- Se determinó el tiempo de funcionamiento óptimo mediante la variación de los parámetros de tiempo de inyección, número de STRK y presión de operación.
- Se realizaron las pruebas mecánicas a los inyectores Delphi, las cuales se especifican como la prueba de caudal y de pulverización.
- Se realizaron las pruebas eléctricas pertinentes a los inyectores Delphi los cuales son: pruebas de corriente de activación, voltaje de activación, resistencia de la bobina e inductancia.
- Se elaboró el análisis comparativo de cada uno de los resultados obtenidos en los protocolos de pruebas, resultados expuestos en varias tablas pertenecientes a cada prueba.
- Se determinó que para cada presión de prueba, en el inyector R04601D, el caudal de inyección es directamente proporcional a la variación del

número de STRK y al tiempo de inyección con un valor máximo de 65,9 mm^3 a 700 bar, 990 STRK y 2ms de tiempo de inyección.

- Se determinó que para cada presión de prueba, para el inyector EJBR04601D, el caudal de retorno es directamente proporcional a la variación del número de STRK y al tiempo de inyección con un valor máximo de 30,1 mm^3 a 700 bar, 990 STRK y 2ms de tiempo de inyección.
- La variación del número de STRK y el tiempo de inyección para cada presión de prueba para el inyector EJBR04601D, permitió visualizar el valor mínimo de la corriente de activación de 16,1 A y un máximo de 18A.
- Se determinó que durante las pruebas eléctricas a diferentes presiones número STRK y tiempo de inyección para el inyector EJBR04601D, el valor promedio del voltaje de retención es de 2,212 V.
- Se determinó que durante las pruebas eléctricas a diferentes presiones número STRK y tiempo de inyección para el inyector EJBR04601D, el valor promedio del voltaje de activación es de 20,4 V.
- La variación de los valores tanto de presión, número de STRK y tiempo de inyección, permitieron visualizar que para el correcto funcionamiento del inyector EJBR04601D la resistencia de la bobina debe ser de 0,3 Ω y tener una impedancia 39 μH , datos que se mantuvieron constantes en todo momento.
- Se concluyó que en el funcionamiento del inyector R04601D, el tiempo disparo es directamente proporcional al tiempo de inyección y la relación existente entre el tiempo de disparo y el tiempo de retención es inversamente proporcional.
- Se determinó que para cada presión de prueba, para el inyector EJBR03701D, el caudal de inyección es directamente proporcional a la variación del número de STRK y al tiempo de inyección con un valor

máximo de $79,6,9 \text{ mm}^3$ a 700 bar, 990 STRK y 2ms de tiempo de inyección.

- Se determinó que para cada presión de prueba, para el inyector EJBR04601D, el caudal de retorno es directamente proporcional a la variación del número de STRK y al tiempo de inyección con un valor máximo de $27,8 \text{ mm}^3$ a 700 bar, 990 STRK y 2ms de tiempo de inyección.
- La variación del número de STRK y el tiempo de inyección para cada presión de prueba para el inyector R03701D, permitió visualizar que el valor mínimo de la corriente de activaciones de 15,7 A y un máximo de 17,6 A.
- Se determinó que durante las pruebas eléctricas a diferentes presiones número STRK y tiempo de inyección para el inyector EJBR03701D, el valor promedio del voltaje de retención es de 2 V.
- Se determinó que durante las pruebas eléctricas a diferentes presiones número STRK y tiempo de inyección para el inyector EJBR03701D, el valor promedio del voltaje de activación es de 20,4 V.
- La variación de los valores tanto de presión, número de STRK y tiempo de inyección, permitieron visualizar que para el correcto funcionamiento del inyector EJBR03701D la resistencia de la bobina debe ser de $0,3 \Omega$ y tener una impedancia $38 \mu\text{H}$, datos que se mantuvieron constantes en todo momento.
- Se concluyó que en el funcionamiento del inyector EJBR03701D, el tiempo disparo es directamente proporcional al tiempo de inyección y la relación existente entre el tiempo de disparo y el tiempo de retención es inversamente proporcional.
- Se concluyó que tanto para el inyector R04601D y R03701D los valores de los grados de activación con respecto al cigüeñal serán directamente proporcionales al tiempo de inyección, con $0,819^\circ$ en 0,25 ms y $6,554^\circ$ en 2 ms.

