



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO CON UN MOTOR
CHEVROLET D-MAX TURBO DIÉSEL PARA EL TALLER DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

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

CARLOS XAVIER MOROCHO GONZÁLEZ

DIRECTOR: ING. ALEJANDRO ROJAS

Quito, Febrero 2014

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2014

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **CARLOS XAVIER MOROCHO GONZÁLEZ**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Carlos Xavier Morocho González

C.I.1104747223

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título **CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO CON UN MOTOR CHEVROLET D-MAX TURBO DIÉSEL PARA EL TALLER DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**, que, para aspirar al título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Carlos Morocho**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Alejandro Rojas M.

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1713190898

DEDICATORIA

Dedico esta tesis primero a Dios por protegerme, a mis padres, Mario Morocho y Martha González por todo el cariño, por sus sabios consejos, y por todo su esfuerzo para que hoy tenga un logro muy importante en mi vida.

A mis hermanos Arturo, Gardenia, Jorge, Anabel que siempre me apoyan en todo momento de mi vida y a mis sobrinos Mario, Mikaela, Isabella y Jorge que los quiero mucho.

A mi novia por todo su cariño, a mi bebe que en estos momentos viene en camino y que cada día me llena de alegría.

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegerme y bendecirme para hoy poder cumplir esta meta.

A mis queridos padres Mario Morocho y Martha González, por guiarme cada día, por ser un ejemplo para mí, por todo su esfuerzo y sacrificio para que hoy logre ser un Profesional.

A mis hermanos Arturo, Gardenia, Jorge y Anabel les agradezco infinitamente por todo el cariño y su incondicional su apoyo durante mi carrera en la Universidad.

A mis amigos Daniel Cabrera, Jorge Chávez, David Freire, Andrés Meza y Freddy Obando por el gran grupo que formamos, por el apoyo y amistad que me brindaron durante todo este tiempo.

A mi Director de Tesis Ing. Alejandro Rojas por compartir sus conocimientos durante mi formación académica y el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 EVOLUCIÓN DE LAS BOMBAS ROTATIVAS	3
2.1.1 BOMBA ROTATIVA DE ÉMBOLOS AXIALES	3
2.1.1.1 Características de la bomba	3
2.1.1.2 Partes de la bomba	4
2.1.1.2.1 Válvula reguladora de presión	4
2.1.1.2.2 Bomba de alimentación de paletas	5
2.1.1.2.3 Conjunto pistón axial	6
2.1.1.2.4 Electroválvula de parada	7
2.1.1.2.5 Válvula estranguladora de rebose	8
2.1.1.3 Funcionamiento de la bomba rotativa de émbolos axiales	8
2.1.1.3.1 Entrada de combustible	9
2.1.1.3.2 Inyección de combustible	9
2.1.1.3.3 Fin de la inyección	10
2.1.1.4 Grupo regulador de rotación (gobernador)	10
2.1.1.5 Variador de avance	12
2.1.2 BOMBA ROTATIVA DE ÉMBOLOS RADIALES MECÁNICA	13
2.1.2.1 Características de la bomba	13
2.1.2.2 Partes de la bomba de inyección	14
2.1.2.2.1 Válvula reguladora	15

2.1.2.2.2 Bomba de alimentación de paletas	17
2.1.2.2.3 Conjunto de Émbolos Radiales	18
2.1.2.2.3.1 Entrada de combustible	18
2.1.2.2.3.2 Aumento de presión y distribución de combustible	19
2.1.2.2.4 Electroválvula de paro	20
2.1.2.2.5 Válvula dosificadora	20
2.1.2.2.6 Regulador de velocidad	21
2.1.2.2.7 Variador de avance	23
2.1.3 BOMBA ROTATIVA DE ÉMBOLOS AXIALES COVEC-F	24
2.1.3.1 Introducción	24
2.1.3.2 Características	25
2.1.3.3 La electrónica en el control de la bomba COVEC-F	25
2.1.3.4 Partes de la bomba	26
2.1.3.4.1 Sensor Np	27
2.1.3.4.2 Válvula de alivio	27
2.1.3.4.3 Sensor de posición del temporizador (TPS)	27
2.1.3.4.4 Módulo de control	27
2.1.3.4.5 Actuador ge (gobernador electrónico)	28
2.1.3.4.6 Válvula de control de tiempo (TCV)	30
2.1.3.4.7 Electroválvula de parada	31
2.1.3.5 Regulación del caudal de combustible	32
2.1.3.5.1 Sensor de posición del acelerador (APP)	32
2.1.3.5.2 Sensor de revoluciones del motor (CKP)	33
2.1.3.5.3 Medidor de masa de aire de película caliente (MAF)	34

2.1.3.5.4	Transmisor para temperatura de combustible	35
2.1.3.5.5	Sensor de temperatura del líquido refrigerante (ECT)	36
2.1.3.5.6	Sensor de altitud (sensor baro)	36
2.1.3.5.7	Conmutador de pedal de freno (BPP)	37
2.1.3.5.8	Conmutador de pedal de embrague (CPP)	38
2.1.3.5.9	Válvula de recirculación de gases de escape (EGR)	39
2.1.4	BOMBA ROTATIVA DE ÉMBOLOS RADIALES VP44	40
2.1.4.1	Partes:	40
2.1.4.2	Circuito de combustible de baja presión	41
2.1.4.3	Circuito de combustible de alta presión	42
2.1.4.4	Sensor de velocidad del árbol de levas de la bomba	43
2.1.4.5	Válvula solenoide de alta presión	44
2.1.4.6	Válvula de control de tiempo	46
2.1.4.7	Descripción del ECM y sensores	48
2.1.4.7.1	Módulo de control del motor (ECM)	48
2.1.4.7.2	Unidad de control de la bomba (PSG)	49
2.1.4.7.3	Sensor del caudal (MAF) y de temperatura de aire (IAT)	53
2.1.4.7.4	Sensor de posición del estrangulador (TPS).	54
2.1.4.7.5	Sensor de posición del cigüeñal (CKP)	55
2.1.4.7.6	Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)	56
2.1.4.7.7	Sensor de velocidad del vehículo (VSS)	57
2.1.4.7.8	Válvula de recirculación de gases de escape (EGR)	58
3.	METODOLOGÍA	62
3.1	DESARROLLO DEL PROYECTO	62

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL BANCO DIDÁCTICO	63
3.1.2 CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR	68
3.1.2.1 Bosquejo para la construcción del bastidor	68
3.1.2.2 Selección de materiales	69
3.1.2.3 Análisis estructural del banco	70
3.1.2.3.1 Cálculo peso del motor	70
3.1.2.3.2 Análisis de esfuerzos del bastidor	70
3.1.2.3.3 Cálculo de ruedas	72
3.1.2.3.4 Cálculo de la junta de soldadura	73
3.1.2.4 Proceso de soldadura del bastidor	73
3.1.2.5 Proceso de pintura electrostática de bastidor	74
3.1.2.6 Adecuación del motor	76
3.1.3 INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INSTRUMENTOS	83
3.1.4 SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR	87
3.1.5 MEDICIONES Y PRUEBAS EN EL BANCO DIDÁCTICO	92
3.1.5.1 Identificación de sensores y actuadores de la bomba	92
3.1.5.2 Mediciones de indicadores de control	95
3.1.5.3 Pruebas en la bomba de inyección en laboratorio	97
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	102
4.1 ANÁLISIS DE RELACIÓN DE COMPRESIÓN	102
4.2 ANÁLISIS DE BUJIAS DE PRECALENTAMIENTO	102
4.3 ANÁLISIS DE ADECUACIÓN DEL MOTOR	103
4.4 ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR	103
4.5 ANÁLISIS DEL RESERVORIO DE COMBUSTIBLE	103

4.6 ANÁLISIS DE SENSORES Y ACTUADORES DE LA BOMBA	104
4.7 ANÁLISIS DE LA RELACION PRESIÓN- VACÍO	105
4.8 ANÁLISIS DE LA BOMBA DE VACÍO	106
4.9 ANÁLISIS DE LA BOMBA EN EL LABORATORIO	106
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
5.1 CONCLUSIONES	108
5.2 RECOMENDACIONES	109
BLIBIOGRAFÍA	110
GLOSARIO DE TÉRMINOS	113
ANEXOS	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de identificación de pines del tablero	85
Tabla 2. Tabla de medición de la bomba de vacío	96
Tabla 3. Tabla de medición de presión de turbo.	96
Tabla 4. Tabla de medición de resistencia en el sensor de temperatura	96
Tabla 5. Tabla de medición de resistencia en el flotador del reservorio	97
Tabla 6. Tabla de ajuste de la bomba de inyección rotativa	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la Bomba Rotativa de Pistón Axial	4
Figura 2. Válvula reguladora de presión	4
Figura 3. Partes de la Bomba de alimentación de paletas	5
Figura 4. Despiece y partes de la Bomba de alta presión	6
Figura 5. Partes de la electroválvula de parada	7
Figura 6. Válvula estranguladora de rebose	8
Figura 7. Fase de entrada de combustible	9
Figura 8. Fase de alimentación de combustible	9
Figura 9. Fase de fin de alimentación	10
Figura 10. Partes del grupo Gobernador de rotación	11
Figura 11. Funcionamiento del variador de avance	12
Figura 12. Partes de la Bomba rotativa de émbolos radiales mecánica	14
Figura 13. Partes de la válvula reguladora	15
Figura 14. Funcionamiento de la válvula reguladora cuando ceba la bomba	16
Figura 15. Funcionamiento de la válvula reguladora para regular el caudal	16
Figura 16. Partes de la Bomba de alimentación de paletas	17
Figura 17. Fase de entrada de combustible	18
Figura 18. Fase de aumento y distribución del combustible	19
Figura 19. Electroválvula de paro.	20
Figura 20. Esquema del funcionamiento de la válvula dosificadora	20
Figura 21. Partes del regulador de velocidad	21
Figura 22. Esquema del regulador de velocidad en ralentí y parada	22
Figura 23. Esquema de Funcionamiento del avance automático	23
Figura 24. Partes de la Bomba de Inyección Rotativa COVEC-F	26
Figura 25. Partes del Actuador GE de la Bomba.	28
Figura 26. Sensor CSP	29
Figura 27. Funcionamiento de la Válvula de control de tiempo TCV	30
Figura 28. Funcionamiento de la electroválvula de parada de la Bomba	31

Figura 29. Sensor de posición de mariposa de aceleración APP	33
Figura 30. Sensor de posición del cigüeñal CKP	34
Figura 31. Sensor de masa de aire MAF y sensor IAT	35
Figura 32. Sensor de temperatura de combustible	35
Figura 33. Sensor de temperatura de refrigerante ECT	36
Figura 34. Sensor barométrico	37
Figura 35. Conmutador de pedal de freno BPP	38
Figura 36. Conmutador de pedal de embrague CPP	38
Figura 37. Válvula reguladora de vacío eléctrica	39
Figura 38. Partes de la Bomba Electrónica de émbolos radiales VP44	40
Figura 39. Esquema del circuito de combustible de baja presión	41
Figura 40. Esquema del circuito de combustible de alta presión	42
Figura 41. Sensor Goniométrico de la bomba	43
Figura 42. Funcionamiento de la válvula solenoide de alta presión cerrada	44
Figura 43. Funcionamiento de la válvula solenoide de alta presión abierta	45
Figura 44. Partes del sistema de control de tiempo	46
Figura 45. Válvula de Control de Tiempo (TCV)	47
Figura 46. Conector del Módulo de Control de la Bomba de Inyección	49
Figura 47. Oscilograma del Bus CAN HIGH del Módulo de la Bomba	50
Figura 48. Oscilograma del Bus CAN LOW del Módulo de la Bomba	50
Figura 49. Oscilograma de 2 canales del Bus CAN HIGH y Bus CAN LOW	51
Figura 50. Sensor MAF	53
Figura 51. Oscilograma del Sensor MAF	53
Figura 52. Sensor TPS	54
Figura 53. Oscilograma del Sensor de Posición del Estrangulador (TPS)	54
Figura 54. Ubicación del Sensor CKP	55
Figura 55. Oscilograma del Sensor CKP	56
Figura 56. Sensor de Temperatura de Refrigerante	56
Figura 57. Sensor de Velocidad VSS	57
Figura 58. Oscilograma del Sensor VSS	57

Figura 59. Válvula Reguladora de Vacío Eléctrica (EVRV) para EGR	58
Figura 60. Oscilograma de la Válvula Reguladora de Vacío Eléctrica (EVRV)	58
Figura 61. Relleno del orificio del cárter	64
Figura 62. Cañería de retorno de aceite del turbo concluida	65
Figura 63. Circuito eléctrico original del motor con bomba VP44	66
Figura 64. Circuito eléctrico básico para el encendido del motor.	67
Figura 65. Bosquejo del bastidor para el motor	69
Figura 66. Diagrama de fuerzas cortantes y momentos de vigas	71
Figura 67. Proceso de soldadura MAG	74
Figura 68. Bastidor del motor finalizado con la pintura electrostática	76
Figura 69. Vista del estado externo del motor	77
Figura 70. Limpieza del motor	77
Figura 71. Trabajo final de pintura del block	78
Figura 72. Montaje del motor en el bastidor	79
Figura 73. Tanque reservorio de combustible del motor	80
Figura 74. Sistema de escape adaptado	80
Figura 75. Radiador adaptado al motor	81
Figura 76. Trabajo final de adaptación del ventilador	82
Figura 77. Adaptación de poleas de la bomba de agua y alternador	83
Figura 78. Vista frontal de los sockets del tablero	84
Figura 79. Toma para el manómetro de presión e turbo	86
Figura 80. Toma a la salida de la bomba vacío para el vacuómetro.	87
Figura 81. Circuito eléctrico para el motor y tablero de instrumentos	89
Figura 82. Circuito eléctrico del para el motor y tablero	90
Figura 83. Trabajo final del panel de instrumentos del banco didáctico	91
Figura 84. Sensor de revoluciones	92
Figura 85. Potenciómetro de la bomba de inyección	93
Figura 86. Electroválvula de retorno de la bomba de inyección	94
Figura 87. Electroválvula de parada de la bomba de inyección	95
Figura 88. Despiece de la bomba de inyección rotativa	98

Figura 89. Bomba rotativa de inyección montada en el banco de pruebas 99

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Estado del motor al momento de la adquisición	115
ANEXO 2: Proceso de soldadura del soporte de las bases del motor	115
ANEXO 3: Centrado de las protecciones del bastidor	116
ANEXO 4: El motor montado en el bastidor con las protecciones	116
ANEXO 5: Banco didáctico terminado, con el tablero de instrumentos.	117

RESUMEN

El desarrollo del proyecto empezó por el estudio de la bibliografía en lo que se refiere a los sistemas de inyección diésel con bomba rotativa. Posteriormente para la realización del banco didáctico, se logró adquirir un motor diésel Chevrolet D-max, 2.5 cm^3 turbo, el cual poseía sistemas de inyección con bomba rotativa mecánica. Seguidamente se realizó la adecuación del mismo, ya que ciertas partes se encontraban deterioradas, así mismo se adaptó el turbo compresor. Una vez comprobado el buen funcionamiento del motor se procedió al trabajo de pintura para mejorar la estética del motor. Posteriormente con las dimensiones del motor, se construyó el bastidor, el tablero de instrumentos, y los soportes para las adaptaciones tales como el radiador, tanque de combustible. Finalmente se colocó la estructura todos los elementos para el funcionamiento del motor, en el panel de instrumentos se construyó el sistema eléctrico para el tablero, horómetro, y la parte eléctrica del motor, además del manómetro de presión del turbo y el vacuómetro para la bomba de vacío. Posteriormente se realizó, el análisis de las distintas mediciones, tanto en el banco como en la bomba de inyección, y de algunos elementos del motor, finalmente se obtuvieron las conclusiones y las recomendaciones derivadas del proyecto.

ABSTRACT

Development of the project began with the study of literature in regards to diesel injection systems with rotary pump. Then for the realization of educational bank, managed to acquire a diesel Chevrolet D -max, 2.5 cm^3 turbo, which had mechanical injection systems rotary pump motor. Then the suitability of the same was made, as certain parts were damaged, also the turbo compressor adapted . Once checked the motor operation proceeded to paint job to improve the aesthetics of the motor. Subsequently the dimensions of the engine, the frame, dashboard, and brackets for adaptations such as radiator, fuel tank was constructed. Finally the structure was placed all the elements for the operation of the engine in the instrument panel electrical system dash, hour meter, and power of the engine, in addition to the turbo pressure gauge and vacuum gauge to the pump was built vacuum. Subsequently, the analyzes of the different measurements, both the bank and the de injection pump, and some engine components, finally the conclusions and recommendations from the project were obtained.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Debido al calentamiento global, a la contaminación generada principalmente por los vehículos, y con el avance tecnológico en la industria automotriz, hoy en día se logró aplicar a los sistemas convencionales de inyección del motor diésel la gestión electrónica, tales como las bombas rotativas electrónicas, sistema common rail, etc.; y también la utilización de este tipo de motores en vehículos livianos.

El taller de ingeniería automotriz de nuestra universidad al momento no cuenta con el suficiente equipamiento en lo que respecta a la enseñanza de los motores diésel, por lo tanto los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz deben tener una enseñanza más prolija en lo que se refiere a los motores diésel.

El aumento de los vehículos diésel y el avance tecnológico en dichos vehículos, requiere profesionales bien capacitados y entrenados para la solución de problemas, es por ello que la instrucción dentro de la universidad es muy importante y un taller equipado con el cual los alumnos practiquen lo aprendido en teoría será fundamental para su desenvolvimiento en el ejercicio de su profesión.

Debido al aumento de la demanda de los vehículos con motores a diésel por su menor consumo y menor contaminación frente al motor de gasolina, es necesario que los alumnos tengan un amplio conocimiento de dichos motores, motivo por el cual he creído conveniente la realización del presente proyecto, de tal forma que el proyecto aporte con la formación práctica de los estudiantes.

Para el desarrollo del proyecto es necesario apoyarse en algunos métodos, tales como: el método bibliográfico el cual permite desarrollar de una mejor manera la teoría utilizada para el desarrollo del proyecto; el método deductivo

que permite realizar un estudio de los componentes del motor de manera individual y poder analizar y explicar el funcionamiento del motor diesel utilizado en el banco; y el método experimental con el cual nos apoyamos para la realización de las distintas pruebas y mediciones realizadas en los componentes del motor y adecuar el banco para la enseñanza didáctica a los estudiantes.

El objetivo principal del presente proyecto es construcción de un banco didáctico con un motor Chevrolet Luv D-max turbodiesel, para el taller de Ingeniería Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial, en el cual se construirá el bastidor en el cual estará montado el motor y un tablero con manómetros, tacómetro, horómetro, luces testigos, palanca de aceleración, switch de encendido.

Como objetivos específicos, se pretende verificar en un banco en un didáctico todos los elementos de teoría, mecánicos, electrónicos, eléctricos y de logística que se conjugan para el funcionamiento real y apropiado del banco de un motor diésel de Chevrolet D-max turbo diésel; estudiar los componentes principales en el sistema de inyección de un motor diesel comercializado en la actualidad en nuestro país de una manera real y práctica, y analizar si los conocimientos teóricos con respecto al funcionamiento de un motores diésel y sus elementos principales se cumplen en la práctica. Comprobar de una manera real si el banco en mención cumple las condiciones necesarias para enseñanza y comprobación de funcionamiento de un motor diésel.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

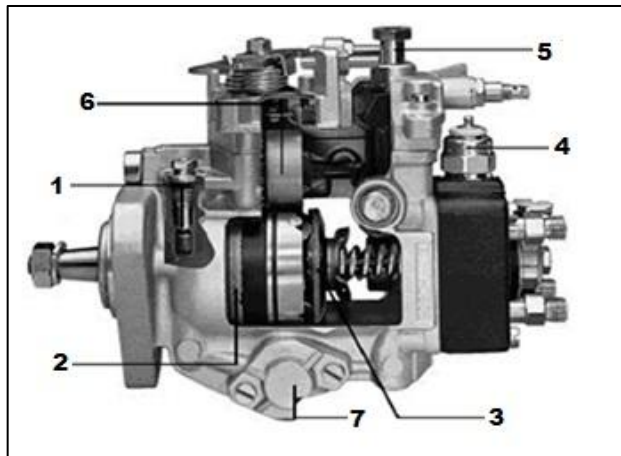
2.1 EVOLUCIÓN DE LAS BOMBAS ROTATIVAS

2.1.1 BOMBA ROTATIVA DE ÉMBOLOS AXIALES

2.1.1.1 Características de la bomba

- ✓ Menor Tamaño que la Bomba en Línea.
- ✓ Menor peso que la Bomba en Línea.
- ✓ Es utilizada en vehículos livianos y pesados (hasta 350 hp).
- ✓ Costo de adquisición inicial Menor que la Bomba en Línea.
- ✓ Costo de reparación Menor que la Bomba en Línea.
- ✓ Posee un solo elemento de bombeo, proporcionando caudal homogéneo.
- ✓ Tipo distribuidor (Cabezal Hidráulico).
- ✓ Menor Ruido y Mayor régimen que una Bomba en Línea.
- ✓ Variador de Avance Hidráulico.
- ✓ La Bomba de Alimentación se encuentra dentro del cuerpo de la Bomba y pueden ser de Paletas o Engranajes.
- ✓ El elemento de Bombeo posee movimiento rotacional (360°) y axial.
- ✓ La Bomba posee movimiento circular permanente en un solo sentido.
- ✓ El Disco de Levas da movimiento axial y es movida por un eje.
- ✓ Los Portarrodillos son fijos.
- ✓ La Corredera de Regulación controla el Caudal.
- ✓ Posee Electroválvula para el corte de la Inyección.

2.1.1.2 Partes de la bomba



1 Válvula Reguladora de Presión

5 Válvula Estranguladora de Rebose

2 Bomba de Alimentación (paletas)

6 Grupo Regulador de Velocidad

3 Conjunto pistón axial

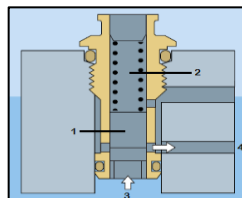
7 Variador de Avance

4 Electroválvula de Parada

Figura 1. Partes de la Bomba Rotativa de Pistón Axial

(Aficionados a la mecánica, 2011)

2.1.1.2.1 Válvula reguladora de presión



1 Émbolo

3 Combustible a presión

2 Muelle

4 Retorno a la bomba

Figura 2. Válvula reguladora de presión

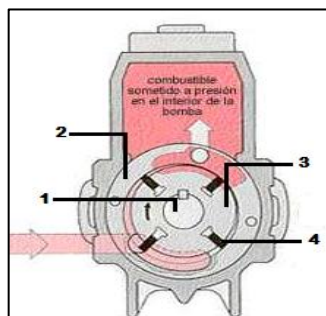
(BOSCH, 2006)

Esta válvula es de tipo corredera, tarada por el muelle (2), con lo que se puede variar la presión en el interior de la bomba de inyección de acuerdo al caudal de combustible que se alimente. Cuando la presión de combustible excede un determinado valor (3), el muelle es vencido haciendo que el émbolo (1) se desplace hacia arriba liberando el paso de combustible (Figura 2), de forma que pueda retornar a la entrada de la bomba de alimentación de paletas (4). (BOSCH, 2006)

2.1.1.2.2 Bomba de alimentación de paletas

Está montada en el eje de la bomba y sus funciones principales son:

- ✓ Subministrar caudal
- ✓ Proporcionar presión para el variador de avance
- ✓ Proporcionar presión en marcha mínima
- ✓ Producir presión para el sistema de inyección.



