

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS  
PARA CUERPOS DE VÁLVULAS DE TRANSMISIONES  
AUTOMÁTICAS MODELO F4A41, F4A51, F5A51.”**

**TESIS DE GRADO PREVIA  
A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

HÉCTOR GONZALO MALDONADO RÍOS.  
WASHINGTON EDMUNDO SALINAS LEÓN.

**DIRECTOR:**

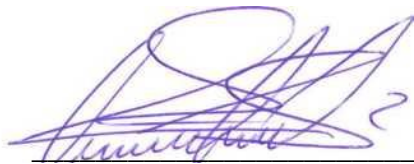
ING. FREDY TACURI

**CUENCA, DICIEMBRE 2013.**

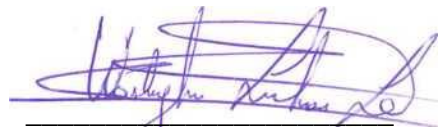
## DECLARATORIA.

Nosotros, Héctor Gonzalo Maldonado Ríos y Washington Edmundo Salinas León, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí realizado es de nuestra autoría, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Mediante la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Héctor G. Maldonado R.



Washington E. Salinas L.

## CERTIFICACIÓN

Que el siguiente proyecto de tesis. **“Diseño y construcción de un banco de pruebas para cuerpos de válvulas de transmisiones automáticas modelo F4A41, F4A51, F5A51”**. Para la carrera de ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, realizada por los estudiantes Héctor Gonzalo Maldonado Ríos y Washington Edmundo Salinas León, fue dirigida por mi persona.

**Cuenca, 04 de Diciembre de 2013.**



Ing. Fredy Tacuri.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero empezar agradeciendo a Dios por brindarme la sabiduría para salir a delante en mi carrera profesional y poder culminarla.

A mis queridos padres que siempre han estado junto a mi lado durante mis estudios universitarios y a lo largo de mi vida siendo mi apoyo incondicional.

A mi hermano que siempre me apoyo durante mi carrera universitaria.

Héctor G. Maldonado R.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, ser importante para la culminación de mis estudios, a mis padres los cuales me han brindado el apoyo incondicional durante mi vida y han sido la inspiración para el perfeccionamiento de la misma.

A mi hermano el cual ha me ha brindado su apoyo y ha sido un pilar importante en mi vida y en mis estudios.

Washington E. Salinas León.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Héctor y Fanny que con su ejemplo de lucha y sacrificio siempre me sacaron a delante apoyándome en todo momento de mi vida.

A mi hermano Daniel que siempre estuvo a mi lado con su amistad y apoyo incondicional, esperando que le sirva como ejemplo de superación personal.

Héctor G. Maldonado R.

## **DEDICATORIA**

A mi familia, los cuales me han brindado su apoyo en todo momento, en especial a mis padres Edmundo Salinas Pineda, Mariana León Barrigas y mi hermano Carlos Daniel Salinas León, los cuales han sido los impulsores para mi superación tanto personal como profesional, así como también un ejemplo de responsabilidad y superación.

Agradezco también a mi gran amigo el Sr. Humberto Lojan, el cual ha sido el promotor para la ejecución de este proyecto.

Washington E. Salinas León.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DEDICATORIA .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVIII
RESUMEN .....	XX
CAPÍTULO I .....	- 1 -
ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL CUERPO DE VÁLVULAS DE LAS TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS MODELO F4A41, F4A51, F5A51 .....	- 1 -
1.1.    Introducción.....	- 2 -
1.1.1.    Hidráulica.....	- 2 -
1.1.1.1.    Definición: .....	- 2 -
1.1.2.    Propiedades de los fluidos hidraulicos.....	- 3 -
1.1.3.    Leyes de la hidráulica .....	- 5 -
1.1.3.1.    Principio de Pascal.....	- 5 -
1.2.    Cuerpo de Válvulas.....	- 8 -
1.2.1.    División del cuerpo de válvulas.....	- 9 -
1.2.2.    Descripción de sus partes.....	- 9 -
1.2.3.    Cuerpo de válvulas interior .....	- 11 -
1.2.4.    Cuerpo de válvulas exterior.....	- 12 -
1.3.    Sistema de cambio automático.....	- 12 -
1.4.    Solenoides.....	- 13 -
1.4.1.    Válvulas solenoides.....	- 14 -
1.4.2.    Funcionamiento de la válvula solenoide.....	- 15 -
1.4.3.    Sistema de control hidráulico.....	- 16 -
1.4.4.    Consideraciones del sistema de control hidráulico.....	- 17 -
1.5.    Válvula de control de presión del convertidor de par.....	- 18 -
1.6.    Válvula solenoide del control del embrague amortiguador.....	- 19 -
1.7.    Válvulas solenoide y control de presión.....	- 20 -
1.8.    Válvula Manual.....	- 23 -
1.8.1.    Descripción del funcionamiento de la válvula manual en función de su posición.....	- 24 -



1.8.2.	Rango D. ....	- 26 -
1.8.3.	Rango R. ....	- 27 -
1.9.	Válvula Reguladora de Presión.....	- 27 -
1.9.1.	Tabla de valores de presión y su posición.....	- 30 -
1.9.2.	Diagrama de presión y entrada de la válvula reguladora. ....	- 31 -
1.10.	Válvula de Control de Presión .....	- 31 -
1.10.1.	Finalidad .....	- 31 -
1.10.2.	Ejemplo del funcionamiento del embrague OD.....	- 32 -
1.10.3.	Activación de las válvulas solenoides.....	- 33 -
1.11.	Válvula de Conmutación – <i>Switch</i> . ....	- 34 -
1.12.	Válvula a prueba de fallos A.....	- 36 -
1.12.1.	Funcionamiento:.....	- 36 -
1.13.	Válvula a prueba de fallos B. ....	- 38 -
1.13.1.	Funcionamiento:.....	- 38 -
1.14.	Válvula solenoide empleada en el cuerpo de válvulas de las transmisiones modelos F4A41, F4A51, F5A51.....	- 40 -
1.14.1.	Válvula de solenoide para el control de presión. ....	- 41 -
1.15.	Válvula VFS solenoide de fuerza variable empleada en el cuerpo de válvulas de las transmisiones modelo F4A41, F4A51, F5A51.....	- 43 -
1.16.	Válvula solenoide de control del embrague de convertidor de par – abierto o corto (masa). ....	- 46 -
1.16.1.	Descripción general.....	- 46 -
1.16.2.	Descripción del código DTC.....	- 46 -
1.17.	Válvula solenoide de baja reversa – abierto o corto (masa).....	- 47 -
1.17.1.	Descripción general.....	- 47 -
1.17.2.	Descripción del código DTC.....	- 47 -
1.18.	Presión de Reducción.....	- 48 -
1.18.1.	Función. ....	- 48 -
1.19.	Sensor de temperatura del aceite de cambio. ....	- 50 -
1.19.1.	Descripción general.....	- 50 -
1.19.2.	Funcionamiento:.....	- 50 -
1.19.3.	Descripción: .....	- 50 -
1.19.4.	Rangos de la temperatura del sensor. ....	- 51 -
1.20.	Diferencia entre los modelos F4A41, F4A51 con el modelo F5A51 .....	- 51 -
1.21.	Válvula a prueba de fallos C (Solo modelo F5A51). ....	- 53 -

CAPÍTULO II.....	- 26 -
ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS QUE COMPONEN EL CUERPO DE VÁLVULAS DE LAS TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS MODELO F4A41, F4A51, F5A51 .....	- 26 -
2.1.    Circuito electrohidráulico de transmisiones automáticas.....	- 56 -
2.2.    Sistema Hidráulico F4A.....	- 56 -
2.3.    Listado de marchas de una transmisión F4A. ....	- 56 -
2.3.1.    P (Parking) y N (Neutral).....	- 56 -
2.3.2.    Posición D (Drive) .....	- 60 -
2.3.3.    Primera Marcha.....	- 61 -
2.3.4.    Segunda Marcha.....	- 63 -
2.3.5.    Tercera Marcha .....	- 65 -
2.3.6.    Cuarta Marcha.....	- 67 -
2.3.7.    Reversa.....	- 69 -
2.4.    Sistema Hidráulico F5A.....	- 71 -
2.4.1.    Listado de marchas de una transmisión F4A. ....	- 71 -
2.4.2.    Neutro y Estacionamiento .....	- 72 -
2.4.3.    Primera Marcha.....	- 76 -
2.4.4.    Segunda Marcha.....	- 80 -
2.4.5.    Tercera Marcha .....	- 82 -
2.4.6.    Cuarta Marcha.....	- 84 -
2.4.7.    Quinta Marcha.....	- 86 -
2.4.8.    Reversa.....	- 88 -
CAPÍTULO III.....	90
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CUERPOS DE VÁLVULAS DE TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS MODELO F4A41, F4A51, F5A51. ....	90
3.1. Diseño del banco de pruebas.....	91
3.1.1. Diseño mecánico del banco de pruebas. ....	91
3.1.1.1. Elección del material.....	93
3.1.1.2. Propiedades Químicas.....	100
3.1.1.3. Propiedades Físicas.....	100
3.1.1.4. Propiedades Mecánicas. ....	100
3.1.2. Soldadura con arco eléctrico SMAW (Shielded Metal Arc Welding). ....	102
3.1.2.1. Proceso de soldadura.....	102
3.1.2.2. El electrodo. ....	103

3.2. Proceso de Armado y Construcción del Banco de Pruebas. ....	104
3.2.1. Proceso mecánico.....	104
3.2.2. Diseño Hidráulico. ....	118
3.2.2.1. Calculo para determinar la potencia hidráulica.....	118
3.2.2.2. Determinación de la vida útil del motor eléctrico. ....	120
3.2.2.3. Motor eléctrico.....	121
3.2.2.4. Bomba Hidráulica. ....	126
3.2.3. Diseño Electrónico.....	136
3.2.3.1. Materiales.....	136
3.2.3.2. Construcción del Modulo Electrónico. ....	146
3.2.4. Ensamblaje final del banco de pruebas. ....	153
CAPITULO IV.....	158
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CUERPO DE VÁLVULAS DE TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS F4A41 EN EL BANCO DE PRUEBAS CONSTRUIDO.....	158
4.1. Comprobaciones que se debe realizar en el vehículo, antes del uso del banco de pruebas. ....	159
4.1.1. Inspección preliminar.....	159
4.1.2. Diagnóstico. ....	159
4.2. Previo al diagnostico en el banco de pruebas.....	160
4.2.1. Calibración del sistema hidráulico.....	160
4.2.2. Procedimiento para el montaje del cuerpo de válvulas en el banco de pruebas. 161	
4.3. Diagnostico del cuerpo de válvulas en el banco de pruebas. ....	162
4.3.1. Diagnostico en modo automático:.....	163
4.3.2. Teclas de activación de marchas en modo automático: ....	164
4.3.3. Tabla de activación de las válvulas solenoides de cada marcha, en modo automático.....	165
4.3.4. Tabla de activación de presiones en modo autónomo en cada marcha. ....	166
4.3.5. Especificación de la activación de los solenoides.....	167
4.3.5.1. Solenoides 100%.....	167
4.3.5.2. Solenoides 0%.....	167
4.3.6. Especificación de cada cambio seleccionado.....	167
4.3.6.1. Parking 2 – 3 – 4. ....	167
4.3.6.2. Neutro 2 – 3 – 4.....	168
4.3.6.3. Reversa 2 – 3 – 4.....	169

4.3.6.4.	Drive modo automático.....	169
4.3.6.5.	Primera 2 – 4.....	170
4.3.6.6.	Segunda 1 – 2.....	170
4.3.6.7.	Tercera 1 – 4 .....	171
4.3.6.8.	Cuarta 1 – 3 – 5.....	171
4.4.	Diagnostico en modo manual.....	172
4.4.1.	Especificación de cada cambio seleccionado.....	172
4.4.2.	Teclas de activación de marchas en modo manual: .....	173
4.4.3.	Tabla de activación de las válvulas solenoides de cada marcha, en modo manual. 174	
4.4.4.	Tabla de activación de presiones de cada marcha, en modo manual. ....	175
4.4.5.	Especificación de la activación de los solenoides.....	176
4.4.6.	Especificación de cada cambio seleccionado.....	176
4.5.	Especificación para realizar las pruebas en modo automático.....	182
4.6.	Especificación para realizar las pruebas en modo manual.....	183
	CONCLUSIONES.....	184
	RECOMENDACIONES:.....	186
	BIBLIOGRAFÍA.....	188
	ANEXOS.....	190

## ÍNDICE DE FIGURAS.

### CAPITULO I

Figura 1. 1. Principio de la Hidráulica .....	- 2 -
Figura 1. 2 Principio de Pascal.....	- 5 -
Figura 1. 3. Ley de continuidad. ....	- 5 -
Figura 1. 4. Balance energético del teorema de Bernoulli. ....	- 7 -
Figura 1. 5. Cuerpo de Válvulas.....	- 8 -
Figura 1. 6. Detalle del cuerpo de válvulas interior. ....	- 11 -
Figura 1. 7. Detalle del cuerpo de válvulas exterior. ....	- 12 -
Figura 1. 8. Detalle del cuerpo de válvulas exterior. ....	- 12 -
Figura 1. 9. Líneas de campo magnético.....	- 14 -
Figura 1. 10. Electroválvula. ....	- 15 -
Figura 1. 11. Funcionamiento de la válvula solenoide.....	- 16 -
Figura 1. 12. Sistema de control hidráulico. ....	- 17 -
Figura 1. 13. Detalle de la válvula de presión del convertidor de par.....	- 19 -
Figura 1. 14. Control del embrague amortiguador.....	- 20 -
Figura 1. 15. Control activación del embrague. ....	- 21 -
Figura 1. 16. Control desactivación del embrague.....	- 22 -
Figura 1. 17. Posición de la válvula manual. ....	- 23 -
Figura 1. 18. Detalle de la activación de la válvula manual. ....	25
Figura 1. 19. Activación en el rango P - N.....	- 26 -
Figura 1. 20. Activación en el rango D. ....	- 26 -
Figura 1. 21. Activación en el rango R. ....	- 27 -
Figura 1. 22. Activación en la posición P - N. ....	- 29 -
Figura 1. 23. Activación en diferentes marchas. ....	- 30 -
Figura 1. 24. Diagrama de activación. ....	- 31 -
Figura 1. 25. Funcionamiento del embrague OD – desactivado .....	- 32 -
Figura 1. 26. Funcionamiento del embrague OD – activado .....	- 33 -
Figura 1. 27 Activación de las marchas con la válvula de conmutación. ....	- 35 -
Figura 1. 28. Modo a prueba de fallos A; N – 1ra – 2da – 3ra marcha.....	- 37 -
Figura 1. 29. Modo a prueba de fallos 4ta – Reversa marcha.....	- 37 -
Figura 1. 30. Modo a prueba de fallos B; N – 1ra – 2da – 3ra marcha.....	- 39 -

Figura 1. 31. Modo a prueba de fallos 4ta – Reversa y Operación de la válvula..	- 40 -
Figura 1. 32. Válvula para el control de presión. ....	- 41 -
Figura 1. 33. Ubicación de la válvula VFS. ....	- 43 -
Figura 1. 34. Control de la válvula VFS. ....	- 44 -
Figura 1. 35. Tornillo de ajuste para el control de la presión de reducción. ....	- 48 -
Figura 1. 36. Ubicación de la válvula reductora. ....	- 49 -
Figura 1. 37. Diferencia entre las transmisiones F4A y la F5A. ....	- 52 -
Figura 1. 38. Modo prueba de fallo C; N – R, 1ra – 2da – 3ra, 4ta – 5ta, y operación de la válvula. ....	- 54 -

## CAPITULO II

Figura 2. 1. Circuito hidráulico de P & N de la F4A .....	- 58 -
Figura 2. 2. Disposición del cambio automático F4A.....	- 60 -
Figura 2. 3. Diseños de mando automático F4A.....	- 60 -
Figura 2. 4. Circuito hidráulico de 1 <sup>era</sup> marcha de la F4A.....	- 61 -
Figura 2. 5. Circuito hidráulico de 2 <sup>da</sup> marcha de la F4A .....	- 63 -
Figura 2. 6. Circuito hidráulico de 3 <sup>era</sup> marcha de la F4A.....	- 65 -
Figura 2. 7. Circuito hidráulico de 4 <sup>ta</sup> marcha de la F4A.....	- 67 -
Figura 2. 8. Circuito hidráulico de reversa de la F4A.....	- 69 -
Figura 2. 9. Circuito hidráulico de N & P de la F5A .....	- 72 -
Figura 2. 10. Circuito hidráulico de N & P de la F5A .....	- 74 -
Figura 2. 11. Circuito hidráulico de 1 <sup>era</sup> marcha (sección principal) de la F5A.....	- 76 -
Figura 2. 12. Circuito hidráulico de 1 <sup>era</sup> marcha (sección de reducción) de la F5A .....	- 78 -
Figura 2. 13. Circuito hidráulico de 2 <sup>da</sup> marcha de la F5A .....	- 80 -
Figura 2. 14. Circuito hidráulico de 3 <sup>era</sup> marcha de la F5A.....	- 82 -
Figura 2. 15. Circuito hidráulico de 4 <sup>ta</sup> marcha de la F5A.....	- 84 -
Figura 2. 16. Circuito hidráulico de 5 <sup>ta</sup> marcha de la F5A.....	- 86 -
Figura 2. 17. Circuito hidráulico de reversa de la F5A.....	- 88 -

## CAPITULO III

Figura 3. 1. 1000 MPa de presión sobre la estructura. ....	97
Figura 3. 2. Acero estructural ASTM A36. ....	101
Figura 3. 3. Tubo cuadrado de acero estructural ASTM A3336. ....	101
Figura 3. 4. Soldadura SMAW. ....	102

Figura 3. 5. Clasificación AWS. _____	103
Figura 3. 6. Corte de la lámina de acero. _____	104
Figura 3. 7. Corte de las láminas. _____	104
Figura 3. 8. Corte del tubo cuadrado de acero. _____	105
Figura 3. 9. Medición de la base del cuerpo de válvulas. _____	107
Figura 3. 10. Corte de la base del cuerpo de válvulas. _____	107
Figura 3. 11. Pulido de la base. _____	108
Figura 3. 12. Base lista. _____	108
Figura 3. 13. Base inferior y placas posteriores. _____	109
Figura 3. 14. Base inferior y placas posteriores. _____	109
Figura 3. 15. Proceso de soldadura. _____	110
Figura 3. 16. Placas laterales. _____	110
Figura 3. 17. Acople de las bisagras. _____	111
Figura 3. 18. Fijación de las puertas del banco. _____	111
Figura 3. 19. Acople de la mesa y parte superior del banco. _____	112
Figura 3. 20. Primera imagen del banco de pruebas. _____	112
Figura 3. 21. Conjunto de desplazamiento de la estructura. _____	113
Figura 3. 22. Medición de los agujeros. _____	113
Figura 3. 23. Corte de la palca de acero. _____	114
Figura 3. 24. Disposición de los agujeros. _____	114
Figura 3. 25. Conjunto de desplazamiento de la estructura. _____	115
Figura 3. 26. Reservorio del aceite hidráulico. _____	115
Figura 3. 27. Base de la bomba hidráulica. _____	116
Figura 3. 28. Pintura antioxidante y anticorrosiva. _____	116
Figura 3. 29. Banco de pruebas pintado. _____	117
Figura 3. 30. Datos técnicos de aislamiento y temperatura. _____	121
Figura 3. 31. Motor WEG NAMA 48-56. _____	121
Figura 3. 32. Flujo magnético producido por las bobinas. _____	122
Figura 3. 33. Seguridad del motor. _____	124
Figura 3. 34. Diagrama eléctrico. _____	124
Figura 3. 35. Conexión de los cables. _____	125
Figura 3. 36. Conexión de los cables. _____	125
Figura 3. 37. Bomba de dirección hidráulica Hyundai Santa Fe. _____	128
Figura 3. 38. Conexión entrada y salida de la bomba. _____	128
Figura 3. 39. Estructura de la bomba hidráulica. _____	129
Figura 3. 40. Bomba hidráulica fijada al banco de pruebas. _____	129
Figura 3. 41. Análisis del sistema de poleas _____	130

Figura 3. 42. Conjunto banda poleas.	132
Figura 3. 43. Correa de transmisión.	133
Figura 3. 44. Conjunto motor eléctrico – bomba hidráulica.	133
Figura 3. 45. Selección de tipo de cañería	134
Figura 3. 46. Selección del tipo de acoplamientos	135
Figura 3. 47. Conjunto motor eléctrico – bomba hidráulica.	135
Figura 3. 48. Arduino Mega 2560.	137
Figura 3. 49. Resistencia eléctrica.	141
Figura 3. 50. Diodo Rectificador.	141
Figura 3. 51. Condensador Cerámico.	142
Figura 3. 52. Diodo Led.	142
Figura 3. 53. Transistor TIP-122.	143
Figura 3. 54. Circuito del TRIAC.	143
Figura 3. 55. Optoacoplador MOC 3011.	144
Figura 3. 56. Trimer 10K.	144
Figura 3. 57. Lcd Alfanumérico.	145
Figura 3. 58. Teclado Matricial 4x4.	145
Figura 3. 59. Diseño de la placa electrónica.	146
Figura 3. 60. Ubicación de los elementos electrónicos.	146
Figura 3. 61. Elementos electrónicos.	147
Figura 3. 62. Soldadura de los elementos.	147
Figura 3. 63. Vista posterior de la placa.	148
Figura 3. 64. Vista posterior de la placa.	148
Figura 3. 65. Vista frontal de la placa.	149
Figura 3. 66. Programación Lcd.	149
Figura 3. 67. Programación del Teclado.	150
Figura 3. 68. Programación del Menú de Inicio.	150
Figura 3. 69. Programación de activación de las válvulas.	151
Figura 3. 70. Programación del modo automático.	151
Figura 3. 71. Programación del modo manual.	152
Figura 3. 72. Programación para retornar al menú inicio.	152
Figura 3. 73. Modulo electrónico programado.	153
Figura 3. 74. Vista frontal del banco de pruebas.	154
Figura 3. 75. Vista posterior del banco de pruebas.	154
Figura 3. 76. Conjunto motor - bomba.	155
Figura 3. 77. Conjunto motor - bomba.	155
Figura 3. 78. Manómetros para presión hidráulica.	156



Figura 3. 79. Mando electrónico. _____	156
Figura 3. 80. Logo del banco de pruebas. _____	157
Figura 3. 81. CCVTAMS. _____	157

#### **CAPITULO IV**

Figura 4. 1. Menú principal para el inicio del diagnostico.....	162
Figura 4. 2. Opción de activación del menú. ....	162
Figura 4. 3. Menú de modo automático. ....	163
Figura 4. 4. Encendido del generador de presión.....	163
Figura 4. 5. Parking activado, modo automático. ....	168
Figura 4. 6. Neutro activado, modo automático.....	168
Figura 4. 7. Reversa activado, modo automático.....	169
Figura 4. 8. Primera activada, modo automático. ....	170
Figura 4. 9. Segunda activada, modo automático. ....	170
Figura 4. 10. Tercera activada, modo automático.....	171
Figura 4. 11. Cuarta activada, modo automático. ....	171
Figura 4. 12. Menú del modo manual. ....	172
Figura 4. 13. Parking activado, modo manual. ....	177
Figura 4. 14. Neutro activado, modo manual.....	177
Figura 4. 15. Reversa activada, modo manual. ....	178
Figura 4. 16. Modo sport o ejecutivo dentro del modo manual. ....	179
Figura 4. 17. Primera activada, modo manual. ....	179
Figura 4. 18. Segunda activada, modo manual. ....	180
Figura 4. 19. Tercera activada, modo manual.....	180
Figura 4. 20. Cuarta activada, modo manual. ....	181

## ÍNDICE DE TABLAS.

### CAPITULO I

Tabla 1. 1. Valores de presión. ....	- 30 -
Tabla 1. 2. Activación de los solenoides modelo F4A41 y F4A51.....	- 33 -
Tabla 1. 3. Activación de los solenoides modelo F5A51.....	- 34 -
Tabla 1. 4. Programación de las válvulas.....	- 42 -
Tabla 1. 5. Presión de Control. ....	- 45 -
Tabla 1. 6. Rango de temperatura .....	- 51 -

### CAPITULO III

Tabla 3. 1. Propiedades físicas. ....	94
Tabla 3. 2. Configuración del análisis. ....	94
Tabla 3. 3. Factores de modificación. ....	94
Tabla 3. 4. Hierro fundido para el chasis de la estructura. ....	95
Tabla 3. 5. Acero dulce para las chapas metálicas. ....	96
Tabla 3. 6. Plástico ABS para la banda de transmisión. ....	96
Tabla 3. 7. Acero para las poleas. ....	96
Tabla 3. 8. Fuerzas y pares de reacción sobre la estructura. ....	97
Tabla 3. 9. Conclusión y resumen de resultados. ....	98
Tabla 3. 10. Especificaciones acero estructural ASTM A36. ....	99
Tabla 3. 11. Tipos de recubrimiento del electrodo. ....	103
Tabla 3. 12. Dimensiones de las placas de acero. ....	105
Tabla 3. 13. Dimensiones de los tubo cuadrado de acero. ....	106
Tabla 3. 14. Composición de la temperatura en función de la clase de aislamiento. ....	120
Tabla 3. 15. Características del motor. ....	123
Tabla 3. 16. Tabla de colores para conexión. ....	125
Tabla 3. 17. Relación de transmisión y selección de la banda. ....	132
Tabla 3. 18. Elementos de alta presión. ....	135
Tabla 3. 19. Especificaciones del arduino. ....	137
Tabla 3. 20. Alimentación del arduino. ....	138

## CAPITULO IV

Tabla 4. 1. Procedimiento para el montaje del cuerpo de válvulas.....	161
Tabla 4. 2. Teclas de activación para el modo automático. ....	164
Tabla 4. 3. Activación de los solenoides en modo automático. ....	165
Tabla 4. 4. Referencia de presión a 200 PSI. ....	166
Tabla 4. 5. Teclas de activación para el modo manual. ....	173
Tabla 4. 6. Activación de los solenoides en modo manual. ....	174
Tabla 4. 7. Referencia de presión a 200 PSI. ....	175
Tabla 4. 8. Pruebas en modo automático. ....	182
Tabla 4. 9. Pruebas en modo manual. ....	183

## RESUMEN

El producto de grado que presentamos a continuación trata del diseño y construcción de un banco de pruebas para cuerpos de válvulas de transmisiones automáticas modelo F4A41, F4A51, F5A5.

Para lograr el objetivo, se realizó el análisis de funcionamiento del cuerpo de válvulas y sus componentes, seguido del estudio y diseño de un modelo mecánico, hidráulico y electrónico, mediante el uso de distintos software, respaldado matemáticamente.

El banco de pruebas está diseñado para diagnosticar el correcto funcionamiento del cuerpo de válvulas y determinar sus posibles averías, ya sea en su activación eléctrica o hidráulica, pudiendo monitorear los valores de presión de activación de los diferentes embragues y actuadores, visualizándolos a través de los distintos manómetros, comandando dicha activación mediante el control de la plataforma gratuita Arduino.

Posteriormente se efectuó el diagnóstico de un cuerpo de válvulas modelo F4A41 de un vehículo marca Hyundai modelo Sonata, determinando así el correcto funcionamiento y las respectivas presiones que proporciona cada marcha.

Terminado el análisis del cuerpo de válvulas se obtuvo una guía de diagnóstico la cual es de mucha utilidad para el técnico automotriz encargado del análisis y la reparación del mencionado elemento.

Además el banco de pruebas posee cuadros referenciales que indican la activación de los actuadores mediante el uso del teclado matricial, estas tablas servirán de referencia para comandar el funcionamiento del cuerpo de válvulas ya sea en modo manual o automático.

## **CAPÍTULO I**

### **ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL CUERPO DE VÁLVULAS DE LAS TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS MODELO F4A41, F4A51, F5A51.**

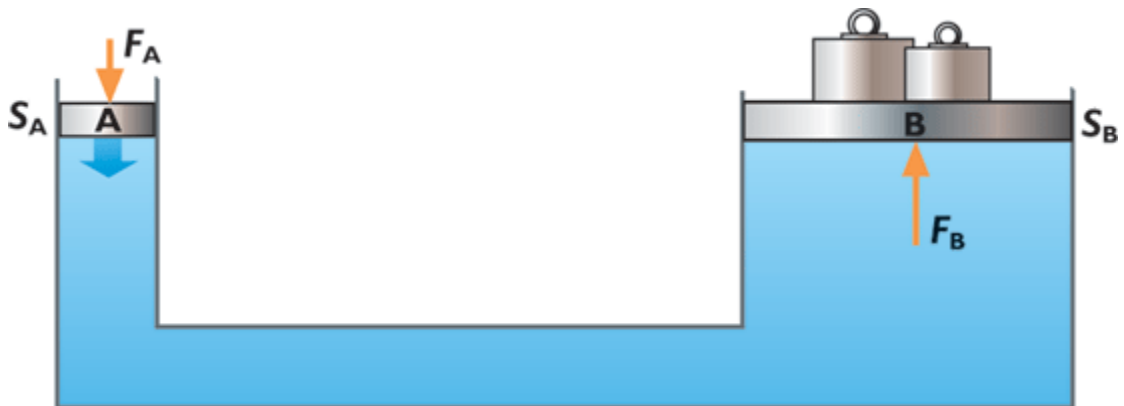
## 1.1. Introducción.

Este capítulo tiene como finalidad estudiar cada uno de los componentes que conforman el cuerpo de válvulas explicando detalladamente su funcionamiento.

### 1.1.1. Hidráulica.

#### 1.1.1.1. Definición:

Es la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos en función de sus propiedades físicas y químicas, es decir, estudia las propiedades mecánicas de los líquidos de acuerdo a las fuerzas externas a las que pueden estar sometidas dentro de un sistema.<sup>1</sup>



**Figura 1. 1.** Principio de la Hidráulica

**Fuente:** [http://co.kalipedia.com/tecnologia/tema/prensa-hidraulica.html?x=20070924klpcnafvq\\_224.Kes&ap=1](http://co.kalipedia.com/tecnologia/tema/prensa-hidraulica.html?x=20070924klpcnafvq_224.Kes&ap=1)

---

<sup>1</sup>DOMÍNGUEZ S, Francisco Javier, *Acerca de Hidráulica*, 6<sup>ta</sup>. Edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 2008.

## **1.1.2. Propiedades de los fluidos hidraulicos.**

### **1.1.2.1. Densidad ( $\rho$ ).**

La densidad del fluido no cambia significativamente por la presión, la compresión que sufren los líquidos hidraulicos se la puede considerar despreciable.

### **1.1.2.2. Presion de vapor.**

Cuando las moléculas de un líquido ejercen presión al vaporizarse sobre su misma superficie se llama presión de vapor, esta presión que se menciona depende directamente de la temperatura. Cuando la presión de vapor toma valores iguales a los del ambiente, el fluido tiende a hervir.

### **1.1.2.3. Cavitación.**

Momento en que un fluido produce una bolsa de vapor de su mismo contenido y nuevamente vuelve a homogenizarse. Este fenómeno produce erosión en partes metálicas que se puedan encontrar a su alrededor, sometiéndolas a grandes gradientes de presión.

### **1.1.2.4. Viscosidad.**

La viscosidad demuestra la resistencia que tiene un fluido al movimiento. Se produce debido a la fricción entre las moléculas de un fluido. La viscosidad en todos los líquidos es directamente proporcional a la presencia de temperatura.

### **1.1.2.5. Punto de fluidez.**

Es el valor de temperatura más bajo en el cual un líquido puede fluir.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> DOMÍNGUEZ S, Francisco Javier, *Acerca de Hidráulica*, 6<sup>ta</sup>. Edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 2008.

#### **1.1.2.6. Índice de viscosidad (I. V.)**

Existen varias tablas que exponen una clasificación de los aceites de acuerdo a su viscosidad. Una de las más conocida y utilizadas es la S. A. E. en la que se puede obtener una alta gama de aceites y sus viscosidades. Debido a que la viscosidad esta en función de la temperatura, en el caso de los aceites empleados en mecánica se especifican dos viscosidades, la primera representa la viscosidad a temperatura de arranque y la segunda representa la temperatura normal de funcionamiento a la que esta sometida la maquina.

#### **1.1.2.7. Capacidad de lubricación.**

Todo mecanismo compuesto de parte móviles que puedan estar sometidas a fricción entre ellas presentan como característica una holgura diseñada, con la finalidad de depositar una película de aceite que impida el rozamiento entre dichas piezas, de esta manera se consigue un rendimiento optimo y se alarga la vida útil de la maquina.

#### **1.1.2.8. Resistencia a la oxidación.**

En esta parte intervienen la clasificación de los aceites sintéticos que siguen siendo derivados de petróleo únicamente mejorados con compuestos químicos que pueden ser el carbono e hidrogeno, esta combinación de elementos reaccionan con el oxigeno que se encuentra en la atmosfera, reduciendo la vida útil del aceite. La oxidación también depende de la temperatura pero debe superar los 60 °C.<sup>3</sup>

#### **1.1.2.9. Régimen Laminar.**

No es más que la circulación ordenada de las moléculas de un fluido.

#### **1.1.2.10. Régimen turbulento.**

Se trata de la circulación desordenada de las moléculas de un fluido.

---

<sup>3</sup> DOMÍNGUEZ S, Francisco Javier, *Acerca de Hidráulica*, 6<sup>ta</sup>. Edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 2008.



### 1.1.3. Leyes de la hidráulica

#### 1.1.3.1. Principio de Pascal.

La presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, actuando estas fuerzas normalmente a las paredes del recipiente <sup>4</sup>

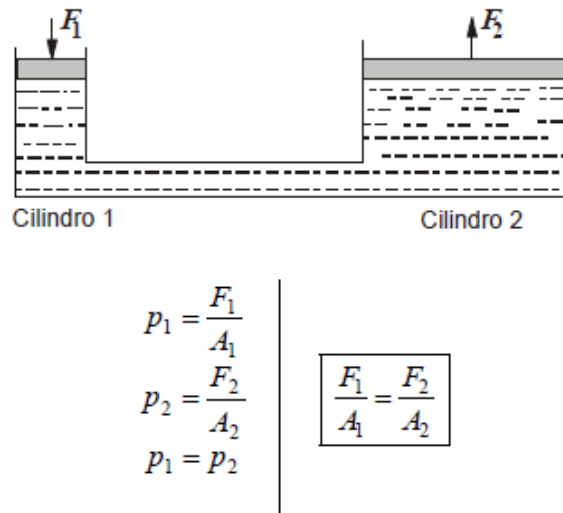


Figura 1. 2 Principio de Pascal.

Fuente: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies\\_sierra\\_magina/d\\_tecnologia/LIBRO/pdf/hidrapri.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/LIBRO/pdf/hidrapri.pdf)

#### 1.1.3.2. Ley de continuidad.

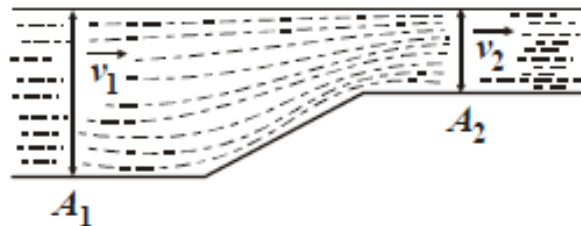


Figura 1. 3. Ley de continuidad.

Fuente: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies\\_sierra\\_magina/d\\_tecnologia/LIBRO/pdf/hidrapri.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/LIBRO/pdf/hidrapri.pdf)

<sup>4</sup> DOMÍNGUEZ S, Francisco Javier, *Acerca de Hidráulica*, 6<sup>ta</sup>. Edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 2008.

Considerando a los líquidos como incompresibles y con densidades constantes, por cada sección de un tubo pasará el mismo caudal por unidad de tiempo.

$$Q1 = \frac{V1}{t} = \frac{A1 \cdot l1}{t} = A1 \cdot V1$$

$$Q2 = \frac{V2}{t} = \frac{A2 \cdot l2}{t} = A2 \cdot V2$$

$$Q1 = Q2$$

$$A1 \cdot V1 = A2 \cdot V2$$

### 1.1.3.3. Teorema de Bernoulli.

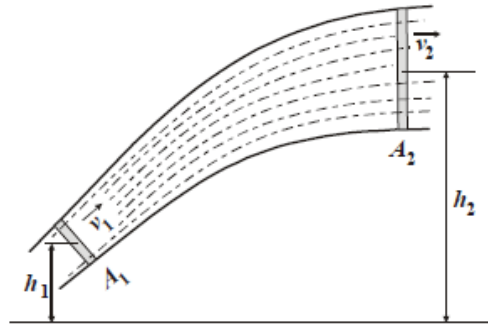
Antes de hacer su aparición el científico Daniel Bernoulli, los efectos que derivan su ecuación ya eran conocidos, lo interesante estaba en plantear una ley que encierre todos estos asuntos conocidos pero aun no explicados científicamente. Es en su creación Hydrodinamica en la que encontró la ley que explicaba todos estos eventos partiendo de la ley de la conservación de la energía.

Mas tarde el científico Euler, mantenía una suposición acerca de la viscosidad y es que él decía que esta era despreciable, gracias a la cual dedujo la ecuación para un liquido sin viscosidad.

Si consideramos dos secciones de un mismo conductor, podemos establecer el siguiente balance energético.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> DOMÍNGUEZ S, Francisco Javier, *Acerca de Hidráulica*, 6<sup>ta</sup>. Edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 2008.



**Figura 1. 4.** Balance energético del teorema de Bernoulli.

**Fuente:** [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies\\_sierra\\_magina/d\\_tecnologia/LIBRO/pdf/hidrapri.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/LIBRO/pdf/hidrapri.pdf)

### 1.1.3.3.1. Energía estática potencial.

Depende de la masa y la posición relativa de esa masa.

$$m \cdot g \cdot h_1 \rightarrow m \cdot g \cdot h_2$$

### 1.1.3.3.2. Energía hidrostática debida a la presión.

Determina el trabajo desarrollado en cada momento.

$$p_1 \cdot A_1 \cdot l_1 = F_1 \cdot l_1 = W_1 \quad p_2 \cdot A_2 \cdot l_2 = F_2 \cdot l_2 = W_2$$

### 1.1.3.3.3. Energía hidrodinámica.

Es debida a la energía cinética del fluido, por lo tanto depende de la velocidad.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2$$

Si consideramos dos secciones diferentes y sumamos todas las energías que entran en juego:

$$m \cdot g \cdot h_1 + p_1 \cdot A_1 \cdot l_1 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = m \cdot g \cdot h_2 + p_2 \cdot A_2 \cdot l_2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2$$

Como  $A_1$  es el volumen desplazado del fluido, y como  $V_1 = V_2 = V$  y

$$P = \frac{m}{V} \rightarrow m = p \cdot V$$

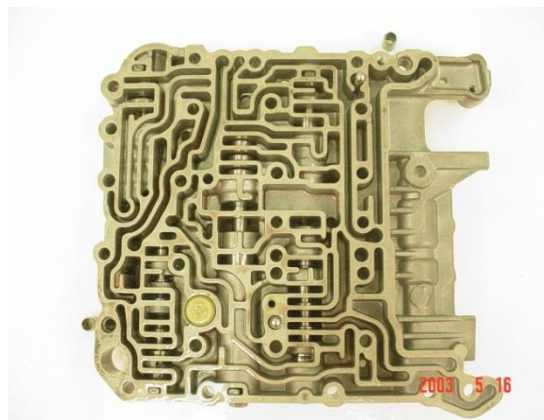
Quedaría:

$$p \cdot g \cdot h_1 + p_1 + \frac{1}{2} \cdot p \cdot v_1^2 = p \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \frac{1}{2} \cdot p \cdot v_2^2$$

## 1.2. Cuerpo de Válvulas.

El cuerpo de válvulas es el componente de la transmisión de mayor complejidad, pues este es el encargado de realizar la activación de los solenoides y de permitir el paso del fluido hidráulico hacia los mandos seleccionados desde la palanca manual, de esta manera el cuerpo de válvulas se comporta como la parte inteligente de la transmisión.

Este componente puede ser analizado como una unidad de control hidráulico, ya que este contiene la mayoría de los canales hidráulicos y sirve como alojamiento para las numerosas válvulas y partes necesarias que optimizan el trabajo del control hidráulico.



**Figura 1. 5.** Cuerpo de Válvulas.

**Fuente:** HIVEC%20AT%20OH%202(1)

---

<sup>6</sup> DOMÍNGUEZ S, Francisco Javier, *Acerca de Hidráulica*, 6<sup>ta</sup>. Edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 2008.

### **1.2.1. División del cuerpo de válvulas.**

El cuerpo de válvulas puede dividirse de la siguiente manera:

- Cuerpo de válvulas interior
- Cuerpo de válvulas exterior

### **1.2.2. Descripción de sus partes.**

#### ***1.2.2.1. Válvula de control de presión del convertidor de par.***

La función principal de esta válvula es la de mantener una presión constante dentro del convertidor de par.

#### **1.2.2.2. Válvula solenoide de control del embrague amortiguador.**

La principal función de esta válvula es la de controlar la presión hidráulica que actúa directamente sobre el embrague amortiguador.

#### **1.2.2.3. Válvula manual.**

La posición de la válvula manual esta determinada por la palanca selector y su función principal es la de aumentar o disminuir la presión en línea de las diferentes válvulas que pueden ser comandadas en el cuerpo de válvulas.

#### **1.2.2.4. Válvula de control de presión.**

La válvula reguladora controla directamente la presión e impide una rápida disminución de la presión hidráulica en el momento en que el embrague nuevamente se desacopla, también sirve para reducir el fuerte aumento de velocidad del eje de entrada durante el control en el momento que pasa su posición de embrague a embrague.

#### **1.2.2.5. Válvula de conmutación - Switch.**

En el momento que es accionado el embrague de OD, la presión hidráulica se aplica directamente a la válvula reguladora a través de la válvula de conmutación, por lo tanto, la presión en línea se reduce en 3ra y 4ta marcha.

#### **1.2.2.6. Válvula a prueba de fallos A.**

Cuando esta válvula entra en modo a prueba de fallos, libera presión en el freno LR.

#### **1.2.2.7. Válvula a prueba de fallos B.**

Durante el transcurso del modo a prueba de fallos, esta válvula reduce la presión de la segunda válvula de control de presión aplicada en el segundo freno.

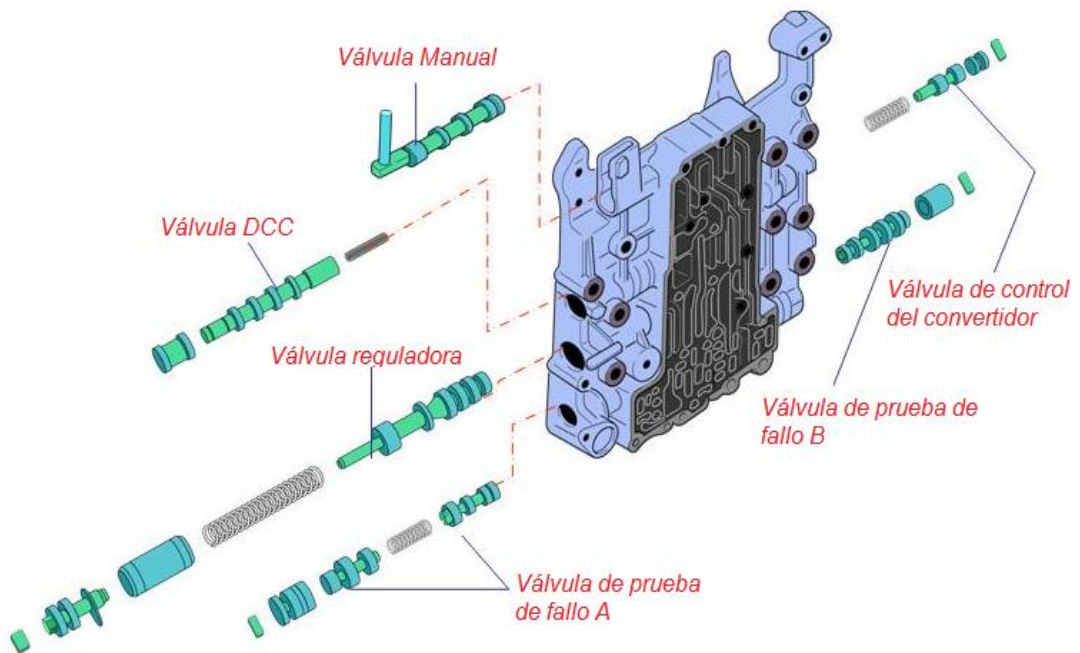
#### **1.2.2.8. Válvula a prueba de fallos C. (Presente en transmisión modelo F5A51)**

Durante el modo a prueba de fallos, esta válvula reduce directamente la presión de la válvula del interruptor del embrague directo.