RECOMENDACIONES

Al finalizar la investigación se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Trabajar con el equipo de protección personal adecuado, puesto que el Tester trabaja con altas presiones, y puede poner en peligro la integridad de los operadores si no se trabaja con las debidas precauciones.
- Por ningún motivo se debe encender la maquina si los inyectores aún no están correctamente ubicados, puesto que la alta presión a la que se llevan a cabo las pruebas puede ocasionar incidentes graves.
- Para verificar el estado de un inyector primero se recomienda realizar la prueba de resistencia, para verificar si la misma está en buenas condiciones, caso de no marcar resistencia es innecesario realizar las pruebas de caudal.
- Debemos utilizar guantes de látex al momento de manipular los inyectores, puesto que la grasa, el sudor, o suciedades de las manos podrían a largo plazo afectar el estado de los mismos
- La trampa de agua del Tester VNP – 3500 CRDI debe ser revisada diariamente puesto que el paso de agua hacia los inyectores ocasionaría un daño grave en los mismos.
- Ajustar correctamente las cañerías para evitar fugas de presión.
- Mientras el equipo no esté en uso, gire la válvula de liberación de presión en sentido anti horario, esto libera la presión en el sistema y permite realizar el desmontaje de los inyectores, sin riesgo alguno.
- Los equipos que se van a utilizar en las pruebas deben estar calibrados y puestos a punto con el fin de obtener datos reales y confiables, que respalden la validez de la investigación.
- Utilizar esta investigación como base para el desarrollo de un nuevo análisis investigativos, en el que, además de comportamiento mecánico y electrónico se muestre análisis de reparación de los inyectores en el caso de que no cumplan con los parámetros establecidos en este protocolo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrogué, F. (28 de 04 de 2013). *Scrib*. Recuperado el: 02 de junio del 2017. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/138371031/delphi-hdi-dcm3-4-ppt>
- Arizaga, F., & Torres, P. (12 de Enero de 2014). *Diseño de un simulador para diagnóstico de bombas CDRI e implementación en un banco de pruebas hartridge de bombas convencionales*. Recuperado el: 18 de junio del 2017. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec>
- Alonso Jose. (2001). *Técnicas del Automovil: Sistema de Inyección de Combustible en los motores Diésel*. Madrid: Thomson Editores.
- Beg, A., Sarker, I., & Riza, P. (2010). Production of Diésel Fuel From Used Engine Oil. *International Journal Of Mechanical & Mechatronics Engineering*.
- Bennett, S. (2009). *Diesel Engines*. Clifton Park, N.Y.: Delmar Cengage Learning.
- Bosch, R. (2002). *Los sensores en el Automóvil*. España.
- Bosch, R. (2002). *Regulación Electrónica Diésel (EDC)*. Stuttgart: Robert Bosch Gmb.
- Bosch, R. (2005). *Sistema de inyección Diesel por acumuladr Common Rail*. España.
- Castillejo, A. C. (2014). *Sistemas de Inyección en Motores Diésel*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Coral de la Cadena, F. A. (2012). *Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel crdi para la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Riobamba: ESPOCH.
- D. Almeida Streitwieser, F. J. (s.f.). *Conversión de aceite lubricante usado de automóviles a Diesel #2*.
- De Castro , M. (2000). *Manual de inyección Diésel* . Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.

- Delphi Automotive LLP. (2015). *DELPHI*. Recuperado el: 09 de junio del 2017. Obtenido de <http://www.delphi.com/manufacturers/auto/powertrain/diesel/inject/diesel-fuel-injectors>
- Delphi. (2014). *diesel.ad.ua*. Recuperado el: 01 de junio del 2017. Obtenido de <http://diesel.ad.ua/files/d1.pdf>
- Delphi France SAS. (2007). *Manual Common Rail Principios de Funcionamiento*. Blois: Delphi France SAS.
- Delphi. (2007). *Manual Common Rail Principios de Funcionamiento*. Francia.: Delphi France SAS.
- DELPHI. (2006). *Workshop manual common rail injector (dfi1) - repair procedure ddnx299(en)*. Blois
- Delphi. (2012). *Common Rail*. England: Delphi France SAS. Recuperado el: 09 de junio del 2017. Recuperado el: 27 de junio del 2017. Obtenido de <http://diesel.ad.ua/files/d1.pdf>
- DELPHI. (26 de 01 de 2017). *Delphi GL5.0 Heavy Duty Diesel Common Rail System*. Recuperado el: 27 de junio del 2017. Obtenido de <http://www.delphi.com/docs/default-source/old-delphi-files/e7a9ca10-b4d3-4008-93d8-0f21cb6169db-pdf.pdf>
- Fustillo, J. (2006). *Programa Master Sistemas Common Rail*. Miami.
- Ganesan V. (2012). *Internal Combustion Engines*. New Delhi: Tata McGraw Hill.
- Gómez, D. (1 de Enero de 2012). *Estudio de Factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para inyectores del sistema Common Rail Bosch*. Obtenido de dspace. Universidad de Azuay: <http://dspace.uazuay.edu.ec>
- IndiaMART. (10 de Enero de 2012). *8 Cylinder Diesel Fuel Injection*. Recuperado el: 27 de junio del 2017. Obtenido de Indian Machine Tools: <http://www.fiptestbenches.com/diesel-fuel-injection-pump-test-stands.html>
- Jácome, A., López, D., Salinas, D., & Villavicencio, J. (2013). Banco para comprobación de inyectores diésel : denso , delphi y bosch del sistema crdi. *Energía y Mecánica, Innovación y Futuro*.

