



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y
DIAGNÓSTICO DE LA UNIDAD DOSIFICADORA EN MOTORES
DIÉSEL ELECTRÓNICOS”**



AUTORES: Erick Alexis Flores López

Anibal Alexander Ulcuango Vistin

DIRECTOR: Ing. Carlos Nolasco Mafla Yépez, MSG.

Ibarra-Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	1004601645	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	Flores Lopez Erick Alexis	
DIRECCIÓN:	Cotacachi-Quiroga-San José del Punge		
EMAIL:	eafloresl@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0959872527

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	1004140123	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	Ulcuango Vistin Anibal Alexander	
DIRECCIÓN:	Ibarra-San Antonio-Barrio Los Soles-Conjunto Soles		
EMAIL:	aaulcuangov@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0980367982


DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Implementación de un plan de mantenimiento y diagnóstico de la unidad dosificadora en motores diésel electrónicos
AUTOR (ES):	Flores Lopez Erick Alexis, Ulcuango Vistin Anibal Alexander
FECHA: AAAAMMDD	20/12/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Automotriz
DIRECTOR:	Ing. Carlos Nolasco Mafla Yépez MSc.

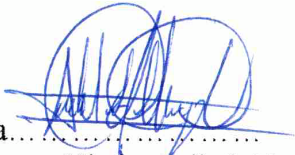
CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 03 días, del mes de Enero de 2024

EL AUTOR:


Firma.....
Flores Lopez Erick Alexis


Firma.....
Ulcuango Vistin Anibal Alexander

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 20 de diciembre de 2023

Ing. Carlos Mafla MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

①
Ing. Carlos Mafla MSc.
C.C.: 0401447826

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

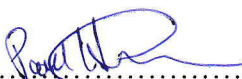
El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “Implementación de un plan de mantenimiento y diagnóstico de la unidad dosificadora en motores diésel electrónicos” elaborado por Flores Lopez Erick Alexis, Ulcuango Vistin Anibal Alexander, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



(f):

Ing. Carlos Mafla MSc.

C.C.: 0401447826



(f):

Ing. Erik Hernández MSc.

C.C.: 1002978060

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado de manera especial a mi familia, en particular a mis queridos padres, quienes han sido una fuente inagotable de motivación e inspiración durante todo el proceso de culminación de esta etapa profesional en mi vida. La bendición diaria que he recibido a lo largo de los años me ha protegido y guiado por el camino del bien.

No puedo dejar de mencionar a aquellos que ya no están físicamente a mi lado, pero cuyo apoyo ha sido fundamental para no darme por vencido. Les envío un fuerte abrazo, celebrando juntos este logro con las palabras "¡Lo logramos!". Su influencia perdurara en mi memoria y ha sido una parte esencial de mi viaje académico.

ERICK ALEXIS FLORES LÓPEZ

Dedico el presente trabajo a mis progenitores, quienes me brindaron los cimientos necesarios para mi formación como individuo y han desplegado sus mejores esfuerzos para ser mi apoyo constante a lo largo de este proceso. Asimismo, quiero expresar mi reconocimiento a mi hermano, quien ha demostrado inquebrantable fortaleza y ha sido mi constante compañero. Agradezco sinceramente a mis amistades y colegas, con quienes compartí momentos gratificantes y valiosas lecciones. No puedo pasar por alto rendir homenaje a aquellos seres que ya no comparten este plano existencial, pero cuyo respaldo fue igualmente significativo en la consecución de este objetivo.

ANIBAL ALEXANDER ULCUANGO VISTIN

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a todas las personas que colaboraron en el desarrollo de la presente investigación. Quisiera destacar de manera especial al director de tesis, cuya pericia y orientación fueron fundamentales para guiar y dirigir mi trabajo de grado. Asimismo, quiero reconocer y agradecer al Cuerpo Administrativo y al personal docente de la carrera, quienes generosamente autorizaron el acceso a los talleres para llevar a cabo las pruebas correspondientes con los diversos equipos disponibles en la institución. Su apoyo desinteresado fue crucial para el éxito de esta investigación.

ERICK ALEXIS FLORES LÓPEZ

Expreso mi sincero agradecimiento a mis padres por su invaluable contribución en la conclusión de una fase más en mi vida. A mi hermano, mi gratitud por ser un apoyo incondicional constante en cada paso. Al igual reconozco el respaldo incondicional de mi familia materna y paterna, cuya colaboración ha sido inestimable. Agradezco a mis educadores, quienes han dedicado su tiempo para facilitar la adquisición del conocimiento que ahora poseo. Además, extendiendo mi reconocimiento a mis compañeros, con quienes compartí el proceso formativo y quienes demostraron ser excelentes colegas, manifestándome su lealtad de manera palpable.

ANIBAL ALEXANDER ULCUANGO VISTIN

RESUMEN EJECUTIVO

Como demuestra la investigación el avance de la electrónica es fundamental para lograr un eficaz funcionamiento del sistema de dosificación en motores diésel. Por medio de la variación de voltaje podemos manipular la presión que se encuentra en el riel y provocar fallas en las que se analiza el comportamiento del motor. Para un correcto procedimiento en la identificación de anomalías del sistema de dosificación mediante la investigación de los parámetros de funcionamiento de la válvula ZME y DRV, la Universidad Técnica del Norte cuenta con equipos especializados, electrónicos y mecánicos que ayudan al diagnóstico del sistema de dosificación obteniendo los daños más frecuentes en la unidad de dosificación aquí son necesarias las fichas técnicas de funcionamiento del moto, los inyectores, las válvulas ZME y DRV.

En cuanto a la toma de datos, se optó por simular fallas dentro del sistema de alimentación de combustible del motor, al alterar dicho sistema hay anomalías dentro de la combustión de cada cilindro lo que ocasiona una falla fácilmente detectable por medio de las vibraciones captadas por un sensor, Inicialmente se caracterizó y etiqueto las muestras de datos para crear una tabla necesaria para la ejecución con los diferentes valores obtenidos al momento de la investigación

La evolución dentro de la industria automotriz nos está demostrando que la innovación dentro un mantenimiento correctivo y preventivo hemos obtenido una enorme reducción de emisiones y un rendimiento optimo al momento de estar en funcionamiento, en esta investigación se propone comprobar el funcionamiento anormal del vehículo para detectar posibles fallas a corto y largo plazo.

Palabras Clave: Mantenimiento, Diagnostico, Válvula, Motores, Diesel, Electrónicos

ABSTRACT

As the research shows, the advancement of electronics is fundamental to the efficient operation of the metering system in diesel engines. By means of voltage variation we can manipulate the pressure in the rail and cause faults in which the engine behaviour is analysed. For a correct procedure in the identification of anomalies in the dosing system by investigating the operating parameters of the ZME and DRV valves, the Technical University of the North has specialised electronic and mechanical equipment that helps in the diagnosis of the dosing system, obtaining the most frequent damages in the dosing unit, here the technical data sheets of the operation of the engine, the injectors, the ZME and DRV valves are necessary.

As for the data collection, it was decided to simulate failures within the engine fuel supply system, by altering this system there are anomalies within the combustion of each cylinder which causes a failure easily detectable by means of vibrations captured by a sensor. Initially the data samples were characterised and labelled to create a table necessary for the execution with the different values obtained at the time of the investigation. Con el título de “Abstract”, deben incluir el resumen redactado anteriormente en el idioma inglés.

The evolution within the automotive industry is showing us that innovation within a corrective and preventive maintenance we have obtained a huge reduction of emissions and optimum performance when in operation, in this research is proposed to check the abnormal operation of the vehicle to detect possible failures in the short and long term.

Keywords: Maintenance, Diagnostic, Valve, Engines, Diesel, Electronic, Electronic, Maintenance

LISTA DE SIGLAS

COA. Código Orgánico ambiental

MAE. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

MAG. Ministerio de Agricultura y Ganadería

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

ISTA. Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas.

INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador.

DRV. Sensor regulador de presión de riel

ZME. Válvula reguladora de presión.

ECU. Unidad de Control Electrónico (Electronic Control Unit)

GDS. Sistema Global de Diagnostico (Global Diagnostic Systems)

CRDi. Common Rail Direct Injection

RPM. Revoluciones Por Minuto

OBD-II. Diagnóstico a Bordo, Segunda Generación (On-Board Diagnostics, Second Generation)

OEM. (Original Equipment Manufacturer)

DTC. Código de Problema de Diagnóstico (Diagnostic Trouble Code)

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN EJECUTIVO.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	ix
CAPÍTULO I.....	1
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 PROBLEMA.....	1
1.2 SITUACIÓN ACTUAL.....	2
1.3 PROSPECTIVA.....	2
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.6 ALCANCE.....	3
1.7 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.8 CONTEXTO.....	4
1.9 MOTORES DIÉSEL ELECTRÓNICOS.....	5
1.10 EVOLUCIÓN DE LOS MOTORES.....	6
1.10.1 TIPOS DE MOTORES DIÉSEL.....	7
1.10.2 INYECCIÓN DIRECTA.....	8
1.10.3 INYECCIÓN INDIRECTA.....	8

1.11	SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA	9
1.11.1	SISTEMA DE COMMON RAIL.....	9
1.11.2	SISTEMA DE INYECTOR UNITARIO.....	9
1.11.3	SISTEMA DE BOMBA UNITARIA ELECTRÓNICA.....	10
1.11.4	SISTEMA DE INYECTOR PIEZOELÉCTRICO.....	10
1.11.5	BOMBAS DE INYECCIÓN.....	10
1.11.6	TIPOS DE BOMBAS DE INYECCIÓN.....	11
1.12	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN ZME	12
1.13	SENSOR DE PRSIÓN DRV	13
1.14	FALLAS Y CÓDIGOS CRDI	14
1.14.1	CÓDIGOS DE FALLAS.....	15
CAPÍTULO II		19
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1	MATERIALES	19
2.1.1	MOTOR CRDi.....	19
2.1.2	ESCÁNER.....	20
2.1.3	OSCILOSCOPIO.....	21
2.1.4	INYECTORES.....	22
2.1.5	SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL.....	23
2.1.6	PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO.....	24
2.1.7	SISTEMA DE DIAGNÓSTICO GLOBAL.....	25
2.1.8	SOFTWARE ESTADÍSTICO STATGRAPHIC.....	26
2.2	MÉTODO	27
2.2.1	CONDICIONES DE OPERACIÓN EN VÁLVULA ZME.....	28
2.2.2	APLICACIÓN DE CONDICIONES DE PRUEBAS.....	29
2.2.3	PRUEBA DE TIEMPO VOLUMEN DE RETORNO.....	31
2.2.4	PRUEBA DE CAUDAL RETORNO.....	34

2.2.5	PRUEBA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE SENSORES Y ACTUADORES EN EL SISTEMA CRDi	36
2.2.6	FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE MEDICIÓN	38
2.2.7	PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	39
CAPÍTULO III.....		44
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1	RESULTADOS DE PRUEBA DE TIEMPO VOLUMEN DE RETORNO.....	44
3.1.1	TIEMPO VOLUMEN RETORNO A RALENTÍ.....	44
3.1.2	TIEMPO DE VOLUMEN DE RETORNO A 2500 RPM	46
3.1.3	VOLUMEN DE RETORNO A RALENTÍ.....	48
3.1.4	VOLUMEN RETORNO A 2500 RPM	50
3.2	RESULTADOS DE PRUEBAS CAUDAL RETORNO	51
3.2.1	CAUDAL RETORNO A RALENTÍ	51
3.2.2	CAUDAL RETORNO A 2500 RPM	53
3.3	RESULTADOS DE PRUEBA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE SENSORES Y ACTUADORES EN EL SISTEMA CRDi	55
3.3.1	PRESIÓN DE COMBUSTIBLE: VALOR REAL A RALENTÍ	55
3.3.2	PRESIÓN DE COMBUSTIBLE: VALOR REAL A 2500 RPM	56
3.3.3	VÁLVULA DE REGULACIÓN DE PRESIÓN DEL RAIL A RALENTÍ.....	57
3.3.4	VÁLVULA DE REGULACIÓN DE PRESIÓN DEL RAIL A 2500 RPM.....	58
3.3.5	PRESIÓN DE COMBUSTIBLE: VALOR NOMINAL A RALENTÍ	59
3.3.6	PRESIÓN DE COMBUSTIBLE: VALOR NOMINAL A 2500 RPM.....	60
3.3.7	VÁLVULA DE MANDO CAUDAL A RALENTÍ.....	61
3.3.8	VÁLVULA DE MANDO CAUDAL A 2500 RPM	62
3.4	RESULTADOS SOFTWARE STATGRAPHICS.....	64
3.4.1	STATGRAPHICS TIEMPO.....	64
3.4.2	STATGRAPHICS VOLUMEN.....	69
3.4.3	STATGRAPHICS CAUDAL.....	74

CAPÍTULO IV	81
4 CONCRECIONES Y RECOMENDACIONES	81
4.1 CONCRETACIONES	81
4.2 RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 DTC.....	15
Tabla 2 Características del motor.....	19
Tabla 3 Parámetros de Funcionamiento FSA 500.....	22
Tabla 4 Características de los Inyectores.....	23
Tabla 5 Características del Sistemas de Presión del Riel.....	24
Tabla 6 Valores Normales de Funcionamiento CRDi Electrónico.....	24
Tabla 7 Condiciones de trabajo válvula ZME.....	28
Tabla 8 Declaración variables válvulas.....	29
Tabla 9 Declaración variables régimen de trabajo.....	29
Tabla 10 Fallas válvula Descompuesta.....	30
Tabla 11 Fallas válvula regular.....	30
Tabla 12 Tabla de condiciones en buen estado.....	31
Tabla 13 Tabla de Estados de las Condiciones de Prueba.....	31
Tabla 14 Comportamiento de la válvula ZME Descompuesta en ralentí.....	36
Tabla 15 Comportamiento de la válvula ZME Descompuesta en 2500 RPM.....	37
Tabla 16 Comportamiento de la válvula ZME regular en ralentí.....	37
Tabla 17 Comportamiento de la válvula ZME regular en 2500 RPM.....	37
Tabla 18 Comportamiento de la válvula ZME buena en ralentí.....	38
Tabla 19 Comportamiento de la válvula ZME buena en 2500 RPM.....	38
Tabla 20 Valores de tiempo en ralentí.....	45
Tabla 21 Valores de tiempo en 2500 RPM.....	46
Tabla 22 Valores de volumen en ralentí.....	48
Tabla 23 Valores de volumen en 2500 RPM.....	50
Tabla 24 Valores de caudal en ralentí.....	51
Tabla 25 Valores de caudal en 2500 RPM.....	53
Tabla 26 Valores de presión de combustible en ralentí.....	55
Tabla 27 Valores de presión de combustible en 2500 RPM.....	56
Tabla 28 Valores de la válvula de regulación de presión del riel en ralentí.....	57
Tabla 29 Valores de la válvula de regulación de presión del riel en 2500 RPM.....	58
Tabla 30 Valores de presión de combustible: Valor nominal en ralentí.....	59
Tabla 31 Valores de presión de combustible: Valor nominal en 2500 RPM.....	60
Tabla 32 Valores de la válvula de mando caudal en ralentí.....	62
Tabla 33 Valores de la válvula de mando caudal en 2500 RPM.....	63
Tabla 34 Varianza para tiempo.....	64

Tabla 35	Valores de rango de tiempo	65
Tabla 36	Coefficiente de regresión para tiempo	68
Tabla 37	Varianza para volumen	69
Tabla 38	Valores de rango de volumen	70
Tabla 39	Coefficiente de regresión para volumen	74
Tabla 40	Varianza para caudal.....	75
Tabla 41	Rango de valores de caudal	76
Tabla 42	Coefficiente de regresión para caudal.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema Common Rail.....	5
Figura 2 Sistemas de Inyección CRDi.....	9
Figura 3 Circuito de Alimentación.....	11
Figura 4 Bomba Lineal.....	11
Figura 5 Bomba de alta presión.....	12
Figura 6 Válvula reguladora de presión DRV.....	14
Figura 7 Maqueta de un Motor Kia Sorento.....	20
Figura 8 Equipo de diagnóstico FSA 740.....	21
Figura 9 Equipo de diagnóstico FSA 500.....	21
Figura 10 Inyectores Bosch.....	23
Figura 11 Interfaz GDS Kia.....	26
Figura 12 Interfaz Statgraphic.....	26
Figura 13 Flujograma Metodología General.....	27
Figura 14 Recolección de datos tiempo volumen en ralentí.....	32
Figura 15 Recolección de datos tiempo volumen a 2500RPM.....	33
Figura 16 Medición de caudal a ralentí.....	34
Figura 17 Medición de caudal a 2500RPM.....	35
Figura 18 Visualización de valores obtenidos.....	36
Figura 19 Flujograma recopilación de datos.....	39
Figura 20 Inspección visual al motor.....	39
Figura 21 Puesta a temperatura de trabajo del motor.....	40
Figura 22 Preparación de probetas.....	40
Figura 23 Válvulas a evaluar.....	41
Figura 24 Régimen de prueba a ralentí.....	41
Figura 25 Ingreso de datos de probetas.....	42
Figura 26 Régimen de prueba a 2500RPM.....	42
Figura 27 Tabulación de datos recolectados.....	43
Figura 28 Compilación de datos Statgraphics.....	43
Figura 29 Representación gráfica de valores de tiempo en ralentí.....	46
Figura 30 Representación gráfica de valores de tiempo en 2500 RPM.....	48
Figura 31 Representación gráfica de valores de volumen en ralentí.....	49
Figura 32 Representación gráfica de valores de volumen en 2500 RPM.....	51
Figura 33 Representación gráfica de valores de caudal en ralentí.....	53
Figura 34 Representación gráfica de los valores de caudal en 2500 RPM.....	54
Figura 35 Representación gráfica de los valores de presión de combustible en ralentí.....	55

Figura 36	Representación gráfica de la presión de combustible a 2500 RPM.....	56
Figura 37	Representación gráfica de los valores de la válvula de regulación de presión del riel en ralentí	58
Figura 38	Representación gráfica de los valores de la válvula de regulación de presión del riel en 2500 RPM.....	59
Figura 39	Representación gráfica de los valores de la presión de combustible: Valor nominal en ralentí	60
Figura 40	Representación gráfica de los valores de la presión de combustible: Valor nominal en 2500 RPM.....	61
Figura 41	Representación gráfica de los valores de la válvula de mando caudal en ralentí.	62
Figura 42	Representación gráfica de los valores de la válvula de mando caudal en 2500 RPM.....	63
Figura 43	Grupo homogéneo de tiempo	65
Figura 44	Grafico de cajas y bigotes de tiempo.....	66
Figura 45	Diagrama de Pareto estandarizada para tiempo.....	67
Figura 46	Superficie de respuesta estimada para tiempo	68
Figura 47	Grupo Homogéneo de volumen.....	71
Figura 48	Grafica de caja y bigotes Volumen	72
Figura 49	Diagrama de pareto estandarizada para volumen	72
Figura 50	Superficie de respuesta estimada de volumen	73
Figura 51	Grupo homogéneo de caudal.....	76
Figura 52	Grafica de caja y bigotes de caudal	77
Figura 53	Diagrama de Pareto estandarizado para caudal	78
Figura 54	Superficie de respuesta estimada caudal	79

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, la unidad dosificadora en motores diésel electrónicos ha sido un tema nuevo y poco estudiado con respecto a su funcionamiento, esto ha conllevado que los mantenimientos y o reparaciones se las realice de manera no técnica y empírica. Visto esta problemática una de las iniciativas para corregir estas acciones está la implementación de un plan de mantenimiento y diagnóstico el cual constará de valores estándares y de fallas dentro de la unidad dosificadora y de esta manera sea posible diagnosticar y predecir fallas usando únicamente datos característicos de la unidad dosificadora.

La unidad dosificadora es la encargada de llevar a altas presiones el combustible y hacerlo circular en las cañerías de alimentación, por ello como objetivos de esta investigación es obtener parámetros de funcionamiento de las válvulas ZME y DRV, establecer los daños frecuentes en la unidad dosificadora. Datos que serán obtenidos de manera práctica e individual, por una serie de pruebas usando un sinnúmero de equipos automotrices.

La implementación del plan de mantenimiento y diagnóstico de la unidad dosificadora en motores diésel permitirá llevar a cabo el mantenimiento y reparación de sistemas de inyección de motores actuales, evitando realizar gastos innecesarios al reemplazo de componentes.

CAPÍTULO I

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PROBLEMA

El motor Diésel es el origen de energía más efectiva de hoy en día, se utiliza en gran cantidad para alternativas de automoción. Esto lo podemos ver reflejado en crecimiento de las ventas de vehículos equipados con dicho motor. En los últimos años los motores Diésel tienen una evolución progresiva convirtiéndose en la alternativa más eficiente (Parreño Ibáñez, 2012).

Los motores diésel han venido evolucionando por varios factores. Los avances en el control electrónico y los nuevos sistemas de inyección han permitido la incorporación de la inyección directa a motores Diésel cada vez más pequeños (Reyes Cualchi, 2018). Exigencias del mercado cada vez más exigente con los fabricantes, obligando a producir vehículos con menor consumo y mayores prestaciones, fiabilidad y durabilidad. Regulaciones cada vez más estrictas de los límites de emisiones (Martín, 2021)

La incorporación del sistema de inyección electrónica ha generado una notable mejora en el rendimiento de los motores, produciendo una reducción de los gases contaminantes ya que estos son los principales detonantes de la contaminación ambiental (Reyes Cualchi, 2018).

El uso de equipos automotrices propios para el sistema de alta presión nos permite tener de forma rápida y exacta un diagnóstico. Teniendo la precaución de que el sistema trabaja a elevadas presiones con el fluido. En la actualidad un correcto plan de diagnóstico del sistema de dosificación se lo realiza con equipos electrónicos de alta precisión ayudando a un asertivo mantenimiento que a largo plazo se verá reflejado en un notable ahorro de dinero y tiempo.

Con el aumento de la contaminación producida por gases del patio automotor que se han generado por la mala combustión de los combustibles y una mala relación estequiométrica dándonos como resultado gases contaminantes y de efecto invernadero que aumentan el calentamiento del planeta a gran escala, teniendo en cuenta que como factores detonantes el principal es una mala dosificación, la calidad de los combustibles utilizados provoca que las condiciones de trabajo de este tipo de motores no son las necesarias para tener el mejor rendimiento de los mismos (Arboleda Garrido, 2018).