Se debe mencionar también que en la parte lateral del cuerpo de válvulas están ubicadas la válvula de conmutación, la válvula de control de presión de saturación UD y la válvula del segundo freno baja inversa. Estas válvulas de control mantienen la presión constante en el elemento que esta accionado.

La válvula de conmutación se utiliza para reducir la presión de línea en 3ra y 4ta, mediante el control de presión a través de la válvula reguladora.

### 1.2.3. Cuerpo de válvulas interior



**Figura 1. 6.** Detalle del cuerpo de válvulas interior.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 5.

### 1.2.4. Cuerpo de válvulas exterior.

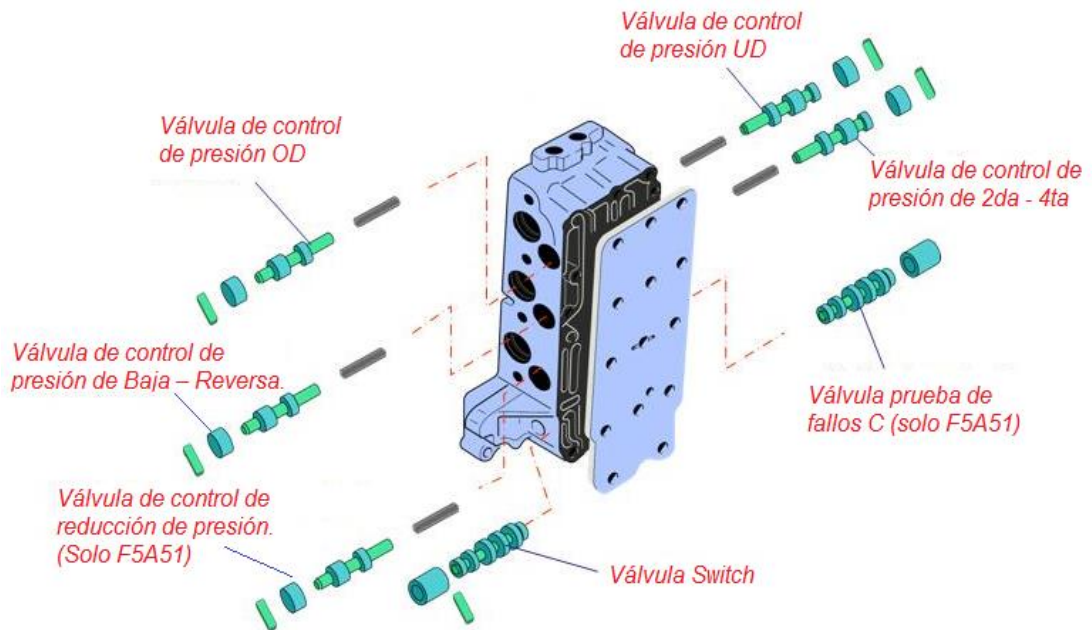


Figura 1. 7. Detalle del cuerpo de válvulas exterior.

Fuente: HYUNDAI, Automatic transmission 3 Hivec, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 6.

### 1.3. Sistema de cambio automático.

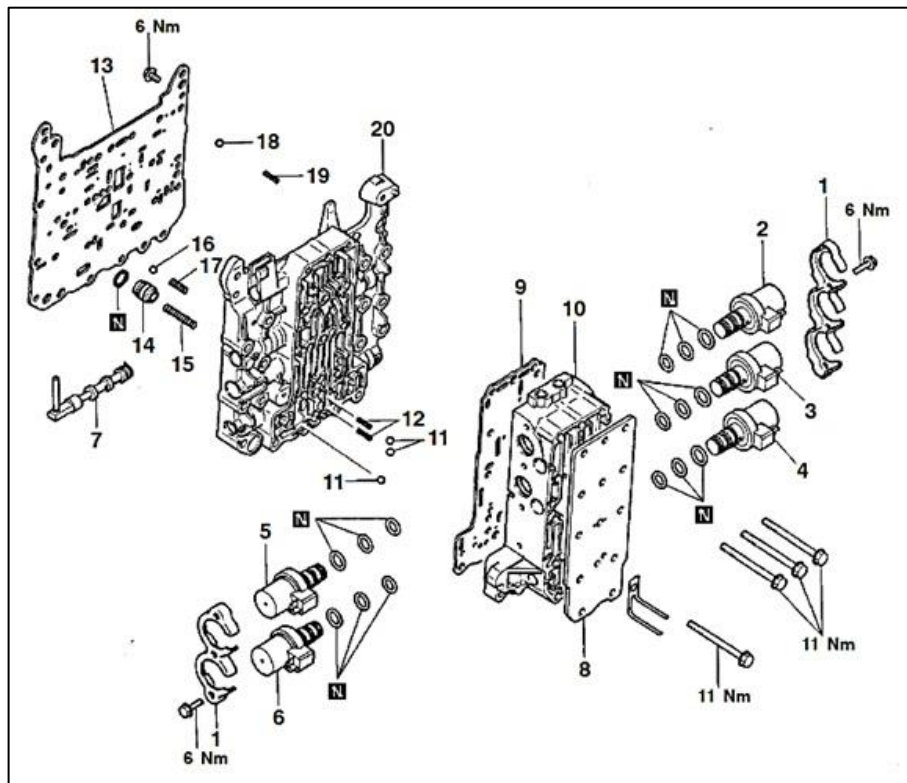


Figura 1. 8. Detalle del cuerpo de válvulas exterior.

Fuente: HYUNDAI, Cambio Automático (F4A51), AT - 15, pág. 15



En la figura 1.8 se detalla las partes del cuerpo de válvulas y a continuación serán mencionadas:<sup>7</sup>

1. Soporte de la válvula solenoide.
2. Válvula solenoide del embrague UD.
3. Válvula solenoide del freno de 2da.
4. Válvula de solenoide de control del embrague del convertidor.
5. Válvula solenoide del embrague OD.
6. Válvula de solenoide del freno de baja y marcha atrás.
7. Válvula Manual.
8. Cubierta.
9. Placa.
10. Conjunto del cuerpo de la válvula exterior.
11. Bola de acero (Bola de comprobación del orificio.)
12. Muelle.
13. Placa.
14. Válvula de amortiguación.
15. Muelle de la válvula de amortiguación.
16. Bola de acero (Bola de comprobación del orificio.)
17. Muelle.
18. Bola de acero (Bola de comprobación del orificio.)
19. Muelle.
20. Conjunto del cuerpo de la válvula interior.

#### **1.4. Solenoides.**

Los solenoides son componentes físico-eléctricos creados con la finalidad de formar e inducir un campo magnético netamente uniforme capaz de ser manipulado con facilidad.

---

<sup>7</sup> HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 15, pág. 15

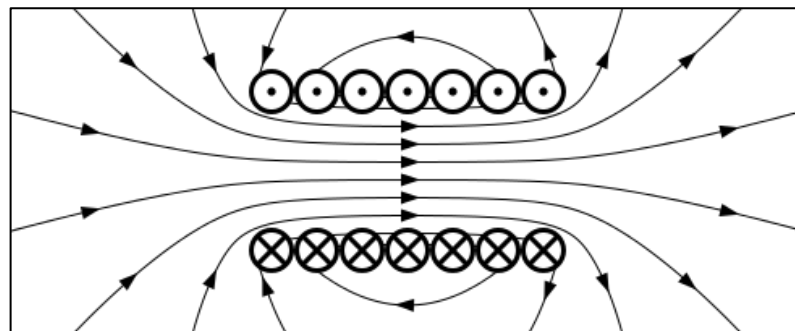
Un ejemplo claro y conocido de un tipo de solenoide es una bobina que no es más que un alambre conductor con su aislante como recubrimiento de longitud calculada enrollado en forma de hélice o espiras según sean los requerimientos de aplicación por medio del cual va a transitar una corriente generando de esta manera se genera un campo magnético uniformemente proporcional a la longitud del alambre.

Para realizar el cálculo del modulo del campo magnético se procede con la siguiente formula:<sup>8</sup>

$$B = \frac{mNi}{L}$$

Descripción de variables:

- L: longitud total del solenoide.
- i: corriente que circula.
- N: numero de espiras del solenoide.
- m: permeabilidad magnética.



**Figura 1. 9.** Líneas de campo magnético.

**Fuente:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VFPT\\_Solenoid\\_correct2.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VFPT_Solenoid_correct2.svg)

#### 1.4.1. Válvulas solenoides.

Para la aplicación dentro del cuerpo de válvulas se hace indispensable controlar el paso del flujo hidráulico, tomando en cuenta desde la forma como son activadas las

<sup>8</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Solenoides>

válvulas eléctricamente hasta la correcta dosificación de líquido hidráulico que debe circular por el interior del cuerpo de válvulas.

Este procedimiento de control se hace posible gracias a la implementación de las válvulas solenoides las cuales permiten trabajar en zonas complicadas de acceder facilitando su control mediante un mando eléctrico.

La llamada válvula solenoide o electroválvula es inducida eléctricamente mediante su bobina la cual reconoce y obedece a los pulsos eléctricos con el cual se comandara su apertura o cierre de acuerdo a la necesidad requerida.<sup>9</sup>

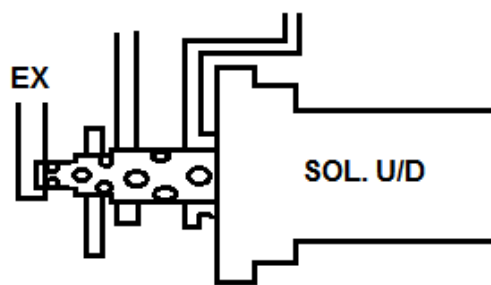


Figura 1. 10. Electroválvula.

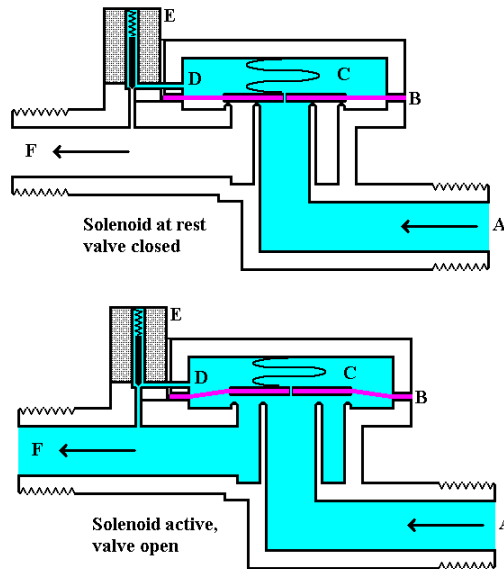
Fuente: KIA, *Transmisión Automática para Gasolina*, 42 - 101, pág. 101

#### 1.4.2. Funcionamiento de la válvula solenoide.

El solenoide, gracias al efecto de circulación de la corriente, asume elementos ferromagnéticos como consecuencia del alineamiento de átomos magnéticos convirtiéndose así en un electroimán. Cuando se ha creado el campo magnético gracias a la corriente que fluye por la válvula solenoide, esta corriente actúa sobre el elemento móvil del embolo magnético, esto a su vez genera una fuerza produciendo el desplazamiento del embolo lo cual da lugar al cierre o apertura de la válvula.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Solenoide>

<sup>10</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>



**Figura 1. 11.** Funcionamiento de la válvula solenoide.

**Fuente:** [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Solenoid\\_Valve.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Solenoid_Valve.png)

Descripción de variables:

- A: Entrada
- B: Diafragma
- C: Cámara de presión
- D: Conducto de vaciado de presión
- E: Solenoide
- F: Salida.

### 1.4.3. Sistema de control hidráulico.

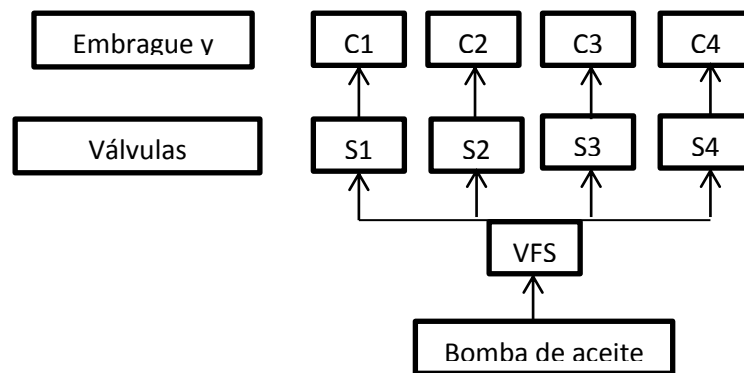
Un sistema de control hidráulico se emplea dentro del cuerpo de válvulas de las transmisiones mencionadas con la finalidad de obtener fuerza hidráulica para comandar los respectivos actuadores en la secuencia de activación requerida. El líquido hidráulico bombeado a alta presión genera energía hidráulica. El flujo hidráulico se transmite por todo el cuerpo de válvulas permitiendo el paso de fluido a un respectivo actuador de acuerdo con la secuencia de activación.

Los actuadores son controlados directamente por las válvulas y estos, a su vez controlan el paso o estanquidad del fluido hidráulico haciéndolos circular únicamente por las cañerías que le corresponde.

Para que un sistema hidráulico funcione se debe aplicar una fuerza en un punto transmitiéndose a un segundo punto mediante el uso de un fluido que no se comprime.

Una de las ventajas de utilizar un sistema de control hidráulico es que se puede obtener gran cantidad de fuerza del mismo modo el sistema puede ser muy fácil de controlar eléctricamente.<sup>11</sup>

#### 1.4.3.1. Descripción:



**Figura 1. 12.** Sistema de control hidráulico.

**Fuente:** HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 14, pág. 14.

Cada freno y embrague cuenta con una electroválvula para el control independiente de la presión hidráulica.

#### 1.4.4. Consideraciones del sistema de control hidráulico.

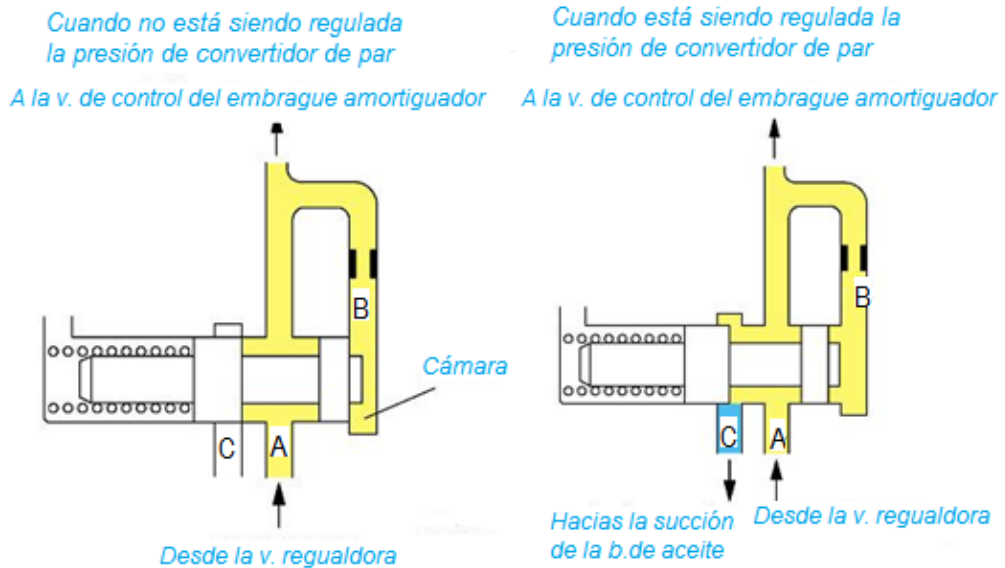
- Mejora en la calidad y suavidad del cambio.
- Se ha incorporado una válvula esférica que servirá como única salida agrupando los puertos de escape con la finalidad de evitar fugas de ATF del cuerpo de válvulas o de cada uno de los elementos.

<sup>11</sup>HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 14, pág. 14.

- Cuenta con un interruptor o también conocida como válvula de seguridad contra fallos que es controlada eléctricamente en el momento que se produce alguna avería siendo capaz de desplazarse para facilitar la selección de la 3ra velocidad o la marcha atrás.
- El sistema de control hidráulico consta de una válvula reguladora, una bomba de aceite, válvulas solenoides, válvula de control de presión y el cuerpo de válvulas.
- Con el fin de controlar la presión de manera óptima, a su vez aumentar la eficacia de la transmisión de potencia en el momento de la conducción y maximizar la eficiencia de la bomba de aceite se ha agregado el solenoide de fuerza variable al circuito hidráulico del cuerpo de válvulas.

### **1.5. Válvula de control de presión del convertidor de par.**

Una excesiva cantidad de fluido que pasa por la válvula del regulador, se suministra al convertidor de par mediante la válvula de control de presión de este dispositivo. Este fluido no solo se dirige hacia la válvula de control del embrague, sino que también actúa directamente sobre su lado derecho, contrarrestando así la tensión del muelle, mientras que esta fuerza creada por dicha presión es más débil que la tensión del muelle, entonces, la válvula es empujada hacia la derecha completando la cantidad de fluido que entra al convertidor de par. Cualquier aumento de presión en la válvula del regulador provoca un aumento de la tensión a contrarrestar; esto quiere decir que, cuando la presión hidráulica en la cámara de lado derecho se hace mayor que la fuerza del resorte, en este momento la válvula se cierra, se desplaza hacia la izquierda, esto provoca que la compuerta C, se abra, enviando cierta cantidad de líquido hacia la entrada de succión de la bomba de aceite provocando que la presión suministrada disminuya nuevamente. A medida que la presión en el lado derecho va disminuyendo, la válvula es empujada hacia atrás y nuevamente la línea C se cierra. Gracias a este procedimiento que se repite constantemente durante la activación y desactivación de la electroválvula, se puede mantener un nivel preestablecido constante de presión.



**Figura 1. 13.** Detalle de la válvula de presión del convertidor de par.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 19.

## 1.6. Válvula solenoide del control del embrague amortiguador.

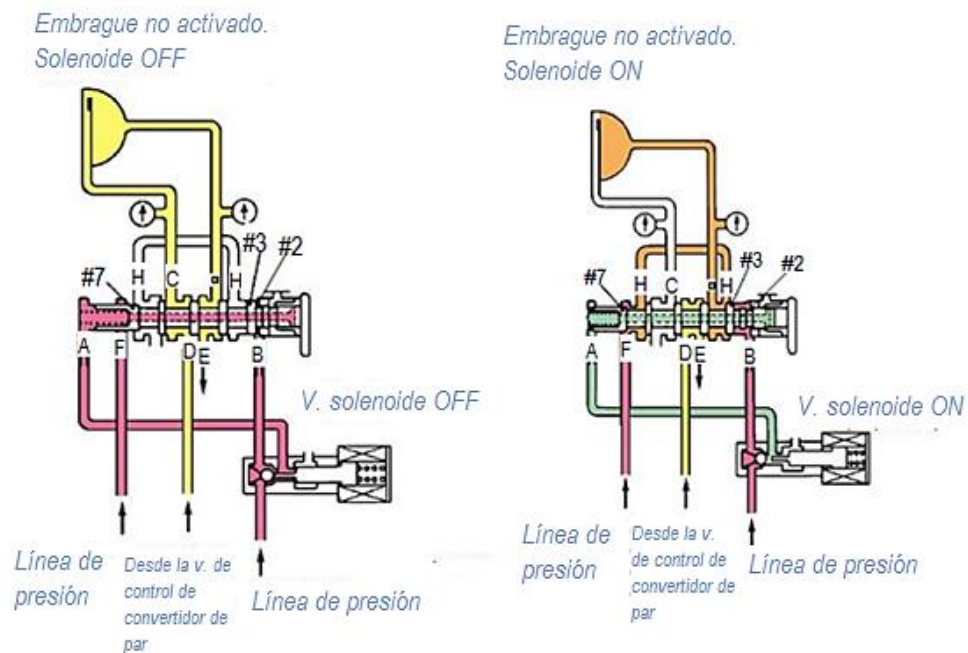
La válvula de control de presión del embrague amortiguador se caracteriza por tener doble función:

- La primera función es para controlar la presión en el embrague amortiguador.
- La segunda función es para invertir la señal de control del solenoide.

Si el solenoide del embrague amortiguador es inducido eléctricamente (ON), el embrague quedara activado, caso contrario el embrague queda desactivado (OFF).

Cuando el solenoide del embrague queda fuera del rango de datos de presión de línea en los puertos A y B de la válvula de control de presión del convertidor de par, la fuerza acumulada gracias a la presión en la conexión A se suma a la fuerza que provoca la tensión del muelle. La fuerza incrementada en ese instante es mucho mayor que la fuerza de presión en la línea B desplazando la válvula hacia la izquierda. Para que el embrague quede desacoplado, la válvula debe desplazarse hacia la derecha de manera que la presión de la válvula de control de convertidor de par (línea D) se desvíe hacia la conexión de la línea C quedando en el espacio entre la cubierta delantera y el amortiguador separado de la cubierta frontal para lograr su fácil movimiento.

Para la activación del solenoide del embrague se requiere la conexión a una unidad electrónica. La presión real en la línea A se encuentra disminuida ya que esta totalmente liberada, si se reduce esta presión, la fuerza combinada no es suficiente como para mantener la válvula abierta es decir desplazada hacia la derecha, producto de esto la válvula queda cerrada es decir, se encuentra desplazada hacia la izquierda. La presión de la válvula antes de pasar por el convertidor de par es dirigida directamente hacia el enfriador de aceite, de esta modo se reduce la presión en la cubierta frontal y en la placa de presión, simultáneamente a esta acción, la línea de presión F puede entrar hacia el convertidor de par a través de las compuertas H y G, esta presión acumulada actúa entre el embrague y la turbina presionando el amortiguador contra la cubierta frontal, dando como resultado la activación del embrague amortiguado.



**Figura 1. 14.** Control del embrague amortiguador.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 18.

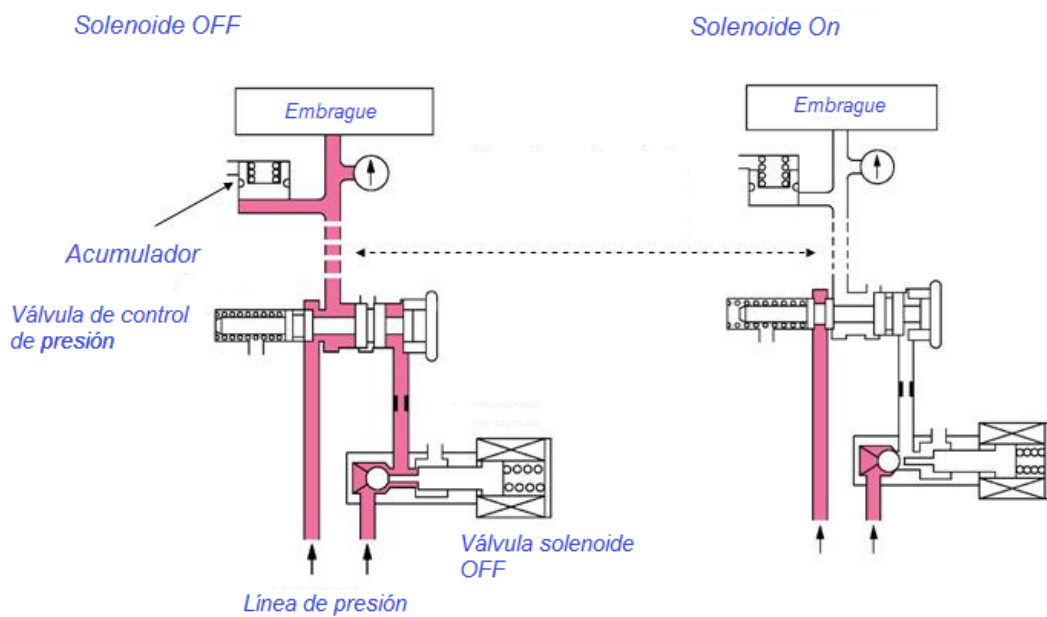
### 1.7. Válvulas solenoide y control de presión.

Las electroválvulas que actúan sobre el embrague del amortiguador son todas iguales, y son conocidas también como válvulas de tipo abierto normal. Esto quiere decir que la presión hidráulica se suministra al respectivo embrague o freno en el



caso de que no circule energía al solenoide. El suministro de presión a los embragues o frenos no se realiza directamente a través de las electroválvulas, estas simplemente comandan las válvulas de control para luego permitir el flujo de presión adecuado.

En el caso del embrague de marcha atrás, la presión es suministrada directamente mediante la válvula manual, pero antes de enviar la presión de fluido este debe pasar por la válvula de control momento en el cual se regulara la presión evitando cambios drásticos.



**Figura 1. 15.** Control activación del embrague.

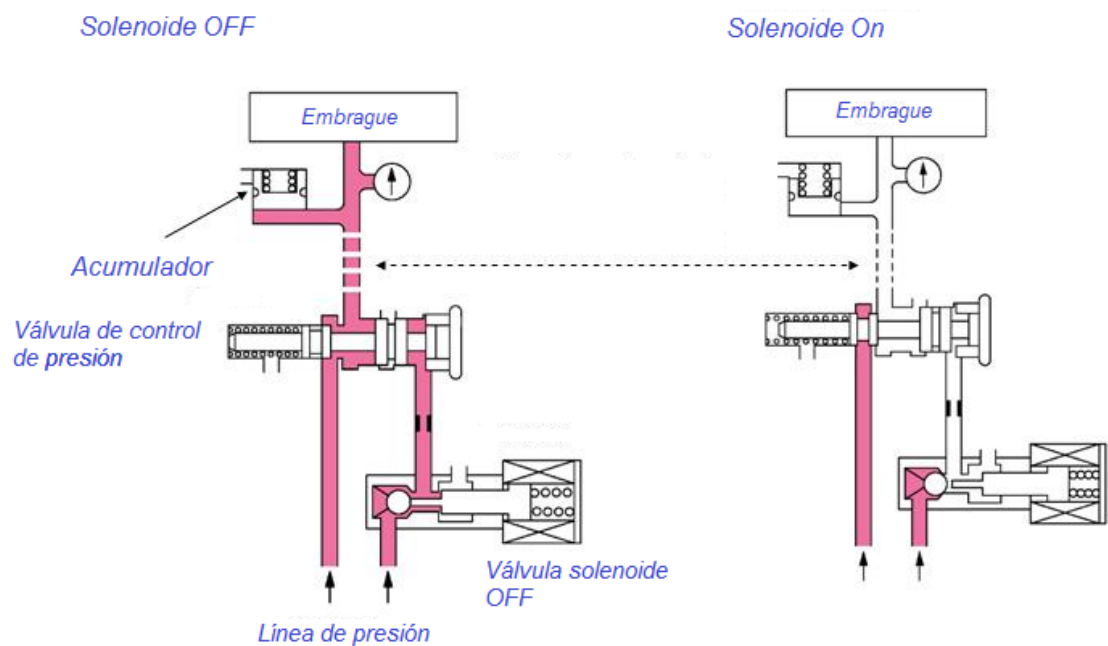
**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivac*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 7.

¿Qué pasa con el funcionamiento de las válvulas durante la activación del embrague?

El solenoide no está inducido por una corriente eléctrica, por lo tanto, la tensión del resorte hace que la clavija se desplace hacia la izquierda, esto cierra la lumbrera de escape y empuja hacia atrás la bola de retención, de esta manera la presión se suministra a la válvula de control y esto hace que se desplace hacia la izquierda venciendo la tensión del muelle, en ese momento se cierra el orificio de salida y se conecta el embrague a la presión de línea; el elemento queda activado.

¿Qué pasa con el funcionamiento de las válvulas durante la desactivación del embrague?

Cuando se induce el solenoide con una corriente, el pasador se retira hacia atrás contrario a la tensión del muelle por la acción de la fuerza magnética y la bola de retención cierra el paso de la válvula de control de presión, debido a la posición retraída del pasador de la lumbrera de escape el solenoide esta activando la válvula de control de presión. Por lo tanto la presión que actúa sobre el mismo queda liberada y la tensión del muelle cambiará haciendo que el pistón se desplace a la derecha, dejando de esta manera cerrado el suministro hidráulico hacia el embrague pero abierto el orificio de escape de la válvula de control de presión.



**Figura 1. 16.** Control desactivación del embrague.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 8.

Cuando el embrague esta desacoplado la presión se libera, para garantizar un control preciso de los solenoides siempre deben estar controlados. En la línea de suministro se encuentran también los acumuladores los cuales tienen como función reducir cambios bruscos de presión.

Cuando se aplica presión, se vence la tensión del muelle, mientras el muelle se encuentra comprimido la presión aplicada sobre el embrague se limita quedando equivalente a la fuerza del resorte, esta limitación de presión continua hasta que el pistón alcanza la parte inferior de la carcasa, en ese momento el pistón no se puede mover y la presión total acumulada será aplicada directamente al embrague con lo que se logra un acoplamiento suave.

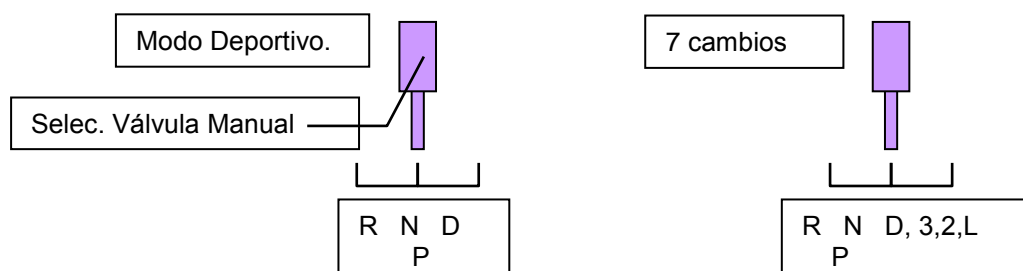
### 1.8. Válvula Manual

La válvula manual se mueve conjuntamente con la palanca de cambios ubicada en la cabina del conductor, proporcionando a cada válvula de control la presión de línea adecuada, hay 4 posiciones de la palanca en los autos deportivos (P, R, N, D) y en algunos casos los modelos de automóviles incluyen 7 cambios P, R, N, D, 3,2 y L.

La posición de la válvula manual en el caso de las marchas D, 3, 2 y L, es la misma.

Se mantiene la misma posición en el caso de P y N de igual manera, por lo tanto solo hay tres posiciones de la válvula manual y se divide de la siguiente manera, de acuerdo al modelo de fabricación de la caja.

- Modo Deportivo: P, N / D / R (3 posiciones de válvula manual)
- 7 cambios: P, N / D, 3,2, L / R (3 posiciones de válvula manual)



**Figura 1. 17.** Posición de la válvula manual.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic Transaxle - HIVEC* - Chonan Technical Service Training Center, pág. 62.

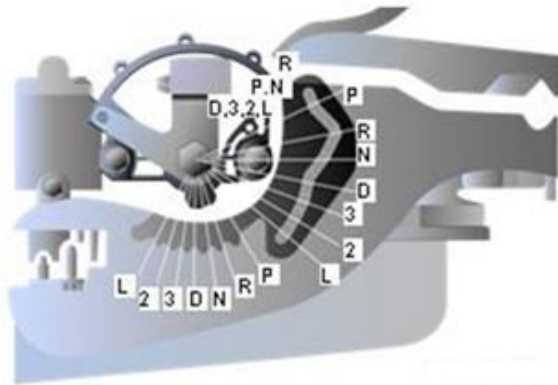
Esta válvula esta conectada directamente a la palanca de cambios, es decir cambia su posición si la palanca de cambios es dirigida hacia otro estado, en este momento la válvula manual cambia la dirección del fluido hacia los diferentes conductos o válvulas que han sido seleccionados. Dependiendo del modelo de trasmisión pueden haber disponibles hasta 7 diferentes posiciones de la palanca de cambios, observando la válvula manual podemos darnos cuenta que solo hay 3 posiciones diferentes debido a que algunas posiciones de la palanca de cambios pueden llegar a tener la misma posición que la válvula manual.

### **1.8.1. Descripción del funcionamiento de la válvula manual en función de su posición.**

Se establece la siguiente descripción detallada en la figura 1.18.

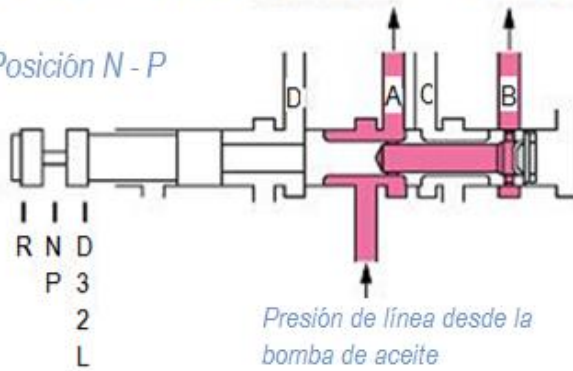
- P y N tienen una posición común de la válvula manual: 1ra posición, D, 3, 2, L tienen una posición común de la válvula manual: posición 2, R= posición 3.
- En P y N la presión es dirigida hacia dos puertos de la válvula del regulador (al puerto E y G) y hacia la válvula de prueba de fallo A.
- En D, 3, 2, L, la presión se dirige al puerto E solo de la válvula del regulador, esto se traduce en que, la fuerza hacia la izquierda esta disminuyendo y la tensión del muelle desplaza el pistón hacia la derecha, con esto se consigue la reducción de la cantidad del flujo de retorno de manera que aumenta la presión en línea.
- En la posición R, no se encuentra presión dirigida hacia el regulador de la válvula manual, la fuerza hacia la izquierda se reduce aún más, el pistón se desplaza mas a la derecha reduciendo el flujo de retorno una ves mas de manera que la presión en línea está en el nivel mas alto
- Además otras áreas se alimentan con la presión directa de la bomba, estas son: los puertos B y F de la válvula reguladora, el circuito de baja inversa, la válvula de conmutación y las válvulas a prueba de fallos.

Interruptor



A v. reguladora y a v. prueba de fallo A A v. reguladora

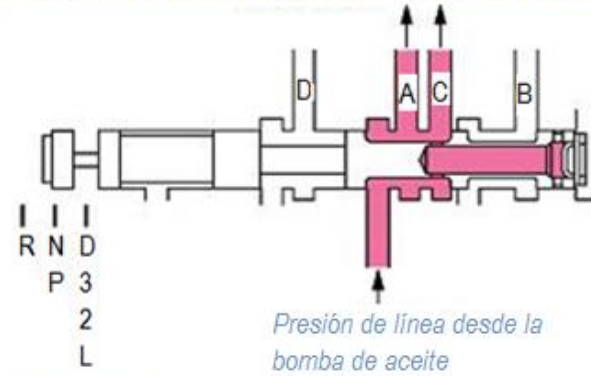
Posición N - P



Posición D-3-2-L

A v. reguladora y a v. prueba de fallo

A v. solenoide de control de presión



Posición R

A v. reguladora y a v. prueba de fallos B

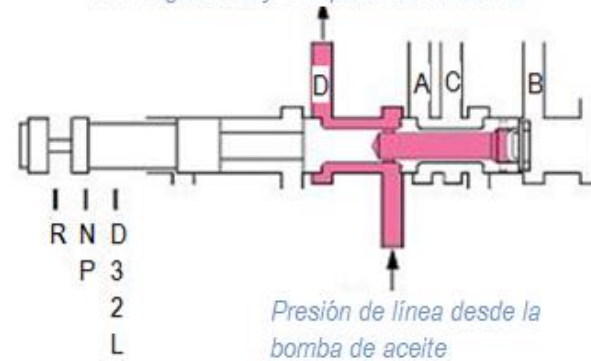
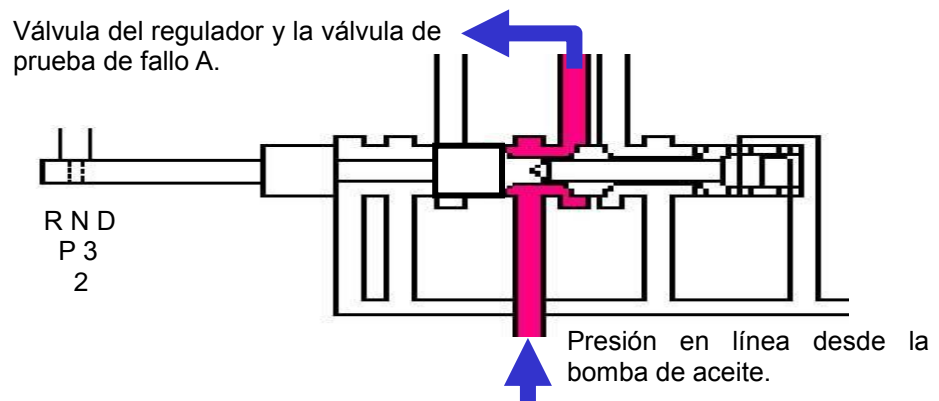


Figura 1. 18. Detalle de la activación de la válvula manual.

Fuente: HYUNDAI, Automatic transmission 3 Hívec, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 15.

hjkjgRango P – N.

La presión en línea se suministra hacia la válvula reguladora y hacia la válvula a prueba de fallos A, manteniéndola constante durante su activación.

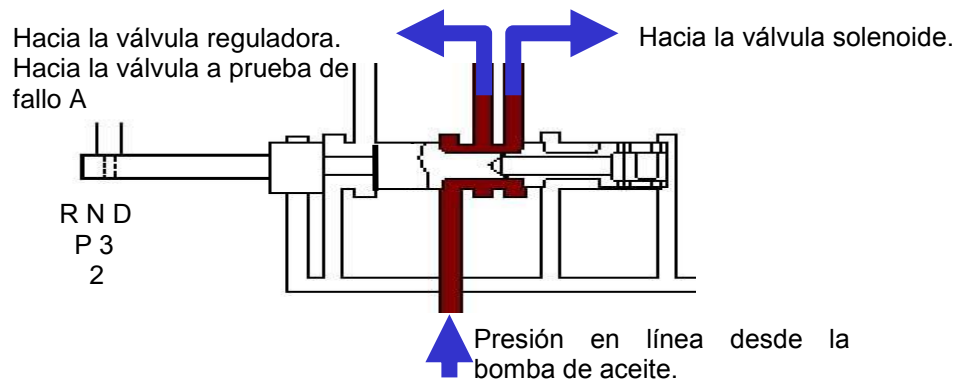


**Figura 1. 19.** Activación en el rango P - N.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic Transaxle - HIVEC* - Chonan Technical Service Training Center, pág. 62.

### 1.8.2. Rango D.

En este rango de posición D, la presión en línea se suministra a cada una de las electroválvulas y a la válvula de seguridad mediante la válvula reguladora de presión.



**Figura 1. 20.** Activación en el rango D.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic Transaxle - HIVEC* - Chonan Technical Service Training Center, pág. 63.

### 1.8.3. Rango R.

La presión en línea se suministra hacia la válvula reguladora y a la válvula a prueba de fallos B.

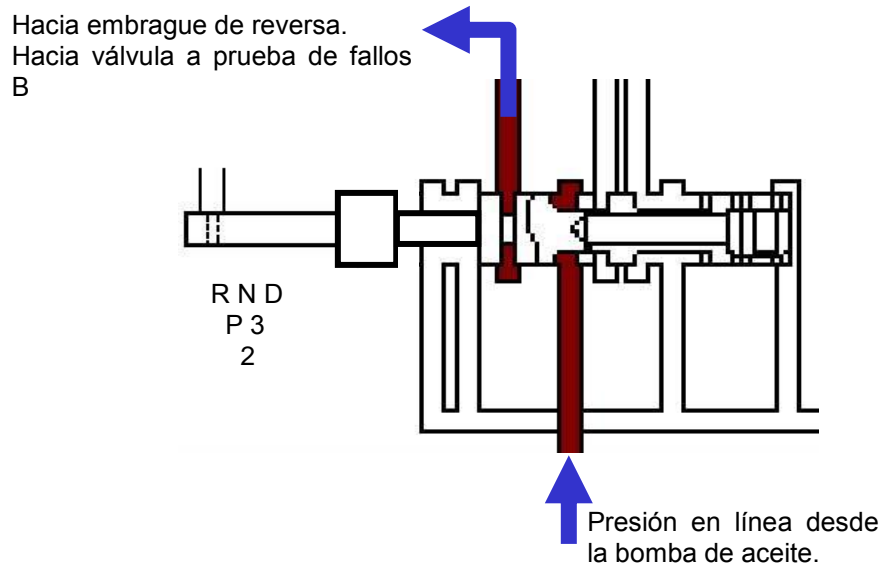


Figura 1. 21. Activación en el rango R.

Fuente: HYUNDAI, *Automatic Transaxle - HIVEC* - Chonan Technical Service Training Center, pág. 63.

### 1.9. Válvula Reguladora de Presión.

Esta válvula regula la presión en línea generada por la bomba de aceite, además la válvula reguladora tiene efecto en la activación de todas las electroválvulas de acuerdo al modo de conducción seleccionado por el conductor del vehículo.

La válvula reguladora mantiene la presión hidráulica suministrada desde la bomba de aceite a nivel constante, esta presión es conocida como presión de línea. El valor de la presión de línea predeterminado cambia en función de la posición de la palanca de cambios y del elemento seleccionado. Por lo general, la presión en línea se ajusta debido al equilibrio de la tensión del muelle cuando se desplaza la válvula hacia la

derecha con la presión hidráulica que la contrarresta cuando se desplaza la válvula hacia la izquierda.

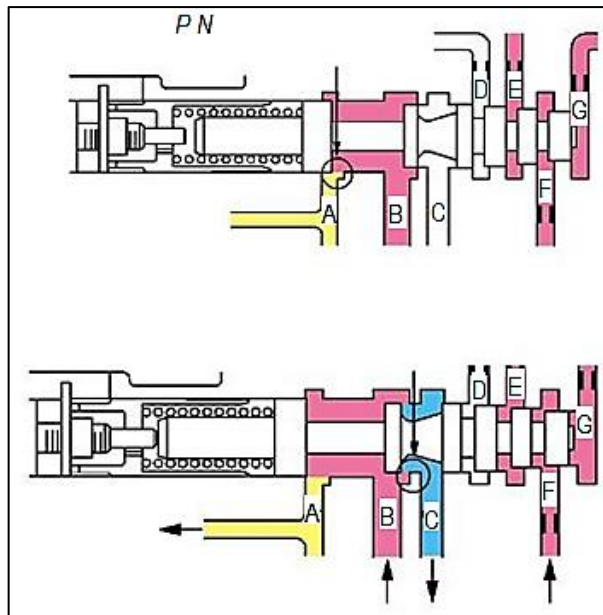
Cuando se encuentra en la posición P o N, la presión de la bomba se suministra hacia el puerto B de la válvula reguladora y desde ahí se dirige hacia el convertidor de par mediante la válvula de control del convertidor de par del puerto A. Además la presión de la bomba se suministra el puerto F directamente, adicionalmente a estos dos suministros de presión mencionados que siempre están presentes o son comunes, existe un suministro alternativo hacia los puertos E y G independientemente de la posición de la válvula manual. En el caso de la posición G, la presión sobre el pistón no solo esta actuando hacia el lado izquierdo por lo que se ve que la presión suministrada a este puerto también causara una reacción hacia la izquierda.

Para las otras posiciones hay siempre dos superficies en las que la presión esta actuando, y se puede notar claramente que el diámetro de la parte izquierda es mas grande que el de la parte derecha, esto quiere decir que en el caso de suministro de presión a cualquiera de los otros puertos que no sea G, la fuerza resultante esta tratando de mover el embolo hacia el lado izquierdo.

En la posición P y N, la tensión del muelle junto con la presión hidráulica combinadas resultan en una nueva posición de la válvula y esta lo que hace es regular el flujo que entra al convertidor de par alcanzando un valor preestablecido de presión. Si la presión en el sistema aumenta debido a un incremento de velocidad en el motor, la fuerza actúa sobre el pistón haciéndolo desplazar hacia la izquierda, permitiendo la entrada de un flujo mas alto hacia el convertidor de par, una vez terminado este ciclo la presión disminuye.

Si una vez cumplido este ciclo, no es suficiente para alcanzar el valor predeterminado, el embolo aun así se mueve hacia la izquierda dando apertura al puerto C. A través del puerto C, el fluido hidráulico se devuelve a la línea de succión de la bomba alcanzando recién el valor predeterminado de trabajo. Este es un principio de funcionamiento básico que se emplea igual para otras marchas llamado presión en línea.