1 Eje impulsor

3 Rotor

2 Anillo excéntrico

4 Paleta

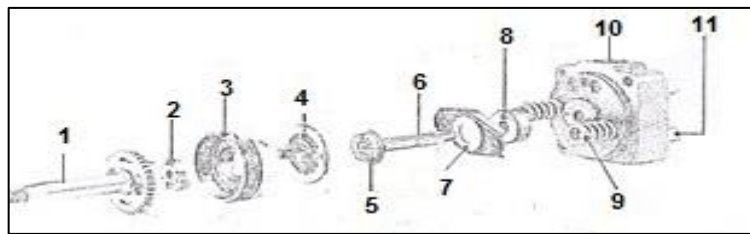
Figura 3. Partes de la Bomba de alimentación de paletas

(Aficionados a la mecánica , 2011)

La bomba de paletas (Figura 3) está localizada alrededor del eje de impulsión (1) de la bomba de inyección. Cuando el eje gira la fuerza centrífuga empuja las cuatro paletas del rotor (3) hacia la pared interior del anillo excéntrico (2). El combustible empuja las paletas (4) desde su borde interior, manteniéndolas en

contacto permanente con el anillo excéntrico (2). El combustible entra a través del conducto de entrada producto de la depresión del cuerpo de la bomba, y llena el espacio formado por la paleta (4) y el lado interior del anillo excéntrico (2). El movimiento de rotación hace que el combustible entre las paletas sea forzado a la salida y a través de un pasaje hacia el interior de la bomba de alta presión. (Aficionados a la mecánica , 2011)

2.1.1.2.3 Conjunto pistón axial



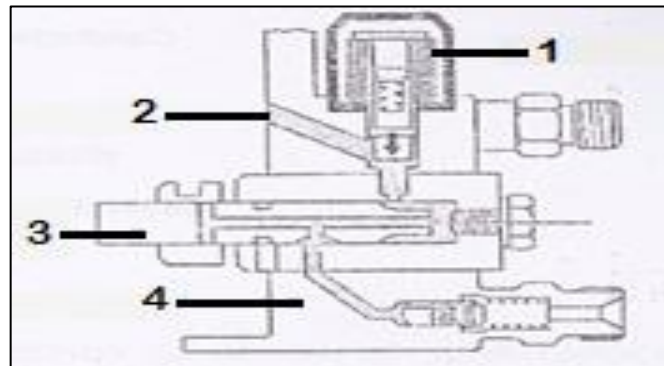
- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1 Eje de impulsión | 7 Elemento de conexión |
| 2 Yugo | 8 Manguito de control |
| 3 Porta rodillos | 9 Resorte de retorno |
| 4 Plato de levas | 10 Cabezal distribuidor |
| 5 Base de émbolo | 11 Racor de la salida de la válvula |
| 6 Émbolo de distribución | |

Figura 4. Despiece y partes de la Bomba de alta presión
(Hyundai Motor Company, 2007)

La función de la bomba de paletas (Figura 4) es generar la alta presión necesaria para la inyección y distribución del combustible a cada uno de los inyectores. El movimiento rotatorio del eje conductor es transferido al embolo distribuidor (6) mediante un acople. Los acoples del plato de levas (4) y el eje conductor se acoplan con su rebaje en el yugo (2), ubicado entre el extremo del eje conductor del plato de levas. El plato de levas (4) es forzada contra el porta rodillos mediante un resorte (8), los lóbulos de la leva se mueven sobre el porta rodillos (3) y convierten el movimiento rotacional del eje conductor en

movimiento rotatorio recíproco del plato de levas. El émbolo de distribución (6) está apoyado en la placa de las levas mediante una base cilíndrica de ajuste (5) y se fija al plato de levas mediante un pasador. El embolo distribuidor (6) es forzado a moverse en sentido del cabezal distribuidor a su Punto Muerto Superior por las levas del plato de levas (4), y los 2 resortes del retorno del embolo (9), que lo fuerzan nuevamente hacia atrás a la posición de Punto Muerto Inferior. (Los resortes de retorno del embolo (9) se apoyan en un extremo del cabezal de distribución (10) y con el otro extremo fuerzan al embolo a través de un elemento de conexión (7)). (Hyundai Motor Company, 2007)

2.1.1.2.4 Electroválvula de parada



- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1 Solenoide | 2 Conducto de entrada |
| 3 Émbolo de distribución | 4 Cabezal de distribución |

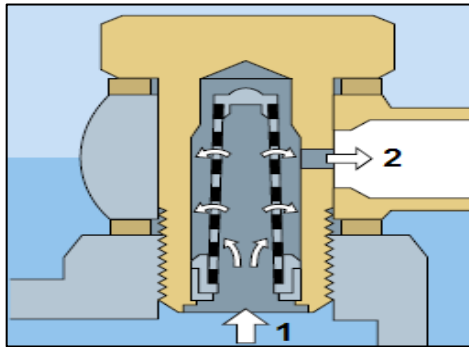
Figura 5. Partes de la electroválvula de parada

(Hyundai Motor Company, 2007)

Su función es cortar el paso de combustible que entra en la cámara de alta presión de la bomba, es una electroválvula normalmente abierta. Cuando el motor está en funcionamiento, el solenoide (1) permanece energizado y la válvula mantiene abierto el conducto hacia la cámara de alta presión de la bomba (2). Cuando el encendido es puesto en OFF (apagado), la corriente al solenoide (1) se corta, el campo magnético colapsa y el resorte fuerza al

inducido y cono de sellado contra el asiento de la válvula, esto cierra el puerto de entrada hacia la cámara de alta presión (2), el embolo de la bomba rotativa deja de suministrar combustible y el motor se detiene (Figura 5). (BOSCH, 2006)

2.1.1.2.5 Válvula estranguladora de rebose



1 Combustible a presión

2 Retorno al depósito

Figura 6. Válvula estranguladora de rebose

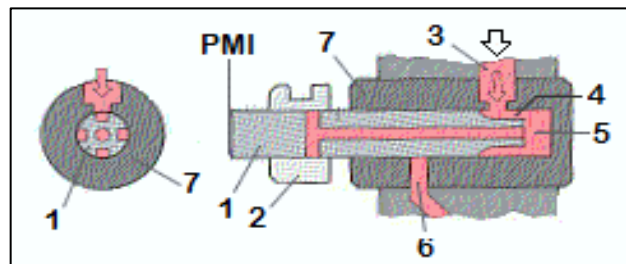
(BOSCH, 2006)

La mayor parte del volumen que ingresa a la bomba retorna a lado de la aspiración por medio de la válvula de regulación, el restante fluye por el interior de la bomba, donde una parte va a los inyectores y la otra retorna al depósito por medio de un tornillo hueco ubicado en la parte superior de la bomba, (Figura 6) mantiene la presión en el interior de la bomba. (BOSCH, 2006)

2.1.1.3 Funcionamiento de la bomba rotativa de émbolos axiales

La carrera del émbolo de distribución y las fases de distribución muestran la medición de combustible en un cilindro del motor. El suministro de combustible desde la bomba de inyección es un proceso que comprende varias fases:

2.1.1.3.1 Entrada de combustible



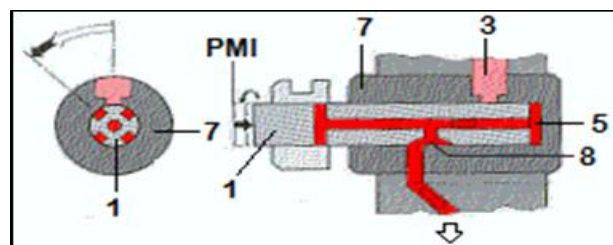
- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| 1 Émbolo distribuidor | 4 Ranura de control |
| 2 Corredera o manguito de regulación | 5 Recinto de alta presión |
| 3 Canal de entrada | 6 Canal de salida |
| | 7 Cabezal distribuidor |

Figura 7. Fase de entrada de combustible

(Alonso, 2001)

Con el émbolo (1) en posición de Punto Muerto Inferior (PMI), a través del canal de entrada (3) y la ranura de control (4), el combustible ingresa al recinto de alta presión (5). (Figura 7). (Alonso, 2001)

2.1.1.3.2 Inyección de combustible



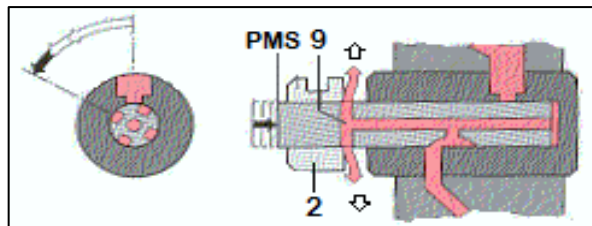
- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1 Émbolo distribuidor | 7 Cabezal distribuidor |
| 3 Canal de entrada | 8 Ranura de distribución |
| 5 Recinto de alta presión | |

Figura 8. Fase de alimentación de combustible

(Alonso, 2001)

Durante la carrera del Punto Muerto Inferior (PMI) al Punto Muerto Superior (PMS) el émbolo cierra el canal de entrada (3), sometiendo a presión el combustible en el recinto de alta presión (5). Durante el movimiento giratorio del émbolo (1) la ranura de distribución (8) coincide con uno de los orificios de la cabeza distribuidora (7) alimentando al inyector que le corresponde, en este momento la corredera de regulación o manguito (2) se encuentra totalmente cerrada (Figura 8). (Alonso, 2001)

2.1.1.3.3 Fin de la inyección



2 Manguito de regulación

9 Orificios de descarga

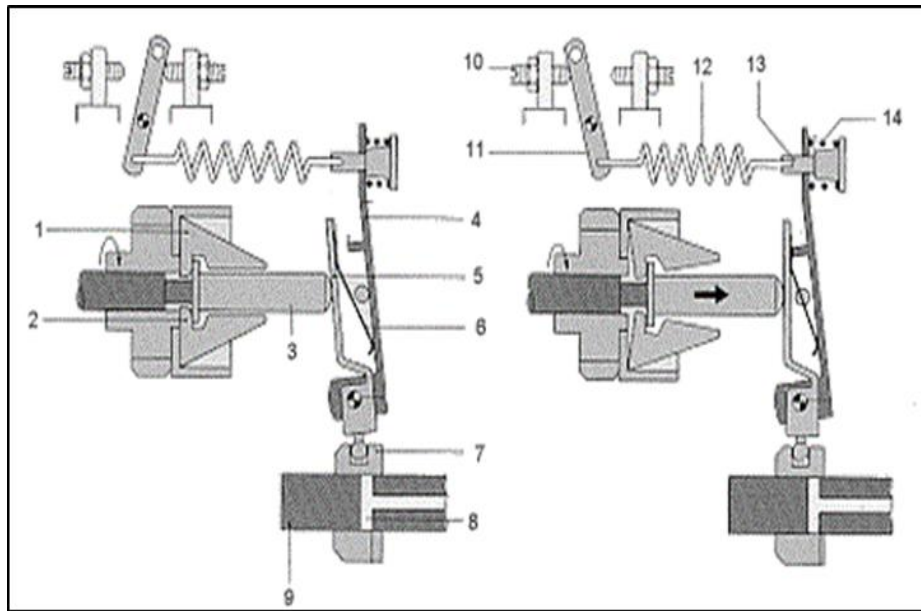
Figura 9. Fase de fin de alimentación

(Alonso, 2001)

La alimentación de combustible termina cuando la corredera de regulación o manguito (2) abre los orificios de descarga (9), en este momento la presión disminuye (Figura 9). La cantidad de combustible inyectado depende de la posición de la corredera o manguito (2). (Alonso, 2001)

2.1.1.4 Grupo regulador de rotación (gobernador)

La calidad de manejo de un vehículo equipado con motor diésel puede decirse que es satisfactoria cuando el motor responde inmediatamente a la exigencia del conductor desde el pedal del acelerador. En un motor diésel el gobernador de la bomba de inyección cumple con este requerimiento. (Hyundai Motor Company, 2007)



- | | |
|--|--|
| 1-2 Pesos centrífugos | 9 Embolo distribuidor |
| 3 Manguito regulador | 10 Tornillo de ajuste régimen del ralentí. |
| 4 Palanca tensora | 11 Palanca de control de todo régimen |
| 5 Palanca de arranque | 12 Muelle de regulación |
| 6 Muelle de arranque | 13 Perno de fijación |
| 7 Corredera de regulación | 14 Muelle de ralentí |
| 8 Taladro de mando del émbolo distribuidor | |

Figura 10. Partes del grupo Gobernador de rotación

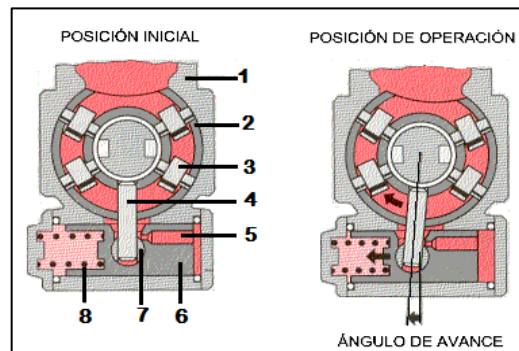
(Alonso, 2001)

Como se observa en la Figura 11 los pesos centrífugos (1-2) y su carcasa, el muelle de regulación (12) y el grupo de palancas (4-5), son movidos por el eje de arrastre de la bomba. Estos giran sobre el eje de regulación solidario del cuerpo de la bomba. El movimiento radial de los pesos centrífugos (1-2) se convierte en desplazamiento axial del manguito regulador (3). La fuerza del manguito regulador (3) y su recorrido influyen en la posición del mecanismo regulador, compuesto por las palancas de ajuste (5), tensora (4) y de arranque.

La palanca de ajuste gira sobre un pivote alojado en el cuerpo de la bomba y se puede graduar mediante el tornillo de ajuste de caudal de alimentación (10). Las palancas de sujeción y de arranque (5) pivotan también sobre la de ajuste. (Alonso, 2001)

La palanca de arranque (5) dispone en su parte inferior de una rotula que actúa sobre la corredera de regulación (7), la que en su parte superior tiene el muelle de arranque (6). En la parte superior de la palanca tensora (4) va fijado el muelle de ralentí (14) por medio de un perno de retención (13), al que también va enganchado el muelle de regulación (12). La palanca de control (11) y el eje de está forman la unión con la que regula el régimen. La posición del mecanismo de regulación queda definida por la interacción de las fuerzas del muelle de regulación (12) y el manguito regulador (3). El movimiento de control se transmite a la corredera de regulación (7) y de esta forma se determina el caudal de alimentación del émbolo distribuidor (9). (Alonso, 2001)

2.1.1.5 Variador de avance



1	Cuerpo de la bomba	5	Orificio del émbolo
2	Porta rodillos	6	Émbolo de avance
3	Rodillo	7	Bloque deslizante
4	Vástago	8	Muelle

Figura 11. Funcionamiento del variador de avance

(Aficionados a la mecánica, 2011)

El dispositivo de tiempo controlado hidráulicamente (Figura 12) esta ubicado en la parte inferior del cuerpo de la bomba. Formando un ángulo recto con el eje longitudinal de la bomba, donde su émbolo esta libre para moverse en el cuerpo de la bomba. (Hyundai Motor Company, 2007)

Hay un orificio en el extremo del émbolo de tiempo (6) del variador a través del cual ingresa el combustible, en el otro extremo del émbolo (6) está sometido a un muelle (8). El émbolo de tiempo (6) esta conectado con el porta rodillos (2) mediante un bloque deslizante (7) y un pasador de manera que el movimiento del émbolo de avance (6) puede convertirse en movimiento rotacional del porta rodillos (2), el émbolo de avance (6) esta fijo en la posición inicial por efecto del muelle (8). Durante el funcionamiento, la válvula de control de presión regula la presión dentro de la bomba, la que es proporcional al movimiento del motor, como resultado, la presión del combustible dependiente de la velocidad del motor es aplicada al extremo opuesto del muelle del émbolo de avance (6). Alrededor de 300 rpm, la presión de combustible dentro de la bomba supera la precarga del muelle (8) moviendolo al émbolo de avance (6) a la izquierda, y con esto el bloque deslizante (7) y el vástago (4) que conecta con el porta rodillos (2). El porta rodillos (2) gira con el movimiento del vástago (4) y la posición relativa del porta rodillos (2) con el plato de levas cambia, adelantando en el accionamiento de las levas y con ello el avance del tiempo de la inyección. (Hyundai Motor Company, 2007)

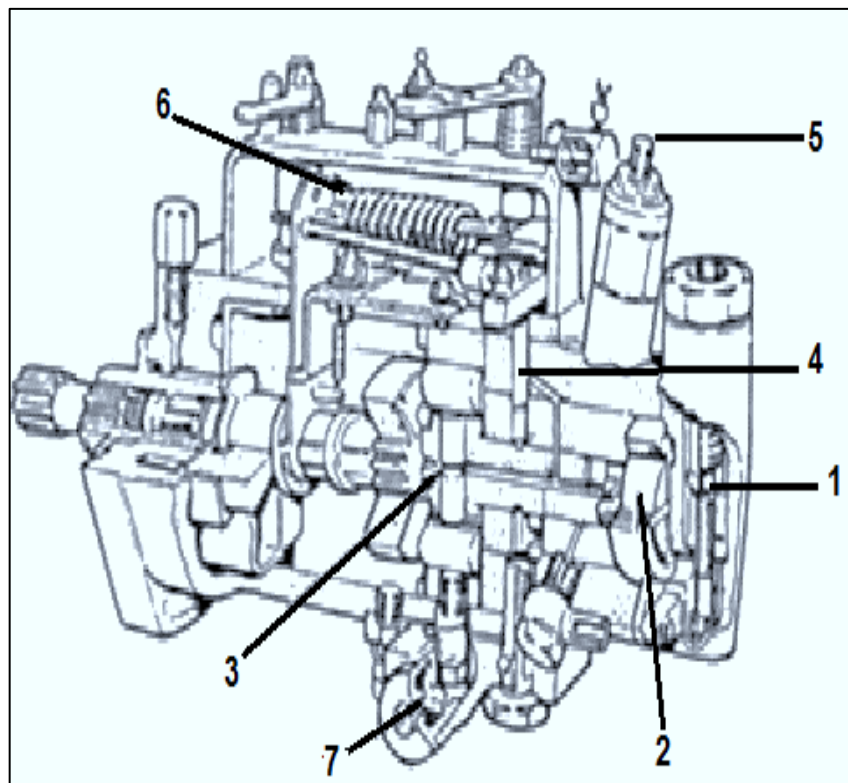
2.1.2 BOMBA ROTATIVA DE ÉMBOLOS RADIALES MECÁNICA

2.1.2.1 Características de la bomba

- ✓ La Bomba de Transferencia está en la parte delantera (paletas).
- ✓ Posee dos émbolos de bombeo (ubicados en un embolo principal o distribuidor).
- ✓ Posee un anillo de levas.
- ✓ El embolo principal o distribuidor solo tiene un movimiento rotacional.

- ✓ La modificación del caudal de inyección se realiza por medio de una Válvula Dosificadora.
- ✓ Produce mayor presión de inyección que una Bomba Rotativa de Embolo Axial.
- ✓ El Variador de Avance es de tipo hidráulico.
- ✓ El Regulador de Velocidad puede ser de tipo Hidráulico o Centrífugo.

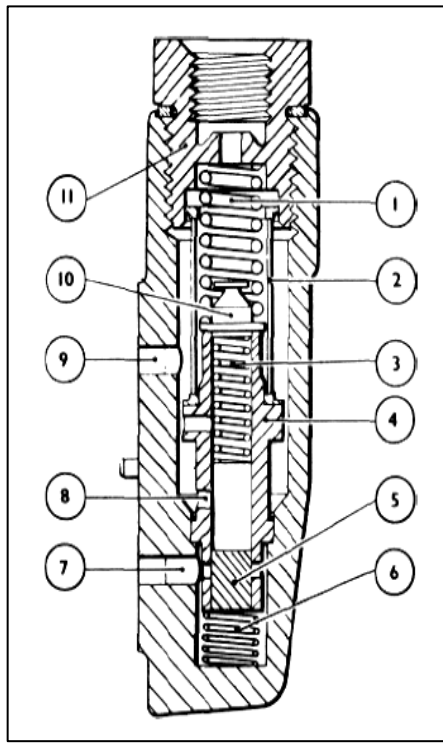
2.1.2.2 Partes de la bomba de inyección



- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1 Válvula reguladora | 5 Electroválvula de paro |
| 2 Bomba de Paletas | 6 Regulador de velocidad |
| 3 Émbolos radiales | 7 Variador de avance |
| 4 Válvula dosificadora | |

Figura 12. Partes de la Bomba rotativa de émbolos radiales mecánica
(MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

2.1.2.2.1 Válvula reguladora



- 1 Muelle de Retención
- 2 Filtro de Nylon
- 3 Muelle de Regulación
- 4 Manguito de la Válvula
- 5 Pistón de regulación
- 6 Muelle de Cebado
- 7 Conductor de Combustible
- 8 Lumbrera de Regulación
- 9 Conductor de Combustible a la entrada de la Bomba de Transferencia
- 10 Guía de Resorte
- 11 Conexión a la Entrada de Combustible

Figura 13. Partes de la válvula reguladora
(MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

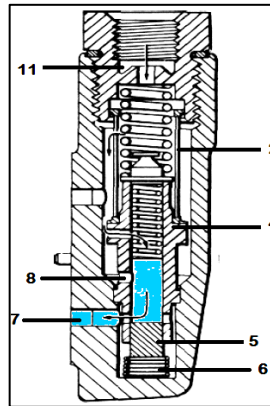


Figura 14. Funcionamiento de la válvula reguladora cuando ceba la bomba
(MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

Cuando se ceba la bomba de inyección (Figura 15) antes del giro, el combustible es forzado hacia la conexión de entrada (11) por el conducto del filtro de nylon (2). El combustible entra en el manguito de la válvula (4) y actúa sobre la cara superior del pistón de regulación (5), el pistón de regulación (5) es empujado hacia abajo, comprimiendo el muelle de cebado (6) dejando al descubierto la lumbrera de regulación (8), por la cual pasa el combustible al lado de salida de la bomba de transferencia (7) y a su vez dentro de la cabeza hidráulica. (MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

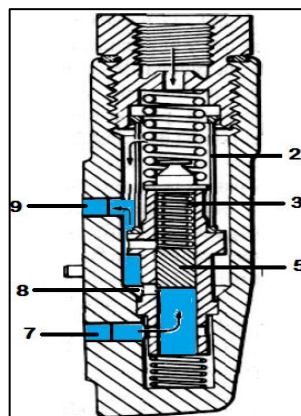
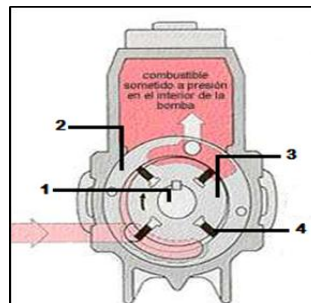


Figura 15. Funcionamiento de la válvula reguladora para regular el caudal
(MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

En la Figura 16, el combustible que ingresa en la placa de extremo, a la presión de alimentación, pasa por el filtro de nylon (2) hacia el conductor de combustible a la entrada de la bomba de transferencia (9). La presión de transferencia se transmite a la parte inferior del pistón de regulación (5) a través del conductor de combustible (7) y lo fuerza hacia arriba, a esta fuerza se opone la presión ejercida por el muelle de regulación (3). Como la presión de transferencia crece cuando se incrementa la velocidad del motor, el pistón de regulación (5) es empujado hacia arriba comprimiendo el muelle de regulación (3), este movimiento va descubriendo la lumbrera de dosificación (8) y regula la presión de transferencia, permitiendo que el caudal de combustible dosificado vuelva a la admisión de la bomba. (MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

2.1.2.2 Bomba de alimentación de paletas

Está montada en la parte delantera de la bomba a diferencia de la bomba rotativa de émbolos axiales.