1.2 SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad el parque automotor ha avanzado en la electrónica, principalmente los vehículos que utilizan motores de encendido provocado por compresión, el principal avance esta direccionado a sistemas de inyección Common Rail. Mediante este sistema se mejora la dosificación del combustible logrando que los motores reduzcan la contaminación ambiental provocadas en el proceso de combustión (Parreño Ibáñez, 2012). Un mal diagnostico puede provocar que los problemas se agravan y perder tiempo al momento del mantenimiento. un mantenimiento preventivo tiene como objetivo reducir tiempo y dinero, prolongando la vida útil del motor y sus componentes, evitando gastos innecesarios o excesivos causados por la prolongación de tiempo en un mantenimiento programado.

En motores eléctricos con sistemas Common Rail tienden a presentar problemas y fallas de presiones provocados por malos contactos que dan como consecuencia fallas en sensores y actuadores (Reyes Cualchi, 2018).

1.3 PROSPECTIVA

El avance de la electrónica es fundamental para lograr un eficaz funcionamiento del sistema de dosificación en motores diésel. Para un correcto procedimiento en la identificación de anomalías del sistema de dosificación, la Universidad Técnica del Norte cuenta con equipos especializados, electrónicos y mecánicos que ayudan al diagnóstico del sistema de dosificación.

Se espera dar un correcto mantenimiento correctivo y preventivo al motor electrónico con el fin de reducir emisiones y mantener un trabajo optimo al momento de estar en funcionamiento.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en la industria automotriz nacional no se cuenta con un plan de mantenimiento y diagnóstico de la unidad dosificadora esto ha generado un mal diagnóstico e incluso provocar daños en el sistema de inyección que resulta en el cambio prematuro o innecesario de la bomba de alta presión e inyectores y resto de componentes sin llegar a una solución definitiva del problema.

Se han realizado trabajos de investigación para varias partes de un sistema de inyección directa por común riel, sin embargo, estas investigaciones no han abarcado el sistema de dosificación electrónico dejando una brecha de desconocimiento.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Implementación de un plan de mantenimiento y diagnóstico de la unidad dosificadora en motores diésel electrónicos.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar parámetros de funcionamiento de válvulas ZME y DRV.
- Establecer daños frecuentes en las unidades dosificadoras.
- Diagnosticar la unidad dosificadora del motor Kia Sorento.
- Implementar un plan de mantenimiento.

1.6 ALCANCE

En este trabajo de titulación se pretende conocer la unidad dosificadora de un motor diésel electrónico Kia - Sorento, lo cual es necesario para realizar un plan de diagnóstico y mantenimiento adecuado de la unidad dosificadora analizando el estado de los componentes y verificar si están aptos para su funcionamiento. Para el progreso de esta iniciativa de investigación, analizaremos el comportamiento de la dosificación del motor Diésel, mediante la utilización de equipos electrónicos de diagnóstico automotriz. Además, ejecutaremos el plan de diagnóstico y de esta manera evidenciar su correcto funcionamiento.

1.7 JUSTIFICACIÓN

La industria automotriz en la actualidad se enfoca el desarrollo de nueva tecnología que aumente la eficiencia y rendimiento del motor diésel, a su vez la reducción de emisiones de gases debido a las normativas que rigen en cada país. el introducir al mercado el método de dosificación electrónica es una oportunidad para la reducción de emisiones y gasto innecesario de combustible, esto mejora claramente la eficiencia del motor, dando como resultado notable

la reducción de gases contaminantes, así minimizando las emisiones producidas por el patio automotor (Reyes Cualchi, 2018).

De acuerdo al objetivo 12 del plan nacional de desarrollo “CREACIÓN DE OPORTUNIDADES”, se fomenta el desarrollo de modelos sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al cambio climático recalando en la política 12.1 fortalecer las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático y en la política 12.3 implementar mejores prácticas ambientales con responsabilidad social y económica, que fomenten la concientización, producción y consumo sostenible, desde la investigación, innovación y transferencia de tecnología, aspirando a llegar a la meta 12.3 que indica la incrementación de 21.6 a 50.5 millones el ahorro de combustible en barriles equivalentes de petróleo, optimizando el proceso de generación eléctrica y la eficiencia energética en el sector de hidrocarburos (Secretaría Nacional de Planificación., 2021).

Para poder llevar a cabo el mantenimiento y reparación de sistemas de inyección de motores actuales se requiere una capacitación adecuada y constante para adquirir los nuevos conocimientos en el avance de sistemas de dosificación. Mediante un correcto seguimiento de los mismos se evitarán gastos innecesarios de reemplazos de componentes (Yerera et al., 2017).

1.8 CONTEXTO

Diseño e implementación del control electrónico de dosificación de combustible para un motor de combustión interna de la empresa A&S custom bikes. Este trabajo propone el diseño e implementación de un sistema de inyección electrónica de combustible para un motor MEP que funciona con carburador el mismo que es utilizado en una motocicleta (Arévalo Santamaría, 2012).

Diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (CRDI). Este trabajo propone el análisis del funcionamiento de las presiones de trabajo en el riel común de un motor Diésel con sistema electrónico a través de equipos de diagnóstico automotriz (Reyes Cualchi, 2018).

Evaluación del funcionamiento del motor diésel electrónico con el uso de biodiésel a base de aceite de higuera con mezcla B10. Este trabajo se basa en el desarrollo de un biocombustible y va a ser puesto a prueba dentro de un motor diésel electrónico, con la finalidad de demostrar

si durante el proceso de combustión se producen diferencias en el desempeño del motor, al momento de usar un combustible alternativo al diésel (Arboleda Garrido, 2018).

1.9 MOTORES DIÉSEL ELECTRÓNICOS

Los automóviles con Motor Diésel son importantes en la vida cotidiana debido a una variedad de factores, incluidas las preocupaciones mundiales sobre los costos de combustible, esto ha potenciado el adelanto en la gestión electromecánica de la inyección, los sistemas diésel actuales han permitido incorporar esta tecnología en vehículos cada vez más pequeños, en contra de la idea anterior que asociaba el gasóleo únicamente a los camiones. De acuerdo con (Gómez, 2016) define el motor diésel con un funcionamiento diferente al de un motor de gasolina, lo que cambia completamente el concepto de cómo se produce la combustión. Como afirma (Grupo Bosch, 2020) los motores Diésel prestan siempre un servicio fiable, económico y poco contaminado. Citado a (Quea & Pérez, 2017) enfatiza que el principio del ciclo Diésel se basa en una reacción química producida por el ingreso de combustible a alta presión en una cámara de combustión que se encuentra llena de aire comprimido, con lo que se produce la expansión de la mezcla.

Desde el punto de vista de (Donado, 2020) describe los sistemas de Inyección Electrónica Diésel Common Rail como un avance tecnológico que nos permite manipular algunos factores como los pulsos para el ingreso del combustible y lograr una mayor eficiencia de funcionamiento obteniendo así una notable reducción de partículas contaminantes.

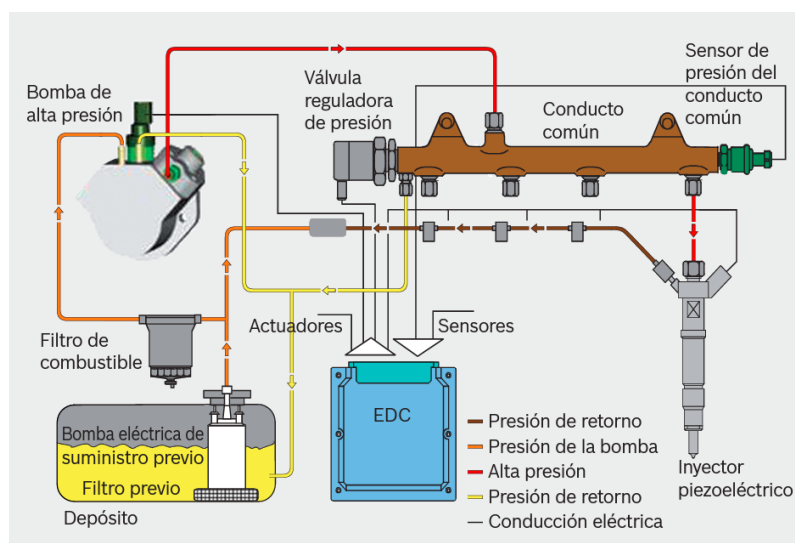


Figura 1 Sistema Common Rail
Fuente: (Grupo Bosch, 2020).

Los motores diésel-eléctricos son un sistema de propulsión usado habitualmente en trenes, barcos y otros vehículos grandes que requieren una gran potencia para funcionar.

Los motores diésel-eléctricos tienen varias ventajas sobre los motores diésel tradicionales, como una mayor eficiencia de combustible, menos emisiones y niveles de ruido reducidos. También permiten una distribución de la energía más flexible y eficiente, ya que el generador diésel puede utilizarse para alimentar varios motores eléctricos.

De acuerdo con (Grupo Bosch, 2020) el sistema de Inyección Diésel debe someterse a ajustes regulares y estar extremadamente alineado para brindar todos los beneficios y ventajas. Esto asegurará asegurar que el motor reciba siempre el volumen de combustible adecuado para su funcionamiento en cada momento, lo que se traduce en una mejor eficiencia con un menor consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes (Quea & Pérez, 2017).

1.10 EVOLUCIÓN DE LOS MOTORES

La evolución de los motores diésel se remonta a finales del siglo XIX, cuando Rudolf Diésel, un ingeniero alemán, inventó el motor de encendido por compresión que lleva su nombre. Desde entonces, los motores diésel han experimentado numerosos cambios y mejoras. He aquí algunos de los hitos más significativos en la evolución de los motores Diésel.

El diseño inicial del motor Diésel se construyó a finales del siglo XIX y era un motor mono cilíndrico de cuatro tiempos que funcionaba con polvo de carbón. El trabajo de Diésel allanó el camino para el desarrollo de motores de alta compresión que revolucionarían el transporte.

A principios del siglo XX, los motores diésel se utilizaban en aplicaciones marinas y estacionarias. Su uso en vehículos aún no estaba muy extendido por su tamaño, peso y coste.

La introducción de turbocompresores, interpoles y controles electrónicos a mediados del siglo XX dio lugar a motores diésel más potentes y eficientes. Estos avances hicieron que los motores diésel fueran más adecuados para su uso en vehículos pesados como camiones y autobuses.

En la década de 1970, los fabricantes de automóviles empezaron a ofrecer motores diésel como opción en los turismos. Sin embargo, estos primeros motores diésel solían ser ruidosos, malolientes y poco potentes.

En las últimas décadas, la tecnología de los motores diésel ha avanzado significativamente, haciéndolos más silenciosos, eficientes y respetuosos con el medio ambiente. Muchos motores

diésel modernos utilizan ahora la inyección de combustible Common rail y sistemas de postratamiento de los gases de escape para reducir las emisiones y mejorar la eficiencia del combustible.

En general, la evolución de los motores diésel se ha caracterizado por una marcha constante hacia una mayor eficiencia, potencia y respeto por el medio ambiente. Los motores diésel han recorrido un largo camino desde su invención a finales del siglo XIX y siguen desempeñando un papel esencial en el transporte y la industria actuales.

1.10.1 TIPOS DE MOTORES DIÉSEL

Existen varios tipos de motores diésel, cada uno diseñado para aplicaciones específicas. Estos son algunos de los tipos más comunes de motores diésel:

Motores diésel de dos tiempos: Estos motores se utilizan habitualmente en grandes barcos y generadores de energía. Tienen un diseño más sencillo que los motores de cuatro tiempos y suelen ser más eficientes.

MOTORES DIÉSEL DE CUATRO TIEMPOS

Estos motores se utilizan habitualmente en vehículos de pasajeros, camiones y autobuses. Son más eficientes que los motores de gasolina y tienen una vida útil más larga.

MOTORES DIÉSEL DE INYECCIÓN DIRECTA

Estos motores tienen una mayor eficiencia de combustible y menos emisiones que los motores de inyección indirecta. Se utilizan habitualmente en los turismos modernos.

MOTORES DIÉSEL DE INYECCIÓN INDIRECTA

Estos motores son menos eficientes y producen más emisiones que los motores de inyección directa. Se suelen utilizar en turismos y camiones ligeros más antiguos.

MOTORES DIÉSEL COMMON RAIL

Estos motores tienen un sistema de suministro de combustible de alta presión que proporciona un control preciso del momento y la cantidad de inyección de combustible. Se suelen utilizar en turismos modernos y camiones pesados.

MOTORES DIÉSEL TURBOALIMENTADOS

Estos motores utilizan un turbocompresor para comprimir el aire antes de que entre en el motor. Obteniendo así una eficiencia y potencia del motor aumentada.

MOTORES DIÉSEL SOBREALIMENTADOS

Estos motores utilizan un sobrealimentador para introducir más aire en el motor, lo que aumenta la potencia. Se suelen utilizar en vehículos de alto rendimiento y coches de carreras. Dependiendo de la aplicación de los motores diésel y de las necesidades de toma en cuenta las características para escoger el tipo de motor más adecuado.

1.10.2 INYECCIÓN DIRECTA

La combustión del combustible tiene lugar directamente en la cámara de combustión del motor, obviando la necesidad de una cámara dividida. La cámara de combustión está labrada en el mismo pistón, y no en la culata, como ocurre en la inyección indirecta (Gimeno García, 2012). Como señala (Gago Bachiller, 2017) considera que, al no existir precámara de inyección, desaparecen las elevadas turbulencias obteniendo una disminución en la dispersión del chorro de combustible.

1.10.3 INYECCIÓN INDIRECTA

Inyección indirecta consiste en que la cámara de combustión aparece dividida en dos partes: la precámara de inyección y la cámara de combustión propiamente dicha, durante la carrera de compresión (Gimeno García, 2012). Como afirma (Payri & Muño, 2017) el aire introducido en la precámara genera turbulencias a través del orificio de comunicación entre el espacio muerto y la precámara causando una reducción de la eficiencia del combustible.

1.11 SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Los sistemas de inyección electrónica son una característica común en los motores diésel modernos, ya que ofrecen un control más preciso sobre el proceso de suministro de combustible, lo que resulta en un mejor rendimiento, eficiencia y emisiones. Estos son algunos de los sistemas de inyección electrónica más utilizados en los motores diésel.

1.11.1 SISTEMA DE COMMON RAIL

El sistema de inyección CRDI un sistema de encendido de combustibles de alta presión que utiliza un raíl común para suministrar combustible a los inyectores. Este sistema funciona a una presión de hasta 30.000 psi y puede suministrar cantidades precisas de combustible a cada cilindro de forma independiente.



Figura 2 Sistemas de Inyección CRDi

Fuente: (Grupo Bosch, 2020).

1.11.2 SISTEMA DE INYECTOR UNITARIO

El sistema de inyector unitario es un sistema en el que cada cilindro tiene su propio inyector de combustible. Los inyectores están situados en la culata y funcionan mediante un émbolo accionado por el árbol de levas. Este sistema proporciona un control preciso del suministro de combustible y se utiliza habitualmente en motores diésel de uso medio y pesado.

1.11.3 SISTEMA DE BOMBA UNITARIA ELECTRÓNICA

El sistema de bomba unitaria electrónica es un sistema que combina la bomba de inyección de combustible y el inyector en una sola unidad. Este sistema funciona mediante un módulo de control electrónico, que ajusta la sincronización y la cantidad de combustible inyectado en cada cilindro.

1.11.4 SISTEMA DE INYECTOR PIEZOELÉCTRICO

El sistema piezoeléctrico de inyectores utiliza un cristal piezoeléctrico para controlar el proceso de inyección de combustible. Este sistema permite un suministro de combustible más rápido y preciso, lo que mejora el rendimiento y la eficacia.

En general, los sistemas de inyección electrónica han revolucionado la industria de los motores diésel al proporcionar una mayor precisión, control y eficiencia. Como resultado, los motores diésel modernos son más potentes, consumen menos combustible y son más respetuosos con el medio ambiente que nunca (Arboleda Garrido, 2018).

1.11.5 BOMBAS DE INYECCIÓN

Es parte del sistema de alimentación del motor cuya función es proporcionar el combustible a los cilindros de esta manera producir la combustión en el motor (Naranjo Guilcaso & Toapanta Balarezo, 2022).

FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE INYECCIÓN

La bomba transporta el combustible del depósito y lo deposita en la cámara de la bomba, para que el émbolo haga tantas carreras para abastecer a cada cilindro. Citando a (Naranjo Guilcaso & Toapanta Balarezo, 2022) menciona que son una clase particular de bombas que utiliza un mecanismo de alimentación giratorio único que conecta alternativamente la cámara de compresión con la aspiración y la salida que regula el caudal necesario que utiliza una leva de disco que desplaza alternativamente el propio abastecedor y en otros mueve los pistones, de la misma forma la carrera de retorno del componente de bombeo mediante un muelle y la presión que ingesta de alimentación la establece el retorno de los émbolos opuestos (Erazo Mora, 2022).

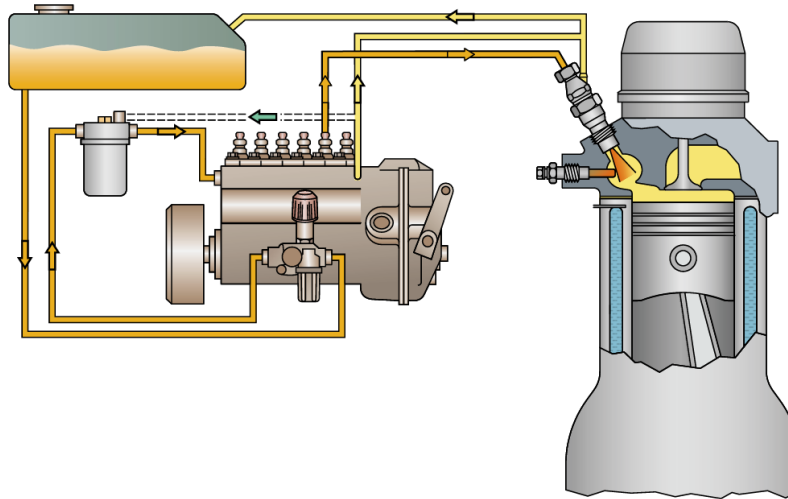


Figura 3 Circuito de Alimentación

Fuente: (Grupo Bosch, 2020).

1.11.6 TIPOS DE BOMBAS DE INYECCIÓN

BOMBAS DE INYECCIÓN EN LÍNEA

Es accionado en un solo cuerpo, usualmente lleva una bomba de alimentación de baja presión acoplada y recibe el movimiento del eje de la bomba de inyección siendo así la que suministra el combustible a baja presión (Naranjo Guilcaso & Toapanta Balarezo, 2022).



Figura 4 Bomba Lineal

Fuente: (Grupo Bosch, 2020).

La ECU controla el funcionamiento de la unidad de dosificación, regulando la cantidad y el momento de la inyección de combustible en función de las condiciones de funcionamiento del motor. Esto ayuda a optimizar el rendimiento del motor y la eficiencia del combustible, al tiempo que reduce las emisiones.

Una de las ventajas de los sistemas diésel Common Rail es que permiten un control más preciso de la inyección de combustible, lo que contribuye a mejorar el rendimiento y la eficiencia del motor. La unidad de dosificación desempeña un papel fundamental en este proceso, ya que garantiza que se inyecte la cantidad correcta de combustible en la cámara de combustión en el momento adecuado.

En general, la unidad de dosificación es un componente esencial de los sistemas diésel Common Rail en los motores diésel modernos, ayudando a mejorar el rendimiento del motor, la eficiencia del combustible y las emisiones.

1.13 SENSOR DE PRESIÓN DRV

El sensor de presión (DRV) es un componente esencial del sistema de inyección de combustible Common Rail de los motores diésel. La DRV es responsable de regular la presión del combustible en el conducto común, garantizando que los inyectores reciban la presión de combustible correcta.

La DRV funciona mediante la regulación de la cantidad de combustible que se devuelve al depósito de combustible desde el Common rail. Cuando la presión de combustible en el Common rail supera la presión establecida, la DRV se abre, permitiendo que parte del combustible vuelva al depósito de combustible. Cuando la presión en el Common rail cae por debajo de la presión establecida, la DRV se cierra, impidiendo que el combustible vuelva al depósito y manteniendo la presión correcta en el Common rail.

La DRV es controlada por la unidad de control del motor (ECU) en función de la carga y la velocidad del motor, garantizando que la presión del combustible en el Common rail esté siempre optimizada para las condiciones de funcionamiento del motor ayuda a mejorar el rendimiento del combustible, reducción de emisiones y aumentar el rendimiento del motor.

Generalmente, la DRV es un componente esencial de los sistemas de inyección de combustible Common Rail en motores diésel, que ayuda a garantizar que el motor funcione de forma eficiente y fiable.



Figura 6 Válvula reguladora de presión DRV

1.14 FALLAS Y CÓDIGOS CRDI

Como cualquier sistema mecánico o eléctrico, el Sistema de Inyección de Combustible Common Rail utilizado en los motores diésel está sujeto a fallos o mal funcionamiento. Algunas de las causas más comunes de los fallos del Sistema Common Rail incluyen:

Fallos en la bomba de alta presión: La bomba de alta presión es uno de los componentes más críticos del Sistema Common Rail, y puede fallar debido a una variedad de razones, tales como desgaste, contaminación o sobrecalentamiento.

Fallos de los inyectores: Los inyectores son otro componente crítico del sistema Common Rail, y pueden fallar debido a obstrucciones, contaminación o problemas eléctricos.

Fallos de la válvula reguladora de presión: La válvula reguladora de presión (DRV) es responsable de regular la presión del combustible en el sistema Common Rail. Una DRV defectuosa puede hacer que la presión del combustible baje o suba por encima del rango óptimo, provocando problemas de rendimiento del motor.

Problemas eléctricos o de cableado: La unidad de control electrónico (ECU) y los mazos de cables que controlan el sistema Common Rail también pueden fallar debido a problemas de cableado, sensores defectuosos u otros problemas eléctricos.

Contaminación del combustible: El combustible contaminado puede dañar los inyectores de combustible y otros componentes del sistema Common Rail, lo que reduce el rendimiento y la eficiencia del motor.

