



Mantenimiento, puesta en marcha y análisis de datos de funcionamiento del Banco Motor Diesel BT50

John Fredy Pérez Zamudio

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá, Colombia
2020

Mantenimiento, puesta en marcha y análisis de datos de funcionamiento del Banco Motor Diesel BT50

John Fredy Pérez Zamudio

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director:

I.M., MSc., PhD. Nicolas Giraldo Peralta
(Ph.D., Doctor, Químico, etc.)

Área:

Mecánica Automotriz

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2020

A mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

Recuerda que las metas se logran con sacrificio y disciplina, no metas al destino ni a dioses, el que logra los objetivos es uno mismo.

Resumen

La propuesta de poner en marcha el banco de motor Diesel Mazda BT50, nace de la necesidad de aprovechar los recursos de la Universidad Antonio Nariño. Se toma posesión del Banco de Motor para ponerlo en funcionamiento después de 4 años de inactividad. Se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo, reemplazo de insumos, elementos averiados por el paso del tiempo y puesta en marcha. Una verificación de todos los elementos del motor para un correcto funcionamiento y evitar fallas durante su uso. Adicional a ello, se requirió una adecuación del entorno de trabajo en el taller de mecánica de la facultad para que sea seguro para los estudiantes y todos los que deseen utilizar el motor, esto incluye la adaptación de un extractor de gases de escape y un espacio libre de elementos que incomoden en el uso del banco. Se realizaron pruebas de diagnóstico a componentes esenciales del motor utilizando herramientas que posee la facultad como multímetro, osciloscopio y escáner automotriz. Para ayudar a los estudiantes se realizaron guías de laboratorio para que puedan realizar prácticas con los elementos que posee la Universidad, la versatilidad de las guías permitirá su uso en varias asignaturas. Para llevar el control de su uso y seguimiento a las operaciones realizadas se incluye documentación para su mantenimiento y control. Esto se complementó con una simulación de los componentes de los motores Diesel para comparar su comportamiento con el real. Se realizaron más de 40 módulos de simulación y análisis de datos desde la plataforma Electude.

Palabras clave: Motores, Diesel, Puesta en Marcha, Mecánica del Motor.

Abstract

The proposal to start up the Mazda BT50 Diesel engine bank begins from the need to take advantage of the resources of the Antonio Nariño University. The Motor Bank is taken over to be back into operation after 4 years of inactivity. Preventive and corrective maintenance is carried out, replacing supplies and damaged elements and restoring the engine to optimal operation. A verification of all the elements of the motor for a correct operation and to avoid failures during its use. In addition to this, an adaptation of the work environment in the faculty mechanics workshop was required to make it safe for students and all those who wish to use the engine, this includes the adaptation of an exhaust gas extractor and a suitable space for the correct use of the bank. Diagnostic tests were carried out on essential components of the engine using tools that the faculty possesses such as a multimeter, an oscilloscope, and an automotive scanner. To help students, guides were made so that they can practice with the elements that the University has, the versatility of the practical guides will allow their use in various subjects. To take control of its use and follow-up on the operations carried out, documentation is included for its maintenance and control. This was complemented with a simulation of the components of the Diesel engines to compare their behavior with the real one. Hoping that the bank will be very useful for the investigations of the people who use it.

Keywords: Engines, Diesel, Start-up, Engine Mechanics.

Contenido

Resumen IV

Lista de FigurasXI

Lista de Tablas..... XIV

Lista de abreviaturas..... XV

Introducción 1

Capítulo 1

1. El problema a resolver.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Formulación del problema	4
1.4. Delimitación del problema	4
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. Justificación	5

Capítulo 2

2. Marco teórico.....	6
2.1. Motor Diesel.....	6
2.1.1. Origen	6
2.1.2. Aplicaciones de motores Diesel	7
2.1.3. Ventajas de los motores Diesel.....	7
2.1.4. Desventajas de los motores Diesel	9
2.2. Ciclo termodinámico	10
2.2.1. Suposiciones Iniciales	11
2.2.2. Admisión.....	11
2.2.3. Compresión	11
2.2.4. Expansión	12
2.2.5. Escape.....	12
2.3. Combustión Diesel.....	12

2.3.1.	Procedencia	13
2.3.2.	Reacción de combustión.....	13
2.3.3.	Reactantes y Productos	13
2.3.4.	Regulación de emisión de gases	15
2.4.	Banco de pruebas para motores de combustión interna	17
2.4.1.	Tipos de Bancos	18
2.4.2.	Aplicaciones.....	19
2.5.	Sistemas de gestión electrónica	19
2.5.1.	Funcionamiento del sistema de gestión electrónica.....	19
2.5.2.	Componentes del sistema de gestión electrónica	20
2.5.3.	Condiciones de uso.....	21
2.5.4.	Diagnostico OBD	21
2.5.5.	Futuro de los diagnósticos	22
Capítulo 3		
3.	Metodología	23
Capítulo 4		
4.	INSTALACIÓN Y PUESTA A PUNTO	26
4.1.	Primer diagnóstico	26
4.2.	Recopilación de Documentación	26
4.3.	Pruebas en Frío.....	27
4.4.	Mantenimiento Preventivo	27
4.5.	Verificación de funcionamiento.....	30
4.6.	Mantenimiento correctivo	30
4.7.	Instalación de extractor de gases	31
4.8.	Pruebas de funcionamiento	32
Capítulo 5		
5.	Desarrollo de los Objetivos	34
5.1.	Inspección general.....	34
5.2.	Preparación previa al encendido	35
5.2.1.	Purga del sistema de combustible	35
5.2.2.	Conexión y encendido Extractor de gases	36

5.3.	Encendido del Banco Motor	37
5.4.	Calibración de Equipos	38
5.4.1.	Uso del Multímetro	38
5.4.2.	Uso del osciloscopio	39
5.4.3.	Configuración escáner Gscan2.....	40
5.5.	Verificación de sensores	42
5.5.1.	Sensor de posición del cigüeñal (CKP)	42
5.5.2.	Sensor de posición del árbol de levas (CMP)	43
5.5.3.	Sensor de caudal y temperatura del aire (MAF e IAT 1)	44
5.5.4.	Sensor de presión absoluta (MAP e IAT 2).....	46
5.5.5.	Sensor de presión del riel (FRP)	47
5.5.6.	Sensor de pedal del acelerador (APP).....	47
5.5.7.	Sensor de Temperatura del refrigerante (ECT)	49
5.5.8.	Sensor de Altitud (Barométrico)	50
5.6.	Verificación Actuadores.....	50
5.6.1.	Bujías Incandescentes.....	50
5.6.2.	Válvula medidora de combustible	51
5.6.3.	Válvulas de Admisión del Obturador	51
5.6.4.	Inyectores	52

Capítulo 6

6.	Simulación Electude	53
6.1.	Generación de señales de los sensores CKP y CMP	53
6.1.1.	Simulación CKP	53
6.1.2.	Simulación CMP	55
6.2.	Comportamiento de los sistemas de regulación de presión	57
6.2.1.	Condiciones de regulación.....	59
6.2.2.	Regulador de Presión	63
6.3.	Control de bujía incandescente	65
6.4.	Simulación de condiciones del aire.....	67
6.4.1.	Temperatura del aire	68
6.4.2.	Flujo de masa.....	70
6.4.3.	Presión del aire	72

6.5.	Simulación mapas de motor	75
6.6.	Simulación del control de inyección	78
6.7.	Comparativa real y simulación	85

Capítulo 7

7.	Desarrollo de las guías de trabajo	89
7.1.	Guía 1: Operación puesta en funcionamiento y observación de indicadores.....	89
7.1.1.	Conclusión de la guía 1	90
7.2.	Guía 2: Práctica de sistemas eléctricos. Diagnostico por medio de multímetro y Osciloscopio	90
7.2.1.	Conclusión guía 2.....	91
7.3.	Guía 3: Diagnostico de Sensores.....	91
7.3.1.	Conclusión guía 3.....	92
8.	Conclusiones y Recomendaciones	93
8.1.	Conclusiones.....	93
8.2.	Recomendaciones	94

Bibliografía

A.	Anexo A: Guía 1: Operación, puesta en funcionamiento y observación de indicadores	97
B.	Anexo B: Guía 2: Práctica de sistemas eléctricos; diagnostico por medio de multímetro y Osciloscopio	105
	MATERIALES Y EQUIPOS.....	109
	MEDIDAS DE SEGURIDAD	109
	DATOS Y RESULTADOS.....	109
	CUESTIONARIO	110
	REFERENCIAS.....	110
C.	Anexo C: Guía 3: Diagnostico de Sensores.....	111
	INTRODUCCIÓN.....	111
D.	Anexo D: Manual de Mantenimiento Banco Motor BT 50	117
	Aviso de Seguridad	118
	Información General sobre peligros	118
	Aire y Agua a Presión.....	119
	Control de Fluidos.	119
	Prevención Contra Quemaduras	119

Refrigerante	120
Aceite.	120
Batería	120
Prevención de Incendios o Explosiones.....	121
Extintor de Incendios.	121
Tuberías, Tubos y Mangueras.....	122
Seguro de Ruedas.....	122
Antes de Arrancar el Motor.....	122
Arranque del Motor	123
Apagado del Motor	123
Sistema Eléctrico	124
Información y Operación del Banco Motor	124
Información General	124
Características y Controles	129
Diagnóstico del Motor.....	130
Arranque del Motor	130
Operación Del Motor.....	131
Parada del Motor	131
Sección Mantenimiento	131
Capacidad de Llenado	131
Sistema de lubricación	131
Sistema de enfriamiento.	132
Recomendaciones de Fluido.....	132
Aceites API.....	133
Recomendaciones de Viscosidad.....	133
Intervalo de Mantenimiento	134
E. Anexo E: Hoja de Chequeo	138

Lista de Figuras

Figura 2-1: Fotografía de Rudolf Diesel tomada antes de 1913	7
Figura 2-2: Fotografía de ABEL CÁRDENAS. EL TIEMPO	9
Figura 2-3: Diferencias entre motor gasolina y Diesel. Cengel Séptima Edición	10
Figura 2-4: Diagrama PV y T-s del ciclo Diesel, Cengel, séptima Edición	11
Figura 2-5: Banco de Pruebas de un motor Mazda BT50, Universidad Antonio Nariño ...	18
Figura 2-6: ECM para el motor utilizado en la Mazda BT50 y Ford Ranger 2.5 Diesel, fuente Autor	20
Figura 3-1 Diagrama de flujo, para la metodología aplicada al proyecto del Banco Motor BT 50	25
Figura 4-1: Información específica del motor Mazda BT50.....	27
Figura 4-2: Tanque de combustible desmontado y visualización interna	28
Figura 4-3: Inyectores desmontados	29
Figura 4-4: Banco de Inyección JZ-206 y valores de los inyectores.....	29
Figura 4-5: Válvula de alivio del Common Rail, Autor	30
Figura 4-6: Boquilla de salida del extractor de gases, Autor.....	31
Figura 4-7: Extractor de Gases de escape, Autor	32
Figura 4-8: Prueba de Opacidad del Banco Motor, Autor	33
Figura 5-1: Ubicación de tapón de aire (1) y válvula de purga (2).....	35
Figura 5-2: Montaje extractor de gases al escape del Banco Motor.....	36
Figura 5-3: Ubicación botón de encendido, el pedal nunca debe ser accionado durante esta acción.....	37
Figura 5-4: Posicionamiento del multímetro, primera imagen medición de Voltaje DC, segunda imagen medición de resistencias	39
Figura 5-5: Osciloscopio con botones y perillas de uso.	40
Figura 5-6: Páginas 1 y 2 de Análisis de Datos Gscan2	41
Figura 5-7: Páginas 3 y 4 de Análisis de Datos Gscan2	42
Figura 5-8: Señal en el osciloscopio del sensor CKP.....	43
Figura 5-9: Ejemplo de cómo se ve la señal del sensor CMP.....	44
Figura 5-10: porcentaje de aceleración vs voltaje de señal	45

Figura 5-11 Presión de admisión vs voltaje de señal MAP	46
Figura 5-12: Gráfica señal del riel de presión de combustible.	47
Figura 5-13: apertura del acelerador vs voltaje de salida	48
Figura 5-14: Comportamiento del voltaje con respecto a la resistencia del sensor de temperatura	50
Figura 5-15: Indicador de bujía incandescente inactiva y activa.....	51
Figura 5-16: Visualización de la señal de inyección.....	52
Figura 6-1: simulador web, conexión del osciloscopio al sensor CKP.....	54
Figura 6-2: Comparativa amplitud voltaje y revoluciones motor.	55
Figura 6-3: conexión del osciloscopio en el simulador web para el sensor CMP	56
Figura 6-4: Circuito de combustible, elementos principales.....	58
Figura 6-5: Relación entre el pedal de aceleración y cantidad de combustible inyectado.	59
Figura 6-6: Variación del ralentí con respecto a la temperatura del refrigerante.....	60
Figura 6-7: Comparativa Ralentí y cantidad de Combustible.....	61
Figura 6-8: Adelantamiento de la inyección al accionar el acelerador.....	62
Figura 6-9: Adelanto de la inyección al reducir la temperatura del refrigerante del motor.	62
Figura 6-10: Regulador de presión del Riel Común, el ejemplo muestra el regulador trabajando al 65%.....	64
Figura 6-11: Regulación de presión de combustible, el simulador trabaja de 100 a 1400 bar	65
Figura 6-12: Esquema sistema de precalentamiento	66
Figura 6-13: Temporizador de la bujía incandescente	67
Figura 6-14: Componentes del Sensor de temperatura del aire IAT	68
Figura 6-15: Simulador de Electude, medición de resistencia del sensor de temperatura de aire (IAT).....	69
Figura 6-16: Comportamiento del sensor de temperatura con respecto al voltaje	70
Figura 6-17: Simulador de Electude, funcionamiento del sensor MAF, la perilla permite variar el flujo del aire en el conducto	71
Figura 6-18: Comparativa flujo másico del aire con respecto al voltaje de señal del sensor	72
Figura 6-19: Sensor MAP, componentes principales del sensor	73

Figura 6-20: Simulador de Electude, sensor MAP conexión del multímetro para su diagnóstico, la perilla permite variar la presión.....	74
Figura 6-21: Información del comportamiento del sensor MAP con respecto a la presión que es sometida	75
Figura 6-22: Mapa de inyección, las barras de los ejes X y Y permiten una mejor ubicación para la selección de la casilla deseada	76
Figura 6-23: Mismo mapa de inyección de la figura anterior solo que con vista tridimensional	77
Figura 6-24: Simulador Electude, Esquema sistema de inyección modelo complejo	78
Figura 6-25: Esquema simplificado del sistema de inyección	79
Figura 6-26: Tabla de consulta, izquierda indica flujo y temperatura del aire, derecha masa del aire y revoluciones de motor	80
Figura 6-27: Ajuste mezcla estequiométrica del sistema	80
Figura 6-28: Tabla de consulta, cantidad de combustible contra porcentaje de apertura del acelerador.....	81
Figura 6-29: Sistema de retroalimentación del regulador de presión de combustible, el cuadro es un integrador que indica el valor de trabajo del actuador	82
Figura 6-30: Presión vs Tiempo, línea verde, presión deseada en el momento de acelerar y desacelerar a fondo, línea morada presión real del sistema.....	83
Figura 6-31: Comparativa comportamiento de presiones imagen izquierda, comportamiento del tiempo de inyección a la derecha.....	83
Figura 6-32: Sistema simplificado de inyección de Electude, esta vista ya cuenta con los cuadros de seguimiento a las presiones de combustible y pulsos de inyección	85
Figura 6-33: Comparación de las señales del sensor CMP real y simulado	87
Figura 6-34: Comparación sensor CKP, imagen del volante del motor Mazda BT50	87

Lista de Tablas

Tabla 2-1: Comparativa de Emisión CO ₂ y autonomía de automóviles Diesel y gasolina (Concesionario Volkswagen Madrid, 2018)	8
Tabla 2-2: Clasificación Diesel según estándar ASTM D-975.....	15
Tabla 2-3: Distribución por Numero de Carbonos en los Productos del Petróleo.....	16
Tabla 2-4: Normatividad del combustible Diesel para el año 2023 y 2025	16
Tabla 4-1: Insumos reemplazados en el Motor BT50	28
Tabla 5-1: Posición acelerador vs Voltaje	45
Tabla 5-2: Presión del colector y voltaje de señal.....	46
Tabla 5-3: apertura del acelerador y voltaje medido.....	48
Tabla 5-4: Valores del Sensor de Temperatura del refrigerante	49
Tabla 6-1 Comparativas de simulación contra lo real	86
Tabla C-1 Cables del sensor de temperatura	113
Tabla C-2 Pines sensor de presión del riel común	113

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
C	Carbono
CARB	California Air Resources Board
CKP	Crank Shaft Position Sensor
CMP	Camshaft Position Sensor
CO ₂	Dioxido de Carbono
DTC	Diagnostic Trouble Code
ECM	Engine Control Module
FRP	Fuel Rail Pressure Sensor
H	Hidrogeno
H ₂ O	Agua
IAT	Intake Air Temperature Sensor
MAF	Mass Air Flow Sensor
MAP	Manifold Absolute Pressure Sensor
NTC	Coficiente Negativo de Temperatura
O	Oxigeno
OBD	On Board Diagnostic
PM ₁	material particulado de 1 micrómetro de tamaño
PM ₁₀	material particulado de 10 micrómetros de tamaño.
PM _{2.5}	material particulado de 2.5 micrómetros de tamaño
PMI	Punto Muerto Inferior
PMS	Punto Muerto Superior
PPM	Particulas Por Millon
PTC	Coficiente Positivo de Temperatura
PV	Presión contra Volumen

rpm	Revoluciones por minuto
<i>TDI</i>	Turbo Diesel Injection
T-s	Temperatura contra entropía

Introducción

En la actualidad los Banco Motor son utilizados para la caracterización, el desarrollo y pruebas de los motores de combustión interna para el área automotriz. Esta adecuación de los motores en bancos de prueba permite que la maquina térmica pueda ser estudiada de una mejor forma, más accesible, tomar análisis de datos para un estudio ya sea didáctico como investigativo. Cabe aclarar que existen bancos motores con o sin carga, esto para diferenciarlos de los bancos dinamométricos que están enfocados en el análisis de datos de torque, potencia, entre otros (HERNANDEZ RUEDA & PORTILLO ORTEGA, 2011). En general los Bancos-motor se utilizan para realizar simulaciones de fallos, diagnósticos y ayudar a capacidad a técnicos en el área automotriz, cada banco tiene un objetivo distinto, ya sea para sistemas eléctricos, electrónicos, de combustión, lubricación, frenos, suspensión, entre otros.

La Universidad Antonio Nariño cuenta con 3 bancos de pruebas, un motor 1.4 litros utilizador en los vehículos Chevrolet Corsa, donado a la Universidad hace más de 15 años, que este previamente el tesista usó como base para su proyecto de grado en Tecnología de Mecánica Automotriz, realizándole un mantenimiento preventivo reemplazando aceite, bujías, instalando un filtro de aire, finalizando con una puesta en marcha para verificar su funcionamiento y realizando una serie de guías practicas con un enfoque técnico para personas que apenas están iniciando con los temas de Mecánica Automotriz; este banco quedó a disposición de posibles mejoras a futuro, esto fue hace 3 años, hace un par de semestres el banco se le han realizado mejoras estructurales para un mejor desplazamiento, agregándole un tablero de indicadores, instalándole un protector al tubo de escape, a pesar de estas mejoras quedaron elementos pendientes y el banco actualmente se encuentra sin funcionar. El otro banco existente es un motor V6 de la marca Ford, enforcado para mostrar el funcionamiento de los sistemas de inyección electrónica en los motores a gasolina, en la actualidad este banco se encuentra sin uso, en el espacio restringido del taller de Mecánica de la Universidad.

El tercero es el Banco motor Diesel Mazda BT50 construido por la empresa Autotools, el cual tiene una gran diferencia con los otros dos motores, ya que este cuenta con un tablero de análisis de las salidas de señales provenientes de la ECU, es el único con un Motor

Diesel, también cuenta con un puerto OBD II para la lectura de datos por medio de un escáner automotriz. Lamentablemente, este lleva más de 4 años sin funcionamiento, desaprovechando el potencial de investigación y ensayos que puede prestar un banco de estas cualidades.

El objetivo de este trabajo de grado es realizar un mantenimiento de los elementos que se han afectado con el paso del tiempo, reemplazo de filtros, combustible y otros elementos requeridos, una revisión de su cableado eléctrico y posterior limpieza, una adecuación a las instalaciones para prevenir una contaminación por los gases de escape del motor, puesta en marcha, un análisis de datos y la implementación de una serie de guías de trabajo para el banco con el fin de enfocar su uso para la parte práctica de varias materias de la carrera como diagnóstico automotriz, mecánica del motor, motores de combustión interna, entre otros, esto es tanto para estudiantes como profesores que deseen profundizar en el estudio del ciclo diésel y características de su funcionamiento. También este documento contiene información sobre la selección de equipos para medir y registrar la velocidad de giro del motor, consumo, emisión de gases.

Al finalizar el banco, podrá beneficiar tanto a estudiantes como profesores como se mencionó previamente, pero no es todo, ya que este banco con todas las adecuaciones realizadas será la base para realizar estudios en profundidad en temas relacionados con combustibles alternativos, filtros de polución, mejoras de eficiencia, ahorros de combustible para futuros tesis que quieran mejorar los desarrollos en el campo de la mecánica automotriz.

Capítulo 1

1.El problema a resolver

1.1. Antecedentes

Durante la historia de los automotores siempre se ha buscado la optimización de los motores de combustión interna, con la entrada de los elementos electrónicos se ha hecho bastante énfasis en las emisiones nocivas para el medio ambiente, generando regulaciones más estrictas con el paso de los tiempos (TRILLOS).

La universidad Antonio Nariño cuenta actualmente con tres motores de combustión interna, un motor 1.4L de la marca Chevrolet utilizado en los automóviles corsa, también un motor de Ford V6 ambos a gasolina con enfoques de trabajo diferentes. El tercero de mayor prioridad es el Motor Diesel de Mazda BT50 de 2.5L, proveído por la empresa Autotools, aunque por temas administrativos este no pudo ser usado desde el inicio, lo que provocó que quedara en desuso durante 4 años en el taller de mecánica.

1.2. Planteamiento del problema

Tener los elementos prácticos en la institución y no poder ser aprovechados, genera una carencia en la parte del aprendizaje, ya que, al solo recibir los conocimientos teóricos, se restringe bastante y genera carencias en los estudiantes al momento de salir al campo laboral.

Se debe generar siempre en el aprendizaje conocimientos tanto teóricos como prácticos; adicional a ello, las pérdidas económicas por la no utilización de los recursos utilizables por parte de la Universidad Antonio Nariño.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo realizar un mantenimiento, puesta en marcha y realización de toma de datos y análisis de estos para el funcionamiento del Banco Motor Diesel de Mazda BT50?

1.4. Delimitación del problema

El desarrollo del diagnóstico, mantenimiento y puesta en marcha se realizará entre la empresa de Autotools y la Universidad Antonio Nariño, las pruebas y análisis posteriores estarán hechas en su totalidad dentro de la institución en el taller de mecánica.

Este proceso de mantenimiento, adaptación del espacio de trabajo, pruebas a realizar, y generación del contenido didáctico para los usuarios del Banco, será hecho durante el segundo semestre del año 2019 y finales del primer semestre del año 2020.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Realizar el mantenimiento, puesta en marcha y toma de análisis de datos de funcionamiento del Banco motor Diesel Mazda BT50, con el cual se realizará pruebas de diagnóstico y desempeño del motor.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico y mantenimiento de los sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, de lubricación y refrigeración del Motor BT50.
- Elaborar un análisis del funcionamiento del motor a través de simulación y enfocado a consumo de combustible, torque y potencia.
- Elaborar 3 guías de laboratorio que intervendrán en distintos aspectos del banco:
 - Guía 1: Operación, puesta en funcionamiento y observación de indicadores.
 - Guía 2: Práctica de sistemas eléctricos; diagnóstico por medio de multímetro y Osciloscopio.

- Guía 3: Diagnostico de sensores.
- Realizar un manual con todas las pautas de mantenimiento y modo de uso correcto del banco.
- Elaborar formatos de hoja de vida y registros de mantenimiento.

1.6. Justificación

La propuesta de realizar el mantenimiento y puesta en marcha del banco motor Diesel surge de la necesidad que presenta la comunidad universitaria en el área de la ingeniería mecánica y afines para crear grupos de investigación y semilleros en los cuales un estudiante indaga, conoce, experimenta y aprende de un tema en común, en esta oportunidad sería el rendimiento, pruebas y ensayos mecánica de un motor.

Donde el principal beneficiado con la construcción de este sistema será la Universidad Antonio Nariño y con ella sus laboratorios de transferencia de calor, termodinámica, mecánica automotriz y por supuesto los alumnos en proyectos de investigación y estudios en conjunto con los profesores.

Adicional a ello, el autor del proyecto cuenta con los conocimientos necesarios para poder realizar dicho trabajo, los años en campo de maquinaria amarilla y vehículos automotores, junto con los títulos de Tecnología en Mecánica Automotriz obtenidos en la Universidad Antonio Nariño garantiza que la puesta en marcha y correcto funcionamiento del Banco, sean los adecuados.

Capítulo 2

2.Marco teórico

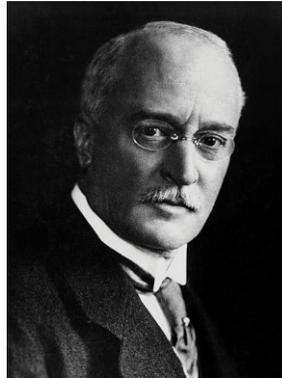
2.1. Motor Diesel

Un motor Diesel se define como una máquina térmica de combustión interna del tipo reciprocante en el cual el combustible es inyectado en la cámara en un punto previo a la compresión y permanece un poco más cuando el pistón comienza a descender, esto eleva la temperatura interna y genera una explosión de la mezcla por compresión y no por chispa como es en el caso del ciclo otto.

2.1.1.Origen

Rudolf Diesel (ver **Figura 2-1**) inventor e ingeniero mecánico alemán (nació en París el 18 de marzo de 1858 y murió en Inglaterra el 29 de septiembre de 1913). Desarrolló la idea del motor Diesel y obtuvo la patente en 1892. La idea de diseñar estos motores fue que en la época los motores a gasolina eran muy poco eficientes y de consumos elevados para el trabajo que realizaban, estos motores fueron un gran cambio para los trabajos de carga y esfuerzo, ya que su eficiencia era notablemente superior, ya que su compresión es bastante elevada, la diferencia más significativa con el otto es que la combustión ocurre a presión constante en vez de volumen constante.

Figura 2-1: Fotografía de Rudolf Diesel tomada antes de 1913



El primer auto de producción comercial con un motor Diesel fue hecho por la empresa francesa Citroën en 1933 y el primer constructor oficial de motores Diesel se originó en Estados Unidos, por Adolph Bush.

2.1.2. Aplicaciones de motores Diesel

Los motores Diesel funcionan como fuente de potencia con una diversidad de finalidades, como los vehículos automotores y camiones, aunque solo representan una pequeña parte del mercado, para el uso agrícola en tractores son casi el 100%, en maquina industrial se utilizan por su gran capacidad de carga, las volquetas mineras utilizan motores de más de 10 litros de cilindraje. locomotoras, submarinos y bombas de regadío también utilizan estos motores, también, en emergencias energéticas, existen plantas de respaldo que utilizan motores Diesel para generar electricidad de emergencia, ya sea para una planta o un edificio comercial.

2.1.3. Ventajas de los motores Diesel

A diferencia de los motores a gasolina que su combustible requiere una refinación para que evite el pre-encendido, hace que el combustible eleve su costo, en cambio con los Diesel, no es necesario una gran calidad para que el motor funcione. También el nivel de emisión de dióxido de carbono es menor. Su capacidad de arrastre es mayor, por esa razón su mayor uso es para trabajo de carga, aun así, se tienden a ver automóviles y camionetas de

bajo cc con este tipo de motor por el bajo consumo que tienen, ya que su régimen de revoluciones es bajo con respecto al de gasolina, un ejemplo de lo mencionado se muestra en la **Tabla 2-1** (Concesionario Volkswagen Madrid, 2018).

Tabla 2-1: Comparativa de Emisión CO2 y autonomía de automóviles Diesel y gasolina (Concesionario Volkswagen Madrid, 2018)

	Emisiones CO2 (g/km)		Consumos (L/100Km)	
	TSI	TDI	TSI	TDI
	TSI 95 CV	TDI 95 CV	TSI 95 CV	TDI 95 CV
Polo Advance	101	97	4,4	3,7
	TSI 115 CV	TDI 115 CV	TSI 115 CV	TDI 115 CV
T-ROC Advance	117	115	5,1	4,4
	TSI 150 CV	TDI 150 CV	TSI 150 CV	TDI 150 CV
GOLF Advance	114	109	5	4,2
	TSI 150 CV	TDI 150 CV	TSI 150 CV	TDI 150 CV
TIGUAN Advance	130	123	5,7	4,7
	TSI 150 CV	TDI 150 CV	TSI 150 CV	TDI 150 CV
TOURAN Advance	132	119	5,7	4,6
	TSI 180 CV DSG	TDI 190 CV DSG	TSI 180 CV DSG	TDI 190 CV DSG
PASSAT Sport	115	109	5,8	4,6

La anterior tabla muestra la comparativa de algunos autos de la marca VW que poseen dos tipos diferentes de motor, pero con potencias iguales, comparando las emisiones de gases de dióxido de carbono y otra del consumo de litros por cada 100 kilómetros recorrido.

La confiabilidad de las piezas y el régimen de revoluciones hace que sean motores de duración, sus mantenimientos son menos seguidos y los tiempos de reparación también son mayores. La mayoría de ellos utilizan turbocompresores, esto hace que la sobrealimentación de aire compense la falta de oxígeno cuando se utilizan en terrenos de alta altitud, como en el caso de Bogotá.