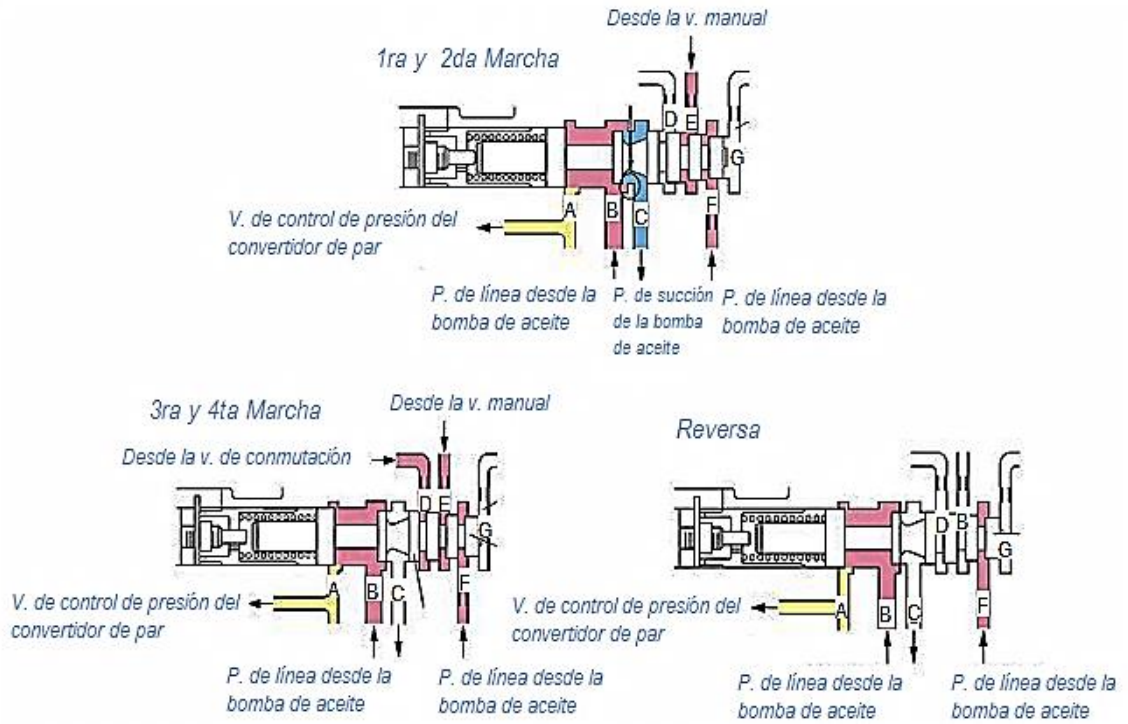


**Figura 1. 22.** Activación en la posición P - N.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 16.

En la posición 3, D, 2, L, la presión se dirige solo hacia el puerto E, esto quiere decir que la fuerza hacia la izquierda esta disminuyendo y la tensión del muelle desplaza el embolo hacia la derecha, por lo tanto se reduce el flujo de retorno y los aumentos de presión en línea, la razón que tiene todo este procedimiento es la de alcanzar la suficiente presión en línea para activar de forma segura todos los embragues.

La presión en los engranajes de 3ra y 4ta se suministra a través del puerto D mediante la válvula manual de control de presión de sobre marcha mediante el conmutador. Gracias a esta presión adicional el pistón se desplaza un poco hacia la izquierda aumentando de este modo el flujo de retorno. Finalmente la presión en línea de 3ra y 4ta marcha es inferior a la de 1ra y 2da, en cambio la posición R que esta sin presión se dirige a la válvula reguladora mediante la válvula manual haciendo que la fuerza se reduzca más hacia la izquierda desplazando el embolo hacia la derecha quedando la presión en el nivel mas alto.



**Figura 1. 23.** Activación en diferentes marchas.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 17.

### 1.9.1. Tabla de valores de presión y su posición.

Posición de la marcha	Línea de presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Puerto de presión en línea
P, N	3.5	1A, 5A
1, 2	10.5	1A, 5A
3, 4, 5	6.5 (4A/T), 8.5 (5A/T)	1A, 5A, 18A
Reversa	15.5	1A

**Tabla 1. 1.** Valores de presión.

**Fuente:** Los autores.

## 1.9.2. Diagrama de presión y entrada de la válvula reguladora.

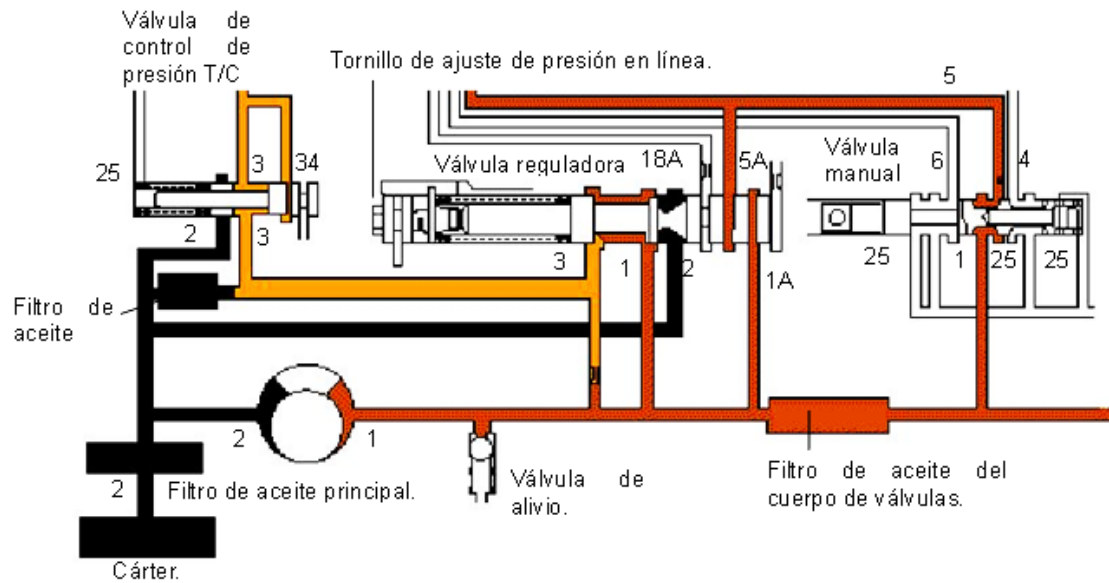


Figura 1. 24. Diagrama de activación.

Fuente: HYUNDAI, *Automatic Transaxle - HIVEC* - Chonan Technical Service Training Center, pág. 64.

## 1.10. Válvula de Control de Presión

Esta válvula reguladora de presión independiente y las electroválvulas se instalan para cada elemento excepto para el embrague de marcha atrás.

### 1.10.1. Finalidad

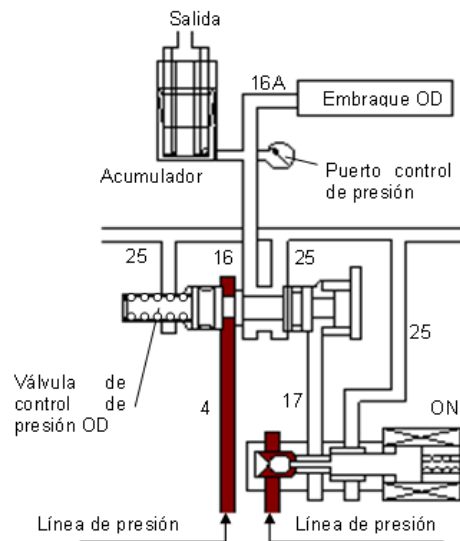
Esta válvula de control evita que la presión hidráulica disminuya repentinamente cuando se produzca el cambio de embrague a embrague, de esta manera se controla el incremento innecesario de revoluciones ayudando al rendimiento óptimo del motor y reduciendo el consumo de combustible.

### 1.10.2. Ejemplo del funcionamiento del embrague OD.

A pesar de que hay algunas diferencias en la estructura de cada válvula, el principio de funcionamiento es el mismo y se detalla a continuación:

Primero.

Cuando no se activa la válvula solenoide, es decir no se encuentra en la posición ON, la presión hidráulica no se suministra a través del puerto 17; por lo tanto, la válvula se mueve hacia la derecha gracias a la fuerza del resorte quedando el puerto 16 obstruido; de esta manera no se consigue presión por la salida del acumulador.



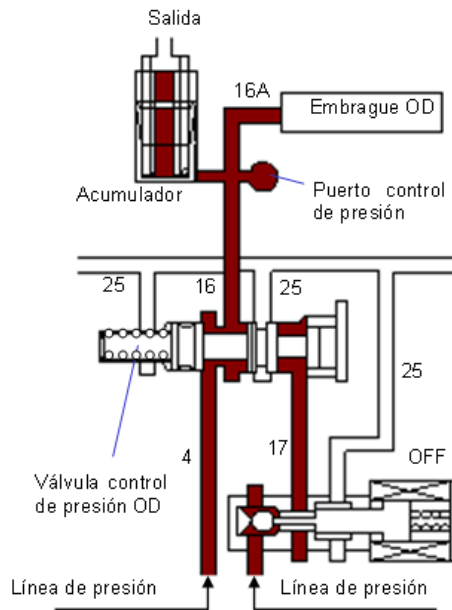
**Figura 1. 25.** Funcionamiento del embrague OD – desactivado

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic Transaxle - HIVEC* - Chonan Technical Service Training Center, pág. 69.

Segundo.

Cuando el embrague de OD está activado, la electroválvula controla la presión hidráulica que se suministra hacia la válvula de control de presión de OD mediante el puerto 17 empujando la bola de retención y permitiendo el paso del fluido, de esta manera la fuerza empuja la válvula hacia la izquierda superando la tensión del muelle, es decir el puerto 16 se abre permitiendo que se provea de presión por la salida del embrague.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> HYUNDAI, *Automatic Transaxle - HIVEC* - Chonan Technical Service Training Center, pág. 69.



**Figura 1. 26.** Funcionamiento del embrague OD – activado

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic Transaxle - HIVEC* - Chonan Technical Service Training Center, pág. 69.

### 1.10.3. Activación de las válvulas solenoides.

#### 1.10.3.1. Modelo F4A41 y F4A51

Operación Posición	Válvulas Solenoides				
	LR	2DA	UD	OD	*DCC
1ra	OFF	ON	OFF	ON	OFF
2da	ON	OFF	OFF	ON	OFF
3ra	ON	ON	OFF	OFF	ON
4ta	ON	OFF	ON	OFF	ON
Reversa	OFF	ON	ON	ON	OFF
N, P (modo estándar )	OFF	ON	ON	ON	OFF
N, P (modo retención )	ON	OFF	ON	ON	OFF

**Tabla 1. 2.** Activación de los solenoides modelo F4A41 y F4A51

**Fuente:** Los autores.

### 1.10.3.2. Modelo F5A51.

Operación Posición	Válvulas Solenoides					
	LR (DIR)	2DA	UD	OD	RED	*DCC
1ra	OFF (LR)	ON	OFF	ON	OFF	OFF
2da	ON (LR)	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
3ra	ON (DIR)	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
4ta	OFF (DIR)	OFF	ON	OFF	ON	ON
5ta	OFF (DIR)	OFF	ON	OFF	ON	ON
Reversa	OFF (LR)	ON	ON	ON	OFF	OFF
N, P	OFF (LR)	ON	ON	ON	OFF	OFF

**Tabla 1. 3.** Activación de los solenoides modelo F5A51.

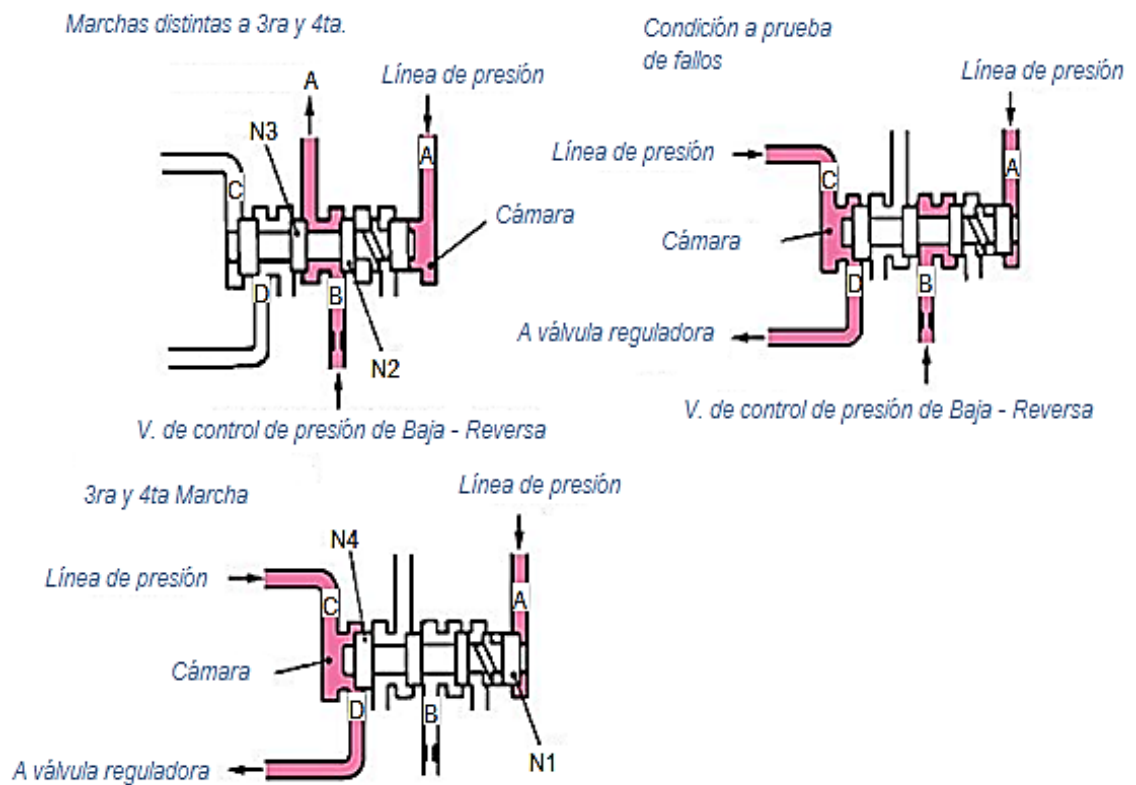
**Fuente:** Los autores.

### 1.11. Válvula de Conmutación – *Switch*.

La válvula de conmutación completa dos funciones:

- Cuando la presión es suministrada hacia el embrague de sobre marcha (3ra y 4ta marcha), la presión también es alimentada hacia el lado izquierdo de la válvula de conmutación, por lo tanto se permite la apertura de la válvula. Este movimiento permite a la presión actuar sobre la válvula del regulador de forma que se reduce la presión de línea. Mientras el embrague de sobre marcha es operado en tercera y cuarta, la presión se reduce únicamente en estos dos engranajes. El objetivo de la reducción de presión es el de ahorrar combustible evitando sobrepresiones innecesarias.
- Cuando la transmisión entra en modo prueba de fallos, todos los solenoide se desconectan eléctricamente, es decir que todos los elementos son suministrados con presión y activados al mismo tiempo. Para evitar este inconveniente en la conducción diaria, se han instalado válvulas a prueba de

fallos y válvulas switch. Como se menciona, en modo prueba de fallos la de presión es suministrada hacia todos los puertos de la válvula de conmutación. A medida que la superficie del puerto de lado izquierdo es más grande que el puerto que esta en el lado derecho, la fuerza que resulta de estos dos va a ser una fuerza que actúa sobre el lado derecho es decir en apertura. La presión en ambos puertos de la válvula de control de Inversa, no tiene ningún efecto debido a que las superficies son de igual tamaño. Si la válvula se desplaza hacia la derecha se corta el suministro de presión que va hacia el freno de baja reversa, al mismo tiempo que el puerto con el freno de baja reversa esta conectado a la línea de drenaje, razón por la que queda liberado el freno de baja reversa.



**Figura 1. 27** Activación de las marchas con la válvula de conmutación.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivac*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 20.

## **1.12. Válvula a prueba de fallos A.**

La válvula a prueba de fallos tiene dos funciones primordiales que se detallan a continuación:

- Dirigir la presión hacia el freno de baja reversa en condiciones normales de funcionamiento, con esto se consigue aliviar la presión del freno en el caso de seleccionar una marcha hacia delante cuando este proceso entre en modo prueba de fallos, comandada directamente con una válvula switch.
- Proveer de presión al freno de baja reversa en el momento en que se seleccione la posición R en la palanca de cambios, esta condición se da en funcionamiento normal y en el modo a prueba de fallos.

### **1.12.1. Funcionamiento:**

Esta válvula esta provista de dos pistones internos, independientes, que se desplazan entre ellos hacia el exterior gracias a la acción del muelle; si no existe presión en este momento quiere decir que esta actuando directamente sobre la válvula.

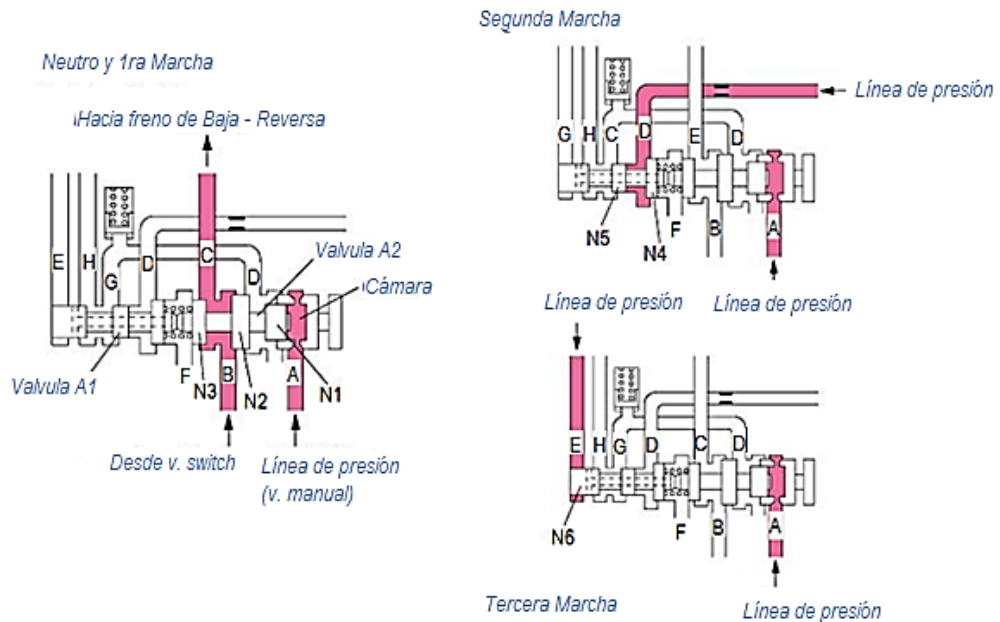
Operación primaria.- la presión es suministrada hacia el lado derecho del embolo, por lo tanto, se consigue un desplazamiento hacia la izquierda, de esta manera la presión es suministrada por medio de la válvula switch liberándola hasta la posición de baja reversa.

Operación secundaria.- En este instante la presión de línea esta actuando sobre el lado derecho de la válvula, además se suministra presión a la cámara en el lado derecho del pistón izquierdo.

Los pistones se siguen desplazando hacia la izquierda, debido a que la fuerza resultante de los dos lados de la cámara del pistón, no es suficiente como para superar la tensión que actúa en este mismo sentido. A medida que quita el suministro de presión hacia la válvula switch, el freno de baja reversa ya no se activa.

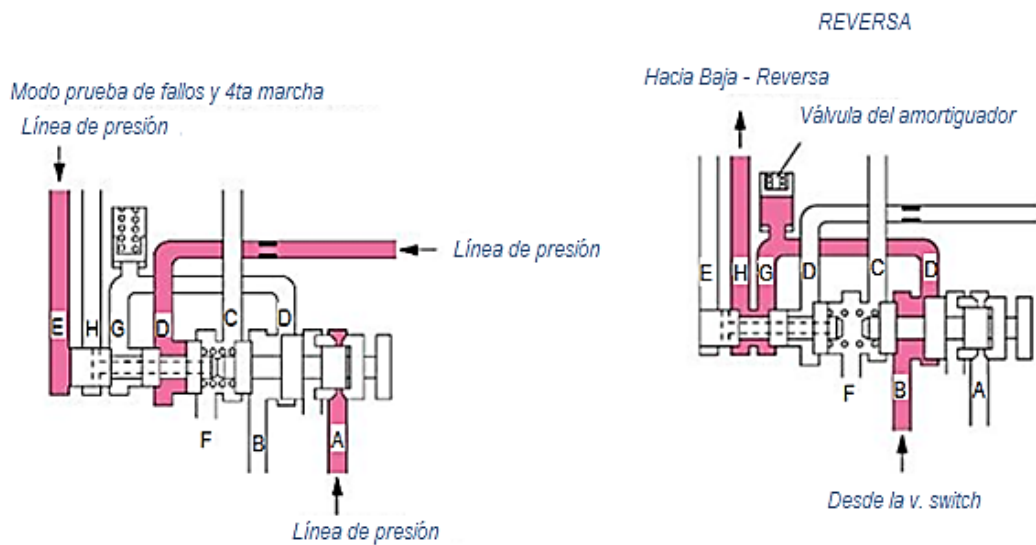


Operación terciaria.- La presión es suministrada en el lado derecho del pistón derecho y así mismo al lado izquierdo del pistón izquierdo, ya que existen diferencias de áreas entre las dos superficies, las fuerzas resultantes no logran desplazar aun los émbolos hacia la izquierda y como no existe presión en la válvula de conmutación, no se activa el freno de baja reversa.



**Figura 1. 28.** Modo a prueba de fallos A; N – 1ra – 2da – 3ra marcha.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 21.



**Figura 1. 29.** Modo a prueba de fallos 4ta – Reversa marcha.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 22.

### **1.13. Válvula a prueba de fallos B.**

La función principal de la válvula a prueba de fallos B es para liberar el segundo freno en circunstancia en que se active el modo de prueba.

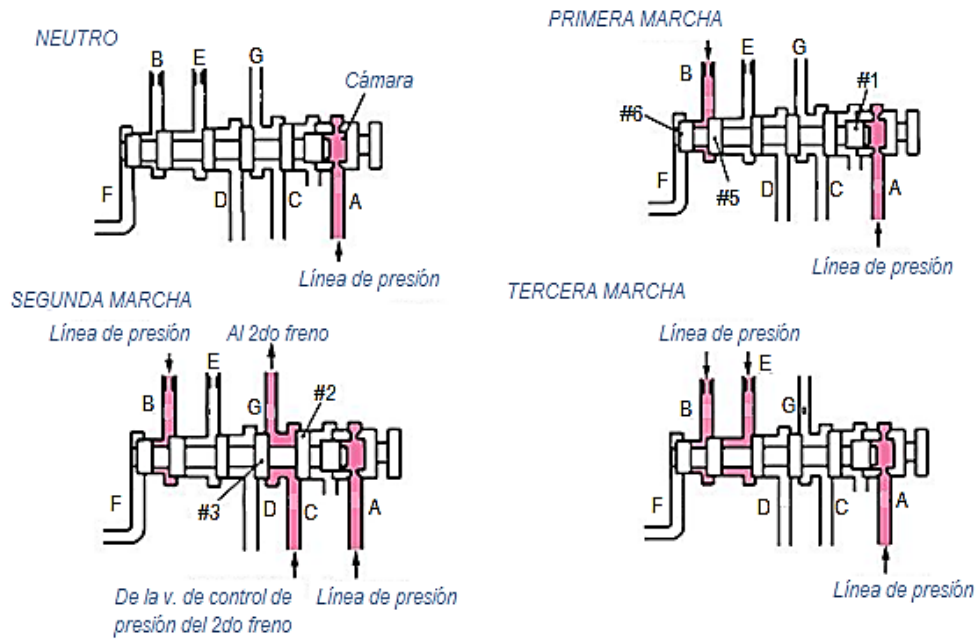
#### **1.13.1. Funcionamiento:**

Cuando está seleccionada la posición neutra de la palanca de cambios, la presión de línea es suministrada al lado derecho de la válvula B y esta viene directamente de la bomba de aceite, como existe únicamente esta presión que esta siendo administrada el pistón únicamente se desplaza hacia la izquierda.

En la primera marcha, la presión es suministrada hacia la parte izquierda de la válvula por medio de la línea B, aquí se generara la presión de línea, pero el área efectiva es menor que el área del lado derecho de la válvula de forma que permanece mas inclinada hacia la izquierda, en es momento la presión fue entregada a la segunda válvula de control de los frenos, pero como el segundo solenoide esta aun encendido no se envía la presión por este elemento.

En la segunda marcha, el solenoide del freno es desactivado y se aplica presión hacia la parte derecha de la válvula de control, esto hace mover hacia la izquierda activando el segundo freno debido a la presión procedente de la segunda válvula de control.

En la tercera marcha, la presión de línea se suministra por medio de la línea E, pero aun así la presión resultante que empuja el embolo hacia la derecha resulta ser mas pequeña que la que se aplica hacia la izquierda, por lo tanto no existen todavía un cambio de posición de la válvula, siendo en este momento cuando se activa el segundo solenoide del freno sin ser suministrada la presión desde la válvula de control para el segundo freno de cualquier otra marcha quedando desactivado nuevamente.



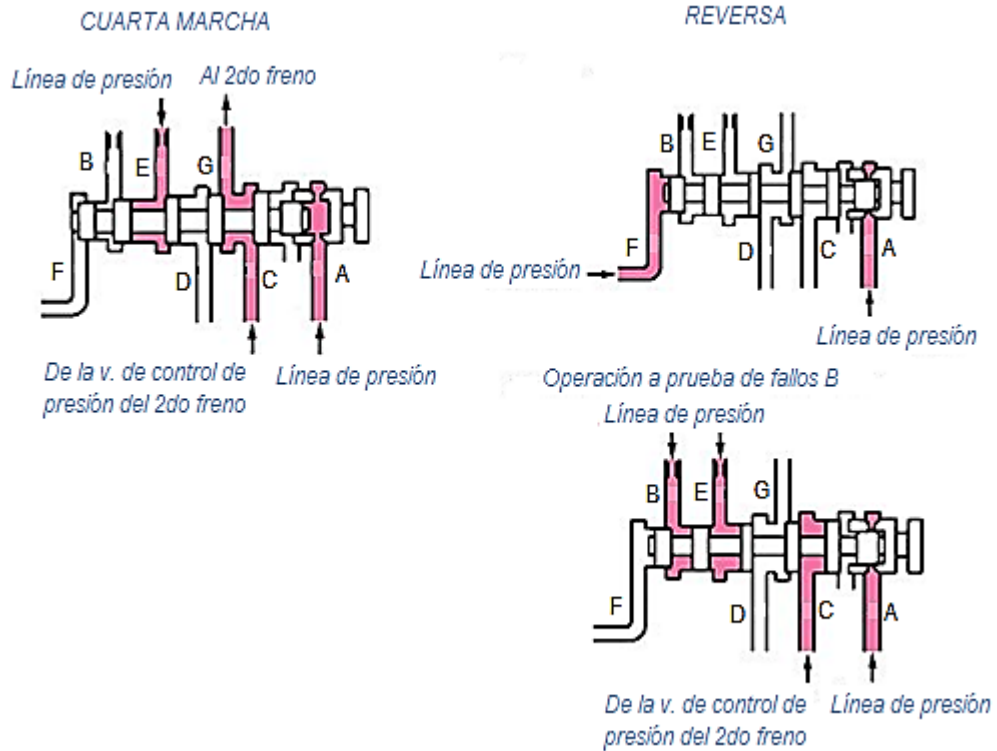
**Figura 1. 30.** Modo a prueba de fallos B; N – 1ra – 2da – 3ra marcha.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 23.

En la cuarta marcha se interrumpe el suministro de presión hacia el puerto B y los puertos que quedan alimentados son el A y el C, en este momento la válvula permanece en la misma posición que la de tercera marcha pero aquí la presión se deriva hacia el puerto C mediante la válvula de control de a cuerdo con el comando del solenoide. Se activa nuevamente el segundo freno y en la posición de reversa se suministra presión hacia el puerto A y hacia el puerto F de la válvula. Ahora se mueve el embolo hacia el lado derecho gracias a la presión resultante, debido a que la superficie del lado izquierdo es mas grande quedando conectada la segunda línea del freno a la línea del drenaje.

Cuando se activa el modo prueba de fallos, la presión en línea es suministrada hacia los puertos A y C derechos de la válvula y hacia los puertos B y E izquierdos de la misma, lo que provocara que la fuerza resultante mueva la válvula hacia la derecha desencadenando el siguiente efecto:

- Se conecta el segundo freno con la línea de drenaje y cierra la conexión de la línea de suministro entre la segunda electroválvula del freno y el segundo freno quedando de esta manera desacoplado el segundo freno.



**Figura 1. 31.** Modo a prueba de fallos 4ta – Reversa y Operación de la válvula.  
**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 24.

#### 1.14. Válvula solenoide empleada en el cuerpo de válvulas de las transmisiones modelos F4A41, F4A51, F5A51.

Este tipo de válvulas son requeridas dentro del cuerpo de válvulas con la finalidad de controlar la presión del flujo hidráulico que circula en el interior del cuerpo de válvulas.

### 1.14.1. Válvula de solenoide para el control de presión.<sup>13</sup>

#### 1.14.1.1. Descripción:

- Tipo de sensor: Normal abierto de 3 vías.
- Temperatura operativa: -30 °C ~ 130 °C
- Frecuencia:

LR, 2da, UD, OD: 61,27 Hz (a una temperatura ATF superior a -20 °C)

DCC: 30,64 Hz.

- Resistencia interna:

$3,0 \pm 0,5 \Omega$  (LR, 2da, UD, OD, TCC)

$4,35 \pm 0,5 \Omega$  (VFS)

- Sobre voltaje: 56 V (excepto VFS)
- (LR, 2DA, UD, OD, DCC)<sup>14</sup>

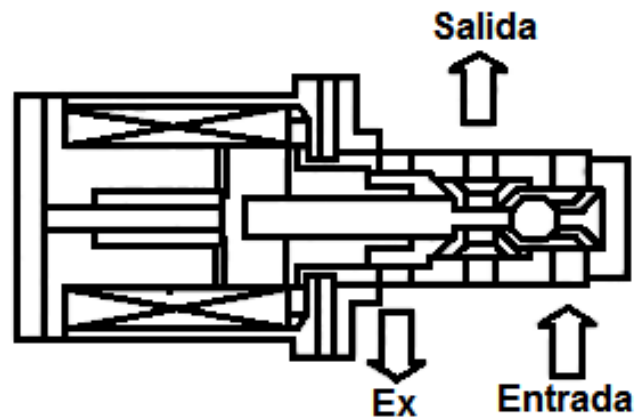


Figura 1. 32. Válvula para el control de presión.

Fuente: HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 173, pág. 173

<sup>13</sup> HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 173, pág. 173.

<sup>14</sup> HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 173, pág. 173.

### 1.14.1.2. Programación de las válvulas solenoides.

Posición	Válvulas solenoides				
Operación	LR	2da	UD	OD	DCC
1ra engranaje	OFF	ON	OFF	ON	OFF
2da engranaje	ON	OFF	OFF	ON	OFF
3ra engranaje	ON	ON	OFF	OFF	ON
4ta engranaje	ON	OFF	ON	OFF	ON
Marcha atrás	OFF	ON	ON	ON	OFF
N, P (Modo STD)	OFF	ON	ON	ON	OFF
N, P (Modo Reten)	ON	OFF	ON	ON	OFF

**Tabla 1. 4.** Programación de las válvulas.

**Fuente:** HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 174, pág. 174

Valor de referencia.

(La válvula solenoide DCC estará en ON cuando se satisfaga la condición de funcionamiento.)<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 174, pág. 174

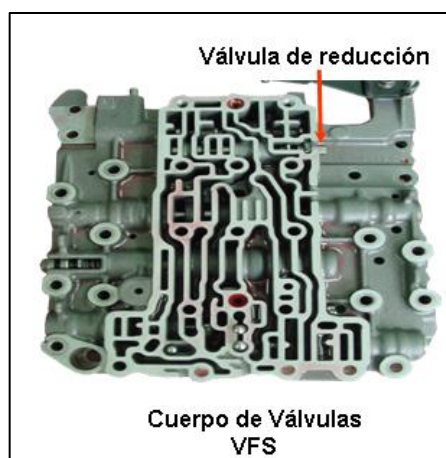
### **1.15. Válvula VFS solenoide de fuerza variable empleada en el cuerpo de válvulas de las transmisiones modelo F4A41, F4A51, F5A51.**

La válvula VFS o comúnmente llamadas válvulas de tipo mariposa están conformadas de dos semicuerpos de aluminio fundidos a presión, esta válvula permite regular la fuerza sobre los actuadores dentro de un rango variable con la finalidad de controlar de mejor manera la presión del fluido hidráulico que circula por el cuerpo de válvulas.

#### ***1.15.1. Función del VFS.***

La VFS no cuenta con ciclos regulables en la varilla del carrete como si lo tiene el PWM esto hace que vibre mínimamente cuando esta en la posición entre el puerto de control y el puerto de escape para controlar la presión hidráulica. Esto quiere decir que se emplea el efecto del equilibrio entre la fuerza del muelle y la fuerza magnética, tomando en cuenta que la fuerza del muelle es mecánica y se la provee el momento de su diseño y construcción y la fuerza magnética es controlada a través de la TCM siendo esta fuerza magnética eléctrica proporcional a la corriente. Entonces queda claro que la corriente va ha ser controlada por la TCM.

En el caso de la válvula VFS, la llamada constante de tiempo eléctrica es aplicada en el momento de decidir la frecuencia en la cual la corriente no oscile aunque se active o desactive la señal de entrada. Esta constante de tiempo eléctrica es mucho mas rápida que una mecánica, de modo que la frecuencia del VFS es muchísimo mas elevada que la PWM que es la de tipo convencional.



**Figura 1. 33.** Ubicación de la válvula VFS.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 HIVEC*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 53.

### 1.15.2. Características del VFS:<sup>16</sup>

- Presión de alimentación: 700 ~ 1.600 kPa.
- Presión de control: típicamente 600 ~ 0 kPa.
- Intervalo de corriente: típicamente 0 ~ 1000 mA.
- Frecuencia de oscilación de pequeña amplitud: Hasta 600 Hz.
- Dimensión: 32mm alcance de protuberancia de 42 mm.

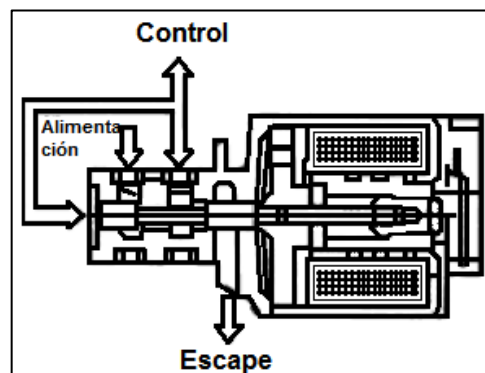


Figura 1. 34. Control de la válvula VFS.

Fuente: HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 176, pág. 176.

Al puerto de alimentación se suministrará la presión de reducción de la válvula VFS que servirá para controlar la presión del conducto.

### 1.15.3. Válvula de solenoide para el control de presión.<sup>17</sup>

#### 1.15.3.1. Descripción:

- Tipo de sensor: Normal abierto de 3 vías.
- Temperatura operativa: -30 °C ~ 130 °C
- Frecuencia:  
LR, 2da, UD, OD: 61,27 Hz (a una temperatura ATF superior a -20 °C)  
DCC: 30,64 Hz.
- Resistencia interna:

<sup>16</sup> HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 176, pág. 176

<sup>17</sup> HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 176, pág. 176.



3,0 ± 0,5 Ω (LR, 2da, UD, OD, TCC)

4,35 ± 0,5 Ω (VFS)

- Sobre voltaje: 56 V (excepto VFS)
- (LR, 2DA, UD, OD, DCC)

### 1.15.3.2. Presión de control VFS.

Corriente de entrada (mA)	Presión de control (Sin presión de conducto)			
	Corriente de aumento			Corriente de reducción
	Max (Kgf/cm <sup>2</sup> ) [Kpa]	Min (Kgf/cm <sup>2</sup> ) [Kpa]	Δ (Kgf/cm <sup>2</sup> ) [Kpa]	Min (Kgf/cm <sup>2</sup> ) [Kpa]
<b>100</b>	6,52 [639]	5,87 [575]	[64]	
<b>200</b>	6,23 [611]	5,70 [559]	[52]	5,43 [532]
<b>300</b>	5,76 [564]	5,24 [514]	[50]	4,49 [484]
<b>400</b>	5,08 [498]	4,59 [450]	[48]	4,30 [421]
<b>500</b>	4,24 [416]	3,78 [370]	[46]	3,52 [345]
<b>700</b>	2,29 [224]	1,82 [178]	[46]	1,51 [148]
<b>800</b>	1,41 [138]	0,09 [88]	[50]	0,58 [57]
<b>900</b>	0,65 [64]	0,14 [14]	[50]	0 [0]
<b>1000</b>	0,24 [24]	0 [0]	[24]	
<b>1100</b>	0,24 [24]	0 [0]	[24]	

**Tabla 1. 5.** Presión de Control.

**Fuente:** HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 176, pág. 176.

## **1.16. Válvula solenoide de control del embrague de convertidor de par – abierto o corto (masa).**

### **1.16.1. Descripción general.**

El control del bloqueo y desbloqueo del embrague del convertidor de par al eje de entrada de la transmisión lo realiza la TCM, aplicando presión hidráulica. La principal función del control del embrague es la de ahorrar combustible disminuyendo la carga hidráulica dentro del cuerpo de válvulas. El TCM transmite los impulsos necesarios de rendimiento para controlar la válvula de solenoide de control del embrague del amortiguador aplicando luego presión hidráulica al DC de acuerdo con el valor de relación de rendimiento DCC. Se establece que, si el rendimiento es alto, se aplica una presión alta al embrague del amortiguador resultando bloqueado.

Estableciendo una posición de funcionamiento normal del valor de proporción del control del embrague del amortiguador al cual se hace referencia es de 35% desbloqueado y un 65% bloqueado.

### **1.16.2. Descripción del código DTC.**

La TCM comprueba la señal de control del embrague del convertidor de par mediante el comando de la señal de retroalimentación desde el circuito de impulsión. Un ejemplo de código DTC que esta presente en la válvula solenoide de control de embrague de convertidor de par es el siguiente:

Si se detecta voltaje alto cuando en realidad se espera voltaje bajo, o se detecta voltaje bajo cuando se espera recibir un voltaje alto, le TCM inmediatamente determina que el circuito funciona inadecuadamente y especifica el código DTC.

## **1.17. Válvula solenoide de baja reversa – abierto o corto (masa)**

### **1.17.1. Descripción general.**

La caja de transmisión automática cambia su posición del engranaje utilizando una combinación de engranes y frenos, los cuales son controlados por la electroválvulas. Esta transmisión automática consiste de los siguientes componentes:

- LR (freno bajo y de marcha atrás).
- 2da (2da o freno).
- UD (embrague de marcha ultra lenta).
- OD (embrague de supe marcha).
- REV (embrague marcha atrás).
- RED (freno reductor, solo para cajas de cambio de 5 velocidades).

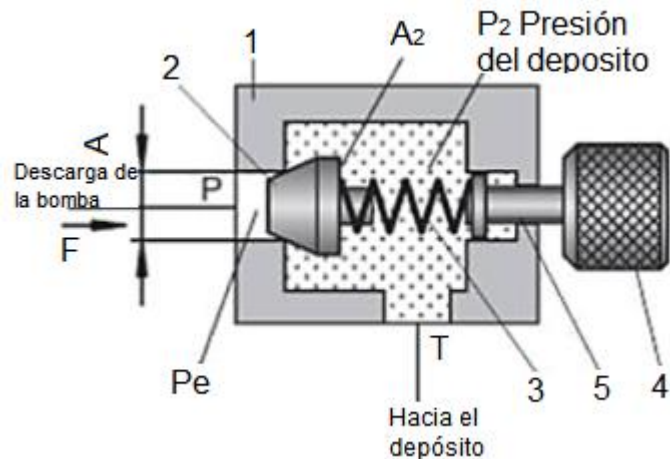
El freno LR se engrana en primera y marcha atrás.

### **1.17.2. Descripción del código DTC.**

La TCM comprueba la señal de control de baja y marcha atrás monitorizando la señal de realimentación desde el circuito de impulsión de la válvula de solenoide. Si se observa una señal inesperada el TCM determina que la electroválvula de control de embrague de baja y marcha atrás funciona inadecuadamente y presenta el código DTC respectivo.

## 1.18. Presión de Reducción.

### 1.18.1. Función.



**Figura 1. 35.** Tornillo de ajuste para el control de la presión de reducción.

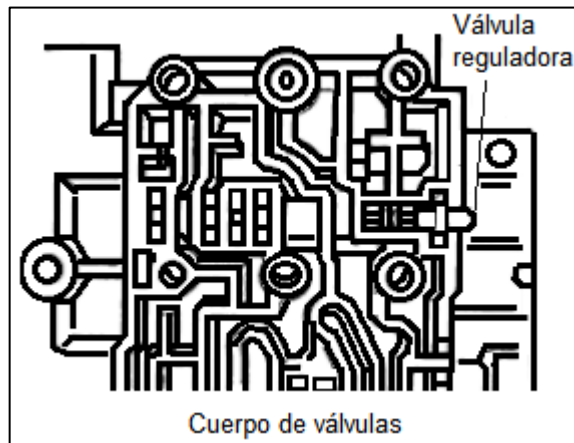
**Fuente:** HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 16, pág. 16.

Similar a una transmisión de cambios automáticos convencional, la longitud de esta válvula de reducción se puede ajustar manualmente girando el tornillo como se muestra en la figura. Al girar el tornillo en sentido horario unos 90°, la presión de reducción aumentará aproximadamente 1,0 bar tomando en cuenta las condiciones a la que estaría sometida la transmisión automática.

El uso específico de la presión de reducción se traduce en una presión de alimentación para las válvulas solenoides exceptuando los solenoides bajo y marcha atrás, reducción y de control del embrague del convertidor. El VFS se acciona teniendo en cuenta la presión de alimentación, y a su vez este emite la presión de control para comandar la válvula reguladora de forma indirecta.

Cuando se activa el sistema de la válvula VFS, la presión en el conducto por el que circula se utiliza como presión de alimentación para las válvulas VFS y otras

válvulas solenoides con que cuente el cuerpo de válvulas, en este momento se ha cambiado a una presión de reducción adicional porque debido a que el VFS cambia de forma variable de presión de conducto, de tal forma que la presión de control se vuelve inestable y se genera una cierta oscilación de la presión hidráulica. Esta es la razón por la que se ha añadido la presión de reducción en el circuito hidráulico en el sistema VFS empleado para 4ta y 5ta marcha de la transmisión automática.



**Figura 1. 36.** Ubicación de la válvula reductora.

**Fuente:** HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 16, pág. 16.

La presión de reducción esta dentro del rango de 6,5 bar y este valor no cambiará sea cual sea las condiciones de conducción y carga del motor a la que este sometido el vehículo. Se debe asegurar que la presión del conducto convencional se utiliza para la presión de alimentación del solenoide de baja y marcha atrás y el solenoide de reducción porque la presión del conducto variable no esta disponible cuando se quiere seleccionar la posición de marcha atrás.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 16, pág. 16.

## **1.19. Sensor de temperatura del aceite de cambio.**

### **1.19.1. Descripción general.**

El sensor de temperatura del líquido de aceite de cambio ATF es de tipo termistor y este detecta la temperatura del líquido hidráulico del cambio automático. Este sensor va montado en el cuerpo de válvulas y utiliza un termistor cuya resistencia eléctrica cambia de acuerdo con el cambio de temperatura de funcionamiento. EL TCM lo que hace es suministrar un voltaje de referencia que va de 5V al sensor y el voltaje de salida del sensor cambia cuando la temperatura del ATF varia.<sup>19</sup>

### **1.19.2. Funcionamiento:**

- El sensor de temperatura envía la señal a la TCM y esta a su vez ejecuta un control óptimo del estado del fluido y alerta su cambio.
- Esta señal proveniente del sensor de temperatura también se utiliza para activar el embrague del amortiguador.

### **1.19.3. Descripción:**

- Intervalo de temperatura: -40 °C ~ 145 °C.
- Tipo: tipo separado (temperatura alta / baja)
- Valor estándar de la resistencia interna.

---

<sup>19</sup> HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 183, pág. 183.