Fugas de aire o combustible: Las fugas en el suministro de combustible o en la entrada de aire pueden hacer que el motor funcione pobre o rico, provocando problemas como la reducción del rendimiento, el aumento de las emisiones o incluso daños en el motor.

En general, el mantenimiento adecuado y las inspecciones periódicas pueden ayudar a prevenir los fallos del sistema Common Rail, mientras que el diagnóstico precoz y la reparación pueden ayudar a minimizar el impacto de cualquier fallo que se produzca.

1.14.1 CÓDIGOS DE FALLAS

Tabla 1 DTC

SISTEMA DE COMPONENTES	CÓDIGO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DEL MONITOR
Catalizador (banco 1)	P0421	Relación de frecuencia Rf del sensor de oxígeno delantero y trasero utilizado banco 1
Catalizador (banco 2)	P0431	Relación de frecuencia Rf del sensor de oxígeno delantero y trasero utilizado banco 2
Misfire	P0300	Se controla la prestación de la aceleración angular del cigüeñal
	P0301	
	P0302	
	P0303	
	P0304	
	P0305	
	P0306	

Tabla 1.1 DTC.....continua

Válvula de cierre del recipiente	P0446	Se monitorea la sobretensión
		La obstrucción en monitoreada
Evap. Sistema de purga	P0456	Fuga de 0,02 pulgadas de evap. El sistema es monitoreado
	P0442	Fuga de 0,04 pulgadas de evap. El sistema es monitoreado
	P0455	Gran fuga (falta la tapa de combustible)
Sol de purga válvula	P0441	Evap. La presión es monitoreada
	P0443	Se monitorea la sobretensión
Sensor de presión del tanque de combustible	P0453	Se monitorea el voltaje de salida del sensor de presión del tanque
	P0452	Se monitorea el voltaje de salida del sensor de presión del tanque
	P0451	(P1 = presión con deposito lleno)
Sensor del nivel de combustible	P0463	Se monitorean los cambios en el voltaje de salida (Δ VFLS) y voltaje de salida (VFLS)
	P0462	
	P0460	
Sensor de temperatura de combustible	P0181	Voltaje de salida es monitoreado
	P0183	Comprobación de racionalidad
Sistema de combustible	P0171(Demasiada o pobre)	Valor de aprendizaje A/F (KLRN) & valor integral de compensación de retroalimentación A/F (KI) son monitoreados

Tabla 1.2 DTC.....continua

Sistema de combustible	P0172(Demasiado rico)	Valor de aprendizaje A/F (KLRN) & valor integral de compensación de retroalimentación A/F (KI) son monitoreados
	P0174(Demasiado pobre)	Valor de aprendizaje A/F (KLRN) & valor integral de compensación de retroalimentación A/F (KI) son monitoreados
	P0175(Demasiado pobre)	Valor de aprendizaje A/F (KLRN) & valor integral de compensación de retroalimentación A/F (KI) son monitoreados
Sensor de oxígeno (Banco 1, delantero)	P0133	El tiempo de respuesta de pobre a rico (TLR) y de rico a pobre (TRL) se monitorea cuando A/F se cambia intencionalmente.
	P0132	El voltaje del circuito (Vf) es supervisado.
Sensor de oxígeno (Banco 1, trasero)	P0136	El voltaje del circuito (Vf) es supervisado.
	P0140	El voltaje del circuito es monitoreado cuando A/F está hecho para ser rico 15% durante 10 seg
	P0139	Comprobación de racionalidad
Sensor de oxígeno (Banco 2, delantero)	P0150	Tiempo de respuesta de pobre a rico (TLR) y d rico a pobre (TRL) se monitorea cuando A/F se cambia intencionalmente
	P0152	El voltaje del circuito (Vf) es supervisado.
Sensor de oxígeno (Banco 2, trasero)	P0156	El voltaje del circuito (Vf) es supervisado.

Tabla 1.3 DTC.....continua

Sensor de oxígeno (Banco 2, trasero)	P0160	El voltaje del circuito es monitoreado cuando A/F se enriquece 15% durante 10 seg
	P0159	Comprobación de racionalidad
Sensor de oxígeno calentador (Banco 1)	P0135 (Delantero)	La corriente del circuito del calentador (AH) es monitoreado
	P0141 (Trasero)	
Sensor de oxígeno calentador (Banco 2)	P0155 (Delantero)	La corriente del circuito del calentador (AH) es monitoreado
	P0161 (Trasero)	
La posición del sensor del acelerador	P0122	El voltaje de salida es monitoreado
	P0123	El voltaje de salida es monitoreado
	P0121	Comprobación de racionalidad
Posición del sensor de levas	P0340	Cambio en el voltaje de salida (ΔV_{cam}) es monitoreada
Angulo del sensor del cigüeñal	P0335	Se monitorea el cambio en el voltaje de salida (ΔV_{crank}). Los patrones de las combinaciones de señales del sensor de ángulo del cigüeñal y la señal del sensor de posición de la leva se monitorean cada 2 segundos de forma continua

Fuente: (KIA, 2009).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizará un desglose de materiales, metodología para un desarrollo óptimo del trabajo de investigación consecuente con una planificación diseñada en flujogramas de esta manera llevar de forma rápida y eficiente.

2.1 MATERIALES

2.1.1 MOTOR CRDi

Se empleó una maqueta del motor diésel CRDi de un KIA Sorento, como se muestra en la Fig. 7, para llevar a cabo las pruebas. Este tipo de motor diésel utiliza un sistema de inyección de combustible Common Rail, una tecnología que se ha generalizado en los motores diésel modernos debido a sus notables ventajas en términos de rendimiento, eficiencia de combustible y control de emisiones. Las características y especificaciones principales de un motor se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2
Características del motor

Motor	4 cilindros
Serie del motor	A-2.5 TCI (CRDi)
Cilindraje	2.500 cc
Número de motor	D4CB8380053
Número de válvulas	16
Relación de compresión	17,7 a 1
RPM en bajas	2.000 RPM
Sobrealimentación	Turbo compresor
Enfriador	Intercooler
Sistema de control	Electrónico (Bosch) Riel Común
Orden de encendido	1-3-4-2

Fuente: (Frías & Guamialamá, 2015)



Figura 7 Maqueta de un Motor Kia Sorento

2.1.2 ESCÁNER

El escáner automotriz con conexión OBD es una herramienta de diagnóstico diseñada para establecer comunicación con el sistema informático a bordo de un vehículo. Este sistema, también conocido como Módulo de Control del Motor (ECM), desempeña la función de supervisar y regular diversos sistemas relacionados con el motor y las emisiones del vehículo. La herramienta permite acceder directamente al flujo de datos provenientes de los sensores del vehículo, posibilitando a los técnicos ajustar diferentes parámetros del motor y diagnosticar problemas en tiempo real. Además, realiza funciones esenciales como la reprogramación del ECM del vehículo o la restauración de varias funciones del sistema. Esta herramienta se presenta como un elemento crucial para el diagnóstico y la solución de problemas en vehículos contemporáneos, contribuyendo significativamente a la reducción del tiempo de diagnóstico y al aumento de la eficacia en el proceso de reparación, como se ilustra en la Figura 8.



Figura 8 Equipo de diagnóstico FSA 740

2.1.3 OSCILOSCOPIO

El osciloscopio automotriz representado en la Fig.10 se utiliza para el diagnóstico de los componentes eléctricos de los motores. Con esta herramienta, es posible medir y observar en tiempo real el comportamiento de las diversas señales enviadas por los sensores y recibidas por los actuadores, todo en cuestión de milisegundos. Los técnicos pueden emplear este dispositivo para diagnosticar una amplia gama de problemas en el sistema eléctrico de los vehículos, abordando cuestiones con sensores, sistemas de encendido e inyectores, entre otros, como se detalla en la Tabla 3. Al analizar la forma y frecuencia de la onda que se aproxima, los técnicos pueden identificar con precisión el origen de los problemas relacionados con el sello eléctrico.



Figura 9 Equipo de diagnóstico FSA 500

Tabla 3
Parámetros de Funcionamiento FSA 500

Osciloscopio de 2 canales	Tasa de escaneo 50 MS/s
Generador de señal	10 V a 12 V con 4 formas de señal, 1 Hz a 1 kHz
Rango de medición de voltaje	0 V a 60 V
Rango de medición de corriente	0 A a 1000 A
Rango de medición de resistencia	0 a 1 MΩ
Rango de medición del voltaje de encendido	hasta ± 50 kV
Rango de medición de la velocidad de rotación	100 a 12 000 1/min
Rango de medición de la temperatura del aceite	-20 °C a 150 °C
Rango de medición de la temperatura del aire	-20 °C a 100 °C
Rango de medición de la presión (atmosférica)	-800 hPa a 1500 hPa
Rango de medición de la presión del líquido	0 a 1000 kPa
Número de pruebas de componentes	50 preconfiguradas
Número de procedimientos de prueba guiados	18 (con valores fijados)
Número de señales de sensor visibles simultáneas	6
Fuente de alimentación	15 V / 4.3 A
Peso	8 kg

Fuente: (Grupo Bosch, 2020).

2.1.4 INYECTORES

Los inyectores representados en la Fig.12, destinados a motores diésel, constituyen componentes críticos dentro del sistema de combustible de dichos motores. Su función esencial radica en asegurar la entrega precisa de combustible en la cámara de combustión en el momento oportuno. Los inyectores del motor de pruebas, incorporados en el equipo, fueron sometidos previamente a un mantenimiento correctivo con el objetivo de crear condiciones aproximadas para el estudio. En la Tabla 5, se proporciona una visión detallada de las características de los inyectores de motores diésel.



Figura 10 Inyectores Bosch

Tabla 4
Características de los Inyectores

Marca	Bosch
Serie	0445110279
Año de construcción	2009
Tipo de inyector	CRDi
Información complementaria	Inyector con junta anular

Fuente: (Frías & Guamialamá, 2015)

2.1.5 SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL

El sensor de presión del riel, esencial en los motores diésel equipados con el sistema de inyección de combustible Common Rail, desempeña un papel crítico en el control de la presión en el riel de inyección. Proporciona información en tiempo real a la unidad de control del motor (ECU) acerca del nivel de presión en el riel. La ECU utiliza esta información para ajustar de manera óptima el tiempo de inyección de combustible y su duración, optimizando así el proceso de combustión con mayor eficiencia y un control de emisiones más efectivo. En la Figura 5 se presenta una visión general del sensor de presión del riel, utilizado como material de pruebas, y se hace referencia al sensor de presión del riel común. Es importante destacar que se mantuvo un control de condiciones, detallado en la Tabla 5, donde se especifican las características particulares de este sensor.

Tabla 5
Características del Sistemas de Presión del Riel

Marca	Bosch /delphi
Año de fabricación	2009
Tipo de sensor	Sensor de presión del riel común
Numero de pines	3

Fuente: (Frías & Guamialamá, 2015)

2.1.6 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

Los avances continuos en la tecnología Common Rail han llevado a la implementación de mayores presiones de inyección, la incorporación de múltiples eventos de inyección y mejoras en los diseños de los inyectores. Esta evolución permite un control más preciso sobre la inyección de combustible, contribuyendo significativamente a mejorar el rendimiento, la eficiencia del combustible y el control de emisiones. Estos desarrollos buscan satisfacer las demandas tanto de los consumidores como de las normativas medioambientales.

Para establecer los rangos específicos en los cuales se llevó a cabo el estudio, se hace referencia a la Tabla 6. Esta tabla detalla las condiciones de funcionamiento óptimo de los diversos elementos que intervienen en el estudio. Este enfoque garantiza un control adecuado de las variables que podrían influir en los resultados, evitando posibles sesgos y asegurando la fiabilidad de los hallazgos obtenidos.

Tabla 6
Valores Normales de Funcionamiento CRDi Electrónico

Sistema de componentes	Crterios de mal funcionamiento	Valor umbral	Parámetros secundarios	Habilitar condiciones
Sensor de temperatura de combustible	Voltaje de salida, VFTMP	< 0,1V or > 46V	Tiempo después del inicio	> 2 seg
	Temp. Del combustible al inicio. Temp del agua al inicio.	> 15	Temp. Del igual al inicio. Temp. Del aire al inicio	< 5?
KI	> +25%			
Parte carga	KLRN	> +12,5%		
	KI	> +15,2%		
Inactivo	KLRN	< -12,5%		

	KI	< -30%		
Parte carga	KLRN	< -12,5%		
	KI	< -10,9%		
La posición del sensor del acelerador	Tensión de salida	< 0,2V o		
	VTPS	≥ 2V	Interruptor inactivo	on
	Tensión de salida	> 4,6V	Valor de carga	< 30%
	VTPS	> Th1(rpm, carga)	Régimen del motor	< 3000rpm
	Tensión de salida	< Th2(rpm, carga)	Refrigerante del motor	> 81?
Posición del sensor de levas	ΔV_{cam}	0		
Los patrones de las combinaciones de señales del sensor de ángulo del cigüeñal y la señal del sensor de posición de la leva se monitorean cada 2 segundos de forma continua				

Fuente: (KIA, 2009).

2.1.7 SISTEMA DE DIAGNÓSTICO GLOBAL

La herramienta de diagnóstico Sistema de Diagnóstico Global (GDS) representada en la Fig.13 es una solución OEM (Original Equipment Manufacturer) empleada por los distribuidores de Hyundai y Kia. El GDS proporciona capacidades integrales para diagnóstico y reprogramación, además de ofrecer una base de datos completa de mantenimiento e información de servicio. El software GDS no solo incluye información detallada de servicio, sino también soluciones para la resolución de problemas, acompañadas de instrucciones detalladas para reparación y mantenimiento.

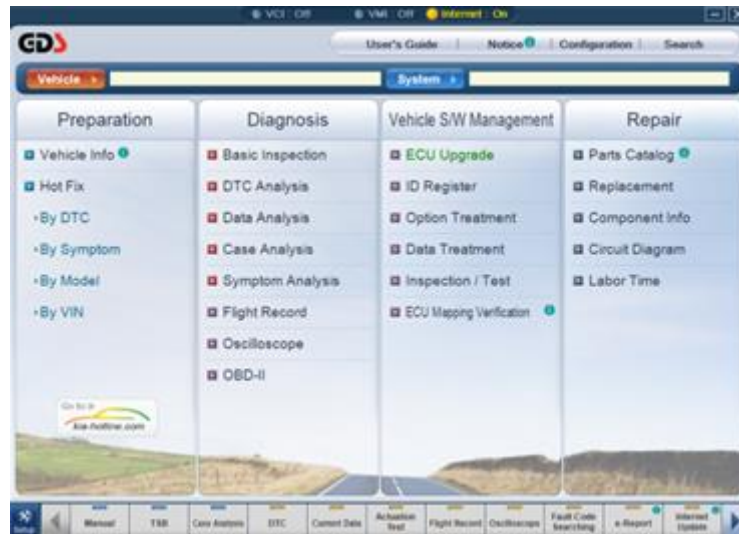


Figura 11 Interfaz GDS Kia

2.1.8 SOFTWARE ESTADÍSTICO STATGRAPHIC

El Software Statgraphics, ilustrado en la Fig.14, se configura como un producto diseñado para realizar análisis estadísticos, visualización de datos y análisis predictivo. Con una interfaz de usuario intuitiva, este software elimina la necesidad de aprender un lenguaje de comandos complicado. Se destaca por ser una herramienta valiosa para profesionales, facilitando la explicación de los resultados de los análisis estadísticos de manera accesible para aquellos que no poseen conocimientos estadísticos.

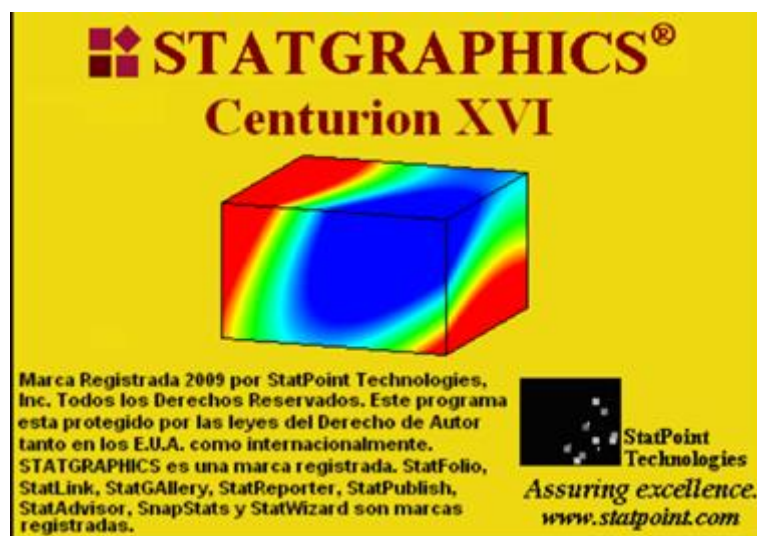


Figura 12 Interfaz Statgraphic

Fuente:(STATGRAPHICS | Data Analysis Solutions, s. f.)

2.2 MÉTODO

La aplicación de un manual de mantenimiento y diagnóstico se revela como una técnica esencial para la identificación temprana de averías, permitiendo correcciones oportunas y evitando daños severos o conexos. En el caso de vehículos diésel electrónicos, realizar un diagnóstico efectivo de la unidad dosificadora implica la identificación de los rangos de presión en los cuales opera, permitiendo la comparación de los valores para asegurar condiciones óptimas.

La elaboración de un manual de mantenimiento y diagnóstico para la unidad dosificadora en motores diésel electrónicos se fundamenta en los rangos de presión de trabajo. Es crucial seguir una metodología minuciosa que facilite la recolección, comparación y análisis de datos, especialmente a través de la variación de las válvulas ZME instaladas en la bomba de alta presión. Esta metodología comprende diversos procesos, que incluyen la selección de equipos y herramientas de medición, la consolidación de tablas de parámetros para la comparación, así como el procesamiento y análisis de los datos obtenidos. Es relevante señalar que existen diversas herramientas y software que facilitan este proceso de análisis. A continuación, se presenta un flujograma del método del proyecto en la Fig.15.

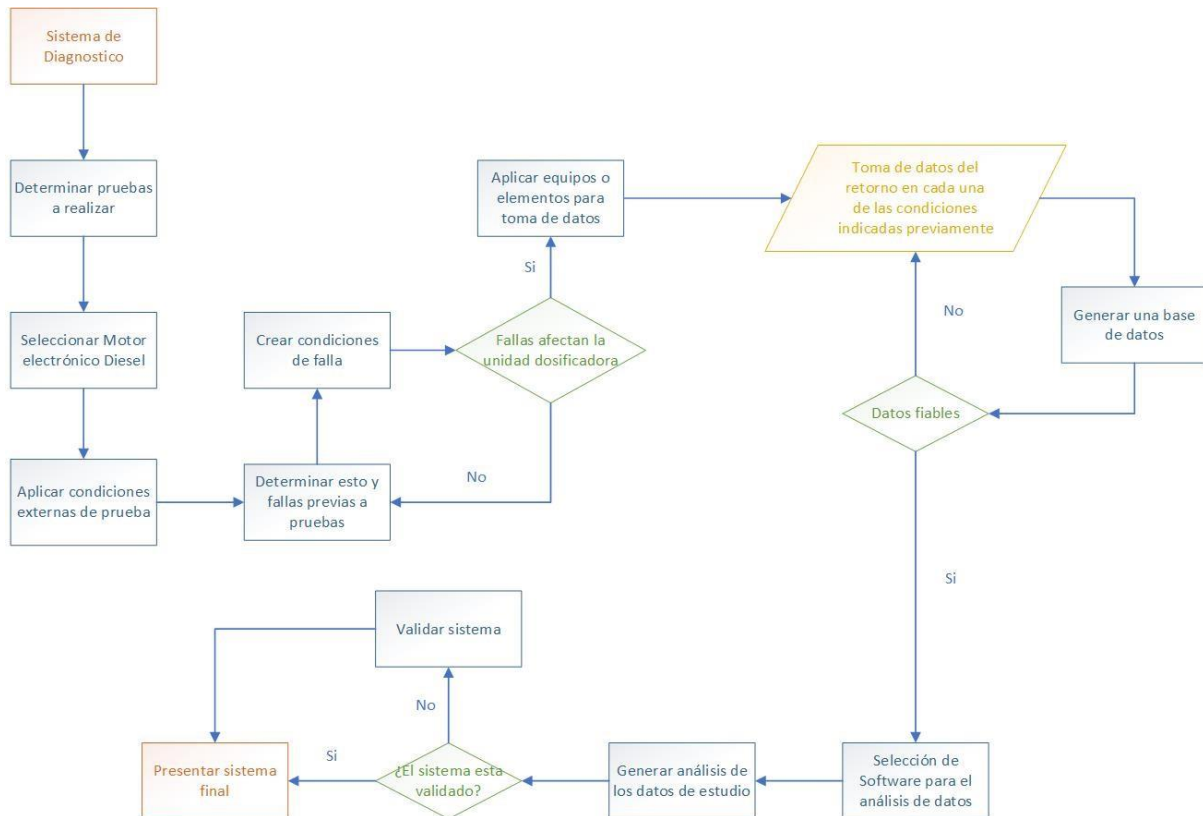


Figura 13 Flujograma Metodología General

La unidad de control del motor despliega una regulación precisa de la presión de combustible y determina con exactitud los puntos de inicio y finalización de la inyección, aprovechando datos provenientes de varios sensores integrados en el sistema. Este proceso desempeña un papel crucial para optimizar el rendimiento del motor, reducir el ruido y disminuir las emisiones gaseosas de manera significativa.

En el marco de este análisis, se cuenta con datos de referencia que se emplean para realizar comparaciones con los valores obtenidos experimentalmente. Este enfoque considera diversos tipos de ZME y sus respectivas condiciones operativas, permitiendo una evaluación más detallada y precisa.