2.1.4. Desventajas de los motores Diesel

Las calidades de combustible que puede utilizar un motor Diesel generan un problema mecánico y ambiental a largo plazo. El contenido de azufre encontrado en el combustible hace que se genere carbonización de algunos elementos internos del motor, lo que reduce su vida útil, también, los gases de escape a pesar de tener un bajo nivel de dióxido de carbono, este tiene un nivel mayor de óxido de nitrógeno, este es un precursor de la lluvia ácida, también es fácil notarlo ya que el humo es visible, como en la **Figura 2-2**. El material particulado que se genera en el humo de la combustión es nocivo para la salud, ya que este permanece suspendido en el aire ocasionando daños a los pulmones y derivando en problemas respiratorios a largo plazo.

Figura 2-2: Fotografía de ABEL CÁRDENAS. EL TIEMPO



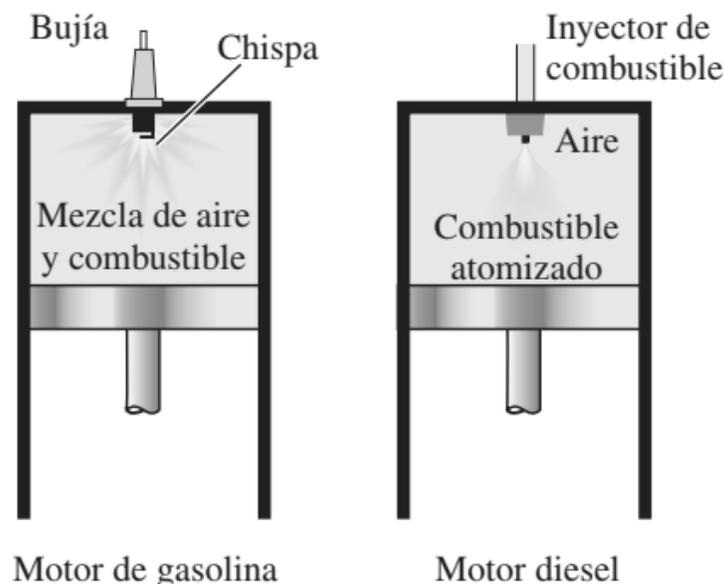
Al ser un motor térmico, es decir, requieren alcanzar cierta temperatura para un funcionamiento óptimo, los cambios climáticos que tienen que ver con bajas temperaturas, harán que el encendido sea complejo y tienda para fallar. El modo de manejo también es diferente, mientras que en los motores a gasolina pueden ser más explosivos y de manejo rápido, los Diesel deben ser manejados en una forma progresiva, sin aceleraciones rápidas, ya que estos cambios bruscos de revoluciones requieren un aumento en la presión del combustible, pudiendo generar problemas de cavitación en el sistema de combustible y falle

su encendido. La calidad de los elementos y las altas presiones que esta resiste hace que su mantenimiento sea de mayor costo con respecto al de gasolina.

2.2. Ciclo termodinámico

Este ciclo se diferencia principalmente con el ciclo otto, que es que normalmente se estudia, en sus diagramas P-v (diagrama presión contra volumen) y T-s (diagrama temperatura contra entropía) en las fases de admisión de calor. Ya que estas ocurren de forma distinta al otto, mientras que en el primero, la entrada de combustible se realiza cuando el pistón se encuentra en el PMS (punto muerto superior) y desciende, la válvula de apertura ingresa la mezcla de aire y combustible, en cambio en el Diesel solo hay admisión de aire limpio, el combustible se agrega justo en el tiempo en que el pistón se está desplazando al PMS, cuando está llegando al máximo recorrido, es donde se inyecta el Diesel y este por las condiciones de presión se auto-ignicia. Otra gran diferencia de los dos ciclos es la ausencia de una bujía de encendido como se puede ver en la **Figura 2-3**, también que el inyector de combustible se encuentra en la cámara de combustión en el ciclo Diesel

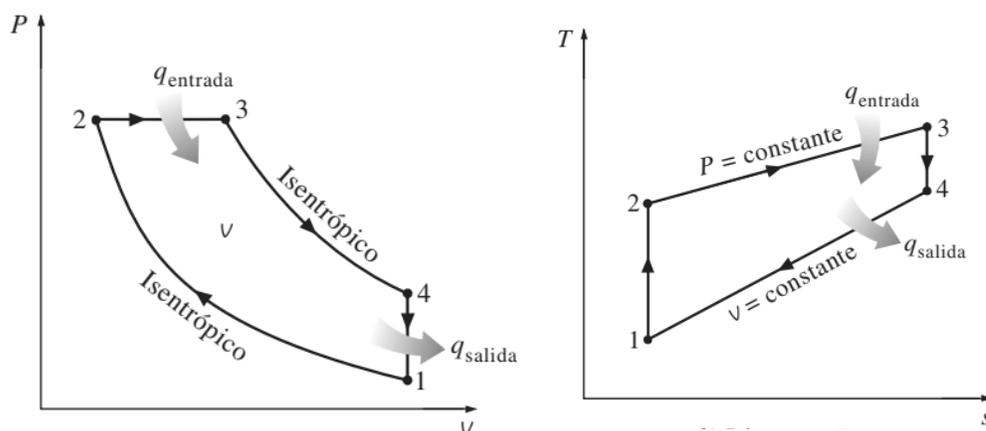
Figura 2-3: Diferencias entre motor gasolina y Diesel. Cengel Séptima Edición



2.2.1. Suposiciones Iniciales

Hay que aclarar que el planteamiento teórico del ciclo difiere en varios elementos al ciclo real, ya que, si se tiene en cuenta las condiciones de uso, las variables serían demasiadas y no se podría tener control sobre muchas de ellas. Variables como la fricción generada por el desplazamiento del pistón por el cilindro, el calor que se genera y se pierde por el traspaso de las paredes del motor al exterior, son los elementos que se eliminan para el ciclo ideal, las curvas. Las líneas que se generan en las fases de compresión y Expansión son curvas adiabáticas reversibles, esto es más fácil de comprender si se ve los diagramas P-v y T-s que están en la **Figura 2-4**, este análisis solo es aplicado para el ciclo de aire estándar Diesel.

Figura 2-4: Diagrama PV y T-s del ciclo Diesel, Cengel, séptima Edición



2.2.2. Admisión

A diferencia del ciclo otto, en la apertura de la válvula de admisión, sólo entra aire a la cámara de combustión, el resto sería igual, el pistón desciende del PMS (punto muerto superior) al PMI (punto muerto inferior) con la válvula de admisión abierta. Se modela como una expansión de volumen a presión constante.

2.2.3. Compresión

La válvula de admisión se cierra, el pistón inicia carrera de PMI a PMS, se asume que, al ocurrir este proceso a alta velocidad, el aire en la cámara no tiene tiempo de intercambiar

calor con el exterior de la cámara, por lo tal este es un proceso adiabático e isentrópico, se modela con una curva adiabática reversible, aunque realmente no lo sería, por el factor de fricción que no se toma en cuenta.

2.2.4.Expansión

Antes de que el pistón llegue al PMS y un poco después en el descenso del pistón se inyecta el combustible a la cámara, la alta presión que se genera en la cámara, con la pulverización del Diesel, genera la combustión, hay que tener en cuenta que el combustible entra a la cámara a una presión superior a los 40 MPa, y combinado con la alta relación de compresión (entre 14 a 25), es lo que genera el encendido de la mezcla, es por esa razón que no requiere una bujía como en el ciclo otto.

La alta temperatura del gas quemado genera la expansión de la cámara de combustión, realizando trabajo sobre el pistón hasta que el pistón llegue a PMI, nuevamente por ser un proceso rápido, se asume que no hay tiempo para que se intercambie calor con el exterior, así que modela con una segunda curva adiabática reversible e isentrópica.

2.2.5.Escape

Se abre la válvula de escape, la salida de los gases ocurre a presión constante, el pistón pasa de PMI al PMS, esto empuja al pistón con una temperatura mayor a la inicial, pero al volver a iniciar el proceso, se reemplaza por aire frío en la siguiente admisión, el sistema es abierto, ya que intercambia masa con el exterior.

2.3. Combustión Diesel

Como se ha mencionado anteriormente, el combustible Diesel no se ignicia por medio de una chispa como la gasolina, ya que, la composición de este hidrocarburo es muy particular. Este está compuesto fundamentalmente de parafinas (esto hace que una de sus características sea una textura similar a un aceite). No solo lleva el nombre de Diesel, en otros países es conocido como Gasóleo o Gasoil.

2.3.1.Procedencia

Rudolf Diesel, creador del motor de investigación, en el año 1892 al realizar varios experimentos con distintos tipos de hidrocarburos para poder usarlo en su diseño de motor Diesel, que funcionara correctamente, realizó experimentos con polvo de carbón, aceites vegetales entre otros, sin mucho éxito.

Al final encontrando la solución en el fuelóleo (un hidrocarburo para las calderas), un derivado del petróleo podía resistir las características de diseño del motor, aunque este fue reemplazado porque este contenía un alto índice de azufre que generaba cáncer en las personas, al final el gasoil terminó como uso definitivo.

2.3.2.Reacción de combustión

Durante la fase de combustión del Diesel dentro del motor se genera una reacción química en la cual el oxígeno (O) presente en la cámara de combustión se combina con el Diesel que contiene principalmente Carbono (C) e Hidrógeno (H), estos dos elementos se oxidan por completo y producen dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). Esto ocurre cuando la combustión del motor ocurre idealmente, lamentablemente las condiciones en las que esté trabajando, la calidad del combustible y del mismo aire, hace que ocurran diferentes reacciones adicionales, la cual trae elementos nocivos para la salud y el medio ambiente.

2.3.3.Reactantes y Productos

Los gases de escape de los motores Diesel producen varios elementos contaminantes, unos en mayor proporción que otros, uno son los gases contaminantes (en menor proporción a los gases contaminantes de los motores a gasolina) y el material particulado. En su mayoría los principales elementos gaseosos que salen al medio ambiente son:

- carbono (hollín)
- nitrógeno
- agua
- monóxido de carbono
- aldehídos

- óxidos de nitrógeno
- óxidos de azufre
- hidrocarburos aromáticos policíclicos

Los otros componentes del humo Diesel, el material particulado es el principal problema de estos motores, estas partículas tienen componentes de carbono elemental, compuestos orgánicos que son absorbidos por el combustible Diesel o Gasoil y el aceite lubricante del motor, sulfato de azufre del combustible y partículas metálicas que proceden del desgaste del motor.

Estas partículas vienen en diferentes tamaños, en esto encontramos 3 tamaños clasificados, esta organización está dada por la organización mundial de la salud:

- PM10: material particulado de 10 micrómetros de tamaño.
- PM2.5: material particulado de 2.5 micrómetros de tamaño.
- PM1: material particulado de 1 micrómetro de tamaño.

Las partículas de mayor tamaño son visibles como humo negro, este cae rápidamente y genera contaminación superficial con los objetos que tenga contacto, aunque este no es el más peligroso, el PM2.5 y PM1 puede permanecer suspendido en el aire por un largo tiempo, esto puede entrar al sistema respiratorio y generar daños microscópicos a los tejidos pulmonares, ocasionando enfermedades respiratorias a un largo plazo.

Dependiendo de la calidad del combustible que se esté utilizando, se han encontrado más de 40 elementos dentro del humo del Diesel. Entre sus principales y más nocivos para la salud se encuentran.

- Acroleína
- Anilina
- Componentes de cromo
- Componentes de Mercurio
- Compuesto de selenio
- Tolueno.
- Acetaldehído
- Estireno
- Naftaleno

- Níquel
- Butadieno

Todos estos elementos mencionados, son compuestos altamente cancerígenos para el cuerpo humano, declarado por el Centro Internacional de Investigación contra el cáncer.

En la mayoría de los casos que una persona permanezca expuesta a los gases del Diesel (una exposición de 8 horas diarias), tiene una alta probabilidad de generar cáncer de pulmón, esófago o Neumoconiosis. Las personas que son más propensas a la exposición de los gases Diesel, son los mineros, camioneros, conductores de transporte público, operarios de máquinas Diesel (maquinaria amarilla).

2.3.4. Regulación de emisión de gases

Colombia para la venta del combustible Diesel se rige por la normatividad que realiza la ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales). Bajo el estándar **ASTM D-975** (ver **Tabla 2-2**). Donde especifica la información exacta del contenido de azufre que debe contener los distintos tipos de Diesel para diversas funciones, la siguiente tabla muestra la cantidad los precisados en Colombia.

Tabla 2-2: Clasificación Diesel según estándar ASTM D-975

Grado	características
Diesel N-1 s15	Combustibles de volatilidad intermedia entre el Keroseno y los destilados medios, utilizados principalmente en máquinas Diesel de alta velocidad; se distinguen entre sí en el contenido de azufre.
Diesel N-1 s500	
Diesel N-1 s5000	
Diesel N-2 s15	Combustibles clasificados como destilados medios de menor volatilidad que el Diesel N-1, utilizados en maquinaria de trabajo industrial; se distinguen entre por el contenido de azufre.
Diesel N-2 s500	
Diesel N-2 s5000	
Diesel N-4	Comprende los destilados medios más viscosos y sus mezclas con fuel Oil; son utilizados en máquinas Diesel de baja velocidad de operación.

La norma clasifica el Diesel por su nivel de volatilidad, para el uso de vehículos de transporte de personas, carga y personal, se utiliza el Diesel N-1, actualmente en el comercio tenemos el uso del s500 que hace referencia a que el Diesel contiene 500PPM de azufre como valor máximo.

A nivel de composición químico del Diesel en Colombia, se utiliza un rango de tipos de Diesel ya que, por temas de control, la variación de los productos del petróleo cambia con cada refinación, los tipos de Diesel que se utilizan en Colombia van desde C13 a C19 (ver **Tabla 2-3**), como se puede apreciar en la Tabla:

Tabla 2-3: Distribución por Numero de Carbonos en los Productos del Petróleo

N° de Carbonos	C3-C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	>C20
PEB a 760 mm n-parafina																		
°C		36	69	98	126	151	174	196	216	235	253	270	287	302	316	329	343	
°F		97	156	209	258	303	345	384	421	456	488	519	548	575	601	625	649	
LPG	↔																	
Gasolina		↔																
Nafta de precipitación		↔																
Keroseno						↔												
Combustible JET						↔												
Diesel										↔								
							No. de Carbonos		Isómeros									
Gasóleos					4			2										• →
Ceras					8			18										• →
					12			355										• →
Residuos, Asfaltos					18			60,523										• →
																		C ₄₄ ⁺ • →

La ley 1972 del año 2019 (ver **Tabla 2-4**), firmada el 18 de julio del mismo año, por el presidente Iván Duque, estableció que se deben realizar cambios en la calidad del combustible Gasoil que se utiliza en el país, centrándose en el contenido de azufre del combustible.

Tabla 2-4: Normatividad del combustible Diesel para el año 2023 y 2025

Combustible	Contenido de azufre	Fecha de cumplimiento
Diésel	15 - 10 ppm	1° de enero de 2023
	10 ppm	1° de diciembre de 2025

También menciona que a partir del año 2023 todo vehículo Diesel que se fabriquen, ensamble o importen al país deben cumplir la norma europea de regulación de gases Diesel Euro VI o superior.

No menciona el nivel máximo de opacidad permitido en la nación, aunque en la actualidad para los motores Diesel son permitidos los vehículos que no superen el 20% de opacidad de los gases.

Para tener en cuenta, el límite de opacidad de los autos Diesel euro 6 es del 0.7%.

2.4. Banco de pruebas para motores de combustión interna

Todo lo anterior relacionado con los gases de los motores Diesel se analizará en un banco de pruebas, estos se definen como un dispositivo utilizado para medir parámetros operativos, como lo son, revoluciones del motor, consumos, seguimiento a la temperatura de trabajo del aceite y/o refrigerante, presión de combustible, entre otros. Esto con el objetivo de ayudar a comprender e interpretar información recopilada y basada en conceptos concretos. Ya sea para el estudiante o el mismo instructor.

El banco (ver **Figura 2-5**) está formado, por secciones en las que se interpreta ilustraciones, conceptos técnicos, y la información detallada, mediante capítulos o guías de trabajo.

Para la toma de datos, se utilizan varias herramientas, ya sean estas proporcionadas por el mismo banco, como lo son, los indicadores incorporados de revoluciones, temperatura, presión o niveles, o externas como un escáner automotriz, multímetro, Compresómetro, medidor de emisiones, entre otros.

Figura 2-5: Banco de Pruebas de un motor Mazda BT50, Universidad Antonio Nariño



2.4.1. Tipos de Bancos

Dependiendo de las funciones que se vayan a analizar en los motores posee el banco o que parámetros permiten analizar, hay bancos para el estudio de la potencia mecánica que produce el motor. Por otra parte, también es posible analizar los componentes electrónicos del motor, así que no tienen herramientas exteriores para medir los esfuerzos, o en otras palabras de carga libre.

- **Bancos de pruebas de carga:**
 - **Bancos de prueba dinamométrico:** estos son los que poseen un dinamómetro a la salida del motor esto lo frena por medio de un elemento activo que disipa la energía por medio de calor.
 - **Banco de pruebas inerciales:** en este tipo de banco, el volante del motor cuenta con una masa inercial, que hará mayor esfuerzo al motor cuando se aumentan las revoluciones del motor.
 - **Banco de pruebas Híbrido:** En este caso tendrá ambos elementos que generan la carga al motor, masa inercial y dinamómetro.

- **Bancos de prueba electrónico:**
 - **Bancos de sistemas de inyección:** Son los bancos que tienen todos los componentes del sistema de inyección electrónica, puede que tengan indicadores o no.
 - **Bancos de diagnóstico OBD:** Cuentan con un puerto de conexión OBD, permiten realizar diagnósticos a los distintos sensores y componentes electrónicos, en algunos casos se pueden realizar simulaciones de fallos de los motores.

2.4.2. Aplicaciones.

- **Según la forma de medir:**
 - **De motores:** estos necesariamente deben desmontarse de la carrocería del auto, ya que las pruebas se realizan directamente al motor.
 - **De chasis:** se miden al vehículo por completo, se montan las ruedas sobre unos rodillos específicos para medir su potencia a las ruedas.
 - **De componentes electrónicos:** se desmontan y se llevan a bancos específicos de esos componentes, como los bancos de inyección.

2.5. Sistemas de gestión electrónica

2.5.1. Funcionamiento del sistema de gestión electrónica

Al hablar de los motores Diesel previamente, solo se realizó referencia a su funcionamiento teórico y mecánico, en la actualidad, la gestión para que el motor funcione, es concebida por medio de elementos electrónicos, estos son sensores y actuadores que se encuentran en todo el motor, unos con mayor prioridad que otros, ya que unos se encargan principalmente de que el motor encienda, otros simplemente controlan los parámetros de funcionamiento. Esto con el fin de controlar los estándares de emisión de gases al medio ambiente, aumentar su eficiencia y conservación de sus piezas mecánicas. Estos se encuentran en constante desarrollo por los requerimientos mundiales que se hacen cada vez más severos.

Por lo tanto, existen varios elementos electrónicos disponibles, pero la base de su funcionamiento es la misma, ya que están en función de las regulaciones impuestas en las normas de emisiones.

2.5.2. Componentes del sistema de gestión electrónica

Todos los sistemas electrónicos cuentan con una gestión centralizada en un ordenador a bordo (ECM) como el de la **Figura 2-6**, este módulo recibe las señales de todos los sensores ubicados en puntos estratégicos del motor, analiza los datos recibidos con parámetros preestablecidos en la memoria y determina en qué condiciones físicas se encuentra el motor, una vez realizado esto, la computadora envía señales a los actuadores los cuales afectan la entrega de combustible a las cámaras de inyección. Los actuadores pueden ser los inyectores o las electroválvulas de presión del combustible.

Figura 2-6: ECM para el motor utilizado en la Mazda BT50 y Ford Ranger 2.5 Diesel, fuente Autor



A este tipo de gestión electrónica y el sistema de diagnóstico se le conoce como Diagnóstico a bordo (OBD), este también ha estado evolucionando con el tiempo.

2.5.3. Condiciones de uso

La gestión del motor se basa que el ECM no solo se encarga de recibir las señales de los sensores del motor para después actuar sobre el mismo por medio de los actuadores, sino en la capacidad que tiene para saber si el motor o el sistema esté trabajando en malas condiciones.

Cada vez que un sensor del motor falle dando una mala lectura o simplemente deja de funcionar, el motor emitirá más emisiones al medio ambiente, el computador debe ser capaz de almacenar la falla en un código preestablecido para que en un posterior diagnóstico sea identificado el error (fallo DTC) y pueda ser corregido.

Es posible que el conductor de un vehículo no note el mal funcionamiento del motor, así que la computadora envía al tablero de instrumentos un indicador de mal funcionamiento, llamada MIL, cada vez que el motor tenga una avería o fallo en su correcto funcionamiento, así sabrá que debe llevarlo a diagnosticar y corregir.

Algunos sistemas electrónicos avanzados pueden limitar el motor para reducir la probabilidad de falla crítica, entrando en un modo de emergencia, la mayoría de los indicadores para el conductor se representa con un dibujo de un motor con las palabras "Check Engine" (revisar motor).

2.5.4. Diagnóstico OBD

Como se mencionó anteriormente, las fallas de motor quedan almacenadas en la memoria de la ECM, para poder acceder a la base de datos de los errores y mal funcionamiento del motor, se requiere la herramienta del escáner OBD, en la actualidad el protocolo OBD traduce como On Board Diagnostic, en español Diagnóstico a Bordo, ha recibido múltiples cambios a través de los años.

El protocolo OBD1 fue creado para detectar y diagnosticar fallas en los vehículos. Cuando el sensor falla por algún motivo, este generará un código de falla o un DTC (Diagnostic Trouble Code), el cual se refleja en el tablero de indicadores, como previamente se mencionó. Este código de fallas se manifiesta con una letra seguida de 4 números, existen librerías dependiendo de la marca y modelo del automóvil, pero existen estándares entre

los mismo, así que hay códigos que indicarán el mismo tipo de fallo en todos los autos que manejen el protocolo OBD.

El protocolo fue creado en 1968, aunque, pero no fue hasta el año de 1988 por medio de la Junta de Recursos de aire de California (CARB), determinara que todos los autos de producción masiva deberían llevar el protocolo para poder regular las emisiones de gases de los automóviles producidos desde ese momento.

No pasó mucho tiempo para que los controles de calidad y emisiones mejoraran, así que se desarrolló el OBD2 aumentando su estricta normativa para controlar los motores y sus emisiones. En 1996 Europa adopto y modificó el protocolo OBD2 para sus países y propias regulaciones.

2.5.5. Futuro de los diagnósticos

Todos los desarrollos en beneficio de la mejora de rendimiento, reducción de la contaminación y preservación de los componentes tanto mecánicos como electrónicos, se están mejorando en cada momento, en un futuro cercano, la comunicación de los sensores y la interpretación de los datos no será limitada a la computadora del automóvil, se permitirá la conexión con la nube, así la casa motor de la marca, analizará los datos en tiempo real del automóvil y generar ajustes más precisos con IA más avanzadas, este próximo sistema por ahora tiene el nombre de sistemas OBD3, aunque en el comienzo lo estaremos viendo solamente en vehículos de alta gama y referencias específicas, no tardará mucho tiempo en generalizarse como norma para todos vehículo que transite por las calles.

Tarde o temprano los antiguos sistemas de control de los automóviles desaparecerá y la forma en que se conoce la mecánica automotriz cambiará cuando la electrónica abarque la totalidad de los componentes del automotor.

Capítulo 3

3. Metodología

Para la puesta a punto del motor se debe tener en cuenta que ha pasado más de 4 años desde su último funcionamiento, el aceite, filtros, tanque de combustible y otros elementos son necesarios ser reemplazados y/o realizarles una limpieza a fondo para que puedan volver a funcionar.

Se recopiló toda la documentación posible para realizar un trabajo correcto de todos sus elementos mecánicos y eléctricos, suministrada la mayor parte por la empresa Autotools, la cual fue la creadora del Banco Motor.

Se debió realizar pruebas en frío de sus piezas móviles (cigüeñal y árbol de levas), ya que el agarrotamiento de estos elementos es común cuando se deja de usar por un prolongado tiempo, se lubricaron previamente para evitar esfuerzos excesivos durante los primeros giros.

Al haber verificado todo su funcionamiento correcto, se continuó con el diagnóstico de sus componentes eléctricos, como tal de su arnés eléctrico, ya que este presentó sulfato, óxido y otros tipos de suciedad en algunas de sus conexiones.

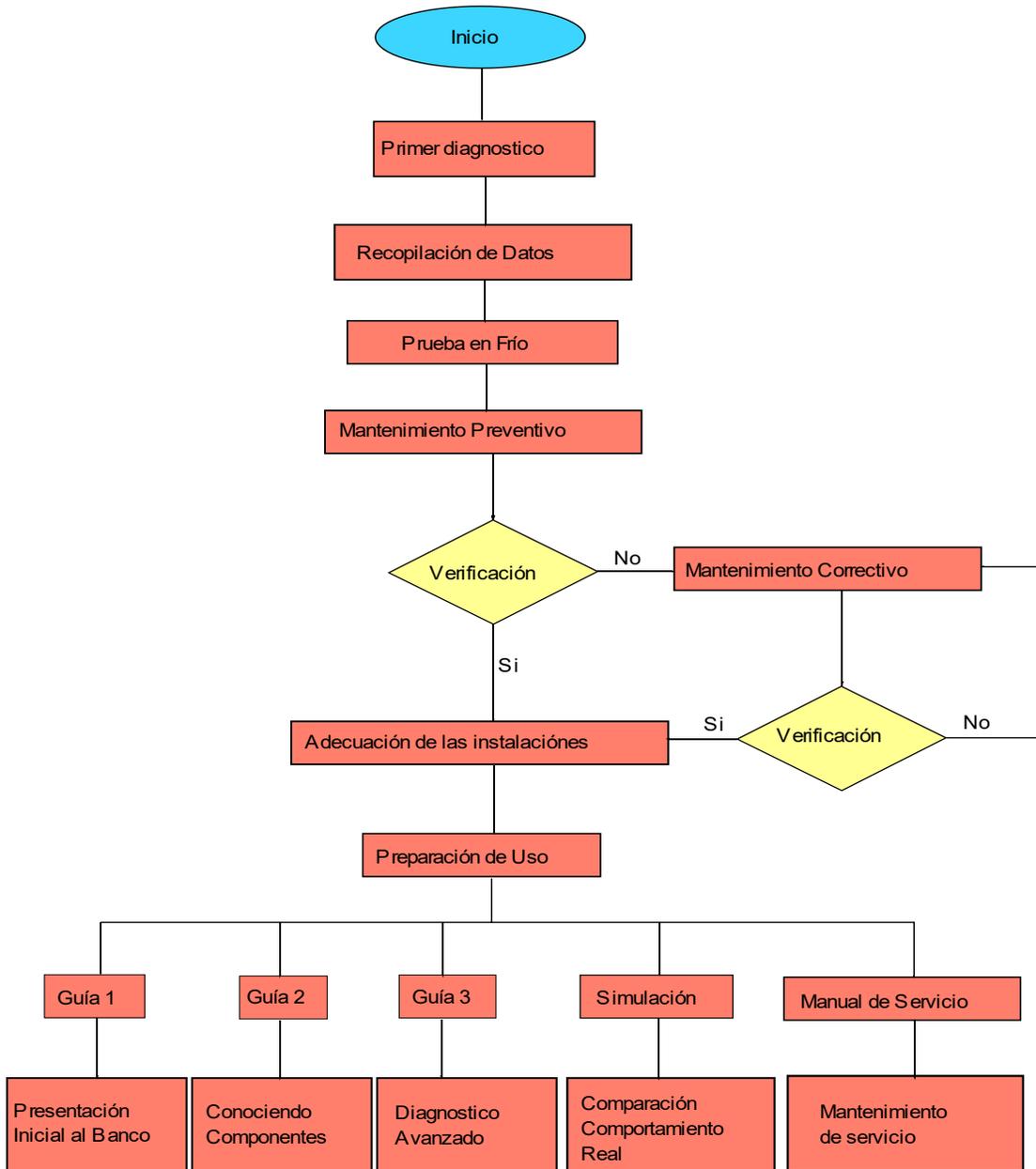
Se realizó dos tipos de mantenimiento, uno preventivo de reemplazo de los insumos consumibles por el motor y elementos faltantes como la batería y la llave de encendido. El segundo mantenimiento fue de carácter correctivo, ya que, en las pruebas de funcionamiento, la válvula de regulación de presión falló por el tiempo de inactividad y se debilitó, el reemplazo fue necesario para corregir la falla.

El banco motor cuenta con un tablero de conexiones adicionales para poder realizar fallos y simulaciones, estos debieron ser verificados que no tuvieran suciedad y que el cableado interno no estuviera dañado o con conexiones en mal estado.

Para que el banco pueda ser encendido en el interior del taller de mecánica automotriz, se debió realizar un acople a la salida del escape a un extractor de gases, evitando que el humo Diesel afectara la salud de las personas que manipulen el Banco Motor.

Con el estado ideal de funcionamiento del Banco Motor, se procedió a realizar una serie de guías prácticas donde la persona que lo usen podrá realizar una puesta en marcha correcta, conocer los indicadores del tablero de funciones. Adicional a esto, se realizará una simulación con herramientas virtuales para el análisis del funcionamiento enfocado en el consumo de combustible, torque y potencia. También un manual de mantenimiento, hoja de vida del Banco, y lista de chequeos previos para su uso. Esto puede ser mejor comprendido con el siguiente diagrama de flujo de la **Figura 3-1**.

Figura 3-1 Diagrama de flujo, para la metodología aplicada al proyecto del Banco Motor BT
50



Capítulo 4

4.INSTALACIÓN Y PUESTA A PUNTO

En este capítulo se hablará de todo el proceso realizado al motor del banco Mazda BT 50, desde el primer diagnóstico realizado antes de su intervención, la toma de información y los antecedentes que ha tenido el motor antes de su mantenimiento y posterior encendido. También se incluirá los temas que se verán con las guías de trabajo para el Banco-Motor. Todo con un orden cronológico, detallando todos los pasos realizados.