- Jha, S., Banerjee, S., & Jain, N. (2013). *Automobile Technology*. New Delhi: Roshan Lal Goyal.
- Kia Motors. (2016). *COMMON RAIL - Delphi Manual de Entrenamiento de Servicio*. Chile: Departamento de Asistencia Técnica.
- Logroño, P., & García, D. (2016). *Análisis de la incidencia de los tiempos de inyección y opacidad en un sistema de inyección de riel común diésel CRDI del vehículo Mazda B T- 50 cuando se generan códigos de fallas DTC*. Latacunga : Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE .
- M., E.-F., & Khoury, R. (2001). Strategies for vehicle waste-oil management: A case of study. *Resources. Conservation and Recycling* 33, 75–91.
- Martinez, F. (2011). *Tribología Integral*. México, D.F.: Limusa.
- Millares, J. (1985). *Motor diésel Inyección y combustión*. Barcelona: ediciones CEAC.
- Morales, A. (5 de Marzo de 2015). *Denso*. Recuperado el: 01 de junio del 2017. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/257782991/Denso>
- Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos (SEXTA EDICIÓN ed.)*. México, D.F.: PEARSON EDUCACIÓN.
- Muñoz, J., & Alfaro, M. (2007). Avances en la formulación de emulsiones. *GRASAS Y ACEITES*, 64-73.
- Myer Kutz, R. D. (1991). Motores de combustión interna. En M. Kutz, *Enciclopedia de la Mecánica Ingeniería y Técnica* (págs. 1915-1932). México, D.F.: GRUPO EDITORIAL OCEANO.
- OKDIARIO. (22 de 03 de 2016). *OKDIARIO*. Recuperado el: 18 de junio del 2017. Obtenido de <https://okdiario.com/motor/2016/03/22/contamina-más-diésel-gasolina-15915>
- Orovio, M. (2010). *Tecnología del automóvil*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
- Parlamento Europeo. (2007). Homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos. *Diario Oficial de la Union Europea.*, pág. 16.
- Payri F., D. J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Valencia: EDITORIAL UPV.
- Rajput, R. K. (2011). *Ingeniería Termodinámica*. México: Cengage Learning.

- Ralbovsky, E. (1999). *Motores diésel*. España: Praninfo.
- Ruiz, S., Bermúdez, V., Broatch, A., Climent, H., López, J., Serrano, J., & Tormos, B. (2005). *Prácticas de motores de combustión*. México, D.F.: Alfaomega.
- Sanz, S. (2011). *El motor diésel de cuatro tiempos*. Editex. *Science*, 73-79.
- Schöppe, D., Zülch, S., Martin, H., & Geurts, D. (2008). Delphi Common Rail System. *lightweight-design*, 32-38.
- Sudrajad, A. (2011). Experimental Study of Exhaust Emissions of W/O Emulsion Fuel In DI Single Cylinder Diesel Engine. *Modern Applied*
- T. Kandasamy KANNAN, M. R. (2011). Thevetia peruviana biodiesel emulsion used as a fuel in a single cylinder diesel engine reduces nox and smoke. *Thermal Science*, 1185 - 1191.
- Torres, & Arizaga. (2014). *Diseño de un simulador para diagnóstico de bombas crdi e implementación en un banco de pruebas*. Cuenca.
- Vasco, U. d. (2016). *El multímetro*. Recuperado el: 27 de junio del 2017. Obtenido de <http://www.ehu.eus/rperez/TE1/docu/multímetros.pdf>
- Vega Moreno, M. (2010). *Calidad del aire en América Latina vs combustibles alternativos*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca y los Autores.

ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:
JEFFERSON ALEXI BOMBÓN TOCA y MILTON PAUL CHALCO SUQUILLO.

En la ciudad de Latacunga a los 7 días del mes de agosto del 2017.

Ing. Germán Erazo
DIRECTOR DEL PROYECTO.

Aprobado por:

Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE CARRERA.

Dr. Freddy Jaramillo.
SECRETARIO ACADÉMICO.