Tabla 7
Condiciones de trabajo válvula ZME

VÁLVULA NO ACTIVADA	VÁLVULA ACTIVADA
La alta presión existente en el acumulador o en la salida de la bomba de alta presión es superior a la afluencia de alta presión de la válvula reguladora de presión.	La presión debe elevarse en el circuito de alta presión, la válvula reguladora se activa, y por tanto se cierra, hasta que queden compensadas la fuerza de alta presión por un lado y las fuerzas magnéticas y elástica por otro
El electroimán sin corriente no ejerce ninguna fuerza, la acción de la alta presión es superior a la fuerza elástica, de forma que la válvula permanece más o menos abierta según el caudal de suministro.	La válvula queda en una posición abierta y mantiene constante la presión. Mediante la variación de la apertura se compensa el caudal de suministro de la bomba y el combustible extraído por los inyectores.
El muelle está dimensionado de forma que se ajuste una presión del orden de 100 bar.	La fuerza magnética del electroimán es proporcional a la corriente de activación. Se realiza mediante una modulación de duración de impulsos.

2.2.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN EN VÁLVULA ZME

Las variables críticas en este estudio están directamente vinculadas a las condiciones operativas del motor y a la válvula ZME. El valor asignado a las condiciones de trabajo del motor en ralentí implica que este no experimentará aumentos en su régimen de trabajo, lo que permite la estimación y generación de una tabla de referencia para las pruebas. Además, el valor asignado a 2500 RPM indica que el motor está sometido a cargas de trabajo Tabla 9, generando variabilidad en los retornos.

Diversas condiciones de prueba también se consideran, donde "buena=1" indica que la válvula ZME se encuentra en óptimas condiciones, "regular=2" señala una válvula con cierto tiempo

de uso y sin reparaciones, y "Descompuesta=3" describe una válvula en condiciones de trabajo no adecuadas Tabla 8.

Adicionalmente a las condiciones mencionadas, se toman en cuenta variables como el tiempo y la cantidad de retornos de combustible, que serán esenciales en las fases subsiguientes de la investigación, especialmente en el contexto del uso del software de análisis correspondiente.

Tabla 8

Declaración variables válvulas

Válvula	Descompuesta	Regular	Buena
Codificación	1	2	3

Tabla 9

Declaración variables régimen de trabajo

Régimen	Ralentí	2500 RPM
Codificación	0	1

2.2.2 APLICACIÓN DE CONDICIONES DE PRUEBAS

En este sistema, la generación de presión y la inyección de combustible se encuentran separadas. Esto implica que la bomba genera una alta presión, disponible para todos los inyectores a través de un tubo distribuidor común, que puede ser controlado de manera independiente de la revolución del motor. La presión del combustible, así como el inicio y fin de la inyección, son calculados con precisión por la unidad de control a partir de la información recopilada por diversos sensores instalados en el motor. Este enfoque garantiza un rendimiento excepcional, niveles reducidos de ruido y mínimas emisiones de gases contaminantes.

La válvula ZME se encuentra directamente integrada en la bomba de altas presiones de combustible, desde donde el combustible parte con un aumento de presión hacia el riel para luego ser inyectado en los cilindros mediante la acción del inyector. Con el propósito de llevar a cabo la investigación, es necesario generar diversas condiciones en el motor de prueba. Esto se realiza con el objetivo de recopilar datos de la unidad dosificadora, la cual opera en diferentes situaciones. Las condiciones consideradas en este análisis son las siguientes:

a) Estado 1: Aplicación de válvula ZME Descompuesta

En esta aplicación, se aborda la mencionada anomalía asociada a una válvula en mal estado. Se trata de una falla de naturaleza eléctrica que desemboca en una disfunción mecánica, como

se detalla en la Tabla 8. Además, se seleccionaron cuidadosamente variables específicas para simular el tipo de falla dentro de la investigación. Esta elección se fundamenta en la importancia de analizar la relación entre la falla y el caudal de retorno del motor CRDi electrónico. También se considera crucial representar una falla que sea fácil de simular, empleando un método de simulación poco intrusivo y capaz de generar variaciones notables durante el proceso de toma de datos.

Tabla 10
Fallas válvula Descompuesta

Acciones que pueden provocar el fallo	Consecuencias
Recepción de PWM irregular	Regulación de presión de combustible inestable y deficiente Exceso de retorno en la bomba
Mayor porcentaje de ciclo de trabajo	Menor presión en la bomba
Perdida de señal	Funciona en ciclo abierto o predeterminado Motor con funcionamiento irregular aceleración inestable Lectura errónea de temperatura del combustible

b) Estado 2: Aplicación de válvula ZME regular

En este contexto, se aborda la avería relacionada con la válvula regular, que se clasifica como una falla de origen eléctrico que desencadena una disfunción mecánica, como se detalla en la Tabla 9. Además, las variables fueron seleccionadas meticulosamente para determinar el tipo de falla a simular en el marco de la investigación. Esta selección se basa en la importancia de analizar la relación entre la falla y el caudal de retorno del motor CRDi electrónico. Asimismo, es crucial representar una falla que sea fácil de simular, es decir, mediante un método de simulación poco invasivo que genere variaciones notables durante el proceso de toma de datos.

Tabla 11
Fallas válvula regular

Acciones que pueden provocar el fallo	Consecuencias
Recepción de PWM regular	Regulación de presión de combustible regular estable Minimizado el retorno en la bomba
Porcentaje de ciclo de trabajo inestable	Normalización presión en la bomba
Perdida de señal	Funciona en ciclo abierto o predeterminado

Motor funciona con menor error de aceleración
Lectura intermitente de temperatura del combustible

c) Estado 3: Aplicación de válvula ZME buena

En el contexto de esta avería relacionada con una válvula en buen estado, se identifica una falla de naturaleza eléctrica que resulta en una disfunción mecánica. Este aspecto queda reflejado en la investigación, como se especifica en la tabla 9. Además, las variables fueron seleccionadas minuciosamente para determinar el tipo de falla a simular en el marco de la investigación. Esta elección se fundamenta en la importancia de analizar la relación entre la falla y el caudal de retorno del motor CRDi electrónico. También es esencial representar una falla que sea fácil de simular, es decir, mediante un método de simulación poco invasivo y capaz de generar variaciones notables durante el proceso de toma de datos.

Tabla 12

Tabla de condiciones en buen estado

Material	Metal
Tipo de vehículo	Auto/Camioneta
Presión de trabajo	1600 bar
Origen	Bosch
OEM	0928400703,0928400750

Tabla 13

Tabla de Estados de las Condiciones de Prueba

Estados	Características
Estado 1	ZME Descompuesta
Estado 2	ZME Regular
Estado 3	ZME Buena

2.2.3 PRUEBA DE TIEMPO VOLUMEN DE RETORNO

La prueba de tiempo de caudal de retorno tuvo como objetivo determinar el tiempo necesario para llenar 4 litros de diésel bajo diversas condiciones de trabajo. Para llevar a cabo la prueba, se utilizó una probeta de 4 litros en cada repetición realizada con cada una de las válvulas

sujetas a evaluación. Estas válvulas fueron sometidas a dos regímenes de trabajo distintos: en ralentí y a 2500 RPM.

ESTADO 1 (ZME Descompuesta)

Ralentí

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a ralentí, mostró un promedio de 252 segundos para llenar la probeta de 4 litros. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.



Figura 14 Recolección de datos tiempo volumen en ralentí

2500 RPM

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a 2500 RPM, mostró un promedio de 148 segundos para llenar la probeta de 4 litros. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.



Figura 15 Recolección de datos tiempo volumen a 2500RPM

ESTADO 2 (ZME Regular)

Ralentí

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a ralentí, mostró un promedio de 222 segundos para llenar la probeta de 4 litros. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

2500 RPM

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a 2500 RPM, mostró un promedio de 146 segundos para llenar la probeta de 4 litros. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

ESTADO 3 (ZME Buena)

Ralentí

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a ralentí, mostró un promedio de 243 segundos para llenar la probeta de 4 litros. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

2500 RPM

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a 2500 RPM, mostró un promedio de 175 segundos para llenar la probeta de 4 litros. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

2.2.4 PRUEBA DE CAUDAL RETORNO

La prueba de caudal de retorno tuvo como objetivo determinar la cantidad de combustible retornado en un tiempo de 4 minutos bajo diversas condiciones de trabajo. Para llevar a cabo la prueba, se utilizó una probeta de 5 litros de esta manera no exista derramamiento. En cada repetición realizada con cada una de las válvulas sujetas a evaluación. Estas válvulas fueron sometidas a dos regímenes de trabajo distintos: en ralentí y a 2500 RPM.

ESTADO 1 (ZME Descompuesta)

Ralentí

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a ralentí, mostró un promedio de 0.0169 l/s. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado Fig.16.



Figura 16 *Medición de caudal a ralentí*

2500 RPM

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a 2500 RPM, mostró un promedio de 0.0300 l/s. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado Fig.17.



Figura 17 Medición de caudal a 2500RPM

ESTADO 2 (ZME Regular)

Ralentí

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a ralentí, mostró un promedio de 0.0191 l/s. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado Fig.16.

2500 RPM

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a 2500 RPM, mostró un promedio de 0.0302 l/s. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado Fig.17.

ESTADO 3 (ZME Buena)

Ralentí

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a ralentí, mostró un promedio de 0.0173 l/s. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado Fig.16.

2500 RPM

Esta válvula, al ser sometida a 20 pruebas en la condición de trabajo a 2500 RPM, mostró un promedio de 0.0301 l/s. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado Fig.17.

2.2.5 PRUEBA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE SENSORES Y ACTUADORES EN EL SISTEMA CRDi

La prueba de Control electrónico tuvo como objetivo determinar la variación de presión en el sistema CRDi lo que sería en valor real y nominal además del porcentaje de apertura y cierre en el retorno y presión de dichas válvulas, teniendo una duración de 4 minutos bajo diversas condiciones de trabajo. Para llevar a cabo la prueba, se utilizó el escáner conectado directamente al OBD2 y capturando la variación de la prueba. En cada repetición realizada con cada una de las válvulas sujetas a evaluación. Estas válvulas fueron sometidas a dos regímenes de trabajo distintos: en ralentí y a 2500 RPM.



Figura 18 Visualización de valores obtenidos

ESTADO 1 (ZME Descompuesta)

Ralentí

Esta válvula, al ser sometida a 4 minutos de prueba en la condición de trabajo a ralentí, mostró un promedio tabla 14. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

Tabla 14

Comportamiento de la válvula ZME Descompuesta en ralentí

Presión de Combustible	323,5	bar
Válvula de Regulación de Presión	0,23	bar
Presión de Combustible	323,5	bar
Válvula de Mando Caudal	0,31	bar

2500 RPM

Esta válvula, al ser sometida a 4 minutos de prueba en la condición de trabajo a 2500 RPM, mostró un promedio tabla 15. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

Tabla 15

Comportamiento de la válvula ZME Descompuesta en 2500 RPM

Presión de Combustible	594,08	bar
Válvula de Regulación de Presión	0,32	bar
Presión de Combustible	594,08	bar
Válvula de Mando Caudal	0,256	bar

ESTADO 2 (ZME Regular)

Ralentí

Esta válvula, al ser sometida a 4 minutos de prueba en la condición de trabajo a ralentí, mostró un promedio tabla 16. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

Tabla 16

Comportamiento de la válvula ZME regular en ralentí

Presión de Combustible	323,5	bar
Válvula de Regulación de Presión	0,22	bar
Presión de Combustible	323,5	bar
Válvula de Mando Caudal	0,33	bar

2500 RPM

Esta válvula, al ser sometida a 4 minutos de prueba en la condición de trabajo a 2500 RPM, mostró un promedio tabla 17. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

Tabla 17

Comportamiento de la válvula ZME regular en 2500 RPM

Presión de Combustible	601,92	bar
Válvula de Regulación de Presión	0,324	bar
Presión de Combustible	601,92	bar
Válvula de Mando Caudal	0,222	bar

ESTADO 3 (ZME Buena)

Ralentí

Esta válvula, al ser sometida a 4 minutos de prueba en la condición de trabajo a ralentí, mostró un promedio tabla 18. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

Tabla 18

Comportamiento de la válvula ZME buena en ralentí

Presión de Combustible	323,5	bar
Válvula de Regulación de Presión	0,21	bar
Presión de Combustible	323,5	bar
Válvula de Mando Caudal	0,34	bar

2500 RPM

Esta válvula, al ser sometida a 4 minutos de prueba en la condición de trabajo a 2500 RPM, mostró un promedio tabla 19. En el análisis posterior, se abordará con mayor profundidad este resultado.

Tabla 19

Comportamiento de la válvula ZME buena en 2500 RPM

Presión de Combustible	666,7	bar
Válvula de Regulación de Presión	0,336	bar
Presión de Combustible	666,7	bar
Válvula de Mando Caudal	0,142	bar

2.2.6 FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE MEDICIÓN

En el transcurso del proceso de medición, se consideró el estado previo de los componentes como un factor fundamental en la ingeniería, abordando la determinación sistemática del fenómeno originado por la verificación del sistema mediante diversas válvulas. Este procedimiento se revela como imprescindible para la comprensión y análisis de los factores que inciden en el sistema de alimentación, centrándose en el flujo de combustible concentrado en el retorno. Por último, los datos medidos fueron interpretados en el contexto de la aplicación específica, abriendo la posibilidad de tomar decisiones, deducir conclusiones o emprender nuevas investigaciones.

Es esencial tener presente y cuantificar las incertidumbres y errores asociados al proceso de medición. Ninguna medición se encuentra exenta de errores, y la comprensión de los límites de precisión resulta crucial para extraer conclusiones significativas.

Como parte integral del procedimiento, se desarrolló un flujograma para la toma de mediciones, el cual se fundamenta, en parte, en el protocolo establecido para la captura de datos.

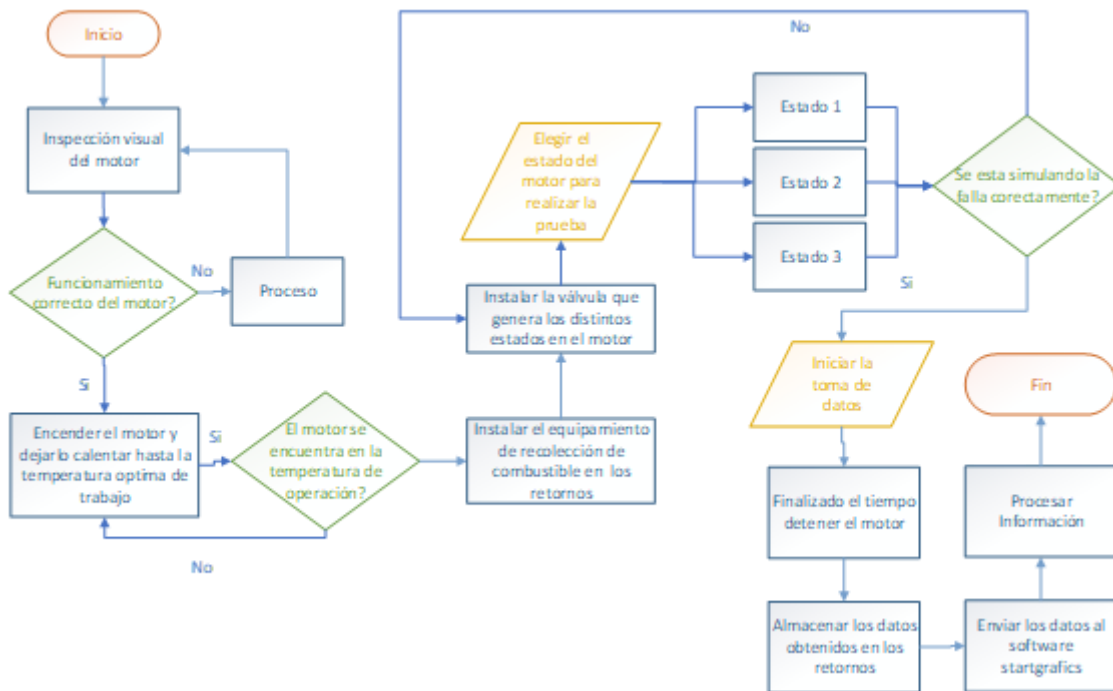


Figura 19 Flujograma recopilación de datos

2.2.7 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Inspección visual

Se realizo una inspección visual constatando si existe fugas de fluidos o algún desperfecto que conlleve a un mal funcionamiento.



Figura 20 Inspección visual al motor

Preparación del motor a temperatura de trabajo

Al constatar que no posee ninguna falla ni derramamiento de fluidos se procedió a encender el motor y esperar que llegue a temperatura de trabajo foto donde se evidencie la temperatura



Figura 21 Puesta a temperatura de trabajo del motor

Instalación de equipos de medición retorno

Se coloca el equipo de recolección al retorno del combustible previo al cambio de válvula a usar en la prueba.



Figura 22 Preparación de probetas

Instalación de válvula a evaluar

Este proceso se lo realizo en varias ocasiones al momento de cambiar de estado de estudio intercambiando válvulas según se lo requiriera.



Figura 23 Válvulas a evaluar

Recolección de datos en régimen de ralentí

El proceso de recolección de datos en ralentí se la realizo con cada una de las válvulas un total de 20 repeticiones de manera consecutiva procurando mantener las mismas condiciones en cada una.



Figura 24 Régimen de prueba a ralentí

La toma de datos fue de manera manual y visual en las probetas previamente expuestas en el trabajo de investigación.



Figura 25 Ingreso de datos de probetas

Recolección datos en régimen de 2500RPM

Una vez concluido la recolección de datos de las válvulas en régimen de ralentí se procede a ser evaluadas a una carga de 2500 RPM con el mismo número de repeticiones y manteniendo las condiciones en todas las válvulas.



Figura 26 Régimen de prueba a 2500RPM

Tabulación de datos del estudio

Se genero una base de datos de las pruebas realizadas con sus resultados, de esta manera se organiza la información previa al ingreso al software, esta detallado lo que son las variables dependientes tiempo, y caudal las cuales varían con respecto a la prueba adicional los valores obtenidos en la parte de Control electrónico.

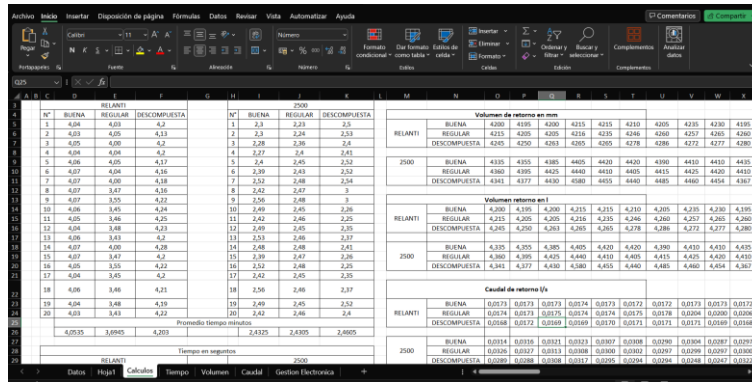


Figura 27 Tabulación de datos recolectados

Compilación de datos a Statgraphics

Los datos recopilados durante el estudio se han ingresado en el software con el propósito de facilitar su posterior análisis. Este procedimiento implica la consolidación de la información y su presentación mediante gráficas y tablas, las cuales constituirán el objeto de estudio dentro del marco de la investigación realizada. Para el análisis e interpretación, se han considerado que los resultados sean en tres planos específicos: el diagrama de Pareto, las diferencias significativas y el diagrama de superficie. Además, en las tablas se han incluido elementos como ANOVA, la ecuación del modelo ajustado y el coeficiente de determinación (R^2).

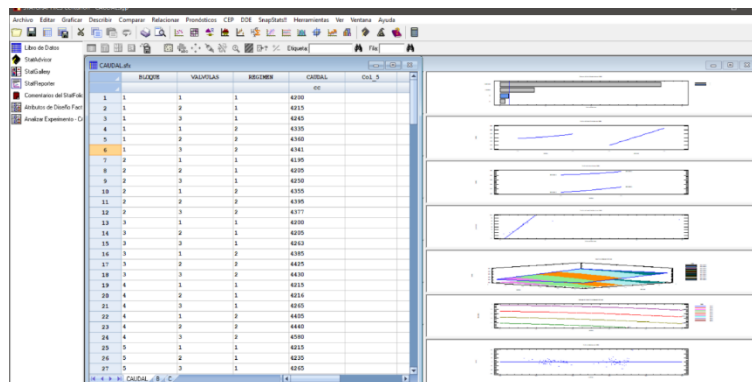


Figura 28 Compilación de datos Statgraphics

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó una inspección visual de la maqueta académica del motor Diésel CRDi Kia sorento y la selección de la válvula ZME en función a la idea planteada en el trabajo de investigación, en este caso se utilizó 3 tipos de válvulas las cuales presentan diferentes estados: Descompuesta, regular y buena.

Para comprobar el funcionamiento de la válvula manera ideal, es necesario la combinación de varias herramientas de diagnóstico automotriz, adicional a pruebas físicas verificando en su retorno de combustible. Cabe recalcar que se debe tener mucho cuidado cuando conectamos cualquier equipo de diagnóstico. Las herramientas de escaneo podrán detectar códigos de avería relacionados con los sensores y cableado asociado que se almacena en la memoria del vehículo. Además, no hay que olvidar que, para realizar las pruebas el motor debe haber alcanzado su temperatura de funcionamiento.

3.1 RESULTADOS DE PRUEBA DE TIEMPO VOLUMEN DE RETORNO

3.1.1 TIEMPO VOLUMEN RETORNO A RALENTÍ

Al seguir los procedimientos descritos en la sección 2.2.7, se han obtenido los resultados que se presentan en la Tabla 20 y Fig.29. Aquí se ilustra la variación del tiempo de volumen de retorno en ralentí para cada una de las válvulas bajo estudio.

Tabla 20
Valores de tiempo en ralenti

TIEMPO EN MINUTOS			
RALENTÍ			
Nº	BUENA	REGULAR	DESCOMPUESTA
1	4,04	4,03	4,2
2	4,03	4,05	4,13
3	4,05	4,00	4,2
4	4,04	4,04	4,2
5	4,06	4,05	4,17
6	4,07	4,04	4,16
7	4,07	4,00	4,18
8	4,07	3,47	4,16
9	4,07	3,55	4,22
10	4,06	3,45	4,24
11	4,05	3,46	4,25
12	4,04	3,48	4,23
13	4,06	3,43	4,2
14	4,07	4,00	4,28
15	4,07	3,47	4,2
16	4,05	3,55	4,22
17	4,04	3,45	4,2
18	4,06	3,46	4,21
19	4,04	3,48	4,19
20	4,03	3,43	4,22

Válvula ZME Buena

La válvula ZME buena trabaja en un intervalo de 4,03 a 4,07 minutos respectivamente, manteniendo el tiempo del pico superior el doble de tiempo que el tiempo inferior, es decir, el tiempo de retorno de combustible se mantiene, pasando a ser menor en un mínimo de pruebas.