#### 1.19.4. Rangos de la temperatura del sensor.

Temp. [ °C (°F) ]	Resistencia (kΩ)	Temp. [ °C (°F) ]	Resistencia (kΩ)
-40 (-40)	139,5	80 (176)	1,08
-20 (-4)	47,7	100 (212)	0,63
0 (32)	18,6	120 (248)	0,38
20 (68)	8,1	140 (284)	0,25
40 (104)	3,8	160 (320)	0,16
60 (140)	1,98		

**Tabla 1. 6.** Rango de temperatura

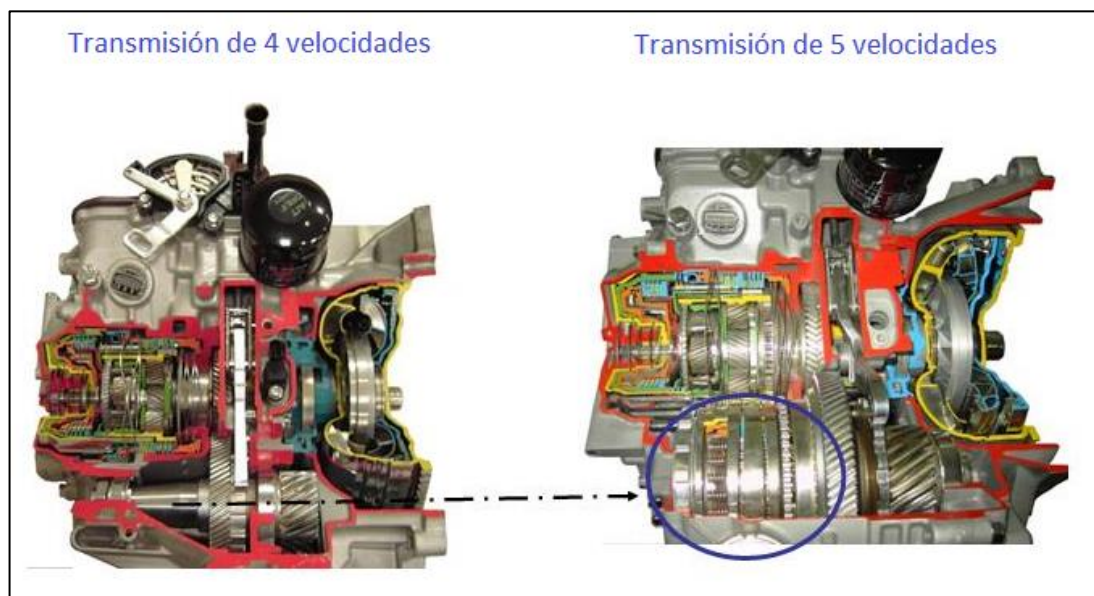
**Fuente:** HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*, AT - 183, pág. 183.

#### 1.20. Diferencia entre los modelos F4A41, F4A51 con el modelo F5A51

La versión de la transmisión modelo F5A51 de cinco velocidades se basa en el modelo de su similar F4A41 que es de cuatro velocidades. Para conseguir el aumento de la quinta velocidad se toma en consideración la adición de varios elementos mecánicos como son:

- Un set de reducción de engranajes planetarios
- Un freno de reducción tipo banda
- Un embrague unidireccional
- Un embrague directo.

Claramente va a existir cambios dentro y fuera del cuerpo de válvulas en lo que se refiere a su modelo de fabricación, con el fin de activar y desactivar las nuevas partes incorporadas. De la misma manera que en la transmisión de cuatro velocidades, dos elementos deben ser activados, con el fin de lograr la transmisión del par a las ruedas. En lo que se refiere al torque, la reducción será provocada en cualquier condición. Si el freno de reducción se activa, se incrementara el par de torsión y la velocidad disminuirá, en comparación la transmisión de cuatro velocidades. Si se activa el embrague directamente el par se transmitirá en relación de 1:1 a las ruedas.



**Figura 1. 37.** Diferencia entre las transmisiones F4A y la F5A.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 32.

El funcionamiento de las electroválvulas y del sistema hidráulico de la transmisión de cinco velocidades es el mismo que su similar de cuatro marchas con la diferencia que se agregó una velocidad adicional son su respectivo sistema hidráulico.

Dentro del estudio del cuerpo de válvulas para una transmisión de cinco velocidades se tomara en cuenta la presencia de una electroválvula adicional llamada “ válvula a prueba de fallo C” que hace la diferencia con respecto al modelo F4A41 y su estudio es el siguiente.



### **1.21. Válvula a prueba de fallos C (Solo modelo F5A51).**

La función principal de la válvula a prueba de fallos C es la de cortar el suministro de presión de la válvula switch que va directo hacia el embrague.

Cuando se encuentra en las posiciones neutro y reversa solo se suministra presión hacia la electroválvula reductora. Cuando la válvula se desplaza hacia la derecha queda en conexión directa el embrague con la línea de drenaje por lo que se libera presión.

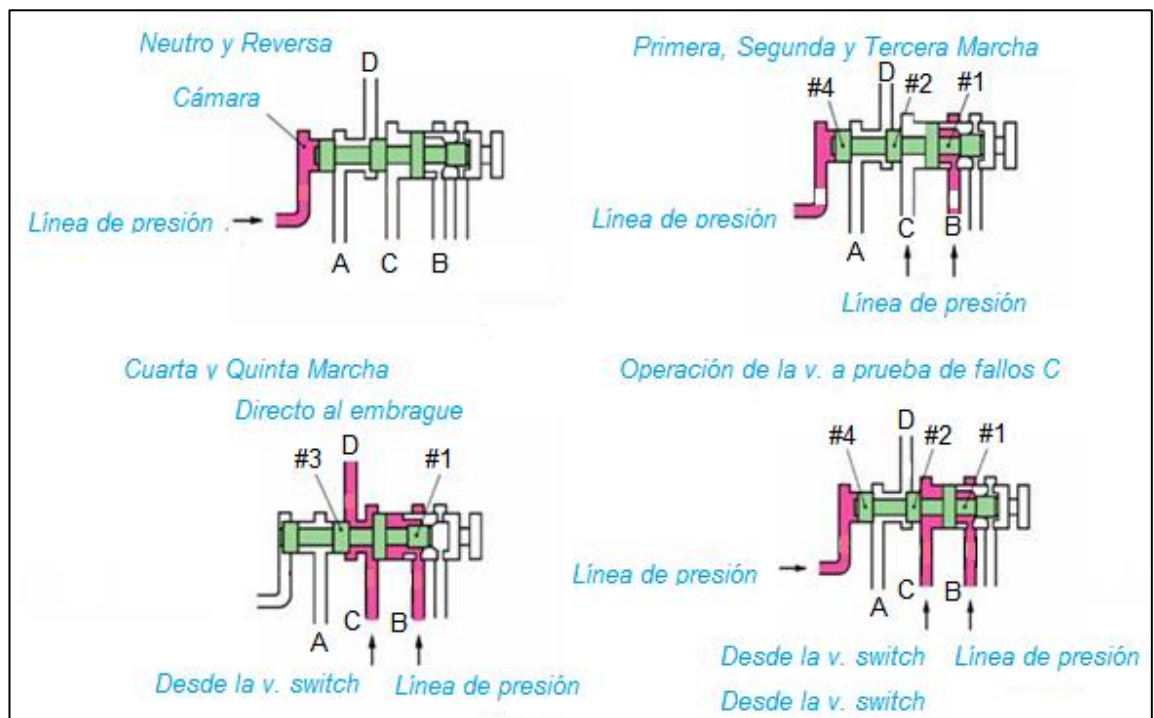
En primera, segunda y tercera marcha, la presión se suministra hacia la parte izquierda de la válvula, la fuerza resultante empieza a mover la válvula en dirección contraria es decir, hacia la derecha. La conexión del embrague va directo a la línea de drenaje de modo que sigue desacoplado.

En posición de cuarta y quinta marcha, la presión que actúa sobre el lado izquierdo de la válvula se detiene, y la presión en el lado derecho sigue aumentando de manera que la válvula empieza a desplazarse hacia la izquierda. Esta acción conecta el embrague directamente con el suministro de presión de baja – reversa mediante la válvula conmutadora.

En el modo a prueba de fallo, la presión de la válvula de conmutación es suministrada hacia la parte derecha de la válvula a prueba de fallo como se da el caso en cuarta y quinta marcha. En este instante la presión entra desde la válvula solenoide de reducción hacia la parte izquierda de dicha válvula. Una vez completada esta acción la fuerza resultante desplaza la válvula hacia la derecha dejando conectado el embrague con la línea de drenaje provocando el cierre de la conexión a la línea de la válvula switch, en este momento el embrague esta desacoplado.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 42.



**Figura 1. 38.** Modo prueba de fallo C; N – R, 1ra – 2da – 3ra, 4ta – 5ta, y operación de la válvula.

**Fuente:** HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec*, Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H, pág. 42.

## **CAPÍTULO II**

### **ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS QUE COMPONEN EL CUERPO DE VÁLVULAS DE LAS TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS MODELO F4A41, F4A51, F5A51**








## **2.1.Circuito electrohidráulico de transmisiones automáticas**

Para que se produzca el fluido hidráulico dentro del cuerpo de válvulas se necesitan sensores, actuadores, unidad de control de la transmisión, enchufes y conductores eléctricos. Todos los elementos antes mencionados forman el sistema de activación de las válvulas solenoides con las cuales se permitirá el paso del fluido hidráulico y con ello se conseguirá la sincronización y activación de las diferentes marchas.

## **2.2.Sistema Hidráulico F4A**

Muchas maquinas necesitan de energía, esta energía se consigue mediante un sistema hidráulico, el cual es un método de aplicación de fuerzas a través de presión hidráulica la misma que es ejercida por fluidos. La fuerza que es ejercida sobre un líquido se transmite o transporta en forma de presión sobre todo el volumen del líquido y en todas sus diferentes direcciones.

## **2.3.Listado de marchas de una transmisión F4A.**

-  P (Parking) y N (Neutral).
-  Posición D (Drive).
-  Primera marcha.
-  Segunda marcha.
-  Tercera marcha.
-  Cuarta marcha.
-  Reversa.

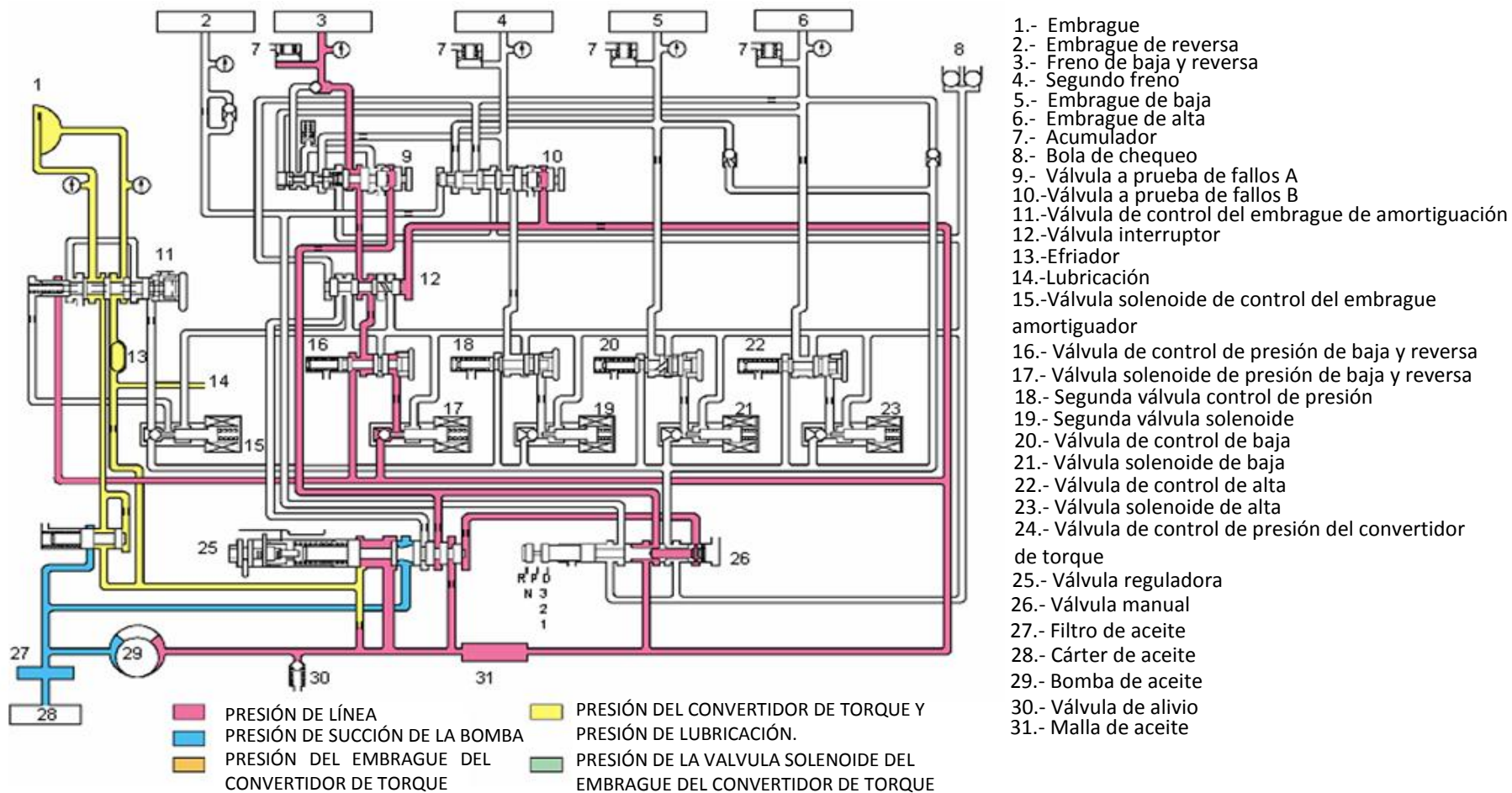
### **2.3.1. P (Parking) y N (Neutral).**

La bomba de aceite la cual se mueve por la carcasa del convertidor de par, solidario al volante del motor succiona el aceite desde el Carter el cual pasa por el filtro hacia la bomba la misma que envía el aceite a la línea, esta presión es regulada por la

válvula reguladora; esto se produce en todos los cambios de la transmisión automática.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1].



**Figura 2. 1.** Circuito hidráulico de P & N de la F4A

**Fuente:** HYUNDAI, Cambio automático AT-19, pág. 19

En la posición de Parking y Neutro todas las válvulas solenoide, excepto la de baja/reversa están conmutadas a ON. Denotamos que, la condición eléctrica ON significa que ellas están en OFF desde el punto de vista de la presión hidráulica. Así, en este caso solamente el solenoide de baja/reversa está permitiendo el paso del fluido (presión) y actúa sobre el lado derecho de la válvula de control de presión de baja/reversa, la que se mueve hacia la izquierda contra la fuerza del resorte. Esto permite a la presión de línea alcanzar la válvula interruptor o conmutador. Como la válvula interruptor o conmutador tiene un suministro de presión en su lado derecho directamente desde otra línea de suministro de presión, esta se mueve a la izquierda, permitiendo que la presión alcance la válvula a prueba de fallas A. Esta válvula tiene un suministro de presión de línea en su lado derecho desde la válvula manual, de modo que se mueve hacia la izquierda, permitiendo a la presión alcanzar el freno de baja/reversa a través de su conducto de suministro del lado derecho. Como resultado, la presión actúa sobre el freno de baja/ reversa, el que por lo tanto es aplicado. Con el fin de prevenir el ingreso de presión al conducto del lado izquierdo en ese momento, este está cerrado por una válvula de chequeo. Como no hay otros elementos de cambio alimentados con presión, no puede transmitirse torque y los engranajes giran libremente. La razón para activar el freno de baja/reversa en la condición P o N es permitir un cambio más rápido si el selector de cambios se mueve a la posición R o D, puesto que solamente un elemento adicional debe ser activado.

Se puede notar que en la condición P y N la presión de línea es suministrada solamente a la válvula solenoide de baja reversa, no a las otras. Esto se realiza a través de la posición de la válvula manual. La razón para este esquema es habilitar la condición P y N en caso de modo de seguridad.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Manual de reparación Hyundai Sonata 2000, AT-19

### 2.3.2. Posición D (Drive)

Existen dos diseños de mandos en las cajas automáticas las mostraremos en los siguientes gráficos:

#### Modo Sport



**Figura 2. 2.** Disposición del cambio automático F4A.

**Fuente:** Cambio automático AT-20

#### Modo Convencional



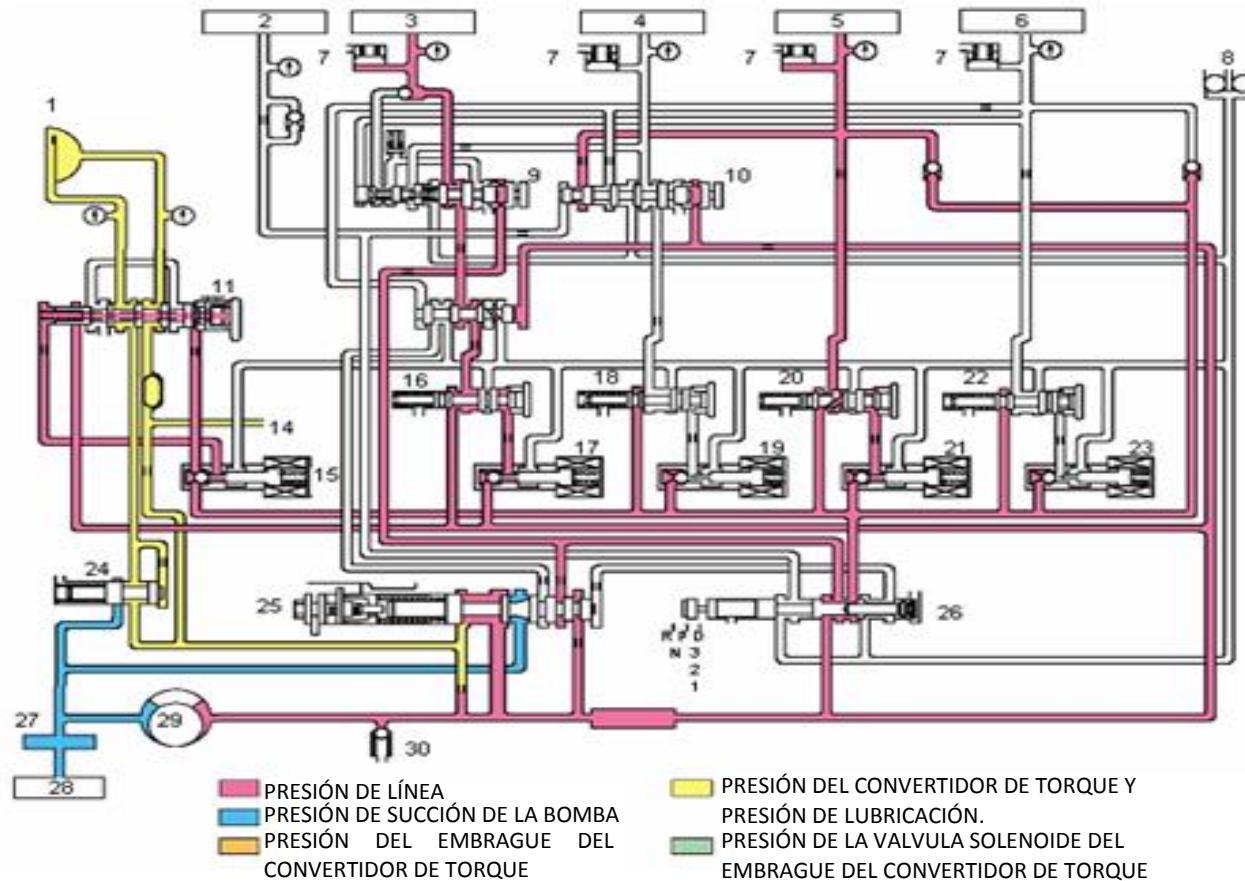
**Figura 2. 3.** Diseños de mando automático F4A.

**Fuente:** Cambio automático AT-20

Los dos modelos de mandos tienen el mismo funcionamiento, solo cambia el tipo de distribución en los mandos, en el tipo sport posee la selección de cambios (+, -) el cual se asemeja a una caja manual con 4 cambios (1, 2, 3, 4) y en el tipo ejecutivo, posee la selección de cambios D, 3, 2, 1 los cuales se representan de la misma forma que el sport, pero con cambios más específicos, D (Drive) viene a ser el mando automático el cual uno puede conducir sin la necesidad del manejo de las marchas, también este cambio tiene la facultad de ser la 4<sup>ta</sup> marcha en forma manual por lo tanto si una persona desea conducir de forma automática se selecciona el mando D, y si desea hacerlo de forma manual se puede seleccionar los cambios 3, 2, 1 y D que viene a ser la 4<sup>ta</sup> marcha.



### 2.3.3. Primera Marcha



- 1.- Embrague
- 2.- Embrague de reversa
- 3.- Freno de baja y reversa
- 4.- Segundo freno
- 5.- Embrague de baja
- 6.- Embrague de alta
- 7.- Acumulador
- 8.- Bola de chequeo
- 9.- Válvula a prueba de fallos A
- 10.- Válvula a prueba de fallos B
- 11.- Válvula de control del embrague de amortiguación
- 12.- Válvula interruptor
- 13.- Efriador
- 14.- Lubricación
- 15.- Válvula solenoide de control del embrague amortiguador
- 16.- Válvula de control de presión de baja y reversa
- 17.- Válvula solenoide de presión de baja y reversa
- 18.- Segunda válvula control de presión
- 19.- Segunda válvula solenoide
- 20.- Válvula de control de baja
- 21.- Válvula solenoide de baja
- 22.- Válvula de control de alta
- 23.- Válvula solenoide de alta
- 24.- Válvula de control de presión del convertidor de torque
- 25.- Válvula reguladora
- 26.- Válvula manual
- 27.- Filtro de aceite
- 28.- Cárter de aceite
- 29.- Bomba de aceite
- 30.- Válvula de alivio
- 31.- Malla de aceite

**Figura 2. 4.** Circuito hidráulico de 1<sup>era</sup> marcha de la F4A

**Fuente:** HYUNDAI, Cambio automático AT-21, pág 21

En la primera marcha, el solenoide de baja/reversa y el solenoide de baja están conmutados a OFF, de modo que la presión es enviada a las respectivas válvulas de control de presión. Como en el rango N o P el freno de baja/reversa está activado por su solenoide. Al mismo tiempo el fluido puede alcanzar la válvula de control de presión de baja a través de la válvula solenoide de baja. Desde la válvula de control de presión ésta es directamente dirigida al embrague de baja, el que entonces es aplicado. La aplicación del freno de baja/reversa junto con el embrague de baja resulta en el alistamiento de la primera marcha. Como ahora dos elementos mecánicos están activados, el torque puede ser transmitido a las ruedas.

Nota: en versiones que están equipadas con embragues de una vía actuando sobre el freno de baja/reversa, el torque también es transmitido mediante el embrague de una vía.

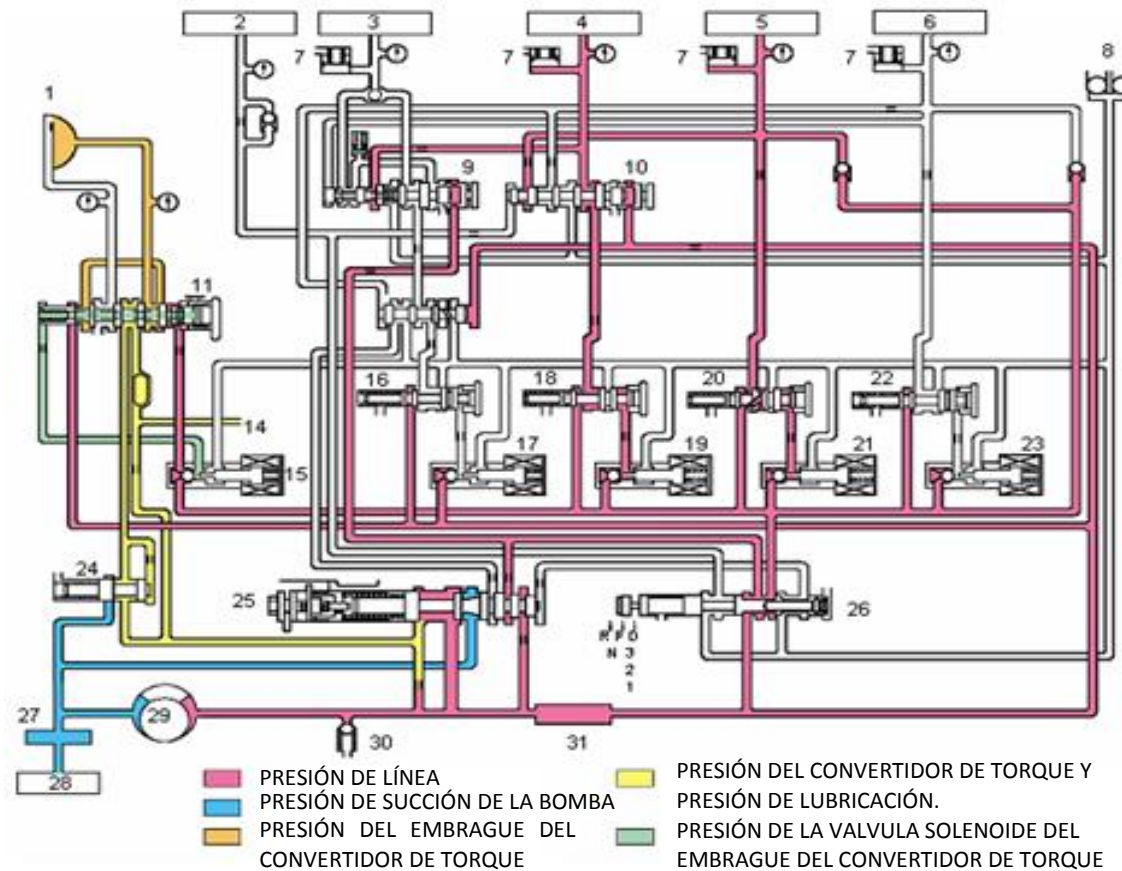
En este caso, el solenoide de baja/reversa es conmutado a ON nuevamente cuando se alcanzan entre 7 y 10km/h, de modo que el freno de baja/reversa es liberado y solamente el embrague de una vía está transmitiendo el torque (junto con el embrague de baja). Esto se realiza para evitar las sacudidas durante el cambio de primera a segunda marcha y viceversa. Adicionalmente a esto, se suministra presión a la válvula a prueba de fallas B, pero sin ningún efecto para la primera marcha (este es un tipo de posición de espera para la segunda marcha).

Solamente para referencia: la presión sobre el lado derecho de la válvula a prueba de fallas B proviene directamente de la presión de línea y mueve la válvula hacia la izquierda, la presión sobre el lado izquierdo es suministrada desde la válvula de control de presión de baja, pero debido a la menor superficie la fuerza resultante es muy débil para mover la válvula hacia el lado derecho contra la presión de este lado.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Documento MC diagnostico automotriz, capacitación automotriz HIVEC F4A y F5A

### 2.3.4. Segunda Marcha



- 1.- Embrague
- 2.- Embrague de reversa
- 3.- Freno de baja y reversa
- 4.- Segundo freno
- 5.- Embrague de baja
- 6.- Embrague de alta
- 7.- Acumulador
- 8.- Bola de chequeo
- 9.- Válvula a prueba de fallos A
- 10.- Válvula a prueba de fallos B
- 11.- Válvula de control del embrague de amortiguación
- 12.- Válvula interruptor
- 13.- Efriador
- 14.- Lubricación
- 15.- Válvula solenoide de control del embrague amortiguador
- 16.- Válvula de control de presión de baja y reversa
- 17.- Válvula solenoide de presión de baja y reversa
- 18.- Segunda válvula control de presión
- 19.- Segunda válvula solenoide
- 20.- Válvula de control de baja
- 21.- Válvula solenoide de baja
- 22.- Válvula de control de alta
- 23.- Válvula solenoide de alta
- 24.- Válvula de control de presión del convertidor de torque
- 25.- Válvula reguladora
- 26.- Válvula manual
- 27.- Filtro de aceite
- 28.- Cárter de aceite
- 29.- Bomba de aceite
- 30.- Válvula de alivio
- 31.- Malla de aceite

**Figura 2. 5.** Circuito hidráulico de 2<sup>da</sup> marcha de la F4A

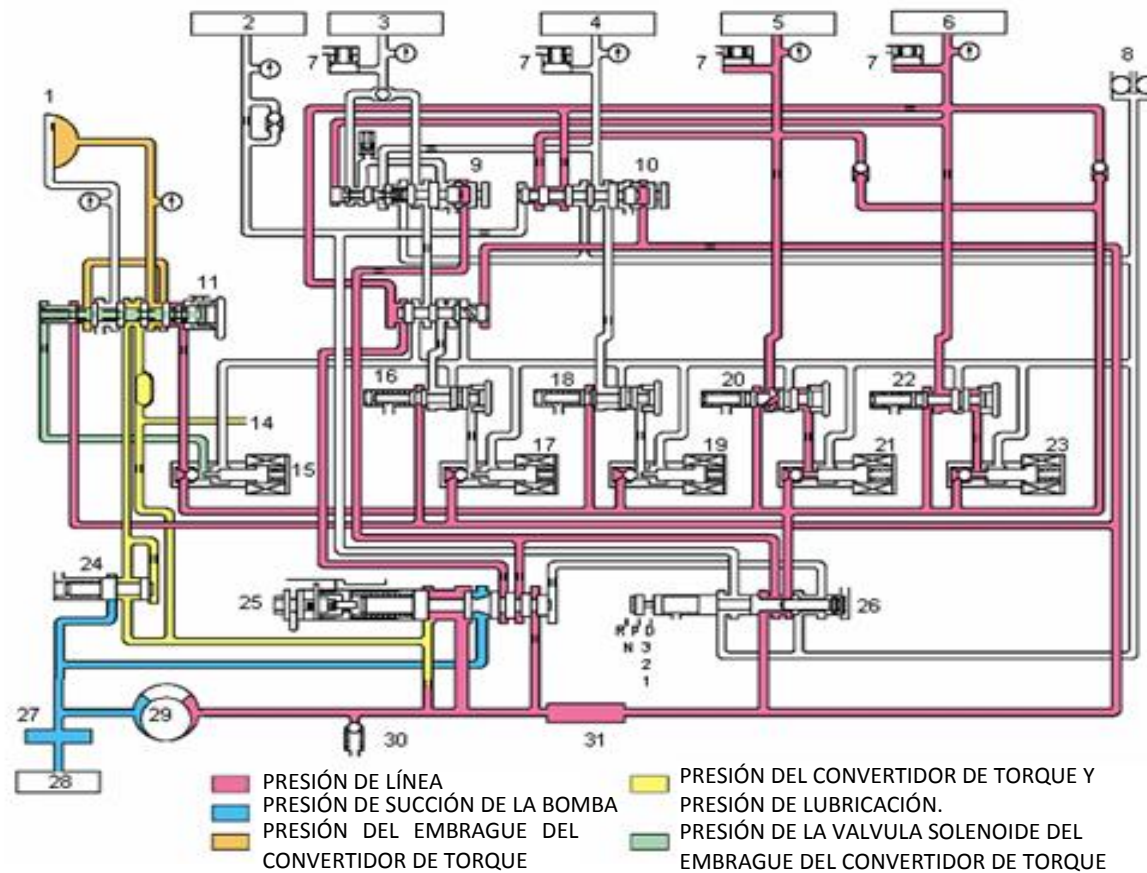
**Fuente:** HYUNDAI, Cambio automático AT-21, pág 21

En la segunda marcha el solenoide de baja y el solenoide de segundo freno están conmutados a OFF, de modo que la presión es redirigida a la válvula de control de presión respectiva. La situación para el embrague de baja es la misma que en el caso de primera marcha y este permanece aplicado. Pero ahora la válvula de control de presión del segundo freno es alimentada con presión desde el solenoide del segundo freno y por lo tanto la presión de línea es conducida a la válvula a prueba de fallas B. Debido a la posición de esta válvula (como en el caso de primera marcha) la presión desde la válvula de control de presión es dirigida al segundo freno o freno auxiliar, de modo que este es activado. Adicionalmente se suministra presión a la válvula a prueba de fallas A (lado izquierdo del pistón) mediante la válvula de control de presión del segundo freno y al lado derecho del pistón desde la válvula manual, pero no hay efecto sobre esta en la actual posición de marcha. La aplicación del embrague de baja y del segundo freno o freno auxiliar al mismo tiempo resulta en la segunda marcha.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Manual de reparación Hyundai Sonata, Cambio Automático (F4A51), AT-21

### 2.3.5. Tercera Marcha



- 1.- Embrague
- 2.- Embrague de reversa
- 3.- Freno de baja y reversa
- 4.- Segundo freno
- 5.- Embrague de baja
- 6.- Embrague de alta
- 7.- Acumulador
- 8.- Bola de chequeo
- 9.- Válvula a prueba de fallos A
- 10.-Válvula a prueba de fallos B
- 11.-Válvula de control del embrague de amortiguación
- 12.-Válvula interruptor
- 13.-Efriador
- 14.-Lubricación
- 15.-Válvula solenoide de control del embrague amortiguador
- 16.- Válvula de control de presión de baja y reversa
- 17.- Válvula solenoide de presión de baja y reversa
- 18.- Segunda válvula control de presión
- 19.- Segunda válvula solenoide
- 20.- Válvula de control de baja
- 21.- Válvula solenoide de baja
- 22.- Válvula de control de alta
- 23.- Válvula solenoide de alta
- 24.- Válvula de control de presión del convertidor de torque
- 25.- Válvula reguladora
- 26.- Válvula manual
- 27.- Filtro de aceite
- 28.- Cárter de aceite
- 29.- Bomba de aceite
- 30.- Válvula de alivio
- 31.- Malla de aceite

**Figura 2. 6.** Circuito hidráulico de 3<sup>era</sup> marcha de la F4A

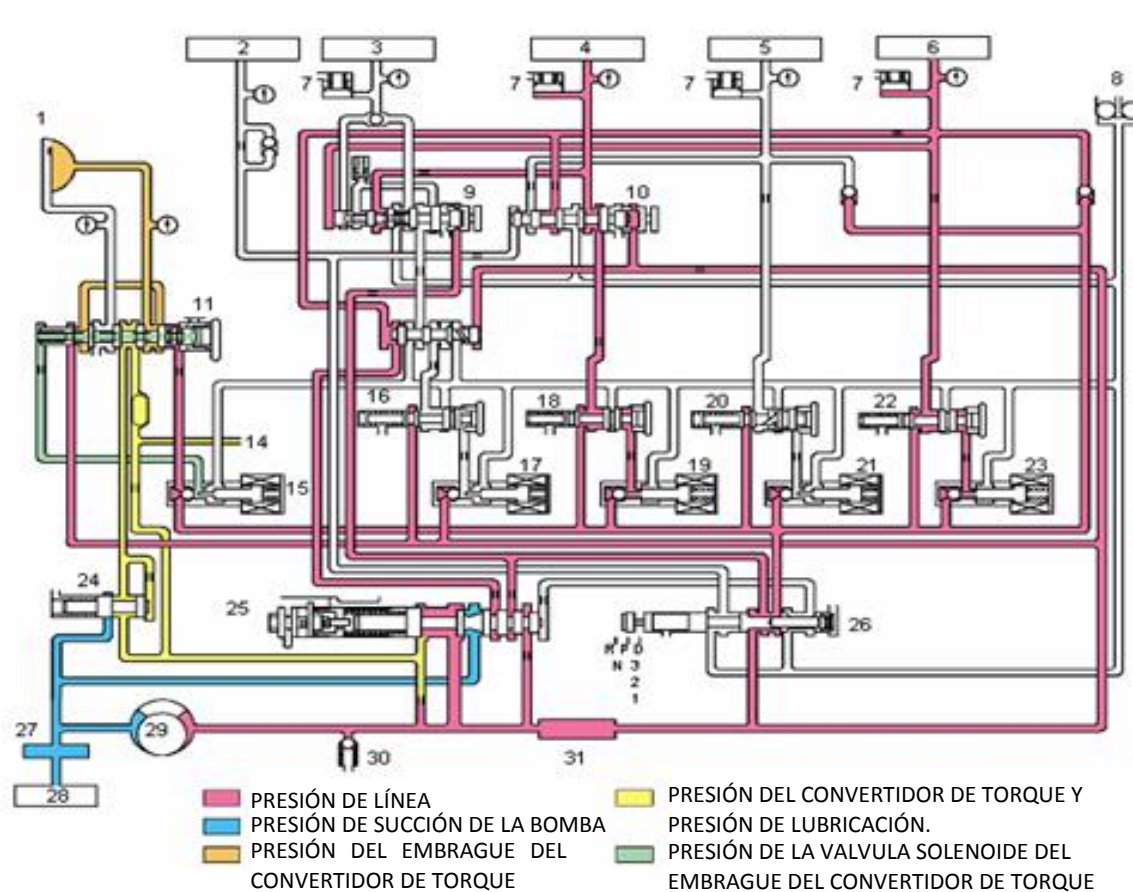
**Fuente:** HYUNDAI, Cambio automático AT-22, pág 22

En la tercera marcha los solenoides de sobre marcha y el solenoide de baja están conmutados a OFF, de forma que la presión es dirigida a la respectiva válvula de control de presión. El embrague de baja todavía permanece acoplado como en el caso de la primera y segunda marcha. La válvula de control de presión de sobre marcha está alimentada con presión desde la válvula solenoide de sobre marcha. La válvula de control de presión por lo tanto se mueve a la izquierda y la presión de línea es dirigida al embrague de sobre marcha, que entonces es acoplado (enganchado). Adicionalmente la presión es conducida desde la válvula de control de presión de sobre marcha al lado izquierdo de la válvula interruptor o conmutador. Como la superficie de este lado del pistón es mayor que la del lado derecho, el pistón se mueve hacia la derecha, aunque la presión de línea esta suministrada al lado derecho. Esto abre un conducto desde la válvula interruptor o conmutador a la válvula reguladora. La presión adicional que actúa sobre la válvula reguladora la mueve hacia la izquierda, de modo que el flujo de retorno aumenta. Con esto se reduce la presión de línea. Al mismo tiempo se suministra presión al segundo orificio del lado izquierdo de la válvula a prueba de fallas B, de forma que la fuerza que empuja la válvula hacia la derecha se incrementa. Pero aún ésta no es lo suficientemente fuerte para superar la fuerza que la empuja hacia la izquierda, por lo que la válvula mantiene su posición. La razón para este esquema es estar preparado para la condición del modo de seguridad.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Manual de reparación Hyundai Sonata, Cambio Automático (F4A51), AT-22

### 2.3.6. Cuarta Marcha



- 1.- Embrague
- 2.- Embrague de reversa
- 3.- Freno de baja y reversa
- 4.- Segundo freno
- 5.- Embrague de baja
- 6.- Embrague de alta
- 7.- Acumulador
- 8.- Bola de chequeo
- 9.- Válvula a prueba de fallos A
- 10.- Válvula a prueba de fallos B
- 11.- Válvula de control del embrague de amortiguación
- 12.- Válvula interruptor
- 13.- Efriador
- 14.- Lubricación
- 15.- Válvula solenoide de control del embrague amortiguador
- 16.- Válvula de control de presión de baja y reversa
- 17.- Válvula solenoide de presión de baja y reversa
- 18.- Segunda válvula control de presión
- 19.- Segunda válvula solenoide
- 20.- Válvula de control de baja
- 21.- Válvula solenoide de baja
- 22.- Válvula de control de alta
- 23.- Válvula solenoide de alta
- 24.- Válvula de control de presión del convertidor de torque
- 25.- Válvula reguladora
- 26.- Válvula manual
- 27.- Filtro de aceite
- 28.- Cáster de aceite
- 29.- Bomba de aceite
- 30.- Válvula de alivio
- 31.- Malla de aceite

**Figura 2. 7.** Circuito hidráulico de 4<sup>ta</sup> marcha de la F4A

**Fuente:** HYUNDAI, Cambio automático AT-23, pág 23

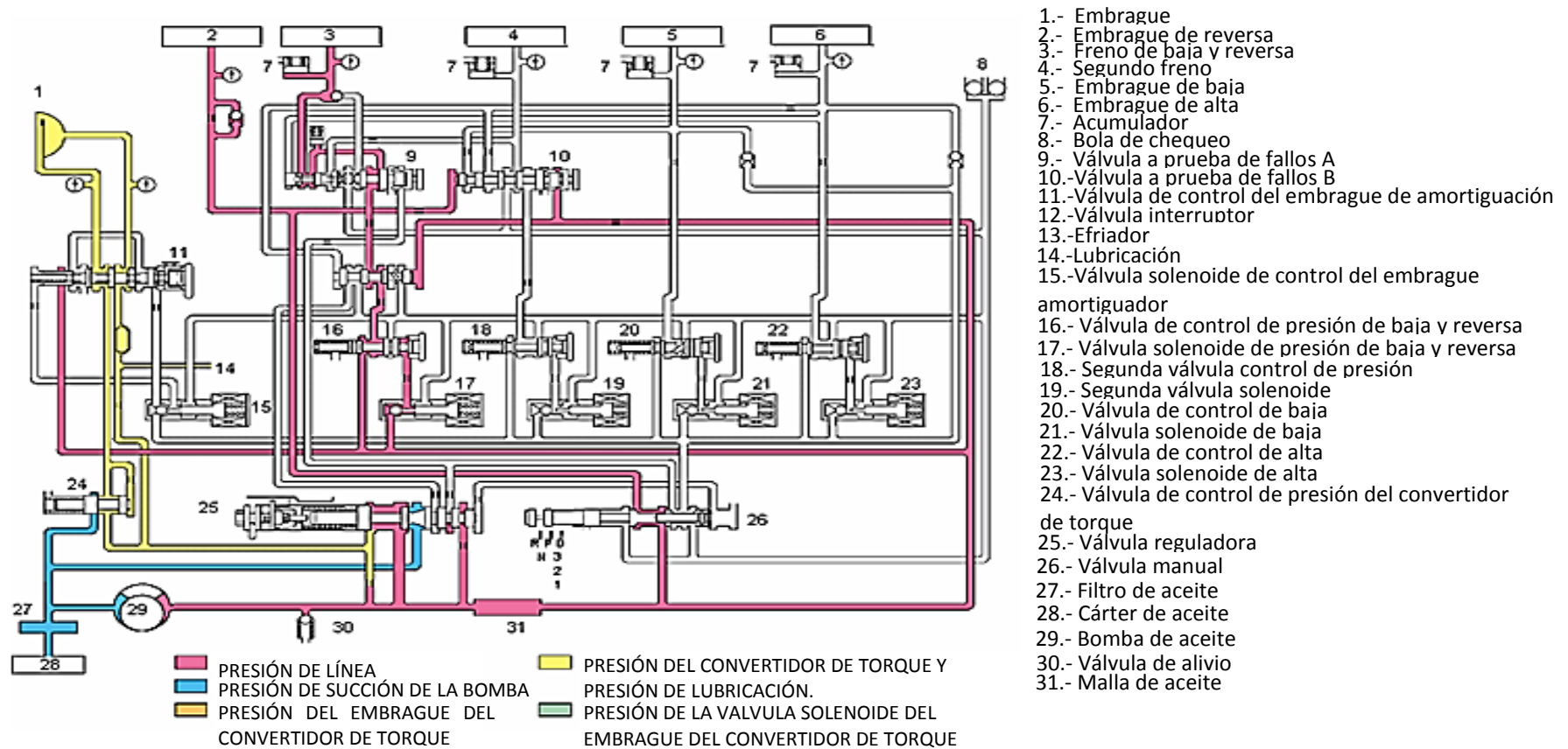
En cuarta marcha los solenoides de sobre marcha y segundo freno están conmutados a OFF, por lo tanto la presión es desviada a las respectivas válvulas de control de presión. La condición del embrague de sobre marcha es la misma que en el caso anterior. La válvula de control de presión del segundo freno está alimentada con presión desde el solenoide del segundo freno y por lo tanto la presión de línea es dirigida a la válvula a prueba de fallas B. Todavía la presión de línea esta aplicada al lado derecho de esta válvula, pero ahora solamente la presión proveniente desde la válvula de sobre marcha está actuando sobre su lado izquierdo de modo que el suministro de presión proveniente de la válvula de control de presión de baja se libera. La fuerza resultante es muy débil para mover la válvula a prueba de fallas B, de manera que esta permanece en la posición izquierda y la presión desde la válvula de control de presión es dirigida al segundo freno o auxiliar, que es activado. Además la presión es suministrada a la válvula a prueba de fallas A (lado derecho del pistón del lado izquierdo) mediante la válvula de control de presión del segundo freno y la válvula a prueba de fallas B. Como esta presión actúa en la misma dirección que la presión suministrada desde el embrague de sobre marcha, el pistón se mueve a la derecha, prescindiendo de la presión que actúa en su pistón del lado derecho (desde la válvula manual). No hay efecto de esto en la posición actual de marcha.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Manual de reparación Hyundai Sonata, Cambio Automático (F4A51), AT-23



### 2.3.7. Reversa



**Figura 2. 8.** Circuito hidráulico de reversa de la F4A.  
**Fuente:** HYUNDAI, Cambio automático AT-24, pág 24.

En reversa el solenoide de baja/reversa esta conmutado a OFF, de modo que la presión es dirigida a la válvula de control de presión de baja/reversa, la que se mueve hacia la izquierda contra la fuerza del resorte. Mediante esto se abre el conducto a la válvula interruptor. Esta válvula tiene un suministro de presión sobre su lado derecho, directamente desde la presión de línea, por lo que se mueve hacia la izquierda. Esto permite a la presión alcanzar la válvula a prueba de fallas A. Ambos pistones de esta válvula se mueven hacia los extremos por la presión del resorte, permitiendo a la presión alcanzar el freno de baja/reversa desde el conducto del lado izquierdo. En este conducto hay un pequeño acumulador para amortiguar la aplicación del freno de baja/reversa para una sensación de cambio más suave. Con el fin de evitar que la presión ingrese al conducto del lado derecho en este momento, esta se cierra por efecto de una válvula de chequeo. Como resultado, la presión actúa sobre el freno de baja/reversa, el que es aplicado. Al mismo tiempo el fluido puede alcanzar el embrague de reversa directamente desde la válvula manual. Como no hay válvula de control de presión, válvula solenoide o acumulador incluidos en esta línea, se ha incorporado un orificio para reducir la sacudida del cambio. Para una rápida liberación, se utiliza un conducto de desvío con una válvula de chequeo. Además, la presión es dirigida al lado izquierdo de la válvula a prueba de fallas B. Debido a la mayor superficie del lado izquierdo, la fuerza que empuja al pistón hacia la derecha puede superar la fuerza que lo empuja hacia la izquierda prescindiendo de la presión de línea disponible al lado derecho del pistón. Por lo tanto el pistón de la válvula se mueve hacia la derecha, conectando el segundo freno con la línea de retorno. Esto no tiene efecto en la condición actual de cambio. Protección en caso de mala conducción: Con el fin de impedir el acople de la reversa en el caso de que el vehículo este avanzando (más de 7km/h), la unidad de control puede suministrar energía al solenoide de baja/reversa. Esto descargará la presión desde el freno de baja/reversa. Como solamente en embrague de reversa esta aplicado, no puede transmitir torque. Esta es una condición de giro libre, lo que evita el daño a la transmisión debido al uso incorrecto por parte del conductor. Hay que tomar en cuenta de que esta protección no está operativa en la condición de modo de seguridad.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Manual de reparación Hyundai Sonata, Cambio Automático (F4A51), AT-24

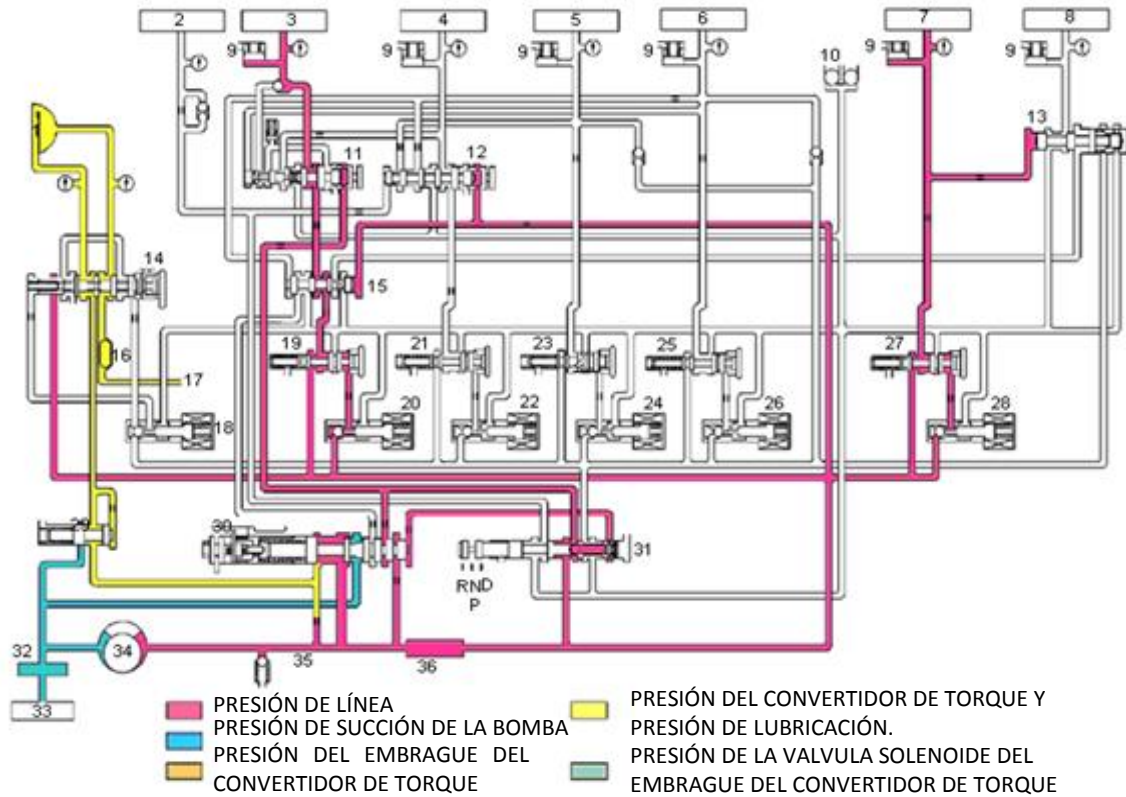
## **2.4.Sistema Hidráulico F5A.**

El cambio F5A, se diferencia del cambio automático F4A, por la razón física, hidráulica y electrónica de que incorpora quinta marcha o también denominada súper marcha, este nuevo cambio, dentro del circuito, anexa nuevos componentes hidráulicos y electrónicos, los cuales servirán de activación para este mando de acuerdo a las exigencias de velocidad del conductor sobre la pista.