4.1. Primer diagnóstico

Durante la primera fase, el motor se recibió en el taller de mecánica automotriz de la Universidad Antonio Nariño, este llevaba 4 años desde su adquisición sin ser encendido o manipulado oficialmente. Los elementos con los que no contaban son:

- Llave de encendido
- Batería

Adicional a ello, los insumos de trabajo del motor como el aceite, combustible, líquido refrigerante, y filtros, habían caducado, ya que todos estos elementos son recomendados reemplazarlos en periodos menores de 1 año de uso. Los elementos superficiales se encontraron cubiertos de polvo, pero en buen estado. Otros componentes como las conexiones eléctricas en algunos puntos se podía apreciar la presencia de oxidación.

4.2. Recopilación de Documentación

Para la realización del debido proceso de un mantenimiento para el motor BT50, se requirió el manual de servicio oficial de la empresa Mazda, para la referencia específica del motor Diesel el Banco cuenta con una placa de información impresa en su parte frontal(véase **Figura 4-1**).

Figura 4-1: Información específica del motor Mazda BT50

Referencia:	2.5MZR-CD (WL-C)
Tamaño:	2500 cm³
Tipo:	In line 4 cyl. DOHC 16-valve Turbocharger W. Intercooler
Potencia:	143 HP@3500RPM
Torque:	330Nm/1800RPM
Sistema:	Common Rail
Año:	2015

La placa de presentación del motor muestra la información detallada de la referencia de motor con el que viene montado el Banco Motor. Gracias a la empresa Autotools creadoras del banco de pruebas, se provee de la documentación necesaria para el diagnóstico correcto y posterior mantenimiento.

4.3. Pruebas en Frío

Antes de realizar un encendido del motor, hay que verificar el funcionamiento de las piezas mecánicas, la comprobación del cigüeñal, cilindros y bielas que se muevan correctamente es esencial. Se extraen las bujías de precalentamiento del motor, para tener acceso a la cámara de combustión, desde ese punto se aplica lubricante, con la función de lubricar desde la parte superior del cilindro, el pistón y las paredes de la cámara. Esta es la forma correcta para prevenir daños por fricción y reducir la vida útil del motor. Se procede a mover el cigüeñal lentamente por medio del volante de inercia, al darle varios giros al motor, se determina que el motor no se ha agarrotado por el tiempo de quietud que lleva.

Terminada la prueba se continúa con el mantenimiento correspondiente.

4.4. Mantenimiento Preventivo

Realizando la prueba en frío, queda el reemplazo de los insumos del motor. Estos elementos se muestran en la **Tabla 4-1**.

Tabla 4-1: Insumos reemplazados en el Motor BT50

Insumo	Marca	Tipo	Cantidad
Aceite de motor	Ursa	PREMIUM TDX Plus 15W40	1,5 galones.
Líquido Refrigerante	Coolant	Refrigerante, Anticavitante, Antioxidante	2 galones
Combustible Diesel	No aplica	Diesel corriente	8 galones
Filtro de Aceite	MotorCraft	Filtro de cartucho	1 unidad
Filtro de Combustible	MotorCraft	Filtro y trampa de agua	1 unidad
Manguera de Combustible	No aplica	Transparentes, blindadas	1,5 metros
Batería 12V	MAC	34ST-950M	1 unidad
Switch de encendido	Mazda	Interruptor de encendido dos llaves	1 unidad

Se realiza el cambio e instalación de los anteriores componentes de la tabla. Adicional a ello, el tanque de combustible es desmontado para inspeccionar el estado interior (véase **Figura 4-2**), en busca de oxidación por el tiempo estacionado.

Figura 4-2: Tanque de combustible desmontado y visualización interna

Como se aprecia en la ilustración, el interior del tanque presenta oxidación así que se realiza un lavado interno antes de su ensamblaje nuevamente. Otros elementos que se corrigieron fueron las conexiones eléctricas del motor, una limpieza a las terminales con productos químicos para la eliminación de suciedad y óxido fue utilizado para esto.

Por último, los inyectores Diesel (ver **Figura 4-3 y 4-4**) fueron desmontados y llevados a un banco de inyección para verificar el estado correcto de funcionamiento. La prueba de funcionamiento en el Banco de inyectores arrojó que no se encontraban obstruidos por el combustible y funcionaron correctamente.

Figura 4-3: Inyectores desmontados



Figura 4-4: Banco de Inyección JZ-206 y valores de los inyectores.



Se Realiza el montaje completo para la finalización del mantenimiento preventivo del motor BT50. Elementos adicionales fueron puesto en el banco, como la instalación de un catalizador de gases y un pirómetro en la tubería de escape del motor.

4.5. Verificación de funcionamiento

Durante esta fase, se procede al encendido normal del motor. Con varios intentos y dificultades hasta el encendido final, la lubricación funciona correctamente, verificando que llega aceite a la culata, el sistema de refrigeración no posee fugas por ningún punto del sistema, el sonido del motor es estable y funciona correctamente por periodos cortos de tiempo. se detectó que al pasar más de 10 minutos funcionando el motor se apagaba.

4.6. Mantenimiento correctivo

Al utilizar un escáner ODB para realizar el seguimiento al funcionamiento de los sensores, se detectó que el sensor de presión del riel común perdía presión a través del tiempo, así que el diagnóstico arrojó que la válvula de alivio del Common rail (ver **Figura 4-5**), no toleraba las presiones de trabajo normal, esto hace que se libere no cuando existe sobre presión, y los valores de trabajo normal no se den, así el combustible no puede pulverizarse de la forma correcta en la cámara de combustión, y el motor no se mantenga encendido.

Figura 4-5: Válvula de alivio del Common Rail, Autor



Estas válvulas no son de mantenimiento, así que es obligatorio su reemplazo por uno nuevo.

4.7. Instalación de extractor de gases

Ya que el Banco-Motor va a ser utilizado dentro del taller de mecánica de la Universidad, los gases de escape no pueden quedar en un sitio cerrado por los problemas de salud que puede generar a los estudiantes o personal que se encuentre cerca del Banco mientras este esté funcionando.

Se hace la instalación de un extractor de gases, con un motor de 1.5 caballos de la marca Bronzoni, una manguera de un elastómero térmico para resistir las altas temperaturas de los gases de escape, y una pinza de presión para mantenerlo fijo en la salida de escape.

Figura 4-6: Boquilla de salida del extractor de gases, Autor



La ubicación de la salida del extractor se hace 1 metro por arriba del techo de las instalaciones, con un protector y diseño curvo para evitar la entrada de agua lluvia por la tubería y dañe el extractor (ver **Figura 4-6 y 4-7**).

Figura 4-7: Extractor de Gases de escape, Autor

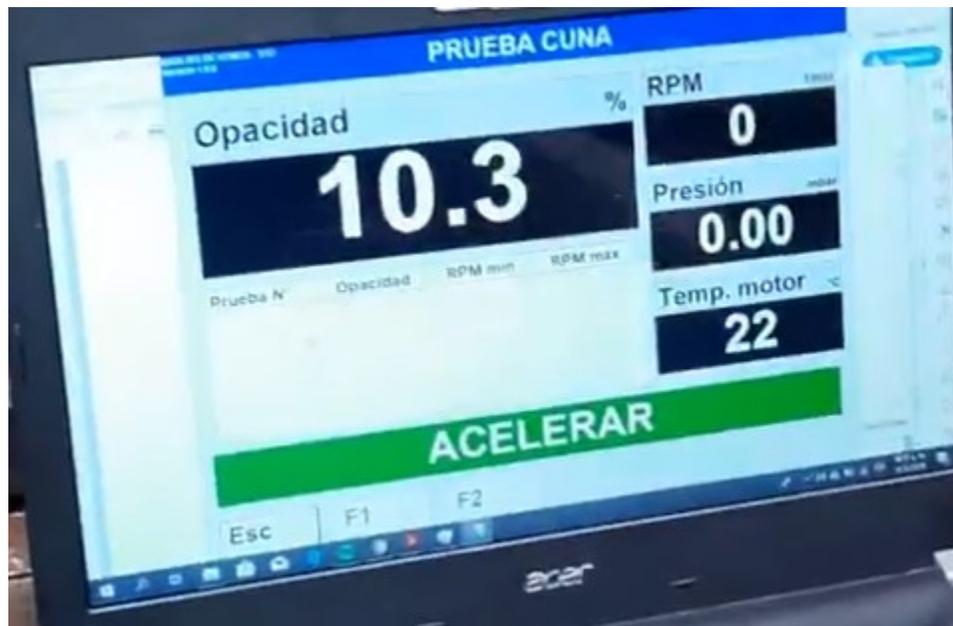


Una gran ventaja del extractor principalmente para el uso del Banco Motor Mazda BT50, es que se puede implementar también para los otros dos bancos motores existentes, una herramienta adicional para múltiples usos en el taller.

4.8. Pruebas de funcionamiento

Con las adecuaciones necesarias en el área de trabajo y el con el mantenimiento completo del Motor BT50 solo queda realizar las pruebas de funcionamiento. El motor desde el comienzo de su mantenimiento y todo el proceso de preparación, se le realizaron más de 18 horas de funcionamiento del Banco-Motor, adicionando pruebas de gases con el opacímetro de la Institución para la verificación de su correcto funcionamiento, cumpliendo también con la normatividad de emisión de gases de Colombia, como se muestra en la imagen de la **Figura 4-8**.

Figura 4-8: Prueba de Opacidad del Banco Motor, Autor



Capítulo 5

5.Desarrollo de los Objetivos

5.1. Inspección general

El banco motor BT50 cuenta con unas condiciones previas para su uso, estas deben respetarse siempre antes de encenderlo. Como en el banco motor como en otros vehículos automotrices es indispensable realizar el mismo procedimiento, ya que de esto depende su vida útil y correcto funcionamiento.

Durante la inspección general, se revisa los niveles de los líquidos principales y estados de los componentes más importantes.

- Nivel de combustible: Evitar el uso del motor si se encuentra en la zona roja del indicador de combustible.
- Nivel de aceite: El nivel debe estar en el rango que marca la bayoneta.
- Nivel de líquido refrigerante: EL nivel del tanque del reservorio entre el rango marcado
- Voltaje de la batería: Mayor a 11.8V
- Verificación visual del estado del motor: si el motor posee fugas de aceite, humedad en zonas notorias, grietas o elementos desajustados, etc.
- Conexiones eléctricas: elementos como los sensores y actuadores siempre deben estar conectados.
- Estado de los indicadores: los relojes no deben tener golpes o el cristal roto.
- Estado tablero de pines: todos los pines deben estar libres, ningún puente entre los pines es permitido, esto puede ocasionar un corto circuito y averiar la computadora del Banco.
- El tubo de escape no debe tener obstrucciones salvo la conexión con el extractor de gases, importante verificar que la válvula de la boquilla esté abierta.

5.2. Preparación previa al encendido

Para el primer encendido debemos priorizar dos elementos garantizar la llegada de combustible a la bomba de alta presión y la conexión con el extractor de gases y su correcto funcionamiento:

5.2.1. Purga del sistema de combustible

La purga se realiza por medio de la válvula manual que se encuentra en la parte superior del filtro de combustible. Para su accionamiento se debe presionar en repetidas ocasiones hasta notar el indicador de presión de combustible en el tablero de indicadores suba al máximo indicado. Se debe mantener presionado por un momento mientras se libera un poco el tapón de aire que se encuentra justo al lado de la válvula manual, este tapón solo se libera un poco hasta notar que el aire que tiene el sistema se elimine, esto ocurre cuando un poco del combustible es liberado por esta parte (ver **Figura 5-1**). En ese momento se debe cerrar el tapón por completo, ya finalizado esto, podemos dejar de mantener presionada la válvula manual.

Figura 5-1: Ubicación de tapón de aire (1) y válvula de purga (2)



Este procedimiento se debe realizar para evitar burbujas de aire en la tubería de combustible que puedan afectar la presión inicial y generen problemas para el encendido y cavitación. Ya cuando el motor lleva un tiempo funcionando, el sistema no presenta aire y

no es necesario realizar nuevamente este proceso si se requiere apagar el motor para realizar alguna prueba.

5.2.2. Conexión y encendido Extractor de gases

El banco motor siempre se encontrará al lado del extractor de gases, este se encuentra anclado a la pared con una manguera de conexión enrollada al lado, se debe liberar por completo, evitando dobleces y objetos que la obstruyan. La conexión de la boquilla tiene una pinza de presión para agarrar la salida del escape (costado derecho inferior, observado desde el panel de indicadores) fijamente y esta no se mueva por las vibraciones del motor cuando esté encendido (ver **Figura 5-2**). También verificar la compuerta de la boquilla que se encuentre abierta.

Figura 5-2: Montaje extractor de gases al escape del Banco Motor.



Al realizar lo anterior, el interruptor eléctrico del motor del extractor se encuentra en la pared, este tiene dos botones ON/OFF se acciona el botón ON y el extractor debe encender, el sonido debe ser suave, así sabremos que está funcionando correctamente.

5.3. Encendido del Banco Motor

Para el encendido, en la parte frontal, junto al Switch, se encuentra un botón rojo, con la llave en posición ON, el tablero de pines, una luz verde indica que las bujías de precalentamiento están encendidas, esto dura algunos segundos, al apagarse la luz se oprime el botón rojo por 3 segundos y soltar, como en la **Figura 5-3**. El motor debería encender, si esto no ocurre, esperar 5 segundos y volverlo a intentar, se aclara que en ningún momento se debe oprimir el pedal del acelerador.

Figura 5-3: Ubicación botón de encendido, el pedal nunca debe ser accionado durante esta acción



El motor al encender tendrá un sonido diferente, también generará mayor vibración, esto se debe a la naturaleza de los motores Diesel, ya que la temperatura inicial es muy baja y el exceso de combustible para poder realizar el encendido causan explosiones anormales

hasta que la misma electrónica regule el sistema. El régimen de revoluciones debe estabilizarse en 800 RPM según el indicador del tablero.

Treinta segundos después del encendido del motor, se garantiza que el aceite del motor ha cubierto todas las zonas importantes de trabajo. Se realizan pequeñas aceleraciones a bajas revoluciones para verificar que esté funcionando todo correctamente. Las aceleraciones deben ser graduales ya que el motor no cuenta con carga, las aceleraciones agresivas y las sobre revoluciones pueden ocasionar daños graves al motor. Las condiciones de pruebas generales del motor se deben realizar cuando la temperatura del refrigerante alcance valores superiores a los 60°C.

Si se requiere la verificación de los ventiladores del radiador, la temperatura del refrigerante debe superar los 85°C, los ventiladores se accionan por 1 minuto para estabilizar la temperatura del motor y mantenerlo en condiciones estables.

5.4. Calibración de Equipos

Para el diagnóstico de los componentes del Banco Motor se utilizarán 3 elementos:

- Multímetro Digital
- Osciloscopio.
- Escáner OBD

Estos elementos tienen que estar preparados para cada tipo de diagnóstico, dependiendo de las funciones que tenga la herramienta o el elemento que se requiera analizar, utilizaremos una herramienta distinta.

5.4.1. Uso del Multímetro

El multímetro será la herramienta principal de diagnóstico, con él podremos analizar la mayoría de los sensores analizando ya sea su voltaje o su resistencia para la interpretación posterior de los datos. Los termistores, transductores, potenciómetros que posee el banco motor, se analizarán con esta herramienta. Estos sensores enviarán un voltaje CC a la unidad de control, cada medición se realizará en el rango de 20V de CC, se utiliza esta

escala porque todos los voltajes que maneja la unidad de control para el tema de los sensores son de un máximo de 5V esto se puede apreciar mejor en la **Figura 5-4**.

Figura 5-4: Posicionamiento del multímetro, primera imagen medición de Voltaje DC, segunda imagen medición de resistencias



En el caso que se requiera medir la resistencia de un elemento, este debe estar previamente desconectado del sistema, y se medirá directamente de la conexión del sensor o actuador. El rango de trabajo dependerá del elemento, para eso se tendrá que consultar la tabla de información de dicho objeto.

5.4.2. Uso del osciloscopio

Hay sensores que no tienen una lectura fija o de cambio que sea fácil de notar con un multímetro. Esto hace que para su lectura se requiera un osciloscopio, ya que este nos permite ver un espectro mayor, su comportamiento a través del tiempo y un mejor análisis.

Los osciloscopios con los que cuenta la Universidad Antonio Nariño son de tipo digital (como en la **Figura 5-5**), cuentan con la facilidad de su uso y movilidad, para el uso correcto se debe utilizar una sola sonda para el primer canal, estos al poseer la opción de auto ajuste, solo debemos conectar el osciloscopio al pin de salida de datos del sensor, dar en el botón

AUTO, y en la pantalla se ajustará la señal correctamente, el osciloscopio cuenta con dos perillas, una para ajustar el espectro (eje Y) y otro para mirar el tiempo de la señal (eje X).

Figura 5-5: Osciloscopio con botones y perillas de uso.



Los números que aparecen en la figura representan las siguientes funciones:

1. Ajuste eje Y, división de voltaje
2. Ajuste de altura en pantalla eje Y
3. Habilitar o deshabilitar canal 1 de señal
4. Ajuste automático
5. Ajuste horizontal
6. Ajuste del tiempo de la señal en pantalla, división del tiempo.

Esta herramienta se utilizará para los sensores de efecto Hall o inductivos, ya que se requiere analizar la señal tipo cuadrada del sensor o senoidal por ser esta vez de corriente alterna.

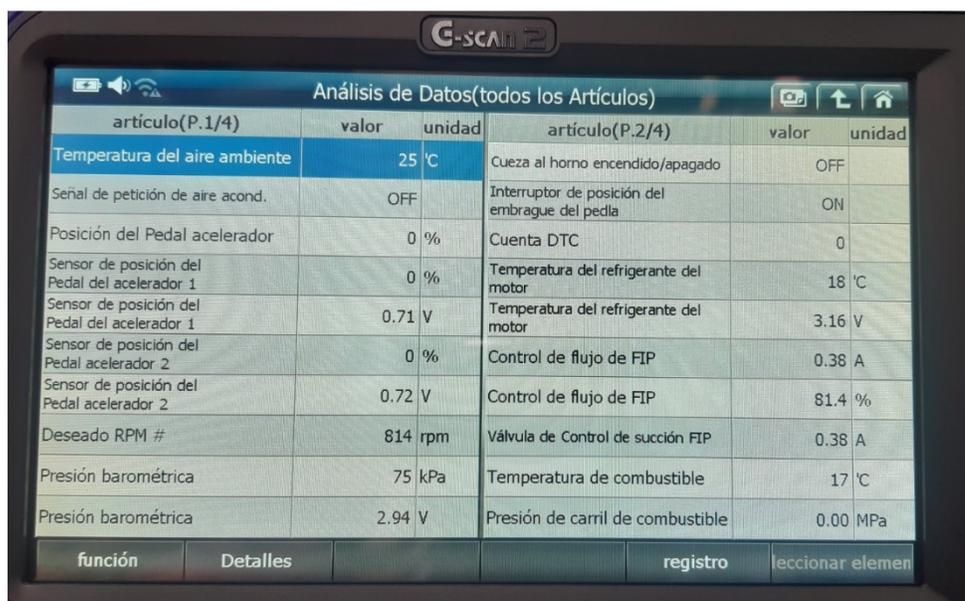
5.4.3. Configuración escáner Gscan2

El escáner va a ser nuestra última herramienta de medición, los diagnósticos posibles de realizar con el multímetro y el osciloscopio también son posibles analizarlos con esta herramienta, con un valor agregado, ya que podemos convertir las señales de voltaje a datos reales de medición, es decir, los gramos por segundo del flujo del aire que entra al

motor, los grados centígrados de la temperatura del motor, el % real de posición del acelerador son posibles leerlos con el escáner.

La referencia Gscan 2 es un escáner automotriz de diagnóstico rápido, con el que muestra la información de una manera sencilla y amigable para el usuario, para el uso de esta herramienta, debemos conectarla al puerto ODB2 que cuenta el motor ubicado en la parte trasera del tablero de pines de conexión, con el motor en marcha, el escáner desplegará un menú con varias opciones, la secuencia de configuración sería: Diagnóstico->Seleccionar marca (Mazda)->Referencia del vehículo ->Mazda BT 50 2.5 WL-C -> 2015 -> ECM -> Análisis de Datos, las páginas de información se pueden ver en las **Figuras 5-6 y 5-7**.

Figura 5-6: Páginas 1 y 2 de Análisis de Datos Gscan2



Análisis de Datos(todos los Artículos)					
artículo(P.1/4)	valor	unidad	artículo(P.2/4)	valor	unidad
Temperatura del aire ambiente	25	°C	Cueza al horno encendido/apagado	OFF	
Señal de petición de aire acond.	OFF		Interruptor de posición del embrague del pedala	ON	
Posición del Pedal acelerador	0	%	Cuenta DTC	0	
Sensor de posición del Pedal del acelerador 1	0	%	Temperatura del refrigerante del motor	18	°C
Sensor de posición del Pedal del acelerador 1	0.71	V	Temperatura del refrigerante del motor	3.16	V
Sensor de posición del Pedal acelerador 2	0	%	Control de flujo de FIP	0.38	A
Sensor de posición del Pedal acelerador 2	0.72	V	Control de flujo de FIP	81.4	%
Deseado RPM #	814	rpm	Válvula de Control de succión FIP	0.38	A
Presión barométrica	75	kPa	Temperatura de combustible	17	°C
Presión barométrica	2.94	V	Presión de carril de combustible	0.00	MPa

función Detalles registro leccionar elemen

Figura 5-7: Páginas 3 y 4 de Análisis de Datos Gscan2

Análisis de Datos(todos los Artículos)					
artículo(P.3/4)			artículo(P.4/4)		
artículo	valor	unidad	artículo	valor	unidad
Temperatura del aire de admisión	20	°C	Tensión de alimentación del módulo	12.2	V
Temperatura del aire de admisión	2.36	V	Velocidad del vehículo	0	km/h
Carga del motor	0	%	Interruptor de calentamiento	OFF	
Flujo de masa de aire	1.74	g/sec			
Flujo de masa de aire	0.63	V			
Sensor de presión absoluta del múltiple	74	kPa			
Sensor de presión absoluta del múltiple	1.25	V			
Lámpara indicadora de malfuncionamiento	ON				
Distancia desde MIL activado	0	km			
Velocidad del motor	0	rpm			

Acá podremos ver todos los datos posibles de analizar en 4 páginas diferentes. Hay otras opciones que tiene el escáner si el motor ha recibido una mala manipulación es posible ver los códigos DTC y borrarlos posteriormente.

5.5. Verificación de sensores

En esta parte se pondrán los resultados de los análisis realizados a los sensores del Banco-Motor Mazda BT50 con una interpretación de los datos.

5.5.1. Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

El sensor CKP se le realizaron las pruebas por medio del osciloscopio a los pines 93 y 94 la señal producida es de tipo sinusoidal, es notorio en una zona de la frecuencia diferente, debido a los 18° adicionales entre los espacios de los dientes del volante, para poder indicar la posición del pistón 1.

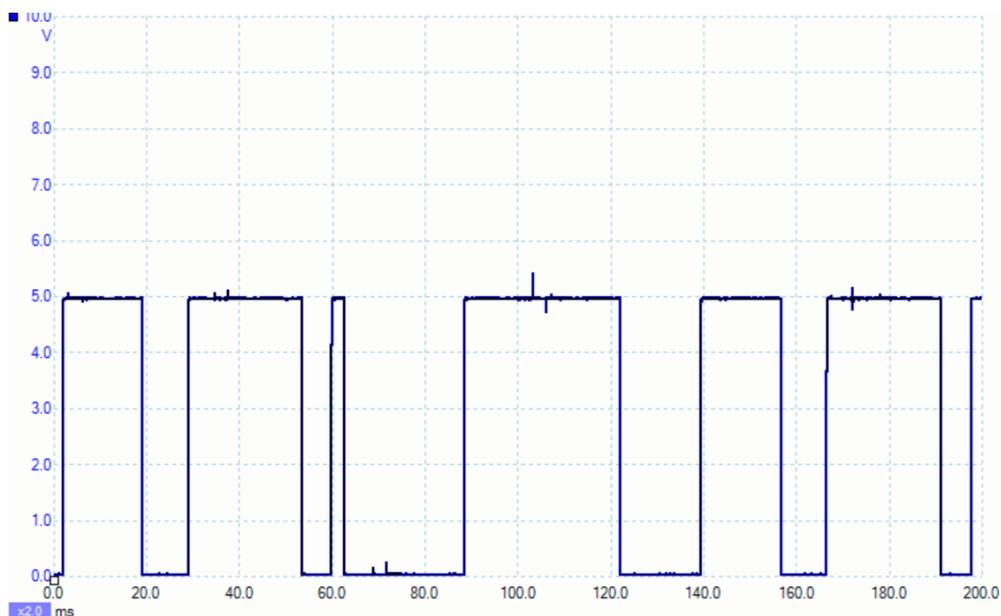
Figura 5-8: Señal en el osciloscopio del sensor CKP



5.5.2. Sensor de posición del árbol de levas (CMP)

A diferencia del sensor CKP en esta el análisis de la señal del árbol de levas es de tipo hall, así que la imagen indicada en el osciloscopio son señales de onda cuadrada (ver **Figura 5-9**). Los pines 14 y 60 del tablero son utilizados para la comprobación de la señal. El punto de voltaje alto enseña la posición del cilindro 1 cuando este está en la fase de expansión de gases.

Figura 5-9: Ejemplo de cómo se ve la señal del sensor CMP



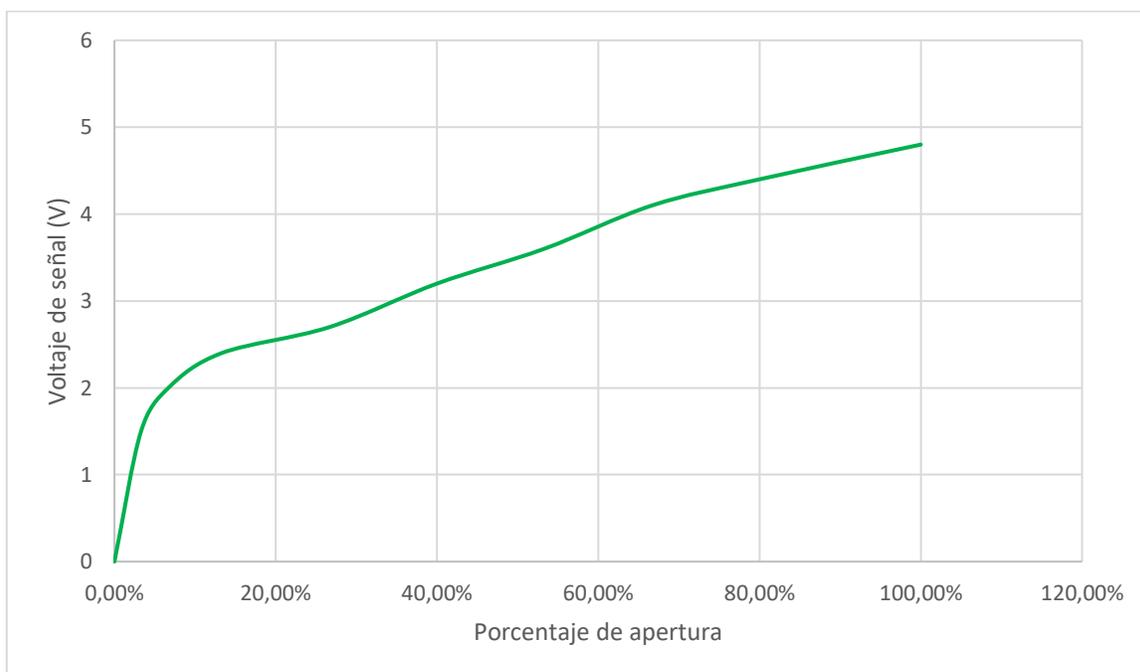
La figura muestra el comportamiento de la onda cuadrada del sensor del árbol de levas, las zonas donde no tiene un comportamiento constante, son debido a los cambios de revolución que tiene el motor, ya que es difícil mantener el pedal con una aceleración constante para las pruebas reales.

5.5.3. Sensor de caudal y temperatura del aire (MAF e IAT 1)

Esta vez la prueba se realiza con un multímetro, se toma la muestra a varios puntos de aceleración, se realizó la siguiente tabla de varios puntos de aceleración así determinar el comportamiento del voltaje cuando pasa más aire al motor. Se determinó que el voltaje del sensor aumenta al aumentar el flujo de aire al motor, el porcentaje de apertura y el voltaje que representa se ven en la **Tabla 5-1** y la **Figura 5-10**.

Tabla 5-1: Posición acelerador vs Voltaje

Posición Acelerador	Voltaje de salida
0,0%	0
3,3%	1,5
6,7%	2
13,3%	2,4
26,7%	2,7
40,0%	3,2
53,3%	3,6
66,7%	4,1
80,0%	4,4
100,0%	4,8

Figura 5-10: porcentaje de aceleración vs voltaje de señal

Analizando los datos obtenidos, se puede ver que el sensor de flujo del aire no tiene un comportamiento lineal al comienzo de la aceleración, esto se debe a que después de cierto régimen de revoluciones el motor aumenta bastante el consumo de aire para que la mezcla sea de forma estequiométrica.

Para el sensor de temperatura la señal del sensor IAT 1 se mantiene constante a una temperatura de 3.3V la temperatura del ambiente era aproximada de 20°C.