1 Eje impulsor

3 Rotor

2 Anillo excéntrico

4 Paleta

Figura 16. Partes de la Bomba de alimentación de paletas

(Aficionados a la mecánica , 2011)

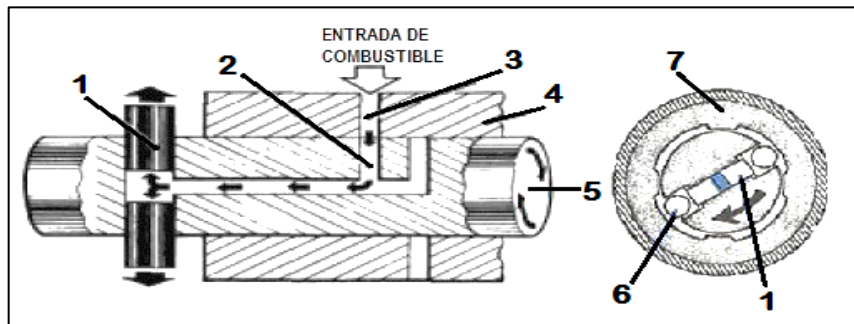
La bomba de paletas (Figura 17) está localizada alrededor del eje de impulsión (1) de la bomba de inyección. Cuando el eje gira la fuerza centrífuga empuja las

cuatro paletas del rotor (3) hacia la pared interior del anillo excéntrico (2). El combustible empuja las paletas (4) desde su borde interior, manteniéndolas en contacto permanente con el anillo excéntrico (2). (Aficionados a la mecánica , 2011)

El combustible entra a través del conducto de entrada producto de la depresión del cuerpo de la bomba, y llena el espacio formado por la paleta (4) y el lado interior del anillo excéntrico (2). El movimiento de rotación hace que el combustible entre las paletas sea forzado a la salida y a través de un pasaje hacia el interior de la bomba de alta presión. (Aficionados a la mecánica , 2011)

2.1.2.2.3 Conjunto de Émbolos Radiales

2.1.2.2.3.1 Entrada de combustible



1 Émbolos radiales

2 Lumbrera del dosificador

3 Lumbrera de admisión

4 Cabezal distribuidor

5 Rotor

6 Rodillos

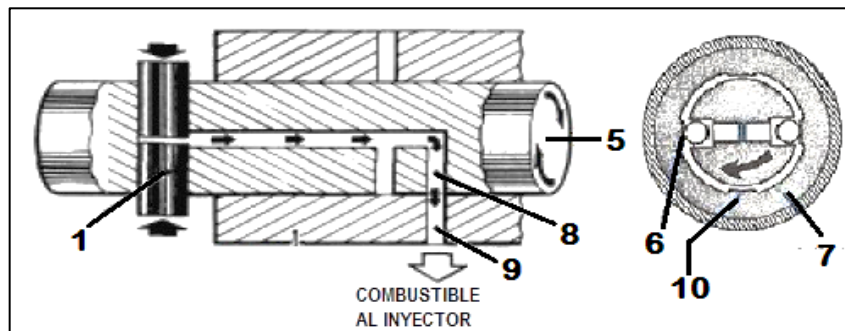
7 Anillo de levas

Figura 17. Fase de entrada de combustible
(MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

Al girar el rotor (5), una lumbrera de admisión (2) maquinada en el cabezal distribuidor se enfrenta con la lumbrera del eje dosificador (3), el combustible a

presión de alimentación fluye dentro del conducto central del rotor y separa los émbolos (1), en este momento los rodillos (6) no coinciden con las levas del anillo de levas (7) como se muestra en la Figura 18. El valor de desplazamiento de los émbolos (1) viene determinado por la cantidad de combustible se suministra la válvula dosificadora. (Alonso, 2001)

2.1.2.2.3.2 Aumento de presión y distribución de combustible



1 Émbolos radiales

8 Lumbrera distribuidora

5 Rotor

9 Lumbrera de salida

6 Rodillos impulsores

10 Levas

7 Anillo de levas

Figura 18. Fase de aumento y distribución del combustible

(MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

Los rodillos impulsores (6) siguen el contorno interno del anillo de levas (7), la lumbrera de admisión (2) cierra al continuar el giro y la única lumbrera distribuidora (8) del rotor se enfrenta con una de las lumbreras de salida (9) de la cabeza hidráulica, los rodillos impulsores (6) entran en contacto con los lóbulos de las levas (7) y los émbolos (1) son empujados hacia adentro enviando al combustible, a alta presión, hacia los inyectores, como se muestra en la Figura 19. (Alonso, 2001)

2.1.2.2.4 Electroválvula de paro

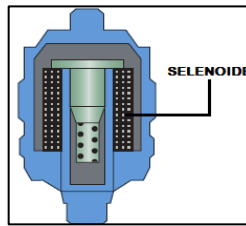


Figura 19. Electroválvula de paro.
(BOSCH, 2006)

Esta electroválvula (Figura 20) está roscada a la cabeza hidráulica, cuando se quita la corriente de la electroválvula, el campo magnético colapsa, el resorte fuerza al inducido hacia abajo, cortando el paso de combustible a la válvula dosificadora. (BOSCH, 2006)

2.1.2.2.5 Válvula dosificadora

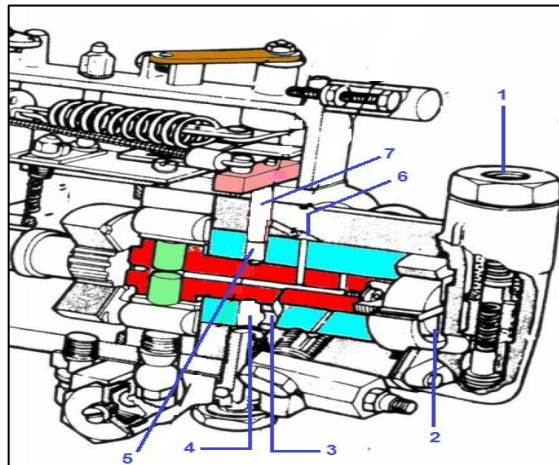
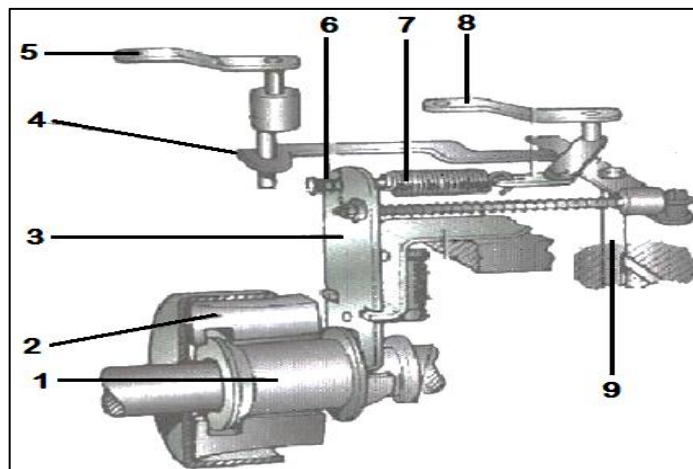


Figura 20. Esquema del funcionamiento de la válvula dosificadora
(iessirradeguara)

El combustible ingresa a través de la válvula reguladora (1) hacia la bomba de transferencia (2). La bomba de transferencia eleva a un determinado nivel de

presión el combustible. La presión de transferencia no permanece constante si no que aumenta con la velocidad de régimen del motor. El combustible a presión de transferencia, pasa a través del conducto (3) de la cabeza hidráulica, a la ranura anular del rotor (4) y de ahí a la cámara que aloja la válvula dosificadora (7), la cual controla el caudal de combustible a través de la lumbrera de dosificación (6). La zona efectiva de la lumbrera de dosificación (6) está determinada por el movimiento de la válvula dosificadora (7), la cual se encuentra normalmente cerrada, y es comandada por la palanca de aceleración y el regulador. Cuando el combustible pasa a través de la ranura de dosificación, se produce una caída de presión, la cual se conoce como presión de dosificación (Figura 21). (MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

2.1.2.2.6 Regulador de velocidad



- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1 Manguito de empuje | 6 Muelle de marcha lenta |
| 2 Contrapesos | 7 Muelle de ralentí |
| 3 Brazo regulador | 8 Muelle de mando |
| 4 Barra de pare | 9 Palanca de obturación |
| 5 Palanca de pare | 10 Válvula dosificadora |

Figura 21. Partes del regulador de velocidad
(MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

Las variaciones de la velocidad en el motor y en la bomba, originan un movimiento en los contrapesos (2) por la fuerza centrífuga, el cual se transmite al manguito de empuje (1) y desde este al brazo regulador (3). Este brazo regulador (3), durante la marcha lenta es presionado por el muelle de marcha lenta o de ralentí (6) y a velocidades más altas por el muelle principal de mando (7) .Figura 22. (MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

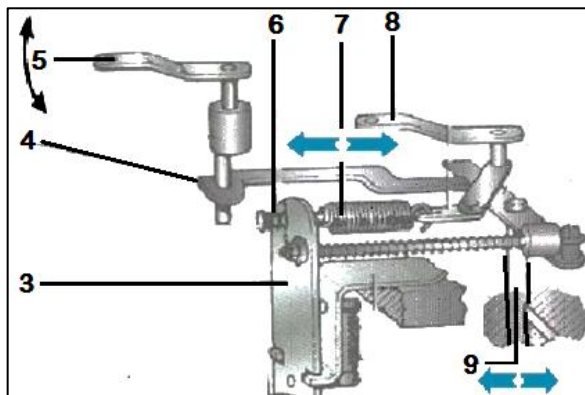


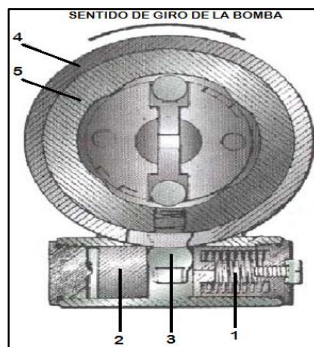
Figura 22. Esquema del regulador de velocidad en ralentí y parada
(MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

En la marcha lenta o ralentí (Figura 53) se elimina la tensión del muelle principal (7) y el muelle de ralentí (6) da un control a bajas revoluciones. En cualquier momento el motor puede pararse por medio de la palanca de paro (5). La barra de paro (4) pasa por encima del regulador y hace girar a la válvula dosificadora (9) a la posición de cierre de combustible, independientemente de la posición de la palanca de obturación (8). (MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

Un aumento de la velocidad del motor (Figura 57), como consecuencia de una disminución de la carga del mismo, originara que las contrapesas (2) se muevan hacia fuera transmitiendo movimiento al manguito de empuje (1), este movimiento hace girar la válvula dosificadora (9) hacia la posición de mínimo caudal y la velocidad del motor disminuye como consecuencia del menor suministro de combustible. La velocidad del motor disminuye, las contrapesas

(2) se mueven hacia adentro, originando un aumento en el suministro ya que la válvula retorna a la posición inicial. Al tensar el muelle principal (7) proporciona una mayor resistencia al movimiento del brazo de empuje (3) bajo la influencia de las contrapesas (2) del regulador, por lo que aumento de tensión como resultado de una mayor abertura de la palanca de obturación (8) el brazo de empuje (3) actuara a revoluciones más altas. (MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

2.1.2.2.7 Variador de avance



- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1 Muelle | 4 Cuerpo de la bomba |
| 2 Émbolo | 5 Anillo de levas |
| 3 Extremo de bola | |

Figura 23. Esquema de Funcionamiento del avance automático
(MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

En el dispositivo de avance automático (Figura 24) el émbolo (2) se desliza libremente dentro del cilindro y transmite movimiento por medio del tornillo de mando con extremo de bola (3) al anillo de levas (5), con lo cual se puede mover la posición del anillo de levas (5) dentro del cuerpo de la bomba (4) y de esta manera variar el avance. Al extremo opuesto del émbolo (2) se encuentra un muelle (1) el cual ejerce presión al émbolo (2) para mantener el anillo de levas (5) en posición totalmente retardada. El combustible a presión de

transferencia entra en el dispositivo a través de un conducto practicado por el tornillo que fija el dispositivo sobre el cuerpo de la bomba (4) y actúa sobre el dispositivo. (MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

La presión de transferencia aumenta conforme aumenta la velocidad del motor, la presión se ejerce sobre el émbolo (2) venciendo la tensión del muelle (6) y mueve el anillo de levas (5) por medio del extremo de bola (3) a la posición totalmente avanzada. Cuando la velocidad del motor disminuye, la presión de transferencia disminuye, el émbolo (2) y el anillo de levas (5) se mueven a la posición retardada por la acción del muelle (1). (MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL, 2007)

2.1.3 BOMBA ROTATIVA DE ÉMBOLOS AXIALES COVEC-F

2.1.3.1 Introducción

El desarrollo del motor diésel automotriz está en primer lugar controlado para producir emisiones de escape limpias, economía mejorada de combustible y optimización del funcionamiento del motor. (Hyundai Motor Company, 2007)

Estas estipulaciones producen demandas cada vez más estrictas sobre la inyección de combustible, estas demandas se cumplen con el sistema COVEC-F (Computerized VE Pump Control System Full) (Sistema de Control Totalmente Computarizado de la Bomba VE). Este sistema está equipado con mediciones electrónicas, así como, un procesamiento flexible de datos y un control de circuito cerrado con actuadores eléctricos. (Hyundai Motor Company, 2007)

La Bomba COVEC-F subministra la cantidad de inyección más apropiada en relación a la posición del acelerador, incrementando el torque con menor aceleración, mejorando rendimiento de la potencia. (Hyundai Motor Company, 2007)

La bomba COVEC-F, detecta las variaciones de velocidad en cada combustión del motor durante el ralentí, y en respuesta a esto controla la posición del manguito para aumentar o reducir la cantidad de inyección de combustible, de esta forma se reduce las vibraciones y mejora el confort. (Hyundai Motor Company, 2007)

La Bomba COVEC-F controla la cantidad de combustible con precisión para prevenir la generación de humo sin afectar adversamente la respuesta del motor. (Hyundai Motor Company, 2007)

2.1.3.2 Características

- ✓ La entrada de combustible y el suministro de la presión en estas Bombas es idéntico a las Bombas rotativas convencionales.
- ✓ Esta bomba cuenta con un gobernador controlado electrónicamente.
- ✓ El avance de la bomba es controlado electrónicamente.
- ✓ Los actuadores de la bomba de inyección son comandados por la unidad de control del motor (ECM).
- ✓ La bomba posee sensor de velocidad de la misma.
- ✓ Esta bomba siempre está equipada con una válvula de sobre flujo.

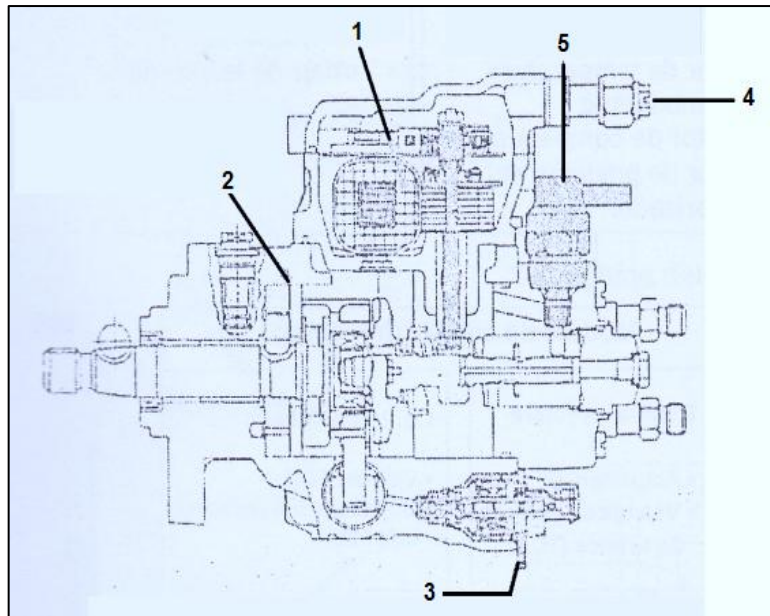
2.1.3.3 La electrónica en el control de la bomba COVEC-F

El control electrónico se divide en tres bloques de sistemas:

1. Sensores para registrar las condiciones de operación. Una amplia variedad de condiciones físicas se convierten en señales eléctricas.
2. Modulo del control ECM con un microprocesador que procesa la información de acuerdo con un algoritmo específico de control y produce salidas de acuerdo con las señales eléctricas.

3. Actuadores que convierten las señales eléctricas de la salida del ECM en cantidades mecánicas.

2.1.3.4 Partes de la bomba



- 1 Actuador GE
- 2 Sensor Np
- 3 Válvula de control de tiempo (TCV) y Sensor de posición del temporizador
- 4 Válvula de alivio
- 5 Electroválvula de paro

Figura 24. Partes de la Bomba de Inyección Rotativa COVEC-F
(Hyundai Motor Company, 2007)

La entrada de combustible y el suministro de presión en este tipo de bomba son idénticos a las Bombas Rotativas de Inyección convencionales. El interior de la bomba está separado en una cámara de gobernador, donde se desarrolla el control de la cantidad de inyección de combustible y la cámara de la bomba

donde se controla la entrada y suministro de combustible. (Hyundai Motor Company, 2007)

2.1.3.4.1 Sensor Np

Una rueda dentada acoplada al eje conductor (Figura 59) se usa para detectar la velocidad de la bomba. La rotación de la rueda dentada es captada por el Sensor de velocidad de la Bomba (Np). Este sensor es de tipo inductivo el cual está compuesto por un imán permanente, un polo de hierro y una bobina. El cambio magnético varía con el movimiento de la rueda dentada y el voltaje que se genera se detecta como una señal de velocidad. El número de proyecciones de la rueda dentada corresponde al número de cilindros del motor. (Hyundai Motor Company, 2007)

2.1.3.4.2 Válvula de alivio

En la Bomba COVEC-F la válvula de sobre flujo esta siempre equipada con la válvula de alivio con el fin de prevenir el sobre flujo hasta alcanzar una presión determinada. La válvula de sobre flujo está ubicada en la cara de la cubierta del Actuador GE. (Hyundai Motor Company, 2007)

2.1.3.4.3 Sensor de posición del temporizador (TPS)

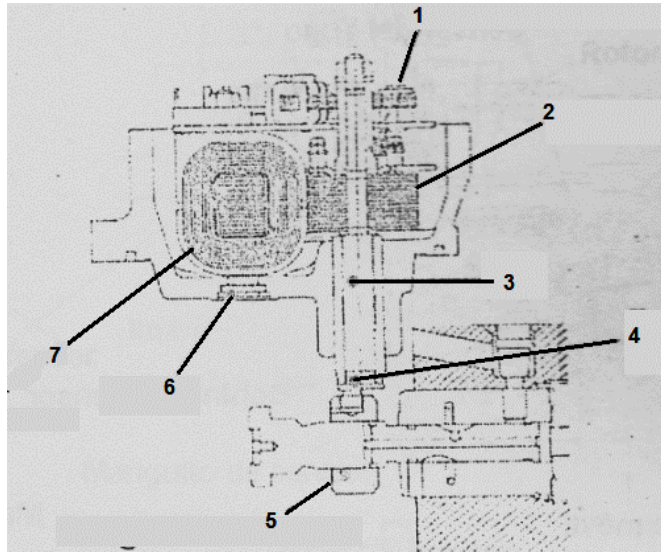
Esta provista de un sensor de Posición de Temporizador (TPS) en la parte inferior de la bomba de inyección para detectar la posición del temporizador. (Hyundai Motor Company, 2007)

2.1.3.4.4 Módulo de control

Este módulo está instalado en el vehículo. La unidad de control recibe las señales de información detectadas por cada sensor, basándose en esta información el Modulo de Control (ECM) ejecuta los cálculos comparativos usando los valores fijos programados y luego instantáneamente despacha las

señales óptimas de control para cada sección de control. (Hyundai Motor Company, 2007)

2.1.3.4.5 Actuador ge (gobernador electrónico)



- | | |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1 Resorte de retorno | 5 Manguito de control o corredera |
| 2 Rotor y núcleo | 6 Imán |
| 3 Eje | 7 Bobina del sensor |
| 4 Pasador de bola | |

Figura 25. Partes del Actuador GE de la Bomba.

(Hyundai Motor Company, 2007)

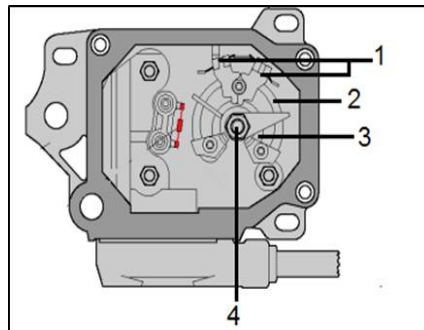
El gobernador GE (Figura 26) está adherido a la cámara del gobernador en la parte superior de la bomba de inyección.

La cámara del gobernador y la cámara de la bomba están conectadas por medio de un filtro magnético.

La punta del eje que se acopla al rotor está equipada con un pasador de bola excéntrico al eje, este pasador de bola se inserta en un orificio del manguito de control o corredera. A diferencia de la Bomba convencional, es tipo de Bomba

ajusta la cantidad de inyección de combustible en forma electromagnética. La posición del manguito de control es detectada por el sensor de posición del manguito de control y retroalimenta a la Unidad de Control (ECM). (Hyundai Motor Company, 2007)

Cuando se energiza la bobina, el núcleo genera un flujo magnético que hace girar el rotor dentro de un rango específico. (Hyundai Motor Company, 2007)



1 Bobinas del sensor

3 Placa móvil

2 Placa fija

4 Eje

Figura 26. Sensor CSP

(MAICO I.C.S.A, 2003)

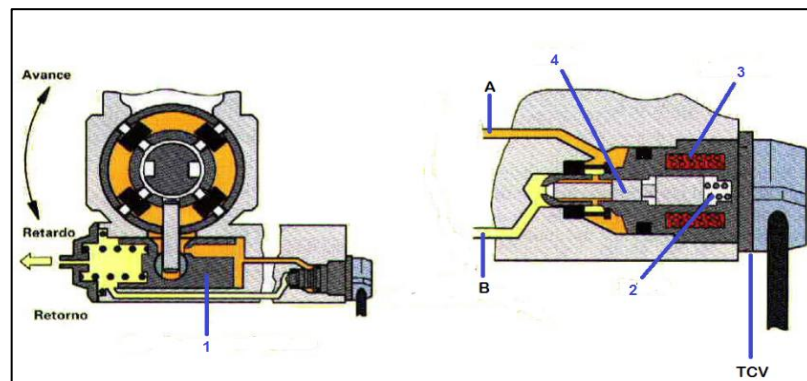
La intensidad de flujo magnético generado por la bobina está determinada por la cantidad de corriente, el rotor gira hasta que la intensidad magnética del núcleo se iguala a la intensidad del resorte de retorno del rotor. El sensor de posición del manguito de control o corredera (CPS) (Figura 27) es de tipo inductivo y detecta el ángulo rotacional. (Hyundai Motor Company, 2007)

Este está instalado en la parte superior del Actuador GE para detectar si la posición específica del manguito de control (ángulo de rotación del rotor) de acuerdo a la corriente está en la posición correcta. (Hyundai Motor Company, 2007) El sensor de posición del manguito de control (CPS) está formado por el yugo del sensor, una bobina sensora. Una placa móvil una placa fija.

La placa móvil está conectada al eje y gira directamente con este. La placa fija compensa la temperatura inducida por las variaciones de inductancia. El sensor de posición del manguito de control convierte las diferencias de inductancia de las bobinas superior e inferior en ángulos y envía la señal de vuelta a la Unidad de Control (ECM). La Unidad de Control (ECM) compara el ángulo objetivo con el ángulo actual medio y compensa la corriente de manera que el ángulo corresponda al ángulo objetivo. (Hyundai Motor Company, 2007)

La articulación esférica excéntrica empuja en vaivén la corredera reguladora movable axialmente en el émbolo distribuidor. Al hacerlo, la sección reguladora puede estar totalmente abierta (desconexión) y totalmente cerrada. (Hyundai Motor Company, 2007)

2.1.3.4.6 Válvula de control de tiempo (TCV)



1 Émbolo corrector de avance

3 Bobinado

2 Muelle

4 Émbolo

Figura 27. Funcionamiento de la Válvula de control de tiempo TCV

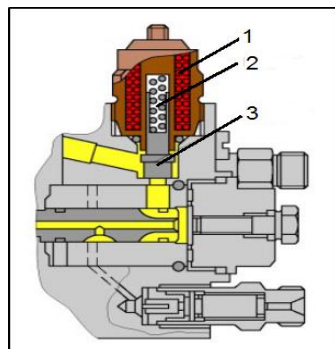
(MAICO I.C.S.A, 2003)

La válvula de control de tiempo (TCV) (Figura 28) está localizada en la parte inferior de la Bomba de inyección. Dos orificios (A y B) en el cuerpo de la bomba conectan a la TCV. El orificio A conecta el pistón del temporizador de la cámara de alta presión con el lado de la entrada de combustible de la TCV. Hay

un filtro instalado en esta entrada para impedir el ingreso de partículas. (Hyundai Motor Company, 2007)

El orificio B conecta la cámara de baja presión del pistón del temporizador a la salida de combustible en la salida de la TCV. Instalada entre la cámara desde la bomba de alimentación y la cámara del pistón temporizador, la TCV ajusta la presión en la cámara de alta presión abriendo y cerrando la aguja. Cuando no hay flujo de corriente la TCV, la punta de la aguja divide completamente las cámaras de alta y baja presión. Junto con esto el soporte de los rodillos gira para variar el tiempo de inyección. El tiempo de inyección puede por lo tanto ser modificado utilizando el porcentaje de relación de trabajo ON-OFF de la corriente que fluye a la TCV. Por lo tanto el tiempo de inyección es controlado por esta relación de trabajo. Todas las características y señales de control son procesadas con el porcentaje de relación de trabajo de la señal de control de la TCV. Además. La frecuencia de las señales de control de la TCV pueden ser modificadas para que concuerde con la frecuencia de la velocidad de la bomba. (Hyundai Motor Company, 2007)

2.1.3.4.7 Electroválvula de parada



1 Bobina

3 Inducido

2 Muelle

Figura 28. Funcionamiento de la electroválvula de parada de la Bomba

(MAICO I.C.S.A, 2003)

Está ubicada en la parte superior de la bomba, tiene como función el corte de la alimentación de combustible, es comandada directamente por la unidad de control. Válvula normalmente cerrada, al excitar la bobina es atraída el inducido venciendo la tensión del resorte (Figura 29) dando paso al combustible. Al quitar el contacto se interrumpe el suministro de corriente a la bobina, haciendo que el inducido retorne obstruyendo el paso de combustible haciendo que el motor se pare inmediatamente. (MAICO I.C.S.A, 2003)

2.1.3.5 Regulación del caudal de combustible

La unidad de control electrónica regula el dosificador de combustible por medio de señales, modificando el caudal de inyección, el par motor y el confort de marcha.

A partir de un valor de diagrama memorizado se especifica la cantidad de combustible a inyectar mediante las señales proporcionadas por los sensores los cuales se describen a continuación:

- ✓ Sensor de Posición del acelerador TPS
- ✓ Sensor de Masa de aire MAF
- ✓ Sensor de altitud MAP
- ✓ Sensor de Temperatura del líquido refrigerante ECT
- ✓ Sensor de Posición pedal de freno BPP (Brake pedal position)
- ✓ Sensor de Posición pedal de embrague CPP (Clutch pedal position)
- ✓ Sensor de Núm. revoluciones del motor CKP
- ✓ Sensor de temperatura de combustible EFT
- ✓ Sensor de la velocidad de la bomba VSS

2.1.3.5.1 Sensor de posición del acelerador (APP)

El transmisor de posición del pedal del acelerador (Figura 30) es el encargado de transmitir la posición exacta del acelerador a la unidad de control y con esta

señal reconoce el deseo momentáneo del conductor. En caso de fallo del emisor, la unidad de control adopta una función de emergencia que consiste en mantener el motor acelerado a unas 1.300 rpm. para así poder circular con el vehículo hasta un taller cercano. La señal de 2 potenciómetros emisores del pedal del acelerador es básica para el cálculo del caudal de inyección. Esta señal a su vez se emplea para limitar la presión de sobrealimentación y la regulación de la recirculación de gases de escape (E.G.R.). (MAICO I.C.S.A, 2003)

Posee 4 pines:

PIN 1: Alimentación 5V.