### **2.4.1. Listado de marchas de una transmisión F4A.**

- ✚ Neutro y estacionamiento.
- ✚ Primera marcha.
- ✚ Segunda marcha.
- ✚ Tercera marcha.
- ✚ Cuarta marcha.
- ✚ Quinta marcha.
- ✚ Reversa.

## 2.4.2. Neutro y Estacionamiento

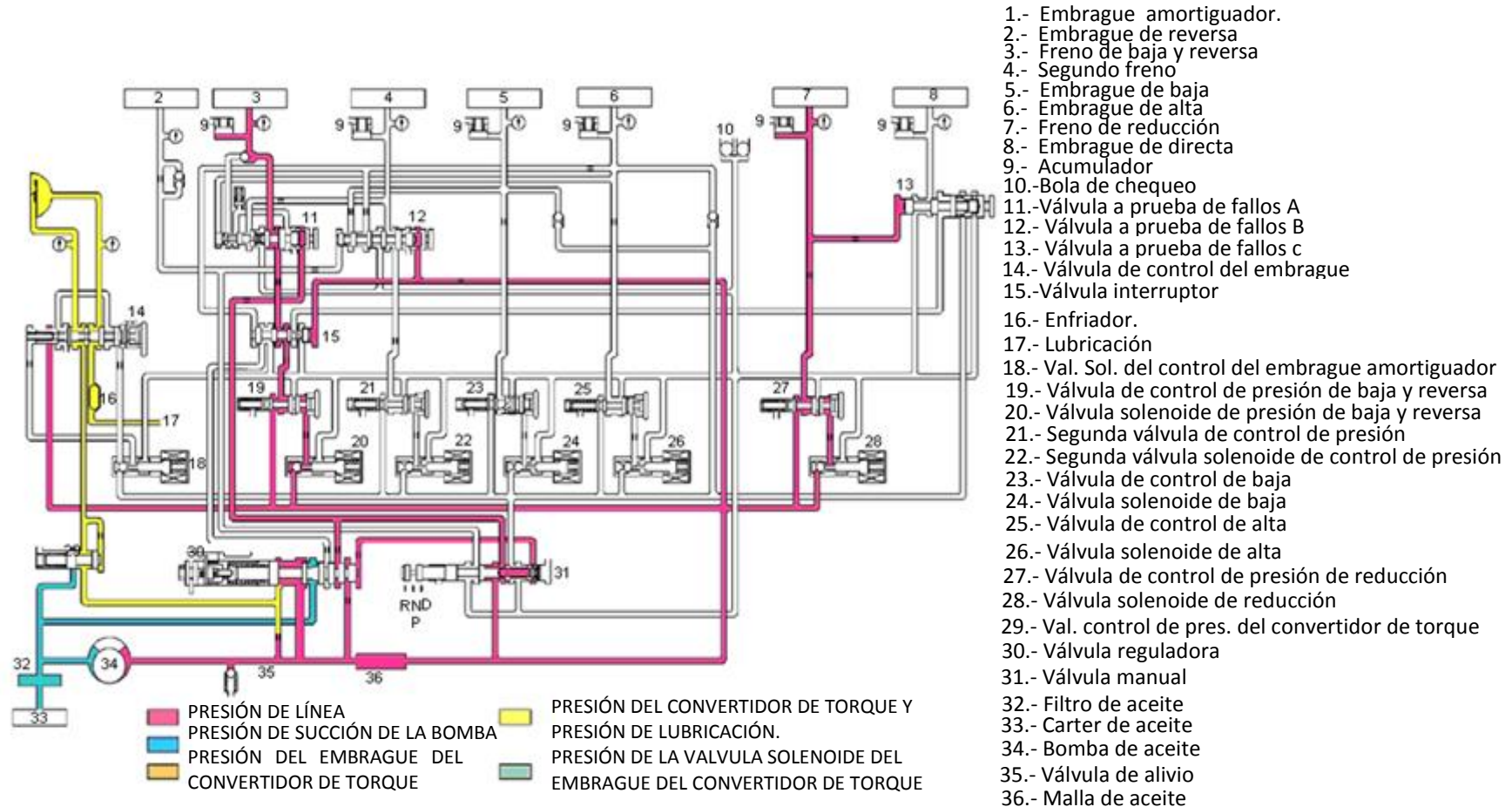


- 1.- Embrague amortiguador.
- 2.- Embrague de reversa
- 3.- Freno de baja y reversa
- 4.- Segundo freno
- 5.- Embrague de baja
- 6.- Embrague de alta
- 7.- Freno de reducción
- 8.- Embrague de directa
- 9.- Acumulador
- 10.- Bola de chequeo
- 11.- Válvula a prueba de fallos A
- 12.- Válvula a prueba de fallos B
- 13.- Válvula a prueba de fallos c
- 14.- Válvula de control del embrague
- 15.- Válvula interruptor
- 16.- Enfriador.
- 17.- Lubricación
- 18.- Val. Sol. del control del embrague amortiguador
- 19.- Válvula de control de presión de baja y reversa
- 20.- Válvula solenoide de presión de baja y reversa
- 21.- Segunda válvula de control de presión
- 22.- Segunda válvula solenoide de control de presión
- 23.- Válvula de control de baja
- 24.- Válvula solenoide de baja
- 25.- Válvula de control de alta
- 26.- Válvula solenoide de alta
- 27.- Válvula de control de presión de reducción
- 28.- Válvula solenoide de reducción
- 29.- Val. control de pres. del convertidor de torque
- 30.- Válvula reguladora
- 31.- Válvula manual
- 32.- Filtro de aceite
- 33.- Carter de aceite
- 34.- Bomba de aceite
- 35.- Válvula de alivio
- 36.- Malla de aceite

Figura 2. 9. Circuito hidráulico de N & P de la F5A

Fuente: HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1]

Al comparar el esquema hidráulico para las versiones de 4 y 5 velocidades, se puede reconocer muy fácilmente que este es exactamente el mismo. Con el fin de hacer que la versión de 5 velocidades funcione simplemente, fueron agregados algunos elementos nuevos dentro de la sección hidráulica: una válvula solenoide, una válvula de control de presión, una válvula a prueba de fallas (C), 2 acumuladores y los conductos hidráulicos relacionados. Esto significa que los dos nuevos elementos mecánicos (el freno de reducción y el embrague de directa) están controlados mediante una válvula solenoide adicional. Como se realiza esto, será explicado en las siguientes páginas. En la posición de cambio de estacionamiento y neutro, todas las válvulas solenoide excepto el solenoide de baja/reversa y la válvula solenoide de reducción están eléctricamente conmutadas a ON por la ECU, de modo que no puede transmitirse torque ya que en la sección del eje principal solamente un elemento (freno de baja/reversa) está activo.



**Figura 2. 10.** Circuito hidráulico de N & P de la F5A

Fuente: HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1]

#### Sección principal:

Solamente el solenoide de baja/reversa está permitiendo el flujo de líquido y la actuación de este sobre el lado derecho de la válvula de control de presión de baja/reversa, la que se mueve hacia la izquierda contra la fuerza del resorte. Esto permite a la presión de línea alcanzar la válvula interruptor. Como la válvula interruptor tiene un suministro de presión sobre su lado derecho esta se mueve hacia la izquierda, de modo que la presión alcanza a la válvula a prueba de fallas A. Esta válvula tiene un suministro de presión a su lado derecho desde la válvula manual, de modo que esta se mueve hacia la izquierda: la presión puede alcanzar el freno de baja/reversa mediante su conducto de suministro del lado derecho. Como resultado, el freno de baja/reversa está aplicado. Con el fin de evitar el ingreso de presión al conducto del lado izquierdo, éste permanece cerrado con una válvula de chequeo. Como ninguno de los otros elementos de la sección principal está alimentado con presión, no puede transmitirse torque y solamente gira el eje de entrada.

#### Sección de reducción:

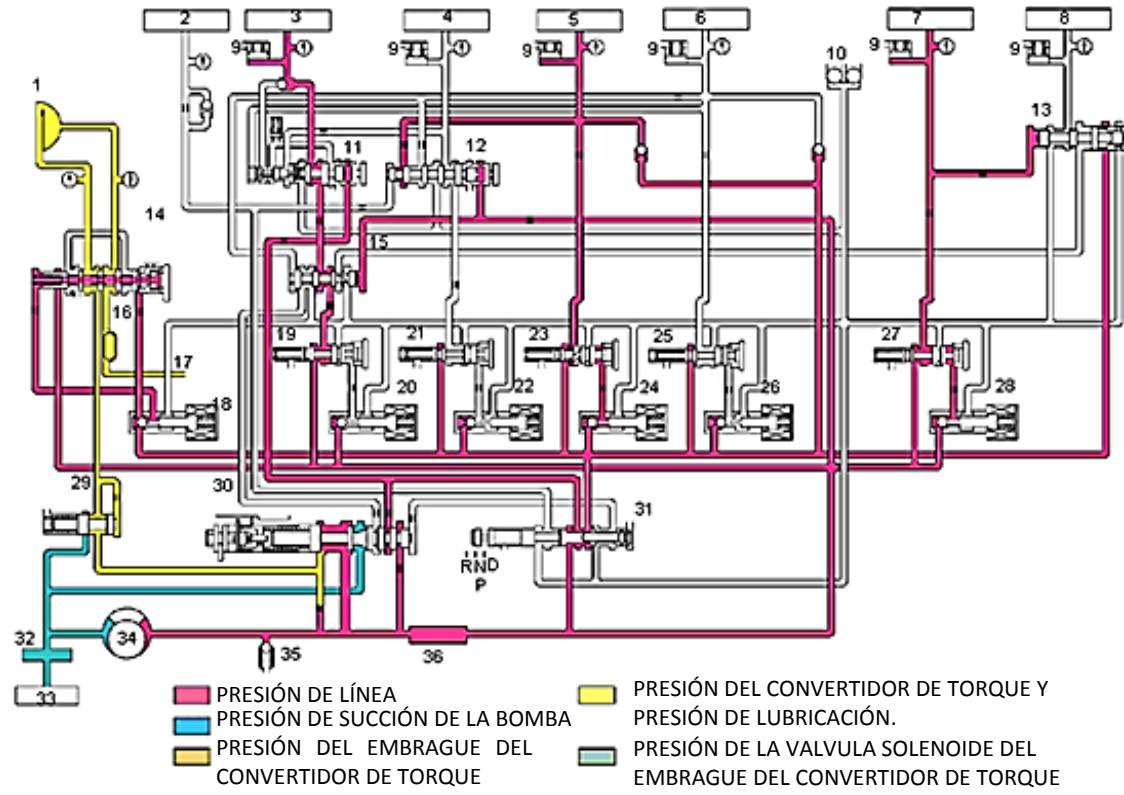
En esta sección el freno de reducción está activado y preparado para la primera marcha o reversa. Como el solenoide de reducción está en condición OFF, la presión es conducida a la válvula de control de presión de reducción, el pistón se mueve hacia la izquierda conectando el freno de reducción con la presión de línea. Además, la presión es suministrada sobre el lado izquierdo de la válvula a prueba de fallas C, moviéndola hacia la derecha, desconectando de ese modo el embrague de directa desde la línea de suministro de presión y conectándolo con la línea de retorno.

Al observar el suministro de presión desde la válvula manual, se puede reconocer que solamente la válvula solenoide de reducción y de baja/reversa consiguen suministro de presión de línea, esto habilita la condición P y N en modo de seguridad. La razón para activar el freno de baja/reversa y el freno de reducción en condición P o N es permitir un cambio más rápido si la palanca se mueve a la posición R o D, ya que solamente un elemento adicional debe ser activado.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> HYUNDAI, AT% 203% 20Hivec% 20textbook[1].

### 2.4.3. Primera Marcha



- 1.- Embrague amortiguador.
- 2.- Embrague de reversa
- 3.- Freno de baja y reversa
- 4.- Segundo freno
- 5.- Embrague de baja
- 6.- Embrague de alta
- 7.- Freno de reducción
- 8.- Embrague de directa
- 9.- Acumulador
- 10.-Bola de chequeo
- 11.-Válvula a prueba de fallos A
- 12.- Válvula a prueba de fallos B
- 13.- Válvula a prueba de fallos c
- 14.- Válvula de control del embrague
- 15.-Válvula interruptor
- 16.- Enfriador.
- 17.- Lubricación
- 18.- Val. Sol. del control del embrague amortiguador
- 19.- Válvula de control de presión de baja y reversa
- 20.- Válvula solenoide de presión de baja y reversa
- 21.- Segunda válvula de control de presión
- 22.- Segunda válvula solenoide de control de presión
- 23.- Válvula de control de baja
- 24.- Válvula solenoide de baja
- 25.- Válvula de control de alta
- 26.- Válvula solenoide de alta
- 27.- Válvula de control de presión de reducción
- 28.- Válvula solenoide de reducción
- 29.- Val. control de pres. del convertidor de torque
- 30.- Válvula reguladora
- 31.- Válvula manual
- 32.- Filtro de aceite
- 33.- Carter de aceite
- 34.- Bomba de aceite
- 35.- Válvula de alivio
- 36.- Malla de aceite

Figura 2. 11. Circuito hidráulico de 1<sup>era</sup> marcha (sección principal) de la F5A

Fuente: HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1]



En primera marcha el solenoide de baja/reversa, el solenoide de baja y el solenoide de reducción están en condición OFF, de modo que la presión es dirigida a las respectivas válvulas de control de presión.

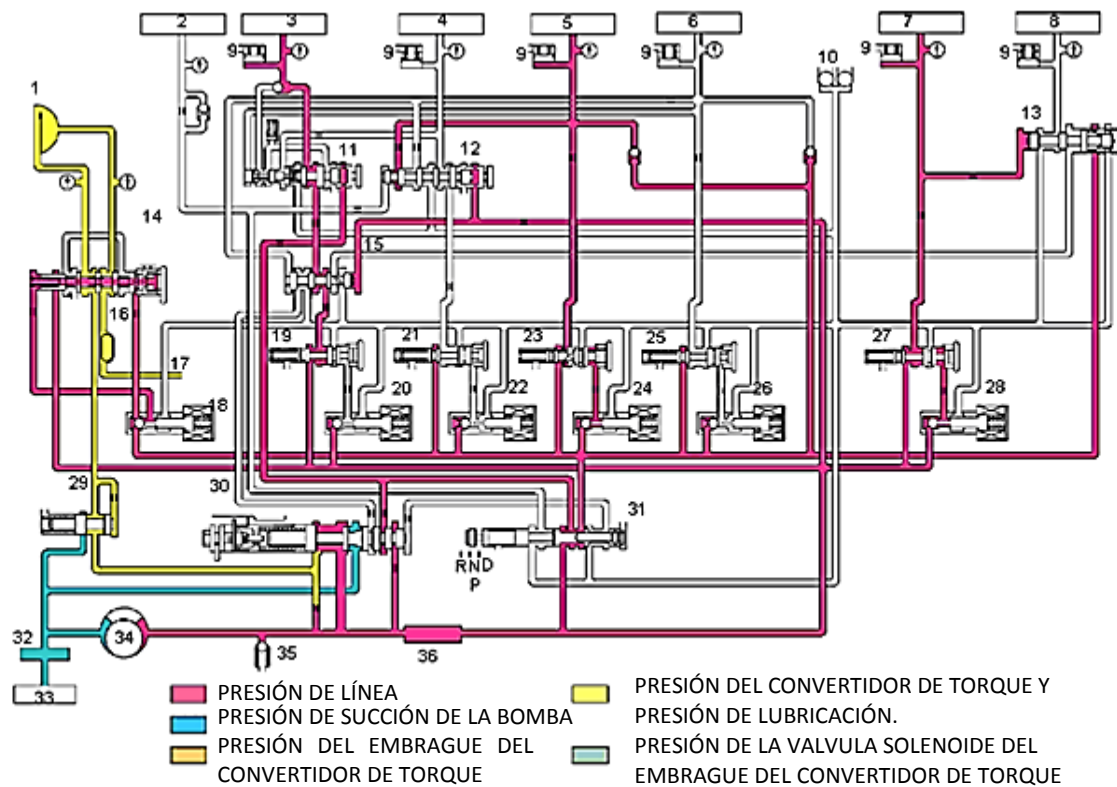
#### Sección principal:

Como ya en el rango N o P la baja/reversa esta activada por el solenoide de baja/reversa. Al mismo tiempo el líquido puede alcanzar la válvula de control de presión de baja a través de su válvula solenoide. Desde la válvula de control de presión este es conducido directamente al embrague de baja, aplicando el embrague. La aplicación del freno de baja/reversa en conjunto con el embrague de baja resulta en la primera marcha. Como ahora dos elementos mecánicos están activados, puede transmitirse torque a la sección de reducción. Nota: en las versiones que están equipadas con embrague de una vía (actuando sobre el freno de baja/reversa) el torque también es transmitido mediante este embrague. En este caso, el solenoide de baja/reversa es conmutado nuevamente a ON cuando la velocidad es aproximadamente 7 a 10km/h, de modo que el freno de baja/reversa es liberado y solamente el embrague de una vía esta ahora transmitiendo el torque (en conjunto con el embrague de baja). Esto se realiza para evitar las sacudidas durante el cambio de primera a segunda marcha y viceversa. Adicionalmente a esto, se suministra presión a la válvula a prueba de fallas B, pero sin ningún efecto para la primera marcha (esto es una posición de preparación para la segunda marcha).

Como referencia: La presión sobre el lado derecho de la válvula a prueba de fallas B proviene desde la presión de línea directamente y mueve la válvula hacia la izquierda. La presión sobre el lado izquierdo es suministrada desde la válvula de control de presión de baja, pero debido a la menor superficie, la fuerza resultante es muy débil para mover la válvula hacia la derecha contra la presión de ese lado.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> HYUNDAI, AT% 203% 20Hivec% 20textbook[1].



- 1.- Embrague amortiguador.
- 2.- Embrague de reversa
- 3.- Freno de baja y reversa
- 4.- Segundo freno
- 5.- Embrague de baja
- 6.- Embrague de alta
- 7.- Freno de reducción
- 8.- Embrague de directa
- 9.- Acumulador
- 10.- Bola de chequeo
- 11.- Válvula a prueba de fallos A
- 12.- Válvula a prueba de fallos B
- 13.- Válvula a prueba de fallos c
- 14.- Válvula de control del embrague
- 15.- Válvula interruptor
- 16.- Enfriador.
- 17.- Lubricación
- 18.- Val. Sol. del control del embrague amortiguador
- 19.- Válvula de control de presión de baja y reversa
- 20.- Válvula solenoide de presión de baja y reversa
- 21.- Segunda válvula de control de presión
- 22.- Segunda válvula solenoide de control de presión
- 23.- Válvula de control de baja
- 24.- Válvula solenoide de baja
- 25.- Válvula de control de alta
- 26.- Válvula solenoide de alta
- 27.- Válvula de control de presión de reducción
- 28.- Válvula solenoide de reducción
- 29.- Val. control de pres. del convertidor de torque
- 30.- Válvula reguladora
- 31.- Válvula manual
- 32.- Filtro de aceite
- 33.- Carter de aceite
- 34.- Bomba de aceite
- 35.- Válvula de alivio
- 36.- Malla de aceite

**Figura 2. 12.** Circuito hidráulico de 1<sup>era</sup> marcha (sección de reducción) de la F5A

**Fuente:** HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1]

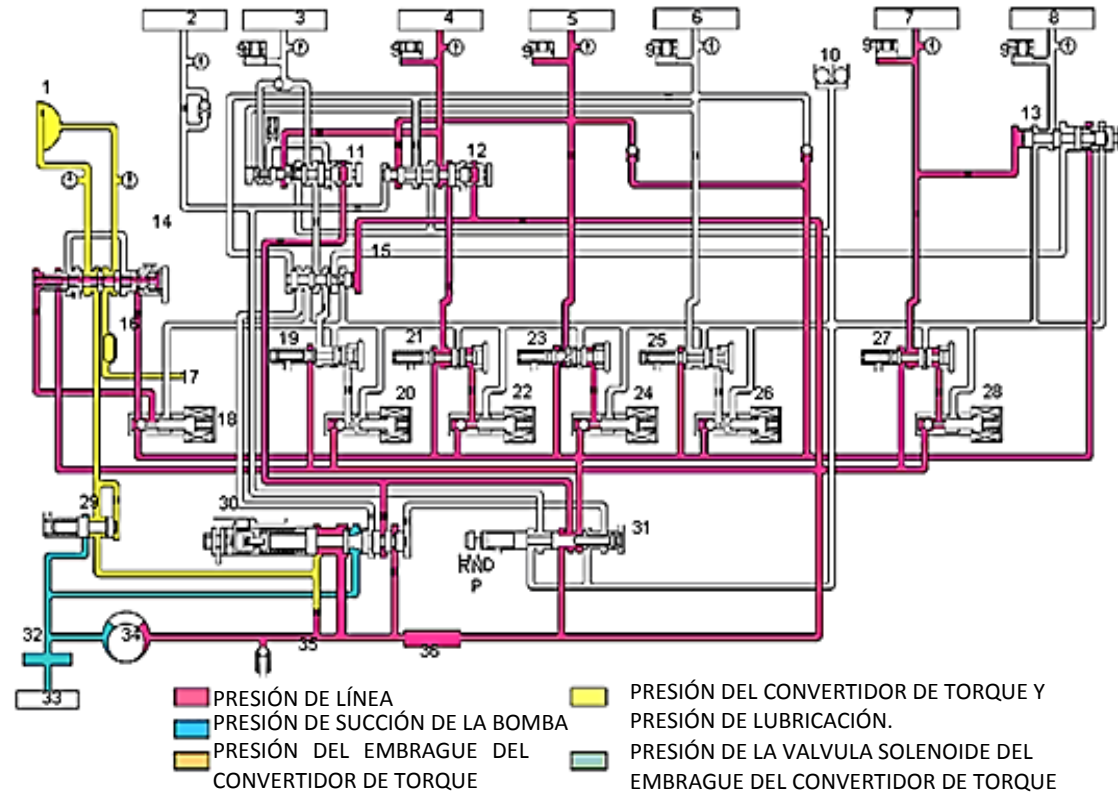
#### Sección de reducción:

Como el solenoide de reducción esta en condición OFF, la válvula de control de presión de reducción es empujada hacia el lado izquierdo y la presión es dirigida al freno de reducción, que entonces es aplicado. Adicionalmente, se suministra presión al lado izquierdo de la válvula a prueba de fallas C, moviéndola hacia la derecha, desconectando el suministro de presión de línea al embrague de directa y conectándolo a la línea de retorno. La aplicación del embrague de baja, el freno de baja/reversa y el freno de reducción al mismo tiempo resulta en la primera marcha.<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup> HYUNDAI, AT% 203% 20Hivec% 20textbook[1].

## 2.4.4. Segunda Marcha



- 1.- Embrague amortiguador.
- 2.- Embrague de reversa
- 3.- Freno de baja y reversa
- 4.- Segundo freno
- 5.- Embrague de baja
- 6.- Embrague de alta
- 7.- Freno de reducción
- 8.- Embrague de directa
- 9.- Acumulador
- 10.-Bola de chequeo
- 11.-Válvula a prueba de fallos A
- 12.- Válvula a prueba de fallos B
- 13.- Válvula a prueba de fallos c
- 14.- Válvula de control del embrague
- 15.-Válvula interruptor
- 16.- Enfriador.
- 17.- Lubricación
- 18.- Val. Sol. del control del embrague amortiguador
- 19.- Válvula de control de presión de baja y reversa
- 20.- Válvula solenoide de presión de baja y reversa
- 21.- Segunda válvula de control de presión
- 22.- Segunda válvula solenoide de control de presión
- 23.- Válvula de control de baja
- 24.- Válvula solenoide de baja
- 25.- Válvula de control de alta
- 26.- Válvula solenoide de alta
- 27.- Válvula de control de presión de reducción
- 28.- Válvula solenoide de reducción
- 29.- Val. control de pres. del convertidor de torque
- 30.- Válvula reguladora
- 31.- Válvula manual
- 32.- Filtro de aceite
- 33.- Carter de aceite
- 34.- Bomba de aceite
- 35.- Válvula de alivio
- 36.- Malla de aceite

**Figura 2. 13.** Circuito hidráulico de 2<sup>da</sup> marcha de la F5A

**Fuente:** HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1]

En esta marcha el solenoide de baja, el solenoide del segundo freno y el solenoide del freno de reducción están en condición OFF, de modo que la presión es dirigida a la válvula de control de presión respectiva.

#### Sección principal:

La situación para el embrague de baja es la misma que en primera marcha y este permanece aplicado. Pero ahora la válvula de control de presión del segundo freno está alimentada con presión desde el solenoide del segundo freno y por lo tanto la presión de línea es enviada a la válvula a prueba de fallas B. Debido a la posición de esta válvula (la misma que en primera marcha) la presión desde la válvula de control de presión es dirigida al segundo freno, de modo que este es activado, adicionalmente se aplica presión a la válvula a prueba de fallas A (lado derecho del pistón izquierdo) mediante la válvula de control de presión del segundo freno y al pistón del lado derecho desde la válvula manual, pero esto no tiene efecto sobre la actual posición de marcha.

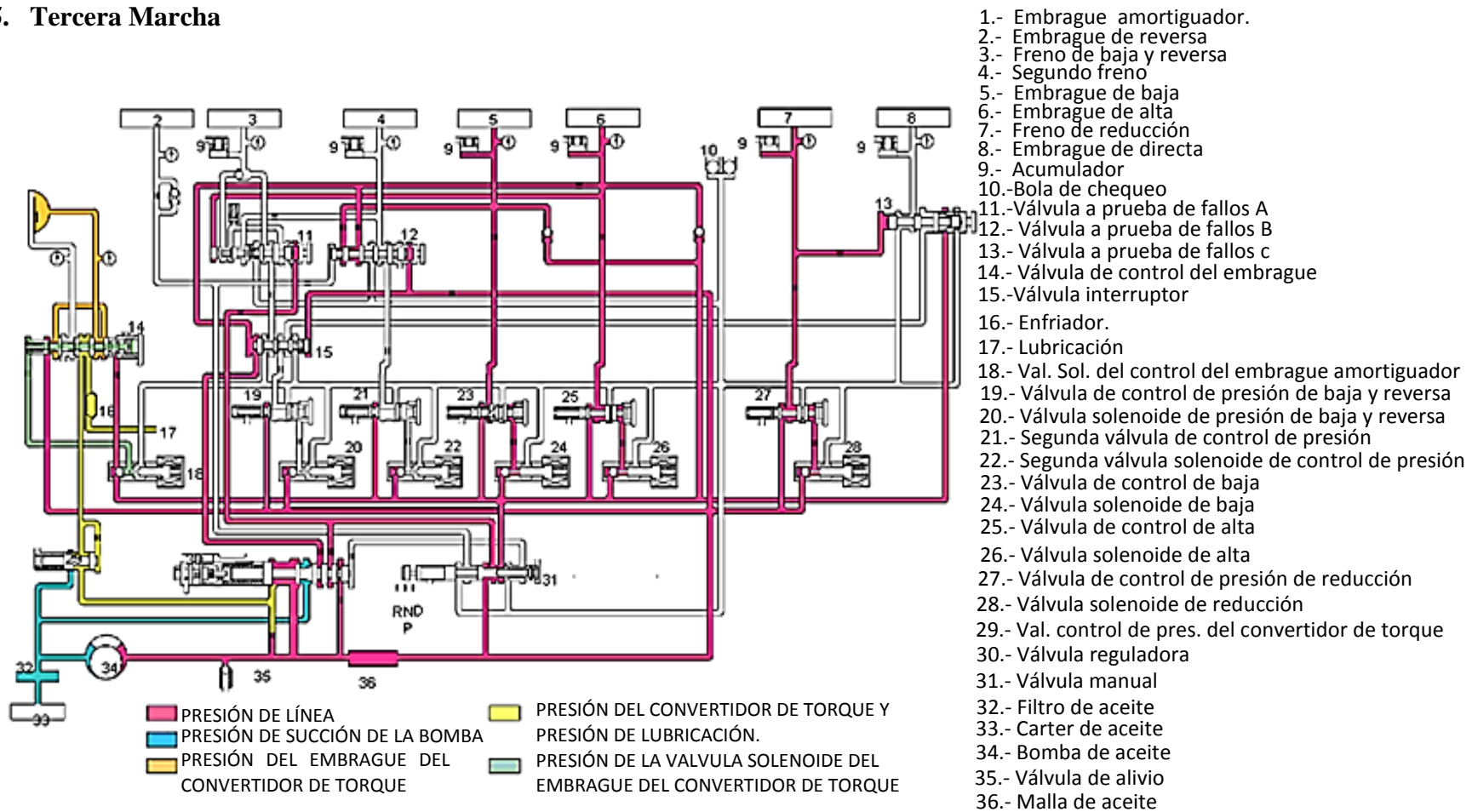
#### Sección de reducción:

Aquí la situación permanece sin cambios. Como el solenoide de reducción esta en OFF, la válvula de control de presión de reducción se mueve hacia el lado izquierdo y la presión es desviada hacia el freno de reducción, el que entonces es aplicado. Adicionalmente, se suministra presión al lado izquierdo de la válvula a prueba de fallas C, empujándola hacia la derecha, desconectando de este forma la presión de línea hacia el embrague de directa y conectándolo con la línea de retorno. La aplicación del embrague de baja, el segundo freno y el freno de reducción al mismo tiempo resulta en la segunda marcha.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1].

## 2.4.5. Tercera Marcha



**Figura 2. 14.** Circuito hidráulico de 3<sup>era</sup> marcha de la F5A

**Fuente:** HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1]

En esta marcha, los solenoides de sobre marcha, baja y reducción están en OFF.

#### Sección principal:

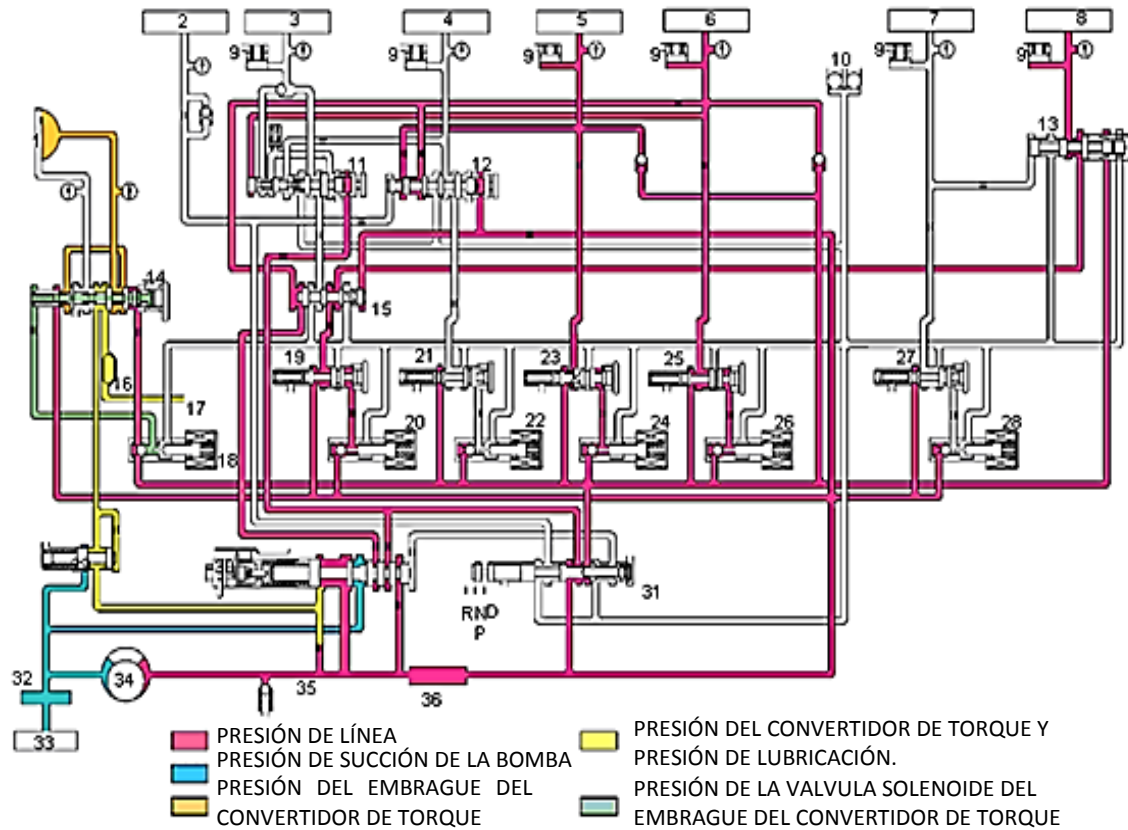
El embrague de baja todavía permanece acoplado como en primera y segunda marcha. La válvula de control de presión de sobre marcha está alimentada con presión desde la válvula solenoide de sobre marcha. La válvula de control de presión se mueve hacia la izquierda y la presión de línea alcanza el embrague de sobre marcha, el que es enganchado. Adicionalmente, la presión es dirigida desde la válvula de control de presión de sobre marcha hacia el lado izquierdo de la válvula interruptor. Como la superficie de este lado del pistón es mayor que la del lado derecho, el pistón se mueve hacia la derecha, sin importar el hecho que la presión de línea también es suministrada al lado derecho. Este abre un conducto desde la válvula interruptor a la válvula reguladora. La presión adicional que actúa sobre la válvula reguladora empuja esta hacia la izquierda, aumentando el flujo de retorno. Con esto la presión de línea se reduce. Al mismo tiempo la presión es aplicada al segundo orificio del lado izquierdo de la válvula a prueba de fallas B de modo que la fuerza que empuja la válvula hacia la derecha aumenta. Pero todavía esta no es lo suficientemente fuerte para superar la fuerza que la empuja hacia la izquierda, entonces la válvula mantiene su posición. La razón para este esquema es estar preparado para la condición del modo de seguridad.

La sección de reducción permanece sin cambios. Como el solenoide de reducción esta en condición OFF, la válvula de control de presión de reducción se mueve hacia el lado izquierdo, la presión es desviada al freno de reducción, de modo que este es aplicado. Adicionalmente, se aplica presión al lado izquierdo de la válvula a prueba de fallas C, moviéndola hacia la derecha, desconectando la línea de suministro de presión para el embrague de directa y conectándolo con la línea de retorno. La aplicación en conjunto del embrague de baja, el embrague de sobre marcha y el freno de reducción resulta en la tercera marcha.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> HYUNDAI, AT% 203% 20Hivec% 20textbook[1].

## 2.4.6. Cuarta Marcha



- 1.- Embrague amortiguador.
- 2.- Embrague de reversa
- 3.- Freno de baja y reversa
- 4.- Segundo freno
- 5.- Embrague de baja
- 6.- Embrague de alta
- 7.- Freno de reducción
- 8.- Embrague de directa
- 9.- Acumulador
- 10.- Bola de chequeo
- 11.- Válvula a prueba de fallos A
- 12.- Válvula a prueba de fallos B
- 13.- Válvula a prueba de fallos c
- 14.- Válvula de control del embrague
- 15.- Válvula interruptor
- 16.- Enfriador.
- 17.- Lubricación
- 18.- Val. Sol. del control del embrague amortiguador
- 19.- Válvula de control de presión de baja y reversa
- 20.- Válvula solenoide de presión de baja y reversa
- 21.- Segunda válvula de control de presión
- 22.- Segunda válvula solenoide de control de presión
- 23.- Válvula de control de baja
- 24.- Válvula solenoide de baja
- 25.- Válvula de control de alta
- 26.- Válvula solenoide de alta
- 27.- Válvula de control de presión de reducción
- 28.- Válvula solenoide de reducción
- 29.- Val. control de pres. del convertidor de torque
- 30.- Válvula reguladora
- 31.- Válvula manual
- 32.- Filtro de aceite
- 33.- Carter de aceite
- 34.- Bomba de aceite
- 35.- Válvula de alivio
- 36.- Malla de aceite

**Figura 2. 15.** Circuito hidráulico de 4ª marcha de la F5A

**Fuente:** HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1]



En esta marcha el solenoide de sobre marcha, el solenoide de baja y el de baja & reversa están en condición OFF, de modo que la presión es dirigida a la válvula de control de presión respectiva.

#### Sección principal:

El embrague de baja y el embrague de sobre marcha permanecen enganchados, no hay cambios en esta sección en comparación con la tercera marcha.

#### Sección de reducción:

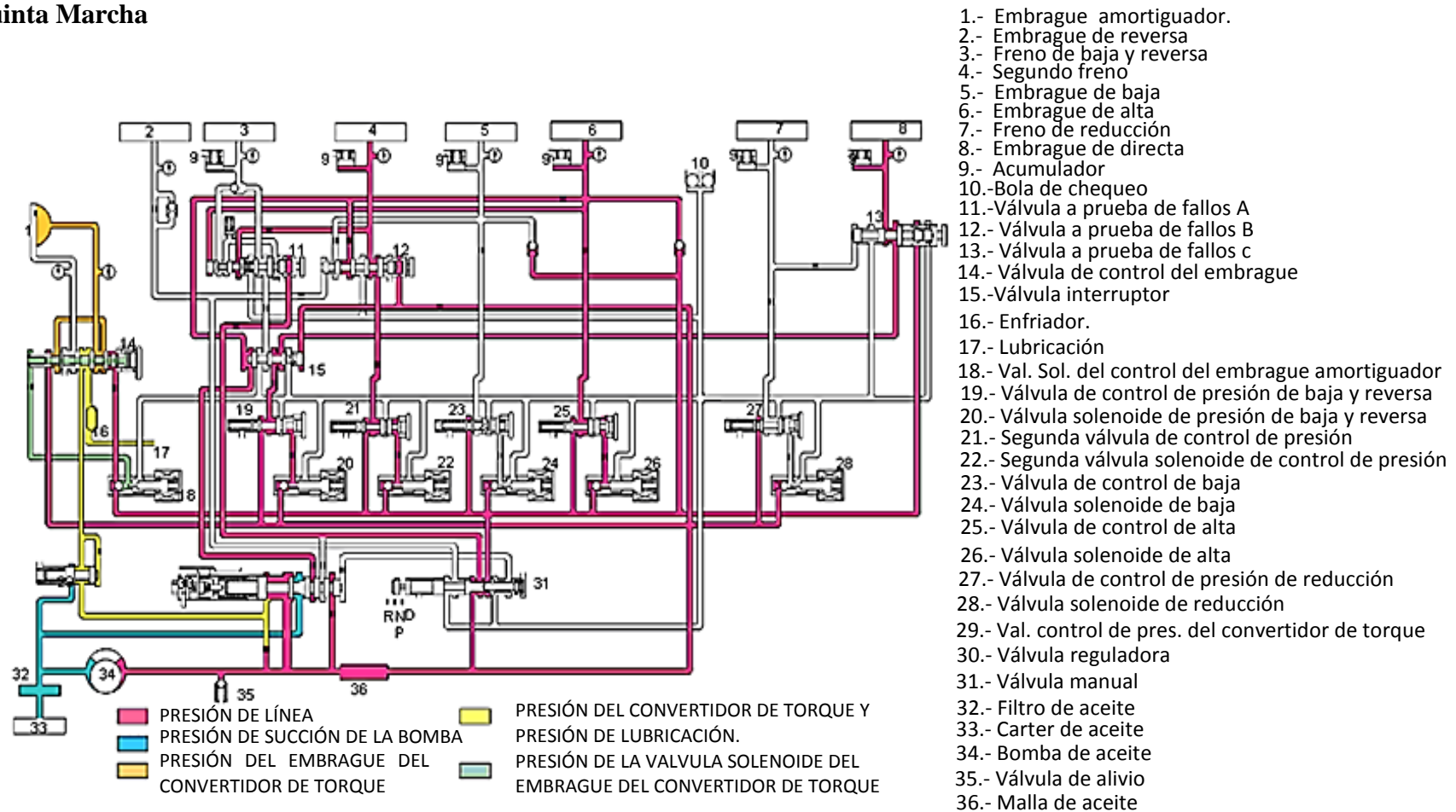
Como el solenoide de reducción esta condición ON, la válvula de control de presión de reducción es empujada hacia la derecha por la fuerza del resorte de modo que ya no hay suministro de presión sobre el lado izquierdo. Esto cerrara la línea de suministro al freno de reducción y lo conectará con la línea de retorno. La presión del freno de reducción se libera desacoplando éste. Como en tercera marcha la presión es conducida desde la válvula de control de presión de sobre marcha al lado izquierdo de la válvula interruptor y la superficie del pistón es mayor que en el lado derecho, el pistón se mueve hacia la derecha. Esto abre un conducto desde la válvula de control de presión de baja & reversa hacia el embrague de directa. Como el solenoide de baja & reversa esta en condición OFF, la presión es dirigida al embrague de directa, que por lo tanto es acoplado. Además, la presión es dirigida desde la válvula interruptor a la válvula reguladora. La presión adicional que actúa sobre la válvula reguladora empuja esta hacia la izquierda, reduciendo la presión de línea.