Válvula ZME Regular

La válvula ZME regular trabaja en un intervalo de 3,43 a 4,05 minutos respectivamente, resultando que en esta válvula ZME presenta mayor fluctuación en los resultantes de tiempo, no manteniendo los tiempos en las pruebas.

Válvula ZME Descompuesta

La válvula ZME Descompuesta trabaja en un intervalo de 4,13 a 4,28 minutos respectivamente, manteniendo en mayor frecuencia en intervalos medios, es decir, el tiempo de retorno de combustible se mantiene en 4,2 minutos, pasando a ser la media en las pruebas realizadas.

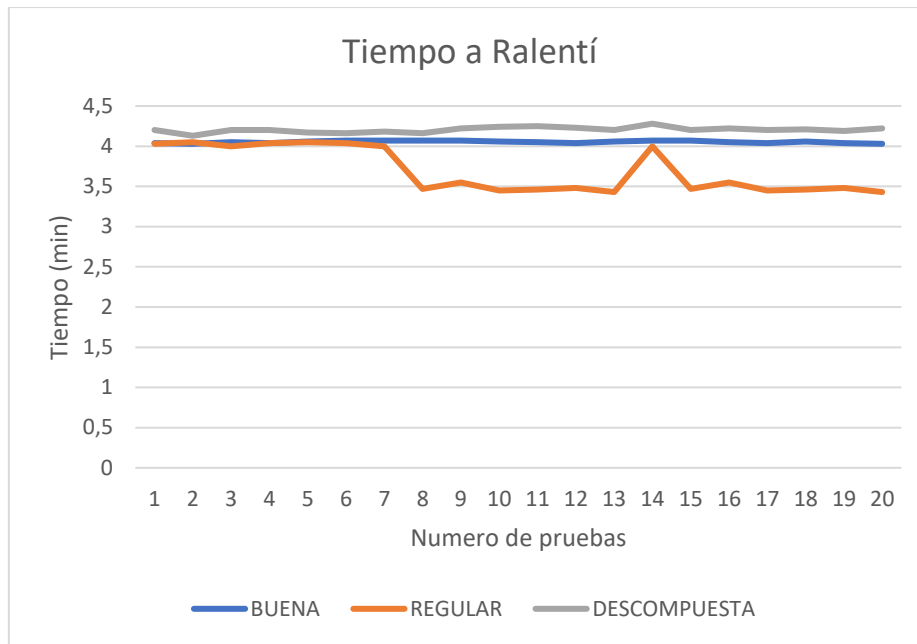


Figura 29 Representación gráfica de valores de tiempo en ralentí

La Fig.29 revela que la válvula ZME en buen estado mantiene consistentemente su tiempo de retorno entre las pruebas, sin evidenciar cambios significativos. Contrariamente, se observa una notable variación en la válvula ZME regular, caracterizada por fluctuaciones pronunciadas durante las pruebas. En el caso de la válvula ZME Descompuesta, se presenta una situación análoga, aunque con tiempos superiores a los valores adecuados.

3.1.2 TIEMPO DE VOLUMEN DE RETORNO A 2500 RPM

Realizando la prueba siguiendo los pasos del apartado 2.2.7 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 21 y Fig.30 en donde se observa la variación de tiempo de volumen de retorno en 2500 RPM de cada una de las válvulas a estudiar.

Tabla 21
Valores de tiempo en 2500 RPM

TIEMPO EN MINUTOS			
2500 RPM			
Nº	BUENA	REGULAR	DESCOMPUESTA
1	2,3	2,23	2,5
2	2,3	2,24	2,53
3	2,28	2,36	2,4
4	2,27	2,4	2,41
5	2,4	2,45	2,52
6	2,39	2,43	2,52
7	2,52	2,48	2,54

8	2,42	2,47	3
9	2,56	2,48	3
10	2,49	2,45	2,26
11	2,42	2,46	2,25
12	2,49	2,45	2,35
13	2,53	2,46	2,37
14	2,48	2,48	2,41
15	2,39	2,47	2,26
16	2,52	2,48	2,25
17	2,42	2,45	2,35
18	2,56	2,46	2,37
19	2,49	2,45	2,52
20	2,42	2,46	2,4

Válvula ZME Buena

La válvula ZME buena trabaja en un intervalo de 2,27 a 2,56 minutos respectivamente, resultando que en esta válvula ZME presenta mayor fluctuación en los resultantes de tiempo, no manteniendo los tiempos en las pruebas.

Válvula ZME Regular

La válvula ZME regular trabaja en un intervalo de 2,23 a 2,48 minutos respectivamente, manteniendo el tiempo del pico superior el doble de tiempo que el tiempo inferior, es decir, el tiempo de retorno de combustible se mantiene, pasando a ser menor en un mínimo de pruebas.

Válvula ZME Descompuesta

La válvula ZME Descompuesta trabaja en un intervalo de 2,25 a 3 minutos respectivamente, resultando que en esta válvula ZME presenta mayor fluctuación en los resultantes de tiempo, no manteniendo los tiempos en las pruebas.

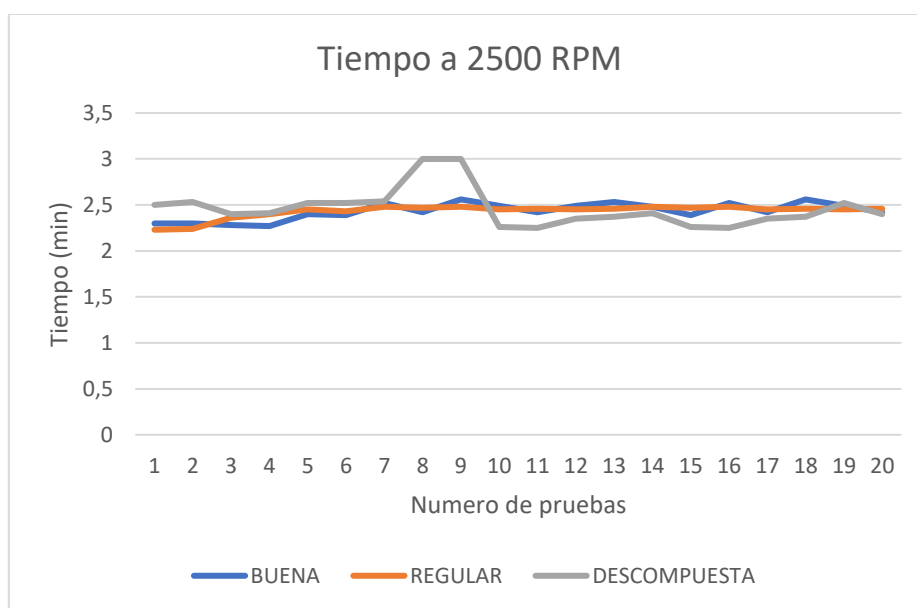


Figura 30 Representación gráfica de valores de tiempo en 2500 RPM

3.1.3 VOLUMEN DE RETORNO A RALENTÍ

Realizando la prueba siguiendo los pasos del apartado 2.2.7 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 22 y Fig.31 en donde se observa la variación de volumen de retorno en ralentí de cada una de las válvulas a estudiar.

Tabla 22

Valores de volumen en ralentí

VOLUMEN RETORNO EN L			
RALENTÍ			
Nº	BUENA	REGULAR	DESCOMPUESTA
1	4,200	4,215	4,245
2	4,195	4,205	4,250
3	4,200	4,205	4,263
4	4,215	4,216	4,265
5	4,215	4,235	4,265
6	4,210	4,246	4,278
7	4,205	4,260	4,286
8	4,235	4,257	4,272
9	4,230	4,265	4,277
10	4,195	4,260	4,280
11	4,200	4,240	4,283
12	4,215	4,245	4,278
13	4,215	4,243	4,263
14	4,210	4,216	4,265

15	4,205	4,235	4,265
16	4,235	4,246	4,278
17	4,210	4,260	4,286
18	4,205	4,257	4,272
19	4,235	4,265	4,277
20	4,230	4,260	4,280

Válvula ZME Buena

La válvula ZME buena trabaja en un intervalo de 4,195 a 4,235 litros respectivamente, manteniendo el volumen del pico superior el doble del pico inferior, es decir, el volumen de retorno de combustible se mantiene, pasando a ser menor en un mínimo de pruebas.

Válvula ZME Regular

La válvula ZME regular trabaja en un intervalo de 4,205 a 4,265 litros respectivamente, resultando que en esta válvula ZME presenta mayor fluctuación en los resultantes, no manteniendo constantes los volúmenes en las pruebas realizadas.

Válvula ZME Descompuesta

La válvula ZME Descompuesta trabaja en un intervalo de 4,245 a 4,286 litros respectivamente, resultando que en esta válvula ZME presenta mayor fluctuación en los resultantes, no manteniendo constantes los volúmenes en las pruebas realizadas.

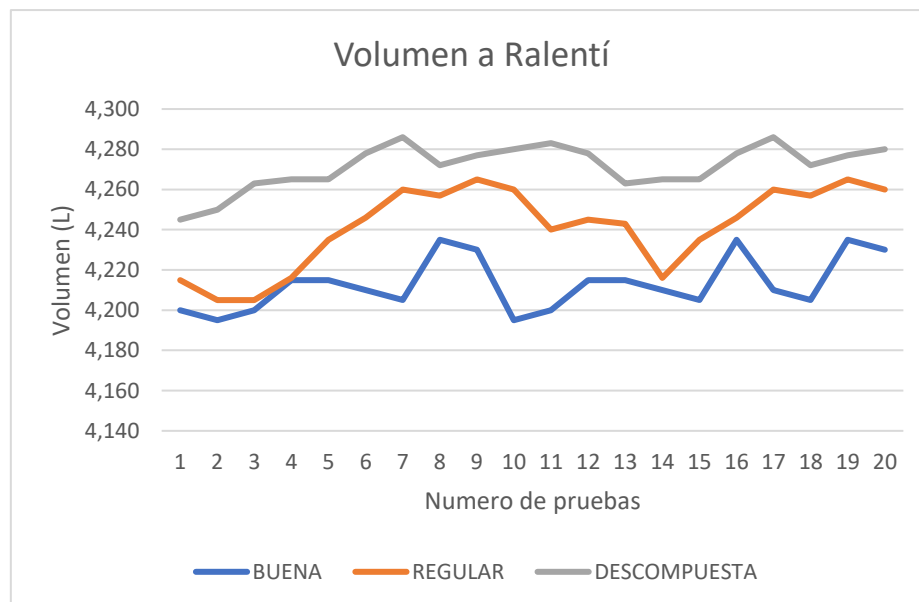


Figura 31 Representación gráfica de valores de volumen en ralentí

3.1.4 VOLUMEN RETORNO A 2500 RPM

Realizando la prueba siguiendo los pasos del apartado 2.2.7 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 23 y Fig.32 en donde se observa la variación de volumen de retorno a 2500 RPM de cada una de las válvulas a estudiar.

Tabla 23

Valores de volumen en 2500 RPM

VOLUMEN RETORNO L			
2500 RPM			
Nº	BUENA	REGULAR	DESCOMPUESTA
1	4,335	4,360	4,341
2	4,355	4,395	4,377
3	4,385	4,425	4,430
4	4,405	4,440	4,580
5	4,420	4,410	4,455
6	4,420	4,405	4,440
7	4,390	4,415	4,485
8	4,410	4,425	4,460
9	4,410	4,420	4,454
10	4,435	4,410	4,367
11	4,460	4,415	4,415
12	4,435	4,415	4,400
13	4,425	4,405	4,405
14	4,435	4,425	4,580
15	4,385	4,440	4,455
16	4,405	4,410	4,440
17	4,420	4,405	4,485
18	4,420	4,415	4,460
19	4,390	4,425	4,454
20	4,410	4,420	4,367

Válvula ZME Buena

La válvula ZME buena trabaja en un intervalo de 4,335 a 4,460 litros respectivamente, manteniendo el volumen del pico superior el doble de tiempo que el voltaje inferior, es decir, el tiempo de retorno de combustible se mantiene, pasando a ser menor en un mínimo de pruebas.

Válvula ZME Regular

La válvula ZME regular trabaja en un intervalo de 3,360 a 4,440 minutos respectivamente, resultando que en esta válvula ZME presenta mayor fluctuación en los resultantes de volumen, no manteniendo los tiempos en las pruebas.

Válvula ZME Descompuesta

La válvula ZME Descompuesta trabaja en un intervalo de 4,341 a 4,580 minutos respectivamente resultando que en esta válvula ZME presenta mayor fluctuación en los resultantes de volumen, no manteniendo los tiempos en las pruebas.

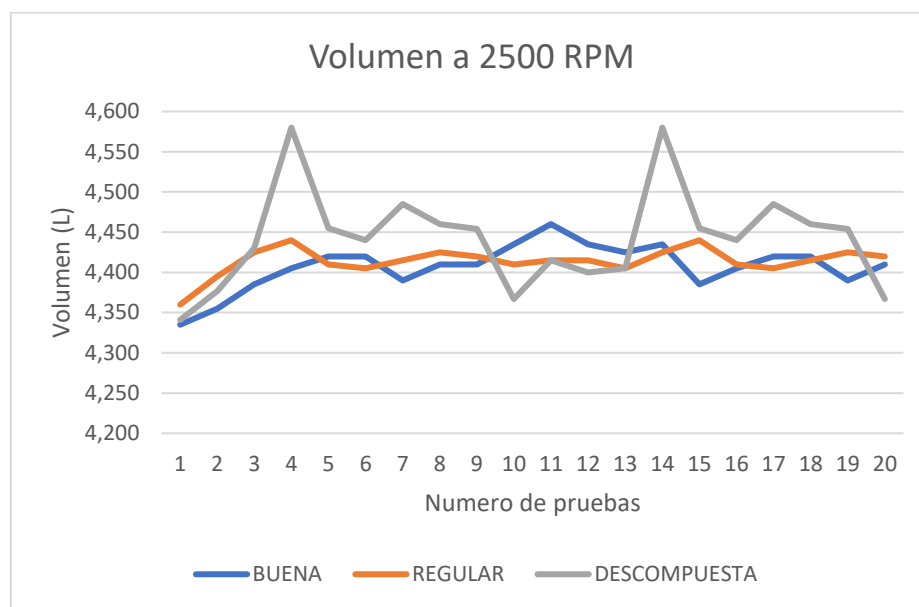


Figura 32 Representación gráfica de valores de volumen en 2500 RPM

3.2 RESULTADOS DE PRUEBAS CAUDAL RETORNO

3.2.1 CAUDAL RETORNO A RALENTÍ

Realizando la prueba siguiendo los pasos del apartado 2.2.7 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 24 y Fig.33 en donde se observa la variación de caudal de retorno en ralentí de cada una de las válvulas a estudiar.

Tabla 24

Valores de caudal en ralentí

CAUDAL DE RETORNO L/S			
RALENTÍ			
Nº	BUENA	REGULAR	DESCOMPUESTA
1	0,0173	0,0174	0,0168
2	0,0173	0,0173	0,0172
3	0,0173	0,0175	0,0169
4	0,0174	0,0174	0,0169
5	0,0173	0,0174	0,0170
6	0,0172	0,0175	0,0171
7	0,0172	0,0178	0,0171
8	0,0173	0,0204	0,0171
9	0,0173	0,0200	0,0169

10	0,0172	0,0206	0,0168
11	0,0173	0,0204	0,0168
12	0,0174	0,0203	0,0169
13	0,0173	0,0206	0,0169
14	0,0172	0,0176	0,0166
15	0,0172	0,0203	0,0169
16	0,0174	0,0199	0,0169
17	0,0174	0,0206	0,0170
18	0,0173	0,0205	0,0169
19	0,0175	0,0204	0,0170
20	0,0175	0,0207	0,0169

Válvula ZME Buena

La válvula ZME buena trabaja en un intervalo de 0,0172 a 0,0175 l/s respectivamente, manteniendo el caudal de retorno en la mayoría de las pruebas realizadas con una fluctuación mínima, es decir, el caudal de retorno de combustible se mantiene de forma constante, pasando a variar un mínimo entre prueba y prueba.

Válvula ZME Regular

La válvula ZME regular trabaja en un intervalo de 0,0173 a 0,0207 l/s respectivamente, resultando que en esta válvula ZME presenta mayor fluctuación en los resultantes de caudal, no manteniendo los caudales en las pruebas realizadas.

Válvula ZME Descompuesta

La válvula ZME Descompuesta trabaja en un intervalo de 0,0166 a 0,0172 l/s respectivamente, manteniendo en mayor frecuencia en intervalos medios, es decir, el caudal de retorno de combustible se mantiene, pasando a ser constante en las pruebas realizadas.

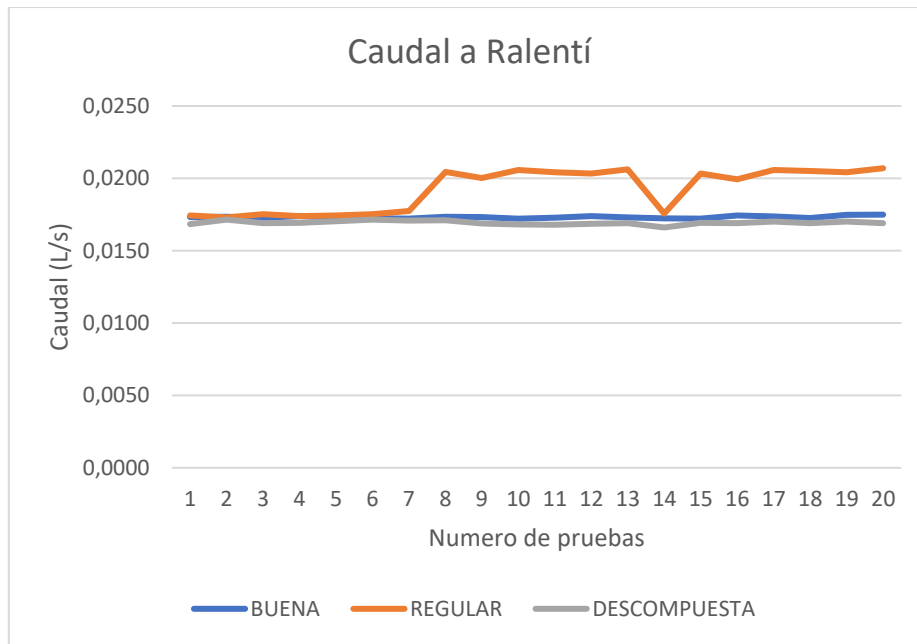


Figura 33 Representación gráfica de valores de caudal en ralentí

3.2.2 CAUDAL RETORNO A 2500 RPM

Realizando la prueba siguiendo los pasos del apartado 2.2.7 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 25 y Fig.33 en donde se observa la variación del caudal de retorno a 2500 RPM de cada una de las válvulas a estudiar.

Tabla 25
Valores de caudal en 2500 RPM

CAUDAL DE RETORNO L/S			
2500 RPM			
Nº	BUENA	REGULAR	DESCOMPUESTA
1	0,0314	0,0326	0,0289
2	0,0316	0,0327	0,0288
3	0,0321	0,0313	0,0308
4	0,0323	0,0308	0,0317
5	0,0307	0,0300	0,0295
6	0,0308	0,0302	0,0294
7	0,0290	0,0297	0,0294
8	0,0304	0,0299	0,0248
9	0,0287	0,0297	0,0247
10	0,0297	0,0300	0,0322
11	0,0307	0,0299	0,0327
12	0,0297	0,0300	0,0312
13	0,0292	0,0298	0,0310
14	0,0298	0,0297	0,0317
15	0,0306	0,0300	0,0329

16	0,0291	0,0296	0,0329
17	0,0304	0,0300	0,0318
18	0,0288	0,0299	0,0314
19	0,0294	0,0301	0,0295
20	0,0304	0,0299	0,0303

Válvula ZME Buena

La válvula ZME buena trabaja en un intervalo de 0,0287 a 0,0323 l/s respectivamente, manteniendo el caudal de retorno en la mayoría de las pruebas realizadas con una fluctuación mínima, es decir, el caudal de retorno de combustible se mantiene de forma constante, pasando a variar un mínimo entre prueba y prueba.

Válvula ZME Regular

La válvula ZME regular trabaja en un intervalo de 0,0296 a 0,0327 l/s respectivamente, resultando que en esta válvula ZME presenta mayor fluctuación en los resultantes de caudal, no manteniendo los caudales en las pruebas realizadas.

Válvula ZME Buena

La válvula ZME Descompuesta trabaja en un intervalo de 0,0247 a 0,0329 l/s respectivamente, manteniendo en mayor frecuencia en intervalos medios, es decir, el caudal de retorno de combustible se mantiene, pasando a ser constante en las pruebas realizadas.

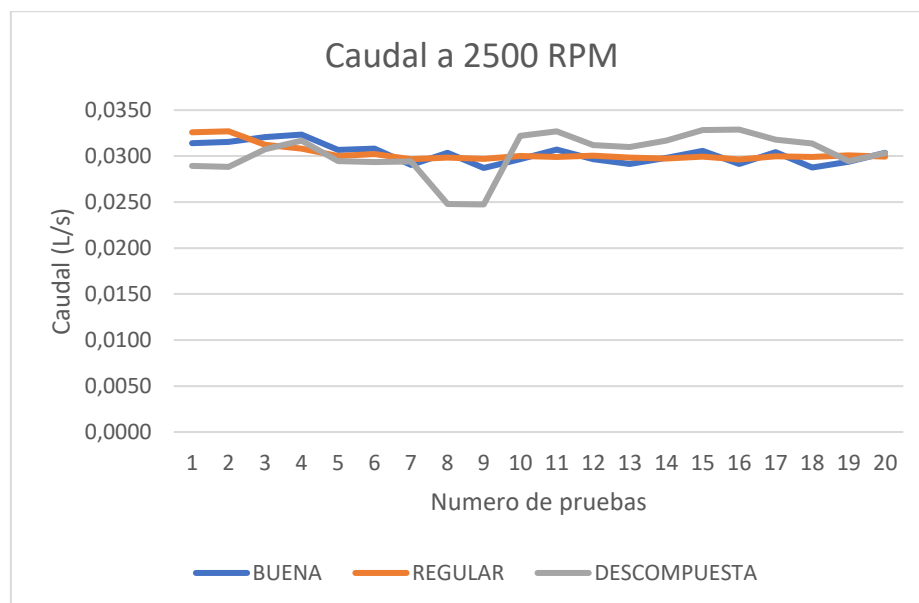


Figura 34 Representación gráfica de los valores de caudal en 2500 RPM

3.3 RESULTADOS DE PRUEBA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE SENSORES Y ACTUADORES EN EL SISTEMA CRDi

3.3.1 PRESIÓN DE COMBUSTIBLE: VALOR REAL A RALENTÍ

Realizando la prueba siguiendo los pasos del apartado 2.2.7 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 26 en donde se observa la variación de Presión de Combustible: Valor Real en ralentí de cada una de las válvulas a estudiar.