PIN 2: Masa del sensor.

PIN 3: Alimentación 5V.

PIN 4: Masa del sensor

PIN 5: Señal 1

PIN 6: Señal 2



Figura 29. Sensor de posición de mariposa de aceleración APP

2.1.3.5.2 Sensor de revoluciones del motor (CKP)

El número de revoluciones del motor es un parámetro de gran importancia para el cálculo del caudal de inyección y el comienzo de la inyección.

El transmisor es de tipo generador, es decir genera un pulso eléctrico en cada uno de los cuatro destajes que posee el volante, con el cual se capta la posición angular del cigüeñal, la unidad de control evalúa los 4 impulsos para calcular el valor momentáneo en el que se encuentra el cigüeñal (Figura 31). En caso de fallos en este transmisor, la unidad de control conectara un funcionamiento de emergencia, tomando la señal del transmisor de recorrido de la aguja como valor sustituto. (MAICO I.C.S.A, 2003)

Posee 2 pines:

PIN 1: Generador

PIN2: Generador



Figura 30. Sensor de posición del cigüeñal CKP

2.1.3.5.3 Medidor de masa de aire de película caliente (MAF)

El sensor MAF (Figura 32) está situado entre el filtro de aire y el colector de admisión. Tiene como finalidad principal informar a la unidad de control la cantidad de aire aspirada por el motor, con objeto de calcular la cantidad de combustible a suministrar. Dependiendo del tipo de gestión, este sensor puede resultar base para el cálculo de la cantidad de combustible a inyectar. (MAICO I.C.S.A, 2003)

Posee 3 pines:

PIN 1: Masa

PIN 2: 12 Voltios

PIN 3: Señal 5 V



Figura 31. Sensor de masa de aire MAF y sensor IAT

2.1.3.5.4 Transmisor para temperatura de combustible

Su función es transmitir a la unidad de control la temperatura del combustible dentro de la bomba, la temperatura es muy importante porque la densidad del combustible depende directamente de la temperatura. A partir de esta señal la unidad de control calcula el caudal de combustible y el comienzo de la inyección. (MAICO I.C.S.A, 2003)

Posee 2 pines:

PIN 1: Señal tensión 5 V

PIN 2: Masa del sensor

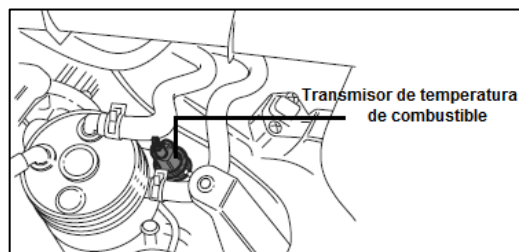


Figura 32. Sensor de temperatura de combustible

(Barbadillo)

2.1.3.5.5 Sensor de temperatura del líquido refrigerante (ECT)

Este transmisor (Figura 34) se encuentra en el tubo del refrigerante, este sensor proporciona el valor momentáneo de temperatura del refrigerante a la unidad de control para aumentar el avance y el caudal de combustible en frío, y limitar la potencia en caso de temperatura muy alta. Este sensor es de tipo NTC (Coeficiente negativo de temperatura). (MAICO I.C.S.A, 2003)

Posee 2 Pines:

PIN 1: Masa

PIN 2: Señal 5V



Figura 33. Sensor de temperatura de refrigerante ECT

2.1.3.5.6 Sensor de altitud (sensor baro)

El transmisor de altitud (Figura 35) puede estar integrado en la unidad de control, la medición se efectúa directamente en la unidad de control. El transmisor de altitud contiene un elemento constructivo de piezoeléctrico que al actuar una fuerza, el cristal piezoeléctrico libera una tensión. Esta tensión es una medida para la presión atmosférica. La presión atmosférica está en función de la altitud geográfica, es decir, al aumentar la altitud disminuye la presión

atmosférica. A fin de evitar la formación de humo negro, al disminuir la presión atmosférica se delimitan la presión de sobrealimentación y la recirculación de gases de escape. (MAICO I.C.S.A, 2003)

Posee 3 pines:

PIN 1: Masa del sensor

PIN 2: Tensión 5V

PIN 3: Señal

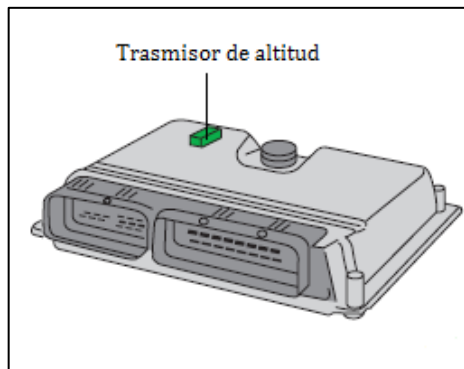


Figura 34. Sensor barométrico
(Barbadillo)

2.1.3.5.7 Conmutador de pedal de freno (BPP)

El conmutador (Figura 36) transmite la señal freno accionado a la unidad de control electrónica. La evaluación de las dos señales proporciona doble seguridad en el sistema total. La evaluación de la señal se efectúa para el corte de combustible en régimen de deceleración, mejora de la estabilidad de marcha y control de la plausibilidad de las señales del transmisor del acelerador y del conmutador de ralentí. (MAICO I.C.S.A, 2003)

Posee 2 pines:

PIN 1: Masa

PIN 2: Tensión 12 V

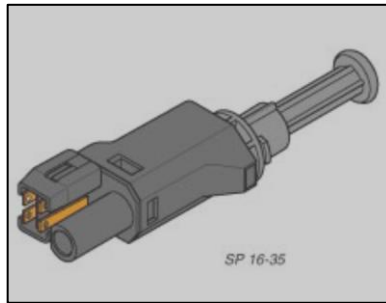


Figura 35. Conmutador de pedal de freno BPP
(MAICO I.C.S.A, 2003)

2.1.3.5.8 Conmutador de pedal de embrague (CPP)

Este conmutador (Figura 37) esta montad directamente en el pedal del embrague, transmitiendo la posición momentánea del embrague a la unidad de control. Se utiliza para suavizar el movimiento del motor cuando se suelta el embrago tanto en aceleración como en desaceleración, mientras este accionado el pedal del embrague la cantidad de combustible se reduce.
(MAICO I.C.S.A, 2003)

Posee 2 pines:

PIN 1: Masa

PIN 2: Tensión 12 V

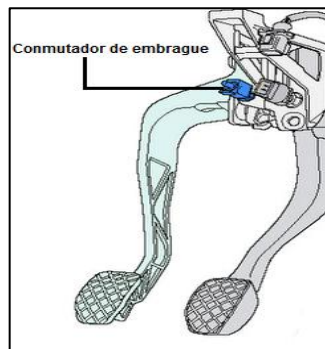


Figura 36. Conmutador de pedal de embrague CPP
(Fbelectronica)

2.1.3.5.9 Válvula de recirculación de gases de escape (EGR)

La electroválvula de paso transforma las señales procedentes de la unidad de control en una depresión de mando para la válvula mecánica EGR (Figura 38). Tiene la misión de dosificarla cantidad de gases de escape que son puestos en recirculación mediante la regulación del vacío que llega hasta la válvula mecánica EGR para activarla. El valor para la regulación de la cantidad de recirculación de gases de escape se calcula a partir de un diagrama característico en función de los valores de la masa de aire aspirado, el número de revoluciones del motor, la cantidad de combustible a inyectar y activa si la temperatura del motor sobrepasa 50°C.

A temperaturas bajas, el sistema de recirculación de gases de escape permanece desconectado. La recirculación de gases de escape está activada sólo por debajo de las 3000 rpm, a revoluciones más altas tiene lugar una disminución drástica de las emisiones de óxidos de nitrógeno. (MAICO I.C.S.A, 2003)

Esta válvula posee 2 pines:

PIN 1: Masa Transferida (ECM)

PIN 2: Tensión de 12 V

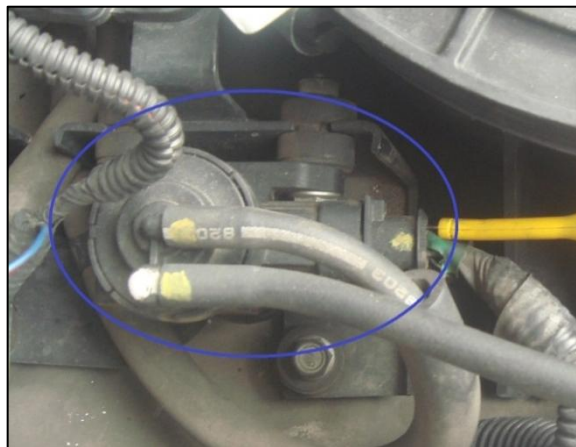
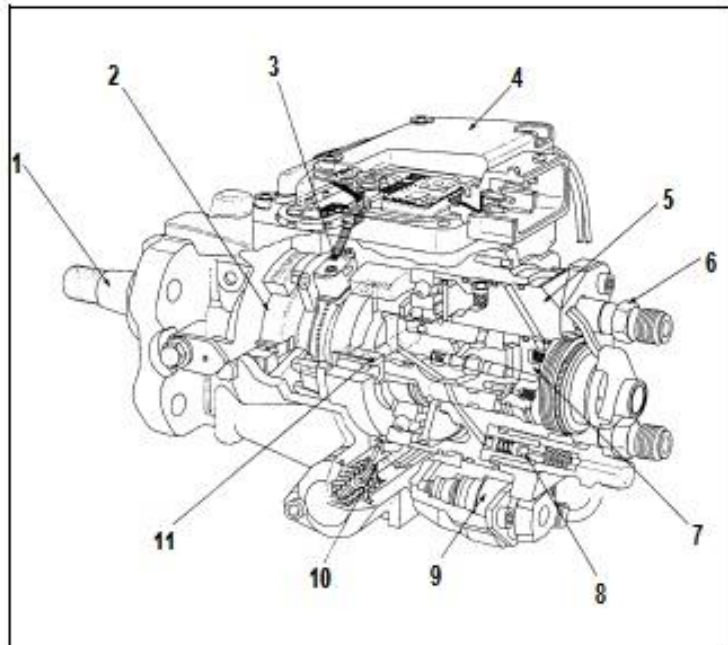


Figura 37. Válvula reguladora de vacío eléctrica

2.1.4 BOMBA ROTATIVA DE ÉMBOLOS RADIALES VP44

2.1.4.1 Partes:



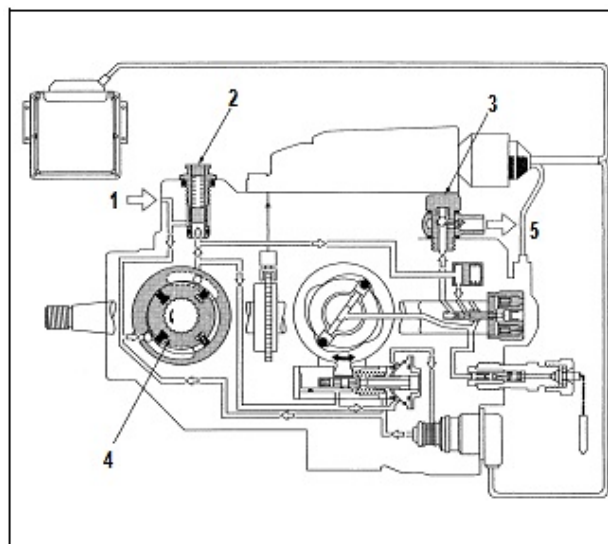
- 1 Eje de accionamiento
- 2 Bomba de alimentación
- 3 Sensor de velocidad del eje de levas de la Bomba
- 4 Unidad de control de la bomba (PSG)
- 5 Cabezal Distribuidor
- 6 Soporte de la válvula reguladora de presión constante (CPV)
- 7 Válvula solenoide de alta presión
- 8 Válvula reguladora de presión constante (CPV)
- 9 Válvula de control de tiempo (TCV)
- 10 Variador de avance
- 11 Bomba de alta presión de pistón radial

Figura 38. Partes de la Bomba Electrónica de émbolos radiales VP44
(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

La Bomba de Inyección tipo distribuidor de pistón radial utiliza una corona de excéntricos para la inyección de combustible a altas presiones.

Esta Bomba ha sido desarrollada para suministrar presiones más altas de inyección de combustible y el tiempo de inyección más apropiados para satisfacer las demandas de fiabilidad, maniobrabilidad, bajas emisiones de humo, reducción de ruido alta potencia, y emisiones de gases transparentes del motor. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.2 Circuito de combustible de baja presión



1 Succión de combustible

4 Bomba de Alimentación

2 Válvula Reguladora

5 Al depósito de combustible

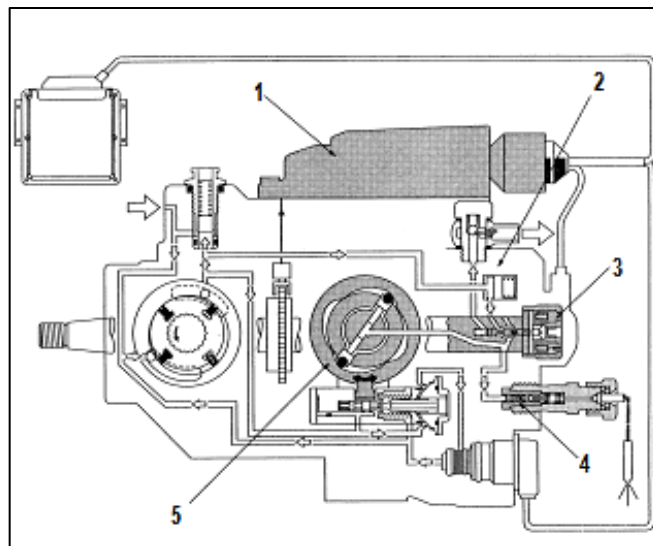
3 Válvula de Rebose

Figura 39. Esquema del circuito de combustible de baja presión

(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

El circuito de baja presión debe suministrar suficiente combustible al circuito de alta presión. Los principales componentes son la bomba de alimentación, válvula reguladora y la válvula de rebose como se muestra en la Figura 40. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.3 Circuito de combustible de alta presión



1 Unidad de Control de la Bomba

2 Cabezal distribuidor

3 Válvula solenoide de alta presión

4 Válvula reguladora de presión constante

5 Bomba de alta presión de pistón radial

Figura 40. Esquema del circuito de combustible de alta presión

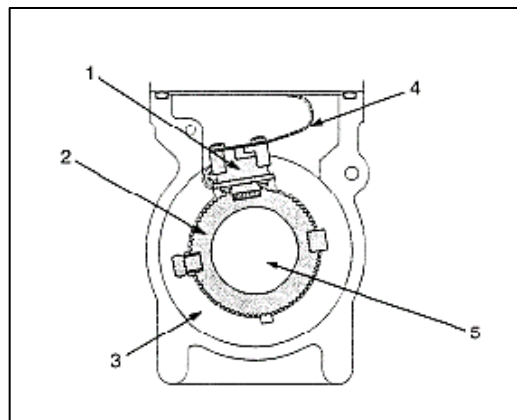
(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

A demás del dispositivo generador de alta presión, el circuito de alta presión (Figura 41) también se compone de los conductos de combustible, y los dispositivos destinados a fijar el comienzo de la inyección y de la cantidad de combustible a inyectar. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

Los principales componentes son:

- ✓ Generación de alta presión: Bomba de alta presión de pistón radial
- ✓ Distribución de combustible: Cabezal Distribuidor
- ✓ Comienzo de la inyección: Dispositivo temporizador o Variador
- ✓ Prevención de segunda inyección: Válvula reguladora de presión constante

2.1.4.4 Sensor de velocidad del árbol de levas de la bomba



- | | |
|--|--|
| 1 Sensor de velocidad del árbol de levas de la Bomba | 3 Anillo de sujeción del sensor de la árbol de levas de la Bomba |
| 2 Rueda sensora | 4 Arnés flexible del conector |
| | 5 Eje de accionamiento |

Figura 41. Sensor Goniométrico de la bomba
(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

Cuando el árbol del motor gira, el sensor de velocidad del árbol de levas (1) de la Bomba recibe una señal de la rueda del sensor (2), y se envía un pulso eléctrico a través del arnés flexible de conexión (4) a la Unidad de Control de la Bomba (PSG) (Figura 42). A partir de estas señales, la Unidad de Control de la Bomba (PSG) puede determinar la velocidad media y la velocidad instantánea de la bomba. El sensor de velocidad del árbol de levas de la bomba se monta en la corona de excéntricos. De esta manera, la relación entre la corona de excéntricos y la señal del sensor es constante.

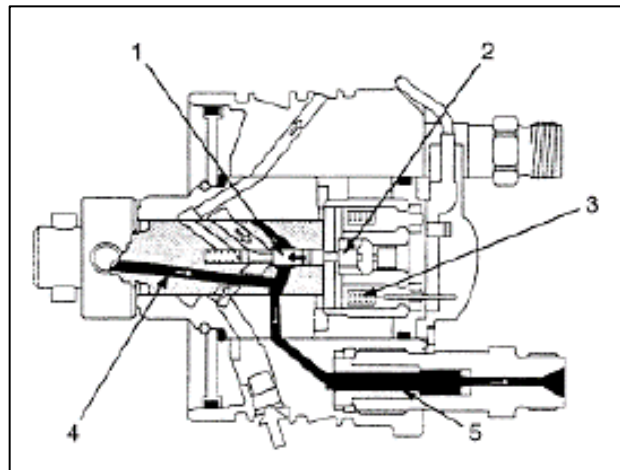
La señal del sensor de la velocidad del árbol de levas se utiliza para los siguientes fines:

- ✓ Determinar la posición angular instantánea de la corona de excéntricos.

- ✓ Calcular la velocidad angular de la Bomba de inyección de combustible.
- ✓ Para determinar la posición real del pistón temporización.

La señal del sensor de posición del árbol de levas de la bomba presenta una indentación, y el sensor de posición del cigüeñal (CKP), situado en la caja del volante, se usa como señal de referencia del Punto Muerto Superior (PMS) para el inicio de la emisión de combustible o de inyección que hay que fijar. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.5 Válvula solenoide de alta presión

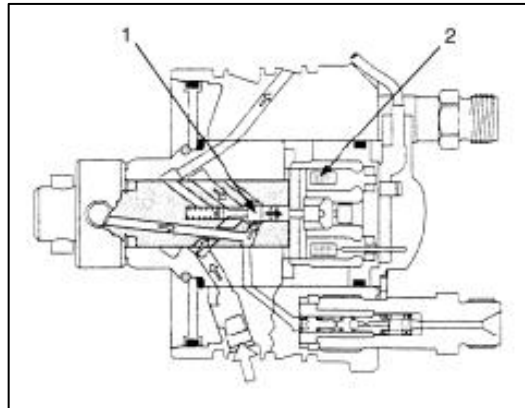


- | | | | |
|---|---------------------|---|--------------------------|
| 1 | Aguja de la válvula | 3 | Bobina |
| 2 | Anclaje del imán | 4 | Conducto de alta presión |

Figura 42. Funcionamiento de la válvula solenoide de alta presión cerrada
(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

El control de la cantidad de inyección de combustible se efectúa desde que se empieza a aplicar la presión al principio de la elevación de las levas, hasta que la válvula solenoide de alta presión (Figura 43) se abre al final de la aplicación de la presión. Este momento recibe el nombre de intervalo de aplicación de

presión, por lo tanto, el intervalo durante el cual la válvula solenoide de alta presión permanece cerrada, determina la cantidad de inyección de combustible (el suministro de combustible a alta presión termina cuando se abre la válvula solenoide de alta presión. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)



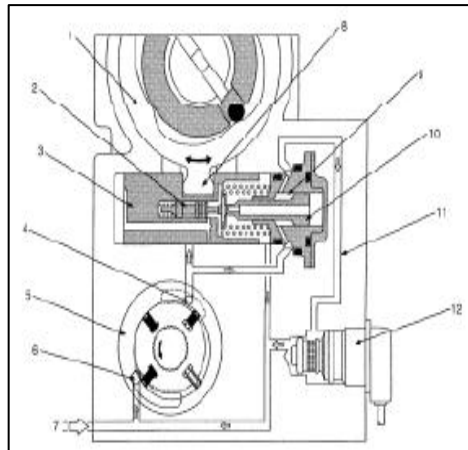
- 1 Aguja de la válvula
- 2 Bobina

Figura 43. Funcionamiento de la válvula solenoide de alta presión abierta
(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

Cuando fluye corriente desde la unidad de control de la bomba (PSG) a la bobina de la válvula solenoide de alta presión, el anclaje del imán (un núcleo de hierro móvil) empuja la aguja de la válvula (1) hacia el asiento de la válvula. Cuando el asiento de la válvula queda completamente cerrado por la aguja de la válvula (1), el paso del combustible desde el conducto de alta presión hasta el circuito de baja presión queda cerrado. La presión de combustible en el conducto de alta presión se eleva rápidamente por la elevación del pistón radial, y el combustible a alta presión es lanzado a través de la válvula reguladora de la presión constante o válvula de retención (CPV) hacia el conjunto de soporte de la boquilla, e inyectado en el cilindro del motor. Cuando se alcanza la cantidad de inyección de combustible demandada por el motor, se corta la corriente de la bobina, y la aguja de la válvula vuelve a abrir el asiento. Como

resultado, se abre un camino para que el combustible del conducto de alta presión pase al circuito de baja presión, y la presión disminuye (Figura 44). Con la caída de presión de inyección, la boquilla se cierra y la inyección termina. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.6 Válvula de control de tiempo



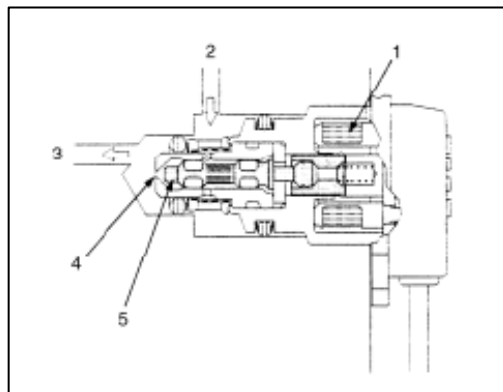
- | | |
|--------------------------|--|
| 1 Anillo de levas | 8 Vástago de bola |
| 2 Servo válvula | 9 Cámara anular |
| 3 Pistón temporizador | 10 Émbolo hidráulico |
| 4 Salida de combustible | 11 Conducto de retorno de combustible. |
| 5 Bomba de alimentación | 12 Válvula de Control de Tiempo (TCV) |
| 6 Entrada de combustible | |
| 7 Succión de combustible | |

Figura 44. Partes del sistema de control de tiempo

(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

La presión de combustible suministrada desde la bomba de alimentación se ajusta a la velocidad por la mediación de la válvula reguladora. Esta presión de suministro actúa como una presión de control en la cámara anular (9) del émbolo hidráulico (10).