El acople del embrague de baja, el embrague de sobre marcha y el embrague de directa al mismo tiempo resulta en la cuarta marcha.<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup> HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1].

## 2.4.7. Quinta Marcha



**Figura 2. 16.** Circuito hidráulico de 5<sup>ta</sup> marcha de la F5A

**Fuente:** HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1]

En quinta marcha el solenoide de sobre marcha, el solenoide del segundo freno y el solenoide de baja & reversa están en condición OFF, de modo que la presión es dirigida a la respectiva válvula de control de presión.

#### Sección principal:

La condición del embrague de sobre marcha permanece igual que en el caso anterior. La válvula de control de presión del segundo freno esta alimentada con presión desde el solenoide del segundo freno y por lo tanto la presión de línea es dirigida hacia la válvula a prueba de fallas B. La presión de línea es aplicada al lado derecho de esta válvula y la presión proveniente desde la válvula de sobre marcha actúa sobre el lado izquierdo. La fuerza resultante mueve a la válvula a prueba de fallas B hacia la izquierda y la presión desde la válvula de control de presión es dirigida al segundo freno, activando éste. Además, se suministra presión a la válvula a prueba de fallas A (lado derecho del pistón izquierdo) a través de la válvula de control de presión del segundo freno y la válvula a prueba de fallas B. Como esta presión actúa en la misma dirección que la presión suministrada desde el embrague de sobre marcha, el pistón se mueve hacia la derecha, prescindiendo de la presión que actúa sobre su pistón del lado derecho (desde la válvula manual). Esto no tiene efecto sobre la posición actual de marcha.

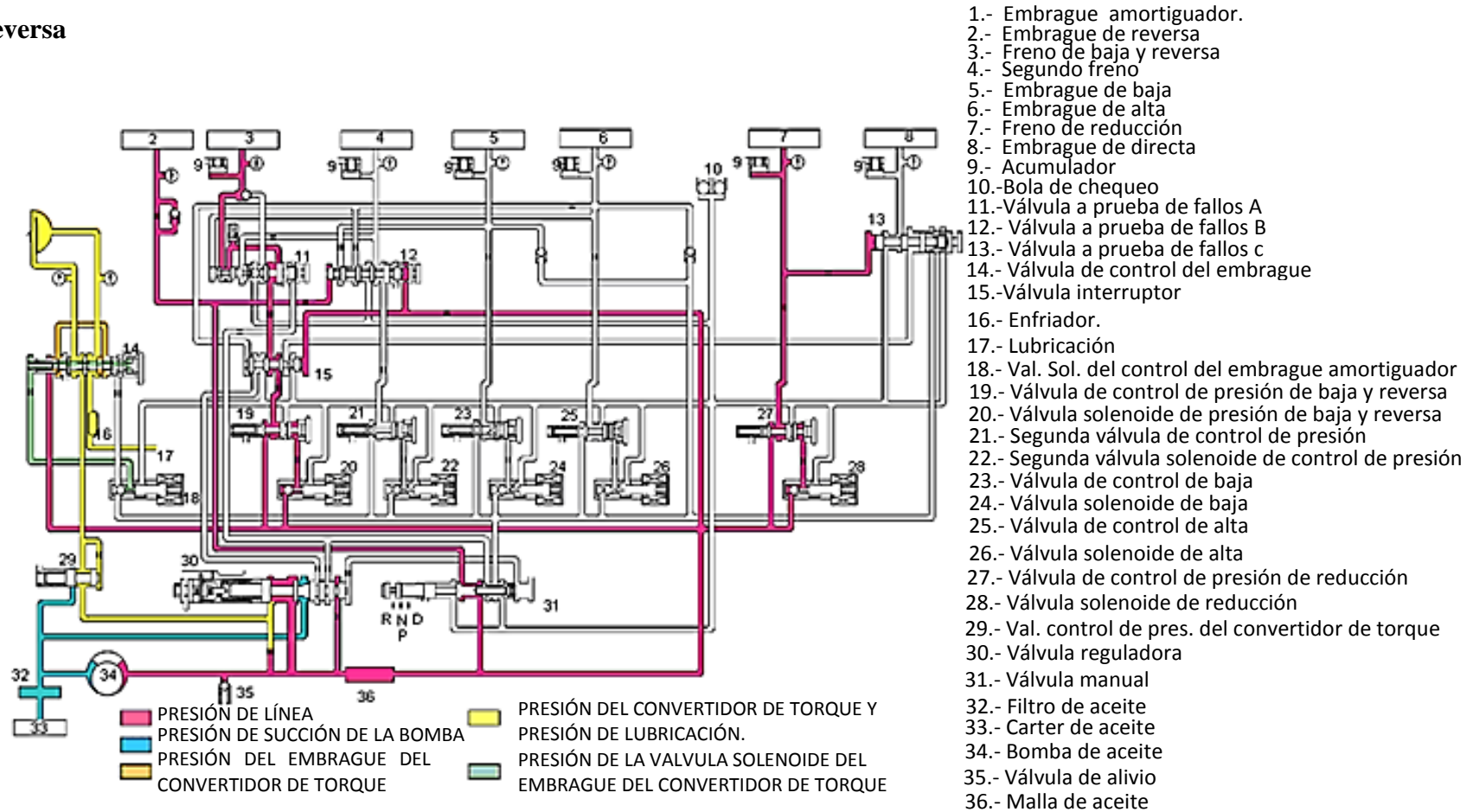
#### Sección de reducción:

No hay cambios en comparación con la cuarta marcha. La aplicación del embrague de sobre marcha, el segundo freno y el embrague de directa al mismo tiempo resultan en la quinta marcha.<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> HYUNDAI, AT% 203% 20Hivec% 20textbook[1].

## 2.4.8. Reversa



**Figura 2. 17.** Circuito hidráulico de reversa de la F5A  
 Fuente: HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1]

En esta marcha el solenoide de baja/reversa y el de reducción están en condición OFF.

### Sección principal:

La presión es dirigida hacia la válvula de control de presión de baja y reversa: el conducto a la válvula interruptor se abre. Esta válvula tiene un suministro de presión en su lado derecho, de modo que se mueve hacia la izquierda y la presión puede alcanzar la válvula a prueba de fallas A. Ambos pistones de esta se mueven hacia el exterior por la fuerza del resorte, permitiendo que la presión alcance el freno de baja y reversa a través del conducto del lado izquierdo. En este conducto se incluye un pequeño acumulador para amortiguar la aplicación del freno de baja & reversa para una sensación de cambio suave. Para evitar el ingreso de presión al conducto del lado derecho, éste se mantiene cerrado con una válvula de chequeo. Al mismo tiempo, el líquido puede alcanzar el embrague de reversa directamente desde la válvula manual. En esta línea hay un orificio para reducir la sacudida del cambio. Para una liberación rápida, se utiliza un conducto de desvío con una válvula de chequeo. Además, la presión es dirigida hacia el lado izquierdo de la válvula a prueba de fallas B, debido a la mayor superficie, el pistón se mueve hacia la derecha, sin importar el suministro adicional de presión sobre el lado derecho. Esto conecta el segundo freno con la línea de retorno, pero no hay efecto sobre la condición actual de cambio.

Protección por mal manejo: para evitar el enganche de la marcha en reversa cuando el vehículo está avanzando (sobre 7km/h) la unidad de control puede aplicar energía al solenoide de baja/reversa. Esto descargará la presión desde el freno de baja/reversa. De modo que solamente el embrague de reversa esta aplicado. Esta condición produce giro libre, lo que evita el daño a la transmisión debido a un uso incorrecto por el conductor.

### Sección de reducción:

Como el solenoide de reducción esta en condición OFF, la presión es dirigida al freno de reducción, el que permanece aplicado. Adicionalmente se suministra presión al lado izquierdo de la válvula a prueba de fallas C, empujándola hacia la derecha, desconectando la presión de línea al embrague de directa y conectándolo a la línea de retorno. Al aplicar el embrague de reversa, freno de baja y reversa y freno de reducción al mismo tiempo, se produce la reversa.<sup>35</sup> .....

---

<sup>35</sup> HYUNDAI, AT% 203% 20Hivec% 20textbook[1].

### **CAPÍTULO III**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CUERPOS DE VÁLVULAS DE TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS MODELO F4A41, F4A51, F5A51.**

### **3.1. Diseño del banco de pruebas.**

El diseño de nuestro banco de pruebas, esta conformado por tres partes bien identificadas. La parte mecánica, en el que consta todo lo referente a la estructura, el análisis correspondiente a la resistencia de materiales y los elementos e insumos empleados para la construcción del comprobador.

El sistema de control hidráulico que es el conjunto de recepción y propulsión del liquido hidráulico el mismo que se encarga de generar y suministrar la presión requerida y necesaria por el cuerpo de válvulas con la finalidad de sincronizar las respectivas marchas.

La parte electrónica, que se trata de todos los componentes encargados de controlar todo el funcionamiento del banco de pruebas, teniendo dos funciones dentro de la programación, la función automática y la función manual; selección que depende del operador.

A continuación procedemos a detallar estos procedimientos.

#### **3.1.1. Diseño mecánico del banco de pruebas.**

Para el diseño mecánico del banco de pruebas se ha tomado en cuenta algunos factores principales que no se pueden dejar pasar por alto.

El primer factor primordial se refiere a la viabilidad, a la ejecución y a la resolución de los inconvenientes que se tienen en un taller automotriz en el momento de encontrarse con una falla en el cuerpo de válvulas de las transmisiones automáticas. Estos factores se solventan con el diseño y construcción del banco de pruebas, ya que este optimizará el factor ergonómico entre el técnico automotriz, el comprobador de cuerpos de válvulas y el medio ambiente de trabajo en el que se desarrollan, cumpliendo con un proceso técnico y organizado; haciendo eficiente y eficaz el trabajo a realizar.

El segundo factor a considerar dentro del análisis mecánico del proyecto, es el peso del cuerpo de válvulas y su base de acoplamiento, los cuales están ubicados en el habitáculo del banco de pruebas tapado con una puerta desplazable de plástico transparente.

El tercer factor, se enfoca en el peso del conjunto hidráulico formado por el motor eléctrico de corriente continua marca WEG, con la bomba de dirección hidráulica de un vehículo Hyundai Santa Fe, los mismos que tienen la función de bombear el líquido hidráulico hacia la entrada de presión del cuerpo de válvulas.

El siguiente factor, se refiere al peso del depósito del aceite hidráulico el mismo que va a contener un máximo de dos galones, con el cual se pondrá en funcionamiento el sistema.

Además se considera el peso de los manómetros hidráulicos, las cañerías hidráulicas y el mando electrónico; aunque su peso total no representa un valor significativo gracias a que son componentes relativamente livianos, sin embargo se tomaran en cuenta para la elección del material y para construir el banco.

El peso de todos estos elementos es el factor determinante para la elección del material, se debe considerar la elección de un acero capaz de soportar las prestaciones requeridas sin exagerar en su peso y de igual manera, sin que sea muy débil en el momento de soportar los requerimientos.

Una consideración muy importante que se debe realizar antes de la construcción del comprobador, es la disposición de los elementos, esto quiere decir que todo el conjunto debe estar distribuido de forma que el operador del banco lo pueda manejar con facilidad; es indispensable el acceso directo al habitáculo del cuerpo de válvulas, de igual manera debe ser fácil de programar las secuencias a través del mando electrónico, se debe tener paso directo al recipiente del aceite hidráulico y a las conexiones eléctricas que iniciaran el proceso de prueba.



### 3.1.1.1. Elección del material.

En a la elección del material tanto para la estructura y las chapas del recubrimiento del banco de pruebas, se ha empleado un software de análisis estructural, el cual, procede a realizar el siguiente cálculo sistematizado de acuerdo a las cargas que debe soportar el banco de pruebas.

#### 3.1.1.1.1. Detalles de las propiedades físicas.

Las propiedades físicas hacen referencia al área que se debe utilizar tanto en estructura como en material de acuerdo al espacio requerido, en función de todos los elementos que van a constituir el banco de pruebas. Estos elementos son:

- ✚ Chasis del banco de pruebas.
- ✚ Chapas de recubrimiento.
- ✚ Sistema hidráulico: motor – bomba.
- ✚ Sistema de traslación: banda – polea.
- ✚ Base del cuerpo de válvulas.
- ✚ Indicadores de presión.
- ✚ Contenedor del fluido hidráulico.
- ✚ Elementos electrónicos.
- ✚ Conjunto de desplazamiento.

Todas estas partes son tomadas en cuenta en el momento de calcular el área, la masa y el volumen de la estructura, este es el primer cálculo para determinar el material requerido.

En la siguiente figura se muestran los datos obtenidos en el software de análisis.

Masa	12,5739 kg
Área	3484340 mm <sup>2</sup>
Volumen	9678120 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=412,549 mm y=-266,031 mm z=305,607 mm

**Tabla 3. 1.** Propiedades físicas.

**Fuente:** Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

### 3.1.1.1.2. Análisis de tensión de la estructura.

En cuanto al estudio de tensiones, partimos de una simulación de análisis estático de la estructura, debido a que el comprobador se posicionara en un lugar fijo de trabajo el cual no va a estar en movimiento constante, pero aun así se considera un factor de movimiento que es de 1.5% en caso de que se requiera trasladar el banco de pruebas.

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de simulación	Análisis estático
Fecha de la última modificación	04/11/2013, 22:24
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

**Tabla 3. 2.** Configuración del análisis.

**Fuente:** Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

La configuración avanzada del análisis, se refiere a los factores de modificación de los elementos y las dimensiones de los materiales, debido a que en la construcción se pueden producir variaciones en estos límites; por tal motivo optamos por dejar un rango de error de 0,1 a 0,2 mm de variación permanente con un ángulo de giro de torsión máximo de 60 grados.

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

**Tabla 3. 3.** Factores de modificación.

**Fuente:** Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

Considerando el análisis del chasis, el estudio de las chapas metálicas, la tensión que debe soportar la banda transmisora y las cargas en las poleas giratorias, procedemos a elegir los materiales en el software, esta elección la hacemos en base a que los materiales posteriormente mencionados son de fácil adquisición en nuestro medio y su costo es relativamente bajo en comparación a otros materiales que si existen, pero su valor es elevado. Estos materiales son:

- Hierro fundido para las chapas metálicas de recubrimiento.
- Acero dulce para el chasis del comprobador.
- Plástico ABS para la banda de transmisión.
- Acero para las poleas.

Cabe recalcar que los análisis que realiza el software se refieren a todos los principios físicos estudiados en resistencia de materiales, por lo que los datos obtenidos nos sirven para aplicar directamente en la construcción del comprobador.

Nombre	Hierro fundido	
General	Densidad de masa	7,25 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	200 MPa
	Resistencia máxima a tracción	276 MPa
Tensión	Módulo de Young	120,5 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	46,3462 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	50 W/( m K )
	Calor específico	540 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	analisis de tension base inferior cuerpo v union inclinada.ipt union inclinada.ipt	

**Tabla 3. 4.** Hierro fundido para el chasis de la estructura.

Fuente: Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

Nombre	Acero dulce	
General	Densidad de masa	7,86 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	220 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,275 su
	Módulo cortante	86,2745 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	56 W/( m K )
	Calor específico	460 J/( kg c )

**Tabla 3. 5.** Acero dulce para las chapas metálicas.

Fuente: Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

Nombre	Plástico ABS	
General	Densidad de masa	1,06 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	40,33 MPa
	Resistencia máxima a tracción	40 MPa
Tensión	Módulo de Young	2,89 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,38 su
	Módulo cortante	1,0471 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,0000857 su/c
	Conductividad térmica	0,299 W/( m K )
	Calor específico	1500 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	Correa trapezoidal	

**Tabla 3. 6.** Plástico ABS para la banda de transmisión.

Fuente: Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	56 W/( m K )
	Calor específico	460 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	Polea ranurada1 Polea ranurada2	

**Tabla 3. 7.** Acero para las poleas.

Fuente: Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

Hemos considerado como presión que debe soportar el banco de pruebas a una magnitud de 1000 MPa, esta medida esta sobredimensionada por la razón de que el banco de pruebas pueda trabajar en condiciones de tiempo y esfuerzo prolongados sin que se produzca fallas en su estructura o existan pandeos de los elementos que soporta.

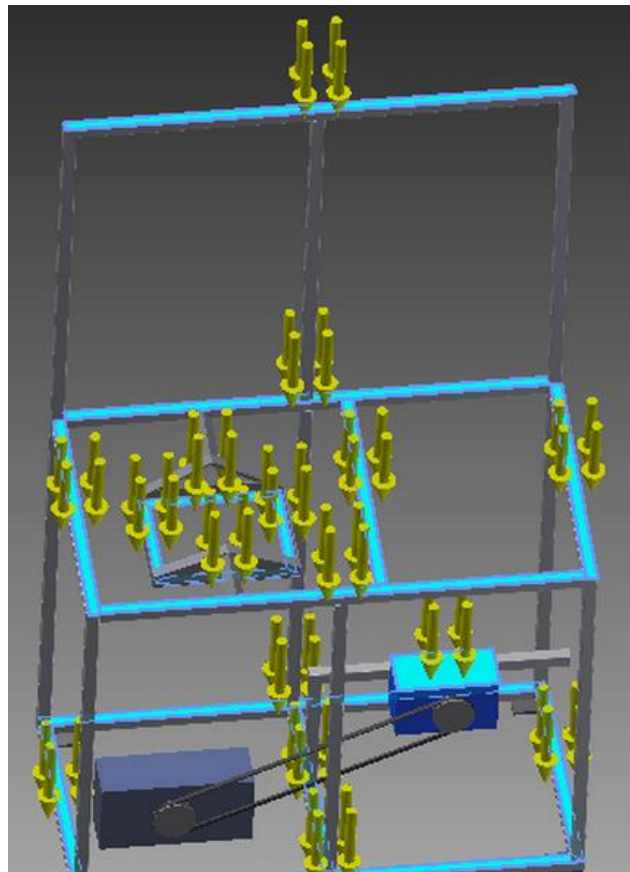


Figura 3. 1. 1000 MPa de presión sobre la estructura.

Fuente: Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	196909 N	0 N	40127,3 N m	12309,7 N m
		-2159,25 N		-38188,8 N m
		196897 N		-536,125 N m

Tabla 3. 8. Fuerzas y pares de reacción sobre la estructura.

Fuente: Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

Resumen de resultados:

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	9678120 mm <sup>3</sup>	
Masa	75,5939 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	1604590 MPa
Primera tensión principal	-25185,5 MPa	604080 MPa
Tercera tensión principal	-1272960 MPa	5871,15 MPa
Desplazamiento	0 mm	40,9927 mm
Coefficiente de seguridad	0,000129005 su	15 su
Tensión XX	-192768 MPa	82005,7 MPa
Tensión XY	-102077 MPa	93182,7 MPa
Tensión XZ	-114057 MPa	85655,6 MPa
Tensión YY	-517275 MPa	53375,2 MPa
Tensión YZ	-207354 MPa	906744 MPa
Tensión ZZ	-184950 MPa	244919 MPa
Desplazamiento X	-7,27813 mm	7,07874 mm
Desplazamiento Y	-7,9369 mm	12,4426 mm
Desplazamiento Z	-39,6882 mm	6,91126 mm
Deformación equivalente	0 su	6,25931 su
Primera deformación principal	-0,000414821 su	4,42697 su
Tercera deformación principal	-6,25862 su	0,000564575 su
Deformación XX	-0,0147535 su	0,404677 su
Deformación XY	-0,591585 su	0,540036 su
Deformación XZ	-0,661014 su	0,496413 su
Deformación YY	-1,8791 su	0,0969342 su
Deformación YZ	-1,20171 su	5,255 su
Deformación ZZ	-0,521866 su	1,01124 su
Presión de contacto	0 MPa	10264,1 MPa
Presión de contacto X	-10109,2 MPa	9798,43 MPa
Presión de contacto Y	-6332,09 MPa	6991,21 MPa
Presión de contacto Z	-9868,11 MPa	6211,83 MPa

Tabla 3. 9. Conclusión y resumen de resultados.

Fuente: Análisis estructural, AUTODESK INVENTOR, 2012.

Considerando todos los principios de análisis de materiales anteriormente expuestos, obtenemos el estudio estructural del banco de pruebas, llegando a la principal conclusión acerca del Acero Estructural ASTM (*American Society for Test Materials*) A36 que es el material seleccionado en el software, únicamente con su respectivo nombre comercial, y la conclusión se plantea de la siguiente manera:

Si procedemos a construir el banco de pruebas con los materiales seleccionado en el software no encontraremos inconvenientes en las cargas y las presiones que debe soportar el comprobador, ya que en la ultima parte del estudio estructural observamos que el volumen, la maza, las tensiones, los desplazamientos, las deformaciones e incluso el factor de seguridad esta dentro del rango permisible para realizar la construcción.

El material elegido fue el Acero Estructural ASTM A36 y todas su variaciones que de él se derivan como se mostro en el análisis estructural realizado.

Especificaciones detalladas del Acero Estructural ASTM A36 en la tabla 3.1.

Grado de Acero					COMPOSICIÓN QUÍMICA (% en peso)					
C	Mn	P	S	Si	Cu	Cb	V	Ni	Cr	N2
Max.		Max.	Max.	Max.						
ASTM A-36	0.25	0.80-1.20	0.040	0.050	0.40	....	....	....	....	....
REQUERIMIENTOS FÍSICOS										
Límite de fluencia Min.			Resistencia a la Tensión				Elongación % Min.			
KSI		MPA	KSI		MPA	EN 8''		EN 2''		
36		250	58-80		400-550	20		21		

**Tabla 3. 10.** Especificaciones acero estructural ASTM A36.

**Fuente:** MECÁNICA DE MATERIALES, R. C. Hibbeler, 6ta edición.

### **3.1.1.2. Propiedades Químicas.**

Su composición química se basa directamente en un componente predominante que es el hierro (98% a 99%). Además cuenta con elementos añadidos como el Carbono (0,18%), Cobre (0,8%), y entre (0,8% a 0,9%) de Manganeso con el fin de aumentar la fuerza y la resistencia. Cuenta también con una carga de Fosforo del (0,04%) e impurezas de Azufre de (0,05% máximo).

Su composición química es la que lo diferencia de otros tipos de aceros como el galvanizado que cuentan con diferentes estructuras.

### **3.1.1.3. Propiedades Físicas.**

Este acero tiene una densidad o masa por unidad de volumen de 7,85 gramos (0,017 lb) por centímetro cúbico o 0,284 libras (0,13 kg) por pulgada cúbica en los sistemas de medidas inglesas. Cuenta con un módulo de elasticidad de 200 GPa o 29.000 ksi (199.948,01 MPa). También tiene un módulo de cizallamiento de 79,3 GPa o 11.500 ksi (79.289,73 MPa).

Se debe cuidar mucho las propiedades físicas de un material, en el caso de este acero las cargas y tensiones aplicadas sobre el deben ser cuidadosamente manejadas.

### **3.1.1.4. Propiedades Mecánicas.**

En lo que respecta a las propiedades mecánicas, este acero tiene una resistencia a la tensión o la cantidad de presión necesaria para separar una barra de espesor establecido de 58.000 a 79.800 libras (26.308,35 a 36.196,67 kg) por pulgada cuadrada. Tiene una resistencia de rendimiento de 36.300 psi y un alargamiento del 20%.<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> MECÁNICA DE MATERIALES, R. C. Hibbeler, 6ta edición



El acero ASTM A36 es un acero al carbono que brinda las propiedades mecánicas de acuerdo a nuestro requerimiento, este acero es muy común en nuestro medio debido a su bajo costo y disponibilidad en distribuidoras.



**Figura 3. 2.** Acero estructural ASTM A36.

**Fuente:** Los Autores.

Para la construcción del chasis del banco, se utilizó un tubo rectangular del mismo material, acero ASTM A36, estas piezas fabricadas a partir del mismo acero se pueden unir fácilmente mediante procesos de soldadura.



**Figura 3. 3.** Tubo cuadrado de acero estructural ASTM A3336.

**Fuente:** Los Autores.

### 3.1.2. Soldadura con arco eléctrico SMAW (Shielded Metal Arc Welding).

Este tipo de soldadura con electrodo revestido es el proceso más antiguo y eficiente que existe, únicamente superado por procesos automatizados en los que interviene directamente la tecnología moderna.

#### 3.1.2.1. Proceso de soldadura.

El arco eléctrico que se produce debe mantenerse entre el final del electrodo revestido y la pieza a soldar, cuando el metal se funde por el calor, las partículas se del electrodo revestido se transfieren por medio del arco a través del metal fundido protegiéndose de la atmosfera por los gases producidos en la descomposición del revestimiento. El material fundido flota en la parte superior del baño de soldadura, desde donde se protege al metal durante el proceso de solidificación. El material sobrante debe ser limpiado y retirado de cada cordón que se fabrica soldando. Este proceso se utiliza comúnmente para unir aleaciones ferrosas de acero. A pesar de tener la desventaja de ser un proceso lento ya que requiere limpiar la escoria producida por el revestimiento y el cambio constante de electrodo, a pesar de esto sigue siendo una técnica muy flexible y utilizada en la actualidad.<sup>37</sup>



Figura 3. 4. Soldadura SMAW.

Fuente: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_08\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_MEC01.pdf).

<sup>37</sup> MANUAL DEL SOLDADOR, *German Hernández Riesco*. Editorial Cesol Ocr.

### 3.1.2.2. El electrodo.

Se construyen muchos tipos de electrodos en la actualidad, muchos de estos contienen aleaciones que proporcionan resistencia dureza y ductilidad a la soldadura. Cada electrodo se selecciona en base al material de que esta construido su núcleo, así como por su determinado recubrimiento y por el diámetro del electrodo. Existe una normalización de los electrodos efectuada por la AWS (*American Welding Societi*), que determina su diseño y utilización.

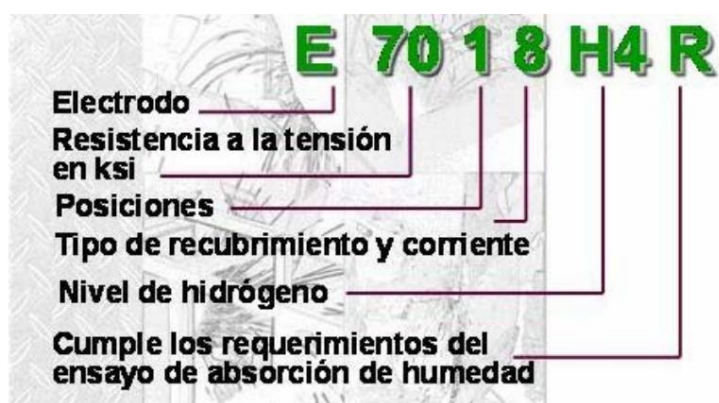


Figura 3. 5. Clasificación AWS.

Fuente: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_08\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_MEC01.pdf).

	Recubrimiento	Tipo de Corriente	Penetración
EXXX0	Celulósico, sodio	DCEP	Profunda
EXX20	Oxido de hierro, sodio	DCEN, DCEP, AC	Media
EXXX1	Celulósico, potasio	AC, DCEP	Profunda
EXXX2	Rutílico, Sodio	AC, DCEN	Media
EXXX3	Rutílico, Potasio	AC, DCEP, DCEN	Ligera
EXXX4	Rutílico, Polvo de hierro	AC, DCEP, DCEN	Ligera
EXXX5	Bajo hidrógeno, Sodio	DCEP	Media
EXXX6	Bajo hidrógeno, Potasio	AC, DCEP	Media
EXXX7	Oxido de hierro, Polvo de hierro	AC, DCEP, DCEN	Media
EXXX8	Bajo hidrógeno, Polvo de hierro	AC, DCEP	Media
EXXX9	Oxido de hierro, Rutílico, Potasio	AC, DCEP, DCEN	Media

Tabla 3. 11. Tipos de recubrimiento del electrodo.

Fuente: MANUAL DEL SOLDADOR, *German Hernández Riesco*. Editorial Cesol Ocr.

## 3.2. Proceso de Armado y Construcción del Banco de Pruebas.

### 3.2.1. Proceso mecánico.

Empezamos tomando la medida y realizando el corte de las láminas de acero ASTM A36, las placas servirán para cubrir la estructura del banco de pruebas; las dimensiones se las especifica en la tabla 3.3.



**Figura 3. 6.** Corte de la lámina de acero.

**Fuente:** Los Autores.

El proceso de corte del acero, tanto para las láminas como para el tubo cuadrado, se realizo trazando una línea recta entre los puntos medidos, de esta manera aseguramos la igualdad de las piezas cortada. Para el corte del metal, empleamos una maquina herramienta llamada amoladora marca DEWALT de fácil acceso en el mercado.



**Figura 3. 7.** Corte de las láminas.

**Fuente:** Los Autores.

Dimensiones de las láminas de acero				
	Cantidad	Largo cm	Ancho cm	Espesor mm
<b>Placas inferiores</b>	2	50	50	2
<b>Placas laterales</b>	2	50	50	2
<b>Placas posteriores</b>	2	77	57.5	2
<b>Placas Superiores</b>	2	50	50	2
<b>Placas de la mesa</b>	1	50	57.5	2
<b>Placas de las puertas</b>	2	50	77	2

**Tabla 3. 12.** Dimensiones de las placas de acero.

**Fuente:** Los Autores.

Procedemos con el corte y dimensionado de los tubos cuadrados de acero, dichos elementos servirán para la realizar la estructura del banco de pruebas, las dimensiones se las especifica en la tabla 3.4.



**Figura 3. 8.** Corte del tubo cuadrado de acero.

**Fuente:** Los Autores.

<b>Dimensiones de los tubos cuadrados de acero.</b>			
	<b>Cantidad</b>	<b>Largo cm</b>	<b>Ancho cm</b>
<b>Tubos horizontales</b>	5	100	2.5
<b>Tubos verticales</b>	8	80	2.5
<b>Tubos laterales</b>	6	57.5	2.5
<b>Tubo para las puertas horizontal</b>	4	47	2.5
<b>Tubo para las puertas verticales</b>	4	77	2.5
<b>Tubo base bomba hidráulica horizontal</b>	1	35	2.5
<b>Tubo base bomba hidráulica vertical</b>	1	15	2.5
<b>Tubo base bomba hidráulica lateral</b>	1	35	2.5
<b>Tubo lateral base del motor eléctrico</b>	1	53	2.5

**Tabla 3. 13.** Dimensiones de los tubo cuadrado de acero.

**Fuente:** Los Autores.

Luego de haber obtenido las lamina y los tubos de acero, los dejamos listos para la unión de las piezas recortadas; antes del procedimiento de armado del banco, realizamos el corte de la base del cuerpo de válvulas que vendría a ser la parte de la transmisión donde esta ubicado el elemento antes mencionado, para esto empleamos la misma maquina herramienta de corte ya nombrada.

Debemos tomar en cuenta que sobre la base están dispuestas todos las entradas del liquido hidráulico hacia el cuerpo de válvulas, considerando esta observación procedimos a acotar las medidas donde se va a realizar el corte.



**Figura 3. 9.** Medición de la base del cuerpo de válvulas.

**Fuente:** Los Autores.

Después de haber dimensionado la base del cuerpo de válvulas, realizamos el corte del mismo.



**Figura 3. 10.** Corte de la base del cuerpo de válvulas.

**Fuente:** Los Autores.

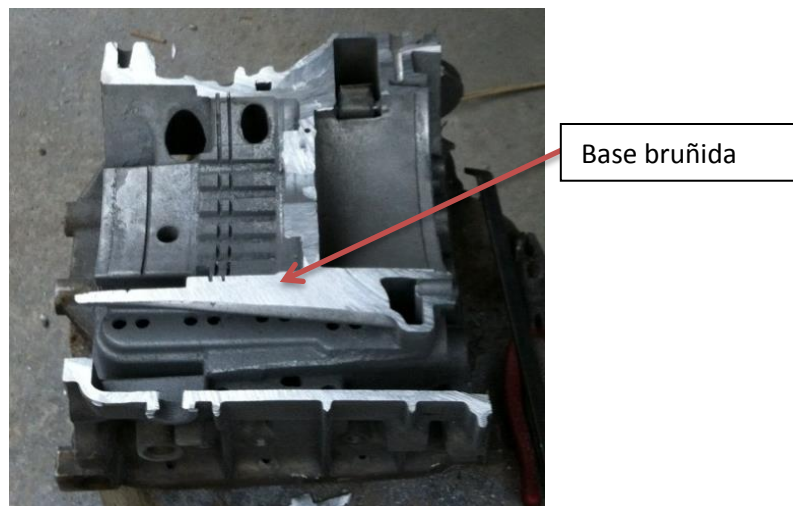
Luego de dividir la base, tenemos la pieza lista para realizar el pulido de la cara donde se practicó el corte.



**Figura 3. 11.** Pulido de la base.

**Fuente:** Los Autores.

Tras realizar el pulido, dejamos la pieza lista para montar en el banco.



**Figura 3. 12.** Base lista.

**Fuente:** Los Autores.



Una vez concluido el corte de las piezas y haber dimensionado la estructura y la cubierta del banco de pruebas, procedimos a realizar la unión de las partes cortadas, mediante el empleo de la soldadora.

Armamos la estructura base del banco de pruebas, la cual consta de la base inferior, y las placas posteriores, este procedimiento lo escogimos ya que resulta mas fácil empezar a construir desde la parte inferior, con la razón de ir acoplando bien todas las piezas.



**Figura 3. 13.** Base inferior y placas posteriores.

**Fuente:** Los Autores.

El proceso de soldadura que se realizo para la unión de todas las piezas es mediante arco metálico protegido SMAW.



**Figura 3. 14.** Base inferior y placas posteriores.

**Fuente:** Los Autores.

El proceso de soldadura mediante arco eléctrico, se lo realiza durante todo el proceso de construcción del banco de pruebas, de esta manera dejamos firme toda la estructura, consiguiendo homogeneidad y estabilidad del comprobador de cuerpos de válvulas.



**Figura 3. 15.** Proceso de soldadura.

**Fuente:** Los Autores.

Unas ves acopladas la base inferior y las placas posteriores, procedimos a realizar el armado de las placas laterales sobre la estructura de tubo.



**Figura 3. 16.** Placas laterales.

**Fuente:** Los Autores.

Después de ubicada la base inferior, las placas laterales y las placas posteriores, procedimos a acoplar las puertas, estas nos darán acceso directo al habitáculo inferior donde se encontraran alojados el conjunto hidráulico y las cañerías de presión.

Soldamos las bisagras a la estructura del banco, estas facilitan la apertura y cierre de las puertas.



**Figura 3. 17.** Acople de las bisagras.

**Fuente:** Los Autores.

Finalizado el proceso de soldadura de las bisagras de sujeción, obtenemos fijas a la estructura, las puertas del banco de pruebas.



**Figura 3. 18.** Fijación de las puertas del banco.

**Fuente:** Los Autores.

Luego del armado de la base del banco, realizamos el acople de la mesa junto con la parte superior del banco, en la mesa va a estar ubicado la tapa desplazable de plástico transparente y el modulo de control electrónico; en la parte superior del banco se van a encontrar ubicados los manómetros indicadores de presión del conjunto hidráulico.



**Figura 3. 19.** Acople de la mesa y parte superior del banco.

**Fuente:** Los Autores.

Después de acoplar las placas de la mesa y las placas de la parte superior, pudimos apreciar por primera vez una imagen completa del banco de pruebas, incorporamos las piezas en su mayoría.



**Figura 3. 20.** Primera imagen del banco de pruebas.

**Fuente:** Los Autores.

Para conseguir facilidad en el desplazamiento del banco de pruebas, incorporamos unas ruedas, las cuales las fijamos a la estructura utilizando dos conjuntos de tuerca, arandela y paso en cada rueda respectivamente. El conjunto de sujeción antes mencionado tiene una medida de 5/8 de pulgada.



**Figura 3. 21.** Conjunto de desplazamiento de la estructura.

**Fuente:** Los Autores.

Siguiendo el procedimiento de armado, realizamos los agujeros donde estarán dispuestos los manómetros indicadores de presión.

El primer paso es tomar la medida del manómetro y trasladarla hacia la placa superior donde los fijamos.



**Figura 3. 22.** Medición de los agujeros.

**Fuente:** Los Autores.

Como segundo paso, realizamos los agujeros sobre la placa metálica, retirando el metal cortado.



**Figura 3. 23.** Corte de la palca de acero.

**Fuente:** Los Autores.

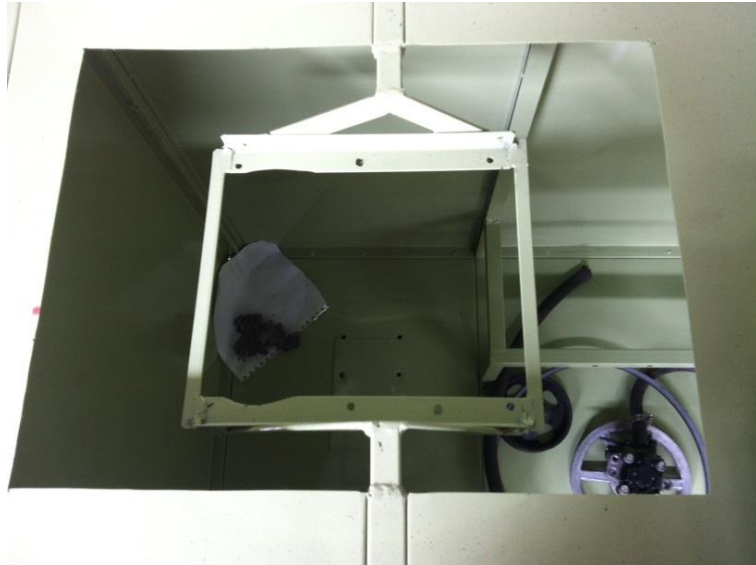
Como ultimo paso, presentamos la disposición de los agujeros listos para montar los manómetros.



**Figura 3. 24.** Disposición de los agujeros.

**Fuente:** Los Autores.

Continuamos con la construcción de la base del cuerpo de válvulas y además en esta estructura va a estar fijado el reservorio de aceite hidráulico.



**Figura 3. 25.** Conjunto de desplazamiento de la estructura.

**Fuente:** Los Autores.

Proseguimos armando el reservorio del líquido hidráulico, el cual va a tener una capacidad de 4 galones. En este depósito se va a almacenar todo el fluido, antes, durante y después del proceso de funcionamiento del banco.



**Figura 3. 26.** Reservorio del aceite hidráulico.

**Fuente:** Los Autores.

Realizamos la construcción de la base de apoyo de la bomba hidráulica con la cual aseguraremos el funcionamiento sin desplazamiento de la bomba.



**Figura 3. 27.** Base de la bomba hidráulica.

**Fuente:** Los Autores.

Procedemos a pintar la estructura del banco de pruebas una vez que ya están soldados y acoplados todos los elementos de acero, la pintura que utilizamos es de color verde y su composición es de acrílico anticorrosiva; la razón por la que utilizamos esta pintura es por su resistencia a agentes contaminantes y a los líquidos corrosivos.

Esmalte antioxidante con efecto forjado. Alta protección antioxidante. Puede ser aplicada directamente en el metal.<sup>38</sup>



**Figura 3. 28.** Pintura antioxidante y anticorrosiva.

**Fuente:** Los Autores.

---

<sup>38</sup> <http://www.archiexpo.es/prod/pinturas-monto/pinturas-lacas-anticorrosivas-metal-brillantes-97868-973596.html>



Imagen final del proceso mecánico de armado, construcción y pintado del banco de pruebas.



**Figura 3. 29.** Banco de pruebas pintado.

**Fuente:** Los Autores.

### **3.2.2. Diseño Hidráulico.**

Para el diseño hidráulico de bombeo y presión del sistema, hemos tomado en cuenta la presión que necesita el cuerpo de válvulas, dicha presión esta dentro de un rango de funcionamiento entre 150 PSI a 200 PSI de acuerdo al fabricante, esta presión la podemos conseguir con dos elementos: un motor trifásico de corriente continua y una bomba de dirección hidráulica, estas dos unidades simularan el funcionamiento hidráulico de una transmisión automática, considerando que simplemente necesitamos una presión mínima de 100 PSI.

La activación del motor y de la bomba se realizará de forma electrónica, de acuerdo al modo de funcionamiento del banco de pruebas, esta acción la determina el técnico automotriz en función de sus necesidades de comprobación.

#### **3.2.2.1. Calculo para determinar la potencia hidráulica.**

Nuestro sistema generador de presión necesita de un motor eléctrico y una bomba hidráulica el cual va a ser capaz de transportar el fluido hacia el cuerpo de válvulas. Para realizar este análisis nos basamos en las siguientes consideraciones empleando la siguiente formula:

- Para la adquisición de un motor eléctrico realizamos el análisis de la potencia hidráulica requerida.
- La capacidad de flujo y la presión de la bomba viene especificada en datos del fabricante, bomba de dirección hidráulica de un vehículo Hyundai Santa Fé 2007.

### Procedimiento de cálculo.

#### **Datos:**

Flujo (l/min) = 2.3 (l/min)

Presión bomba p (Kpa) = 1306 psi = 9003,56 (Kpa)

Constante de proporcionalidad = 60

$$1psi \rightarrow 6,894Kpa$$

$$1306psi \rightarrow x$$

$$x = \frac{1306psi * 6,894Kpa}{1psi}$$

$$x = 9003,56 Kpa$$

$$Ph(W) = \frac{Flujo\left(\frac{l}{min}\right) * p(Kpa)}{60} \quad 39$$

$$Ph(W) = \frac{2,3\left(\frac{l}{min}\right) * 9003,56(Kpa)}{60}$$

$$Ph(W) = 345,14 W$$

$$Ph(KW) = 345,14 W = 0,345KW$$

- De acuerdo al catalogo de los motores WEG obtenido de la pagina oficial de la industria, el motor próximo a seleccionar es el siguiente: WEG NAMA 48-56 con una potencia nominal de ½ hp o 0.37 kW.

---

<sup>39</sup> [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_06\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_06_MEC01.pdf)

### 3.2.2.2. Determinación de la vida útil del motor eléctrico.

La vida útil del motor seleccionado dependerá directamente del aislamiento de los devanados. Este factor de aislamiento, es afectado por: la humedad, vibraciones, ambientes corrosivos y el factor más determinante sin duda, la temperatura de trabajo de los materiales aislantes empleados.