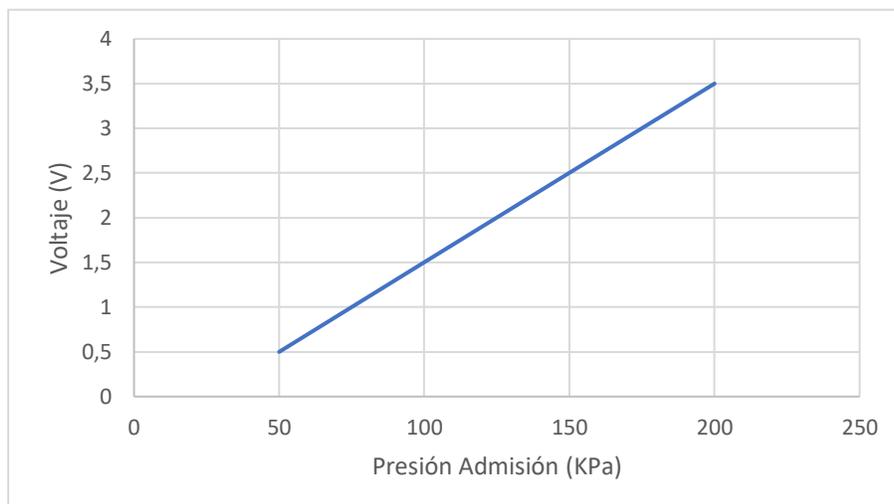
5.5.4. Sensor de presión absoluta (MAP e IAT 2)

El sensor a nivel de Bogotá marca un voltaje de 1.20V cerca de 75 KPa inicial, los cambios de aceleración elevan un poco más la presión en el múltiple de admisión. Los cambios de presión al interior de la admisión se pueden apreciar en la siguiente gráfica. También se adiciona una tabla con los voltajes que se pueden analizar en el sensor MAP con distintas presiones, ver **Tabla 5-3** y **Figura 5-11**.

Tabla 5-2: Presión del colector y voltaje de señal

P (Kpa)	Voltaje (v)
50	0,5
100	1,5
150	2,5
200	3,5

Figura 5-11 Presión de admisión vs voltaje de señal MAP



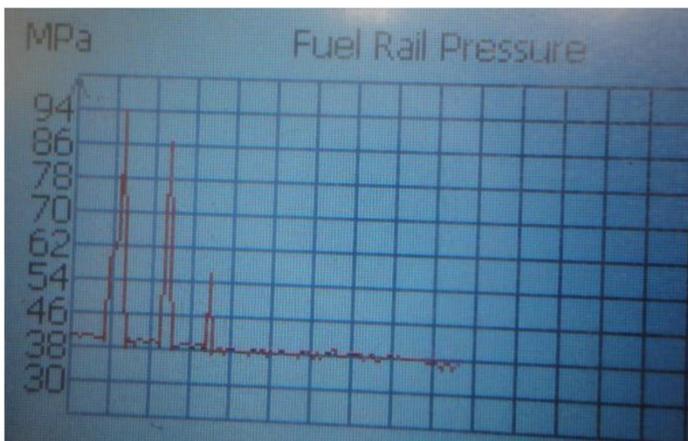
A diferencia del sensor de flujo del aire, la presión del aire si tiene un comportamiento constante con respecto al voltaje que indica el sensor, así que la gráfica en este caso es lineal.

El segundo sensor de presión marca la misma temperatura que el sensor IAT 1, si este valor cambia considerablemente, puede que esté ocurriendo una falla con el intercooler del sistema del turbocompresor.

5.5.5. Sensor de presión del riel (FRP)

La señal de presión del riel se mantiene por debajo de los 39 MPa cuando el motor se mantiene en ralentí, los cambios de aceleración hacen que aumente considerablemente la presión hasta un pico de 94 MPa a un régimen de 2500 rpm como se indica en el gráfico, visto en la **Figura 5-12**.

Figura 5-12: Gráfica señal del riel de presión de combustible.



La presión del riel tiene cambios muy rápidos al momento de pisar el acelerador, el retraso entre el cambio de aceleración y el aumento de presión es casi imperceptible, esto se debe a la electrónica que posee el motor que permite las reacciones casi al instante

5.5.6. Sensor de pedal del acelerador (APP)

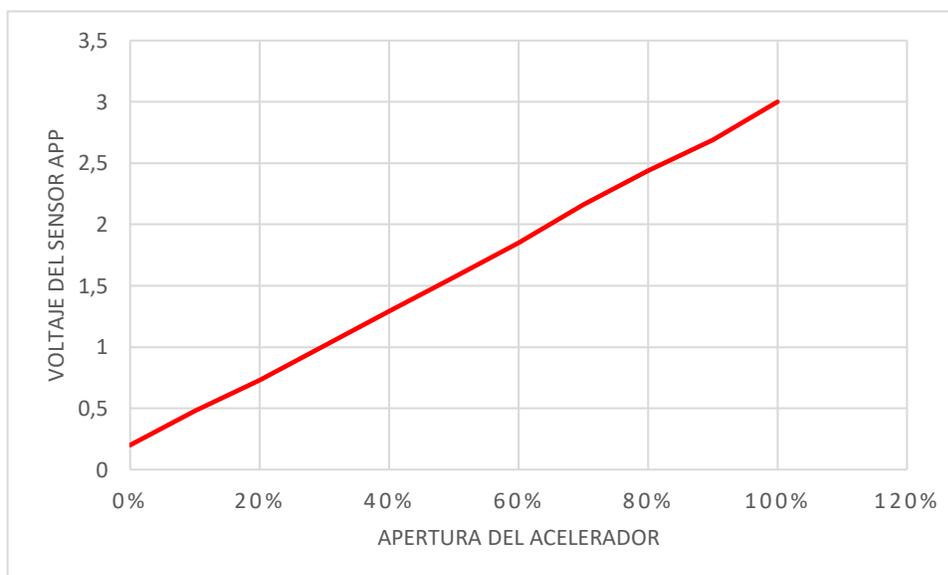
El sensor del acelerador al medir el voltaje entre el terminal de señal principal de salida y la masa marca como voltaje inicial 0.2V y cambiando la aceleración progresivamente tiene un

aumento de voltaje hasta los 3V esto de una forma lineal constante, ver **Tabla 5-4** y **Figura 5-13**.

Tabla 5-3: apertura del acelerador y voltaje medido

% acelerador	Voltaje sensor
0%	0,2
10%	0,48
20%	0,73
30%	1,01
40%	1,29
50%	1,57
60%	1,85
70%	2,16
80%	2,44
90%	2,69
100%	3

Figura 5-13: apertura del acelerador vs voltaje de salida



Al ser un sensor de tipo potenciómetro, la resistencia interna se comporta de forma lineal al variar al posición del acelerador, por eso la gráfica permanece de forma constante ascendente.

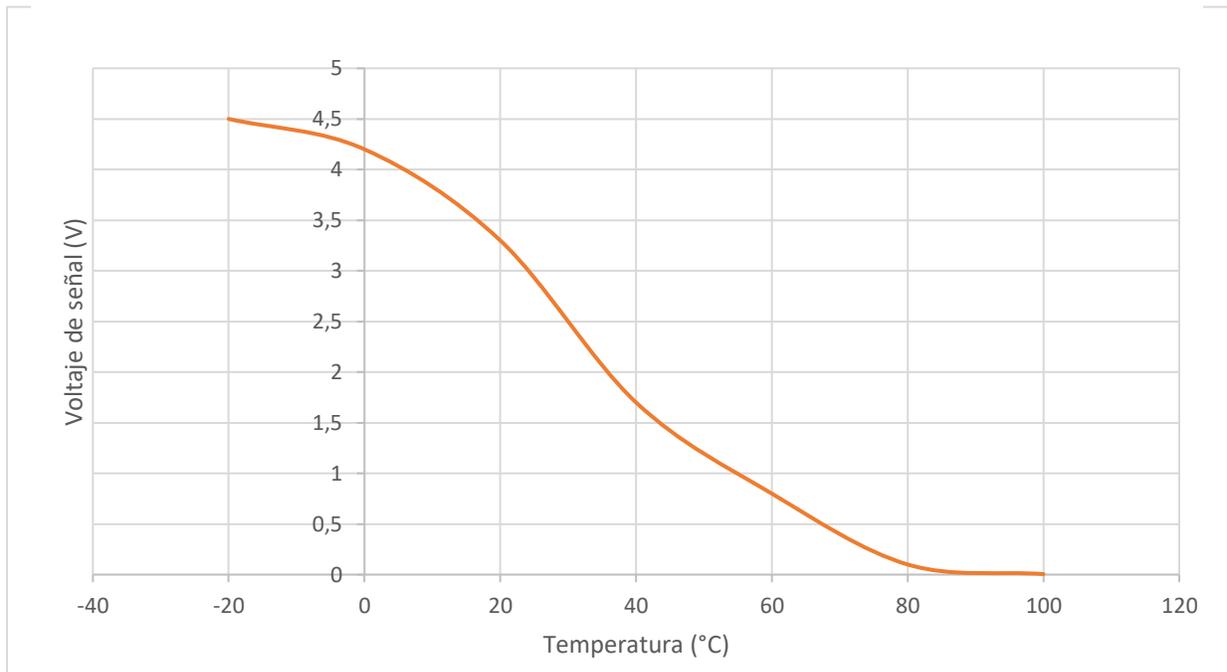
5.5.7. Sensor de Temperatura del refrigerante (ECT)

Como es de esperarse en un termistor de tipo NTC el voltaje inicial fue mucho mayor ya que la temperatura es la del medio ambiente, cuando el motor aumenta su temperatura, el voltaje disminuye considerablemente. El voltaje disminuye ya que la resistencia también se reduce con el aumento de temperatura del refrigerante. Lo siguiente es una tabla donde representa la resistencia del sensor a diferentes temperaturas de trabajo del motor también con el voltaje que nos indicará los pines de señal al realizar la medición, ver **Tabla 5-5 y Figura 5-14**.

Tabla 5-4: Valores del Sensor de Temperatura del refrigerante

Temperatura (°C)	Resistencia (Ω)	Voltaje (V)
-20	10000	4,5
0	5000	4,2
20	2000	3,3
40	500	1,7
60	180	0,8
80	20	0,1
100	1	0,005

Figura 5-14: Comportamiento del voltaje con respecto a la resistencia del sensor de temperatura



5.5.8. Sensor de Altitud (Barométrico)

A diferencia del sensor MAP este permanecer constante, porque el sensor está ubicado sobre la superficie de la Unidad de Control. Para poder medir la presión atmosférica a la que está sometido el motor. Este se encuentra ubicado en la carcasa de la ECM. Su valor solo cambiará cuando el motor cambie su ubicación geográfica.

5.6. Verificación Actuadores

Como se realizó a los sensores, los actuadores también es posible realizarles unas mediciones para la verificación de su funcionamiento.

5.6.1. Bujías Incandescentes

La verificación de este actuador se hace de manera visual, en el tablero de pines el testigo de la bujía incandescente permanecerá encendido 5 segundos en el momento que se acciona el interruptor para indicar el precalentamiento, cuando se da ignición al Banco Motor nuevamente se encenderá las bujías para el poscalentamiento, esto se realiza hasta

elevar la temperatura del motor de una manera rápida, si es el primer encendido de prueba, este poscalentamiento durará alrededor de treinta segundos (ver **Figura 5-15**).

Figura 5-15: Indicador de bujía incandescente inactiva y activa



El bombillo de la derecha siempre debe realizar ese encendido y apagado cada vez que se accione la llave de encendido, también los primeros treinta segundos de funcionamiento del motor para indicar que las bujías incandescentes están funcionando correctamente.

5.6.2. Válvula medidora de combustible

Para la comprobación de este actuador, se utiliza el pin de la computadora número 79 que es la señal del actuador y la masa del tablero general, esta se comporta como señal de onda cuadrada, aunque es posible medirla con un multímetro, con el motor sin encender tiene un voltaje de alimentación de 12V, al estar en ralentí obtiene un voltaje de 9.3V, al aumentar la aceleración, el voltaje desciende. Este valor de voltaje indica que, en condiciones de ralentí, la válvula trabaja al 22.5% de su potencial.

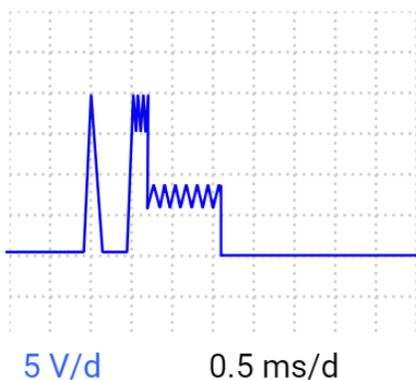
5.6.3. Válvulas de Admisión del Obturador

Estos dos solenoides, tanto el de media con el de alta, se verifican por medio del voltaje de señal de la unidad de control que es de 0.3V en ralentí de los pines 52 (válvula media) y 55 (válvula alta), el segundo voltaje es de 12V que va directo al otro conector del actuador.

5.6.4. Inyectores

Para la verificación de funcionamiento de los 4 inyectores del Motor BT50 2.5 Diesel, se utiliza el osciloscopio para verificar las pulsaciones enviadas por la computadora (ver **Figura 5-16**). Se aprecia la preinyección seguida de la pulsación larga, donde realmente se inyecta el combustible para la ignición del cilindro. También es posible medir la resistencia del inyector, esta debe dar cerca de los 0.5Ω .

Figura 5-16: Visualización de la señal de inyección



Cabe aclarar que la imagen anterior, representa el comportamiento correcto de los inyectores Diesel, tanto teóricamente como realmente. Adicional a esto, los sistemas Diesel pueden variar con respecto a marcas, ya que las pulsaciones y la forma de realizarlas permite un mejor quemado del combustible y reduce el nivel de emisiones de gases.

Capítulo 6

6.Simulación Electude

En los capítulos anteriores se habló sobre la preparación y puesta en marcha del Banco Motor BT 50 y de las pruebas posibles para realizarle, aunque no es el único método para analizar el comportamiento de los componentes que posee un motor. Por medio de programas y simuladores es posible tener resultados cercanos a los de la realidad.

En este capítulo se observarán distintas simulaciones de varios elementos que posee los motores de combustión interna, y que es posible compararlo con nuestro Banco Motor cuando no sea posible interactuar físicamente con el mismo.

A continuación, se utilizará el simulador de Electude, por medio de este se logró realizar la simulación de varios componentes de los motores Diesel actuales y su comportamiento real. Para así llegar a una simulación final de un sistema complejo como realmente funciona un motor Diesel en condiciones de trabajo normales.

6.1. Generación de señales de los sensores CKP y CMP

El sensor CKP y CMP tienen como función determinar la posición del pistón 1 y el tiempo en el que se encuentra, para así poder determinar el momento de la inyección de combustible a cada uno de los cilindros. Con el simulador se podrá apreciar el comportamiento de la señal, y se podrá descomponer los elementos de esta para un análisis más a fondo.

6.1.1.Simulación CKP

Los sensores CKP (posición del cigüeñal), son de tipo inductivo, cada vez que los dientes de referencia pasan cerca del sensor se genera un campo electromagnético, así que en el momento de que se enciende el motor, la señal será de tipo sinusoidal donde su frecuencia dependerá de las revoluciones del motor, esta señal se verá variada en un punto, este indica la posición del pistón 1 cuando se encuentre a 90° antes de llegar al PMS, la variación

se ve reflejada como un aumento en la amplitud de la señal, esto se debe a que los dientes de lectura del sensor se encuentran a una distancia fija a excepción del punto de referencia del pistón 1, para el caso del Banco Motor BT 50, cuenta con 58 dientes con un espacio de 6° entre cada uno y un espacio de 18° que define la posición del pistón 1.

Para la simulación se requiere la herramienta de osciloscopio para ver la señal del sensor, tablero de mando para la regulación de la aceleración y la placa de prueba para analizarlo igual que en el Banco Motor BT 50. En el simulador web. El pin 34 representa la señal de retorno del sensor CKP a la unidad de control, se conecta el osciloscopio al pin y la masa, se enciende el motor, la señal indicada en la pantalla es el comportamiento del sensor CKP como se puede apreciar en la **figura 6-1**.

Figura 6-1: simulador web, conexión del osciloscopio al sensor CKP



Analizando la señal indicada en pantalla se puede extraer las siguientes conclusiones:

- el voltaje generado por el sensor es de tipo CA
- Cuando un diente se acerca o sale del sensor marca el mayor voltaje.
- La frecuencia de la señal del sensor es directamente proporcional a las revoluciones del motor.

- El aumento repentino en la amplitud de la señal que se puede identificar en el osciloscopio indica la posición del pistón 1.
- La señal del sensor también ayuda a ver el régimen del motor y la posición del cigüeñal.

Si se aumentan las revoluciones, vemos que tanto la amplitud y frecuencia aumentan, en ralenti (800 RPM) se mantenía cerca de los 5 V la señal, con un régimen de motor 3300RPM alto para el rango de trabajo que tendrá el banco motor BT50, la amplitud queda cerca de los 22 V como se aprecia en la **Figura 6-2**, así que adicional a las conclusiones previas, tenemos que los análisis de los sensores tienen un rango de señal es entre 0V y 5V, pero con los sensores de inducción lo que realmente se mide es la frecuencia del voltaje generado que es la principal característica del sensor CKP y su comunicación con la unidad de control.

Figura 6-2: Comparativa amplitud voltaje y revoluciones motor.



6.1.2. Simulación CMP

El sensor de posición del árbol de levas (CMP) tiene un comportamiento diferente al del cigüeñal, ya que este es de efecto hall, donde la señal que representa es de onda cuadrada, su función es conocer la posición del árbol de levas para poder identificar cuando comienza el siguiente ciclo de expansión en el cilindro 1.

Por medio del simulador web de Electude, se realiza el mismo procedimiento como en el sensor CKP, aunque la sonda del osciloscopio estará conectada al pin 32 esta vez. Al encender el motor y el comportamiento del sensor CMP, se ve la señal de onda cuadrada que genera como se ve claramente en la **Figura 6-3**.

Figura 6-3: conexión del osciloscopio en el simulador web para el sensor CMP



Al realizar cambios de revoluciones en el simulador, se puede ver que el cambio principal, es el aumento de la frecuencia de la onda cuadrada, cada señal cuadrada producida por el sensor, indica el siguiente tiempo de expansión del pistón 1, pero la amplitud del voltaje se conserva, muy diferente al sensor del cigüeñal.

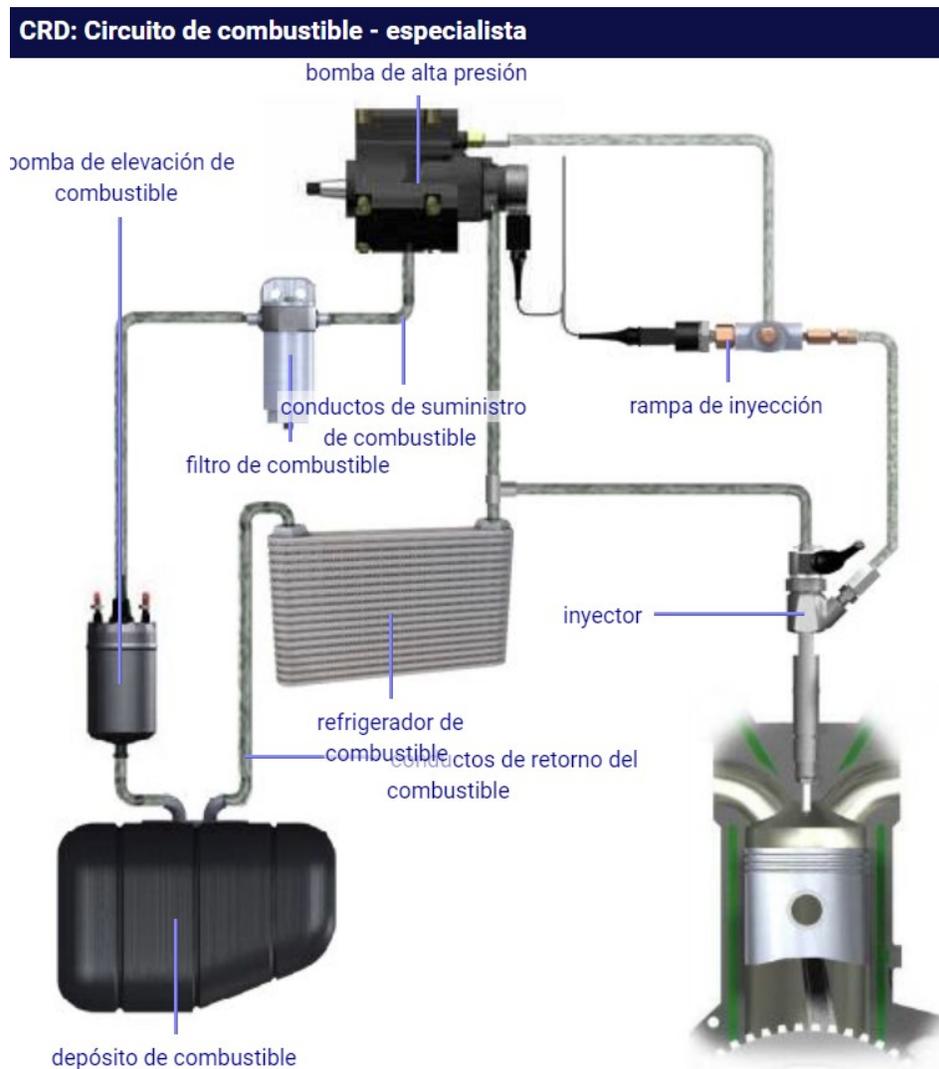
Otros datos para tener en cuenta sobre la simulación del sensor CMP son:

- La frecuencia es la mitad de la frecuencia del sensor CKP, ya que, al dar dos giros del cigüeñal, el árbol de levas solo da uno.
- Cada cuadro de la señal indica un inicio de ciclo de expansión.
- El sensor se ubica generalmente en el árbol de levas de admisión.
- Tanto el sensor CKP y CMP son los responsables de dar los tiempos de inicio de inyección de combustible.

6.2. Comportamiento de los sistemas de regulación de presión

En el sistema de inyección Diesel, la presión del combustible antes de llegar a los inyectores es muy importante, ya que, al no alcanzar la presión requerida, no será posible entregar la cantidad de combustible suficiente para que la mezcla sea estequiométrica. La electrónica en este caso ayuda con el tema de la regulación de presión en el motor, un sensor que se encarga de medir la presión en el riel común de combustible, el valor de la presión es enviado a la unidad de control para compararlo con las revoluciones de motor y la cantidad de aire suministrado al combustible para determinar que tanto debe regular la presión por medio de un actuador el cual restringirá el paso de combustible desde la bomba de alta presión al riel común, esto devolviendo combustible al depósito principal. La cantidad de combustible que retorne dependerá del requerimiento de la Unidad de Control. Otro elemento que hace parte del sistema para entregar la cantidad de combustible correcta es el inyector, ya que el tiempo de apertura de este está determinado por la Unidad de control y es el último en interactuar con el combustible antes de llegar a la cámara de combustión.

La **Figura 6-4:** representa el esquema del sistema de combustión, por medio del simulador web podemos analizar las distintas secciones del sistema de combustible y como se genera la regulación de este.

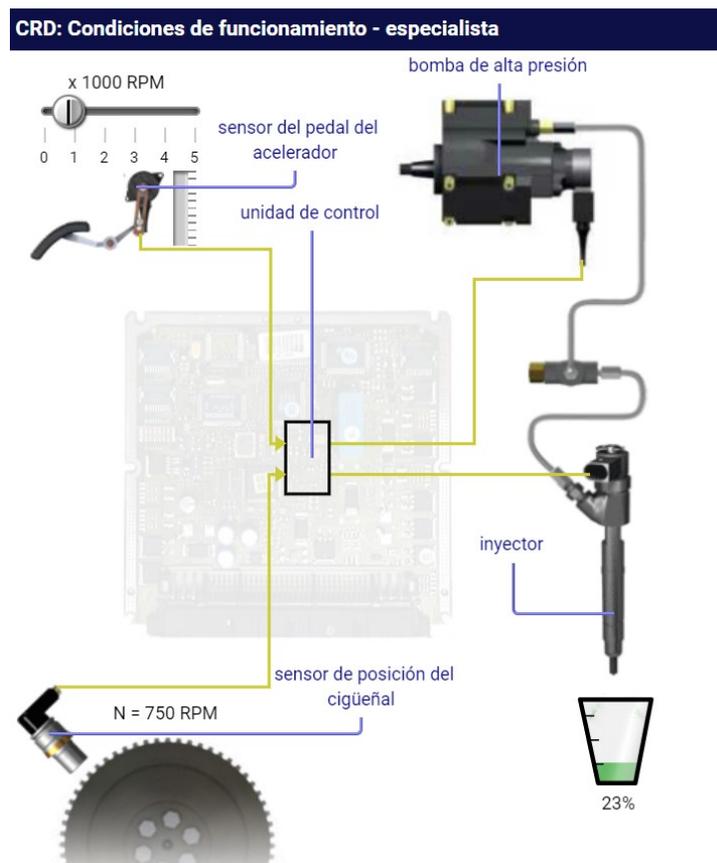
Figura 6-4: Circuito de combustible, elementos principales

© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-03-28

6.2.1. Condiciones de regulación

En el simulador web podremos simular la relación del pedal del acelerador con la cantidad de combustible inyectada. En la **Figura 6-5**, cuando se acelera la unidad de control recibe la señal como una petición de las revoluciones de motor que se desea tener. El sensor CKP previamente visto envía la señal a la ECM y se realiza una comparación. La diferencia de las dos señales determina la activación del actuador para entregar más combustible al motor y aumentar las revoluciones. Acá entra en acción la válvula de regulación de presión del combustible y la válvula solenoide del inyector.

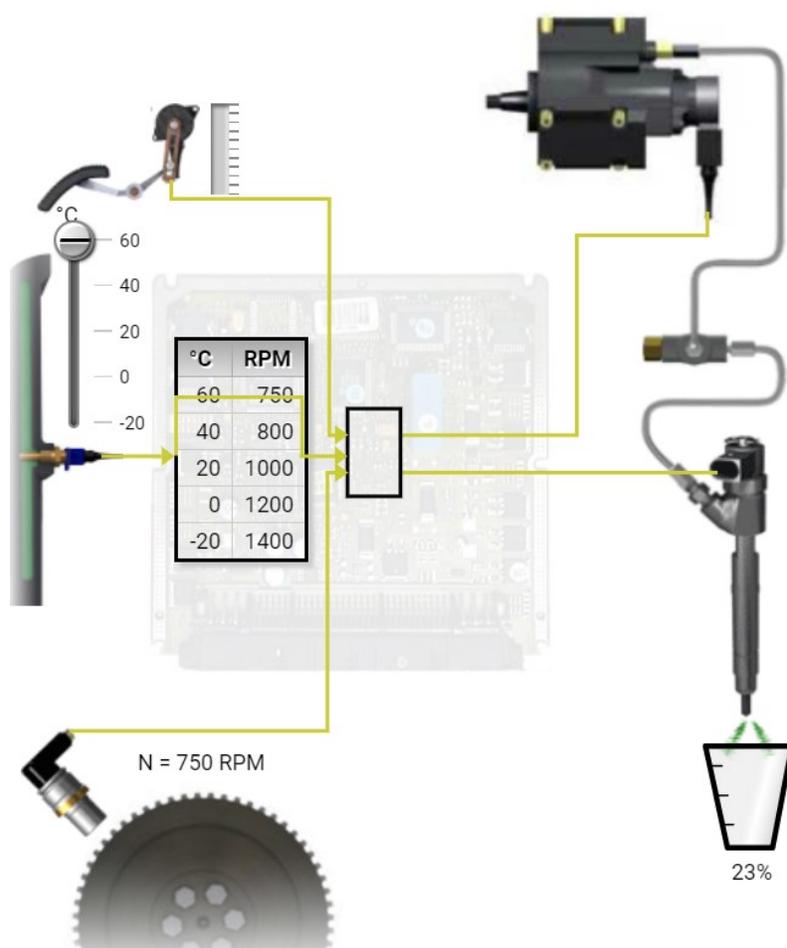
Figura 6-5: Relación entre el pedal de aceleración y cantidad de combustible inyectado.



Para la **Figura 6-6** el simulador web adiciona un sensor para el cálculo de entrega de combustible, este es el sensor de temperatura del refrigerante del motor, cuando la temperatura del motor es muy baja, el ralentí es ajustado con el fin de aumentar las revoluciones del ralentí y reducir el tiempo de calentamiento para llegar a condiciones de trabajo ideal.

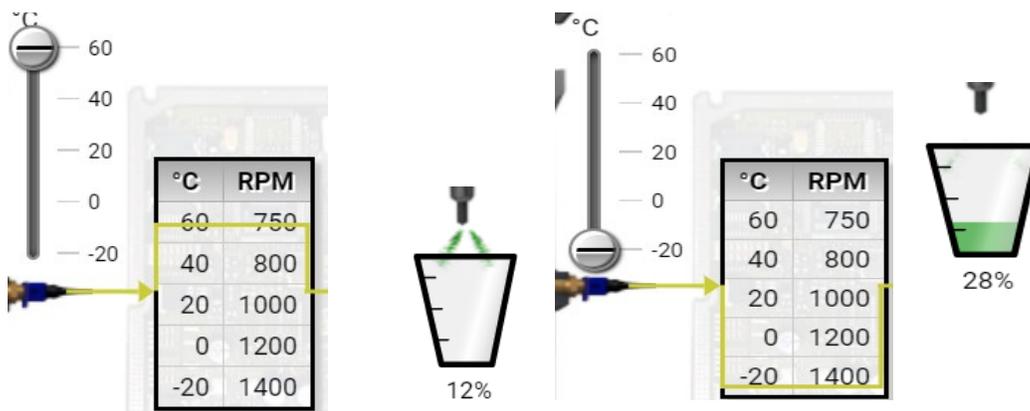
Figura 6-6: Variación del ralentí con respecto a la temperatura del refrigerante

CRD: Condiciones de funcionamiento - especialista



Probando el simulador podemos ver los cambios de % de combustible que se pueden obtener dependiendo de la temperatura en la **Figura 6-7**, No solo las revoluciones cambian, la cantidad de combustible suministrado es diferente cuando el motor se encuentra frío.