La presión de la cámara anular (9) es controlada por la Válvula de Control de Tiempo (TCV) (12). El pistón temporizador (3) está conectado a la corona de excéntricos (1) mediante un vástago de bola (8). El movimiento axial del pistón temporizador (3) se transfiere a la corona de excéntricos (1) en forma de movimiento rotatorio. Un desplazamiento a la derecha del pistón temporizador (3) (hacia el lado del muelle) adelanta el tiempo de inyección (Figura 45). (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)



- | | |
|------------------------------|--------------------|
| 1 Bobina | 4 Orificio |
| 2 Desde la cámara anular | 5 Aguja de válvula |
| 3 A la bomba de alimentación | |

Figura 45. Válvula de Control de Tiempo (TCV)

(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

Cuando la corriente llega a la bobina (1) de la Válvula de Control de Tiempo (TCV) la aguja de la válvula (5) se abre y el combustible de la cámara anular (2) fluye a través del orificio (4) hasta la entrada de la bomba de alimentación (3). Como consecuencia, la presión de la cámara anular (2) desciende y el embolo hidráulico se desplaza a su posición de retardo (Figura 46). La Válvula de Control de Tiempo (TCV) actúa como un regulador variable, por medio de la apertura y el cierre (Ciclo) rápido de la aguja de la válvula. En su operación normal, la TCV controla la presión que actúa sobre la cámara anular, de manera que la leva del embolo hidráulico se pueda a mover a cualquier posición situada

entre su posición de retardo y su posición de avance. En este momento, la relación de trabajo es establecida por la Unidad de Control de La Bomba (PSG). La relación de trabajo es la proporción entre el tiempo que la Válvula de Control de Tiempo (TCV) permanece abierta y un ciclo de operación completo de dicha válvula. Un cambio en la relación de trabajo de 100% a 0% constituye un avance en el tiempo de la inyección. (La VP44 muestra una relación de trabajo encendida). El módulo de control del motor (ECM) contiene mapas característicos del inicio de la inyección, correspondientes a las condiciones de funcionamiento del motor (carga del motor, velocidad del motor, y temperatura de refrigerante). La unidad de control de la bomba compara constantemente el inicio establecido para la inyección y el inicio real de la misma. Si hay alguna diferencia, la Válvula de Control de Tiempo (TCV) es controlada por la relación de tiempo. El inicio real de la inyección se determina a partir del Sensor de Velocidad del árbol de Levas de la Bomba. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.7 Descripción del ECM y sensores

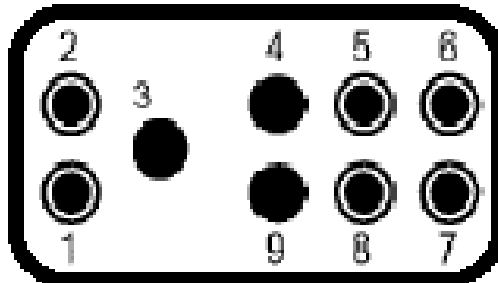
2.1.4.7.1 Módulo de control del motor (ECM)

Las funciones relacionadas con la cantidad de combustible y los tiempos de inyección están controlados por la Unidad de Control de la Bomba (PSG). El módulo de control del motor (ECM) contiene mapas característicos del inicio de la inyección, correspondientes a las condiciones del motor (carga del motor, velocidad del motor, y temperatura del refrigerante del motor). La unidad de control de la bomba (PSG) compara constantemente el inicio establecido para la inyección y el inicio real de la misma. Si hay alguna diferencia, la válvula de control del tiempo (TCV) es controlada por la relación de trabajo. (El inicio real de la inyección se determina a partir del sensor de velocidad del árbol de levas de la bomba). (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

El Modulo de Control del Motor ejecuta las siguientes funciones:

- ✓ Control de la recirculación de gas de escape (EGR)
- ✓ Control del sistema de control de inflamación de encendido rápido.
- ✓ Control de compresor A/C

2.1.4.7.2 Unidad de control de la bomba (PSG)



PIN 1: CAN LOW 5 V.

PIN 2: CAN HIGHT 5 V.

PIN 5: TENSION 12 V.

PIN 6: MASA

PIN 7: TENSION 12 V.

PIN 8: MASA

Figura 46. Conector del Módulo de Control de la Bomba de Inyección

La bomba de inyección tipo distribuidor de pistón radial, utiliza dos módulos de control para ejecutar el control completo del sistema de administración del motor:

- ✓ Módulo de control del motor (ECM)
- ✓ Unidad de control de la bomba (PSG) = Pumpen Steuer Great (alemán)

La unidad de control de la bomba (PSG) recibe señales de los sensores del interior de la bomba para determinar el ángulo de rotación de la corona de excéntricos, la velocidad de la bomba y la temperatura del combustible. Los valores se comparan con los valores deseados enviados por el Módulo de Control del Motor (ECM), tales como los tiempos de inyección deseados y la

cantidad de inyección de combustible deseada. El módulo de control del motor (ECM) procesa todos los datos del motor y todos los datos relacionados con su entorno recibido de los sensores externos, con el fin de realizar los ajustes suplementarios del motor. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

Por ende la comunicación entre las computadoras es a base de BUS de datos.



Figura 47. Oscilograma del Bus CAN HIGH del Módulo de la Bomba

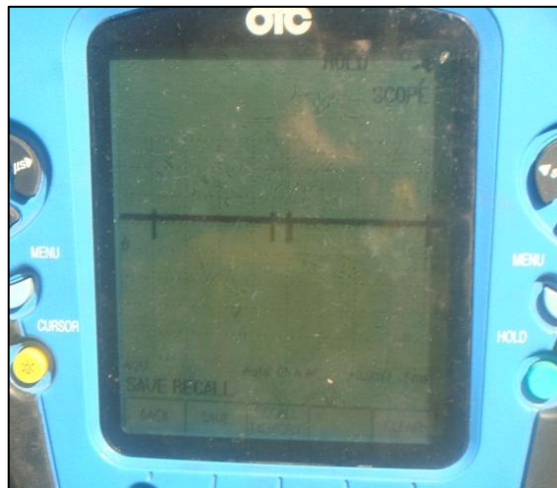


Figura 48. Oscilograma del Bus CAN LOW del Módulo de la Bomba

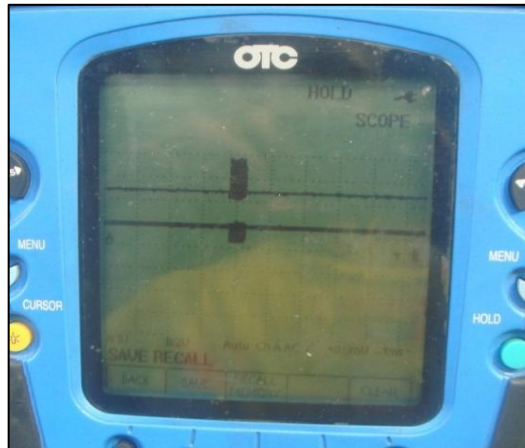


Figura 49. Oscilograma de 2 canales del Bus CAN HIGH y Bus CAN LOW

El intercambio de datos entre el módulo de control del motor (ECM) y la unidad de control de la bomba (PSG) se realiza a través de un sistema de bus de la CAN (Figura 48, Figura 49, Figura 50). La abreviatura CAN está compuesta por las siglas de Controller Area Network (Red local del controlador). Teniendo dos módulos de control separados la válvula solenoide de alta presión. Esto previene la descarga de cualquier señal perturbadora.

El intercambio de información entre los dos módulos de control tiene lugar a través de dos vías. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

- ✓ A través de las tomas de señal analógica
- ✓ A través del bus de la CAN

Las tomas de la señal analógica se usan para intercambiar la siguiente información:

- ✓ Señal de velocidad del motor
- ✓ Velocidad de la bomba
- ✓ Señal de la válvula solenoide de fin de inyección de combustible (señal MAB)

La señal de velocidad del motor se envía desde el ECM a la PSG en función de la entrada de datos del sensor de posición del cigüeñal (CKP). La señal del sensor CKP analógico es convertida por el ECM en una señal de onda rectangular. La señal de la válvula solenoide de fin de inyección del combustible también se conoce con el nombre de señal MAB. MAB es la abreviatura alemana de Magnet ventil ABschaltung, que hace referencia al cierre de la válvula solenoide de alta presión. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

El cable de la señal MAB se usa para dos fines:

- ✓ Como referencia para el módulo de control del motor (ECM) de la velocidad de la bomba (reserva para el sensor CKP).
- ✓ Para apagar el motor.

Las siguientes señales se intercambian a través del bus de la CAN:

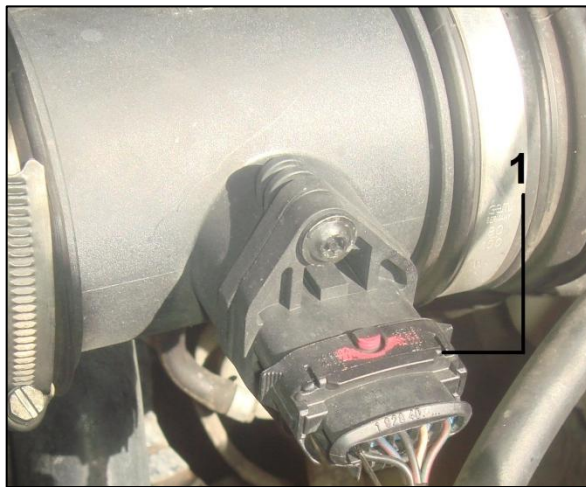
Del ECM a la PSG

- ✓ Cantidad de inyección deseada
- ✓ Tiempo de inyección deseado
- ✓ Velocidad del motor

De la PSG al ECM

- ✓ Temperatura del combustible
- ✓ Velocidad de la bomba
- ✓ Identificador de cilindro
- ✓ Pulso de control (cantidad de inyección real + tiempo de inyección real)
- ✓ Estado de la PSG

2.1.4.7.3 Sensor del caudal (MAF) y de temperatura de aire (IAT)



- 1 Sensor del Caudal de aire (MAF) y Sensor de Temperatura de aire aspirado (IAT)

Figura 50. Sensor MAF

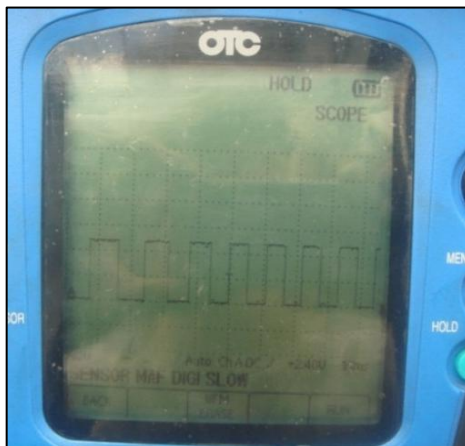


Figura 51. Oscilograma del Sensor MAF

El Sensor de Caudal de aire (MAF) forma parte del sistema de admisión (Figura 51). Está situado entre el filtro de aire y el turboalimentador y mide la masa que

entra al motor. El Sensor de Caudal de aire utiliza un dispositivo provisto de una película caliente para determinar la cantidad de aire que entra al motor. El conjunto del sensor del caudal de aire (MAF) se compone de un dispositivo sensor del caudal de aire (MAF) y de un sensor de la temperatura del aire aspirado, ambos expuestos a la corriente de aire que hay que medir. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.7.4 Sensor de posición del estrangulador (TPS).

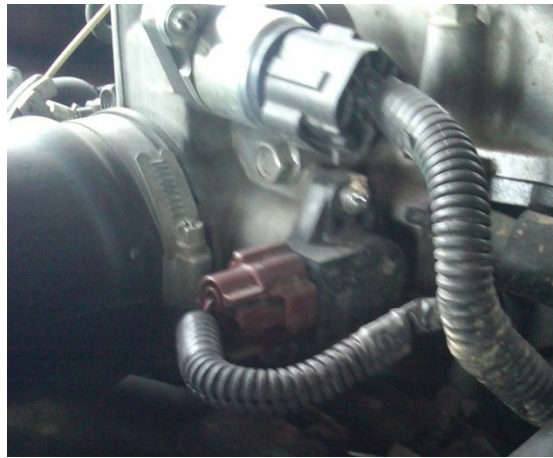


Figura 52. Sensor TPS

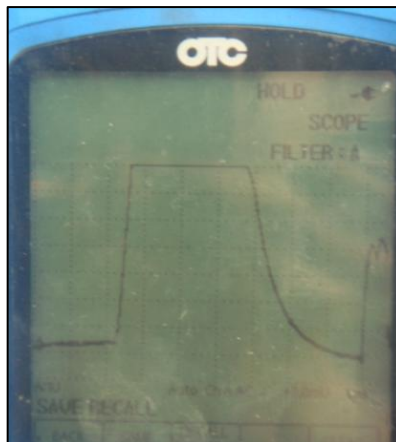


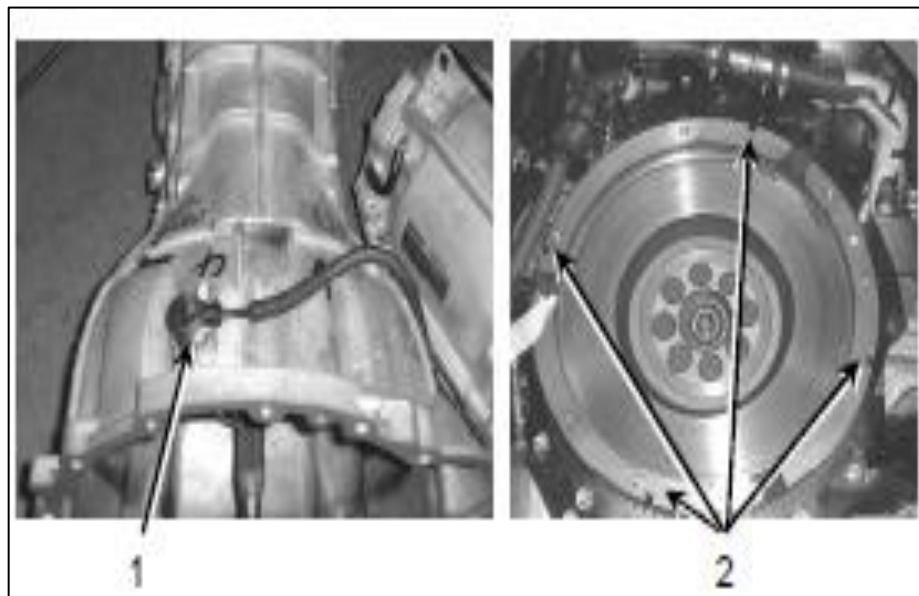
Figura 53. Oscilograma del Sensor de Posición del Estrangulador (TPS)

El sensor TPS (Figura 52) es un potenciómetro conectado al eje del estrangulador y situado en el cuerpo del mismo. Está instalado en el TPS principal y el interruptor de ralentí.

El módulo de control del motor (ECM) monitoriza el voltaje de la línea de la señal y calcula la posición del estrangulador. A medida que se mueve el pedal del acelerador, se cambia el ángulo de la válvula del estrangulador.

La señal del TPS también cambia con la válvula del estrangulador. A medida que la válvula del estrangulador se abre, la salida aumenta, de manera que el voltaje de salida crece. El módulo de control del motor (ECM) calcula la emisión de combustible en función del ángulo de la válvula del estrangulador. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.7.5 Sensor de posición del cigüeñal (CKP)



- 1 Sensor de Posición del Cigüeñal
- 2 Volante con ranuras para el sensor

Figura 54. Ubicación del Sensor CKP
(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

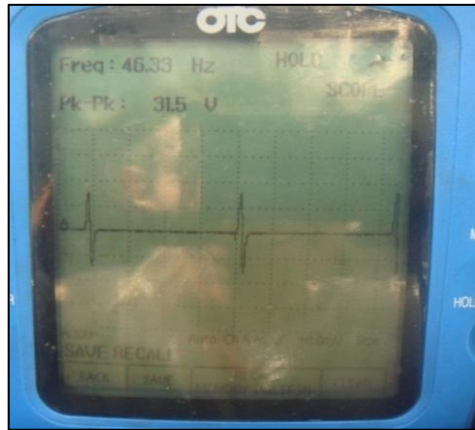


Figura 55. Oscilograma del Sensor CKP

El sensor CKP (Figura 55) está situado encima del cárter del volante del motor, y sujeto mediante un tornillo. El sensor CKP es una bobina de electroimán. La captación inductiva detecta cuatro holguras en el anillo excitador del volante y se usa para determinar la velocidad del motor y el Punto Muerto Superior (PMI) del cilindro del motor. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.7.6 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)



- 1 Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor (ECT)

Figura 56. Sensor de Temperatura de Refrigerante
(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

El sensor ECT (Figura 57) es un termistor. Las variaciones de la temperatura cambian el valor de la resistencia, cambiando el voltaje. El ECM suministra una señal de 5 voltios al sensor ECT a través de resistores ubicados en el ECM, y mide el voltaje. El voltaje de la señal será alto cuando la temperatura del motor sea baja, y será bajo cuando la temperatura del motor sea alta. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.7.7 Sensor de velocidad del vehículo (VSS)



Figura 57. Sensor de Velocidad VSS
(ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

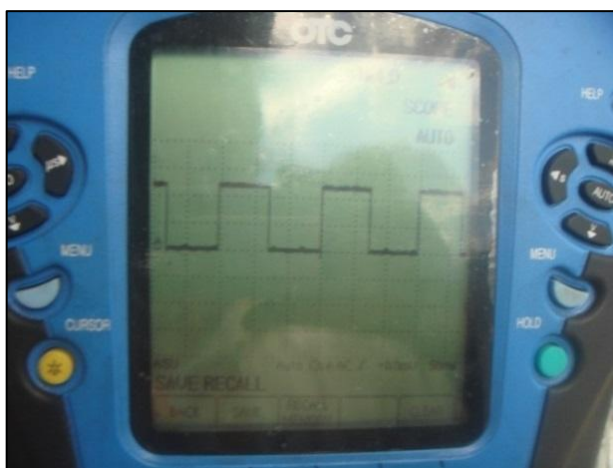


Figura 58. Oscilograma del Sensor VSS

El VSS es un imán girado por el árbol de salida de la transmisión. El VSS utiliza un elemento hall. Interactúa con el campo magnético creado por el imán rotante. Emite una señal de pulsos (Figura 58). Los 12 voltios de la operación se suministran a partir del fusible del medidor. El módulo de control del motor (ECM) calcula la velocidad del vehículo a través del VSS. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

2.1.4.7.8 Válvula de recirculación de gases de escape (EGR)

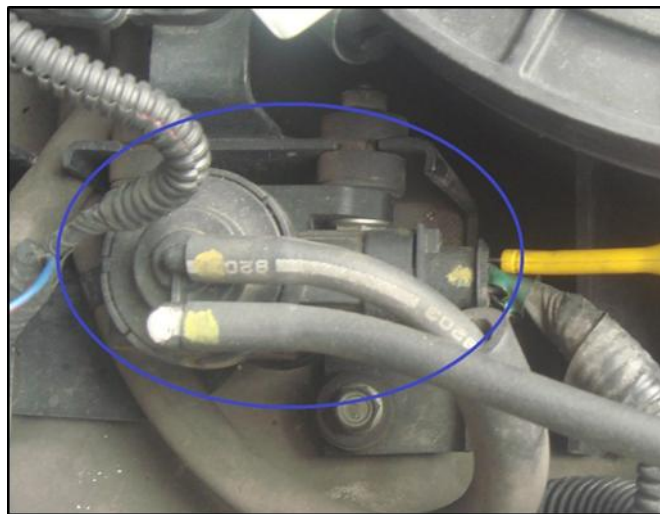


Figura 59. Válvula Reguladora de Vacío Eléctrica (EVRV) para EGR

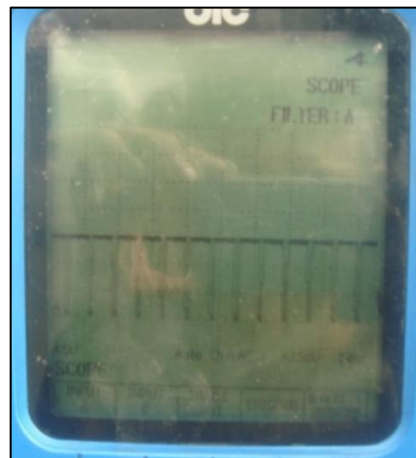


Figura 60. Oscilograma de la Válvula Reguladora de Vacío Eléctrica (EVRV)

La EGR es una válvula que comunica el colector de admisión y el de escape y tiene como misión permitir, bajo determinadas circunstancias, que parte de los gases de escape vuelvan a entrar en la cámara de combustión a través del colector de admisión. La cantidad de EGR controlada por la EVRV (válvula reguladora de vacío eléctrica) (Figura 60) a través de la señal de comando del módulo de control del motor (ECM), depende de las siguientes entradas:

- ✓ Velocidad del motor
- ✓ Cantidad de inyección
- ✓ Caudal de aire
- ✓ Temperatura del aire aspirado y Temperatura del refrigerante
- ✓ Presión barométrica

La EVRV está perfilada para controlar el vacío aplicado a la cámara del diafragma de la válvula EGR en función de la señal de trabajo enviada desde el ECM. (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

El banco didáctico fue construido con el fin de facilitar la enseñanza y el aprendizaje, tanto a los docentes como alumnos de la carrera de Ingeniería Automotriz, lo concerniente a las bombas rotativas mecánicas, además del proporcionar información de la evolución de las bombas rotativas.

El motor que se escogió para la realización del banco didáctico, fue un motor CHEVROLET D-MAX 2.5 cm^3 . Turbodiesel, el cual posee las siguientes especificaciones:

Tipo de motor: 4 tiempos, válvula en culata, refrigerado por agua

Tipo de cámara de combustión: Inyección directa

Tipo de camisa de cilindro: Tipo seca

Número de cilindros, diámetro x carrera (mm): 4 – 93 x 92

Cilindrada total cm^3 : 2499

Relación de compresión: 18.5 a 1

Peso del Motor (kg): Aproximadamente 239

Orden de inyección de combustible: 1- 3 – 4 – 2

Tipo de combustible: Diésel

Tipo de Bomba de inyección: Tipo VE de distribuidor ZEXEL BOSCH

Tipo de regulador: Mecánico

Tipo de tobera de inyección: Agujero con 5 perforaciones

Sistema de lubricación: Circulación a presión

Tipo de bomba de aceite: Engranajes

Tipo de refrigeración de aceite: Refrigerado por agua

Tipo de bomba de agua: Centrifuga

Tipo de termostato: Bola de cera con válvula

Modelo de turboalimentador: IHI RHF 4H

Tipo de turbina: Tipo de flujo mezclado

Tipo de compresor: Retroceso y cremallera (Válvula wastegate)

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL BANCO DIDÁCTICO

- ✓ El banco didáctico está equipado con un motor CHEVROLET 2.5 LTS. TURBODIESEL, con sistema de inyección e combustible con bomba rotativa mecánica.
- ✓ Posee un tanque reservorio de combustible de un volumen aproximado 2.5 Galones, radiador adaptado para el motor, un sistema de escape adaptado, una batería de 12 V.
- ✓ El banco también está equipado con un tablero, en el cual se encuentran un manómetro de presión de turbo, un vacuómetro para medir el vacío generado por la bomba de vacío, un tablero instrumentos original del vehículo que posee dicho motor.

Como se indicó anteriormente se el motor que se adquirió para el banco didáctico fue un motor Chevrolet Luv D-Max 2.5 cm^3 . Turbodiésel, el cual estuvo sin uso alrededor de un año, por lo cual se creyó conveniente encender el motor para determinar el estado interno del motor. Para encender el motor, se realizó las siguientes actividades: El motor presentaba un orificio en la parte superior del cárter, por lo cual se procedió a rellenar el orificio con suelda para

aluminio con el fin de evitar que el aceite se fugue cuando el motor esté en funcionamiento. A continuación en la Figura 62 se muestra el trabajo final de relleno con la soldadura.



Figura 61. Relleno del orificio del cárter

Luego se realizó la fabricación de un retorno de aceite para el turbo ya que el retorno original el turbo no poseía, y evitar el derrame de aceite por éste retorno. El retorno de aceite se fabricó con una cañería ya que el aceite que retorno se encuentra caliente, a los extremos de la cañería se soldó las platinas de tal manera que coincidan con los orificios de salida de retorno del turbo y entrada del retorno al cárter del motor. A continuación en la Figura 63 se

muestra la cañería de retorno fabricada y terminada luego del proceso de pintura.



1 Cañería de retorno de aceite del turbo

Figura 62. Cañería de retorno de aceite del turbo concluida

Posteriormente de realizar el relleno del orificio que presentaba el cárter, y la fabricación de la cañería de retorno del turbo, se hizo el respectivo cambio de aceite, el tipo de aceite que se uso fue URSA SAE 40.

Para el encendido del motor se identificó las electroválvulas del bomba de inyección, luego se requirió verificar el sistema eléctrico original del motor como se muestra en la Figura 64, y de esta manera realizar una conexión eléctrica que permita energizar los componentes básicos para que el motor se encienda,

los cuales son: electroválvula del cabezal de la bomba, activar el motor de arranque y las bujías de precalentamiento.