Cuando se habla de la reducción de la vida útil del motor se hace referencia a la elevada temperatura de trabajo a la que este ha estado sometido. La garantía que ofrece la marca WEG en durabilidad de sus productos, específicamente el motor que vamos a adquirir, esta direccionada a una vida útil prácticamente ilimitada si la temperatura de trabajo del generador es mantenida dentro de las especificaciones detalladas por sus fabricantes.

Las clases de aislamiento térmico para maquinas eléctricas son:

- ✚ Clase A ( 105 °C )
- ✚ Clase E ( 120 °C )
- ✚ Clase B ( 130 °C )
- ✚ Clase F ( 155 °C )
- ✚ Clase H ( 180 °C )<sup>40</sup>

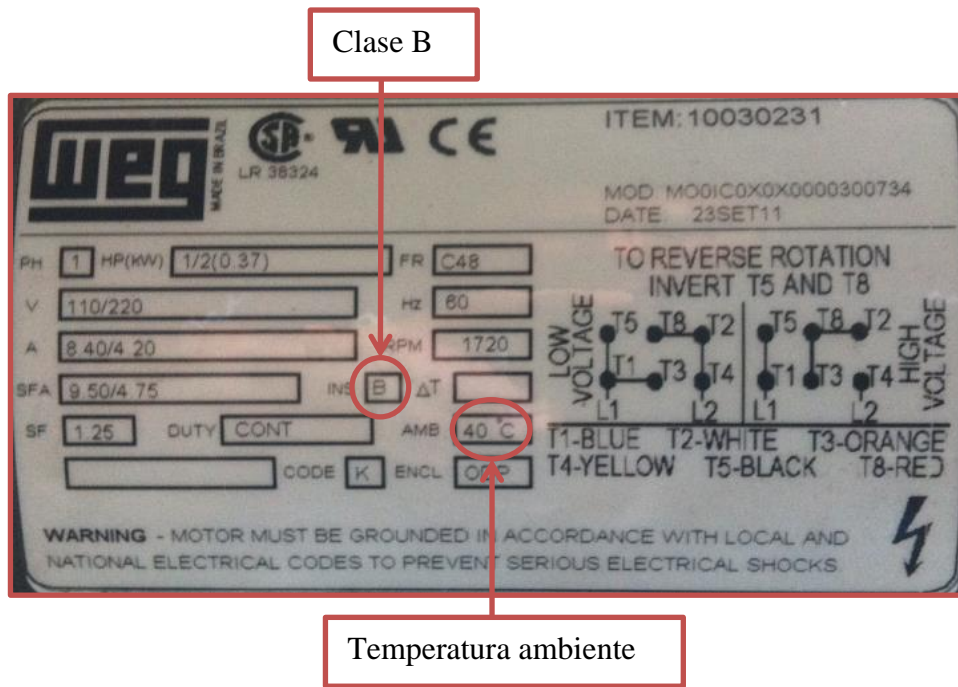
La temperatura ambiente máxima es de 40 ° C, por norma. Por encima de esta temperatura de trabajo se reduce la vida útil.

Clase de aislamiento		<b>A</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>F</b>	<b>H</b>
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
$\Delta t$ = elevacion de temperatura (metodo de la resistencia)	°C	60	75	80	105	125
Diferencia entre el punto mas caliente y la temperatura media	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura del punto mas caliente	°C	105	120	130	155	180

**Tabla 3. 14.** Composición de la temperatura en función de la clase de aislamiento.

**Fuente:** <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacion-50039910-manual-espanol.pdf>

<sup>40</sup> <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacion-50039910-manual-espanol.pdf>



**Figura 3. 30.** Datos técnicos de aislamiento y temperatura.

**Fuente:** Los autores.

### 3.2.2.3. Motor eléctrico.

Para conseguir el movimiento que genere la presión de la bomba hidráulica, hemos empleado un motor eléctrico marca WEG modelo NEMA 48-56, este elemento va a estar acoplado en la base inferior del banco de pruebas dentro del habitáculo junto con el generador hidráulico.



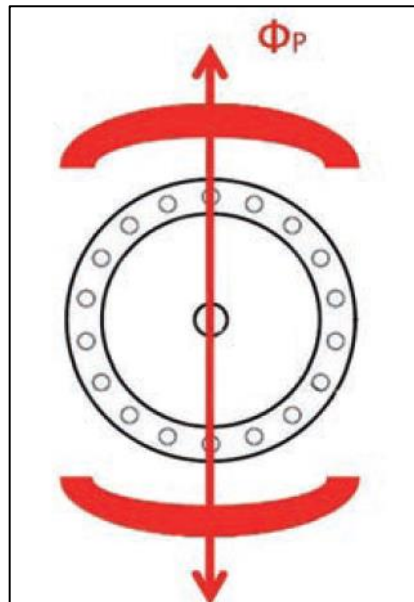
**Figura 3. 31.** Motor WEG NAMA 48-56.

**Fuente:** <http://www.weg.net/br>

### 3.2.2.3.1. Principio de funcionamiento

Cuando a una bobina se le aplica una carga de tensión alterna, circula por la bobina una corriente alterna, y genera un flujo magnético también alterno, esto quiere decir que cambia constantemente de sentido e intensidad. Esos cambios son directamente proporcionales al ritmo de frecuencia de tensión que se aplique a los bornes de la bobina. El efecto de continuidad de intensidad y sentido se logra montando dos bobinas sobre un mismo núcleo magnético y si se las alinea sobre un mismo eje geométrico conseguiremos que los efectos de ambas bobinas se sumen.

Es conocido, ya, que un movimiento alternativo es capaz de producir un movimiento de rotación, un ejemplo cotidiano es el movimiento alternativo de los pistones del motor de un vehículo obtenido mediante la biela y el cigüeñal, este movimiento se convierte en rotativo y luego es transmitido a las ruedas. Lo mismo ocurre con un motor eléctrico, al cual, se hace necesario impulsarlo con una red de alimentación para obtener el arranque y el sentido de giro deseado.<sup>41</sup>



**Figura 3. 32.** Flujo magnético producido por las bobinas.

**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/20119611/Funcionamiento-Del-Motor-Electrico>

<sup>41</sup> <http://es.scribd.com/doc/20119611/Funcionamiento-Del-Motor-Electrico>

### 3.2.2.3.2. Características.

Las características del motor hemos tomado de la página oficial del fabricante y a continuación las exponemos.

Características		Datos	
<b>Carcasa</b>		<b>C48</b>	
<b>Potencia</b>		<b>0,5 HP</b>	
<b>Frecuencia</b>		<b>60 Hz</b>	
<b>Polos</b>		<b>4</b>	
<b>Rotación nominal</b>		<b>1730</b>	
<b>Deslizamiento</b>		<b>3,89 %</b>	
<b>Voltaje nominal</b>		<b>127/220 V</b>	
<b>Corriente nominal</b>		<b>7,70/4,44 A</b>	
<b>Corriente de arranque</b>		<b>41,6/24,0 A</b>	
<b>Ip / In</b>		<b>5,4</b>	
<b>Corriente en vacío</b>		<b>6,16/3,55 A</b>	
<b>Par nominal</b>		<b>1,51 lb.ft</b>	
<b>Par de arranque</b>		<b>330 %</b>	
<b>Par máxima</b>		<b>240 %</b>	
<b>Categoría</b>		<b>---</b>	
<b>Clase de aislación</b>		<b>B</b>	
<b>Elevación de temperatura</b>		<b>80 K</b>	
<b>Tiempo de rotor bloqueado</b>		<b>6 s (caliente)</b>	
<b>Factor de Servicio</b>		<b>1,25</b>	
<b>Régimen de servicio</b>		<b>S1</b>	
<b>Temperatura Ambiente</b>		<b>-20°C – +40°C</b>	
<b>Altitud</b>		<b>1000 m</b>	
<b>Protección</b>		<b>IP21</b>	
<b>Masa aproximada</b>		<b>24 lb</b>	
<b>Momento de inercia</b>		<b>0,04817 sq.ft.lb</b>	

Rendimiento (%)			Factor de potencia		
50%	75%	100%	50%	75%	100%
53,0	59,0	61,7	0,43	0,52	0,61

**Tabla 3. 15.** Características del motor.

**Fuente:** [http://ecatalog.weg.net/tec\\_cat/tech\\_motor\\_desenho\\_web.asp](http://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_desenho_web.asp)

### 3.2.2.3.3. Instalacion del motor en el banco de pruebas.

Tomamos las medidas y perforamos en la base del banco de pruebas, con este procedimiento aseguramos el motor eléctrico para que no se produzca movimientos bruscos que luego se transmitan a todo el comprobador.



Figura 3. 33. Seguridad del motor.

Fuente: Los autores.

Utilizando el siguiente diagrama eléctrico que viene dispuesto sobre el motor, procedemos a realizar las conexiones del motor.

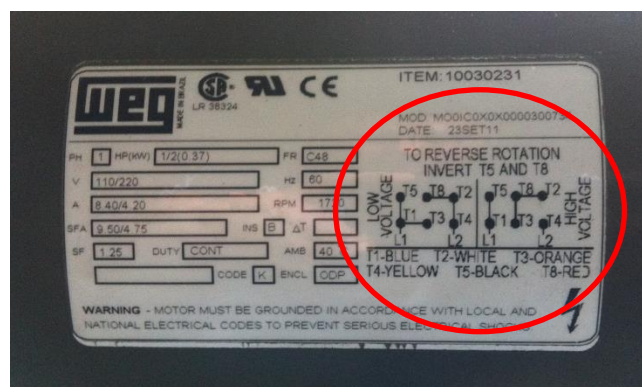


Figura 3. 34. Diagrama eléctrico.

Fuente: Los autores.



De acuerdo a los colores indicados en el diagrama, procedemos a formar dos conjuntos con tres cables cada uno, esto sirve para conectar el motor a la red de corriente eléctrica de 110 V que comúnmente tenemos en las paredes y es con la que vamos a trabajar.

Primer conjunto de cables.	Segundo conjunto de cables.
Blanco	Negro
Rojo	Azul
Amarillo	Naranja

**Tabla 3. 16.** Tabla de colores para conexión.

**Fuente:** Los autores.



**Figura 3. 35.** Conexión de los cables.

**Fuente:** Los autores.

Finalmente hemos logrado la instalación del motor y podemos conectar a la red de 110 voltios como fue el objetivo planteado.



**Figura 3. 36.** Conexión de los cables.

**Fuente:** Los autores.

### 3.2.2.4. Bomba Hidráulica.

#### 3.2.2.4.1. Calculo para determinar la presión hidráulica.

- ✚ Para la determinación de la presión hidráulica que se requiere para el funcionamiento del sistema es necesario hacer el siguiente análisis:

Datos para presión hidráulica:

$n_3 = 750 \text{ rpm}$	Número de revoluciones en que funciona la bomba,
$p_1 = 1,5 \text{ kpsi}$	Presión que da la bomba de dirección hidráulica en ralenti,
$n_2 = 652 \text{ rpm}$	Número de revoluciones que existe en la bomba mediante la relación de poleas.
$p_2 = ?$	Presión a encontrar que daría la bomba hidráulica.

Interpolación lineal:

750 rpm                      1,5 kpsi

653 rpm                      x

$$x = \frac{653 \cdot 1,5}{750}$$

$$x = 1,306 \text{ kpsi}$$

- La presión adquirida en la bomba hidráulica mediante la interpolación lineal es de 1,306 kpsi lo cual es suficiente para la circulación del fluido

Para distribuir la presión hacia el cuerpo de válvulas y a las cañerías, utilizamos una bomba de dirección hidráulica asistida de un vehículo Hyundai Santa Fe. Las razones de haber elegido precisamente este elemento son las siguientes:

- Se encuentra con facilidad en el mercado de repuestos.
- Bajo costo en comparación a otras marcas.
- Brinda una presión máxima suficiente de hasta 2500 PSI. Nosotros necesitamos de 300 PSI a 500 PSI.
- Fácil regulación del paso de presión. Se lo hace realiza variando la tensión del muelle de la válvula de paso.
- Simplicidad en conexionado.
- Bajo peso, ½ kilogramo.

#### **3.2.2.4.2. Funcionamiento.**

La bomba de dirección hidráulica es un elemento destinado a elevar la presión del fluido desde el depósito hacia el conjunto de dirección del vehículo, en otras palabras, transforma la energía mecánica que recibe por su accionamiento en energía hidráulica. Están dentro de la clasificación de las bombas de desplazamiento positivo o hidrostáticas ya que su finalidad es elevar la presión y transmitir la energía.<sup>42</sup>

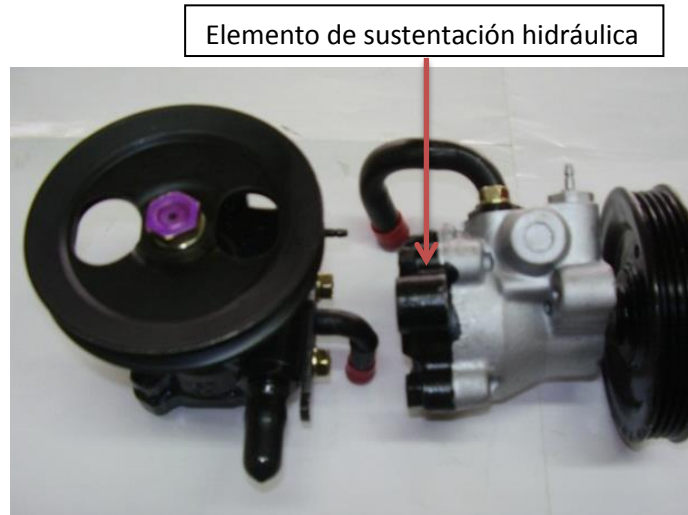
Posee dos fases de funcionamiento:

**Aspiración.-** Cuando se transmite la energía mecánica hacia la bomba, esta empieza a girar en sentido horario y se genera una disminución de presión en la entrada, como el depósito en el que tenemos el fluido se encuentra sometido a una presión atmosférica, entonces en ese momento se produce una diferencia de presiones lo que ocasiona la succión del hidráulico y con ello el impulso del fluido hacia la entrada.

---

<sup>42</sup> <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1045/6/3.CAPITULO%20I.pdf>

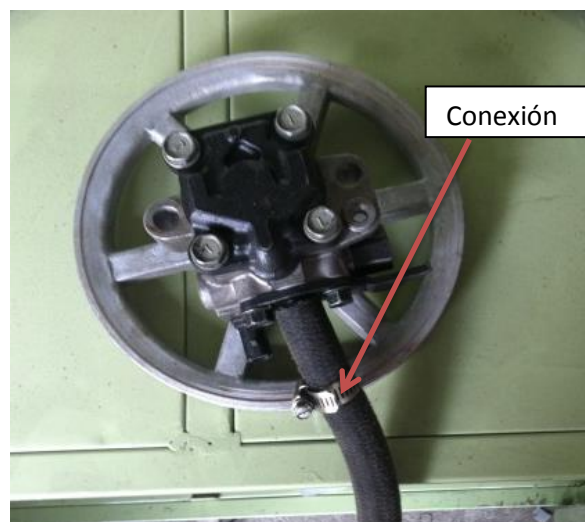
**Descarga.-** Cuando el fluido entra en la bomba, esta toma y lo traslada hacia la salida, al ser una bomba de aletas o aspas asegura que el fluido no retroceda, de este modo, el fluido encuentra su camino más rápido que es el de salida y lo impulsa hacia la entrada del cuerpo de válvulas con la presión requerida.



**Figura 3. 37.** Bomba de dirección hidráulica Hyundai Santa Fe.

**Fuente:** Los autores.

Empezamos acoplando la entrada y salida de la bomba con las cañerías de presión, la salida de la bomba se dirige directamente hacia la entrada del cuerpo de válvulas y la entrada va fijada hacia el depósito del líquido hidráulico.



**Figura 3. 38.** Conexión entrada y salida de la bomba.

**Fuente:** Los autores.

Luego procedemos a construir y soldar la estructura pequeña donde va a estar montada la bomba hidráulica haciendo un solo conjunto con el motor eléctrico.



**Figura 3. 39.** Estructura de la bomba hidráulica.

**Fuente:** Los autores.

Luego del proceso anterior, ya tenemos fija la bomba hidráulica en nuestro banco de pruebas, con esto aseguramos su correcto funcionamiento sin movimientos bruscos.

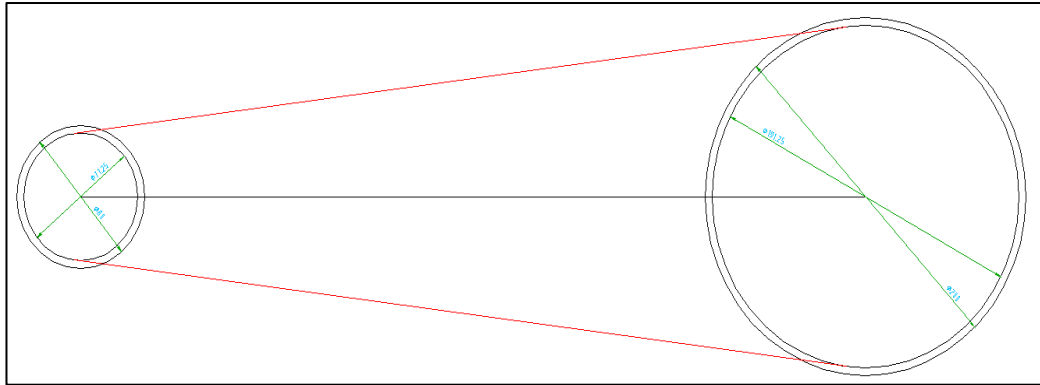


**Figura 3. 40.** Bomba hidráulica fijada al banco de pruebas.

**Fuente:** Los autores.

### 3.2.2.4.3. Calculo para determinar la relación de transmisión entre poleas.

Para determinar las revoluciones por minuto que un motor nos debe dar para el funcionamiento de nuestro banco se realiza los siguientes análisis matemáticos:



**Figura 3. 41.** Análisis del sistema de poleas

**Fuente:** Los autores

#### **Datos:**

$n_1 = 1750$ rpm	Número de revoluciones del motor
$d_1 = 71,25$ mm	$\emptyset$ medio de la polea mayor
$d_2 = 191,25$ mm	$\emptyset$ medio de la polea menor
$n_2 = ?$	Número de revoluciones a encontrar de la bomba hidráulica
$Vt_1$	Velocidad de transmisión 1
$Vt_2$	Velocidad de transmisión 2

Procedimiento de cálculo:

$$Vt_1 = \frac{n * d * \pi}{1000}$$

$$Vt_2 = \frac{n * d * \pi}{1000}$$

$$Vt_1 = Vt_2$$

$$\frac{n_1 * d_1 * \pi}{1000} = \frac{n_2 * d_2 * \pi}{1000}$$

$$n_2 = \frac{n_1 * d_1}{d_2}$$

$$n_2 = \frac{1750 \text{ rpm} * 71,25 \text{ mm}}{191,25 \text{ mm}}$$

$$n_2 = \mathbf{652 \text{ rpm}}$$

- El número de revoluciones que nos da la bomba hidráulica en nuestro banco de pruebas es de 652 rpm mediante la relación de transmisión entre banda poleas, con lo cual es necesario para abastecer el funcionamiento de nuestro banco de pruebas

Para trasladar el movimiento desde el motor eléctrico hacia la bomba hidráulica, utilizamos un mecanismo de poleas y banda.

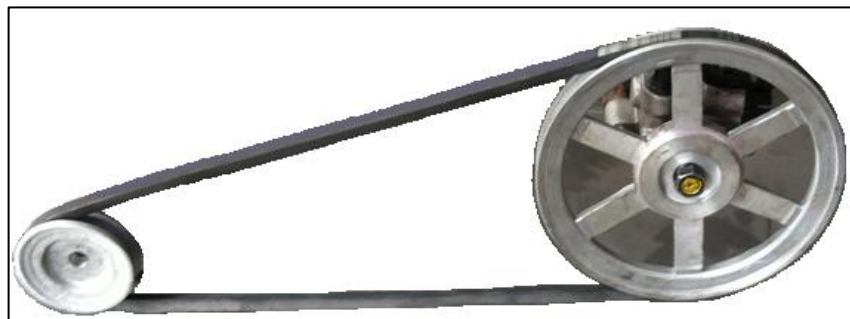
Las poleas fueron seleccionadas con el fin de reducir las RPM (revoluciones por minuto) del motor eléctrico, ya que sus revoluciones estándar de fabricación son de 1720 RPM y para la comprobación del cuerpo de válvulas es suficiente que el banco trabaje en condiciones similares a un motor real, puesto en ralentí.

La banda de transmisión fue seleccionada una vez conocido el diámetro de las poleas y la superficie de contacto la seleccionamos en tipo V ya que las poleas poseen esa misma superficie.

Relación de transmisión 2.5:1		
Polea	Diámetros (cm)	Desmultiplicación
<b>Polea del motor</b>	8	Menor a Mayor
<b>Polea de la bomba</b>	20	Mayor a Menor
Banda	Largo (cm)	Diámetro (cm)
<b>Tipo V</b>	48.9	24.45

**Tabla 3. 17.** Relación de transmisión y selección de la banda.

**Fuente:** Los autores



**Figura 3. 42.** Conjunto banda poleas.

**Fuente:** Los autores.

La banda seleccionada es de procedencia coreana, la marca es muy conocida ya que es de uso comercial y muy solicitado para sistemas de transmisión de movimiento, esta es la razón por la que elegimos esta correa de transferencia.



A49 = Longitud de la banda = 48.9 cm.



**Figura 3. 43.** Correa de transmisión.

**Fuente:** Los autores.

Luego de la selección de la polea ya la banda de transmisión, dejamos concluido la instalación del conjunto hidráulico conformado por le motor eléctrico y la bomba de dirección.



**Figura 3. 44.** Conjunto motor eléctrico – bomba hidráulica.

**Fuente:** Los autores.

### 3.2.2.4.4. Selección de cañerías de alta presión.

Una de las partes más importantes dentro de un sistema hidráulico, son los conductos de paso del fluido, ya que estos elementos deben asegurar la entrada y salida de la presión necesaria para hacer funcionar un circuito correctamente.

Al seleccionar el tipo de cañería para el montaje del sistema hidráulico en el banco de pruebas se decidió elegir la Manguera SAE 100 la cual consiste en una cañería de  $\frac{3}{4}$  de polímero elástico con trenzado de alambre de acero<sup>43</sup> y acoples de  $\frac{3}{4}$  de acero al carbón con tratamiento superficial de zinc<sup>44</sup>; se optó por este tipo de cañería porque es una manguera que soporta altas presiones de hasta los 3000 psi, para lo cual mediante el análisis ya realizado se determinó que en nuestro sistema la máxima presión adquirida es de 1300 psi, mediante el cual se estableció que si se sobredimensiona el material de la cañería soportara la misma e incluso mayores presiones, la vida útil del sistema sería mayor evitando así averías o daños en el sistema, situación por la cual no se decidió por una manguera que soporte menor o igual valor de presión que el requerido por el banco.

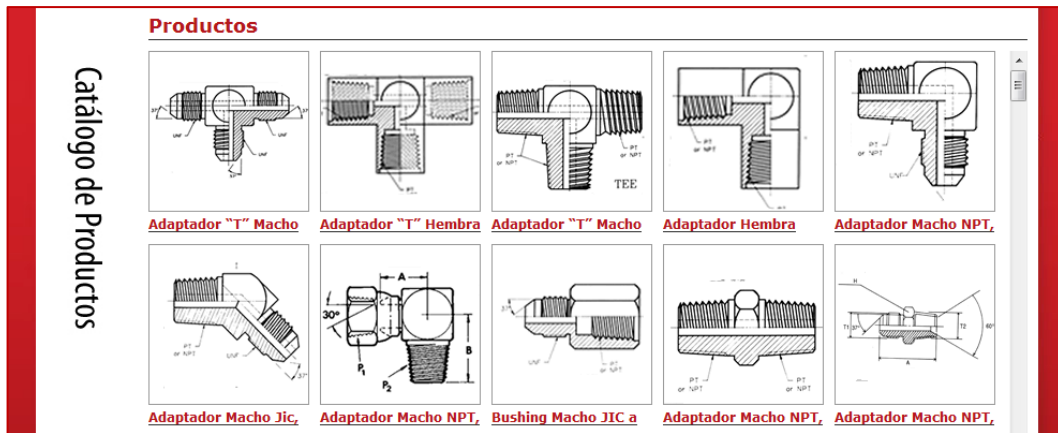


Figura 3. 45. Selección de tipo de cañería

Fuente: <http://www.procaucho.cl/categoria/productos/>

<sup>43</sup> <http://www.procaucho.cl/categoria/productos/mangueras-hidraulicas/>

<sup>44</sup> <http://www.procaucho.cl/categoria/productos/>



**Figura 3. 46.** Selección del tipo de acoplamientos

**Fuente:** <http://www.procaucho.cl/categoria/productos/mangueras-hidraulicas/>

A continuación detallamos los elementos de alta presión:

<b>Elementos de alta presión.</b>			
	Cantidad	Diámetro (plg)	Material
<b>Cañerías Alta presión</b>	12	3/4	Polímero elástico con trenzado de alambre de acero
<b>Acoples</b>	24	3/4	Acero al carbón con tratamiento superficial de zinc.

**Tabla 3. 18.** Elementos de alta presión.

**Fuente:** Los autores



**Figura 3. 47.** Conjunto motor eléctrico – bomba hidráulica.

**Fuente:** Los autores.

### **3.2.3. Diseño Electrónico.**

Para el diseño electrónico, que comanda las válvulas solenoides del banco de pruebas, se ha hecho necesaria la construcción de una placa de circuitos electrónicos impresos, conformada por diferentes elementos y cada uno de estos cumplen una función determinada. El circuito principal es aquel que lleva montado un micro controlador llamado *Arduino Mega 2560*<sup>45</sup>, este viene a ser el corazón del control electrónico ya que es el encargado de interpretar y comandar las operaciones indicadas por parte del técnico para realizar la comprobación del cuerpo de válvulas.

#### **3.2.3.1. Materiales.**

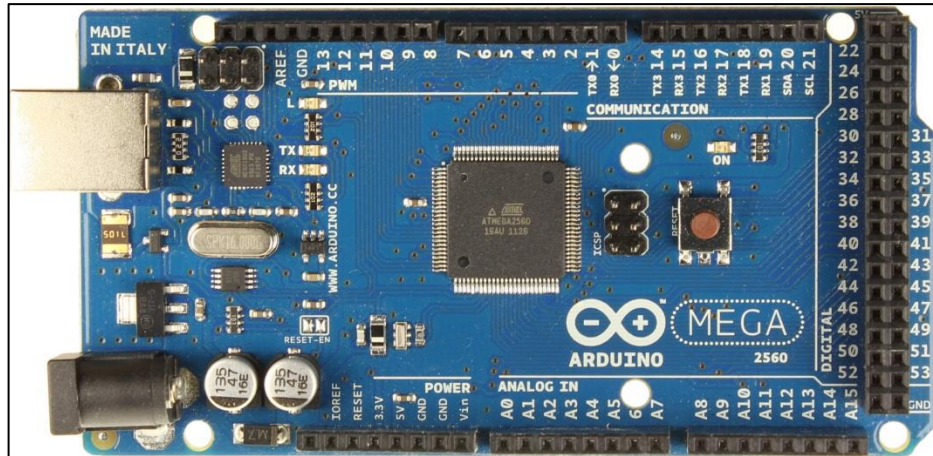
Los materiales empleados para la construcción del modulo electrónico del banco de pruebas se detallan a continuación de acuerdo a su función y operatividad.

##### **3.2.3.1.1. Arduino Mega 2560.**

Este elemento controlador es una placa electrónica que tiene 54 pines digitales de entrada y salida, 15 pines se pueden utilizar como salidas PWM (Pulse Wide Modulation) que en sus siglas en español significa modulo de ancho de impulso, cuenta además con 16 entradas analógicas, 4 pines UARTs (serie de puertos de hardware), un pin de 16 MHz (Mega Hertz), una conexión USB (Universal Serial Bus) o en español conector universal en serie, una entrada de alimentación y un botón de reinicio. Este elemento electrónico le brinda todas las facilidades de operación al microcontrolador y su alimentación se la puede realizar mediante un ordenador a través de un cable USB o con un adaptador AC-DC (transformador de corriente alterna a corriente continua), con los cuales funcionara correctamente.

---

<sup>45</sup> <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>



**Figura 3. 48.** Arduino Mega 2560.

**Fuente:** Los Autores.

A continuación se detallan los elementos que componen el Arduino Mega 2560.

Elementos	Especificaciones
<b>Microcontroladores</b>	Atmega2560
<b>Voltaje de funcionamiento</b>	5V
<b>Voltaje de entrada (recomendado)</b>	7-12V
<b>Voltaje de entrada (límites)</b>	6-20V
<b>Pines E / S digitales</b>	54 (de los cuales 15 proporcionan PWM)
<b>Pines de entrada analógica</b>	16
<b>DC Corriente por I / O Pin</b>	40 mA
<b>Corriente CC para Pin 3.3V</b>	50 mA
<b>Memoria Flash</b>	256 KB de los cuales 8 KB usados por bootloader
<b>SRAM</b>	8 KB
<b>EEPROM</b>	4 KB
<b>Velocidad del reloj</b>	16MHz

**Tabla 3. 19.** Especificaciones del arduino.

**Fuente:** <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>.

### 3.2.3.1.1.1. Alimentación del arduino.

Los arduinos mega se alimentan a través de un puerto USB o con una fuente de alimentación externa AC-DC, esto va de acuerdo a las necesidades del programador.

Si deseamos conectar hacia la batería de 12 voltios se procede a insertar los cables en los cabezales del pin GND (tierra) y Vin del conector de alimentación.

La tarjeta puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios, si se proporcionan menos de 6 voltios el funcionamiento se torna inestable; si por el contrario se alimenta con más de 12 voltios, el regulador de voltaje se puede sobrecalentar produciendo el daño del Arduino.

Recomendamos utilizar entre 7 y 12 voltios.<sup>46</sup>

Detalle de los pines:

PIN	Detalle.
<b>VIN</b>	Es el pin de voltaje de entrada cuando se alimenta con fuentes diferentes al puerto USB.
<b>5V</b>	Salida de 5voltios regulada desde el conmutador de voltaje.
<b>3V3</b>	Suministro de 3,3 voltios generados por el regulador a bordo. Utiliza 50 mA.
<b>GND - tierra</b>	Pin de tierra.
<b>IOREF – pin de microcontrolador.</b>	Selecciona la fuente de alimentación 5V o 3.3V

**Tabla 3. 20.** Alimentación del arduino.

**Fuente:** <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>.

<sup>46</sup> <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

### **3.2.3.1.1.2. Memoria.**

El arduino mega tiene 256 KB de memoria flash la cual sirve para almacenar la programación, 8 KB se emplean para gestionar el arranque de la placa, además cuenta con disposición de 8 KB de memoria SRAM (*Static Random Access Memory*) o sus siglas en español que significa Memoria Estática de Acceso Aleatorio y 4KB de memoria EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*), que significa Memoria de sólo lectura programable y borrable eléctricamente; estas memorias se las programa con la misma librería de comandos que dispone el programa Arduino.

### **3.2.3.1.1.3. Entradas y Salidas.**

El arduino mega cuenta con 54 pines digitales que se los puede utilizar como entradas y salidas, estos pines funcionan con 5 voltios; cada pin puede proporcionar i recibir 40 mA (miliamperios) y tiene una resistencia interna de 20 a 50 kOhm (kilo ohmios).

Este elemento cuenta además, con 16 entradas analógicas, cada una de estas proporciona 10 bits de resolución es decir 1024 valores diferentes, por defecto tienen un voltaje de 5 voltios.

### **3.2.3.1.1.4. Comunicación.**

El arduino mega 2560 se comunica con el ordenador mediante un puerto USB que funciona con 5 voltios. Se utilizó para la programación el mismo lenguaje de codificación que proporciona la página oficial, este programa se llama ARDUINO-1.0.4, y es un software con licencia GNU (General Public License) y se lo puede descargar fácilmente de la página oficial la cual indicamos a continuación.<sup>47</sup>

<http://arduino.cc/en/Main/Software>

---

<sup>47</sup> <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

### **3.2.3.1.1.5. Programación.**

Los arduino mega se pueden programar con facilidad mediante cualquier ordenador que soporte el software que indicamos anteriormente. Este arduino viene incorporado con un cargador de arranque que permite cargar un nuevo código sin el uso de un programador o hardware externo. Su lenguaje de programación es el C++, este lenguaje de programación es híbrido y conocimiento mundial y está orientado a comandar objetos, por lo que este elemento resulta totalmente adecuado para comandar nuestro banco de pruebas.

### **3.2.3.1.1.6. Restablecimiento automático.**

El restablecimiento de todo el circuito se da mediante un pulsante o botón de reinicio, el cual está programado y cuenta con una propia línea de software programado que en el momento de pulsar el botón este elemento restablece automáticamente el sistema; además el diseño del software interno tiene la capacidad de restablecer el código con tan solo pulsar el botón. Este reinicio solo se puede dar en el momento que el arduino está conectado al ordenador mediante un cable USB, en este momento el gestor de arranque del programa se reiniciará.

### **3.2.3.1.1.7. Protección de sobrealimentación USB.**

El arduino mega 2560 tiene una línea de seguridad constituida por un fusible que protege a los puertos USB del ordenador de cortocircuitos y sobretensiones. Aunque las computadoras vienen provistas de su propia seguridad contra sobretensiones nunca está de más que este elemento ayude a proteger el equipo. La protección se da de la siguiente manera: Si se aplica más de 500 mA al puerto USB, el fusible se romperá automáticamente y se perderá la comunicación hasta que se repare nuevamente este componente.<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>



### 3.2.3.1.2. Resistencias.

Se denomina resistencia eléctrica a toda oposición que encuentra la corriente para fluir a través de un cuerpo en un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de las cargas eléctricas o electrones. Se lo simboliza con la letra R y en el sistema internacional de unidades su valor esta expresado en Ohmios que proviene de la letra griega Omega  $\Omega$ .<sup>49</sup>



**Figura 3. 49.** Resistencia eléctrica.

**Fuente:** <http://heivaneima.wordpress.com/resistencia-definicion/>

### 3.2.3.1.3. Diodo Rectificador.

Su construcción esta basada en la estructura fundamental de los elementos electrónicos llamados semiconductores, siendo su principal aplicación la de rectificar señales. Este tipo de diodos son fabricados de silicio y soportan elevadas temperaturas hasta de 200°C (grados centígrados) siendo su corriente de tensión muy pequeña y su resistencia muy baja; gracias a estas ventajas se pueden construir diodos de pequeñas dimensiones por el cual circularía potencias relativamente elevadas.<sup>50</sup>



**Figura 3. 50.** Diodo Rectificador.

**Fuente:** <http://www.steren.com.mx/catalogo/prod.asp?p=120>

---

<sup>49</sup>ANÁLISIS BÁSICO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS, Txelo Ruíz. Editorial Pearson. España. 2009. Vol. 2.

<sup>50</sup> Pérez, Álvarez, y otros, *Manual de practicas de electrónica digital*, 3<sup>ra</sup> Edición, Editorial Marcombo, España, 2005.

#### 3.2.3.1.4.. Condensador cerámico.

Es un dispositivo pasivo utilizado en electrónica, capaz de almacenar energía manteniendo un campo eléctrico. Está formado por un par de superficies conductoras generalmente en forma de láminas o placas es decir que todas las líneas de campo magnético van de un lado a otro separados por el vacío. Cuando las láminas están sometidas una diferencia de potencial, estas adquieren una determinada carga eléctrica positiva en un lado y negativa en otro.<sup>51</sup>



**Figura 3. 51.** Condensador Cerámico.

**Fuente:** <http://diyaudio.es/es/condensadores-ceramicos/>

#### 3.2.3.1.5. Diodo Led (Light-Emitting Diode).

El diodo emisor de luz es un dispositivo semiconductor que emite luz cuando se polariza de forma directa y se basa en la estructura fundamental de los elementos electrónicos, en el cual circula a través de él, una corriente eléctrica. El Led es un tipo de diodo que trabaja como un diodo común pero en el momento de ser atravesado por una corriente eléctrica, emite luz. Este elemento viene comúnmente encapsulado con una cubierta de plástico de mayor resistencia que el vidrio. Se pueden encontrar diodos Led de diferentes colores, pero esto solo significa la parte estética ya que no influye en nada de su funcionamiento.<sup>52</sup>



**Figura 3. 52.** Diodo Led.

**Fuente:** [http://www.electrobox.es/product\\_info.php?products\\_id=1770](http://www.electrobox.es/product_info.php?products_id=1770)

---

<sup>51</sup> Pérez, Álvarez, y otros, *Manual de practicas de electrónica digital*, 3<sup>ra</sup> Edición, Editorial Marcombo, España, 2005.

<sup>52</sup> ANÁLISIS BÁSICO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS, Txelo Ruíz. Editorial Pearson. España. 2009. Vol. 2.

### 3.2.3.1.6. Transistor TIP-122.

Es un transistor Darlington de potencia es decir que posee dos transistores conectados en cascada para aumentar la ganancia. La corriente es de 5 amperios, y tiene un voltaje de 100V. Su elevada ganancia permite conectar la base al microcontrolador del arduino y el colector esta conectado al circuito de potencia, este proceso se realiza sin pasar por etapas previas.<sup>53</sup>

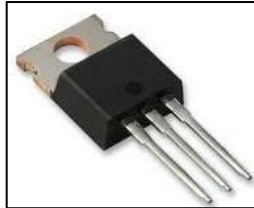


Figura 3. 53. Transistor TIP-122.

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/darlington-transistor-tip122-551558261.html>

### 3.2.3.1.7. TRIAC.

El TRIAC se utiliza para comandar el flujo de corriente y es un elemento semiconductor de tres terminales, con la ventaja de que conduce corriente en ambos sentidos y puede ser desactivado por la inversión de la tensión o al bajar la corriente por debajo del valor especificado. Este elemento puede ser activado independientemente de la polarización, esto quiere decir, mediante una corriente positiva o negativa.<sup>54</sup>

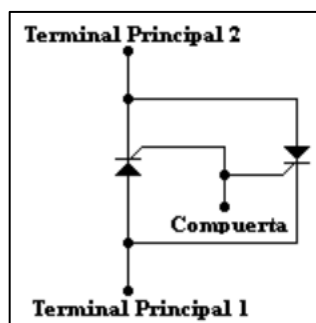


Figura 3. 54. Circuito del TRIAC.

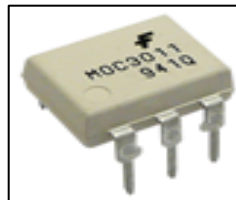
Fuente: [http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/applets/pag\\_triac/triac.htm](http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/applets/pag_triac/triac.htm)

<sup>53</sup> <http://www.elalejandre.net/Arquitectura/Electron.pdf>

<sup>54</sup> <http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planestudio/quintonivel/electronicall/apuntes/triac.pdf>

### 3.2.3.1.8. Optoacoplador MOC-3011.

Es un componente también llamado aislador acoplado ópticamente, tiene la función de emisor y receptor que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo led que satura a un elemento optoelectrónico normalmente en forma de fototriac. Este constituido por dos elementos, un fotoemisor y un fotoreceptor, que se combinan en un solo componente electrónico semiconductor y cuya conexión entre estos elementos, es óptica. Estos componentes se encuentran encapsulados y se los utiliza generalmente para aislar eléctricamente a dispositivos muy sensibles.<sup>55</sup>



**Figura 3. 55.** Optoacoplador MOC 3011.

**Fuente:** [http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/applets/pag\\_triactriac.htm](http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/applets/pag_triactriac.htm)

### 3.2.3.1.9. Trimer 10k.

Es un capacitor variable, se lo utiliza en circuitos donde una vez que esta ajustado con sus elementos no se los vuelve remplazar, este elemento lo empleamos en nuestro circuito para ajustar todos los valores programados en el arduino, dándole rangos en los que se pueda variar y controlar fácilmente sin tener que remplazar elementos cada ves que se haga una programación en el software.<sup>56</sup>



**Figura 3. 56.** Trimer 10K.

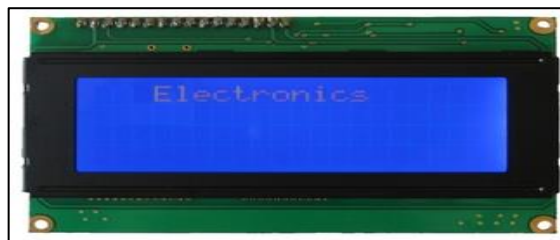
**Fuente:** <http://www.tiendaelectronica.com.ve/potenciometros/787-trimmer-10k.html>

<sup>55</sup> ANÁLISIS BÁSICO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS, Txelo Ruíz. Editorial Pearson. España. 2009. Vol. 2.

<sup>56</sup> Pérez, Álvarez, y otros, *Manual de practicas de electrónica digital*, 3<sup>ra</sup> Edición, Editorial Marcombo, España, 2005.

### 3.2.3.1.10. LCD Alfanumérico 20x4 Azul.

Los LCD (Liquid Cristal Display) alfanuméricos, son elementos electrónicos que permiten desplegar letras o números dentro de su campo visible de operación. Existen muchos tipos en el mercado, pero para nuestra aplicación utilizaremos un LCD 20x4 azul, quiere decir que posee 20 columnas por 4 filas, este elemento es suficiente para mostrarnos la programación de la activación de las válvulas que queremos, además nos brindara una introducción de la interface del programa.<sup>57</sup>



**Figura 3. 57.** Lcd Alfanumérico.

**Fuente:** [http://www.olimex.cl/product\\_info.php?products\\_id=225](http://www.olimex.cl/product_info.php?products_id=225)

### 3.2.3.1.11. Teclado Matricial 4x4.

Los teclados matriciales son elementos de entrada de datos, son ensamblados en forma de matriz y sirven para comandar o dar ordenes, en nuestro caso al arduino, con el teclado podremos escoger las activaciones que deseamos que realice el cuerpo de válvulas con cada uno de sus solenoides.



**Figura 3. 58.** Teclado Matricial 4x4.

**Fuente:** <http://www.coldfire-electronica.com/esp/index/item/28/7/teclado-matricial-4x4-de-membrana>

<sup>57</sup> Pérez, Álvarez, y otros, *Manual de practicas de electrónica digital*, 3<sup>ra</sup> Edición, Editorial Marcombo, España, 2005.

### 3.2.3.2. Construcción del Modulo Electrónico.

Primeramente presentamos la placa impresa, una vez que fue diseñada cuidadosamente con el fin de que no se interrumpan o interpongan los elementos entre si, aquí se observa toda la disposición donde van a estar colocados los componentes electrónicos una vez que estén soldados.

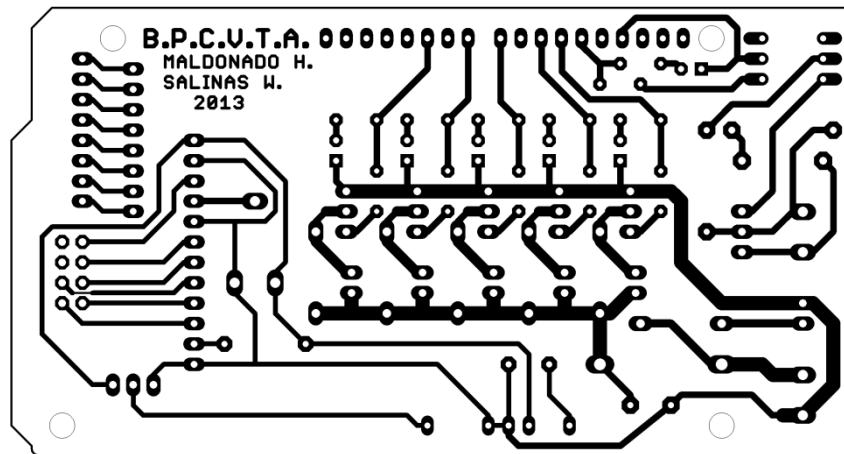


Figura 3. 59. Diseño de la placa electrónica.

Fuente: Los autores.

Aquí observamos el diagrama de los elementos ubicados en la placa electrónica, la construcción física real debe quedar idéntica a este diseño.