Tabla 26

Valores de presión de combustible en ralentí

Presión de Combustible: Valor Real		
Descompuesta	Regular	Buena
323,5	323,5	323,5
323,5	323,5	323,5
323,5	323,5	323,5
323,5	323,5	323,5
323,5	323,5	323,5

Sometidas a prueba, las válvulas ZME revelan que, al ser evaluadas en ralentí, no presentan diferencias discernibles entre las tres, al mantener una presión constante de 323,5 bar respectivamente, por ende el caudal de retorno de combustible se mantiene constante, como se observa en las pruebas realizadas, tal como se ilustra en la Fig.35.

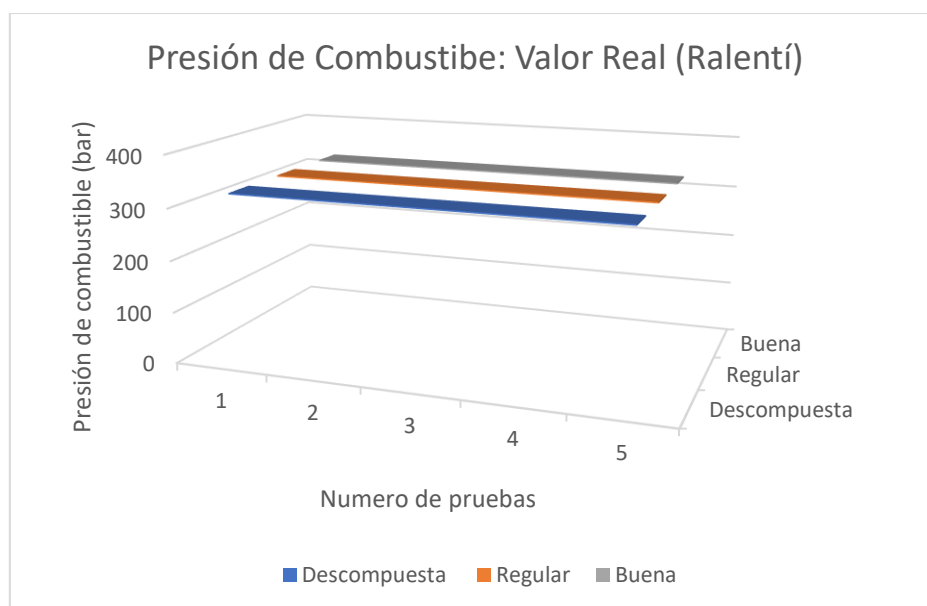


Figura 35 Representación gráfica de los valores de presión de combustible en ralentí

En la fig.35, se exhiben los valores de presión de combustible durante el ralentí, destacando que las tres válvulas mantienen este valor sin mostrar alteraciones durante las pruebas.

3.3.2 PRESIÓN DE COMBUSTIBLE: VALOR REAL A 2500 RPM

Realizando la prueba siguiendo los pasos del apartado 2.2.7 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 27 en donde se observa la variación de Presión de Combustible: Valor Real a 2500 RPM de cada una de las válvulas a estudiar.

Tabla 27

Valores de presión de combustible en 2500 RPM

Presión de Combustible: valor real		
Descompuesta	Regular	Buena
588,2	607,8	666,7
588,2	607,8	666,7
598	598	666,7
598	607,8	666,7
598	588,2	666,7

Sometidas a prueba, las válvulas ZME muestran que al ser evaluadas a 2500 rpm, se evidencian diferencias mínimas entre las válvulas regular y Descompuesta, con valores mayores en comparación con la válvula en buen estado que presenta una presión constante, como se puede observar en la Fig.36.

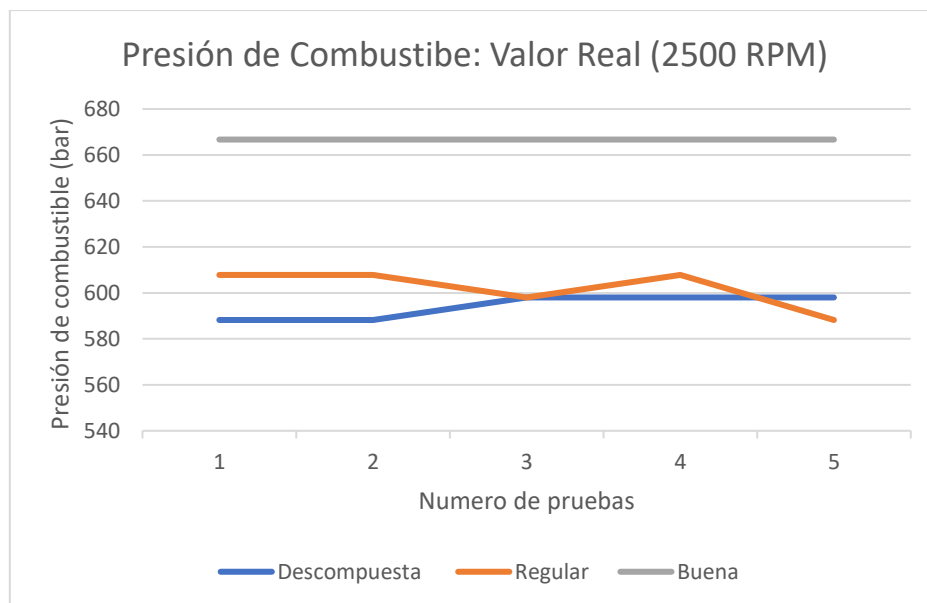


Figura 36 Representación gráfica de la presión de combustible a 2500 RPM

La fig.36, muestra que, al someterse a un esfuerzo, los valores de presión difieren entre las válvulas. La válvula en buen estado mantiene un valor constante sin alteraciones, a diferencia de la válvula regular y descompuesta, que exhiben variaciones durante las pruebas. Estos valores son significativamente más bajos en comparación con la válvula en buen estado.

3.3.3 VÁLVULA DE REGULACIÓN DE PRESIÓN DEL RAIL A RALENTÍ

Al llevar a cabo la prueba siguiendo los procedimientos detallados en el apartado 2.2.7, se obtienen los resultados que se presentan en la Tabla 28. Esta tabla ilustra la variación en la regulación de presión del Rail en ralentí para cada una de las válvulas objeto de estudio.

Tabla 28

Valores de la válvula de regulación de presión del riel en ralentí

Válvula de regulación de presión del riel		
Descompuesta	Regular	Buena
23%	22%	21%
23%	22%	21%
23%	22%	21%
23%	22%	21%
23%	22%	21%

Sometidas a prueba, las válvulas ZME muestran que al ser evaluadas a ralentí, se evidencian diferencias mínimas entre las válvulas, se mantienen en dichos valores ya que no son sometidos a cargas, Fig.37.

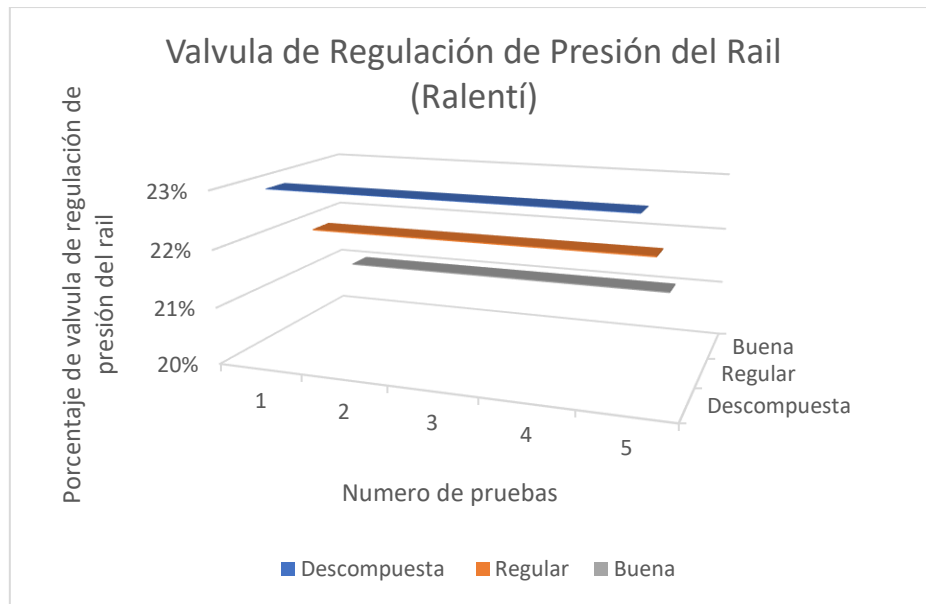


Figura 37 Representación gráfica de los valores de la válvula de regulación de presión del riel en ralentí

En la fig.37, se ilustra que la válvula de regulación de presión del riel facilita la evaluación del estado de las válvulas al revelar una variación significativa. Se observa que la válvula en buen estado muestra un porcentaje del 21%, mientras que las válvulas en estado regular y descompuesto registran un 22% y 23%, respectivamente.

3.3.4 VÁLVULA DE REGULACIÓN DE PRESIÓN DEL RAIL A 2500 RPM

Al llevar a cabo la prueba siguiendo los procedimientos detallados en el apartado 2.2.7, se obtienen los resultados que se presentan en la Tabla 29. Esta tabla ilustra la variación en la regulación de presión del Rail a 2500 RPM para cada una de las válvulas objeto de estudio.

Tabla 29

Valores de la válvula de regulación de presión del riel en 2500 RPM

Válvula de regulación de presión del riel		
Descompuesta	Regular	Buena
32%	33%	34%
32%	33%	34%
32%	33%	34%
32%	33%	34%
32%	33%	34%

Sometidas a prueba, las válvulas ZME muestran que al ser evaluadas a 2500 RPM, se evidencian diferencias mínimas entre las válvulas Fig.38.

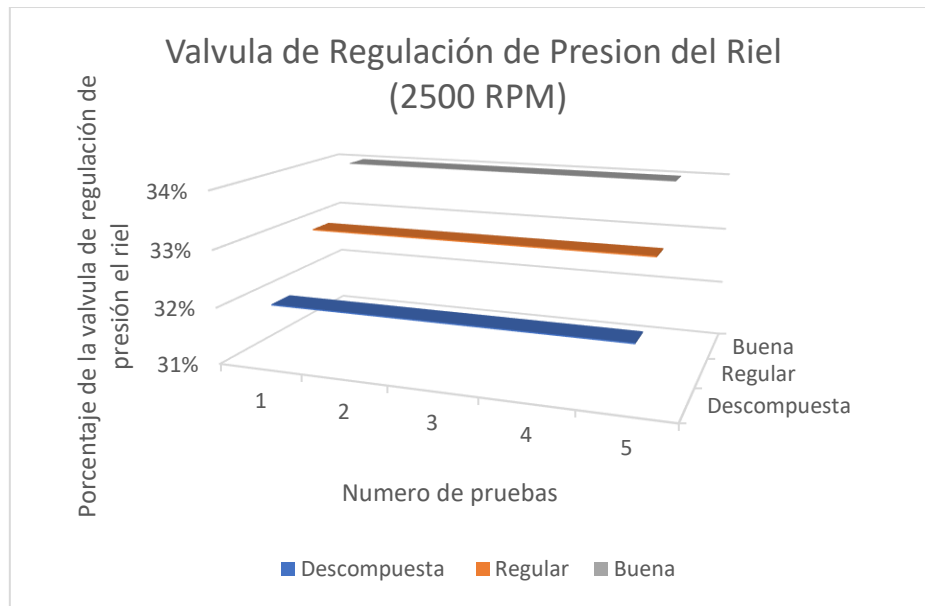


Figura 38 Representación gráfica de los valores de la válvula de regulación de presión del riel en 2500 RPM

En la fig.38, se presenta la válvula de regulación de presión del riel, observando su respuesta bajo esfuerzo. En relación con el comportamiento de las válvulas ZME, se evidenció que la válvula en buen estado mantiene un porcentaje del 34%, mientras que las válvulas en estado regular y descompuesto disminuyen a un 33% y 32%, respectivamente.

3.3.5 PRESIÓN DE COMBUSTIBLE: VALOR NOMINAL A RALENTÍ

Llevando a cabo la prueba de acuerdo con los procedimientos detallados en el apartado 2.2.7, se obtienen los resultados presentados en la Tabla 30, la cual refleja la variación de la presión de combustible: valor nominal en ralentí para cada una de las válvulas bajo investigación.

Tabla 30

Valores de presión de combustible: Valor nominal en ralentí.

Presión de combustible: Valor Nominal		
Descompuesta	Regular	Buena
323,5	323,5	323,5
323,5	323,5	323,5
323,5	323,5	323,5
323,5	323,5	323,5
323,5	323,5	323,5

Sometidas a prueba, las válvulas ZME muestran que al ser evaluadas a ralentí, no se evidencian diferencias entre las válvulas, se mantiene el valor en 323,5 bar adicional que no están sometidos a cargas. Fig.39.

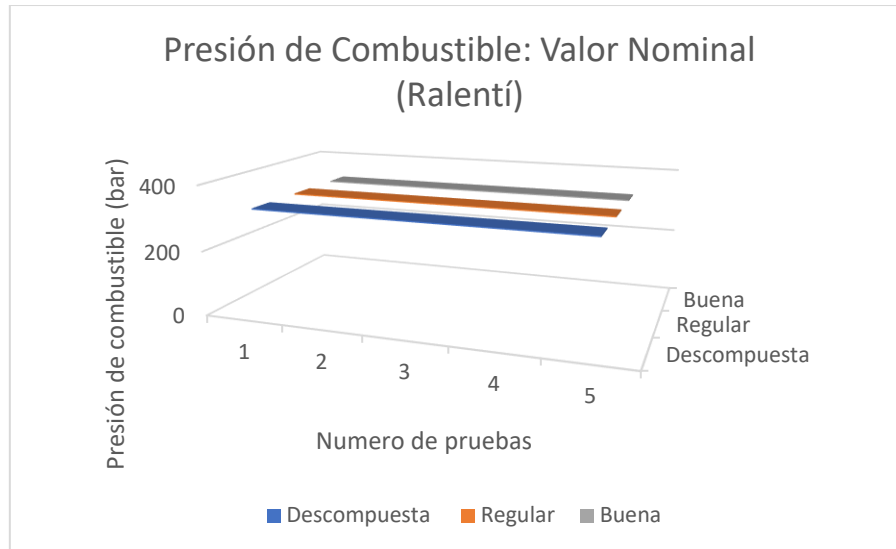


Figura 39 Representación gráfica de los valores de la presión de combustible: Valor nominal en ralentí

La fig.39, ilustra que, cuando las válvulas no están sometidas a esfuerzos, conservan la presión de combustible como un valor constante, sin manifestar variaciones.

3.3.6 PRESIÓN DE COMBUSTIBLE: VALOR NOMINAL A 2500 RPM

Llevando a cabo la prueba de acuerdo con los procedimientos detallados en el apartado 2.2.7, se obtienen los resultados presentados en la Tabla 31, la cual refleja la variación de la presión de combustible: valor nominal a 2500 RPM para cada una de las válvulas bajo investigación.

Tabla 31

Valores de presión de combustible: Valor nominal en 2500 RPM

Presión de Combustible: Valor Nominal		
Descompuesta	Regular	Buena
588,2	607,8	666,7
588,2	607,8	666,7
598	598	666,7
598	607,8	666,7
598	588,2	666,7

Sometidas a prueba, las válvulas ZME muestran que al ser evaluadas a 2500 rpm, se evidencian diferencias mínimas entre las válvulas regular y Descompuesta, con valores mayores en comparación con la válvula en buen estado que presenta una presión constante, como se puede observar en la Fig.40.

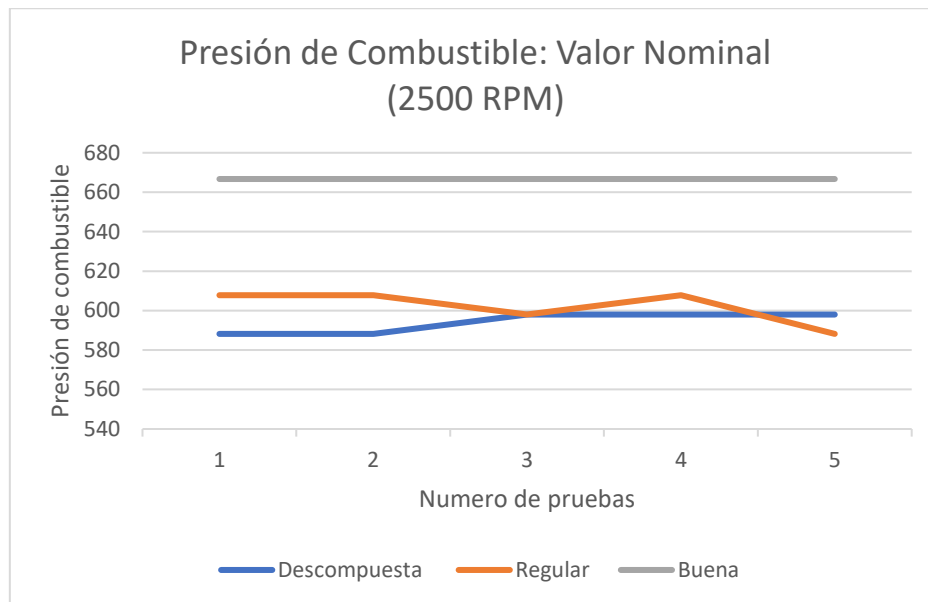


Figura 40 Representación gráfica de los valores de la presión de combustible: Valor nominal en 2500 RPM

En la Fig. 40, se evidencia la variación de presión de acuerdo con el estado de las válvulas sometidas a esfuerzo revela que la válvula en buen estado mantiene una presión de combustible constante. En contraste, las válvulas en estado regular y descompuesto muestran una variación significativa, disminuyendo su presión. Asimismo, se observa que las presiones generadas por estas válvulas no son valores estables.

3.3.7 VÁLVULA DE MANDO CAUDAL A RALENTÍ

Realizando la prueba siguiendo los pasos del apartado 2.2.7 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 32 en donde se observa la variación del porcentaje de caudal a ralentí de cada una de las válvulas a estudiar.

Tabla 32
Valores de la válvula de mando caudal en ralentí

Válvula de Mando Caudal		
Descompuesta	Regular	Buena
31%	31%	31%
31%	31%	31%
31%	31%	31%
31%	31%	31%
31%	31%	31%

Sometidas a prueba, las válvulas ZME muestran que al ser evaluadas a ralentí, se evidencian que no existen diferencias las válvulas ZME, como se puede observar en la Fig.41, respectivamente a razón de que no son sometidas a cargas o exigencias en este régimen.

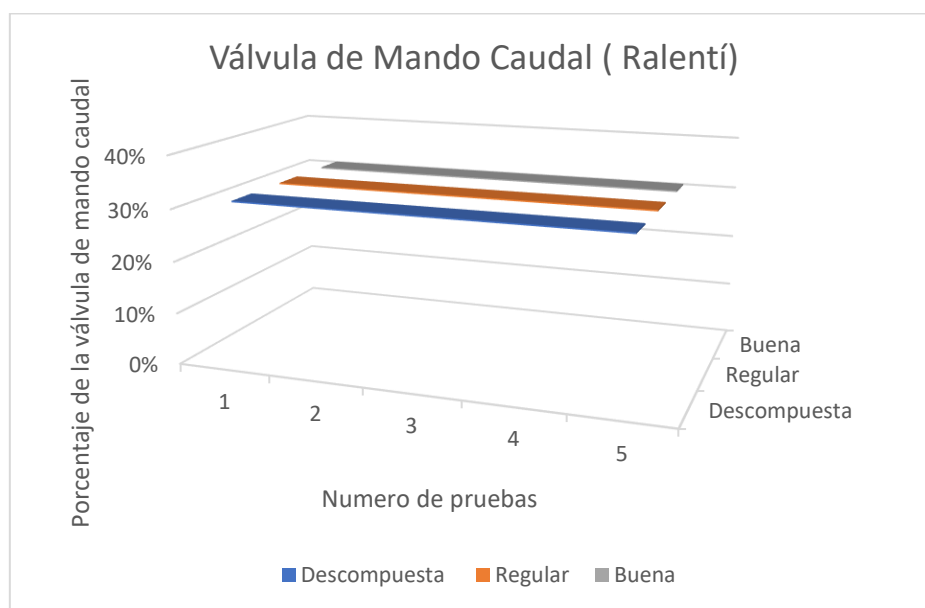


Figura 41 Representación gráfica de los valores de la válvula de mando caudal en ralenti.

Como se evidencia en la Fig. 41, el comportamiento de las válvulas cuando no están sometidas a esfuerzos resulta en un valor constante que no varía según el estado de las válvulas.

3.3.8 VÁLVULA DE MANDO CAUDAL A 2500 RPM

Realizando la prueba siguiendo los pasos del apartado 2.2.7 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 33 en donde se observa la variación del porcentaje de caudal a 2500 RPM de cada una de las válvulas a estudiar.

Tabla 33

Valores de la válvula de mando caudal en 2500 RPM.

Válvula de Mando Caudal		
Descompuesta	Regular	Buena
26%	22%	14%
26%	22%	14%
26%	22%	14%
26%	22%	14%
26%	22%	14%

Sometidas a prueba, las válvulas ZME muestran que al ser evaluadas a 2500 rpm, se evidencian diferencias considerables entre la válvulas buena y Descompuesta, como se puede observar en la Fig.42.