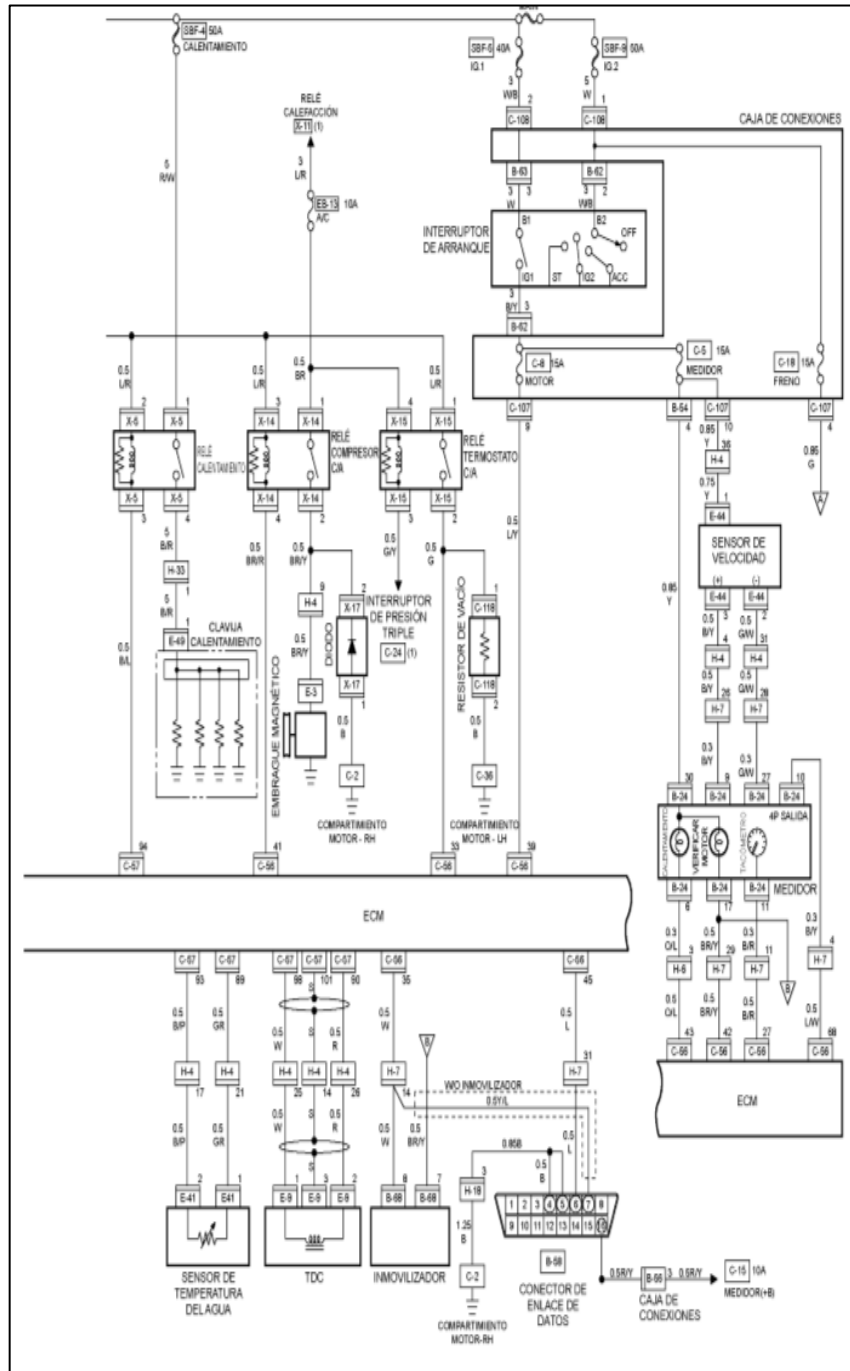
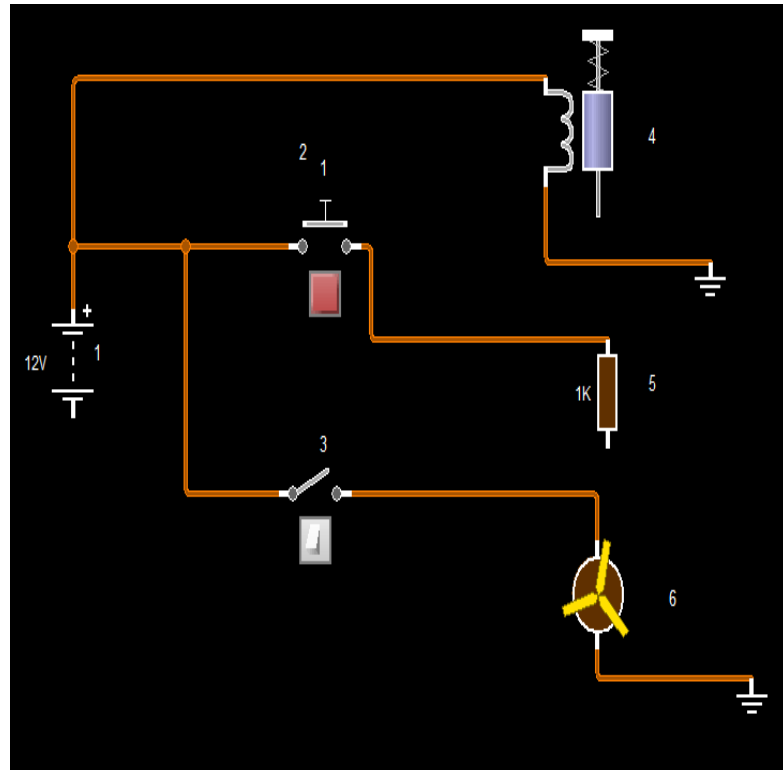


Figura 63. Circuito eléctrico original del motor con bomba VP44 (ISUZU MOTORS LIMITED, 2003)

A continuación en la Figura 65 se muestra el circuito eléctrico en el programa BRIGHT SPARK con el cual se realizó el encendido del motor.



- | | | | |
|---|--|---|---------------------------------------|
| 1 | Batería 12 V | 4 | Electroválvula del cabezal hidráulico |
| 2 | Pulsador para bujías de precalentamiento | 5 | Bujías de precalentamiento |
| 3 | Switch para el motor de arranque | 6 | Motor de arranque |

Figura 64. Circuito eléctrico básico para el encendido del motor.

Con lo mencionado anteriormente se procedió a colocar un recipiente de combustible el cual alimentaba a la bomba de combustible por gravedad, luego se realizó un sangrado de las cañerías de alta presión para que el combustible llegue sin burbujas de aire a los inyectores, luego se realizó un precalentamiento de alrededor de 30 segundos, y se procedió a encender el

motor. De esta manera se determinó que el motor internamente se encontraba en buen estado.

3.1.2 CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR

Para la construcción del banco se tomó en cuenta algunos factores tanto de dimensiones, resistencia, seguridad y comodidad.

Dimensiones: Las dimensiones del banco se tomaron a partir de las dimensiones de las bases del motor, y los instrumentos para el funcionamiento del mismo.

Resistencia: Los materiales que se escogió para la construcción del banco prestan la suficiente resistencia para soportar el peso el motor y los demás componentes del banco.

Seguridad: El banco posee protecciones y señalización para evitar accidentes en el momento de realizar prácticas en el mismo.

Comodidad: Se construyó con el fin de que los estudiantes tengan comodidad para realizar las prácticas en el motor.

3.1.2.1 Bosquejo para la construcción del bastidor

Para realizar el bosquejo de la estructura en donde va montado el motor y los diferentes componentes para el funcionamiento del motor, se partió tomando las medidas de las bases originales del motor, el largo, ancho, peso del mismo y los demás componentes para el funcionamiento del motor.

Con las consideraciones mencionadas anteriormente se elaboró el bosquejo, de tal modo que el banco preste comodidades necesarias. En la Figura 66 se muestra el bosquejo del banco:

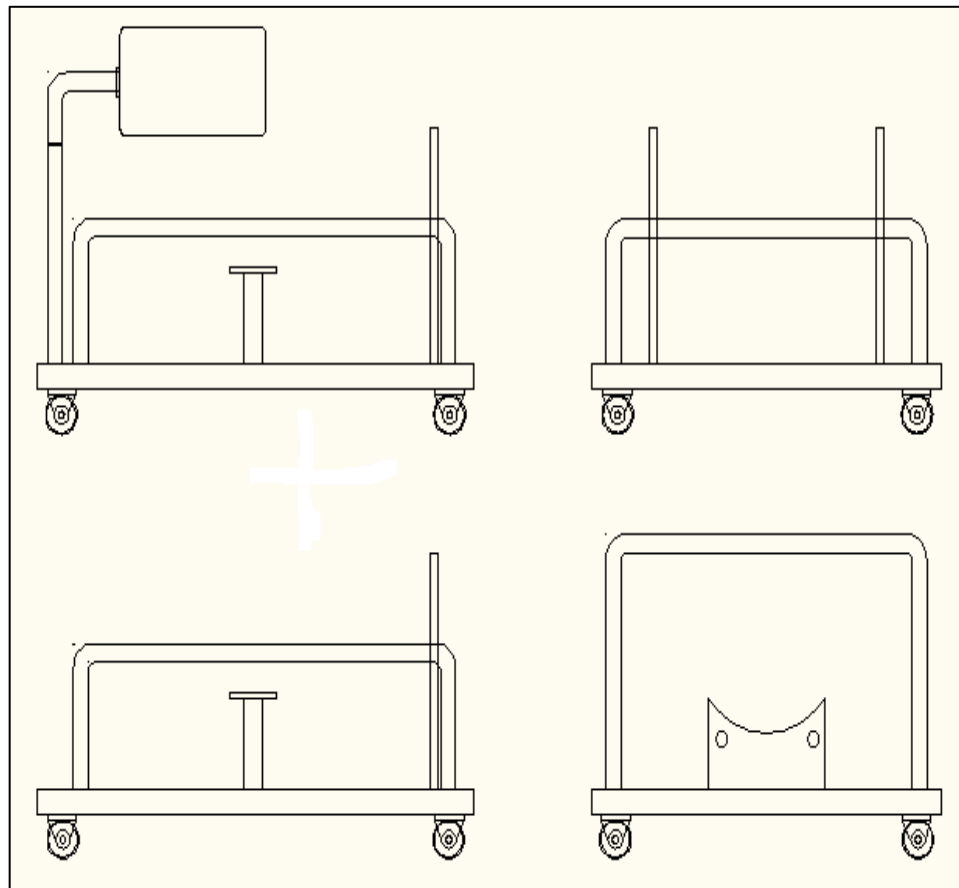


Figura 65. Bosquejo del bastidor para el motor

3.1.2.2 Selección de materiales

Para construir la estructura donde fue montado el motor, se escogió materiales que continuación se mencionan los materiales para realizar la estructura del banco:

- ✓ Plancha Negra 4 mm.
- ✓ Plancha de Tol negro 1, 5 mm.
- ✓ Tubo redondo 2 pulgadas
- ✓ Tubo cuadrado 1 pulgada
- ✓ Angulo de 2 ½ pulgadas x ¼ pulgadas

✓ 4 Ruedas

3.1.2.3 Análisis estructural del banco

3.1.2.3.1 Cálculo peso del motor

Una vez que se realizó el bosquejo del bastidor, se procedió al cálculo del peso del bruto del motor y un valor estimado del peso de los demás componentes que irán montados en el bastidor del banco, con el fin de que la estructura soporte los pesos mencionados y que el banco didáctico preste seguridad.

Para el cálculo del peso del motor, se tomó en cuenta la masa del mismo la cual se encuentra en las especificaciones del motor al inicio de este capítulo 239 kg. Más un 30% de dicha masa, debido a que el bastidor debe soportar, los demás componentes y las vibraciones que genera el motor en funcionamiento.

$$P = m * g \quad [1]$$

En donde:

P: peso expresado en Newton [N]

m: masa expresada en kilogramos [kg]

g: constante gravitacional 9,8 [$m \ s^2$]

Entonces:

$$P = 310,7 \text{ [kg]} * 9,8 \text{ [} m \ s^2 \text{]}$$

$$P = 3044,8 \text{ [N]}$$

3.1.2.3.2 Análisis de esfuerzos del bastidor

Debido a que el bastidor que soporta al motor consta de vigas estáticamente indeterminadas, se escogió el modelo y se aplicaron fórmulas están propuestas el libro RESISTENCIA DE MATERIALES APLICADA de Robert Mott, para el cálculo de momentos de las cargas que ejerce el motor en el bastidor.

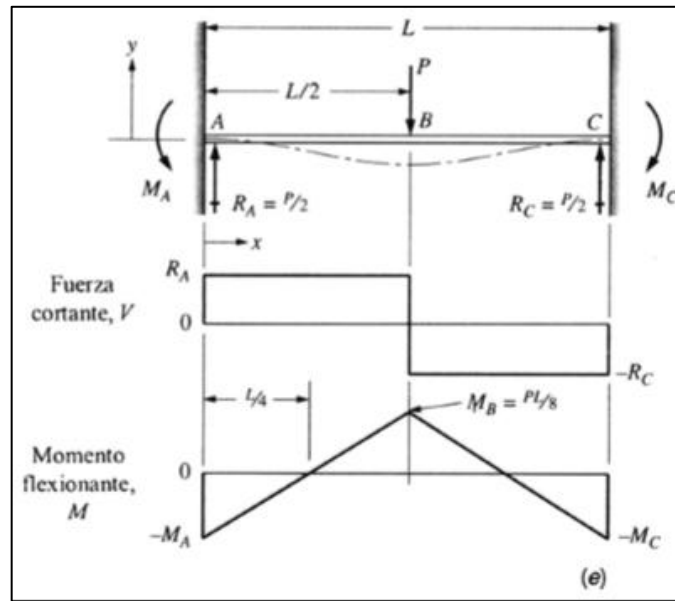


Figura 66. Diagrama de fuerzas cortantes y momentos de vigas
(Mott, 1996)

Estas fórmulas permiten calcular los momentos en la viga a través del equilibrio dinámico con la siguiente manera:

$$\mathbf{MA=MB=MC=PL/8} \quad [2]$$

En donde:

P= Peso del motor en [N]

L= Longitud de la viga [m]

MA=MB=MC= Momentos en los puntos A, B, C

Entonces:

$$MA=MB=MC= 3044,8 \text{ [N]} * 1,25 \text{ [m]} / 8$$

$$MA=MB=MC= 475,75 \text{ [Nm]}= \text{Momento máximo}$$

Reacciones en las columnas

$$\mathbf{RA=P/2=RB} \quad [3]$$

$$RA=RB= 3044,8 \text{ [N]}/2$$

$$R_A=R_B= 1522,4 \text{ [N]}$$

3.1.2.3.3 Cálculo de ruedas

Carga de la rueda: comprende al valor máximo expresado en [daN] que una rueda puede soportar sin perjuicio del funcionamiento de la misma a velocidad constante de 4 km/h.

Esfuerzo al desplazamiento: corresponde al esfuerzo necesario para poner en marcha y mantener en movimiento un equipo aplicando un empuje de 5 [daN], dicho valor se lo obtiene aplicando a un equipo con 4 ruedas y una fuerza de tracción de 20 [daN], La fuerza de tracción aplicada, de 20 [daN], es conforme a la norma internacional es reconocida universalmente como límite de fatiga humana que puede soportar por largos periodos.

Debido a que las cargas del motor se reparten uniformemente en los 4 puntos del bastidor, entonces la reacción de cada rueda es $3044,8 \text{ [N]} / 2$.

$$\text{Reacción} = 3044,8 \text{ [N]} / 2$$

$$\text{Reacción de cada rueda} = 1522,4 \text{ [N]}$$

A continuación en la Tabla 1 se observa las ruedas que se seleccionaron para el banco didáctico, de tal manera que brinden un fácil deslizamiento por la superficie, y principalmente soporten el peso de todo lo que comprende el banco didáctico.

Las ruedas que se escogieron tiene las siguientes especificaciones: diámetro de 80mm, y soporte de carga de 100 kg. Si tomamos en cuenta que el banco didáctico posee cuatro ruedas, y las cuatro ruedas soportan 3920 [N], lo cual significa que pueden soportar un peso superior al peso del motor que es de 3044,8 [N].

3.1.2.3.4 Cálculo de la junta de soldadura

Para el cálculo permisible de la junta de soldadura, se aplicó un modelo de fórmulas de cálculo del libro RESISTENCIA DE MATERIALES APLICADA, de Robert Mott, para calcular la resistencia que brinda el electrodo E – 70S – 6 utilizado en las juntas de suelda del bastidor.

$$P=T * L * t \quad [4]$$

En donde:

T: Esfuerzo permisible del hilo= 720000000 *lb. pulg.²* (48000000[N/m²]).Ver Tabla 2

t: Espesor de garganta= 0,002 [m]

L: Longitud de la suelda= 0,15 [m]

P: Valor permisible de la junta

Entonces:

$$P= 480000000 \text{ [N/m}^2\text{]} * 0.002 \text{ [m]} * 0.15 \text{ [m]}$$

$$P=144000 \text{ [N]}$$

En base a los cálculos de la carga de la junta permisible, se puede determinar que el hilo E – 70S – 6, para suelda MAG, puede soportar una carga de 144000 [N], dicha carga es superior al peso del motor, de tal modo que la resistencia de la suelda nos ofrece alta seguridad en el banco.

3.1.2.4 Proceso de soldadura del bastidor

Una vez que se establecieron los materiales a utilizarse para el bastidor del motor se procedió al corte y doblado de la plancha negra, la plancha de tol y los tubos para las protecciones del banco según el bosquejo planteado anteriormente. Dicho trabajo se lo realizo en la empresa DIPAC.

Para soldar las juntas del soporte del motor y las protecciones se utilizó la suelda de tipo MAG como se muestra en la Figura 67, ya que los materiales son ferrosos, además de que brinda una gran resistencia, y un excelente acabado desde el punto de vista estético.



Figura 67. Proceso de soldadura MAG

3.1.2.5 Proceso de pintura electrostática de bastidor

Para la pintura del bastidor del motor, se decidió que el bastidor sea pintado con pintura electrostática, con el fin de dar un mejor acabado debido a los beneficios que rinda la pintura electrostática.

Cabe mencionar que para pintar el bastidor se lo envió a la empresa GALVANO S.A. A continuación se describe el proceso de pintura electrostática al cual fue sometido el bastidor del motor.

La Pintura electrostática, es una mezcla homogénea de cargas minerales, pigmentos y resinas en forma sólida, en forma de partículas finas, la cual se aplica en polvo con un equipamiento especial (pistola electrostática para polvo).

Proceso de pintura electrostática

Desengrase: Se colocan las piezas en una tina para limpiarlas del polvo y astillas metálicas.

Enjuague: En esta fase se sumerge las piezas en agua para remover los adheridos en el desengrase, para que no contaminen los siguientes procesos.

Decapado: La pieza es sumergida en un baño de ácido para remover óxido, pintura u otros componentes.

Enjuague: En esta fase se sumerge las piezas en agua para remover los químicos adheridos en el desengrase, para que no contaminen los siguientes procesos.

Fosfatizado: En esta fase con el fosfato se proporciona una barrera anticorrosiva, y a la vez facilidad para que se adhiera la pintura.

Horno: Se introduce la pieza en un horno para que se evapore la humedad adquirida en el proceso.

Aplicación de la pintura: La pistola de aplicación carga con alto voltaje la pintura en polvo pero con un bajo amperaje, las piezas a pintar están eléctricamente conectadas a tierra. Cuando se aplica las partículas de polvo cargadas son atraídas con firmeza a la superficie de la pieza puesta a tierra.

Secado al Horno: El proceso de secado al horno consiste en activar la reacción química del sistema de resinas por medio de calor, permitiendo la total adherencia de la pintura a las piezas.

Para pintar la estructura del donde se montó el motor y sus componentes, se escogió la pintura electrostática, debido a que las características de esta pintura

proporciona una mayor resistencia a la corrosión, resistencia al impacto, un buen acabado y también debido a que el banco estará en constante uso ya que será destinado a la realización de prácticas. En la Figura 68, se muestra el bastidor finalizado con la pintura electrostática.



Figura 68. Bastidor del motor finalizado con la pintura electrostática

3.1.2.6 Adecuación del motor

Como se muestra en la Figura 69, el motor externamente se encontraba deteriorada la pintura, con presencia de óxido y aceite en todo el motor ,

además de que algunas partes se encontraban rotas, por lo cual se decidió pintar el motor y de esta manera mejorar la apariencia del mismo.



Figura 69. Vista del estado externo del motor

Primero se realizó una limpieza de todo el motor utilizando gasolina, tiñer, desengrasante y con la ayuda de un soplete, para retirar el polvo, grasa, aceite, como se muestra en la Figura 70.

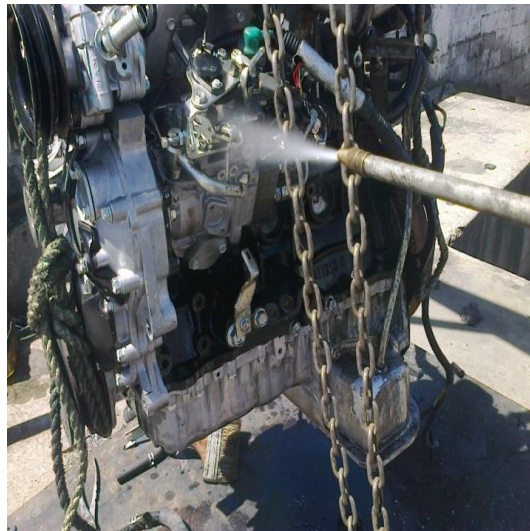


Figura 70. Limpieza del motor

Luego se desmonto, los múltiples de admisión, escape, radiador de aceite, turbo, mangueras y cañerías, con el fin de preparar el block y los componentes antes mencionados, de una mejor manera para la pintura.

Para pintar el motor se, escogió pintura tipo Sintético Automotriz, en color aluminio y azul.

Para la aplicación del sintético automotriz en el block de motor las diferentes piezas, se hizo la respectiva limpieza, usando tiñer y desoxidante, luego se aplicó una capa de fondo de aceite quedando listo para la aplicación del sintético automotriz. En la Figura 71, se muestra el block pintado.



Figura 71. Trabajo final de pintura del block

Una vez realizado el trabajo de pintura electrostática en la estructura del banco, y realizado el trabajo de adecuación y pintura del motor, se empezó por ubicar primeramente el motor en el bastidor, como se muestra en la figura 72, para seguidamente realizar las respectivas adaptaciones tanto en el sistema de escape, refrigeración, sistema de alimentación de combustible y poleas del motor.



Figura 72. Montaje del motor en el bastidor

En lo que concierne al sistema de alimentación de combustible, se adaptó un pequeño tanque reservorio de combustible (Figura 73) de 2.5 galones aproximadamente, con su respectivo flotador y entrada de combustible. El tanque fue montado a una cierta altura, en el cual el combustible cae por gravedad suministrando el caudal necesario que para la bomba de inyección del motor.



Figura 73. Tanque reservorio de combustible del motor

En el sistema de escape del motor, se hizo un trabajo de adaptación, en el cual se utilizó tubo redondo de 2 pulgadas y un silenciador alternativo, como se muestra en la Figura 74.



Figura 74. Sistema de escape adaptado

En sistema de refrigeración, al no contar con el radiador original, se adaptó un radiador de otro tipo de vehículo de características similares al radiador original que posee el motor, como se muestra en la Figura 75.



Figura 75. Radiador adaptado al motor

Adicionalmente en el sistema de refrigeración se realizó el reemplazo de la bomba de agua ya que la que poseía el motor se encontraba rota. Finalmente el motor originalmente posee un ventilador con embrague, y debido a los altos costos se optó por adaptar un ventilador sin embrague, cabe indicar que al realizar esta adaptación el ventilador funciona constantemente,

Para la adaptación del ventilador se fabricó un suplex en acero de transmisión de 6 cm de largo x 2 pulgadas de diámetro como se muestra en la Figura 76.