Figura 6-7: Comparativa Ralentí y cantidad de Combustible



También el simulador web permite adicionar cómo es el comportamiento del adelanto de inyección en la **Figura 6-8** al acelerar cómo se adelanta la inyección, esto ocurre tanto al acelerar como al variar la temperatura del motor que también se puede experimentar en el simulador visto en la **Figura 6-9**.

Figura 6-8: Adelantamiento de la inyección al accionar el acelerador

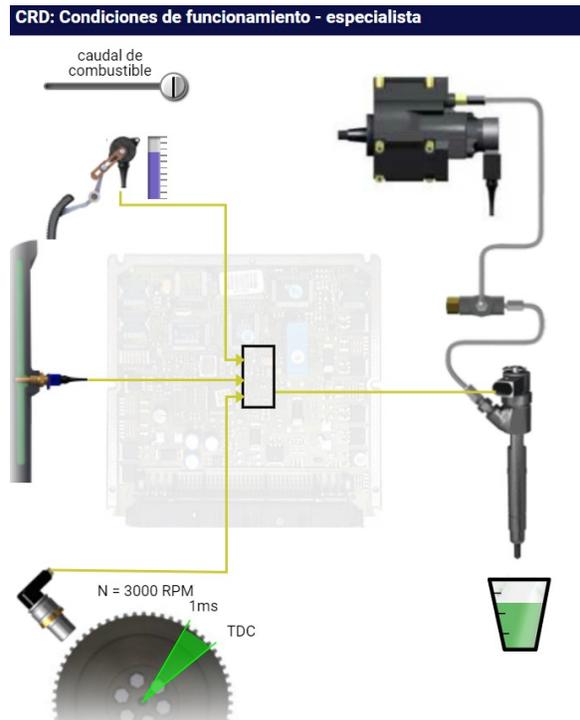
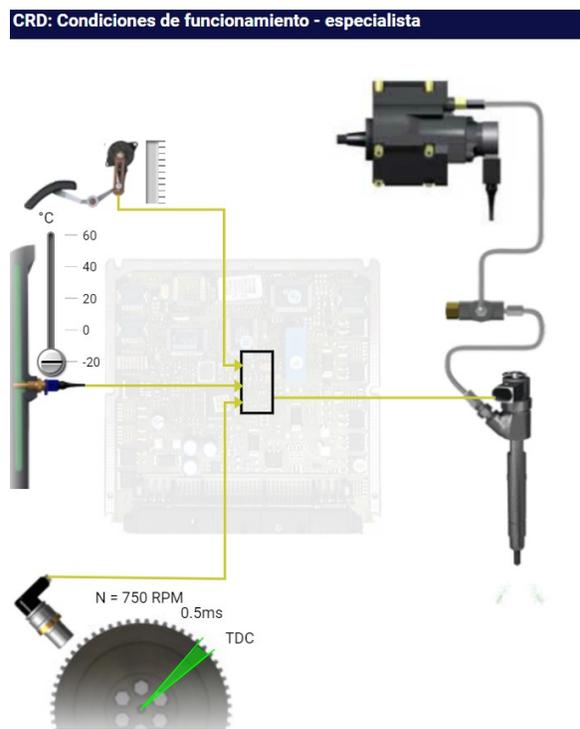


Figura 6-9: Adelanto de la inyección al reducir la temperatura del refrigerante del motor.

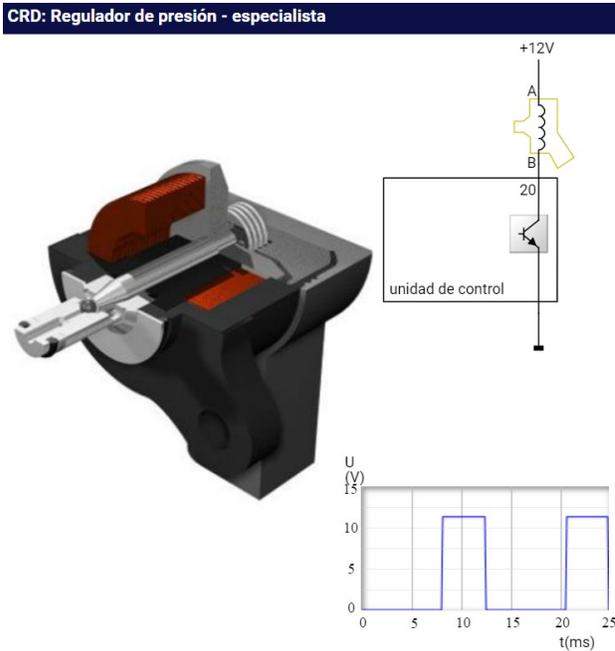


Como se pudo ver es bueno concluir de que la Unidad de Control determina tanto el momento de la inyección y la cantidad de combustible entregado a la cámara de combustión, al avanzar con el contenido de este capítulo aumentaremos la cantidad de componentes que irán interactuando en el motor para la realización de una mezcla ideal de aire y combustible, esta parte fue para aclarar cuales son las condiciones de funcionamiento iniciales para tener una idea más clara y no aumentar la densidad en la simulación.

6.2.2. Regulador de Presión

El regulador de presión es un actuador que permite variar la presión del combustible al riel común, la bomba de combustible constantemente está funcionando y generando una presión alta, el solenoide de regulación genera retorno de combustible al depósito, el actuador trabaja a 12V+ directos de la batería el otro extremo es el de la Unidad de control que por medio de un transistor genera la conexión y desconexión constante del actuador, permitiendo variar la intensidad de corriente que pasa a través del solenoide de regulación. Cuando el voltaje es 0 en el pin de la unidad de control es el momento en que se genera la conexión. Todo lo mencionado se puede apreciar en la **Figura 6-10** donde muestra el simulador la opción de regular el ciclo de trabajo del solenoide y el comportamiento en el osciloscopio, también indica cómo este ciclo afecta a la presión que se genera en el riel común.

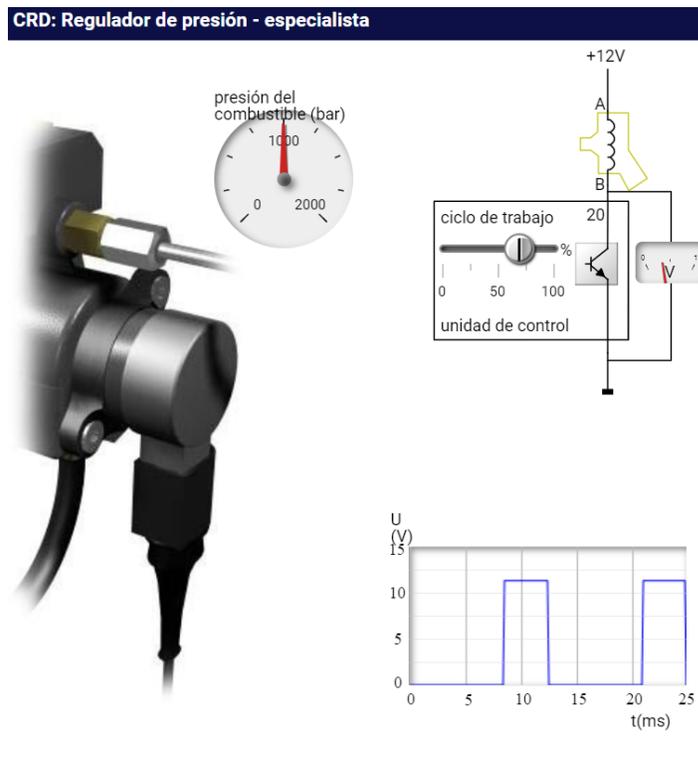
Figura 6-10: Regulador de presión del Riel Común, el ejemplo muestra el regulador trabajando al 65%



Generando una variación en el ciclo de trabajo con el simulador podemos determinar cómo es el comportamiento de la presión del riel común. La gráfica de la **Figura 6-11** Representa una relación entre el ciclo de trabajo del regulador y la presión en bares que suministra la bomba de alta presión al riel común.

La simulación que podemos realizar de las variaciones de presión facilita en gran medida la comprensión de la gestión realizada por la unidad de control y cómo interactúan todos los sensores que posee el motor para la inyección del combustible.

Figura 6-11: Regulación de presión de combustible, el simulador trabaja de 100 a 1400 bar



6.3. Control de bujía incandescente

Durante la regulación de la mezcla del motor cuando este es encendido primera vez del día o en condiciones de baja temperatura, el actuador de bujía incandescente se encarga de aumentar la temperatura de la cámara de combustión para que pueda alcanzar el rango de trabajo lo más pronto posible. La unidad de control mide la temperatura del refrigerante del motor por medio del sensor, así determinando en el pre encendido y post encendido del motor un tiempo de funcionamiento de las bujías de precalentamiento. Estas bujías alcanzan una temperatura de 1000 a 1400°C.

En el simulador web del control de la bujía incandescente podemos apreciar en el momento que se activa la bujía al darle arranque al motor y su comportamiento dependiendo de la temperatura inicial. la **Figura 6-12** representa los elementos del simulador, las piezas esenciales que interactúan con el encendido de la bujía incandescente.

Figura 6-12: Esquema sistema de precalentamiento



© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-05-26

La simulación permite apreciar con exactitud los tiempos de trabajo de la bujía para poder acelerar el proceso de llegar a la temperatura de trabajo ideal, para la **Figura 6-13**. La barra de desplazamiento permite elegir la temperatura del motor, al ajustarla, el reloj cambia el tiempo que requiere para el calentamiento, entre menor sea la temperatura, mayor el tiempo de calentamiento.

Figura 6-13: Temporizador de la bujía incandescente



6.4. Simulación de condiciones del aire

Para realizar una entrega correcta del combustible a la cámara de combustión se debe determinar la cantidad de aire que ingresa al motor, la unidad de control conoce el volumen de la cámara, así que debe determinar la cantidad de aire para inyectar el combustible en una proporción correcta. La mezcla estequiométrica de los motores Diesel es de 14.5 a 1. A continuación se mostrarán las simulaciones realizadas de los tres datos que toma la unidad de control sobre el aire de admisión.

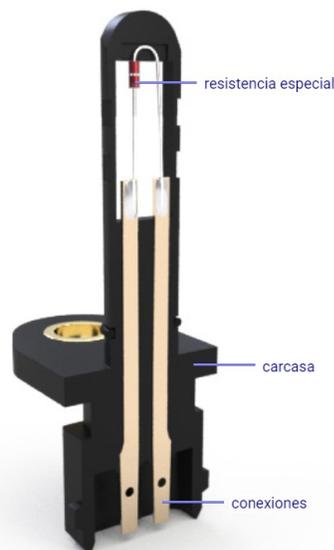
6.4.1. Temperatura del aire

El sensor de temperatura del aire (IAT) se utiliza para determinar la masa de aire aspirado. Utilizando la presión y temperatura del aire, junto con el volumen de la carrera del motor, la unidad de control puede determinar la masa de aire aspirado.

La simulación web nos muestra los componentes internos del sensor en la **Figura 6-14**. Una resistencia especial se coloca en una abertura en el paso de aire, esta se encuentra en el cuerpo del sensor de temperatura, es de tipo NTC (coeficiente de temperatura negativo), el flujo del aire choca con el sensor y la resistencia es afectada por la temperatura del aire, esta cambia su impedancia, disminuyendo su valor al aumentar la temperatura.

Figura 6-14: Componentes del Sensor de temperatura del aire IAT

Sensor de temperatura del aire de admisión - avanzado



© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-04-02

La **Figura 6-15** vemos la simulación web, la cual permite variar la temperatura del aire, por medio del multímetro previsto por la herramienta, se puede observar los cambios de impedancia de la resistencia. La unidad de control no puede medir la resistencia del sensor de temperatura, por medio de una resistencia interna en la unidad, así que mide la diferencia de potencial en la salida del pin del sensor de temperatura.

Figura 6-15: Simulador de Electude, medición de resistencia del sensor de temperatura de aire (IAT)

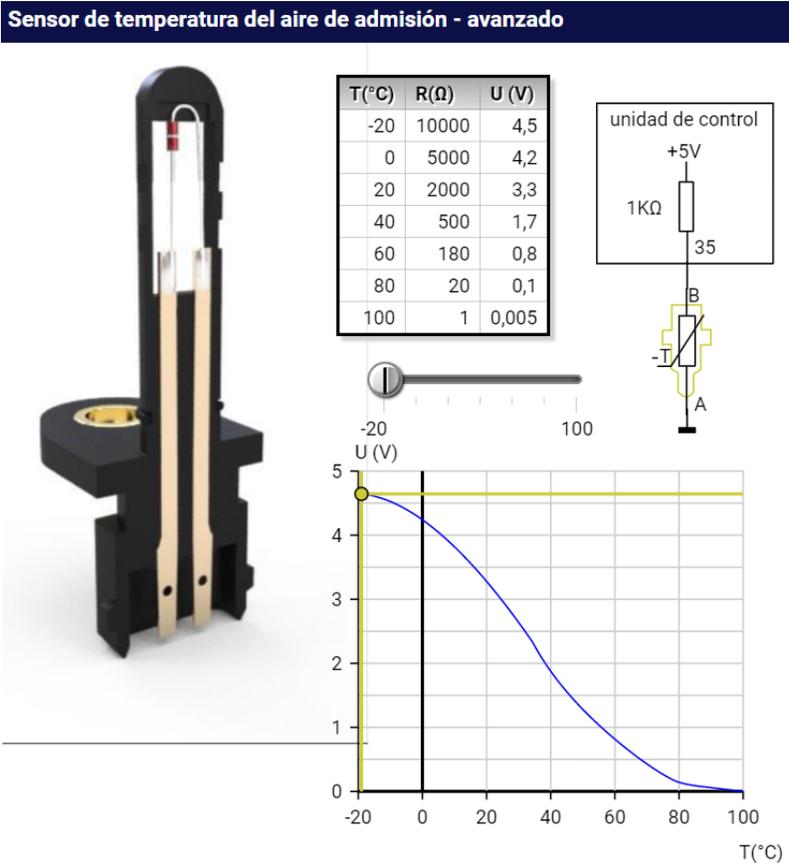
Sensor de temperatura del aire de admisión - avanzado



© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-04-02

La **Figura 6-16** representa el cambio de voltaje en la señal del sensor con respecto a la temperatura del aire de admisión y la tabla muestra el comparativo entre voltaje, resistencia y temperatura que se ve afectado en el sensor, el simulador permite desplazarse por el rango de temperatura del aire y simultáneamente indicar el voltaje correcto a esa temperatura.

Figura 6-16: Comportamiento del sensor de temperatura con respecto al voltaje



© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-04-02

6.4.2. Flujo de masa

Para medir el flujo de masa de aire, el sensor también requiere termistores como en el caso de la temperatura del aire. Dos en específicas, una con un comportamiento calefactor y es del tipo PTC (coeficiente positivo de temperatura), la otra mide la temperatura del aire y es del tipo NTC. El circuito del sensor mantiene la temperatura del elemento PTC constante. La intensidad de corriente necesaria para esto depende del flujo de aire que fluya por el sistema de admisión. La unidad de control mide el voltaje de retorno del sensor y así determina el valor del flujo de masa del aire.

El simulador web permite ver el cambio de voltaje dependiendo del flujo de aire que podemos ajustar. La **Figura 6-17** muestra el sensor de aire, la barra de regulación del flujo de aire y la conexión a la unidad de control.

Figura 6-17: Simulador de Electude, funcionamiento del sensor MAF, la perilla permite variar el flujo del aire en el conducto

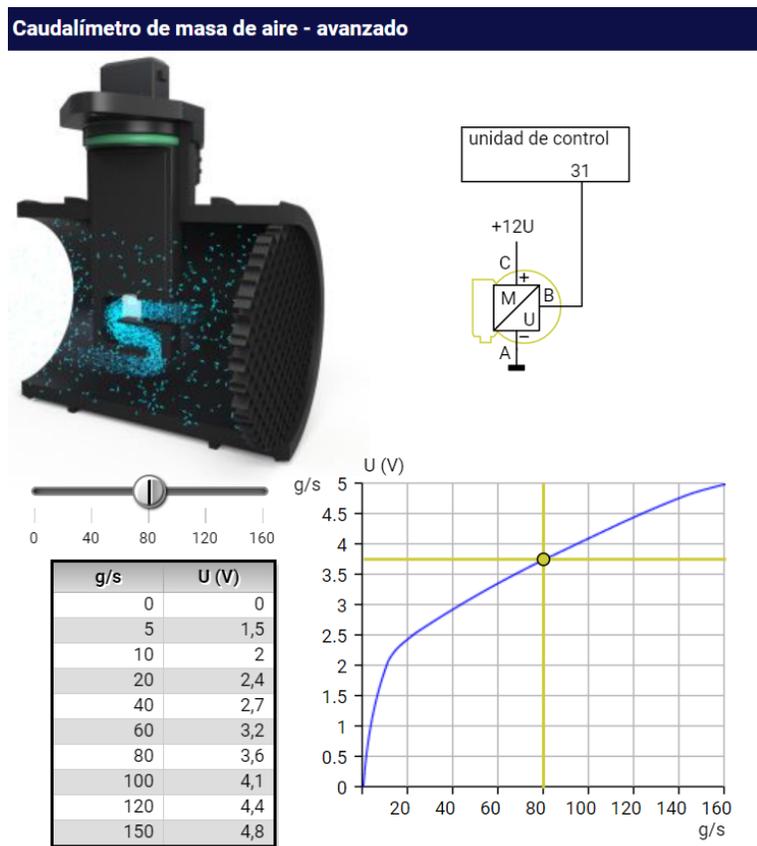
Caudalímetro de masa de aire - avanzado



© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-04-02

Variando la velocidad del aire, el simulador web permite crear una gráfica entre la masa de aire de la admisión y el voltaje medido por el sensor. Esto es representado en la **Figura 6-18**

Figura 6-18: Comparativa flujo másico del aire con respecto al voltaje de señal del sensor



© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-04-02

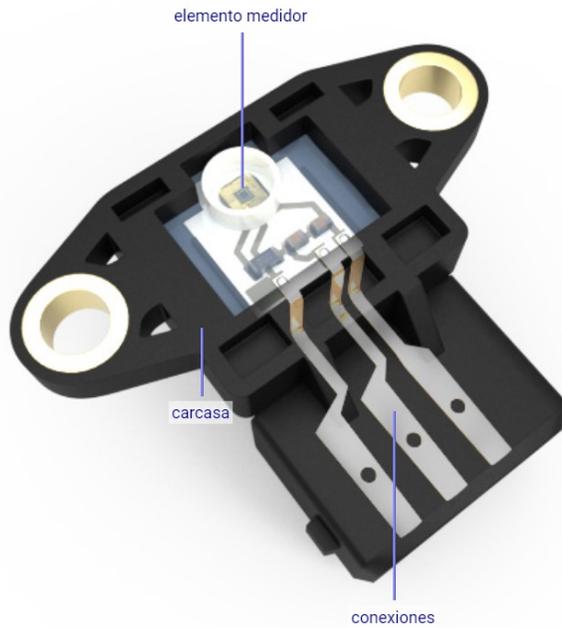
6.4.3. Presión del aire

El tercer elemento que mide la unidad de control es la presión del aire. El sensor por lo general se monta en el múltiple de admisión, ya sea de forma directa o por medio de una extensión. El sensor MAP (de presión absoluta). Por medio de unas resistencias sensibles a los cambios de presión sobre una membrana, reciben la señal y es amplificada por un circuito interno, el voltaje de estos cambios de presión es recibida por la unidad de control y así determina la presión del múltiple de admisión.

El simulador web muestra los elementos del sensor como se ve en la **Figura 7-19**, toda la carcasa es de plástico, protegiendo el elemento medido de daños y anomalías externas que afecten la medición, su única parte visible son las conexiones.

Figura 6-19: Sensor MAP, componentes principales del sensor

Sensor MAP - avanzado



© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-04-02

La prueba de funcionamiento en el simulador permite realizar variaciones en la presión del aire del múltiple de admisión, cuenta con un manómetro y un conducto flexible para representar el cambio de presión al interior del conducto. Todo esto es posible verlo en la **Figura 6-20**, el multímetro puede leer el cambio de voltaje que se presenta cuando se genera una variación a la presión y permite ver una proporcionalidad al realizar los cambios con la perilla que posee la simulación web.

Figura 6-20: Simulador de Electude, sensor MAP conexión del multímetro para su diagnóstico, la perilla permite variar la presión

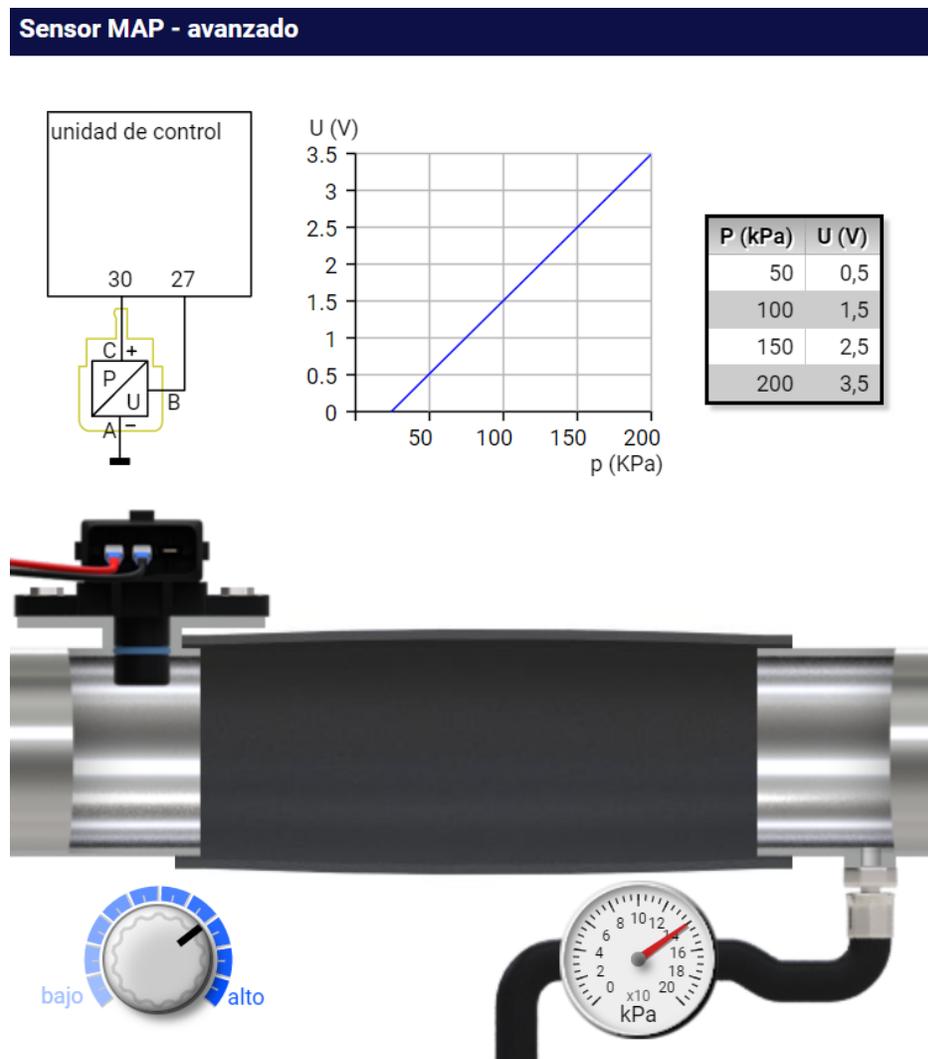
Sensor MAP - avanzado



© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-04-02

Aclarando, dependiendo de la configuración del motor (con turbo o sin turbo), la presión del sensor MAP puede variar entre 50 y 300 kPa. También que el voltaje de señal del sensor permanece entre 0 y 5 V, así identifica el valor de presión la Unidad de Control. Esto es representado en la **Figura 6-21**

Figura 6-21: Información del comportamiento del sensor MAP con respecto a la presión que es sometida



© Electude Beheer B.V. - última modificación:2020-04-02

6.5. Simulación mapas de motor

Todo el desarrollo y simulaciones vistas en este capítulo permiten la comprensión del funcionamiento de los sensores que utiliza los motores Diesel y diagnosticarlos correctamente. Ahora todos los datos enviados por los sensores a la Unidad de Control son tomados en cuenta para determinar el mapa de motor que se debe utilizar, para sintetizarlo, los mapas de control son las tablas de consulta que posee la memoria ROM, así la Unidad

de Control compara los datos recibidos por los sensores para seleccionar la tabla correcta y enviar la cantidad de combustible necesaria a la cámara de combustión.

El simulador Web utiliza una tabla como ejemplo para el mapa de motor, mostrada en la **Figura 6-22** representa una tabla de consulta que tiene la Unidad de control, el desplazamiento en el eje X, representa el ángulo de apertura de la válvula de mariposa y el eje Y son las revoluciones por minuto que tiene el motor en el momento. La intercepción de los ejes indica la cantidad de combustible que debe ser inyectada a la cámara en mg en este caso, si nos situamos a 3500 RPM con una apertura de mariposa de 45°, el mapa de motor indicará que debemos inyectar 28.63 mg de combustible.

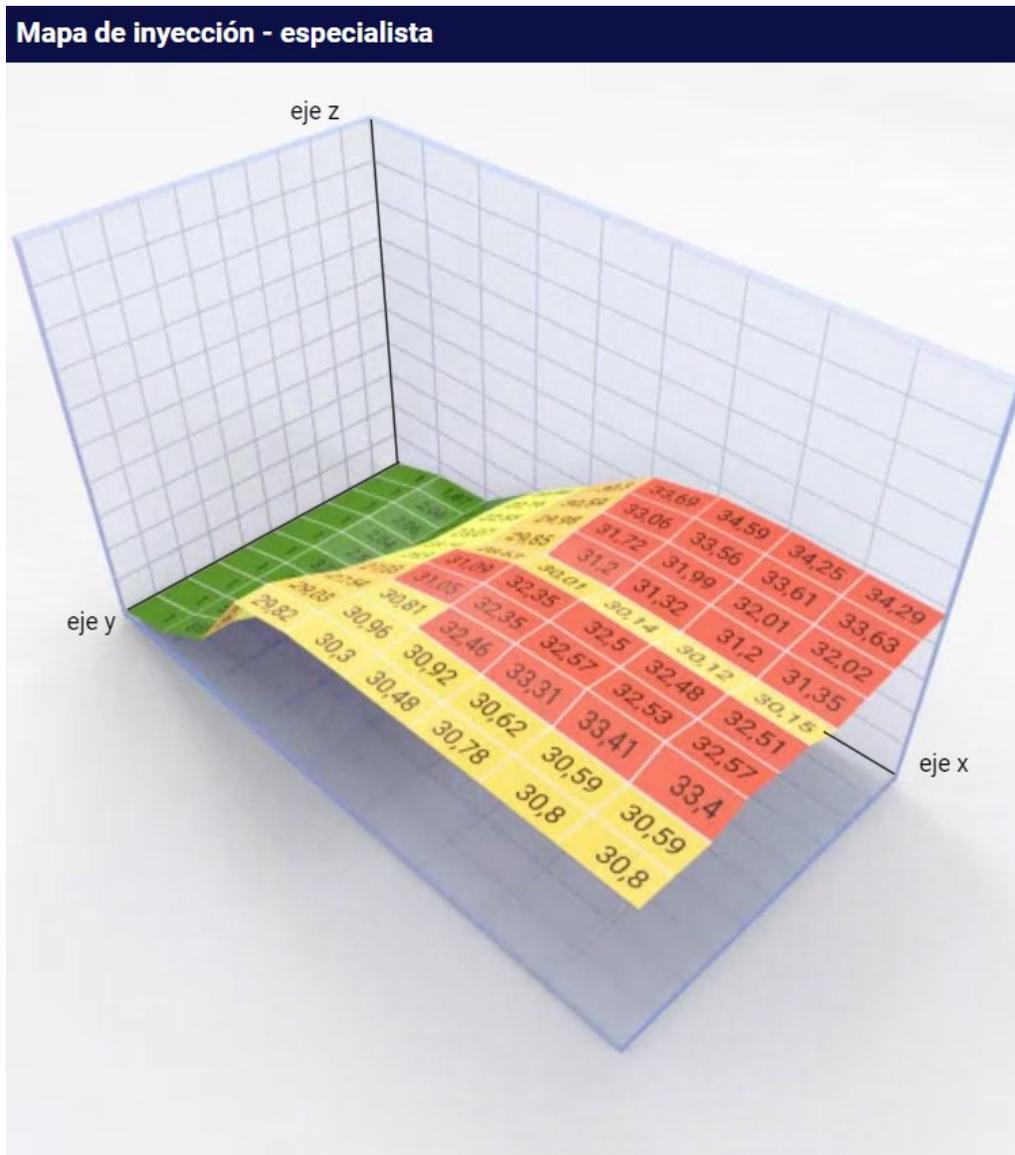
Figura 6-22: Mapa de inyección, las barras de los ejes X y Y permiten una mejor ubicación para la selección de la casilla deseada

Mapa de inyección - especialista



Hay una segunda forma de ver la información y es en un mapa tridimensional, aunque la información de las tablas sea la misma, tiene una forma gráfica para una mejor interpretación y lectura. Como en la **Figura 6-23** representa la misma información de la anterior figura, solo que de esta forma facilita la detección de desviaciones significativas.