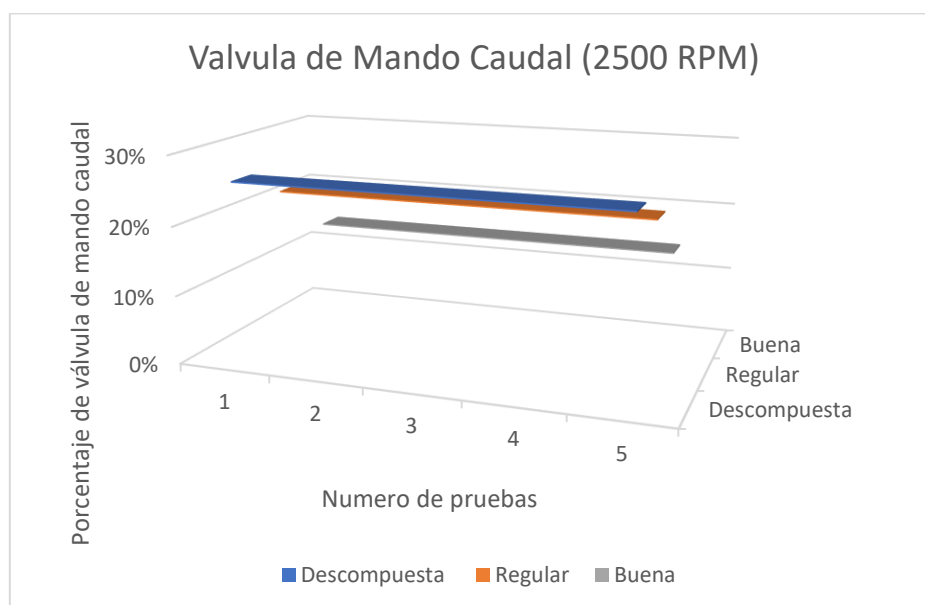


Figura 42 Representación gráfica de los valores de la válvula de mando caudal en 2500 RPM.

En la Fig. 42, observamos el comportamiento de las válvulas sometidas a esfuerzo revela que su rendimiento está directamente relacionado con su estado. Se parte de una válvula en buen estado, la cual mantiene un porcentaje del 14%. En contraste, las válvulas en estado regular y descompuesto muestran aumentos porcentuales del 22% y 26%, respectivamente.

3.4 RESULTADOS SOFTWARE STATGRAPHICS

3.4.1 STATGRAPHICS TIEMPO

Anova

La prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) constituye un método estadístico destinado a contrastar las medias de tres o más grupos independientes. Su objetivo fundamental consiste en evaluar la presencia de diferencias significativas entre las medias de, al menos, dos de dichos grupos. ANOVA analiza la variabilidad existente tanto dentro de los grupos como entre ellos. En caso de que la variabilidad entre los grupos sea estadísticamente significativa en comparación con la variabilidad dentro de los grupos, se infiere que, al menos, dos de los grupos presentan medias diferentes.

Tabla 34

Varianza para tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: VALVULAS ZME	0,15488	1	0,15488	4,34	0,0399
B: REGIMEN	71,4255	1	71,4255	2000,44	0,0000
AA	1,34401	1	1,34401	37,64	0,0000
AB	0,075645	1	0,075645	2,12	0,1488

$$R - \text{cuadrada} = 95,5349 \% \quad (1)$$

$$R - \text{cuadrada (ajustada por g.l.)} = 94,4652 \% \quad (2)$$

$$\text{Error estándar del est.} = 0,188957 \quad (3)$$

$$\text{Error absoluto medio} = 0,135885 \quad (4)$$

La tabla de análisis de varianza (ANOVA) realiza pruebas estadísticas de cada efecto mediante la comparación de su cuadrado medio con una estimación del error experimental. En esta ocasión, tres efectos muestran un valor-P inferior a 0,05, indicando que difieren significativamente de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

En relación con el modelo ajustado, el coeficiente de determinación (R-Cuadrada) revela que dicho modelo explica el 95,5349% de la variabilidad en el tiempo. Al considerar modelos con diferente número de variables independientes, el estadístico R-cuadrada ajustada alcanza el 94,4652%. En cuanto a la posible autocorrelación serial en los residuos, el valor-P superior al 5,0% indica que no hay evidencia de tal correlación, con un nivel de significancia del 5,0%.

Prueba de múltiples rangos

La prueba de múltiples rangos se emplea como método estadístico para contrastar las medianas de tres o más grupos independientes. Su propósito radica en evaluar la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de al menos dos de estos grupos. En contraste con la aproximación de comparaciones directas entre pares de grupos.

Tabla 35

Valores de rango de tiempo

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>
2500 VREGULAR	20	2,4305
2500 VBUENA	20	2,4325
2500 VDESCOMPUESTA	20	2,4605
Ralenti VREGULAR	20	3,6945
Ralenti VBUENA	20	4,0535
Ralenti VDESCOMPUESTA	20	4,203

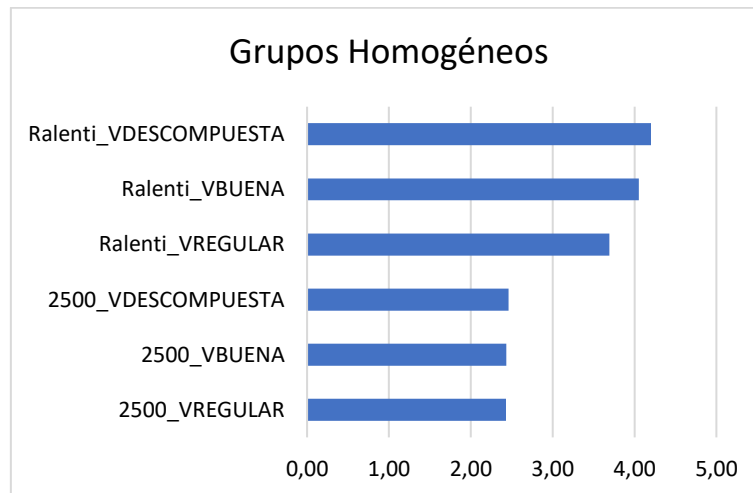


Figura 43 Grupo homogéneo de tiempo

La Tabla 35 y Fig.43 presenta datos que facilitan la identificación de similitudes y variaciones en los valores asociados a las válvulas ZME. A lo largo de un conjunto de 20 pruebas, se observa que, en diferentes regímenes de funcionamiento, se producen variaciones notables en los tiempos de retorno. A 2500 RPM, destaca la uniformidad de los valores de las válvulas, manteniéndose estables sin variaciones apreciables. En ralenti, se aprecian tiempos diversos en las tres válvulas ZME, siendo la válvula descompuesta la que exhibe un tiempo superior en comparación con las demás.

Caja y bigotes

El Diagrama de Caja y Bigotes es útil para identificar la dispersión y la presencia de valores extremos en un conjunto de datos, permitiendo comparar distribuciones entre diferentes grupos

o variables. El diagrama muestra la mediana, los cuartiles y los valores atípicos de manera visual.

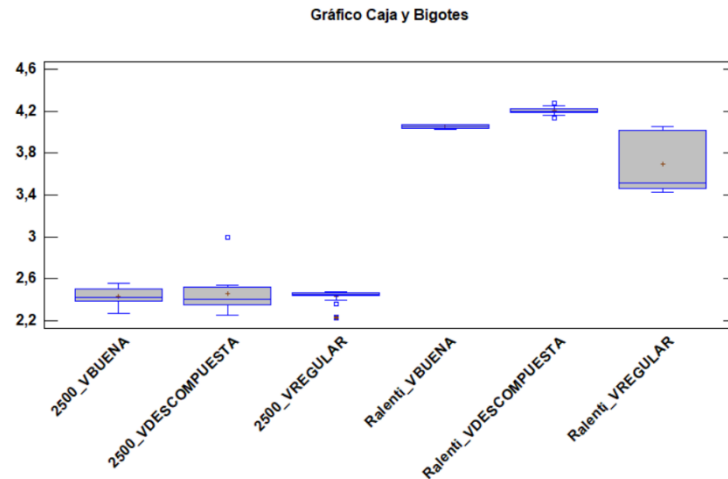


Figura 44 Grafico de cajas y bigotes de tiempo

La Fig.44, ofrece una representación más concisa y gráfica de los resultados presentados en la Tabla 35. Se destaca claramente que la variación más pronunciada se observa en ralentí, donde la válvula descompuesta exhibe un aumento significativo en el tiempo de retorno en comparación con las demás, mientras que a 2500 RPM se observa un tiempo similar entre las válvulas.

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta efectiva para la gestión de la calidad y la toma de decisiones, ya que permite centrarse en los problemas o causas más importantes para lograr mejoras significativas. Se basa en el principio conocido como la "Regla del 80/20", que sugiere que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas.

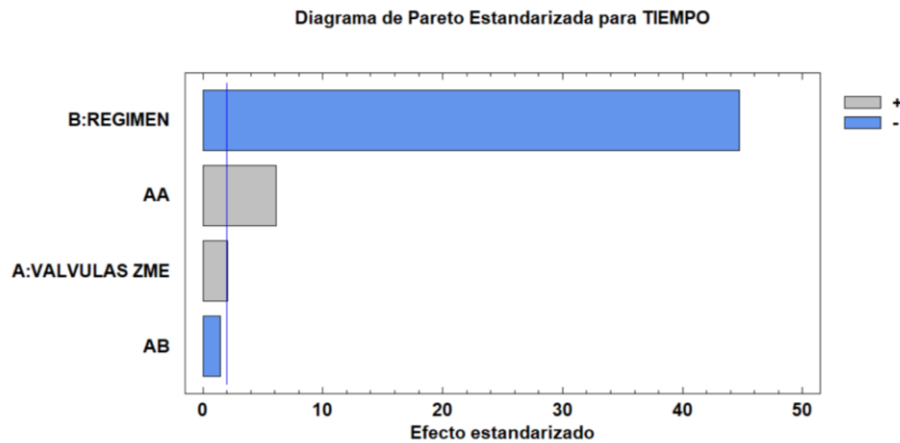


Figura 45 Diagrama de Pareto estandarizada para tiempo

En la Fig.45, un análisis mediante el Diagrama de Pareto revela que en la prueba de tiempo las variables preponderantes son las válvulas ZME al igual que sus combinaciones que se someten. Asimismo, se observa que el régimen ejerce influencia, aunque en una medida significativamente menor pero sobre pasando la media con gran diferencia.

Diagrama superficie de respuesta

Un diagrama de superficie estimada constituye una representación gráfica tridimensional que ilustra la variación de una variable de respuesta en relación con dos variables predictoras. Este tipo de diagrama emplea superficies para ofrecer una visualización más completa de la relación entre las variables, en comparación con un gráfico bidimensional. Cada punto en la superficie representa una combinación única de valores de las dos variables predictoras, junto con su respectivo valor estimado para la variable de respuesta correspondiente. Este enfoque visual facilita la identificación de patrones, tendencias o interacciones complejas que puedan existir entre las variables en análisis.

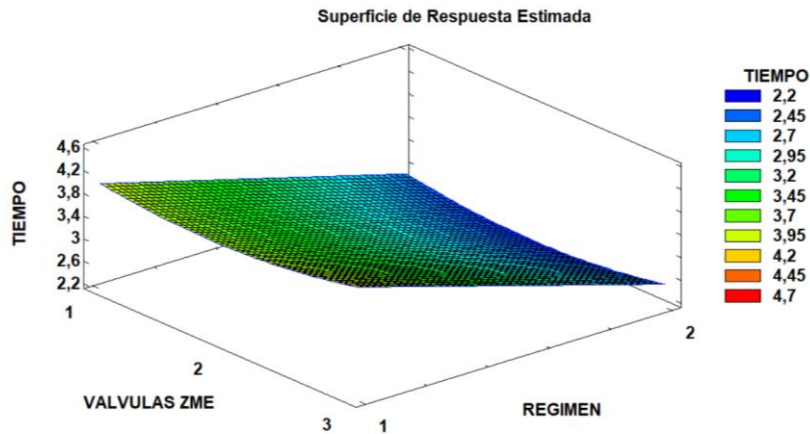


Figura 46 Superficie de respuesta estimada para tiempo

La Fig.46 permite constatar que, en la condición de ralentí, las válvulas en buen estado (3) y descompuesta (1) exhiben una variación mínima del 0.80%, en contraste con la válvula regular (2), que experimenta un aumento drástico al alcanzar un 7.57%. Esto evidencia que la válvula ZME regular presenta un menor tiempo ya que se aunemento su caudal en comparación con las otras configuraciones.

Ademas, se observa que, en la condición de 2500 RPM, las válvulas en buen estado (3) y regular (2) muestran una variación mínima del 3.76%, en contraste con la válvula descompuesta (1), que experimenta un aumento significativo al alcanzar un 8.48%. Esto evidencia que la ZME descompuesta presenta un menor tiempo dicho que aumento su retorno de caudal de combustible cuando se somete a cargas de trabajo, destacando las diferencias en el rendimiento de las válvulas bajo condiciones específicas de operación.

Ecuación modelo ajustado

En la Tabla 36 se muestra los coeficientes para la obtención del modelo ajustado de la variable caudal.

Tabla 36
Coeficiente de regresión para tiempo

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	6,0025
A: VALVULAS ZME	-0,76175
B: REGIMEN	-1,42
AA	0,2245
AB	-0,0615

Los coeficientes de regresión permiten obtener la ecuación del modelo ajustado que se indica a continuación:

$$\begin{aligned}
 \text{TIEMPO} = & 6,0025 - 0,76175 * \text{VALVULAS ZME} - 1,42 * \text{REGIMEN} & (5) \\
 & + 0,2245 * \text{VALVULAS ZME}^2 - 0,0615 * \text{VALVULAS ZME} \\
 & * \text{REGIMEN}
 \end{aligned}$$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que statgraphics evalúe esta función de forma clara y rápida.

3.4.2 STATGRAPHICS VOLUMEN

Anova

La prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) constituye un método estadístico destinado a contrastar las medias de tres o más grupos independientes. Su objetivo fundamental consiste en evaluar la presencia de diferencias significativas entre las medias de, al menos, dos de dichos grupos. ANOVA analiza la variabilidad existente tanto dentro de los grupos como entre ellos. En caso de que la variabilidad entre los grupos sea estadísticamente significativa en comparación con la variabilidad dentro de los grupos, se infiere que, al menos, dos de los grupos presentan medias diferentes.

Tabla 37

Varianza para volumen

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: VALVULAS	43617,8	1	43617,8	56,32	0,0000
B: REGIMEN	964993,	1	964993,	1246,02	0,0000
AA	904,817	1	904,817	1,17	0,2825
AB	2737,8	1	2737,8	3,54	0,0631

$$R - \text{cuadrada} = 93,3639 \% \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
 R - \text{cuadrada (ajustada por g.l.)} & & (7) \\
 = 91,774 \% & &
 \end{aligned}$$

$$\text{Error estándar del est.} = 27,8291 \quad (8)$$

$$\text{Error absoluto medio} = 16,6001 \quad (9)$$

La tabla de análisis de varianza (ANOVA) evalúa la significancia estadística de cada efecto al comparar su cuadrado medio con una estimación del error experimental. En esta situación, tres

efectos muestran un valor-P inferior a 0,05, indicando que difieren significativamente de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

En cuanto al análisis del modelo ajustado, el coeficiente de determinación (R-Cuadrada) señala que dicho modelo explica el 93,3639% de la variabilidad en el volumen. Considerando modelos con diferente número de variables independientes, el estadístico R-cuadrada ajustada alcanza el 91,774%. En lo que respecta a la presencia de autocorrelación serial en los residuos, el valor-P superior al 5,0% indica que no hay indicios de tal correlación, con un nivel de significancia del 5,0%.

Prueba de múltiples rangos

La prueba de múltiples rangos se emplea como método estadístico para contrastar las medianas de tres o más grupos independientes. Su propósito radica en evaluar la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de al menos dos de estos grupos. En contraste con la aproximación de comparaciones directas entre pares de grupos.

Tabla 38

Valores de rango de volumen

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>
Ralenti_VBuena	20	4,213
Ralenti_VRegular	20	4,24155
Ralenti_VDescompuesta	20	4,2714
2500_VBuena	20	4,4075
2500_VRegular	20	4,414
2500_VDescompuesta	20	4,4425

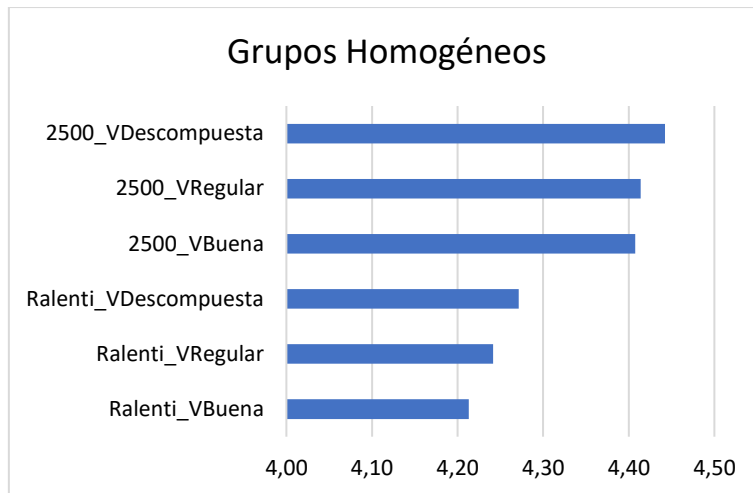


Figura 47 Grupo Homogéneo de volumen

La Tabla 38 y Fig.47 proporciona datos que facilitan la identificación de similitudes y variaciones en los valores asociados a las válvulas ZME. A través de un conjunto de 20 pruebas, se observa que, en los distintos regímenes de funcionamiento, existen variaciones notables en los volúmenes de retorno. En ralentí, se destaca que la válvula en buen estado presenta el menor volumen, mientras que la descompuesta muestra el volumen más elevado, con la válvula regular ubicada en un punto intermedio. Al operar a 2500 RPM, se observan volúmenes similares entre las válvulas ZME en buen estado y regular, con una varianza mayor en la válvula descompuesta.

Caja y bigotes

El Diagrama de Caja y Bigotes es útil para identificar la dispersión y la presencia de valores extremos en un conjunto de datos, permitiendo comparar distribuciones entre diferentes grupos o variables. El diagrama muestra la mediana, los cuartiles y los valores atípicos de manera visual.

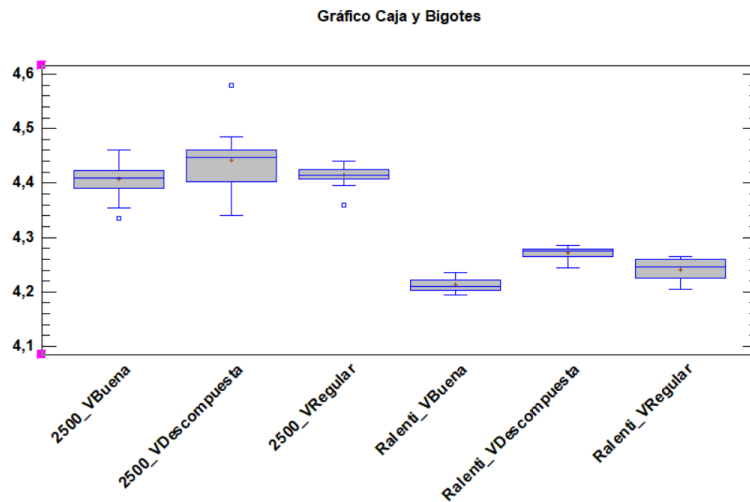


Figura 48 Grafica de caja y bigotes Volumen

La Fig.48 proporciona una representación gráfica más concisa de los resultados detallados en la Tabla 38. Es evidente que la válvula descompuesta presenta un volumen de retorno significativamente mayor en ambas condiciones, lo que indica claramente que la válvula está operando fuera de sus rangos óptimos en comparación con la ZME en buen estado. Por otro lado, la válvula regular se mantiene en un punto intermedio en ambas condiciones de trabajo.

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta efectiva para la gestión de la calidad y la toma de decisiones, ya que permite centrarse en los problemas o causas más importantes para lograr mejoras significativas. Se basa en el principio conocido como la "Regla del 80/20", que sugiere que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas.

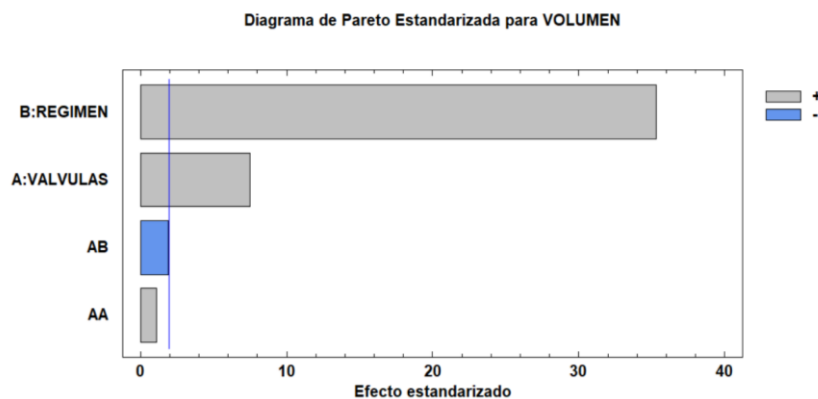


Figura 49 Diagrama de pareto estandarizada para volumen

En la Fig.49, un análisis mediante el Diagrama de Pareto revela que en la prueba de volumen la variable preponderante es el régimen al que se someten las válvulas ZME. Asimismo, se observa que las válvulas también ejercen influencia, aunque en una medida significativamente menor. Esta particularidad no se manifiesta en otras combinaciones de variables bajo consideración.

Diagrama superficie de respuesta

Un diagrama de superficie estimada constituye una representación gráfica tridimensional que ilustra la variación de una variable de respuesta en relación con dos variables predictoras. Este tipo de diagrama emplea superficies para ofrecer una visualización más completa de la relación entre las variables, en comparación con un gráfico bidimensional. Cada punto en la superficie representa una combinación única de valores de las dos variables predictoras, junto con su respectivo valor estimado para la variable de respuesta correspondiente. Este enfoque visual facilita la identificación de patrones, tendencias o interacciones complejas que puedan existir entre las variables en análisis.