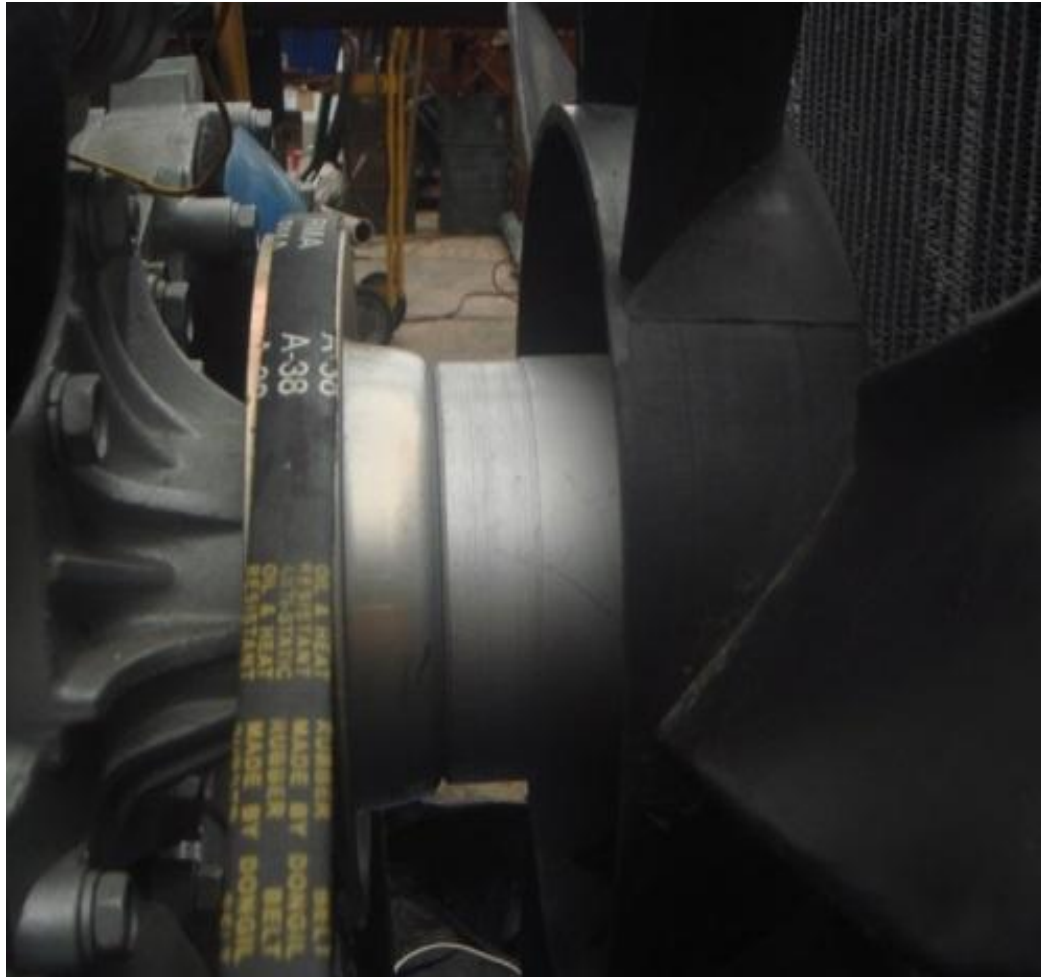
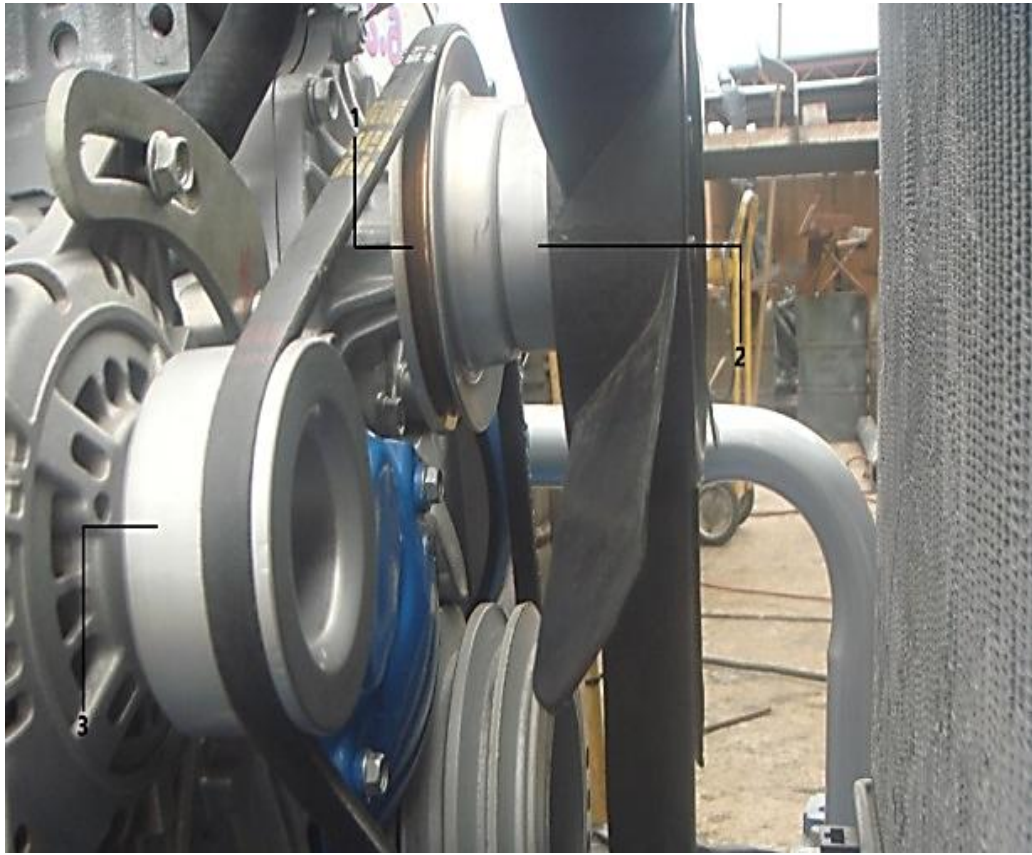


Figura 76. Trabajo final de adaptación del ventilador

Debido a que el motor no poseía la polea de la bomba de agua, se optó por adaptar la polea de la bomba de agua y fabricar una polea para alternador, esto con el fin de alinear la banda con la polea del cigüeñal, además se suspendió la polea de la bomba hidráulica ya que el motor funcionara estacionario. En la Figura 77 se muestra las poleas adaptadas con lo cual se logró alinear la banda.



- 1 Polea de la bomba de agua
- 2 Suplex para sujeción del ventilador
- 3 Polea del alternador

Figura 77. Adaptación de poleas de la bomba de agua y alternador

3.1.3 INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INSTRUMENTOS

Para el tablero de instrumentos, se utilizó el tablero original del motor, en el cual se encuentran los medidores y luces testigos. Para la identificación de la pinera del tablero, se utilizó una camioneta la cual tenía el mismo tablero.

Se desmontó el tablero de la camioneta para conectar el tablero que se utilizó en el banco, y se verificó el funcionamiento del tablero colocándolo en operación. Seguidamente se identificó los cables de alimentación del tablero con una lámpara de control, de la siguiente manera:

Se conectó el cable de la lámpara a masa de la batería, y con la aguja de la lámpara se pinchó cada uno de los pines del socket, se encontró un positivo permanente y un positivo de contacto, para la alimentación del tablero. Con el mismo procedimiento pero conectando el cable de la lámpara a positivo de batería, se encontraron dos masas de alimentación al tablero.

Para identificar los cables de los testigos del tablero, primero se conectaron los cables de alimentación antes identificados para energizar el tablero.

Luego se constató que el tablero recibe señal negativa o masa para encender los testigos, de esta manera usando un cable conectado de un lado al negativo de la batería de la camioneta y del otro lado a cada cable de las pineras del tablero, se comprobó que testigo se encendía en el tablero, en base a ello se identificó a que testigo correspondía cada pin del tablero.

En la Figura 78 se muestran los dos sockets frontalmente en donde se enumeraron los pines del mismo.



Figura 78. Vista frontal de los sockets del tablero

Una vez que se enumeró los pines de los sockets se procedió a la identificación de los mismos los cuales se detallan en la Tabla 1 con cada código de color de cable y a que testigo corresponde cada pin.

Tabla 1. Tabla de identificación de pines del tablero

SOCKET 1					
N° PIN	COLOR DE CABLE	TESTIGO	N° PIN	COLOR DE CABLE	TESTIGO
1	X		21	NEGRO	ABS/PARKING
2	X		22	X	
3	X		23	BLANCO/AZUL	BATERIA
4	X		24	VERDE	ABS/PARKING
5	X		25	CELESTE	ABS
6	CAFÉ/ROJO		26	NARANJA	
7	X		27	NEGRO/ROJO	RPM
8	X		28	NEGRO/AMARILLO	
9	X		29	ROJO/VERDE	
10	X		30	VERDE/ROJO	
11	AZUL	BUS CAN	31	X	
12	AMARILLO	BUS CAN	32	X	
13	VERDE/NEGRO		33	X	
14	AMARILLO		34	LILA/BLANCO	CINTURON
15	NARANJA/AZUL	PRECALENTAMIENTO	35	ROJO	
16	X		36	AMARILLO/NEGRO	TEMPERATURA
17	ROJO/NEGRO		37	AMARILLO/ROJO	NIVEL DE COMBUST.
18	NEGRO/AMARILLO	CHECK ENGINE	38	X	
19	BLANCO	ACEITE	39	AMARILLO/CAFÉ	TRAMPA
20	X		40	X	
SOCKET 2					
1	X		9	NEGRO	MASA
2	X		10	X	
3	X		11	X	
4	X		12	X	
5	X		13	X	
6	X		14	X	
7	NEGRO	MASA	15	X	
8	ROJO	POSITIVO 30	16	AMARILLO	POSITIVO CONTACT.

Debido a que el motor se encuentra estacionario, se creyó conveniente la ubicación de un horómetro con una luz testigo de funcionamiento, con el objeto de medir las horas de trabajo del motor para los respectivos cambios de aceite.

Para dichos cambios de aceite se tomó como referencia las horas de trabajo de los motores estacionarios, siendo así los cambios de aceite cada 120 horas. El horómetro es activado por el trompo de aceite por medio de un relé inversor. También se ubicó un manómetro de presión, para medir la presión del turbo de escala de 0 a 30 PSI. La toma para el manómetro de presión del turbo se tomó del tubo de entrada del múltiple de admisión como se muestra en la Figura 79.



Figura 79. Toma para el manómetro de presión e turbo

Debido a que el alternador del motor posee una bomba de vacío, se creyó conveniente poner un vacuómetro de escala de 0 a -20 InHg. (pulgadas de mercurio), para medir el vacío generado por la bomba cuando el motor está en

funcionamiento. La salida de la bomba de vacío se colocó la manguera que conecta con el vacuómetro como se muestra en la Figura 80.



Figura 80. Toma a la salida de la bomba vacío para el vacuómetro.

3.1.4 SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR

En lo que concierne a la parte eléctrica del motor, para que el funcionamiento de los distintos componentes eléctricos del motor y la bomba, el tablero de testigos y el horómetro, se realizó el circuito en el programa de simulación de circuitos eléctricos BRIGHT SPARK. (Véase Figura 81), con los siguientes elementos:

- 1 Batería 12 V.
- 2 Fusible térmico (30 amperios)

- 3 Switch Contacto
- 4 Pulsador de arranque
- 5 Fusible (15 amperios)
- 6 Pulsador de precalentamiento y luz de precalentamiento
- 7 Trompo de aceite
- 8 Relé de bujías de precalentamiento
- 9 Relé de luz de precalentamiento
- 10 Relé de motor de arranque
- 11 Relé del horómetro
- 12 Bujías de precalentamiento
- 13 Luz testigo de precalentamiento
- 14 Motor de arranque automático
- 15 Luz testigo de funcionamiento del horómetro
- 16 Horómetro
- 17 Electroválvula de retorno de la Bomba
- 18 Electroválvula de cabezal de la Bomba

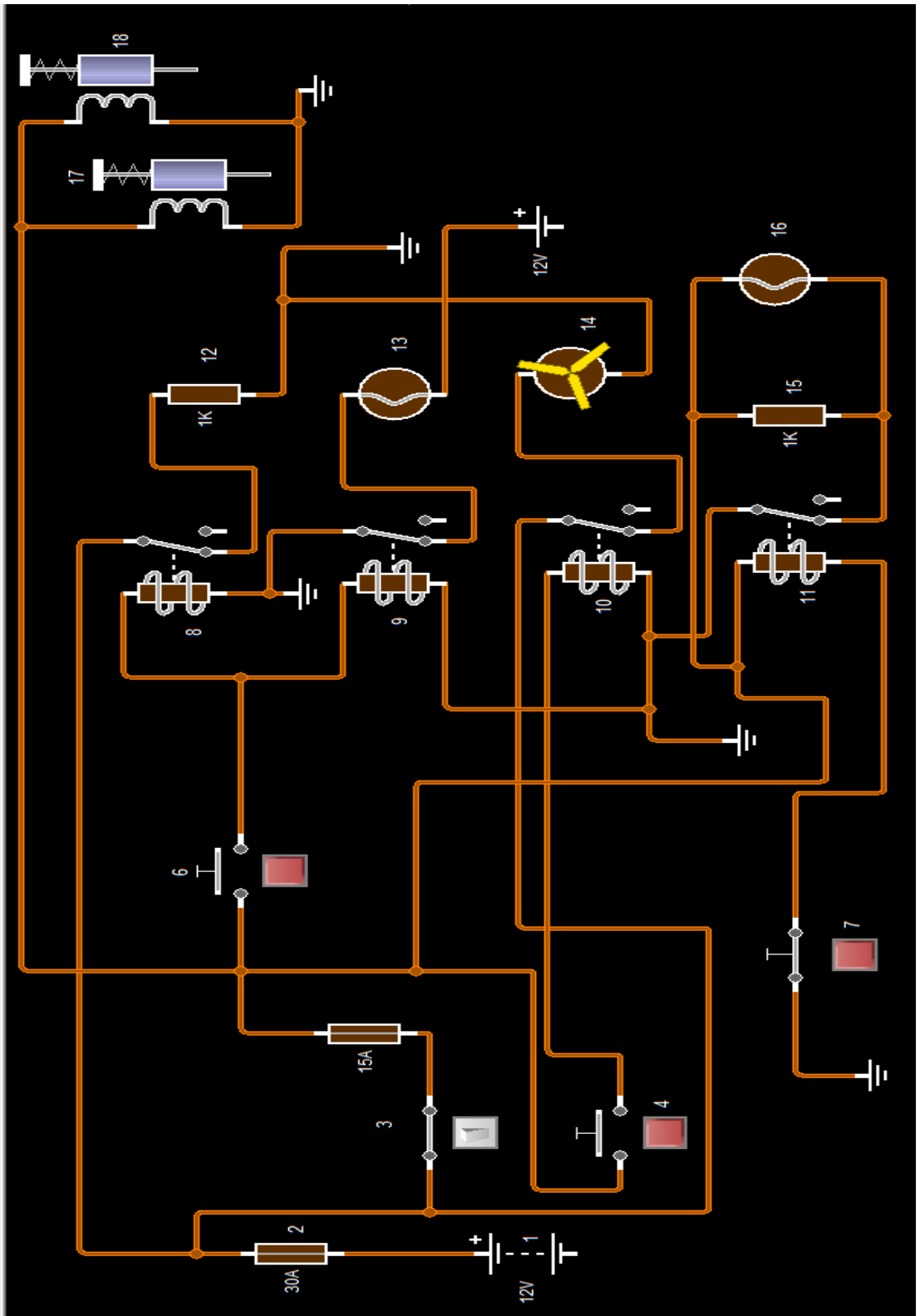
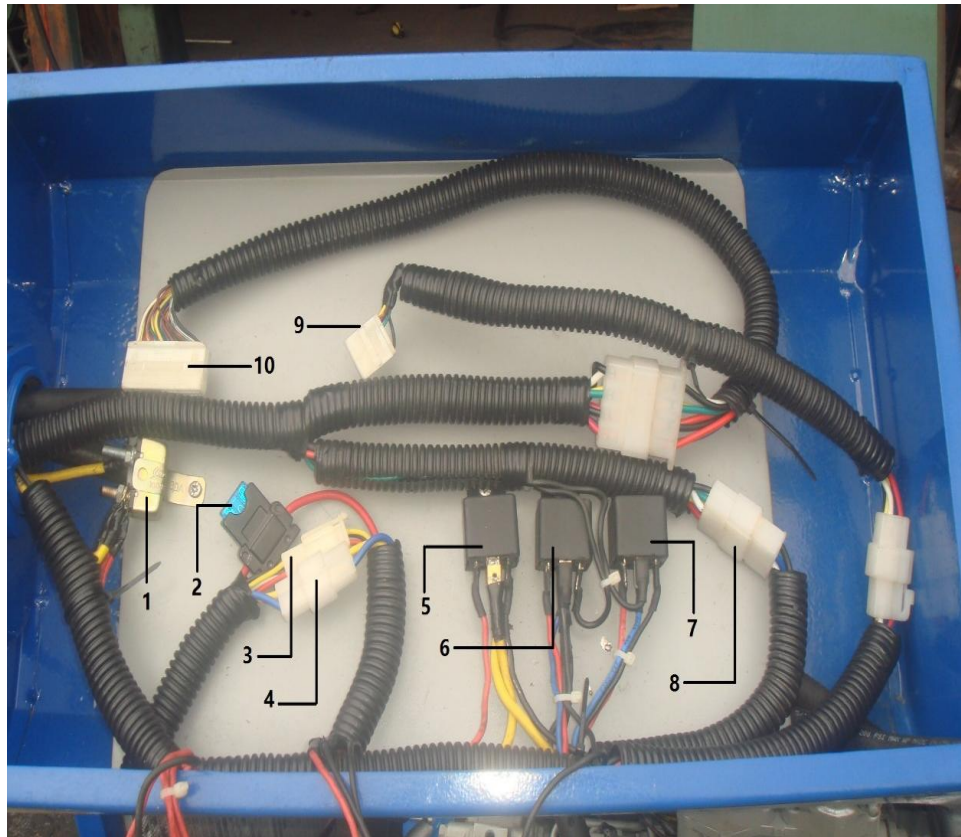


Figura 81. Circuito eléctrico para el motor y tablero de instrumentos

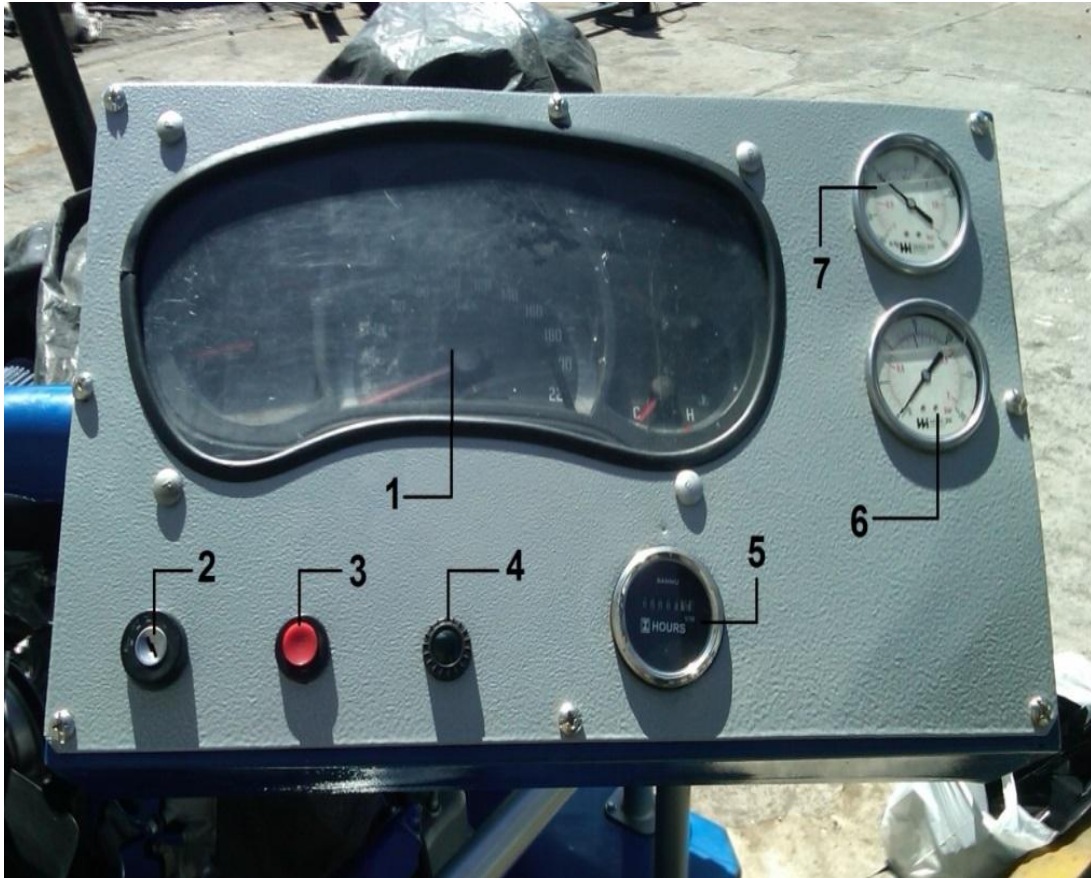
En la Figura 82, se puede observar el circuito eléctrico construido físicamente con todos los elementos que se detallaron en el circuito eléctrico.



- 1 Fusible térmico 30 A.
- 2 Fusible 15 A
- 3 Socket de alimentación electroválvula de retorno de la bomba
- 4 Socket de alimentación electroválvula del cabezal
- 5 Relé de arranque
- 6 Relé de luz testigo de precalentamiento
- 7 Relé de activación de horómetro y luz testigo
- 8 Socket de conexión a masa
- 9 Socket de alimentación del tablero
- 10 Socket de entrada de señales del tablero

Figura 82. Circuito eléctrico del para el motor y tablero

En la Figura 83 se muestra el trabajo final del panel de instrumentos para el motor.



- 1 Tablero del vehículo
- 2 Switch de arranque
- 3 Pulsador de bujías de precalentamiento
- 4 Foco piloto de funcionamiento del horómetro
- 5 Horómetro
- 6 Manómetro de presión de turbo
- 7 Vacuómetro de la bomba de vacío

Figura 83. Trabajo final del panel de instrumentos del banco didáctico

3.1.5 MEDICIONES Y PRUEBAS EN EL BANCO DIDÁCTICO

3.1.5.1 Identificación de sensores y actuadores de la bomba

La bomba de inyección posee un sensor de revoluciones como se muestra en la Figura 84, este sensor es de tipo inductivo, el cual envía una señal al tablero en donde se indica las revoluciones del motor. El sensor posee dos cables los cuales se los identifico de la siguiente manera:

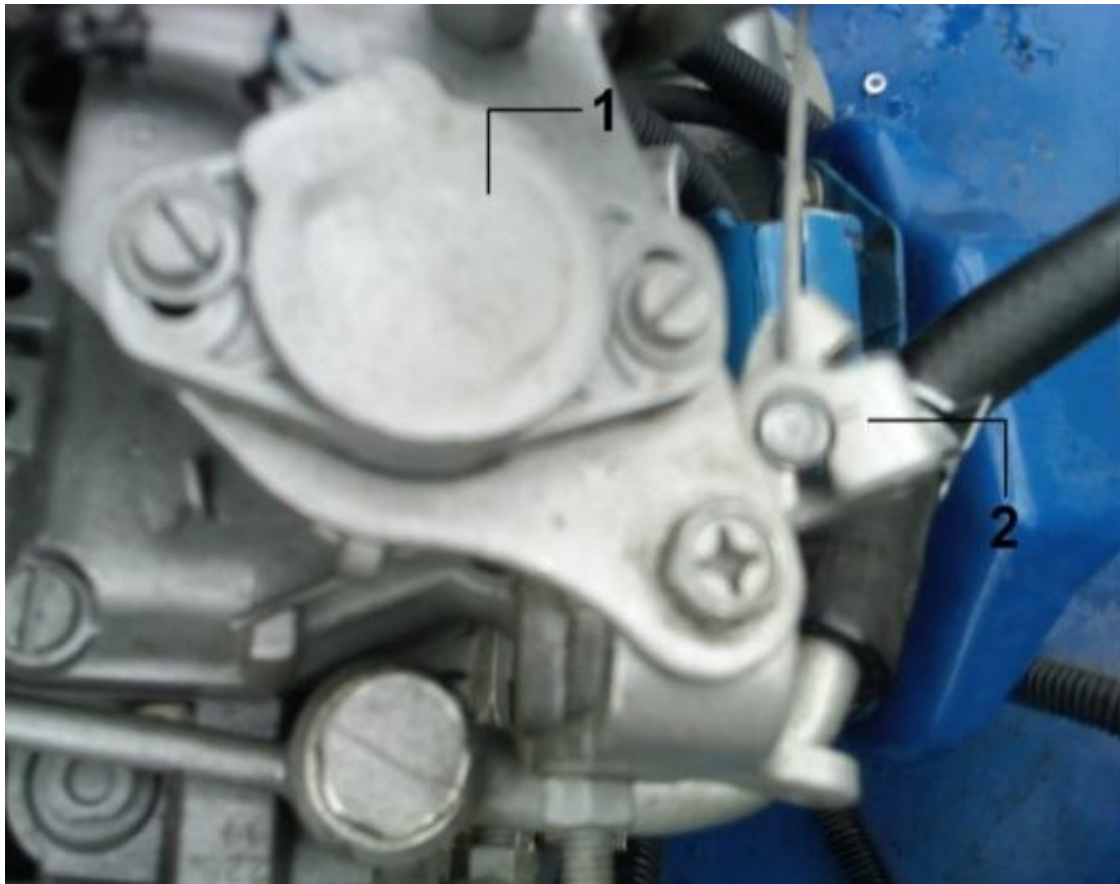
Con el multímetro en escala continuidad, y con uno de los cables se pinchó uno de los pines del socket del sensor, con el otro cable del multímetro se pinchó la masa de batería, encontrando en uno de los cables continuidad, de esta manera se determinó la masa del sensor que cierra el circuito. Una vez identificado el cable de masa del sensor, se determinó que el segundo cable es el cable de señal del sensor, para comprobar el voltaje con el multímetro, se pinchó el cable de señal del sensor y se dio arranque al motor, el voltaje de cable de señal en ralentí fue de 0.6 voltios y en aceleración máxima 2.9 voltios.



1 Sensor de revoluciones

Figura 84. Sensor de revoluciones

En la parte superior de la palanca de aceleración de la bomba de inyección se encontró un potenciómetro como se muestra en la Figura 85, el cual sensa la posición de la palanca de aceleración, este sensor posee 3 pines, los cuales se comprobó que corresponden a: positivo de alimentación, masa y una señal del sensor.



- 1 Potenciómetro
- 2 Palanca de aceleración

Figura 85. Potenciómetro de la bomba de inyección

En la parte superior de la bomba se encontró una electroválvula de retorno de combustible (Figura 86), la cual permite que el caudal de combustible retorne al tanque. Esta válvula se encuentra normalmente cerrada.



1 Electroválvula de retorno

Figura 86. Electroválvula de retorno de la bomba de inyección

En el cabezal hidráulico de la bomba de inyección se encuentra una electroválvula (Figura 87), la cual permite el paso o el corte de combustible de la bomba hacia los inyectores, esta electroválvula se encuentra normalmente cerrada. Además recibe positivo permanente de contacto.