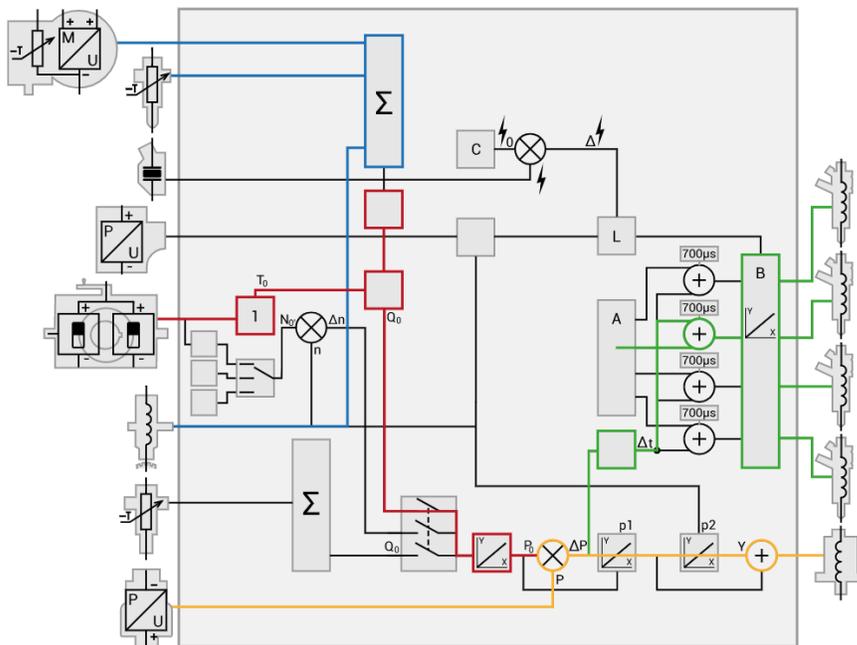
Figura 6-23: Mismo mapa de inyección de la figura anterior solo que con vista tridimensional



6.6. Simulación del control de inyección

El control de la inyección en los motores Diesel es bastante complejo, todo lo visto en este capítulo es utilizado en el sistema de inyección para el control correcto de su funcionamiento. La **Figura 6-24** muestra el esquema de control de inyección con los elementos lógicos que posee, esto lo hace complejo para su análisis.

Figura 6-24: Simulador Electude, Esquema sistema de inyección modelo complejo



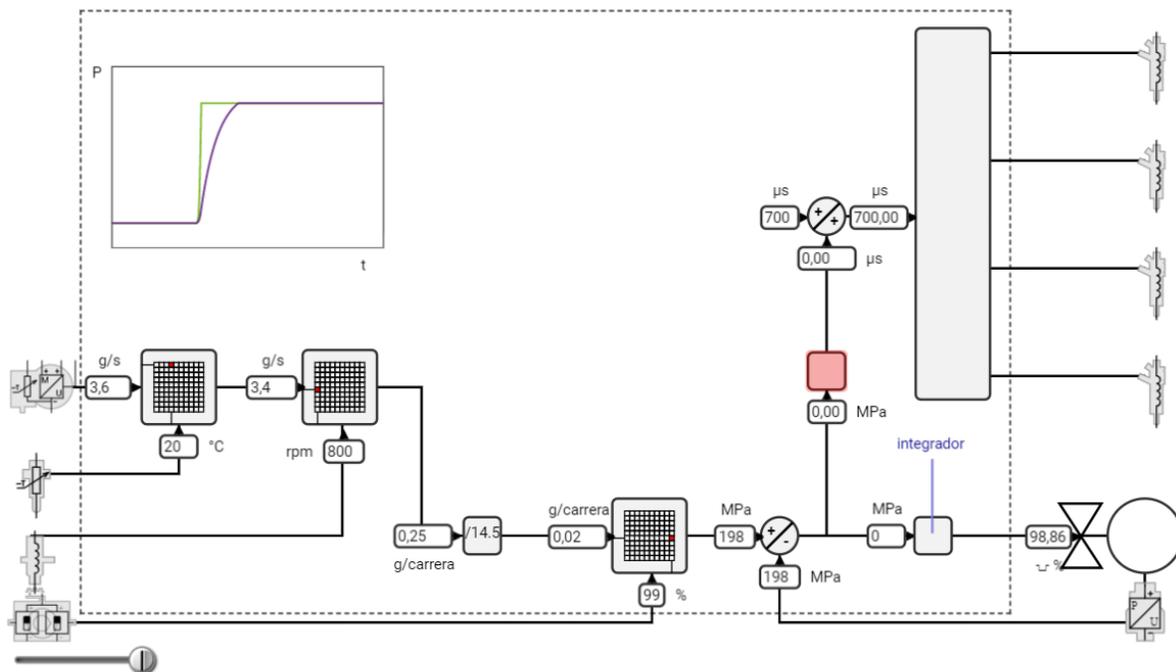
Para poder diferenciar los diferentes elementos, unas líneas del sistema tienen colores diferentes para la identificación y simplificarlo.

- El trazado azul representa los sensores que utiliza la unidad de control para determinar la masa del aire, en la forma simplificada, utiliza el sensor de flujo del aire, el sensor de temperatura del aire y el sensor de posición del cigüeñal.
- Para la sección roja, utiliza el sensor de posición del acelerador, varios módulos que toman la información de salida del módulo de masa de aire y utiliza una tabla de consulta para poder determinar la presión del riel común deseada.

- El sensor de presión del riel común y el regulador de presión de la bomba de alta presión de combustible son la sección amarilla, así compara la presión real con la presión deseada.
- La sección de color verde representa el esquema de los inyectores, simplificando la entrada de tiempo a los 4 actuadores por un solo canal, ya que todos reciben el mismo tiempo.

Al comprender las secciones que fueron simplificadas, el simulador web genera un nuevo esquema para una mejor comprensión, este esquema podemos verlo en la **Figura 6-25** y este es el que se usa para la simulación. La simplicidad hace que se mejore la comprensión del sistema, ya que al final el objetivo es comprender cómo es la entrada y salida de datos, el procesamiento de datos varía con respecto al fabricante, así que la lógica detrás de cada caja negra del esquema principal no es posible conocerla a fondo.

Figura 6-25: Esquema simplificado del sistema de inyección



La primera parte del esquema simplificado representado en la **Figura 6-26** muestra dos tablas de consulta en rojo, estas toman los datos del flujo de aire y los rpm del motor, así el resultado es el valor de masa de aire aspirado por carrera, el sistema calcula con la regla

estequiométrica de la mezcla del Diesel que es 14.5 a 1, esto es mostrado en la **Figura 6-27**.

Figura 6-26: Tabla de consulta, izquierda indica flujo y temperatura del aire, derecha masa del aire y revoluciones de motor

Control diésel - especialista

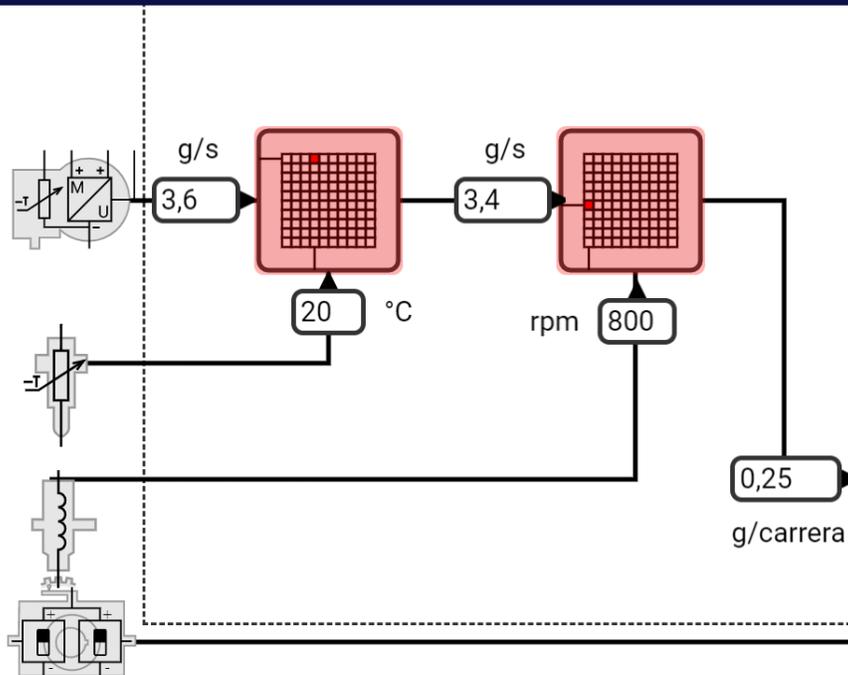
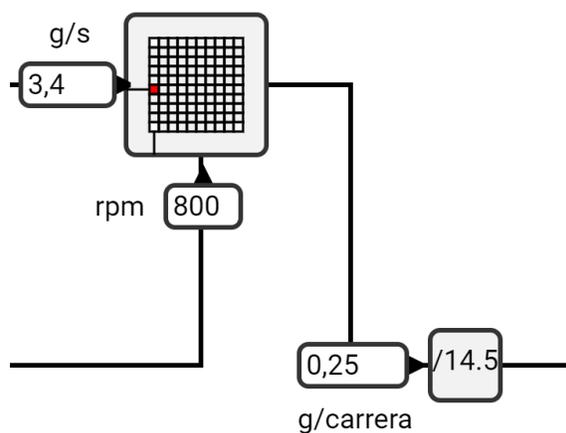


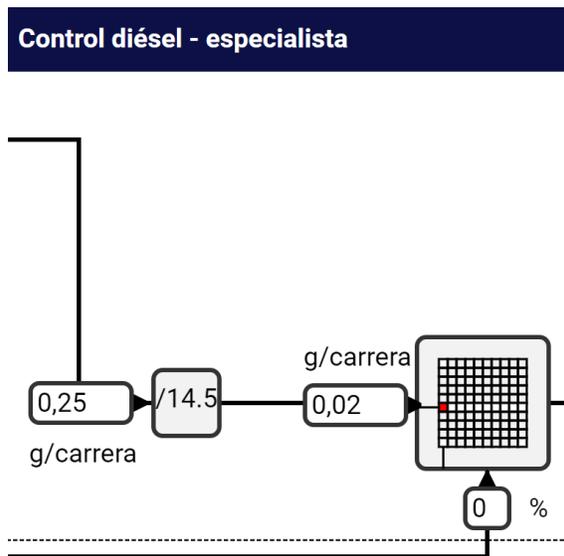
Figura 6-27: Ajuste mezcla estequiométrica del sistema

Control diésel - especialista



La tercera tabla de consulta mostrada en la **Figura 6-28** identifica la cantidad de combustible que debe haber por carrera en el motor junto con el porcentaje de apertura del acelerador. El valor dado por la tabla de consulta es la presión que debe tener el riel común de combustible para que, en el momento de la apertura del inyector, entregue la cantidad de combustible solicitada.

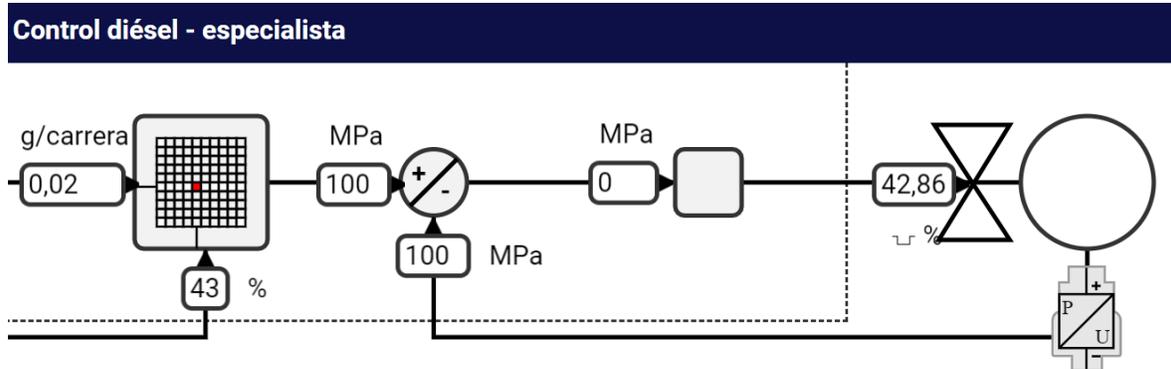
Figura 6-28: Tabla de consulta, cantidad de combustible contra porcentaje de apertura del acelerador



Esta parte aumenta su complejidad al adicionar un sistema retroalimentado en donde el sensor de presión del riel y el actuador de regulación de presión juegan el papel más importante, porque al tener el valor de presión deseado del riel, se debe ajustar para que el real también tenga el mismo valor. El sistema lee el valor deseado, también el real, la diferencia de valores es enviada al regulador de presión para realizar el ajuste hasta que ambas presiones (real y deseado) sean iguales.

La **Figura 6-29** representa la presión real y deseada con respecto al tiempo, se puede apreciar que, al generar un cambio al acelerador, la presión deseada cambia instantáneamente, pero no es posible que el real cambie tan rápido por las revoluciones que tiene el motor, esto hace que tenga una curva más prolongada, pero llegando siempre a la presión deseada.

Figura 6-29: Sistema de retroalimentación del regulador de presión de combustible, el cuadro es un integrador que indica el valor de trabajo del actuador

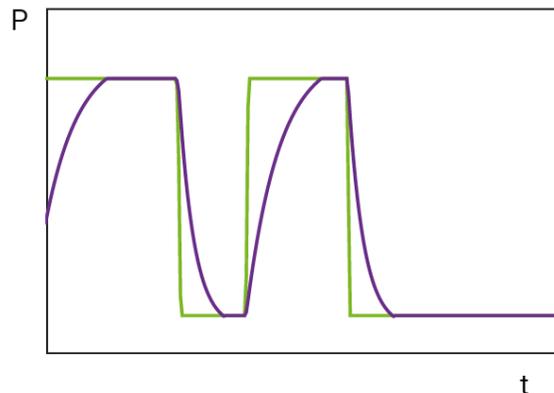


Hay otros valores que también se aprecian en la simulación web, el % de trabajo realizado por el regulador, con la simulación se puede ver el rango de presión general de los motores con sistema de riel común, la gráfica mostrada en la **Figura 6-30** representa la relación del % de apertura del acelerador con respecto a la presión deseada del riel. También hay que comprender que al generar los cambios de presión la inyección debe cambiar el tiempo de apertura para igualmente entregar la cantidad de combustible deseado mientras se estabilice la presión.

Así que, si la presión real es muy baja a la deseada, el tiempo de inyección aumenta. El tiempo de inyección base es incrementado con el tiempo deseado; esto compensa la presión baja momentánea del riel, así la Unidad de Control se asegura de que el sistema envíe siempre la cantidad de combustible ideal. La diferencia de presión es enviada a la sección que da el tiempo de inyección, este valor es para el ajuste del tiempo del inyector.

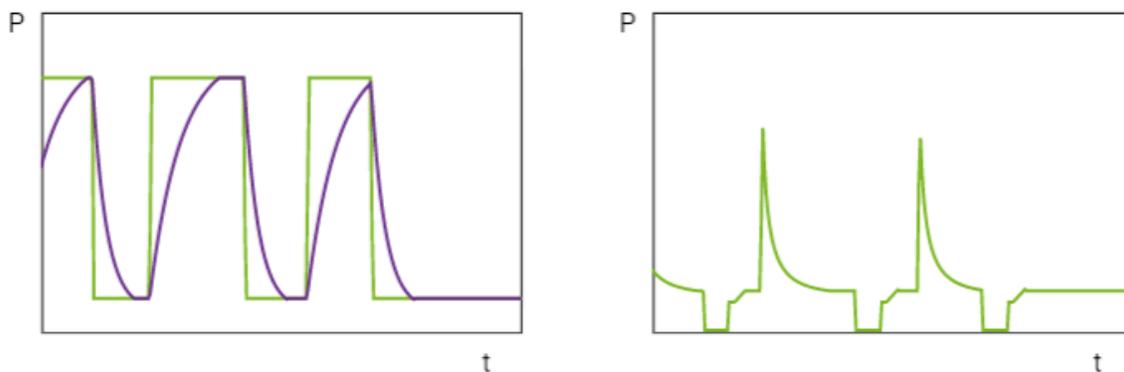
Figura 6-30: Presión vs Tiempo, línea verde, presión deseada en el momento de acelerar y desacelerar a fondo, línea morada presión real del sistema

Control diésel - especialista



La **Figura 6-31** da la información de las presiones previamente vista, pero anexando la gráfica del tiempo de apertura del inyector a través del tiempo, con el simulador se acelera a fondo desde el reposo y se desacelera de inmediato varias veces, así podemos analizar el comportamiento tanto de la presión como el inyector.

Figura 6-31: Comparativa comportamiento de presiones imagen izquierda, comportamiento del tiempo de inyección a la derecha

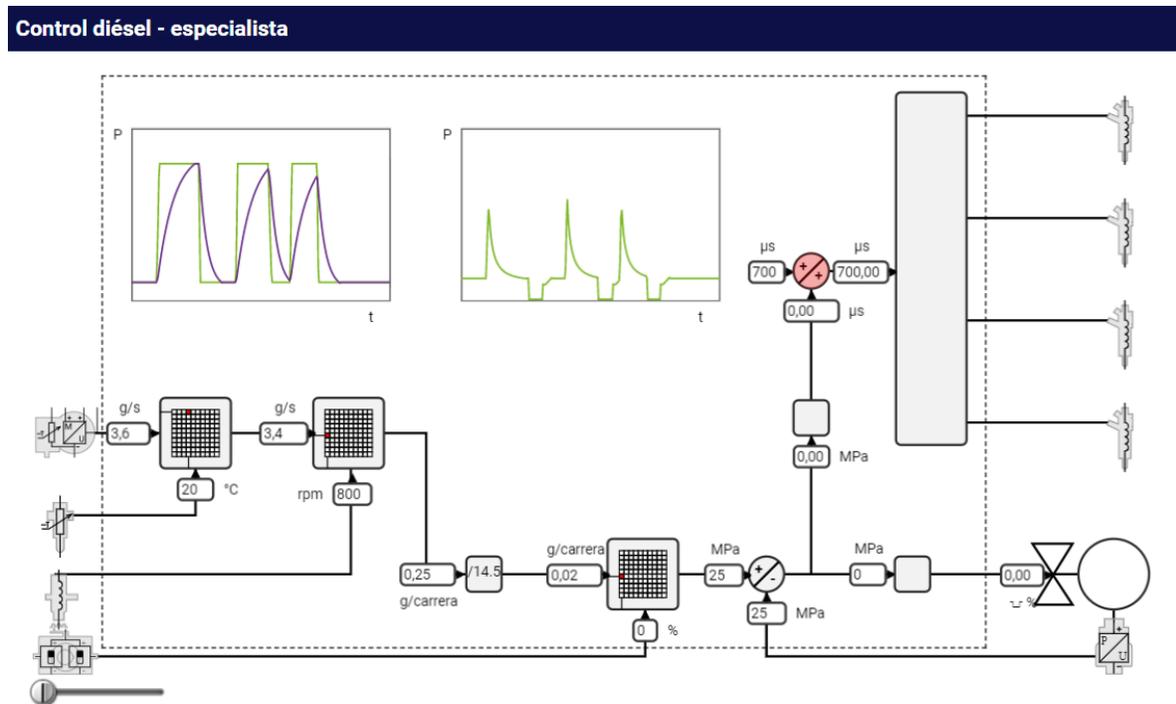


Varias cosas se pueden comprender al generar varias simulaciones al variar el acelerador del sistema:

- Al desacelerar repentinamente, se genera un corte a la inyección hasta que la presión se equilibre.
- Si ocurre lentamente, la presión del riel se puede liberar con la suficiente rapidez.
- Los ajustes ocurren muy rápido, ya que la computadora está constantemente leyendo los datos de entrada y cambiando los valores de salida en milisegundos, así que la comunicación siempre debe ser constante entre los sensores, actuadores y la unidad de control.
- Para poder comprender cómo funciona el sistema de regulación de combustible, requiere un conocimiento previo de todo lo visto en este documento, por esa razón se requirió varios capítulos para comprender en detalle las funciones principales.
- Debemos tener en cuenta que hay sistemas que no se han adicionado, ya que pueden variar entre marcas y modelos, aun así, este principio de funcionamiento enseñado por el simulador abarca lo esencial en todo sistema Diesel de inyección por riel común.

Ya explicando todo lo anterior, queda una mejor comprensión del sistema de inyección y es posible mostrarlo por completo así en la **Figura 6-32** donde vemos por completo el sistema simplificado y en detalle de cada una de sus secciones y cuadros de seguimiento.

Figura 6-32: Sistema simplificado de inyección de Electude, esta vista ya cuenta con los cuadros de seguimiento a las presiones de combustible y pulsos de inyección



Todas estas simulaciones realizadas ayudarán a comprender mejor el funcionamiento del motor Diesel y es un gran complemento para el Banco Motor BT50, ya que si es posible comprender el cómo trabajan las distintas piezas, en un simulador, podemos garantizar que, en el momento de una práctica real, los valores que vamos a tener serán muy similares y que se realizará el proceso correcto para su diagnóstico.

6.7. Comparativa real y simulación

El desarrollo de este capítulo ayuda a comprender mejor el funcionamiento de los sistemas de los motores Diesel, las simulaciones realizadas tienen bastante similitud con los datos obtenidos en las mediciones reales, aunque las condiciones de medición, estado de los elementos tanto de los sensores, actuadores y elementos que se utilizan para realizar su diagnóstico pueden afectar su resultado con respecto a lo visto en la simulación.

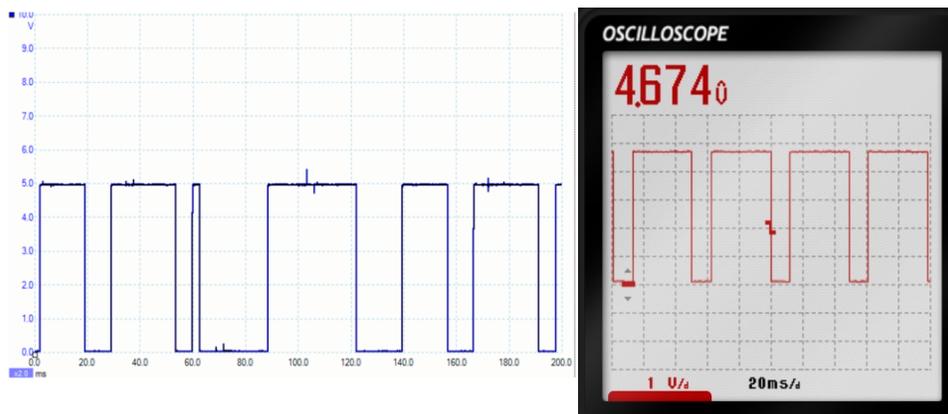
En la **Tabla 6-1** se mencionarán las diferencias que se obtuvieron en los datos tomados en el Banco Motor Mazda Bt50 y los datos obtenidos en la simulación Diesel de Electude:

Tabla 6-1 Comparativas de simulación contra lo real

Simulación	Realidad
La Curva de medición del sensor del flujo de aire mantiene un movimiento constante sin saltos de voltaje inesperados	Al realizar las mediciones variando la posición del acelerador, la precisión no es precisa, aunque la gráfica final es similar la curva no es perfecta como en el simulador.
Los voltajes de presión del sensor MAP dibujan una línea recta y el simulador asume que no se encuentran turbulencias en el aire	Cuando se realiza la medición, los valores cambian constantemente, la presión aumenta inmediatamente al tocar el acelerador, esto hace que las lecturas se comporten inusuales y tengan bastantes saltos en el seguimiento de la lectura, esto se debe a las turbulencias que genera el aire y cambia la presión repentinamente
Gracias al simulador, el pedal de aceleración maneja porcentajes muy precisos a su posición, así que los análisis de los sensores que dependen del sensor APP arrojan resultados precisos y correctos	Al no tener una referencia exacta de la posición correcta del pedal, varios datos tomados son suposiciones cercanas a las reales, aunque el margen de error se redujo al poder utilizar el escáner Gscan 2 de la Universidad

Algo adicional es la comparativa con la **Figura 5-9** y **6-11** que representan el sensor del árbol de levas, siempre en la versión real tendremos saltos o imperfecciones en la lectura, mientras en la simulación la onda cuadrada ocurre de forma perfecta, **Figura 6-33**.

Figura 6-33: Comparación de las señales del sensor CMP real y simulado

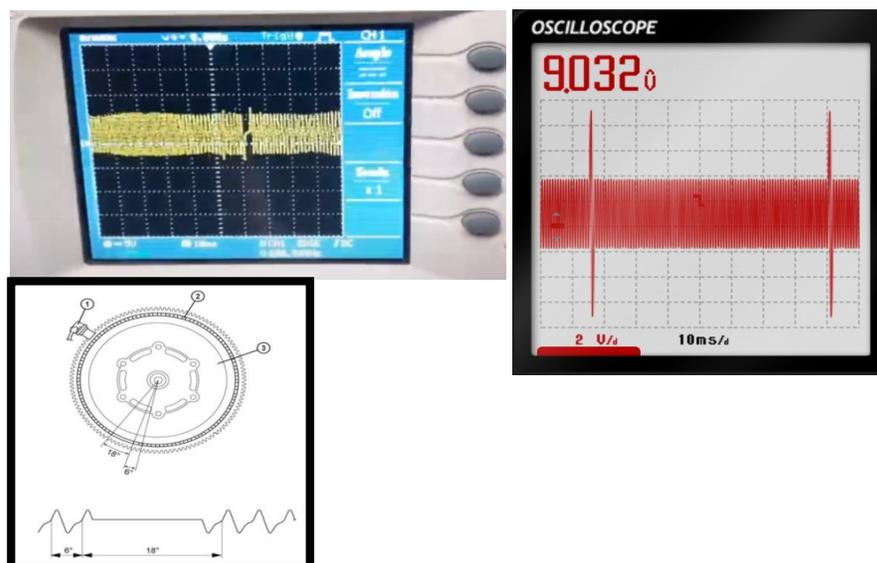


Esta comparación muestra que en la medición real, las vibraciones del motor, mala conexión de la sonda de medición y la no estabilidad del motor afectaron la medición, esto no ocurre en Electude, ya que todo ocurre en condiciones ideales de trabajo.

Comparando la **figura 6-18** con la **Figura 5-10** podemos ver un ejemplo de los errores que se cometen al generar la simulación con los datos tomados reales, algunos valores pueden cambiar por temas de condiciones de trabajo.

La **Figura 6-34** muestra la información tomada para el sensor CKP, cabe aclarar que para este sensor, hay otros factores que afectan la medición, como son el tipo de sensor, el embobinado de este y el tamaño del volante del motor.

Figura 6-34: Comparación sensor CKP, imagen del volante del motor Mazda BT50



Como conclusión, los análisis realizados por medio de la plataforma de Electude, ayudaron a comprender en profundidad el comportamiento de los sensores relacionados con el motor Diesel, y este fue de gran ayuda para analizar parte de los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica, las diferencias al momento de tomar los datos, la calibración de los equipos de medición y las condiciones en las que se realice la toma de datos, harán que estos valores cambien con respecto a los del simulador, aun así podremos ver que siempre tendremos valores cercanos a los simulados.

Capítulo 7

7.Desarrollo de las guías de trabajo

El desarrollo practico para los estudiantes se ve reflejado en las guías de trabajo, el enfoque de cada guía va con el fin de enfocarse desde las pautas indispensables para poder poner en marcha el motor y controlar sus parámetros de trabajo hasta el diagnostico de los componentes electrónicos y comprender cómo es su funcionamiento.

7.1. Guía 1: Operación puesta en funcionamiento y observación de indicadores

La primera de las tres guías que podrán realizar los estudiantes es enfocada para la familiarización de la persona con el Banco Motor (anexo A), desde personas que no posean conocimientos previos de mecánica, hasta aficionados en el área que requieran un repaso por los distintos elementos esenciales del Motor.

La primera parte consiste en la inspección visual del banco, sus elementos principales e identificación de estos:

- Identificación de las 3 secciones de un motor.
- Inspeccionar de forma visual de los elementos del sistema de admisión, combustible y escape
- Reconocer los indicadores del tablero y cómo funcionan.
- Comprender los pasos esenciales para antes de encender un motor no importa las condiciones.
- Realizar la conexión del extractor de gases, como prevención ambiental.
- Observar el comportamiento del motor Diesel BT50 en el momento del primer encendido y durante un tiempo en funcionamiento.

Si los estudiantes pueden realizar los siguientes pasos correctamente, tendrán la capacidad para realizar un correcto procedimiento de encendido para cualquier motor de combustión interna, ya que son reglas generales que se siguen en la actualidad.

Para finalizar la guía, un cuestionario es presentado con el fin de que se realice una retroalimentación de los conocimientos aprendidos y del principio básico del funcionamiento del Banco Motor.

7.1.1. Conclusión de la guía 1

Toda persona que esté relacionada con el tema de mecánica automotriz, al terminar esta guía podrá comprender los pasos esenciales que debe tener en cuenta para el encendido y cuidado previo de los motores de combustión interna. Aunque es la más fácil en dificultad técnica, es de las más importantes y no se debe subestimar.

7.2. Guía 2: Práctica de sistemas eléctricos. Diagnostico por medio de multímetro y Osciloscopio

Esta segunda guía se enfoca más al diagnóstico de los elementos electrónicos (anexo B). Es difícil hablar de mecánica en la actualidad sin tocar la electrónica, ya que muchos elementos mecánicos que utilizábamos para realizar la sincronización del encendido, el tiempo correcto para la acción de elementos indispensables para el funcionamiento del motor y exactamente con la regulación de gases de escape se han mejorado por medio de los sensores y actuadores.

Para el desarrollo de la guía se utilizarán dos herramientas, el multímetro y el osciloscopio, principalmente para medir los voltajes que llegan a la computadora. El estudiante deberá interpretar lo que verá en la pantalla de estas herramientas y realizará un diagnóstico de funcionamiento. Identificará los distintos tipos de sensores que se pueden encontrar en un vehículo como, por ejemplo:

- Termistores: Sensores de temperatura del refrigerante y aceite; también el sensor de masa del aire.
- Transductor: como el del pedal del acelerador.
- Inductivos: el principal es el CKP.
- Efecto Hall: el sensor del árbol de levas.

Adicional al diagnóstico de los sensores, los estudiantes se les pedirá que inspeccionen el funcionamiento de los inyectores, identificando como son las pulsaciones y el comportamiento de estos actuadores en el osciloscopio con el fin de que puedan comprender por qué la electrónica es tan indispensable y que no se podría realizar las mismas acciones de forma mecánica.