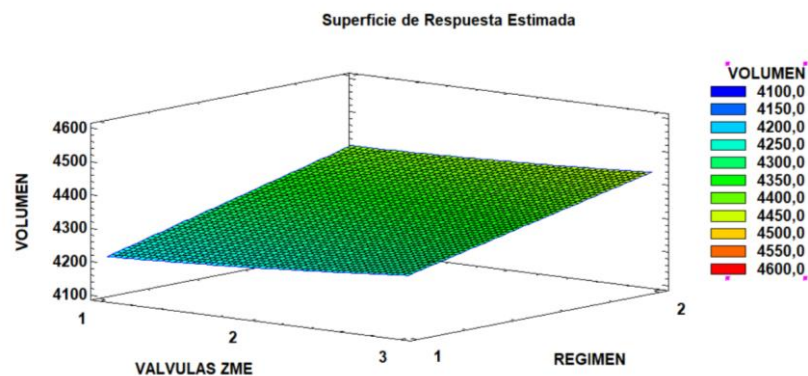


Figura 50 Superficie de respuesta estimada de volumen

La Fig.50 permite constatar que, en la condición de ralentí, las válvulas exhiben una variación mínima del 0.47% siendo el máximo y llevando un volumen muy similar sin ser sometidas a cargas de trabajo, Esto evidencia que las válvula ZME presenta un volumen somilar con variaciones minimas.

Ademas se observa que, en la condición de 2500 RPM, las válvulas en buen estado (3) y regular (2) muestran una variación mínima del 0.65%, en contraste con la válvula descompuesta (1), que experimenta un aumento significativo al alcanzar un 1.39%. Esto evidencia que la ZME descompuesta presenta un volumen de retorno cuando se somete a cargas de trabajo,

destacando las diferencias en el rendimiento de las válvulas bajo condiciones específicas de operación.

Ecuación modelo ajustado

En la Tabla 39 se muestra los coeficientes para la obtención del modelo ajustado de la variable caudal.

Tabla 39
Coefficiente de regresión para volumen

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	4000,25
A: VALVULAS	17,6
B: REGIMEN	202,75
AA	5,825
AB	-11,7

Los coeficientes de regresión permiten obtener la ecuación del modelo ajustado que se indica a continuación:

$$VOLUMEN = 4000,25 + 17,6 * VALVULAS + 202,75 * REGIMEN + 5,825 * VALVULAS^2 - 11,7 * VALVULAS * REGIMEN \quad (10)$$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que statgraphics evalúe esta función de forma clara y rápida.

3.4.3 STATGRAPHICS CAUDAL

ANOVA

La prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) constituye un método estadístico destinado a contrastar las medias de tres o más grupos independientes. Su objetivo fundamental consiste en evaluar la presencia de diferencias significativas entre las medias de, al menos, dos de dichos grupos. La ANOVA analiza la variabilidad existente tanto dentro de los grupos como entre ellos. En caso de que la variabilidad entre los grupos sea estadísticamente significativa en comparación con la variabilidad dentro de los grupos, se infiere que, al menos, dos de los grupos presentan medias diferentes.

Tabla 40
Varianza para caudal

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: REGIMEN	0,0046	1	0,0046	2436,80	0,0000
B: VALVULA	6,4082E-7	1	6,4082E-7	0,34	0,5633
AB	8,4872E-7	1	8,4872E-7	0,45	0,5061
BB	0,0000306449	1	0,0000306449	16,08	0,0001

$$R - \text{cuadrada} = 96,2541 \% \quad (11)$$

$$R - \text{cuadrada (ajustada por g.l.)} = 95,3566 \% \quad (12)$$

$$\text{Error estándar del est.} = 0,00138037 \quad (13)$$

$$\text{Error absoluto medio} = 0,000965764 \quad (14)$$

La tabla de análisis de varianza (ANOVA) somete a prueba la significancia estadística de cada efecto al comparar su cuadrado medio con una estimación del error experimental. En esta instancia, se identifican dos efectos con un valor-P inferior a 0,05, indicando su diferencia significativa respecto a cero con un nivel de confianza del 95,0%.

Por otro lado, el coeficiente de determinación (R-Cuadrada) revela que, tras los ajustes realizados, el modelo explica un 96,2541% de la variabilidad en el caudal. Al considerar modelos con diferente número de variables independientes, el estadístico R-cuadrada ajustada, más pertinente, alcanza el 95,3566%. En cuanto a la presencia de autocorrelación serial en los residuos, el valor-P superior al 5,0% indica la ausencia de dicha correlación, con un nivel de significancia del 5,0%.

Prueba de múltiples rangos

La prueba de múltiples rangos se emplea como método estadístico para contrastar las medianas de tres o más grupos independientes. Su propósito radica en evaluar la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de al menos dos de estos grupos. En contraste con la aproximación de comparaciones directas entre pares de grupos.

Tabla 41 Rango de valores de caudal

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>
RALENTI VDESCOMPUESTA	20	0,01693
RALENTI VBUENA	20	0,017315
RALENTI VREGULAR	20	0,01923
2500 VBUENA	20	0,03024
2500 VDESCOMPUESTA	20	0,03028
2500 VREGULAR	20	0,03029

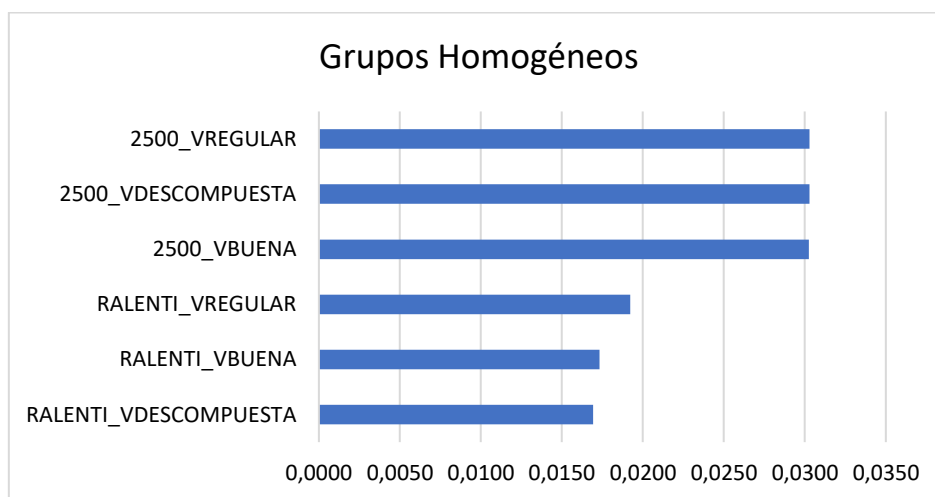


Figura 51 Grupo homogéneo de caudal

La Tabla 42 y Fig.51 presenta información que permite identificar similitudes y variaciones en los valores asociados a las válvulas ZME. A partir de un conjunto de 20 pruebas, se observa que, al operar en ralentí, las válvulas ZME en buen estado y con avería exhiben una similitud en su caudal, mientras que la ZME de rendimiento regular presenta una variación ligeramente mayor. En el caso de 2500 RPM, se destaca que todas las válvulas manejan un caudal similar, sin mostrar variaciones significativas entre ellas.

Caja y bigotes

El Diagrama de Caja y Bigotes es útil para identificar la dispersión y la presencia de valores extremos en un conjunto de datos, permitiendo comparar distribuciones entre diferentes grupos o variables. El diagrama muestra la mediana, los cuartiles y los valores atípicos de manera visual.

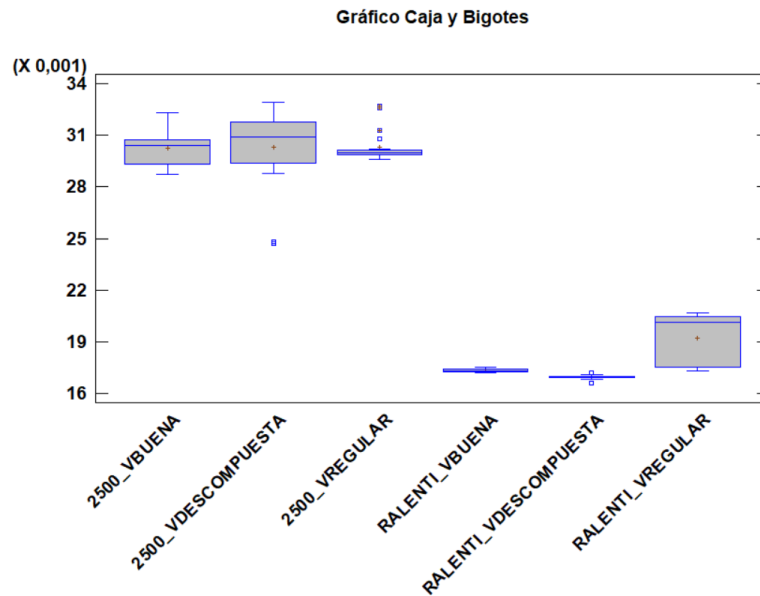


Figura 52.52 Grafica de caja y bigotes de caudal

En la Fig.52, se evidencia que en ambas condiciones de prueba, las válvulas exhiben una variación significativa en el caudal de retorno, presentando diferencias notables entre las válvulas de reacción. En la condición a 2500 RPM, se destaca que la válvula ZME descompuesta registra un coeficiente de variación máximo del 7.59%, siendo este el valor más elevado entre las diversas configuraciones. Por otro lado, en ralentí, la válvula regular exhibe un porcentaje similar del 7.66%, comparado con las demás válvulas en las mismas condiciones.

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta efectiva para la gestión de la calidad y la toma de decisiones, ya que permite centrarse en los problemas o causas más importantes para lograr mejoras significativas. Se basa en el principio conocido como la "Regla del 80/20", que sugiere que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas.

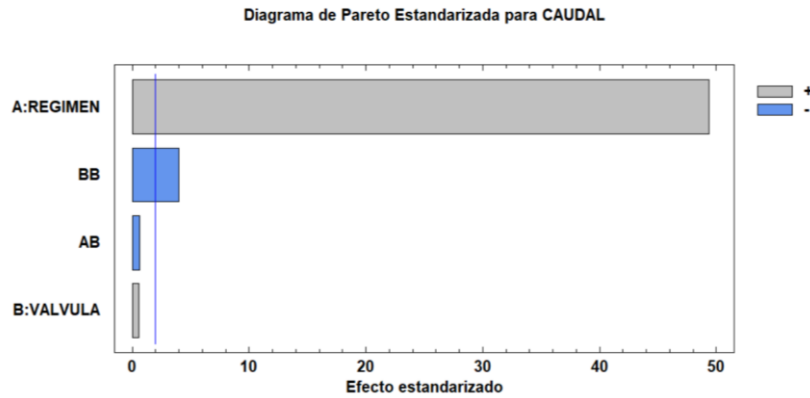


Figura 53 53 Diagrama de Pareto estandarizado para caudal

En la Fig.53, un análisis mediante el Diagrama de Pareto revela que la variable preponderante en esta prueba es el régimen al que se someten las válvulas ZME. Asimismo, se observa que el intercambio de válvulas también ejerce influencia, aunque en una medida significativamente menor. Esta particularidad no se manifiesta en otras combinaciones de variables bajo consideración.

Diagrama superficie de respuesta

Un diagrama de superficie estimada constituye una representación gráfica tridimensional que ilustra la variación de una variable de respuesta en relación con dos variables predictoras. Este tipo de diagrama emplea superficies para ofrecer una visualización más completa de la relación entre las variables, en comparación con un gráfico bidimensional. Cada punto en la superficie representa una combinación única de valores de las dos variables predictoras, junto con su respectivo valor estimado para la variable de respuesta correspondiente. Este enfoque visual facilita la identificación de patrones, tendencias o interacciones complejas que puedan existir entre las variables en análisis.

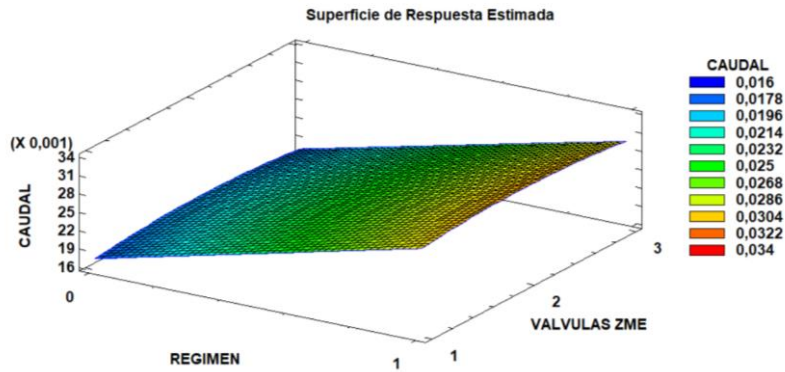


Figura 54 54 Superficie de respuesta estimada caudal

La Fig.54 se observa que, en la condición de ralentí, las válvulas en buen estado (3) y descompuesta (1) exhiben una variación mínima del 0.79%, en contraste con la válvula regular (2), que experimenta un aumento drástico al alcanzar un 7.66%. Esto evidencia que la válvula ZME regular presenta un retorno superior en comparación con las otras configuraciones.

Ademas, en la condición de 2500 RPM, las válvulas en buen estado (3) y regular (2) muestran una variación mínima del 3.53%, en contraste con la válvula descompuesta (1), que experimenta un aumento significativo al alcanzar un 7.59%. Esto evidencia que la ZME descompuesta presenta un mayor retorno cuando se somete a cargas de trabajo, destacando las diferencias en el rendimiento de las válvulas bajo condiciones específicas de operación.

Ecuación modelo ajustado

En la Tabla 42 se muestra los coeficientes para la obtención del modelo ajustado de la variable caudal.

Tabla 42
Coeficiente de regresión para caudal

Coeficiente	Estimado
Constante	0,0138667
A: REGIMEN	0,0128527
B: VALVULA	0,0044805
AB	-0,000206
BB	-0,001072

Los coeficientes de regresión permiten obtener la ecuación del modelo ajustado que se indica a continuación:

$$\begin{aligned} CAUDAL = & 0,0138667 + 0,0128527 * REGIMEN + 0,0044805 & (15) \\ & * VALVULA - 0,000206 * REGIMEN * VALVULA \\ & - 0,001072 * VALVULA^2 \end{aligned}$$

en donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que statgraphics evalúe esta función de forma clara y rápida.

CAPÍTULO IV

4 CONCRECIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCERTACIONES

- En el transcurso de la investigación, se observó que las pruebas de volumen de retorno a ralentí revelaron diferencias significativas entre las válvulas, ya que sus volúmenes variaron notablemente. La válvula ZME en buen estado exhibió el menor retorno, con una media de 4.213 L, mientras que las válvulas ZME regular y descompuesta mostraron incrementos del 0.26% y 0.48%, respectivamente. En el caso de las pruebas a 2500 RPM, la válvula ZME en buen estado continuó siendo la más constante en el retorno, con una media de 4.40 mientras que las válvulas ZME regular y descompuesta aumentaron sus volúmenes en un 0.38% y 1.40%, respectivamente, al concluir las pruebas. Estos resultados subrayan las variaciones en el rendimiento de las válvulas en diferentes condiciones operativas y proporcionan información valiosa para la evaluación y optimización de su funcionamiento.
- Al término de la investigación, se puede concluir que el diagnóstico del estado de la unidad dosificadora (válvula ZME) se logra mediante la evaluación del porcentaje de apertura del mando de caudal en un régimen de trabajo de 2500 RPM. En condiciones ideales, dicho porcentaje se sitúa en torno al 14%. Un incremento hasta el 22% indica que la válvula se encuentra en un estado regular. Por el contrario, un porcentaje superior al 25% sugiere que la válvula ZME está fuera de los rangos de trabajo establecidos. De igual manera se ha evidenciado que la válvula a ralentí mantiene una apertura constante del 31% en todas las unidades evaluadas durante las pruebas. Este comportamiento se atribuye a la operación sin carga, donde el componente se encuentra en un estado de reposo. En estas condiciones estacionarias sin demanda, no se observan las variaciones de desempeño detectadas previamente en otros regímenes de funcionamiento. Estos resultados proporcionan una guía práctica para el diagnóstico y mantenimiento eficiente de la unidad dosificadora, mejorando la gestión de sistemas que incorporan esta válvula.
- Como recomendación después de finalizar la investigación, sería pertinente introducir variaciones en los regímenes de trabajo sometidos a pruebas. Además, se sugiere

considerar la incorporación de otros sensores y actuadores para recopilar una variedad más amplia de datos, simulando cambios en la presión atmosférica. Esta medida permitiría enriquecer el análisis, ofreciendo una perspectiva más completa del desempeño de la válvula ZME en condiciones diversas. La exploración de estos parámetros adicionales podría proporcionar otro tipo de observaciones valiosas para optimizar el diseño y la funcionalidad de la válvula en situaciones más complejas y variables.

- Al concluir la investigación, se sugiere la adopción de nuevos equipos de medición de volúmenes de líquidos. Estos dispositivos presentan un rango de error más ajustado, lo que resulta crucial al considerar las variaciones en los actuadores dentro del sistema Common Rail Direct Injection (CRDi). La utilización de instrumentación más precisa contribuirá significativamente a la mejora de la precisión y confiabilidad de las mediciones, lo que resulta esencial para un análisis más preciso y detallado en el contexto específico del CRDi. Esta recomendación busca optimizar la calidad de los datos recopilados y, por ende, fortalecer la validez y utilidad de los resultados obtenidos en futuras investigaciones o aplicaciones prácticas.

4.2 RECOMENDACIONES

- Como recomendación después de finalizar la investigación, sería pertinente introducir variaciones en los regímenes de trabajo sometidos a pruebas. Además, se sugiere considerar la incorporación de otros sensores y actuadores para recopilar una variedad más amplia de datos, simulando cambios en la presión atmosférica. Esta medida permitiría enriquecer el análisis, ofreciendo una perspectiva más completa del desempeño de la válvula ZME en condiciones diversas. La exploración de estos parámetros adicionales podría proporcionar otro tipo de observaciones valiosas para optimizar el diseño y la funcionalidad de la válvula en situaciones más complejas y variables.
- Al concluir la investigación, se sugiere la adopción de nuevos equipos de medición de volúmenes de líquidos. Estos dispositivos presentan un rango de error más ajustado, lo que resulta crucial al considerar las variaciones en los actuadores dentro del sistema Common Rail Direct Injection (CRDi). La utilización de instrumentación más precisa contribuirá significativamente a la mejora de la precisión y confiabilidad de las mediciones, lo que resulta esencial para un análisis más preciso y detallado en el

contexto específico del CRDi. Esta recomendación busca optimizar la calidad de los datos recopilados y, por ende, fortalecer la validez y utilidad de los resultados obtenidos en futuras investigaciones o aplicaciones prácticas.

- Al concluir la investigación, se recomienda para futuros estudios la realización de evaluaciones adicionales que contribuirán a validar y proporcionar una comprensión más precisa para el plan de mantenimiento y diagnóstico de motores diésel electrónicos. Este plan comprende el análisis tanto del pulso de inyección como de la cantidad de combustible inyectado. Se sugiere llevar a cabo pruebas que involucren la variación de los estados de las válvulas, sometiéndolas a diversas cargas, con el objetivo de obtener datos más detallados y fundamentados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda Garrido, F. M. (2018). *Evaluación del funcionamiento del motor diésel electrónico con el uso de biodiésel a base de aceite de higuera con mezcla B10*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7972>
- Arévalo Santamaría, T. X. (2012). *Diseño e implementación del control electrónico de dosificación de combustible para un motor de combustión interna de la empresa A&S Custom Bikes*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4969>
- Donado, A. (2020, septiembre 10). *Motor Diésel y sus Avances en Electrónica*. <https://autosoporte.com/motor-diésel-y-sus-avances-en-electronica/>
- Erazo Mora, C. E. (2022). *Diagnóstico de Motores Diésel Mediante Análisis de Emisiones de Gases*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23656>
- Gago Bachiller, G. (2017). *Revisión del estado actual de los motores de combustión interna alternativos de inyección directa*. 1-95. <https://idus.us.es/handle/11441/69947>
- Gimeno García, J. (2012). *Estudio de la inyección diésel mediante la medida del flujo de cantidad de movimiento del chorro*. 246. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/46741?>
- Gómez, J. (2016). *Diferencias entre un motor de gasolina y uno diésel*. <https://www.autonocion.com/diferencias-motor-gasolina-diésel/>
- Grupo Bosch. (2020). *Sistemas de Inyección Diésel*. https://www.superprofesionalesbosch.com/plataforma/pluginfile.php/21065/mod_resource/content/12/Sistemas%20de%20Inyecci%C3%B3n%20Diésel.pdf
- KIA. (2009). *Manual de Taller Kia Sorento Sorento 2009*. <https://www.todomecanica.com/manuales-descarga/9294-kia-manual-de-taller-kia-sorento-sorento-2009.html>
- Martín. (2021). Diagnóstico de la combustión en motores diésel de inyección directa. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2013-2015. <https://doi.org/10.0/CSS/ALL.MIN.D74D1A5D029B.CSS>
- Naranjo Guilcaso, A. F., & Toapanta Balarezo, M. A. (2022). *Implementar un motor diésel con sistema de inyección electrónica de riel común y los sistemas auxiliares de gestión del motor*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/34291>
- Parreño Ibáñez, Santos. (2012). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Diésel*. 232. <https://doi.org/10.0/CSS/ALL.MIN.D74D1A5D029B.CSS>

Payri, F., & Muño, M. (2017). *MOTORES DE COMBUSTION INTERNA AL TERNA TIVOS*.

Quea, B., & Pérez, M. (2017). *Informe Camión Minero 797F*. 1-21. <https://vsip.info/informe-camion-minero-797f-pdf-free.html>

Reyes Cualchi, J. P. (2018). *Diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (CRDI)*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8354>

Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador | Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador>

STATGRAPHICS | *Data Analysis Solutions*. (s. f.). Recuperado 18 de diciembre de 2023, de <https://www.statgraphics.com/>

Yerera, S., López, J., Becerra, G., Di Lopenzo, F., Gil, R., Holzmann, C., & Graziano, S. (2017). *SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA*. https://www.academia.edu/15656306/SISTEMAS_DE_INYECCI%C3%93N_ELECTR%C3%93NICA