- 1 Electroválvula de parada
- 2 Cabezal hidráulico

Figura 87. Electroválvula de parada de la bomba de inyección

3.1.5.2 Mediciones de indicadores de control

En el banco didáctico se realizaron algunas mediciones las cuales se detallan a continuación:

En el tablero como se mencionó anteriormente se colocó un mano vacuómetro para medir el vacío generado por la bomba de vacío ubicada en el alternador del motor, en la Tabla 2 se detallan los valores de dicha medición:

Tabla 2. Tabla de medición de la bomba de vacío

RPM	UNIDAD	VALOR
8000	InHg	-2
1500	InHg	-4
2000	InHg	-6
2500	InHg	-8
3000	InHg	-10

A demás se realizó también la medición de la presión del turbo del motor, en la Tabla 3 se muestra los valores de presión en manómetro de acuerdo a distintas RPM del motor:

Tabla 3. Tabla de medición de presión de turbo.

RPM	UNIDAD	VALOR
1000	<i>Psi.</i>	1.25
1500	<i>Psi.</i>	2.5
2000	<i>Psi.</i>	3.25
2500	<i>Psi.</i>	5
3000	<i>Psi.</i>	7

Así mismo se hizo una medición de la resistencia del sensor de temperatura del motor con la ayuda de un multímetro, como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4. Tabla de medición de resistencia en el sensor de temperatura

TEMPERATURA (°C)	UNIDAD	VALOR
FRIO (15 °C)	<i>Ohms</i>	838
CALIENTE (90 °C)	<i>Ohms</i>	1750

Por ultimo también se midió la resistencia en el flotador del reservorio, en los distintos niveles de combustible del reservorio, en la Tabla 5 se muestran la tabla de resistencias:

Tabla 5. Tabla de medición de resistencia en el flotador del reservorio

NIVEL DE RESERVORIO	UNIDAD	VALOR
LLENO	<i>Ohms</i>	20
3/4	<i>Ohms</i>	38
MEDIO	<i>Ohms</i>	55
1/4	<i>Ohms</i>	87
VACIO	<i>Ohms</i>	122

3.1.5.3 Pruebas en la bomba de inyección en laboratorio

El banco de pruebas de bombas de inyección diésel, es un equipo que sirve para diagnosticar el estado de una bomba, así mismo para realizar las respectivas calibraciones de las bombas de inyección, según las especificaciones de ajuste de cada tipo de bomba. Los datos de las pruebas y ajuste de la bomba de inyección se tomaron del banco de pruebas para bombas en donde se encontraba una bomba ZEXEL serie N°. 465113 similar a la bomba del motor del banco didáctico, para ello se contó con la colaboración del laboratorio CEVADIESEL.

A continuación se detalla el proceso en el laboratorio CEVADIESEL para la prueba ajuste de la bomba de inyección rotativa:

Primero se procede al diagnóstico de la bomba el cual consiste en montar la bomba en el banco de pruebas, y realizar las pruebas correspondientes, y analizar el estado de la bomba según la tabla de valores correspondiente al número de serie de la bomba, y de esta manera diagnosticar las posibles fallas.

Principales fallas que presentan las bombas rotativas:

- ✓ Falta de presión interna de la Bomba, lo cual causa deficiencia en la entrega de combustible.
- ✓ Problemas con el avance de la bomba, lo cual deriva en pérdida de potencia del vehículo y emisión de humo azul.
- ✓ Daños en las válvulas del cabezal, ocasionado la entrega desigual del combustible en cada cilindro.
- ✓ Daños en la bomba de paletas interna de la bomba.
- ✓ Ingreso de óxido y otros líquidos, destruyendo los componentes internos de la bomba.

Una vez realizadas las comprobaciones en el banco de pruebas, se procede al desarmado de la bomba para verificar el estado interno en que se encuentra la bomba como se muestra en la Figura 88, y en caso de ser necesario el remplazo de algún componente de la bomba.



Figura 88. Despiece de la bomba de inyección rotativa

Una vez realizado el análisis del estado interno de la bomba, se procedió al armado de la misma para nuevamente ser puesta en el banco de pruebas y realizar los ajustes y calibraciones en el banco de pruebas. Figura 89.

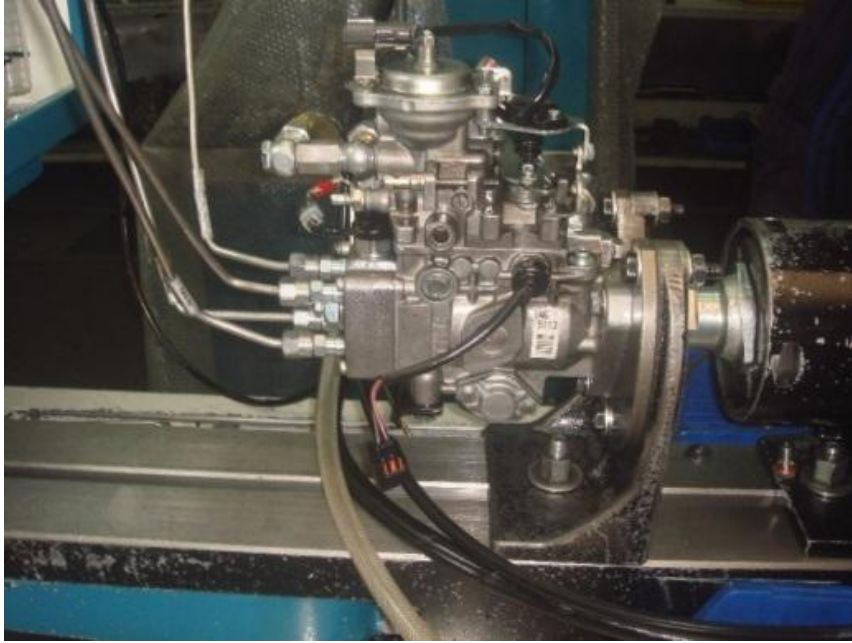


Figura 89. Bomba rotativa de inyección montada en el banco de pruebas

A continuación en la Tabla 6, se detalla los valores de los principales ajustes que se realizó en la bomba:

Tabla 6. Tabla de ajuste de la bomba de inyección rotativa

1. ENTREGA DE COMBUSTIBLE					
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR DE AJUSTE	MÍNIMO	MÁXIMO	VALOR REAL
PUMP SPEED	RPM	500			
DIFERENCIA DE ENTREGA	mm ³ /st	5		5	5
PUMP SPEED	RPM	1000			
CANTIDAD DE INYECCIÓN	mm ³ /st	79,7	73,2	86,2	8,6
PUMP SPEED	RPM	1700			
CANTIDAD DE INYECCIÓN	mm ³ /st	98,5	92	105	105
2. REGULACIÓN					
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR DE AJUSTE	MÍNIMO	MÁXIMO	VALOR REAL
PUMP SPEED	RPM	2070			
PRESIÓN DE TURBO	Kpa.	80			
CANTIDAD DE INYECCIÓN	mm ³ /st	34	31	37	31
3. RALENTÍ					
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR DE AJUSTE	MÍNIMO	MÁXIMO	VALOR REAL
PUMP SPEED	RPM	375			
CANTIDAD DE INYECCION	mm ³ /st	13,9	11,9	15,9	15
4. INICIO					
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR DE AJUSTE	MÍNIMO	MÁXIMO	VALOR REAL
PUMP SPEED	RPM	100			
CANTIDAD DE INYECCIÓN	mm ³ /st	60	60	100	100
5. FIN					
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR DE AJUSTE	MÍNIMO	MÁXIMO	VALOR REAL
PUMP SPEED	RPM	375			
CANTIDAD DE INYECCION	mm ³ /st	0	0	0	0
5. PRESIÓN DE CÁMARA					
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR DE AJUSTE	MÍNIMO	MÁXIMO	VALOR REAL
PUMP SPEED	RPM	1350			
PRESIÓN	Kpa	4,8	4,5	5,1	5,1
PUMP SPEED	RPM	1800			
PRESIÓN	Kpa	6,2	5,8	6,6	6
6. TEMPORIZADOR					
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR DE AJUSTE	MÍNIMO	MÁXIMO	VALOR REAL
PUMP SPEED	RPM	1350			
PRESION DE TURBO	Kpa.	80			
ACTIV. DEL TEMPORIZADOR	mm.	1,8	1,6	2	1,8
PUMP SPEED	RPM	1020			
PRESION DE TURBO	Kpa.	80			
ACTIV. DEL TEMPORIZADOR	mm.	0,5		0,5	0,5
PUMP SPEED	RPM	1500			
PRESION DE TURBO	Kpa.	80			
ACTIV. DEL TEMPORIZADOR	mm.	3	2,6	3,4	3

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RELACIÓN DE COMPRESIÓN

Los motores con inyección directa poseen el problema del arranque en frío, si su relación de compresión es baja (18.5 a 1), tomando en cuenta uno de los principios de la combustión del motor diésel, en donde a mayor presión de compresión el combustible necesita menor temperatura para encenderse, por lo tanto necesitan bujías de precalentamiento, como es el caso del motor que se utilizó en el banco didáctico.

4.2 ANÁLISIS DE BUJÍAS DE PRECALENTAMIENTO

Debido a que el motor posee bujías de precalentamiento, se determinó el consumo de cada una, utilizando un multímetro se midió la resistencia y aplicando la ley de ohm se determinarían los siguientes valores de consumo:

CONSUMO DE CADA BUJÍA

$$C = V R$$

$$C = 12 V \ 0.5 \ \Omega$$

$$C = 24 A$$

$$CONSUMO \ TOTAL = 24 * 4 = 96 A$$

Como se puede observar las bujías de precalentamiento tienen un alto consumo de amperaje en este caso 96 A, siendo éste superior al amperaje de la batería el cual es 75 A, es por ello que el precalentamiento solo se lo realiza en pocos segundos (30 a 40 segundos).

4.3 ANÁLISIS DE ADECUACIÓN DEL MOTOR

Debido a que el turbo no poseía la cañería de retorno de aceite, se fabricó una cañería metálica, ya que el aceite proveniente del turbo se encuentra a altas temperaturas, también se tomó en cuenta el diámetro de la cañería, para que el caudal de aceite del turbo retorne fácilmente, y de esta manera se evitó que haya sobrepresión de aceite en el turbo, lo que puede producir fugas a través de sus sellos hacia el escape y el múltiple de admisión.

4.4 ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR

Para comprobar el estado del motor, se procedió a ponerlo en funcionamiento, para ello se analizó el circuito eléctrico del motor en el manual de servicio, y se determinó que para encender el motor solo se necesitaba energizar la electroválvula del cabezal de la bomba, las bujías de precalentamiento y el motor de arranque, ya que la bomba de inyección del motor es de tipo mecánica.

4.5 ANÁLISIS DEL RESERVORIO DE COMBUSTIBLE

En el tanque reservorio de combustible se adaptó un flotador, para sensar el nivel en el reservorio en el tablero. En el cable de señal del flotador se realizaron mediciones de resistencia, obteniendo los siguientes valores de acuerdo al nivel del reservorio y las dimensiones del tanque de manera física.

NIVEL DE RESERVORIO	UNIDAD	VALOR
LLENO	<i>Ohms</i>	20
3/4	<i>Ohms</i>	38
MEDIO	<i>Ohms</i>	55
1/4	<i>Ohms</i>	87
VACIO	<i>Ohms</i>	122

4.6 ANÁLISIS DE SENSORES Y ACTUADORES DE LA BOMBA

Todo motor posee un indicador de revoluciones del mismo, en el caso de este motor diésel las revoluciones del motor se toman de un sensor que se encuentra en la bomba de inyección. Dicho sensor es de tipo inductivo, de acuerdo a la velocidad que está girando el motor el voltaje que genera el sensor varia y se marcan las revoluciones en tacómetro del tablero, lo cual se comprobó colocando el multímetro en el cable de señal del sensor y al variar a velocidad de giro del motor también vario el voltaje en multímetro. Así mismo este sensor posee una masa que cierra el circuito, y se traduce en movimiento de la aguja de la revoluciones.

El motor utilizado en el presente proyecto posee un potenciómetro, para sensar la posición de la palanca de aceleración, pero dicho motor no posee ECM que procese la señal, por lo tanto se comprobó que el potenciómetro no cumple ninguna función, en caso de tenerlo este sensor posee 3 pines, los cuales se comprobó que corresponden a: positivo de alimentación, masa y una señal del sensor.

Debido a que las bombas de inyección rotativa necesitan un mecanismo para cortar el suministro de combustible hacia los inyectores y parar el motor, se ha colocado una electroválvula ubicada en la parte superior del cabezal hidráulico. Esta válvula se encuentra normalmente cerrada y tiene alimentación de 12 V permanente de contacto.

Debido a que toda bomba de inyección de tipo rotativa, posee un retorno de caudal en la parte superior de la bomba, que es un primer regulador de presión de la misma, se ha colocado una electroválvula a fin de evitar goteos, en el momento de pagado del motor. Esta válvula se encuentra normalmente cerrada y tiene alimentación de 12 V permanente de contacto.

En nuestro medio las exigencias para todos vehículos es que deben ingresar con Inyección Electrónica, sin embargo comprobó que es un motor netamente con inyección mecánica, en el cual tampoco se encontró una ECU. El hecho de tener sensores y actuadores eléctricos no quiere decir que tenga control electrónico.

4.7 ANÁLISIS DE LA RELACION PRESIÓN- VACÍO

Muchos consideran que el movimiento descendente del pistón genera vacío, lo cual es un error ya que el pistón cuando desciende genera depresión, lo cual lo comprobamos con las medidas obtenidas en el manómetro de presión, con lo cual comprobamos que el motor diésel no genera vacío, es por ello es necesario una bomba de vacío para los elementos que requieran como por ejemplo el servofreno.

RPM	UNIDAD	VALOR
1000	<i>Psi.</i>	1.25
1500	<i>Psi.</i>	2.5
2000	<i>Psi.</i>	3.25
2500	<i>Psi.</i>	5
3000	<i>Psi.</i>	7

4.8 ANÁLISIS DE LA BOMBA DE VACÍO

Como se mencionó anteriormente los motores diésel no generan vacío, pero se comprobó que motor utilizado en el banco poseen una bomba para generar vacío ubicada la parte posterior del alternador, a dicha bomba se le colocó un vacuómetro y se determinaron algunos valores de vacío que generó la bomba en función de la velocidad del motor. Este vacío lo utilizan, el servo freno y las válvulas EGR por ejemplo.

RPM	UNIDAD	VALOR
8000	InHg	-2
1500	InHg	-4
2000	InHg	-6
2500	InHg	-8
3000	InHg	-10

4.9 ANÁLISIS DE LA BOMBA EN EL LABORATORIO

En el laboratorio se hicieron las pruebas y ajustes básicos para la bomba de inyección rotativa, obteniendo los siguientes resultados:

La primera prueba que se realizó fue la entrega de combustible, y como se puede observar en la Tabla 6, la entrega de combustible real a 1700 rpm fue $105 \text{ mm}^3/\text{st}$, dicho valor se coincidió con el valor máximo de la tabla de ajustes per dentro del rango permitido por la tabla de ajustes del fabricante.

En lo que respecta a la regulación de la inyección de la bomba, en la Tabla 6, se puede observar, que el valor de inyección real de la bomba fue $31 \text{ mm}^3/\text{st}$, valor que fue igual al valor mínimo de la especificación del fabricante, sin embargo este encuentra en el rango permitido.

En el ajuste de la cantidad de inyección de la bomba en ralentí, se puede observar en la Tabla 6 que el valor real de inyección $15 \text{ mm}^3/\text{st}$, está dentro de las tolerancias del fabricante.

Como se puede observar en la Tabla 6 el inicio de la inyección de la bomba, la cantidad de inyección real es $100 \text{ mm}^3/\text{st}$, dicha cantidad de inyección como se puede observar, es igual a la máxima tolerancia que permitida por el fabricante para dicha bomba. Además en el fin de la inyección, de la bomba, el valor de ajuste real fue cero, coincidiendo con la especificación de la bomba.

Uno de los principales factores para el buen funcionamiento de la bomba, es la presión de la cámara, donde podemos observar en la Tabla 6, que la bomba utilizada tuvo una presión real de la cámara de 6 kilopascales (Kpa), en donde dicha presión se encuentra dentro del rango de valores.

Por último el recorrido real del temporizador de la bomba de inyección, como se puede ver en la Tabla 6, se encuentra dentro de las tolerancias del fabricante, por lo cual el temporizador se encuentra en buen estado.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ Las bujías de precalentamiento tiene un consumo de corriente mayor al que suministra la batería, es por ello que las bujías de precalentamiento en los vehículos se activan por pocos segundos.
- ✓ El sensor de revoluciones de la bomba es de tipo inductivo, y puede ser de un solo cable, o dos cables, en el caso de tener dos cables, el uno genera una señal de corriente y el segundo cable es la masa que cierra el circuito.
- ✓ Como se pudo comprobar con el manómetro de presión de turbo, el motor diésel no genera vacío, solo genera una depresión con el movimiento descendente del pistón.
- ✓ Se determinó que el motor diésel al no generar vacío, necesitan una bomba de vacío para el funcionamiento de los elementos del vehículo que lo requieran.
- ✓ El panel de instrumentos del banco didáctico nos ayudara a monitorear el estado del motor, ya que en él se encuentran los indicadores y luces testigos, a más del horómetro para los respectivos cambios de aceite.
- ✓ Los ajustes en la bomba de inyección, son muy importantes, ya que de ello depende que haya una buena inyección en el motor y exista un óptimo desempeño del mismo.

- ✓ Con el uso de un relé inversor, se puso en funcionamiento del horómetro, para los cambios de aceite del motor.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda colocar una trampa de agua, así mismo un calentador de combustible en el circuito de alimentación de la bomba de inyección.
- ✓ Se deben hacer los respectivos cambios de aceite y filtro cada 120 horas de trabajo del motor.
- ✓ Se recomienda hacer el chequeo de nivel de combustible, antes de realizar la práctica.
- ✓ Se debe hacer un chequeo periódico del ajuste de los pernos del banco y los pernos de las bases del motor

BLIBIOGRAFÍA

- ✓ Alonso, M. (2001). Técnicas del automóvil. Sistema de inyección de combustible en los motores diésel. Madrid: Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A.
- ✓ BOSCH. (2006). Bombas distribuidoras VE. Sao Paulo: BOSCH.
- ✓ BOSCH. (2005). Técnica de gases de escape para motores Diésel. Alemania: Robert Bosch Gmb H.
- ✓ CUMMINS. (2011). Motores CNH. México.
- ✓ FORMAUTO. (2004). MANUAL TDI SISTEMAS BOSCH-LUCAS.
- ✓ Hyundai Motor Company. (2007). Control del Motor Diésel. Hyundai.
- ✓ ISUZU MOTORS LIMITED. (2003). Manual de Servicio. Tokio: ISUZU MOTORS LIMITED.
- ✓ MAICO I.C.S.A. (2003). Mecánica y Gestión Electrónica de motores diésel. MAICO I.C.S.A.
- ✓ MANUAL PRÁCTICO DEL AUTOMÓVIL. (2007). Madrid: CULTURAL S.A.
- ✓ Mott, R. (1996). *Resistencia de materiales aplicada*. México: Prentice Hall, Inc. .

- ✓ Aficionados a la mecánica. (2011). Bomba rotativa de inyección, tipo VE. Recuperado el 12 de 02 de 2013, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-alimentacion.html>
- ✓ Aficionados a la mecánica. (2011). Bomba rotativa de inyección, tipo Ve. Recuperado el 12 de 02 de 2013, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve.html>
- ✓ Aficionados a la mecánica. (2011). Bomba rotativa de inyección, tipo VE. Recuperado el 15 de 02 de 2013, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-variador.html>
- ✓ Barbadillo, F. (s.f.). Recuperado el 10 de 04 de 2013, de <http://www.fbelectronica.com/Infosistemas/Sistemas%20Diesel/Inyector%20Bomba.html>
- ✓ Barquero, C. (s.f.). www.automotrizenvideo.com. Recuperado el 12 de 06 de 2013, de <http://automotrizenvideo.com/funcionamiento-basico-del-sistema-common-rail-articulo/>
- ✓ DAVCO Technology. (2012). www.davcotec.com. Obtenido de: <http://www.davcotec.com/espanol/products-espanol.html>
- ✓ Fbelectronica. (s.f.). Recuperado el 15 de 05 de 2013, de <http://www.fbelectronica.com/Infosistemas/Sistemas%20Diesel/Inyector%20Bomba.html>

- ✓ lessierradeguara. (s.f.). Bomba Rotativa DPA-DPC. Recuperado el 05 de 03 de 2013, de
http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/DIESEL/03_rotativa_dpa.pdf

- ✓ www.naikontuning.com. (s.f.). Recuperado el 12 de 06 de 2013, de
<http://www.naikontuning.com/nt/linea-de-alimentacion-diesel/>

- ✓ Nissan. (2012). www.nissan.com. Recuperado el 12 de 06 de 2013, de Filtro de combustible
http://www.nissanservicio.cl/ayuda_rep_filtro_comb.asp

- ✓ Racor. (s.f.). www.filtrosracor.com.mx. Recuperado el 12 de 06 de 2013, de
<http://filtrosracor.com.mx/>

- ✓ www.sapiensman.com. (s.f.). Recuperado el 12 de 06 de 2013, de
http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica9-A.html

- ✓ www.slideshare.net. (s.f.). www.slideshare.net. Recuperado el 12 de 06 de 2012, de
http://www.slideshare.net/Luis_Reveco/injector-heui

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Admisión: Ciclo de ingreso de aire en cilindro, aspirado por el movimiento descendente del pistón.

Árbol de levas: Mecanismo formado por un eje en donde se colocan distintas levas, de distintos tamaños y formas.

Bobina: Componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

Cámara de combustión: Es el lugar donde se realiza la combustión del combustible con el comburente (aire) dentro del motor.

Caudal: Cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo.

Combustión: Reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de puntos en forma de calor y luz, manifestándose visualmente gracias al fuego.

Compresión: ciclo en el cual el pistón comprime el aire con su movimiento ascendente.

Culata: Cabeza del motor o tapa del bloque de cilindros es la parte superior de un motor de combustión interna que permite el cierre de las cámaras de combustión.

Deflagración: Combustión súbita con llama a baja velocidad de propagación, sin explosión.

ECU: Unidad de Control del Motor.

Émbolo: Pieza cilíndrica de un cilindro o una bomba que se mueve de forma alternativa.

Escape: Salida de los gases de escape del motor por el movimiento ascendente del pistón.

Expansión: El pistón está en la carrera máxima provocando que el combustible se autoinflame por la alta presión y alta temperatura.

Horómetro: Instrumento que permite registrar las horas de trabajo de un motor.

Inyector: Componente del sistema de inyección de combustible cuya función es introducir una determinada cantidad de combustible en la cámara de combustión en forma pulverizada.

Levas: Elemento mecánico que está sujeto a un eje por un punto que no es su centro geométrico, sino un alzado de centro.

Manómetro: Es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados.

Movimiento axial: Movimiento a lo largo de su propio eje.

Movimiento radial: Movimiento con respecto a su radio.

Pulverizado: Esparcir un líquido sobre un lugar en forma de gotas muy pequeñas.

Relación de compresión: Es el número que permite medir la proporción en que se ha comprimido la mezcla dentro de la cámara de combustión de un cilindro.

Sensor: Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

Vacuómetro: es un elemento que sirve para medir presiones inferiores a la presión atmosférica.

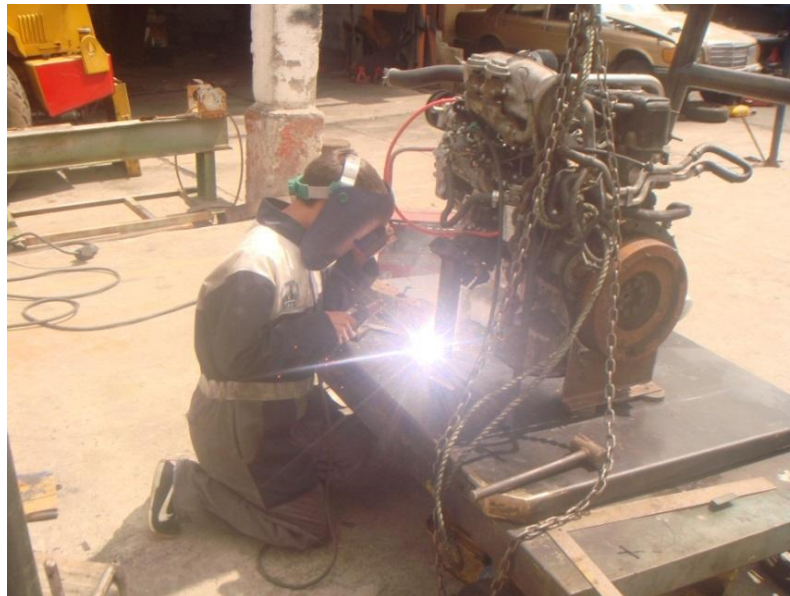
ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1: Estado del motor al momento de la adquisición



ANEXO 2: Proceso de soldadura del soporte de las bases del motor



ANEXO 3: Centrado de las protecciones del bastidor



ANEXO 4: El motor montado en el bastidor con las protecciones



ANEXO 5: Banco didáctico terminado, con el tablero de instrumentos.