Al final el cuestionario está enfocado para que puedan profundizar como funcionan los otros tipos de sensores existentes en un motor y la importancia de realizar un correcto diagnóstico de estos.

7.2.1. Conclusión guía 2

El estudiante al finalizar la guía comprenderá la importancia de realizar un correcto diagnóstico del funcionamiento de los elementos electrónicos y como cada información que reciba la computadora afectará la inyección de combustible.

7.3. Guía 3: Diagnostico de Sensores

La última guía de este grupo se enfocará en el diagnostico ya no con herramientas simples, sino con una especializada para el área automotriz (anexo C), podrá ver cómo la Unidad de Control del vehículo interpreta las señales de voltaje que se observaron en la guía previa ya con valores fáciles de interpretar y realizar una comparación de los datos medidos con los datos reales de la ECM.

Por medio del Gscan 2 que posee la universidad Antonio Nariño, podrán ver valores que difícilmente son reconocidos con el multímetro o el osciloscopio. El estudiante deberá identificar valores de los sensores como:

- Temperatura del aire (°C).
- % real de apertura del acelerador
- Presión Barométrica (Kpa).
- Temperatura del refrigerante del motor (°C).
- Temperatura del combustible (°C).
- Temperatura del aire de admisión (°C).

- Flujo de masa del aire (g/seg).
- Voltaje de la batería (V).

Valores que es difícil identificarlos con solo su voltaje, podrán comprender mejor cual es el verdadero significado detrás de cada señal que es emitida a la computadora.

El cuestionario final ayudará al estudiante a que compare los datos que el pudo analizar con los voltajes que pudo medir anterior mente y realizar su propio diagnóstico de estos.

7.3.1. Conclusión guía 3

La interpretación de voltajes y señales emitidas por un sensor y actuador no cobran un significado hasta que es posible asociarlos con los fenómenos que ocurren alrededor del motor. El comportamiento del aire, el aumento de la temperatura es interpretados de una mejor forma por medio de la herramienta del escáner automotriz.

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

Se completó el mantenimiento, puesta en marcha y toma de análisis de datos de funcionamiento del Banco motor Diesel Mazda BT50, de una forma satisfactoria, también se realizó una adecuación de las instalaciones para permitir el uso del banco en condiciones aceptables de seguridad.

Se realizó el mantenimiento de los sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, de lubricación y refrigeración del Banco Motor Mazda BT50 de una forma correcta y satisfactoria en donde las pruebas de diagnóstico y desempeño del motor cumplieron con lo deseado.

Se realizaron 46 simulaciones con el sistema de Electude para el desarrollo de varios análisis del funcionamiento de los motores Diesel. Sin embargo, el consumo de combustible no fue posible analizarlo por las limitaciones del simulador.

La creación de las guías prácticas de laboratorio permite la ayuda a los estudiantes para comprender mejor el funcionamiento del Banco Motor BT50, tanto para aprender a manejarlo como comprender el funcionamiento y diagnóstico de sensores y actuadores que intervienen en este.

Complementar todo lo realizado con un manual de servicio para realizar los mantenimientos preventivos necesarios y el modo correcto de funcionamiento del Banco Motor BT50

Cada vez que los estudiantes o personal de la Universidad deseen realizar prácticas en el Banco, tendrán acceso a una hoja de vida de uso del Banco Motor para un mejor control y seguimiento de este.

8.2. Recomendaciones

El Banco Motor BT50 es la base para futuros proyectos, como investigaciones para combustibles alternativos, así mejorando la calidad del aire utilizando Diesel menos contaminante; también es posible seguir con el desarrollo del banco para la instalación de un dinamómetro y realizar pruebas de esfuerzos y torque si es necesario, o para la electrónica, seguir con el estudio de los sistemas de retroalimentación con sensores y actuadores. También es posible realizar el cierre a la investigación de los diagnósticos posibles en el Banco Motor Mazda BT50, poder analizar más datos experimentales y de simulación, para tener mayor información que la enseñada en este documento.

Bibliografía

Cárdenas, A. (20 de Febrero de 2019). *De los 21.693 carros de carga de Bogotá, 11.504 usan diésel*. Obtenido de El tiempo : <https://www.eltiempo.com/bogota/cuantos-carros-en-bogota-usan-combustible-diesel-329268>

Concesionario Volkswagen Madrid. (17 de Septiembre de 2018). *Grupo F. Tomé*. Obtenido de <https://ftome.com/datos-que-deberias-saber-de-la-comparativa-diesel-vs-gasolina/>

Ecopetrol. (2020). *Ecopetrol*. Obtenido de Diesel Corriente B2/B4: <https://aescolombia.com.co/Descargables/FichasTecnicas/Ecopetrol-Diesel-corriente-B2-B4-VSM-01.pdf>

HERNANDEZ RUEDA, A., & PORTILLO ORTEGA, C. L. (2011). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR*. Bucaramanga: UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.

Muhamad Gonzalez, M. S. (2015). *RESOLUCIÓN No. 00123*. Bogotá: LA SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE.

Núñez Isaza, M. L., & Prada Villamizar, L. P. (2007). *DESEMPEÑO DE BIOCOMBUSTIBLES EN MOTORES DIESEL*. *Revista Energética Número 38*.

Pérez Pozo, L. E., & Realpe Campuzano, M. A. (2013). *MÓDULO DIDÁCTICO DE LA UNIDAD DE CONTROL DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi*. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

Redacción Bogotá . (20 de Febrero de 2019). *cuantos carros en bogota usan combustible diesel*. Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/bogota/cuantos-carros-en-bogota-usan-combustible-diesel-329268>

TRILLOS, J. A. (s.f.). *CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL DIESEL*. Bogotá, Instituto Colombiano del Petróleo, ECOPETROL S.A. Obtenido de fedebiocombustibles.com.

W. Pulkrabek , W. (2004). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*.
Platteville: Prentice Hall.

A. Anexo A: Guía 1: Operación, puesta en funcionamiento y observación de indicadores

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

PRÁCTICA No. 1 de MECÁNICA DEL MOTOR: Operación, puesta en funcionamiento y observación de indicadores.

PROGRAMA	Ingeniería Mecánica
ASIGNATURA	Mecánica del Motor
NOMBRE DEL PROFESOR	Nicolas Giraldo
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	
FECHA	

INTRODUCCIÓN

El día a día de cada persona está relacionada directa o indirectamente con el transporte en vehículos, si los utilizamos el transporte público seguramente este use un motor diésel, estos han evolucionado a través del tiempo para ser más eficientes, reduciendo consumos y con nuevas normativas disminuir sus emisiones, al ser aun dependientes de estos motores de combustibles no renovables tenemos que seguir aprendiendo para poderlos mejorar cada día.

Los motores Diesel clasifican en motores térmicos en los cuales se produce una combustión del fluido del motor, transformando su energía química en energía térmica, a partir de la cual se obtiene energía mecánica. El fluido en el motor antes de iniciar la combustión es una mezcla de un comburente (como el aire) y un combustible, en nuestro caso el diésel, también hay los impulsados por gas natural, gasolina y biocombustibles.

Claro está que para el funcionamiento de un motor se requieren la relación de varios sistemas que al trabajar en conjunto hará que pueda funcionar, el sistema de admisión de aire, de combustible, encendido, refrigeración y arranque son los grupos más importantes, estos están todos conectados a un sistema electrónico de control y que se abarcarán en las distintas clases que se verán en la Antonio Nariño.

Cada sistema juega un papel importante en el trabajo del motor, si alguno presenta una falla puede generar problemas de funcionamiento óptimo.

La realización de la práctica No.1 de Mecánica del motor: "Operación, puesta en funcionamiento y observación de indicadores." requiere el estudio y aplicación de los

conocimientos básicos de funcionamiento de motores de combustión interna, también de electricidad básica. Esta práctica está orientada a la identificación de piezas básicas de funcionamiento del motor (bujías de precalentamiento, inyectores, bloque, carter, sensores, entre otros), revisar niveles de fluidos del motor (aceite, refrigerante y combustible) y preparación del motor para ponerlo en marcha. Todo lo anterior será aplicado sobre un banco de pruebas de un motor Mazda BT50 2.5 Turbo Diesel.

OBJETIVO

1. Identificar las tres áreas importantes del motor (bloque, culata, cárter) con sus elementos representativos.
2. Identificar los sensores más importantes para el funcionamiento del motor y carga de batería.
3. Verificar el estado de los indicadores del tablero de funcionamiento.
4. Inspeccionar niveles de aceite, refrigerante del motor y combustible.
5. Verificar presión de combustible inicial.
6. Preparar el motor de prueba para su puesta en marcha.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Durante el proceso de inspección del motor, el estudiante contará con un formato de chequeo para que tenga un seguimiento constante de las acciones realizadas durante esta práctica.

El motor tiene tres zonas o divisiones importantes, que son la culata, bloque y carter, para identificarlas, el estudiante los puede identificar en orden descendente desde la parte superior la culata, seguido del bloque del motor y en la parte inferior el carter.

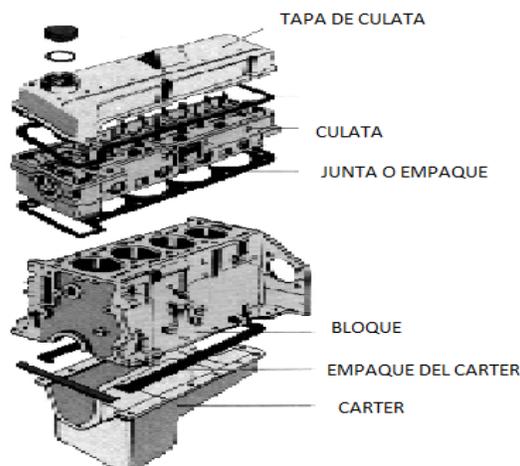


Imagen 1. Áreas principales de un motor y fotografía del motor Mazda BT50.

Ya identificando las áreas del motor, el estudiante debe inspeccionar las uniones en busca de fugas de aceite (debidas al desgaste de los empaques o sellos), aunque no indican un riesgo crítico de funcionamiento esto hace que el nivel de aceite descienda gradualmente, el estudiante indicará si este se encuentra húmedo o seco.



Imagen 2. Fotografía frontal del Banco Motor BT50.

Este diagnóstico se debe realizar en todas las zonas en donde puede moverse los diferentes fluidos que se encuentran en el motor. Mangueras de refrigeración y tubería de combustible incluidas.



Imagen 3. Fotografía del conducto de combustible, también se aprecia el filtro de combustible y la válvula de purga.

Mientras se realiza la inspección de fugas, se puede aprovechar la identificación de los sensores y actuadores principales (CKPS, Inyectores, MAFS, Sensor de temperatura aceite y refrigerante, entre otros).

A continuación, el estudiante procederá a revisar el nivel de aceite del motor, el aceite por medio de la bayoneta ubicada a un costado, cerca de la caja del filtro del aire.



Imagen 4. Bayoneta de medición de aceite de motor.

El estudiante debe extraer la bayoneta, limpiarla, ubicarla nuevamente en su lugar y extraerla para poder leer el valor correcto del nivel de aceite, este debe estar entre el mínimo (MIN) y máximo (MAX) que tiene indicados el medidor, el estado del nivel debe estar indicado en la lista de chequeo.

A seguir se debe inspeccionar el nivel del sistema de refrigeración, este es fácilmente visible, por medio del tanque de expansión del refrigerante.



Imagen 5. Depósito de refrigerante del Banco.

Si se desea ver el nivel en el radiador, con el motor frío se retira la tapa superior que posee el radiador, verificar visualmente si este posee refrigerante en su interior, si no es posible observar indica que el nivel es bajo, el estudiante debe completarlo con líquido refrigerante si es necesario.

El tablero de indicadores cuenta con los más importantes a la hora de realizar un seguimiento en marcha de un motor y análisis de datos para un estudio posterior. El practicante identificará valores como voltaje de batería, nivel de combustible, temperatura del refrigerante, temperatura del aceite, revoluciones del motor, vacío de admisión, odómetro, entre otros.

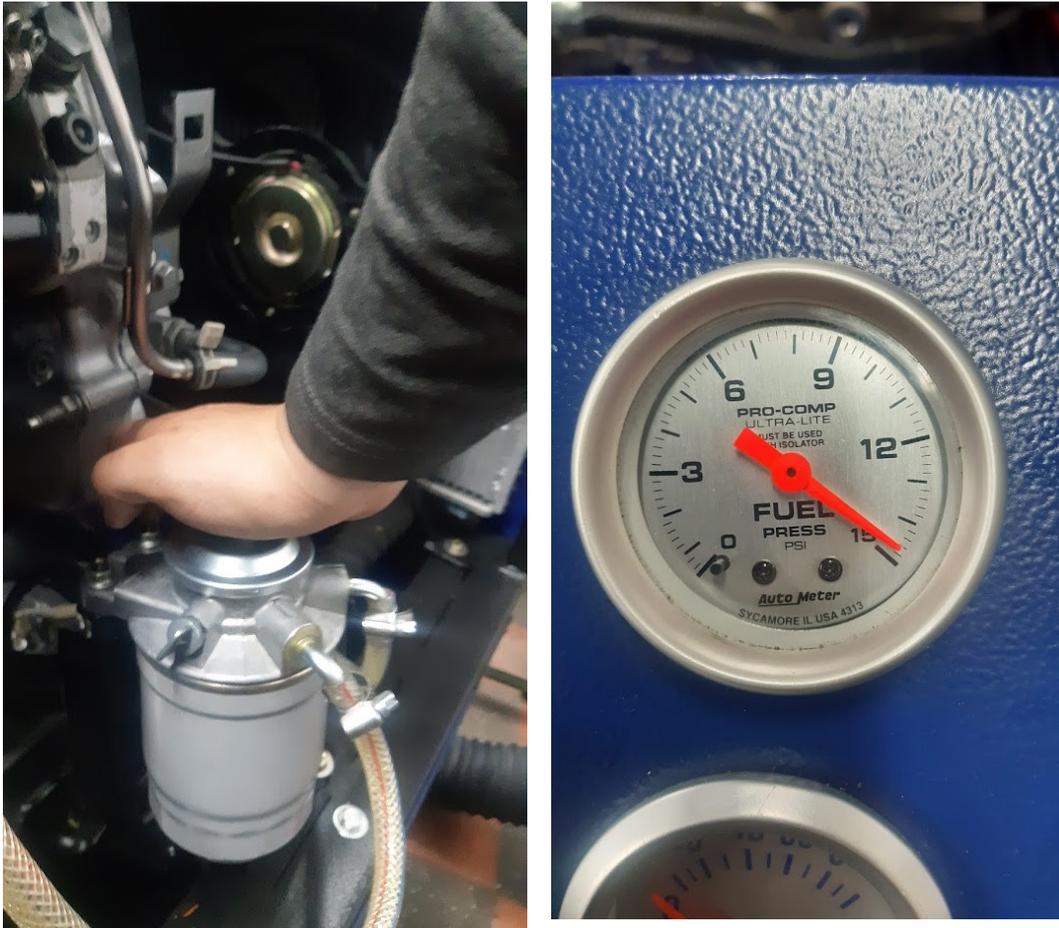


Imagen 6. Modo de acción de la válvula de purga y medidor de presión de combustible.

El sistema de alimentación de combustible debe tener una presión inicial y purga previa, para garantizar de que la bomba de presión baja no trabaje en vacío o con burbujas de aire, que puedan afectar en el encendido del motor. Este se realiza bombeando la válvula de purga ubicado en el lateral del banco, en la parte superior de la trampa de combustible, al realizar el bombeo, se debe verificar que la presión de combustible en el indicador del tablero debe subir a máxima presión registrada, para verificar que no se encuentren burbujas de aire en el sistema, al lado de la válvula de bombeo se encuentra un pequeño tapón, este al liberarlo un poco mostrará un alivio de presión, se vuelve a cerrar así se comprobará su purga.

Antes de la puesta en marcha se debe realizar la conexión del extractor al tubo de escape, desmontando la manguera del extractor y ubicado la boquilla a la salida del escape, esta

cuenta con una pinza que le permite un ajuste correcto y que no se mueva por el movimiento generado por el motor, al verificar todos lo anterior, se procede a encender el motor.

Nota:

- No se debe acelerar en el momento de oprimir el botón del encendido.
- Esperar a que el motor estabilice el ralentí.
- Dar pequeñas aceleraciones no sostenidas.
- No superar los 1500 RPM hasta que el motor consiga una temperatura de 60°C en el refrigerante.

Mantener el motor encendido y verificar el funcionamiento de todos los relojes del tablero, esperar que la temperatura del refrigerante suba hasta los 60°C y ver que cosas han cambiado desde el encendido del motor.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales:

1. Manual del usuario del automotor (opcional)
2. Elementos de protección personal
3. Tapabocas
4. Guantes (opcional)

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Recomendaciones de seguridad en la manipulación de equipos y materiales.

1. Aplicar todas las recomendaciones planteadas para el uso y estadio en el taller de mecánica automotriz.
2. guantes de nitrilo o de protección, overol de trabajo, botas de seguridad para evitar que manchas de aceite puedan hacernos caer al estar cerca del motor de trabajo.

DATOS Y RESULTADOS

1. Registre con imágenes y describa las condiciones en las que encuentra el Banco motor y cómo se comportó en su primer encendido.
2. Llenar la lista de chequeo para dar un informe sobre el estado del motor.

CUESTIONARIO

1. Basados en el Motor BT50 del banco de pruebas, ¿Dónde se ubican los sensores que se encuentran directamente conectados al cuerpo del motor?
2. La unidad de control mide varias condiciones del aire para calcular la mezcla de combustible, ¿Cuántos sensores y donde se encuentran ubicados?
3. Indicar cuáles son los 3 líquidos importantes para el encendido del motor ¿Cómo verificarlos?
4. El tiempo de inyección es calculado por la Unidad de control, ¿Cuáles sensores y donde se encuentran ubicados?
5. ¿Qué diferencia a los sensores de los actuadores? Mencione mínimo 5 diferencias.

REFERENCIAS

1. TECNOLOGIA DE LA AUTOMOCION, Angel sanz Gonzales, Ediciones don Bosco.
2. Marshall Brain. (2013). How Car Engines Work. 25/11/2015, de how stuff works Sitio web: <http://auto.howstuffworks.com/engine.htm>

Partes principales del motor, de Daniel Rios Ramirez, sitio web:
<https://www.youtube.com/watch?v=b6oWKEKfadQ>

B. Anexo B: Guía 2: Práctica de sistemas eléctricos; diagnóstico por medio de multímetro y Osciloscopio

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

PRÁCTICA No. 2 Diagnostico de componentes electrónicos.

PROGRAMA	Ingeniería Mecánica
ASIGNATURA	Mecánica del Motor
NOMBRE DEL PROFESOR	Nicolas Giraldo
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	
FECHA	

INTRODUCCIÓN

Los desarrollos de la industria automotriz cada vez son mayores, todo con el objetivo de llevar vehículos que tengan menor impacto en nuestro medio ambiente, esto se ha hecho posible con la mejora en la calidad de los combustibles y diversidad de estos.

Esto no sería posible sin la asistencia de componentes electrónicos en los motores que permiten realizar micro ajustes en la combustión en tiempo real. Así también mejorando los consumos y eficiencias de los motores.

El conjunto de estos componentes electrónicos como sensores y actuadores mejoran cada día, se adaptan a las condiciones de uso, el entorno de manejo y condiciones externas. Todo para ser más fácil la conducción y su confiabilidad.

Cada sistema juega un papel importante en el trabajo del motor, si alguno presenta una falla puede generar problemas de funcionamiento óptimo.

La realización de la práctica No. 2 de Diagnostico de componentes electrónicos. Requiere el estudio y aplicación de los conocimientos básicos de funcionamiento de motores de combustión interna, también de electricidad básica. Esta práctica está orientada a la identificación de piezas electrónicas del motor (sensores y actuadores), realizar un diagnóstico de las mismas y comprender su funcionamiento.

OBJETIVO

1. Ubicar los sensores y actuadores principales del motor BT50
2. Conocer el tablero de pines e identificar los conectores principales
3. Verificar el funcionamiento de algunos de los sensores del motor.
4. Inspeccionar el estado de los actuadores.
5. Realizar pruebas con el multímetro y el osciloscopio para comprender el funcionamiento de los sensores.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Teniendo ya los conocimientos básicos para la revisión previa del encendido del motor, enseñada de la primera práctica, procedemos a identificar los siguientes sensores y sus pines respectivos en el tablero.

Cabe aclarar, que cada conector que aparece en el tablero de pines en el motor, representa cada salida en orden de los dos conectores de la computadora. Estos están identificados con un número y letra para diferenciarlos.



También encontramos que algunos tienen color rojo, blanco y negro:

- Pines blancos: Representan los pines que no tienen una conexión al motor, pueden ser cables que van a otros módulos del auto o sensores que no pertenecen al motor sino a otros sistemas.
- Pines Rojos: Son los que llevan voltaje positivo o negativo a sensores, actuadores, relevos o señales de datos, que están ubicados en el motor.
- Pines Negros: Son masas o 12V negativos directamente de la batería del motor BT50.



Los tres testigos de luz que aparecen en el tablero principal indican el estado del motor, el primero solo si el interruptor está encendido o no, el segundo nos indicará alertas del motor y el tercero nos muestra en qué momento las bujías de precalentamiento están funcionando.

- Para las siguientes pruebas debemos utilizar el multímetro en la escala de voltaje directo 20V. Se comenzará a verificar el funcionamiento de los sensores de **posición de pedal del acelerador**.

Este sensor cuenta con cuatro pines de la computadora, uno de alimentación, uno de masa y dos de señal de retorno (estos son los que debemos medir).

CABLES	PIN/COMPUTADORA	CARACTERISTICA
Café/blanco	13	alimentación
Rojo/azul	22	señal
Rosa/azul	12	señal
Café/negro	9	Masa

Con el interruptor del motor en ON, sin necesidad de encender el motor, ubicamos las puntas del multímetro en los pines 9 y 22, verificamos el voltaje marcado inicial, después se debe oprimir el pedal progresivamente hasta llegar al final del recorrido. Esto repetirlo para los pines 9 y 12, tomar registro de la información de voltaje marcado.

- El segundo Sensor para identificar será el de **presión del riel común (FRP)**, este se encuentra a un lado del riel común de combustible, cuenta con 3 pines de la computadora, para señal, voltaje y masa.

CABLES	PIN/COMPUTADORA	CARACTERISTICA
Naranja	91	Masa
Blanco	40	señal
Blanco/azul	9	alimentación

Realizando los pasos de la anterior practica para poder encender el motor, verificamos el valor de voltaje de los pines 91 y 40, tanto con el motor apagado como encendido, en esta prueba, debemos también ver los cambios de voltaje que se general al acelerar el motor y aumentar las revoluciones de este, realizar mediciones progresivas hasta llegar a un régimen de 2500 RPM. Registrar los datos tomados.

- Con ayuda del osciloscopio, podemos revisar el funcionamiento de los **inyectores de combustible**. Se pueden identificar ya que se encuentran en la parte superior de la culata.

CABLES		PIN/COMPUTADORA	
Violeta	Rosado	74	25
Blanco	Rojo	49	2
Negro/amarillo	Verde	13	1
Café	Café/Blanco	60	26

La tabla indica los pares de pines de cada inyector, con la ayuda de los cables banano caimán y la sonda, conectamos al osciloscopio con el motor encendido, con el motor en ralentí, ajustamos la herramienta para poder identificar las tres pulsaciones del inyector en el momento de la admisión de combustible en el motor (tiempo de expansión). Registrar los cambios de tiempo entre los 4 inyectores.

- Para el cuarto sensor, probaremos el **sensor de posición del cigüeñal (CKP)**, también requeriremos el osciloscopio

CABLES	PIN/COMPUTADORA	CARACTERISTICA
Café/Amarillo	94	Masa
Azul	93	alimentación
Verde	92	Señal

De la misma forma que se utilizó el osciloscopio con los inyectores, utilizando los pines 94 y 92, debemos observar en el osciloscopio una señal de tipo inductivo, con un salto de señal en un punto, el tiempo en el que ocurra este salto dependerá de las RPM que tenga el motor en el momento. El practicante debe tomar los tiempos de salto para determinar su frecuencia en 5 tiempos distintos del motor, RPMs diferentes.

- Un sensor adicional para analizar es el de **flujo másico del aire MAF y temperatura del aire IAT**, para esto solo requerimos el uso del multímetro. Este se encuentra justo después de la caja filtro del aire, en la parte superior.

CABLES	PIN/COMPUTADORA	CARACTERISTICA
Negro/Naranja	54	Masa
Gris	88	IAT
Café/Blanco	90	MAF
Violeta/Amarillo	69	Masa
Negro Azul	Relé principal	Alimentación

Se realizará una primera prueba con el motor apagado, se tomará el flujo del aire sin aspiración de los pines 90 y 54, esta será la marca de referencia. Ahora con el motor encendido, tomar el nuevo voltaje, nuevamente aceleramos el motor, y tomamos 5 voltajes a distintas revoluciones.

Para el sensor de temperatura, se debe tener en cuenta que este depende solo de la temperatura ambiental, así que el registro que tomemos debería mantenerse constante a menos de que la temperatura del aire cambie drásticamente. Igualmente se tomará registro del voltaje marcado con el motor encendido y tiempo después de que el motor esté funcionando.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales:

1. Multímetro automotriz
2. Manual del usuario del automotor (opcional)
3. Osciloscopio
4. Dos cables banano caimán.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Recomendaciones de seguridad en la manipulación de equipos y materiales.

1. Aplicar todas las recomendaciones planteadas para el uso y estadio en el taller de mecánica automotriz.
2. guantes de nitrilo o de protección, overol de trabajo, botas de seguridad para evitar que manchas de aceite puedan hacernos caer al estar cerca del motor de trabajo.

DATOS Y RESULTADOS

1. Grafica las posiciones del pedal del acelerador y el rango de voltaje en cada posición.
2. Compara en una tabla las RPM que alcanza el motor con los voltajes que muestra el sensor de presión del riel
3. Realiza lo mismo para el sensor MAF
4. Mira las señales del sensor CKP mostradas en el osciloscopio, en qué punto el motor conoce la posición del cilindro 1

5. Con respecto a la señal del inyector, ¿en cuántas partes se puede dividir el proceso de la inyección?

CUESTIONARIO

1. ¿Por qué el pedal del acelerador tiene dos sensores de posición?
2. Qué tipo de sensores se pudieron analizar y como son sus comportamientos
3. Con los datos tomados, ¿qué relación hay entre el cambio de voltaje y las RPM del motor con los diferentes sensores probados?
4. ¿Qué otros sensores faltaron por analizar?
5. ¿Es necesario todas las señales dadas por los sensores para el funcionamiento del motor? Justificarlo

REFERENCIAS

3. TECNOLOGIA DE LA AUTOMOCION, Angel sanz Gonzales, Ediciones don Bosco.
4. Marshall Brain. (2013). How Car Engines Work. 25/11/2015, de how stuff works Sitio web: <http://auto.howstuffworks.com/engine.htm>

Partes principales del motor, de Daniel Rios Ramirez, sitio web:

<https://www.youtube.com/watch?v=b6oWKEKfadQ>

C. Anexo C: Guía 3: Diagnostico de Sensores

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

PRÁCTICA No. 3 Comportamiento del sistema de Inyección

PROGRAMA	Ingeniería Mecánica
ASIGNATURA	Mecánica del Motor
NOMBRE DEL PROFESOR	Nicolas Giraldo
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES	
FECHA	

INTRODUCCIÓN

La optimización de recursos con el fin de reducir las emisiones de gases al medio ambiente siempre ha sido el objetivo de las industrias automotrices. Por medio de las regulaciones gubernamentales, se han tenido que desarrollar tecnologías cada vez más sofisticadas para poder cumplir las estrictas normas.

Esto no sería posible sin la asistencia de componentes electrónicos en los motores que permiten realizar micro ajustes en la combustión en tiempo real. Así también mejorando los consumos y eficiencias de los motores.

El cambio de tecnologías para la dosificación del combustible ha hecho que el mismo combustible sea más refinado y reduciendo la cantidad de impurezas que este lleva. Aun así, el sistema de inyección de combustible debe estar preparado.

Este sistema se ha simplificado con el paso del tiempo para concentrarse en dos elementos principales, uno es la bomba de combustible que permite el aumento de la presión, así poder facilitar el cambio de combustible líquido a gaseoso. El otro son los Inyectores los cuales deben soportar las altas presiones a las que llega el combustible

La realización de la práctica No. 3 de Comportamiento del sistema de inyección. Requiere el estudio y aplicación de los conocimientos básicos de funcionamiento de motores de combustión interna, también de electricidad básica. Esta práctica está orientada a la identificación de piezas electrónicas del sistema de inyección y comprender parte de su funcionamiento.

OBJETIVO

1. Ubicar los sensores y actuadores principales del sistema de inyección common rail del motor BT50
2. Conocer el funcionamiento del sistema Common Rail
3. Verificar el funcionamiento de los inyectores y sensores del sistema de inyección Common Rail.
4. Inspeccionar el estado de los inyectores.
5. Realizar pruebas con el osciloscopio y escáner para comprender el funcionamiento de los sensores.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Teniendo ya los conocimientos básicos para el diagnóstico de sensores y cómo funcionan. Esta vez se centrará en el sistema de inyección, la entrada de combustible al motor y como se sincroniza la información con otros sensores. Cabe aclarar que el sistema que se encuentra en el motor del BT50 de Mazda, es de la marca Bosch, este se denomina sistema Common Rail (riel común)



Ilustración 1. Elementos del sistema de inyección Bosch

Analizaremos el primero el sensor de temperatura del combustible. Este se encuentra en la bomba de presión de combustible en la parte lateral.

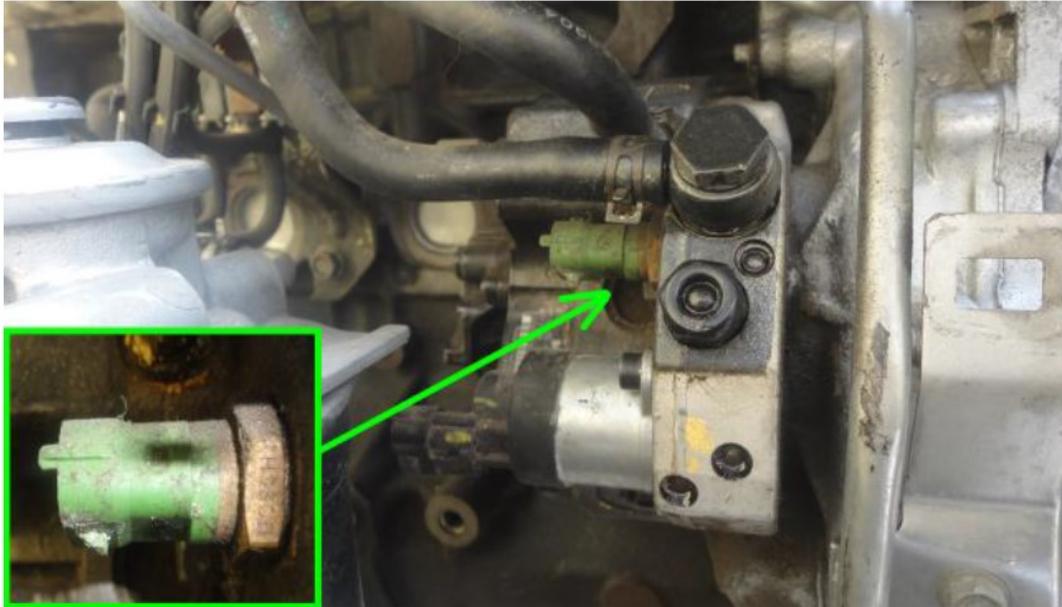


Ilustración 2 Sensor de Temperatura de Combustible.

Este termo resistor solo tiene dos cables, en el tablero corresponderá a los pines 70 y 15.

Tabla C-1 Cables del sensor de temperatura

CABLES	PIN/COMPUTADORA	CARACTERISTICA
Azul/Amarillo	15	Señal
Blanco	70	Masa

Para la toma de datos, utilizaremos el multímetro en los dos pines dichos, primera toma con el motor en ON, el otro ya estando en funcionamiento.

El segundo Sensor para identificar será el de **presión del riel común (FRP)**, este se encuentra a un lado del riel común de combustible, cuenta con 3 pines de la computadora, para señal, voltaje y masa.

Tabla C-2 Pines sensor de presión del riel común

CABLES	PIN/COMPUTADORA	CARACTERISTICA
Naranja	91	Masa
Blanco	40	señal
Blanco/azul	9	alimentación

Realizando los pasos de la anterior practica para poder encender el motor, verificamos el valor de voltaje de los pines 91 y 40, tanto con el motor apagado como encendido, en esta prueba, debemos también ver los cambios de voltaje que se general al acelerar el motor y

umentar las revoluciones del mismo, realizar mediciones progresivas hasta llegar a un régimen de 2000 RPM. Registrar los datos tomados.

Con ayuda del osciloscopio, podemos revisar el funcionamiento de los **inyectores de combustible**. Se pueden identificar ya que se encuentran en la parte superior de la culata.

CABLES		PIN/COMPUTADORA	
Violeta	Rosado	74	25
Blanco	Rojo	49	2
Negro/amarillo	Verde	13	1
Café	Café/Blanco	60	26

La tabla indica los pares de pines de cada inyector, con la ayuda de los cables banana caimán y la sonda, conectamos al osciloscopio con el motor encendido, con el motor en ralentí, ajustamos la herramienta para poder identificar las tres pulsaciones del inyector en el momento de la admisión de combustible en el motor (tiempo de expansión). Registrar los cambios de tiempo entre los 4 inyectores.

Hasta esta parte es similar a la guía dos, ahora con el escáner Gscan2, se conectará al puerto OBD2 que se encuentra en la parte posterior del tablero de indicadores del Banco-Motor.

Realizaremos la conexión por cable y encendemos el Gscan2, haremos los siguientes pasos de conexión:

- Selección opción Diagnosis
- Elegir la Marca Mazda
- Se buscará El modelo de la Marca, BT 50 (WL-C 2.5 Diesel)
- Se elige la Computadora de motor ECM.
- Podremos observar el registro de algunos de los sensores que hemos medido con los voltajes entregados a la computadora.

Debemos ahora comparar los datos de voltaje registrados previamente y compararlos con los enseñados en el escáner.

Realizar las siguientes comprobaciones:

- Con el motor encendido, verificar el Voltaje del sensor de presión del riel, desde el tablero de pines y desde el escáner, ver diferencias de lectura a diferentes revoluciones.
- Ver el valor de presión del riel en MPa a diferentes revoluciones
- Los valores registrados en el tablero de indicadores junto con el del escáner RPM, Temperatura del refrigerante.

MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales:

1. Multímetro automotriz
2. Manual del usuario del automotor (opcional)
3. Osciloscopio
4. Dos cables banano caimán.
5. escáner Gscan2

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Recomendaciones de seguridad en la manipulación de equipos y materiales.

1. Aplicar todas las recomendaciones planteadas para el uso y estudio en el taller de mecánica automotriz.
2. guantes de nitrilo o de protección, overol de trabajo, botas de seguridad para evitar que manchas de aceite puedan hacernos caer al estar cerca del motor de trabajo.

DATOS Y RESULTADOS

1. Registre los datos tomados con el multímetro y el osciloscopio.
2. Grafica los cambios de voltaje con respecto a las RPM, el sensor de presión del riel común.
3. Grafica los cambios de voltaje con respecto a las RPM, el sensor MAF.
4. Realiza una tabla del cambio de frecuencia con respecto a las RPM del motor.

CUESTIONARIO

1. ¿Por qué el pedal del acelerador tiene dos sensores de posición?
2. Qué tipo de sensores se pudieron analizar y como fueron sus comportamientos

3. Con los datos tomados, ¿qué relación hay entre el cambio de voltaje y las RPM del motor con los diferentes sensores probados?
4. Verifica que la página www.codigosdte.com la información de los posibles fallos que se pueden presentar en los sensores y actuadores medidos en esta guía.
5. ¿Es necesario todos los datos recibidos por los sensores para poder realizar un encendido del motor?

REFERENCIAS

5. TECNOLOGIA DE LA AUTOMOCION, Angel sanz Gonzales, Ediciones don Bosco.
6. Marshall Brain. (2013). How Car Engines Work. 25/11/2015, de how stuff works Sitio web: <http://auto.howstuffworks.com/engine.htm>
7. Partes principales del motor, de Daniel Rios Ramirez, sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=b6oWKEKfadQ>

D. Anexo D: Manual de Mantenimiento Banco Motor BT 50

Contenido

Aviso de Seguridad	118
Información General sobre peligros	118
Aire y Agua a Presión.....	119
Control de Fluidos.	119
Prevención Contra Quemaduras	119
Refrigerante	120
Aceite.	120
Batería	120
Prevención de Incendios o Explosiones.....	121
Extintor de Incendios.	121
Tuberías, Tubos y Mangueras.....	122
Seguro de Ruedas.....	122
Antes de Arrancar el Motor.....	122
Arranque del Motor	123
Apagado del Motor	123
Sistema Eléctrico	124
Información y Operación del Banco Motor	124
Información General	124
Características y Controles	129
Diagnóstico del Motor	130
Arranque del Motor	130
Operación Del Motor.....	131
Parada del Motor	131
Sección Mantenimiento	131
Capacidad de Llenado	131
Sistema de lubricación	131

Sistema de enfriamiento.	132
Recomendaciones de Fluido.....	132
Aceites API.....	133
Recomendaciones de Viscosidad.....	133
Intervalo de Mantenimiento	134

Aviso de Seguridad

El Banco Motor BT-50 debe ser operado solo con la autorización dada por el instructor o el jefe de taller. El banco no debe operarse solo en caso de una emergencia, siempre con el sistema de extracción de gases encendido y conectado debidamente.

No opere ni trabaje en él hasta que haya recibido las instrucciones de funcionamiento y advertencia dadas por el instructor o jefe de taller. Si no se siguen las instrucciones o no se hace caso a las advertencias se pueden sufrir lesiones graves o mortales.

Información General sobre peligros

Utilice elementos de protección siempre que vaya a realizar actividades en el motor, como lo es overol, guantes, gafas de protección, botas punta de acero y cualquier otro equipo de protección que se solicite.

Debe mantener el motor libre de materias extrañas. Quite el aceite, basura, herramientas y demás artículos que impidan el correcto uso del Banco.

Nunca ponga fluidos como combustible o limpiadores en recipientes de vidrio cerca al Banco mientras este se encuentre en funcionamiento.

Obedezca todos los reglamentos locales sobre el desecho de líquidos.

Asegúrese de desconectar el suministro de corriente eléctrica desde la llave de seguridad. Antes de realizar una acción directa al motor.

Realice el mantenimiento sobre el motor con el equipo apagado y alejado de fuentes de calor.

Aire y Agua a Presión.

El aire y/o agua a presión puede ocasionar que la basura o el agua caliente salgan despedidos. Esto puede ocasionar lesiones personales.

La aplicación de aire comprimido directamente al cuerpo puede ocasionar lesiones personales.

Use ropa de protección en el momento que se realice una limpieza con aire o agua a presión al motor. También se sugiere uso de gafas de protección.

Control de Fluidos.

El Banco Motor cuenta con un riel de alta presión, si este llega a recibir daños puede generar fugas de combustible que pueden generar lesiones graves al cuerpo, se debe tener cuidado con la manipulación del sistema de combustible.

Generar demasiada presión desde la válvula de purga ubicada arriba del filtro de combustible puede generar fugas de combustible por las uniones. La presión debe ser aliviada con el encendido pronto del motor para que el flujo de combustible sea constante.

Durante el mantenimiento hay que tener cuidado con el derrame de los fluidos que posee el motor. Siempre utilizar herramientas y equipos adecuados para recoger fluidos.

Se deben obedecer todos los reglamentos locales con respecto al manejo de líquidos.

Prevención Contra Quemaduras

No toque ninguna pieza del motor cuando este se encuentre en marcha. Deje que el motor baje su temperatura antes de realizar cualquier manipulación al motor.

El contacto con el combustible a alta presión puede ocasionar la penetración del fluido en la piel o peligros de quemaduras. El rocío del combustible a alta presión puede generar un peligro de incendio. La omisión de las recomendaciones de manipulación, mantenimiento y servicio pueden ocasionar lesiones graves o la muerte.

Refrigerante

Cuando el motor se encuentre en temperatura de operación, el refrigerante se encontrará presurizado y a una temperatura alta, no se debe manipular el sistema de refrigeración hasta que la temperatura del refrigerante se encuentre cercana a la del ambiente. Tanto el radiador como las tuberías de refrigeración contienen refrigerante caliente.

Cualquier contacto con el refrigerante caliente o el vapor puede generar quemaduras en la piel considerables.

Verifique siempre el nivel de refrigerante antes de encender el motor, también cuando se haya detenido y el motor se enfríe.

Asegúrese que la tapa del depósito del refrigerante se encuentre tapada antes de realizar el encendido del motor, cuando requiera retirarla realícelo de una manera lenta y precavida.

Los componentes químicos del líquido refrigerante pueden ocasionar lesiones en los ojos, piel y boca, manténgase alejado y use elementos de protección ideales al momento de requerir su manipulación.

Aceite.

El aceite caliente puede generar quemaduras en la piel permanentes, al momento de realizar el cambio de aceite del motor, se recomienda que éste se encuentre por debajo de la temperatura mínima de trabajo (60°C), recuerde siempre utilizar los elementos de protección ideales.

Batería

El electrolito de la batería es un ácido, puede causar lesiones personales y daño a la ropa. No permita que el electrolito entre en contacto con la piel, ropa y ojos. Si este es el caso, se recomienda lavar con abundante agua la zona afectada.

Prevención de Incendios o Explosiones

La zona en donde se encuentra el Banco Motor debe tener siempre la presencia de extintores en caso de que se genere un incendio, recuerde que la mayoría de fluidos que posee el Banco Motor son inflamables.

Recuerde siempre trabajar el Banco Motor con el sistema de extracción de gases encendido y conectado de forma correcta al tubo de escape, sujetado siempre con la pinza de fijación y la válvula de extracción abierta.

En caso de incendio apague el motor de inmediato desde la llave de encendido a la posición OFF y si es posible accionar el interruptor de seguridad para eliminar la corriente en el sistema eléctrico.

Los filtros de aceite y combustible deben estar correctamente instalados, estar deben estar ajustadas correctamente. El cambio de filtros debe ser realizado un personal capacitado.

Al reabastecer de combustible el Banco tenga cuidado con el derrame de combustible desde la boquilla de depósito. También está prohibido fumar cerca del Banco Motor, asegúrese que no se encuentren fuentes de calor o chispas en el momento de reabastecer de combustible. Apague el motor siempre que requiera abastecer de combustible.

Los gases de la batería pueden generar una explosión, mantenga alejada cualquier chispa o fuente de calor de la parte superior de la batería, no fume cerca del área de carga de la batería.

El panel de instrumentos cuenta con un voltímetro para medir el voltaje de la batería, así que no se recomienda poner objetos o herramientas adicionales en los bornes para medir su carga.

Extintor de Incendios.

Asegúrese de que los extintores de la zona de trabajo se encuentren cargados y con vigencia de funcionamiento. Si esto no es así, informe de inmediato al jefe de taller o el instructor.

Tuberías, Tubos y Mangueras.

No doble ni golpee la tubería de alta presión. No instale tuberías en mal estado.

Las fugas pueden ocasionar incendios. Consulte con la institución en caso de que requiera elementos de repuesto.

Reemplace las piezas si ocurre alguna de las siguientes condiciones:

- Tubería o tuberías de alta presión golpeadas.
- Conexiones de extremos con fuga o averiadas.
- Capa exterior cortada o raída.
- Alambres sin recubrimiento.
- Torceduras en la manguera.
- Fugas por mangueras o grietas.
- Uniones corridas de posición o en mal estado.

Hay que asegurarse de que todas las abrazaderas y conexiones no tengan presencia de oxido, daños visuales y que estén debidamente ajustados.

Seguro de Ruedas.

El Banco Motor cuenta con ruedas para facilitar su desplazamiento, estas cuentan con un freno de seguridad, verifique que en el momento de manipularlo para su funcionamiento, este freno siempre esté activado.

Antes de Arrancar el Motor

El arranque inicial del motor se deben llevar todas las medidas de seguridad dadas por el instructor de clase o el jefe de taller.

Siempre se debe llevar los elementos de seguridad pedidos por la institución. Evite manipular el motor con ropa holgada y calzado deportivo.

Asegúrese de que todos los protectores del motor se encuentren en su lugar y debidamente ajustados.

La detención del motor debe ocurrir de forma inmediata al cerrar el interruptor de encendido, si esto no ocurre, accione de forma inmediata el interruptor de corte eléctrico que se encuentra en el compartimiento inferior del Banco Motor.

Consulte con el jefe de taller para temas de mantenimiento especializado.

Arranque del Motor

No use auxiliares de arranque del tipo aerosol, una mala manipulación de estos puede ocasionar una explosión o incendio.

Si el Banco Motor cuenta con una etiqueta de advertencia al lado del encendido del motor, por favor abstenerse de usarlo, puede que esté en mantenimiento o se encuentre fallando.

Asegúrese antes de arrancar el motor, que el sistema de extracción de gases este funcionando y conectado debidamente.

Verifique que no se encuentren personas tocando o cerca del motor en el momento del encendido.

Verifique el nivel de combustible. Siempre debe trabajar con más de $\frac{1}{4}$ del nivel de combustible marcado en el indicador de nivel en el panel de instrumentos.

Siempre arranque el motor con el procedimiento enseñado en clase o indicado en la guía 1 de prácticas del motor.

Apagado del Motor

Para detener el motor, siempre se debe realizar desde la llave de contacto moviéndola a la posición OFF, recuerde que los tiempos de uso del motor están dados por el instructor o el jefe de taller.

En caso de que el motor se detenga sin haber cerrado la llave del Switch, verifique el posible fallo y corrija de inmediato si es posible. En caso de que sea un fallo grave, comunicarse con la persona a cargo y retirar la llave del Banco Motor. No intentar encender hasta solucionar el fallo que presenta.

Sistema Eléctrico

Nunca desconecte la batería del Banco Motor mientras este se encuentre en operación. La formación de una chispa en los bornes de la batería puede generar una explosión junto con los vapores de combustible o gases cercanos al Banco Motor.

Para evitar chispas inesperadas durante los tiempos de descanso del Banco Motor, se recomienda siempre cerrar el interruptor de corte de encendido para eliminar la energía total de Banco Motor.

Inspeccione siempre antes de su utilización y posterior a la misma, el estado del cableado eléctrico y sus conexiones.

Información y Operación del Banco Motor

Recuerde, antes de utilizar el Banco Motor por primera vez, se debe recibir una capacitación de este bajo la directiva del instructor o el jefe de taller.

Información General

La siguiente tabla muestra la información técnica del motor. Datos detallados de información del motor.

ESPECIFICACIONES	
Ref.	Especificaciones
componentes mecánicos	
Tipo	Diesel, 4 ciclos
Disposición y número de cilindros	En línea, 4 cilindros
Cámara de combustión	Inyección directa

Sistema de válvulas			DOHC, engranaje de distribución y accionamiento por correa, 16 válvulas
Desplazamiento (ml {cc; cu in})			2.499 {2.499; 152,4}
Diámetro interior y carrera (mm {in})			93,0 x 92,0 {3,66 x 3,62}
Relación de compresión			18
Presión de compresión (kPa {kgf/cm ² ; psi}) [rpm]			2.900 {29,6; 420,7} [250]
Holgura de la válvula (motor frío)	ADMISION	(mm {in})	0,10-0,16 mm {0,0040-0,0062 in}
	ESCAPE	(mm {in})	0,17-0,23 mm {0,0067-0,0090 in}
SISTEMA DE LUBRICACIÓN			
Tipo			Tipo engrase a presión
Presión de aceite (valor de referencia) [después de calentamiento] (kPa {kgf/cm ² ; psi}) [rpm]			410-570 {4,19-5,81; 59,6-82,6}[2.500]
Bomba de Aceite	Tipo		Tipo engrase
	Presión de apertura de la válvula de descarga (kPa {kgf/cm ² ; psi})		580-700 {5,9-7,1; 84,1-101,5}
Enfriador de aceite	Tipo		Refrigerado por agua
Filtro de aceite	tipo		Elemento de papel de paso único
	Presión de derivación (kPa {kgf/cm ² ; psi})		80-120 {0,82-1,22; 11,6-17,4}

Capacidad de aceite (cantidad aprox).	Total (motor seco) (L {US qt; Imp qt})	8,0 {8,5; 7,0}
	Cambio de aceite (L {US qt; Imp qt})	6,8 {7,2; 6,0}
	Cambio de aceite y filtro (L {US qt; Imp, qt})	7,0 {7,4; 6,2}
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN		
Tipo		Circulación forzada refrigerada por agua
Capacidad de refrigerante (L {US qt; Imp qt})		9,4 {9,9; 8,3}
Bomba de refrigerante	Tipo	Centrífuga, impulsada por correa trapezoidal
Termostato	Tipo	Cera, derivación inferior
	Temperatura de apertura (°C{°F})	80-84 {176-183}
	Temperatura completamente abierta (°C{°F})	95 {203}
	Elevador completamente abierto (mm{in})	8,5 {0,33} o más
Radiador	Tipo	Aleta ondulada
Tapa del sistema de refrigeración	Presión de apertura de la válvula de tapón (kPa {kgf/cm ² ; psi})	93,2-122,6{0,95-1,25; 13,5-17,8}
	Tipo	Tipo termo modulación

Ventilador de refrigeración	Número de paletas	9
	Diámetro exterior (mm {in})	450 {17,7}
SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE		
Tipo turbocompresor		Turbocompresor de geometría variable
Cartucho del filtro de aire		Tipo seco
Tipo con bujía de incandescencia		Tipo de acero inoxidable
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		
Bomba de suministro		Control electrónico
Inyector		Control electromagnético
Capacidad del depósito de combustible (referencia) (L {US qt; Imp qt})		63 {17. 14}*1; 70 {18.15}*2
SISTEMA DE EMISIONES		
Tipo de convertidor catalítico		Catalizador por oxidación
SISTEMA DE CARGA		
Batería	Tensión (voltios)	12
	Tipo y capacidad (régimen de 5 horas) A·h	95D31R (64)
Alternador	Potencia (V-A)	dic-70
	Tensión regulada (V)	14,1-14,7
	Función de autodiagnóstico	Equipado

SISTEMA DE ARRANQUE		
Motor de arranque	Tipo	Reducción coaxial
	Potencia (kW)	2,2
SISTEMA DE CONTROL		
Sensor IAT N° 2 (dentro del MAF)		Termistor
Sensor MAF		Hilo caliente
Sensor IAT N° 1		Termistor
Sensor de sobrealimentación		Elemento piezoeléctrico
Sensor de temperatura del refrigerante (sensor ECT)		Termistor
Sensor CMP		Tipo Hall
Sensor de posición del cigüeñal (sensor CKP)		Cápsula magnética
Sensor de APP		Potenciómetro
Sensor de posición de válvulas EGR		Potenciómetro
Sensor BARO (integrado en PCM)		Elemento piezoeléctrico
Sensor de temperatura del combustible		Termistor
Sensor de presión del combustible		Elemento piezoeléctrico
Interruptor de punto muerto		Conexión/Desconexión
Interruptor CPP		Conexión/Desconexión
Interruptor de ralentí		Conexión/Desconexión

Aceite de motor recomendado	
Ref.	Especificaciones
Granulado	API CF-4 o ACEA B1/B3/B5
Viscosidad (SAE)	5W-30

Características y Controles

El Banco Motor cuenta con un panel de instrumentos para desarrollar practicas a nivel electrónico junto con un tablero de indicadores para realizar seguimiento de algunos componentes del motor. La siguiente Figura muestra la posición de los distintos indicadores:



1. Tacómetro, medido de RPM
2. Bacuometro, medidor de vacío en el sistema de admisión
3. Voltímetro, mide el voltaje de la batería
4. Barómetro, mide la presión inicial del conducto de combustible de presión baja
5. Termómetro, mide la temperatura del refrigerante
6. Termómetro 2, mide la temperatura del aceite
7. Barómetro 2, mide la presión de aceite del motor.
8. Odómetro, registra el tiempo de trabajo al que ha estado sometido el Banco Motor.
9. Nivel de combustible.
10. Pirómetro, registra la temperatura de salida de los gases de escape.

11. Tablero de conexiones, son todos los pines disponibles de la ECM.

Hay un segundo tablero, este está ubicado en la parte inferior del tablero principal, protegido por una pequeña puerta, está diseñada para generar fallos en algún sensor del motor, como se ve en la figura. Se pueden generar 20 tipos de fallos distintos, para la manipulación de este tablero se requiere uso del escáner automotriz y la supervisión de un Instructor o jefe de taller.



Diagnóstico del Motor

El Banco Motor cuenta con un conector de OBD2 ubicado en la parte trasera del tablero de conexiones, esto para permitir la conexión de un escáner automotriz, actualmente la Universidad Antonio Nariño cuenta con un escáner Gscan2 para realizar los diagnósticos y revisar los códigos DTC que posea el motor. Para la manipulación del equipo se requiere la solicitud al jefe de taller o al encargado del laboratorio de electrónica de la facultad.

Arranque del Motor

Para el arranque del motor se debe tener en cuenta todo lo hablado en la guía 1 de las practicas del Banco Motor BT50, donde se detalla el proceso de encendido del motor junto

con las precauciones que se deben tomar para el manejo de este, remitirse a la guía para más información.

Operación Del Motor

El motor siempre debe ser operado por una persona, debe estar supervisado por un instructor, todo movimiento y/o operación realizada en el mismo debe ser registrada en la hoja de trabajo del Banco Motor, para tener un seguimiento de las personas que realizaron actividades y qué tipo de acciones o intervenciones le realizó a este.

Parada del Motor

Cada vez que se termine de trabajar con el Banco Motor, el modo correcto de parado del motor es girando la llave de encendido a la posición OFF y retirarla, si el Motor BT50 se dejará de usar por un tiempo prolongado, se recomienda activar el interruptor de corte de encendido, encontrado en el compartimiento inferior del banco.

Sección Mantenimiento

El siguiente contenido mostrará la información necesaria para la revisión y mantenimiento esencial del Banco Motor, aun así, se requiere un técnico especializado para realizar el mantenimiento para evitar daños por mala manipulación.

Capacidad de Llenado

Sistema de lubricación

Dependiendo del servicio realizado al motor, la capacidad de aceite que puede almacenar el carter del motor BT50 puede variar, la siguiente tabla indica las cantidades requeridas de aceite en cada cambio.

Capacidad de aceite	Total (motor seco) (L {US qt; Imp qt})	8,0 {8,5; 7,0}
----------------------------	--	----------------

(cantidad aprox).	Cambio de aceite (L {US qt; Imp qt})	6,8 {7,2; 6,0}
	Cambio de aceite y filtro (L {US qt; Imp, qt})	7,0 {7,4; 6,2}

Nota: Estos valores son la capacidad aproximada de aceite que puede recibir el carter, incluye la cantidad con cambio de filtro de aceite estándar, si el motor recibe modificaciones para agregar otro filtro, se debe adicionar más aceite.

Sistema de enfriamiento.

Recuerde seguir las recomendaciones del fabricante del motor BT50 2.5 Diesel. Esta información será necesaria para la cantidad correcta de anticongelante para adicionar o reemplazar en total cuando sea requerido.

Tipo	Etilenglicol al 50%
Capacidad de refrigerante (L {US qt; Imp qt})	9,4 {9,9; 8,3}

Nota: Recuerde que este valor incluye la cantidad en el radiador, tubería de refrigeración, capacidad almacenada en el motor y depósito de reserva.

Recomendaciones de Fluido

Debido a las regulaciones de emisiones dadas por el gobierno, se debe cumplir las recomendaciones sobre los lubricantes usados en el motor.

Aceites API

Mazda y Ford reconocen el Sistema de Certificación y Licencia de Aceites Para Motor del American Petroleum Institute (API), para más información dirigirse a la publicación API No. 1509. Los aceites para motor con el símbolo API están autorizados para su uso.



Nota: se recomienda que la norma del aceite aplicado sea API CF-4 o superior.

Aceite de motor recomendado	
Ref.	Especificaciones
Granulado	API CF-4 o ACEA B1/B3/B5
Viscosidad (SAE)	5W-30

Recomendaciones de Viscosidad

El grado de viscosidad SAE se determina por las condiciones de trabajo que tendrá el motor, aunque inicialmente se recomienda el uso de la viscosidad SAE 5W-30, cabe recordar que es para uso en movimiento, es decir, montado en la carrocería de un vehículo, otros valores de viscosidad que puede aplicarse en el motor están en la siguiente tabla.

Viscosidad del aceite de Motor		
Grado de viscosidad SAE en aceites API	Temperatura Ambiente	
	Mínimo	Máximo
SAE 0W-20	- 40°C	10°C
SAE 0W-30	- 40°C	30°C
SAE 0W-40	- 40°C	40°C
SAE 5W-30	- 30°C	30°C
SAE 5W-40	- 30°C	40°C
SAE 10W-30	- 20°C	40°C
SAE 15W-40	- 10°C	50°C

Nota: Siempre utilice un paquete de aditivos autorizado por la marca del fabricante del motor.

Intervalo de Mantenimiento

Cuando sea necesario:

Elemento	Acción para realizar
Batería	Reemplazar
Batería o Cable de la Bateria	Desconectar

Motor	Limpiar
Sistema de Combustible	Cebar
Aplicaciones de servicio severo	Comprobar

Diariamente:

Elemento	Acción para realizar
Nivel del refrigerante del depósito	Comprobar/Nivelar
Conexiones eléctricas	Comprobar/Ajustar
Indicadores del tablero	Comprobar
Nivel de aceite del motor	comprobar
Nivel de combustible	Comprobar
Inspección alrededor de la maquina	Comprobar

Cada 250 horas:

Elemento	Acción para realizar
Nivel de electrolitos de la batería	Comprobar
Agua y sedimentos del tanque de combustible	Drenar

Cada 500 horas o cada año:

Elemento	Acción para realizar
Correas	Inspeccionar/ajustar/Reemplazar
Filtro de aire del motor	Inspeccionar/Reemplazar
Soportes del motor	Inspeccionar/ajustar
Filtro de Combustible	Reemplazar
Aceite y Filtro del motor	Reemplazar
Mangueras y abrazaderas	Inspeccionar/Reemplazar
Radiador	Limpiar

Cada 1000 horas o cada año:

Elemento	Acción para realizar
Inyectores	Inspeccionar/ajustar
Alternador	Inspeccionar

Cada 2000 horas o cada 2 años:

Elemento	Acción para realizar
Termostato del sistema de refrigeración	Reemplazar
Sensores del motor	Comprobar/Limpiar/calibrar

Turbocompresor	Inspeccionar
Motor de arranque	Inspeccionar
Líquido Refrigerante	Reemplazar

Hay que recordar que todo lo presentado hasta el momento es para las pautas primordiales de mantenimiento, la realización del mismo debe estar a cargo de personal capacitado o guiado por medio de un instructor. Para más información sobre el modo de realizar el mantenimiento, consultar el manual de servicio del motor BT50 2.5 Diesel.

E. Anexo E: Hoja de Chequeo

					
lista de chequeo de revisión previa al encendido del motor Mazda BT50	Fecha de uso				
	Día		Mes		Año
	Nombre				
	Código				
	Proyecto				
	Tutor				
	Cumple	No cumple	Observaciones	Recomendaciones	
Carpa de protección					
Estado de ruedas					
Estado carrocería					
Cableado eléctrico					
Comprobación de fugas					
Presencia de oxido					
Nivel de aceite					
Combustible					
Líquido Refrigerante					
Estado relojes					
Estado tablero de pines					
Estado Filtro de Aire					
Estado batería					
Observaciones Adicionales					