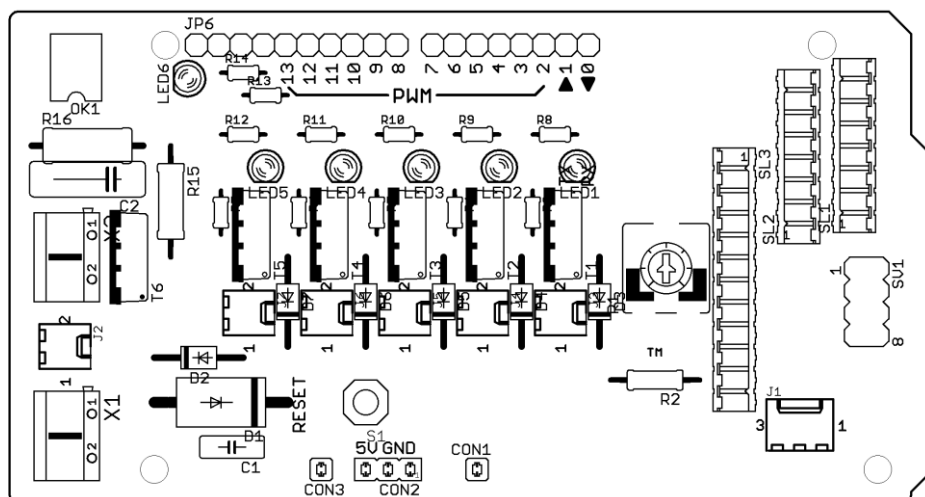
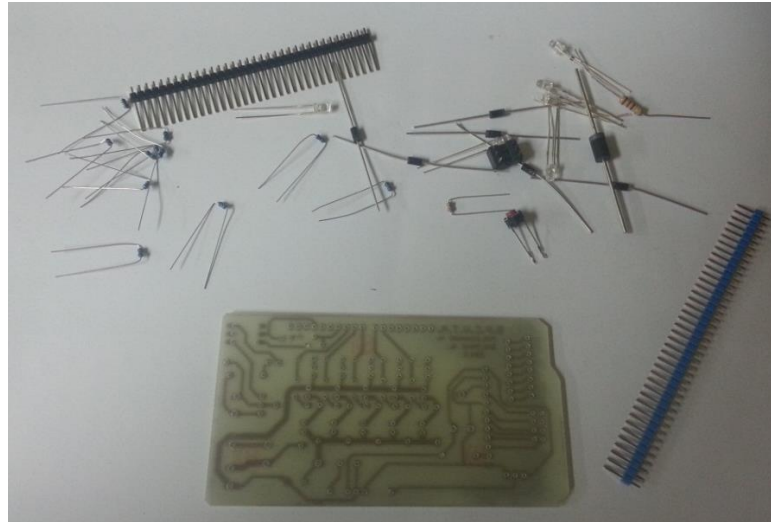


Figura 3. 60. Ubicación de los elementos electrónicos.

Fuente: Los autores.

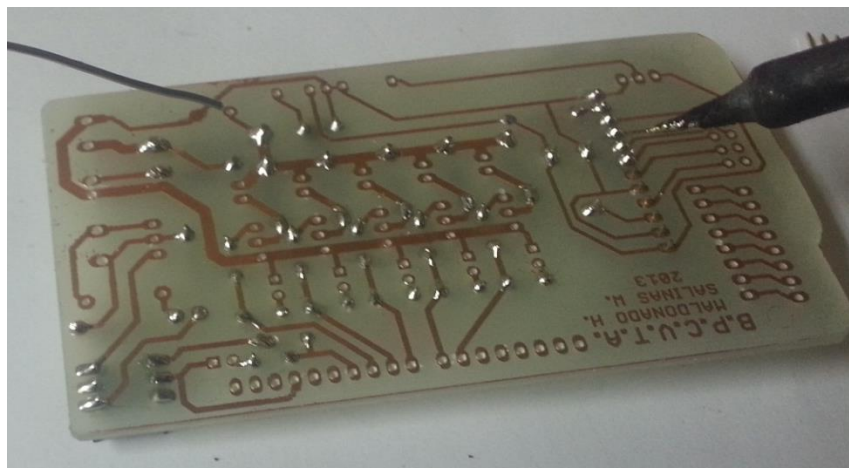
Luego reunimos todos los elementos electrónicos, con los cuales empezamos la construcción de la placa de mando de las válvulas solenoides.



**Figura 3. 61.** Elementos electrónicos.

**Fuente:** Los autores.

Una vez ubicados los componentes en la placa, el siguiente paso que dimos es el de soldar los elementos utilizando un caudín y estaño como elemento de fijación, de esta manera quedaran fijos a la placa y será fácil su manipulación.



**Figura 3. 62.** Soldadura de los elementos.

**Fuente:** Los autores.





En la siguiente imagen se puede ver todos los elementos que dejamos fijos desde una vista frontal, con este procedimiento concluimos el proceso de soldadura de los componentes electrónicos a la placa.



**Figura 3. 65.** Vista frontal de la placa.

**Fuente:** Los autores.

A continuación detallamos el procedimiento de programación mediante el cual podremos controlar las válvulas solenoides y comandarlas de acuerdo a las necesidades específicas, esta programación se la realiza en el software Arduino-1.0.4; en las siguientes imágenes la presentamos:

```
sketch_oct20a | Arduino 1.0.4
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
sketch_oct20a Control_VALVULAS §
/*
Conexion LCD 4 x 20:
* LCD RS pin to digital pin 12
* LCD Enable pin to digital pin 11
* LCD D4 pin to digital pin 5
* LCD D5 pin to digital pin 4
* LCD D6 pin to digital pin 3
* LCD D7 pin to digital pin 2
* LCD R/W pin to ground
* 10K resistor:
  * ends to +5V and ground
  * wiper to LCD V0 pin (pin 3)
*/

// include the library code:
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Keypad.h>

int val_1 = 6;
int val_2 = 7;
int val_3 = 8;
int val_4 = 9;
int val_5 = 10;

const byte ROWS = 4; //four rows
const byte COLS = 4; //four columns

char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
```

**Figura 3. 66.** Programación Lcd.

**Fuente:** Los autores.

```

sketch_oct20a | Arduino 1.0.4
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
sketch_oct20a Control_VALVULAS $
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'*','0','#','D'}
};

byte rowPins[ROWS] = {22,24,26,28}; //connect to the row pinouts of the keypad
byte colPins[COLS] = {30,32,34,36}; //connect to the column pinouts of the keypad
Keypad customKeypad = Keypad( makeKeymap(hexaKeys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);
// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(40, 42, 44, 45, 46, 47);

void setup()
{
  pinMode(val_1, OUTPUT); pinMode(val_2, OUTPUT); pinMode(val_3, OUTPUT); pinMode(val_4, OUTPUT); pinMode(val_5, OUTPUT);
  analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 0); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd.begin(20, 4);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.setCursor(4, 0); lcd.print("Universidad");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Politenica Salesiana");
  lcd.setCursor(2, 2); lcd.print("Ing. Automotriz");
  lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("Iniciando");
  for (int punt = 0; punt < 11; punt++)
  {
    delay(50);
  }
}

```

Figura 3. 67. Programación del Teclado.

Fuente: Los autores.

```

sketch_oct20a | Arduino 1.0.4
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
sketch_oct20a Control_VALVULAS $
void loop()
{
  lcd.setCursor(2, 0); lcd.print("MENU PRINCIPAL");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Seleccionar modo A/M");
  lcd.setCursor(0, 2); lcd.print(">Pres A / AUTONOMO");
  lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(">Pres B / MANUAL");

  char customKey = customKeypad.getKey();

  if (customKey)
  {
    if(customKey == 'A'){Autonomo();}
    if(customKey == 'B'){Manual();}
  }
}

void Autonomo()
{
  int band = true;
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(4, 0); lcd.print("MODO AUTONOMO");
  lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("POS CAJA VALVULAS");
  delay(1000);

  while (band == true)
  {
    char customKey = customKeypad.getKey();
  }
}

```

Figura 3. 68. Programación del Menú de Inicio.

Fuente: Los autores.

```

sketch_oct20a | Arduino 1.0.4
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
sketch_oct20a Control_VALVULAS $

if(customKey == 'A')
{
  lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(" Parking      2 - 3 ");
  analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 200); analogWrite(val_3, 200); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
  delay(5000);
  analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 0); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
}
if(customKey == 'B')
{
  lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(" Neutro      2 ");
  analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 200); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
  delay(5000);
  analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 0); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
}
if(customKey == 'C')
{
  lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(" Reversa      2 ");
  analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 200); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
  delay(5000);
  analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 0); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
}
if(customKey == 'D')
{
  lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(" PRIMERA      2 - 3 ");
  analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 200); analogWrite(val_3, 200); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
  delay(5000);
}

```

**Figura 3. 69.** Programación de activación de las válvulas.

**Fuente:** Los autores.

```

sketch_oct20a | Arduino 1.0.4
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
sketch_oct20a Control_VALVULAS $

Autonomo()

: band = true;
L.clear();
L.setCursor(4, 0); lcd.print("MODO AUTONOMO");
L.setCursor(0, 2); lcd.print("POS CAJA VALVULAS");
ay(1000);

le (band == true)

har customKey = customKeypad.getKey();

f (customKey)

  if(customKey == 'A')
  {
    lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(" Parking      2 - 3 ");
    analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 200); analogWrite(val_3, 200); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
    delay(5000);
    analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 0); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
  }
  if(customKey == 'B')
  {
    lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(" Neutro      2 ");
    analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 200); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
    delay(5000);
    analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 0); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
  }

```

**Figura 3. 70.** Programación del modo automático.

**Fuente:** Los autores.

```

sketch_oct20a | Arduino 1.0.4
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
sketch_oct20a Control_VALVULAS §
Manual()

; band = true;
; band1 = true;

lcd.clear();
lcd.setCursor(4, 0); lcd.print("MODO MANUAL");
lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("POS CAJA VALVULAS");
delay(1000);
while (band == true)

char customKey = customKeypad.getKey();
if (customKey)

    if(customKey == 'A')
    {
        lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(" Parking 2 - 3 ");
        analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 200); analogWrite(val_3, 200); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
        delay(5000);
        analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 0); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
    }
    if(customKey == 'B')
    {
        lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(" Neutro 2 ");
        analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 200); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
        delay(5000);
        analogWrite(val_1, 0); analogWrite(val_2, 0); analogWrite(val_3, 0); analogWrite(val_4, 0); analogWrite(val_5, 0);
    }

```

**Figura 3. 71.** Programación del modo manual.

**Fuente:** Los autores.

```

sketch_oct20a | Arduino 1.0.4
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
sketch_oct20a Control_VALVULAS §
case '2':analogWrite(val_1, 0);analogWrite(val_2, 0);analogWrite(val_3, 220);analogWrite(val_4, 220);analogWri
case '3':analogWrite(val_1, 220);analogWrite(val_2, 0);analogWrite(val_3, 220);analogWrite(val_4, 0);analogWri
case '4':analogWrite(val_1, 220);analogWrite(val_2, 0);analogWrite(val_3, 0);analogWrite(val_4, 220);analogWri
case '0':analogWrite(val_1, 0);analogWrite(val_2, 0);analogWrite(val_3, 0);analogWrite(val_4, 0);analogWrite(va
}

if(customKey == '*')
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(4, 0); lcd.print("MODO MANUAL");
    lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("POS CAJA VALVULAS");
    band1 = false;
}

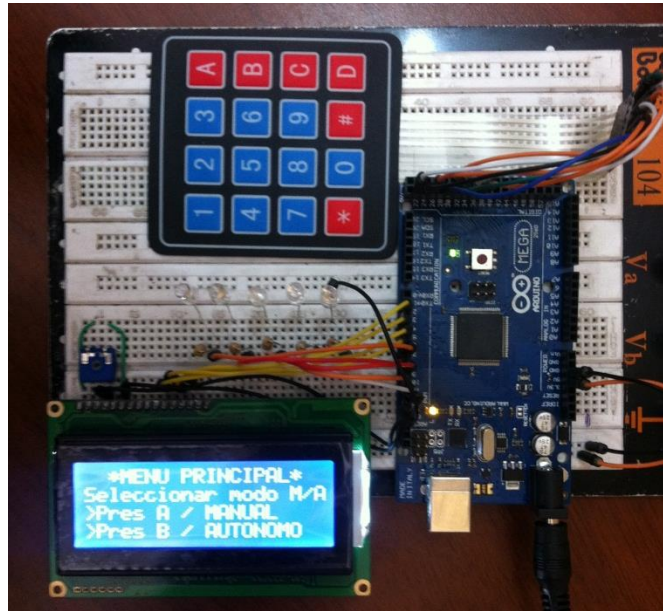
}
if(customKey == '*')(band = false;}

```

**Figura 3. 72.** Programación para retornar al menú inicio.

**Fuente:** Los autores.

Una vez programado el arduino, finalmente concluimos con el ensamblaje del modulo de control y esta listo para comandar el cuerpo de válvulas. A continuación lo presentamos en la siguiente figura.



**Figura 3. 73.** Modulo electrónico programado.

**Fuente:** Los autores.

#### **3.2.4. Ensamblaje final del banco de pruebas.**

Tras haber concluido con el diseño y construcción de los tres sistemas que conforman el comprobador de cuerpos de válvulas, como son: el proceso mecánico, el diseño hidráulico y el diseño electrónico, concluimos con el armado y acople de las tres partes fundamentales que harán funcionar correctamente nuestro conjunto de pruebas.

Proceso mecánico:

Presentamos la estructura del banco de pruebas, concluida totalmente, en cuanto al proceso mecánico explicado y realizado con anterioridad. Visualmente es el primer contacto entre el técnico automatiz y el equipo de diagnostico.



**Figura 3. 74.** Vista frontal del banco de pruebas.

**Fuente:** Los autores.

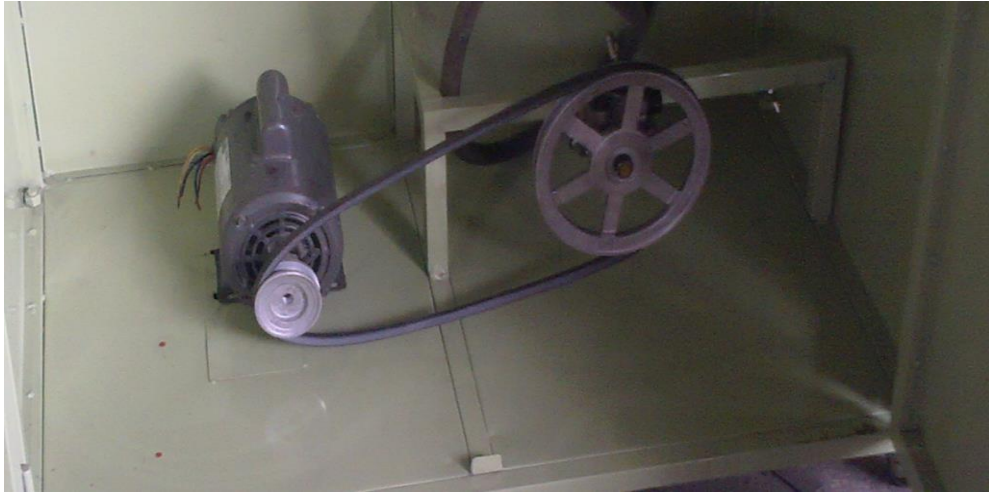


**Figura 3. 75.** Vista posterior del banco de pruebas.

**Fuente:** Los autores.

Acoplamos la parte hidráulica del sistema a la estructura final, esta parte que esta compuesta de los siguientes elementos:

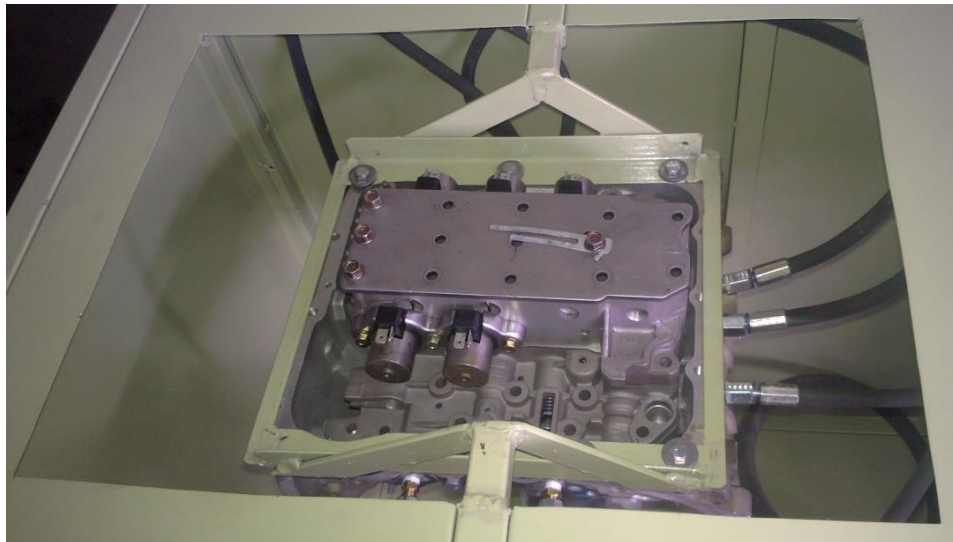
Mecanismo generador de presión.



**Figura 3. 76.** Conjunto motor - bomba.

**Fuente:** Los autores.

Circuito de presión, base y cuerpo de válvulas.



**Figura 3. 77.** Conjunto motor - bomba.

**Fuente:** Los autores.

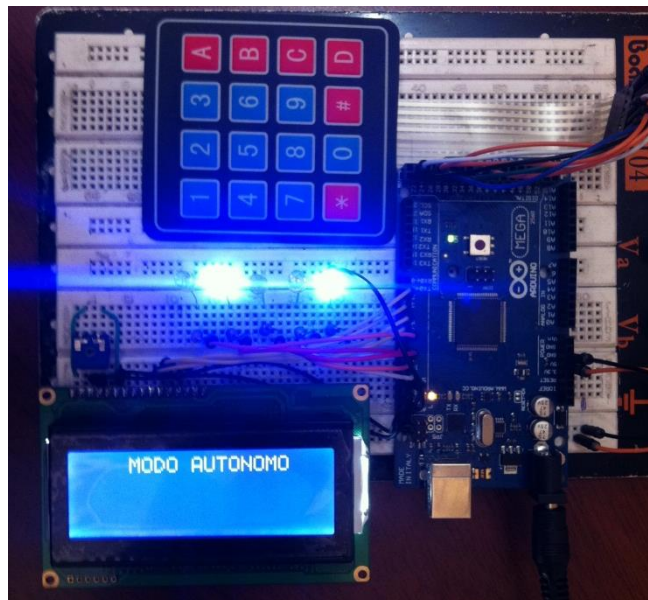
Indicadores de presión del circuito hidráulico, manómetros de presión 300 PSI.



**Figura 3. 78.** Manómetros para presión hidráulica.

**Fuente:** Los autores.

Instalamos el mando electrónico al banco de pruebas con el que controlamos los procesos de comprobación de las electroválvulas.



**Figura 3. 79.** Mando electrónico.

**Fuente:** Los autores.



Como antesala a finalizar el diseño y construcción del comprobador, consideramos establecer un nombre al producto físico que hemos creado, seguidamente se expone el Logo oficial del banco de pruebas, de esta manera se llamará en adelante.

**CCVTAMS: Comprobador de cuerpos de valvulas de transmisiones automaticas Maldonado Salinas.**



**Figura 3. 80.** Logo del banco de pruebas.

**Fuente:** Los autores.

Finalmente tenemos como resultado el montaje completo del banco de pruebas para cuerpos de válvulas de transmisiones automáticas, modelo F4A41, F4A51, F5A51.



**Figura 3. 81.** CCVTAMS.

**Fuente:** Los autores.

## **CAPITULO IV**

**PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CUERPO DE VÁLVULAS DE TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS F4A41 EN EL BANCO DE PRUEBAS CONSTRUIDO.**

#### **4.1. Comprobaciones que se debe realizar en el vehículo, antes del uso del banco de pruebas.**

##### **4.1.1. Inspección preliminar.**

Antes de revisar las distintas presiones del cuerpo de válvulas en el banco de pruebas se debe realizar una inspección preliminar en el vehículo.

- Conocer y entender el problema del cliente.
- Verificar el problema haciendo funcionar el vehículo, en el caso de poder realizarlo caso contrario se procede a realizar otro tipo de comprobaciones.
- Verificar los niveles y condición del fluido
- Verificar para detectar artículos agregados que no son de fábrica.
- Comprobar si los varillajes de cambios tienen el ajuste correcto.
- Comprobar los mensajes de BST relacionados con el problema.

##### **4.1.2. Diagnóstico.**

Realice los procedimientos de diagnóstico a bordo de llave en encendido/motor apagado y de llave en encendido/motor funcionando.

- Registre todos los códigos de falla (DTC).
- Primero repare todos los códigos que no son de la transmisión.
- Segundo, prepare todos los códigos de la transmisión.
- Borre todos los códigos continuos e intente repetirlos.
- Repare todos los códigos continuos.

**Sugerencia:** seguir la secuencia de diagnóstico para verificar y reparar el problema a la primera vez.

## **4.2. Previo al diagnóstico en el banco de pruebas.**

Realizado el diagnóstico necesario en el vehículo y encontrando algún problema o anomalía que se presenta en las pruebas realizadas, procedemos a desmontar el cuerpo de válvulas de la transmisión automática para realizar el diagnóstico en el banco de pruebas de transmisiones automáticas.

Para lo cual en el banco de pruebas encontramos una base con el circuito de hidráulico y electrónico para realizar las pruebas del cuerpo de válvulas, para esto aseguramos el cuerpo de válvulas con los pernos de ajuste ubicando un fino empaque que debe ir entre la base y el cuerpo de válvulas, conectamos la parte electrónica la cual va a proceder a activar los solenoides para poder activar cada circuito hidráulico y de esta forma poder determinar si el fallo es electrónico, mecánico o hidráulico.

Al momento de conectar todo lo necesario para el funcionamiento del banco y la realización de las pruebas en la parte electrónica del banco de pruebas de transmisiones automáticas tenemos una pantalla LCD un circuito electrónico en el cual vamos a ver la activación de los solenoides mediante el encendido de los diodos LED, y también tenemos un teclado que funciona juntamente con el menú que se presenta en la pantalla LCD, la cual nos da la opción que nos brinda el vehículo con transmisión automática, las cuales son de forma automática los cambios y de forma manual (ya sea la tipo Sportman o la tipo ejecutiva).

### **4.2.1. Calibración del sistema hidráulico.**

Para realizar las pruebas regulamos la bomba hidráulica mediante un dispositivo llamado válvula de alivio, dejando una presión de 200 PSI, esta presión será la suficiente para obtener la activación del circuito hidráulico y con ella conseguir las pruebas de las válvulas solenoides.

#### 4.2.2. Procedimiento para el montaje del cuerpo de válvulas en el banco de pruebas.

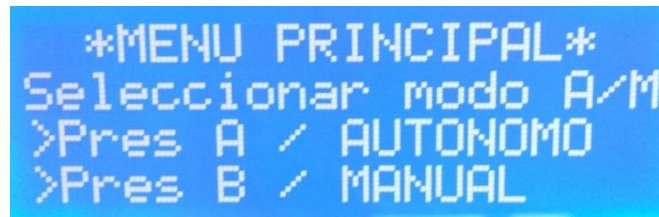
Pasos	Procedimiento
1	Revisar que el banco este desconectado de la red eléctrica.
2	Levantar la cubierta de protección de vidrio.
3	Inspección del nivel de aceite hidráulico en el depósito del banco.
4	Colocar empaque entre la base y el cuerpo de válvulas.
5	Inspección visual del cuerpo de válvulas.
6	Montaje del cuerpo de válvulas sobre la base ubicada en el banco de pruebas.
7	Ajuste de los pernos de sujeción del cuerpo de válvulas sobre la base. Torque 10 libras.
8	Conexión de los terminales de activación de los solenoides de acuerdo a su posición especificada.
9	Conectar el banco de pruebas a la red eléctrica.
10	Activar el interruptor para encender el motor eléctrico.
11	Iniciar el diagnostico deseado de acuerdo a la tabla de activación especificada sobre el banco de pruebas.
12	En caso de presentarse alguna anomalía durante el diagnostico, proceder a desconectar el motor eléctrico a través del interruptor.
13	Una vez concluido el diagnostico:
14	Apagar el motor eléctrico mediante el interruptor.
15	Desconectar el banco de pruebas de la red eléctrica
16	Proceder al desmontaje del cuerpo de válvulas.

**Tabla 4. 1.** Procedimiento para el montaje del cuerpo de válvulas.

**Fuente:** Los Autores.

### 4.3. Diagnóstico del cuerpo de válvulas en el banco de pruebas.

Al encender el banco de pruebas obtenemos en la pantalla LCD un menú de inicio con el cual se escoge el proceso de diagnóstico del cuerpo de válvulas.



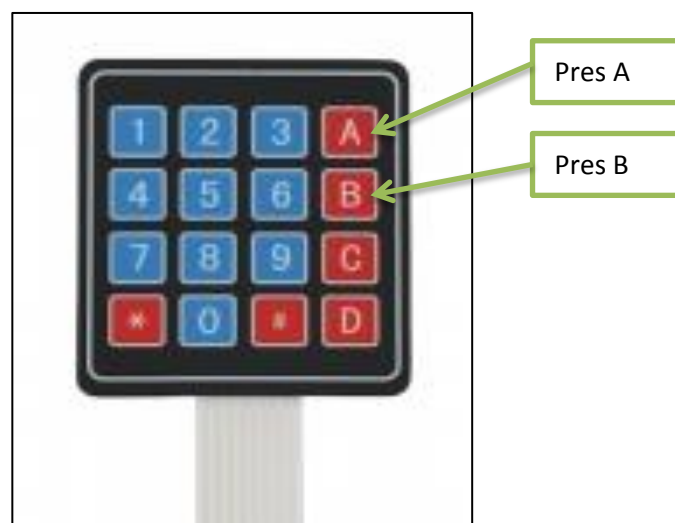
**Figura 4. 1.** Menú principal para el inicio del diagnóstico.

**Fuente:** Los Autores

En la opción de selección del menú tenemos dos formas de activación del cuerpo de válvulas:

Pres A: Es la forma de activación automática o también llamado modo ejecutivo.

Pres B: Es la forma de activación manual o también conocido como modo sport.

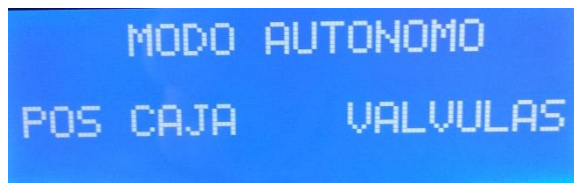


**Figura 4. 2.** Opción de activación del menú.

**Fuente:** Los Autores

#### 4.3.1. Diagnostico en modo automático:

Para iniciar el diagnostico en modo automático seleccionamos la tecla A, con el cual obtenemos el siguiente menú, donde esta especificado el modo autónomo o automático, la posición de la caja es decir en que cambio está y las válvulas que están energizadas:



**Figura 4. 3.** Menú de modo automático.

**Fuente:** Los Autores

Luego procedemos a encender el sistema generador de presión, el cual va hacer que la presión de fluido hidráulico ingrese al cuerpo de válvulas otorgándonos el circuito hidráulico necesario para realizar las pruebas.



**Figura 4. 4.** Encendido del generador de presión.

**Fuente:** Los Autores

### 4.3.2. Teclas de activación de marchas en modo automático:

Especificación de la activación que se produce al pulsar las siguientes letras en el teclado alfanumérico.

<b>PRES. TECLA</b>	<b>LCD ACTIVACIÓN DE MARCHAS</b>	<b>SOLENOIDES 100%</b>	<b>SOLENOIDES 0%</b>
<b>A</b>	Parking 2 – 3 - 4	OD – UD – (2nd - 4ta)	L/R – (DCC o TCC)
<b>B</b>	Neutro 2 – 3 - 4	OD – UD – (2nd - 4ta)	L/R – (DCC o TCC)
<b>C</b>	Reversa 2 – 3 – 4 Aumento de presión	OD – UD – (2nd - 4ta)	L/R – (DCC o TCC)
<b>D</b>	Primera 2 - 4	OD – (2nd - 4ta)	L/R – UD – (DCC o TCC)
	Segunda 1 - 2	L/R - OD	UD – (2nd - 4ta) – (DCC o TCC)
	Tercera 1 - 4	L/R - (2nd - 4ta)	OD – UD – (DCC o TCC)
	Cuarta 1 – 3 – 5	L/R – UD – (DCC o TCC)	OD – (2nd - 4ta)
<b>*</b>	El asterisco nos sirve para regresar al menú anterior		

**Tabla 4. 2.** Teclas de activación para el modo automático.

**Fuente:** Los Autores



### 4.3.3. Tabla de activación de las válvulas solenoides de cada marcha, en modo automático.

Esta tabla indica la activación de las diferentes electroválvulas en cada cambio respectivo, como se explica a continuación.

**O = activado**

**X = desactivado**

<b>Marcha</b>	<b>Embrague de reversa</b>	<b>UD</b>	<b>Lubricación</b>	<b>2 - 4</b>	<b>OD</b>	<b>L/R</b>	<b>Desacoplado el embrague del convertidor</b>	<b>Presión de línea</b>	<b>Acoplado el embrague del convertidor</b>
<b>Parking</b>	X	X	O	X	X	O	O	O	X
<b>Neutro</b>	X	X	O	X	X	O	O	O	X
<b>Reversa</b>	O	X	O	X	X	O	O	O	X
<b>Primera</b>	X	O	O	X	X	O	O	O	X
<b>Segunda</b>	X	O	O	O	X	X	O	O	X
<b>Tercera</b>	X	O	O	X	O	X	O	O	X
<b>Cuarta</b>	X	X	X	O	O	X	X	O	O

**Tabla 4. 3.** Activación de los solenoides en modo automático.

**Fuente:** Los Autores

#### 4.3.4. Tabla de activación de presiones en modo autónomo en cada marcha.

Referencia de presión 200 PSI con el cual se activara el circuito hidráulico, se observa en cada manómetro la presión que circula en cada marcha.

<b>Marcha</b>	<b>Embrague de reversa (PSI)</b>	<b>UD (PSI)</b>	<b>Lubricación (PSI)</b>	<b>2 – 4 (PSI)</b>	<b>OD (PSI)</b>	<b>L/R (PSI)</b>	<b>Desacoplado el embrague del convertidor (PSI)</b>	<b>Presión de línea (PSI)</b>	<b>Acoplado el embrague del convertidor (PSI)</b>
<b>Parking</b>	-	-	35	-	-	125	75	125	-
<b>Neutro</b>	-	-	35	-	-	125	75	125	-
<b>Reversa</b>	190	-	35	-	-	190	75	190	-
<b>Primera</b>	-	130	35	-	-	130	75	130	-
<b>Segunda</b>	-	120	35	120	-	-	75	120	-
<b>Tercera</b>	-	80	35	-	75	-	75	80	-
<b>Cuarta</b>	-	-	-	100	100	-	-	100	100

**Tabla 4. 4.** Referencia de presión a 200 PSI.

**Fuente:** Los Autores

### **Nota Importante:**

Todos los solenoide trabajan con pulsaciones de 60 Hz, únicamente el solenoide DCC o TCC recibe pulsaciones PWM (*Modulación por Ancho de Pulso*) de 35 Hz.

Solenoide DCC o TCC, este es el solenoide que activa o desactiva el embrague del convertidor

### **4.3.5. Especificación de la activación de los solenoides.**

#### **4.3.5.1. Solenoides 100%.**

Al 100% significa que un solenoide está energizado, quiere decir que no permite el paso del líquido hidráulico.

#### **4.3.5.2. Solenoides 0%.**

Al 0% significa que un solenoide deja de estar energizado el cual permite el paso del líquido hidráulico.

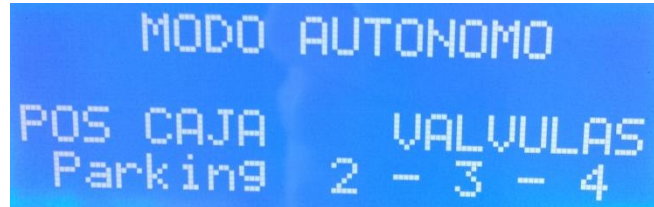
### **4.3.6. Especificación de cada cambio seleccionado**

#### **Pulsando la tecla A**

#### **4.3.6.1. Parking 2 – 3 – 4.**

Al activar Parking se energizan los solenoides OD – UD – (2nd - 4ta), los cuales al estar activados no permiten el paso del fluido hidráulico en el cuerpo de válvulas, mientras que en los solenoides L/R - (DCC o TCC) sin masa generan la circulación

hidráulica, permitiendo ver las presiones de lubricación, baja - reversa (L/R), desacoplamiento del embrague del convertidor y la presión de línea.



**Figura 4. 5.** Parking activado, modo automático.

**Fuente:** Los Autores

## **Pulsando la tecla B**

### **4.3.6.2. Neutro 2 – 3 – 4.**

Al activar Neutro se energizan los solenoides OD – UD – (2nd - 4ta), los cuales no permiten el paso del fluido hidráulico, mientras que en los solenoides L/R - (DCC o TCC) sin activación generan la circulación hidráulica, permitiendo ver las presiones de lubricación, baja - reversa (L/R), desacoplamiento del embrague del convertidor y la presión de línea.



**Figura 4. 6.** Neutro activado, modo automático.

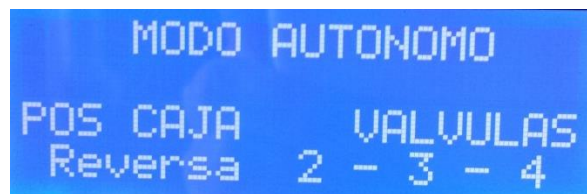
**Fuente:** Los Autores

**Nota:** En Parking y Neutro se observará que la activación de los solenoides es la misma al igual que presión, siendo la única diferencia que al momento de activar Parking en la caja, se moverá un mando que activara el freno de baja reversa (L/R) dentro de la misma.

### **Pulsando la tecla C**

#### **4.3.6.3. Reversa 2 – 3 – 4.**

Al activar reversa se energizan los solenoides OD – UD – (2nd - 4ta) los cuales no permiten la circulación hidráulica; en este cambio aumenta la presión de línea y se activa el embrague de reversa, permitiendo de esta manera observar la presión de lubricación, embrague de reversa, baja – reversa (L/R), desacoplamiento del embrague del convertidor y el aumento de la presión de línea.



**Figura 4. 7.** Reversa activado, modo automático.

**Fuente:** Los Autores

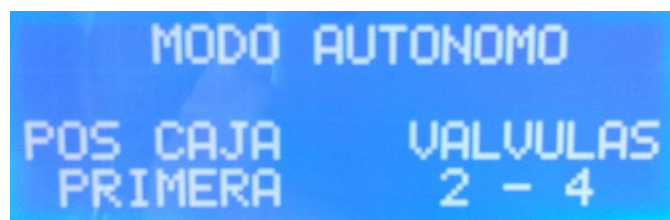
### **Pulsando la tecla D**

#### **4.3.6.4. Drive modo automático**

En esta posición de forma automática se establecen las marchas de primera a cuarta.

#### 4.3.6.5. Primera 2 – 4

Al activarse de forma automática la marcha en primera se energizan los solenoides OD – (2nd - 4ta) los cuales no permiten el paso del líquido hidráulico; los solenoides no activados L/R – UD – (DCC o TCC) existe fluido hidráulico permitiendo ver las presiones de lubricación, marcha baja (UD), baja - reversa (L/R), desacoplamiento de embrague del convertidor y la presión de línea.



**Figura 4. 8.** Primera activada, modo automático.

**Fuente:** Los Autores

#### 4.3.6.6. Segunda 1 – 2

Automáticamente se activa las segunda marchas y se energizan los solenoides L/R - OD los cuales no permiten el paso del líquido hidráulico; los solenoides no activados UD – (2nd - 4ta) – (DCC o TCC) existe fluido hidráulico permitiendo ver las presiones de lubricación, marcha baja (UD), segunda cuarta (2nd - 4ta), desacoplamiento del embrague del convertidor y presión de línea.



**Figura 4. 9.** Segunda activada, modo automático.

**Fuente:** Los Autores

#### 4.3.6.7. Tercera 1 – 4

La marcha que se activa es tercera energizando los solenoides L/R - (2nd - 4ta) los cuales no permiten el paso del líquido hidráulico; los solenoides no activados OD – UD – (DCC o TCC) existe fluido hidráulico permitiendo ver las presiones de lubricación, sobre marcha (OD), marcha baja (UD), desacoplamiento del embrague del convertidor y presión de línea.

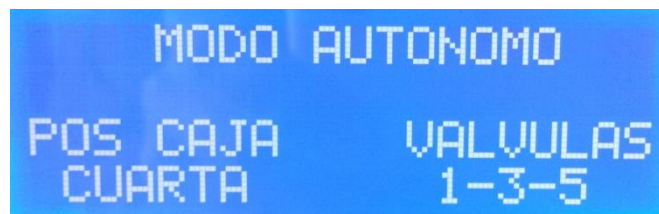


**Figura 4. 10.** Tercera activada, modo automático.

**Fuente:** Los Autores

#### 4.3.6.8. Cuarta 1 – 3 – 5

La última marcha que se activara es la cuarta energizando los solenoides L/R – UD – (DCC o TCC) los cuales no permiten el paso del líquido hidráulico; los solenoides no activados OD – (2nd - 4ta) existe fluido hidráulico permitiendo ver las presiones de sobre marcha (OD), acoplamiento del embrague del convertidor y presión de línea.



**Figura 4. 11.** Cuarta activada, modo automático.

**Fuente:** Los Autores

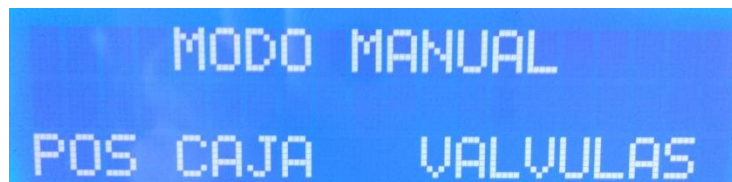
#### 4.4. Diagnostico en modo manual.

El diagnostico en modo manual nos permite seleccionar los cambios específicos en los cuales queremos hacer las pruebas de funcionamiento, sin esperar un tiempo hasta que se active el siguiente cambio, los cambios que podemos seleccionar de forma independiente son:

- ✚ Parking
- ✚ Neutro
- ✚ Reversa
- ✚ Primera
- ✚ Segunda
- ✚ Tercera
- ✚ Cuarta

##### 4.4.1. Especificación de cada cambio seleccionado

Para iniciar el diagnostico en modo manual seleccionamos la tecla B del teclado alfanumérico, tras pulsar dicha tecla obtenemos el siguiente menú:



**Figura 4. 12.** Menú del modo manual.

**Fuente:** Los Autores



#### 4.4.2. Teclas de activación de marchas en modo manual:

<b>PRES. TECLA</b>	<b>LCD ACTIVACIÓN DE MARCHAS</b>	<b>SOLENOIDES 100%</b>	<b>SOLENOIDES 0%</b>
<b>A</b>	Parking 2 – 3 - 4	OD – UD – (2nd - 4ta)	L/R – (DCC o TCC)
<b>B</b>	Neutro 2 – 3 - 4	OD – UD – (2nd - 4ta)	L/R – (DCC o TCC)
<b>C</b>	Reversa 2 – 3 – 4 Aumento de presión	OD – UD – (2nd - 4ta)	L/R – (DCC o TCC)
<b>D</b>	Al presionar la tecla D en modo manual o sport se introduce un menú de selección en el cual se debe seleccionar las siguientes teclas:		
<b>1</b>	Primera 2 - 4	OD – (2nd - 4ta)	L/R – UD – (DCC o TCC)
<b>2</b>	Segunda 1 - 2	L/R - OD	UD – (2nd - 4ta) – (DCC o TCC)
<b>3</b>	Tercera 1 - 4	L/R - (2nd - 4ta)	OD – UD – (DCC o TCC)
<b>4</b>	Cuarta 1 – 3 – 5	L/R – UD – (DCC o TCC)	OD – (2nd - 4ta)
<b>*</b>	El asterisco nos sirve para regresar al menú anterior		

**Tabla 4. 5.** Teclas de activación para el modo manual.

**Fuente:** Los Autores

**4.4.3. Tabla de activación de las válvulas solenoides de cada marcha, en modo manual.**

Esta tabla indica la activación de las diferentes electroválvulas en cada cambio respectivo, como se explica a continuación.

**O = activado**

**X = desactivado**

<b>Marcha</b>	<b>Embrague de reversa</b>	<b>UD</b>	<b>Lubricación</b>	<b>2 - 4</b>	<b>OD</b>	<b>L/R</b>	<b>Desacoplado el embrague del convertidor</b>	<b>Presión de línea</b>	<b>Acoplado el embrague del convertidor</b>
<b>Parking</b>	X	X	O	X	X	O	O	O	X
<b>Neutro</b>	X	X	O	X	X	O	O	O	X
<b>Reversa</b>	O	X	O	X	X	O	O	O	X
<b>Primera</b>	X	O	O	X	X	O	O	O	X
<b>Segunda</b>	X	O	O	O	X	X	O	O	X
<b>Tercera</b>	X	O	O	X	O	X	O	O	X
<b>Cuarta</b>	X	X	X	O	O	X	X	O	O

**Tabla 4. 6.** Activación de los solenoides en modo manual.

**Fuente:** Los Autores

#### 4.4.4. Tabla de activación de presiones de cada marcha, en modo manual.

Referencia de presión 200 PSI con el cual se activara el circuito hidráulico, se observa en cada manómetro la presión que circula en cada marcha.

<b>Marcha</b>	<b>Embrague de reversa (PSI)</b>	<b>UD (PSI)</b>	<b>Lubricación (PSI)</b>	<b>2 – 4 (PSI)</b>	<b>OD (PSI)</b>	<b>L/R (PSI)</b>	<b>Desacoplado el embrague del convertidor (PSI)</b>	<b>Presión de línea (PSI)</b>	<b>Acoplado el embrague del convertidor (PSI)</b>
<b>Parking</b>	-	-	35	-	-	125	75	125	-
<b>Neutro</b>	-	-	35	-	-	125	75	125	-
<b>Reversa</b>	190	-	35	-	-	190	75	190	-
<b>Primera</b>	-	130	35	-	-	130	75	130	-
<b>Segunda</b>	-	120	35	120	-	-	75	120	-
<b>Tercera</b>	-	80	35	-	75	-	75	80	-
<b>Cuarta</b>	-	-	-	100	100	-	-	100	100

**Tabla 4. 7.** Referencia de presión a 200 PSI.

**Fuente:** Los Autores

## **Nota Importante:**

Todos los solenoide trabajan con pulsaciones de 60 Hz, únicamente el solenoide DCC o TCC recibe pulsaciones PWM (*Modulación por Ancho de Pulso*) de 35 Hz.

Solenoide DCC o TCC, este es el solenoide que activa o desactiva el embrague del convertidor

### **4.4.5. Especificación de la activación de los solenoides.**

#### **4.4.5.1. Solenoides 100%.**

Al 100% significa que un solenoide está energizado, quiere decir que no permite el paso del líquido hidráulico.

#### **4.4.5.2. Solenoides 0%.**

Al 0% significa que un solenoide deja de estar energizado el cual permite el paso del líquido hidráulico.

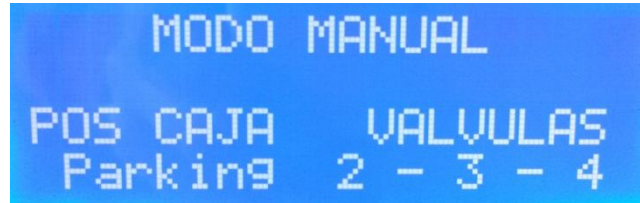
### **4.4.6. Especificación de cada cambio seleccionado**

#### **Pulsando la tecla A**

#### **4.4.6.1. Parking 2 – 3 – 4.**

Al activar Parking se energizan los solenoides OD – UD – (2nd - 4ta), los cuales al estar activados no permiten el paso del fluido hidráulico en el cuerpo de válvulas, mientras que en los solenoides L/R - (DCC o TCC) sin masa generan la circulación

hidráulica, permitiendo ver las presiones de lubricación, baja - reversa (L/R), desacoplamiento del embrague del convertidor y la presión de línea.



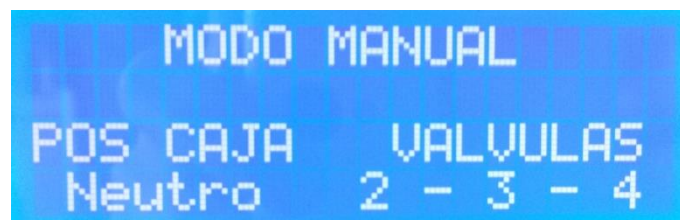
**Figura 4. 13.** Parking activado, modo manual.

**Fuente:** Los Autores

### **Pulsando la tecla B**

#### **4.4.6.2. Neutro 2 – 3 – 4.**

Al activar Neutro se energizan los solenoides OD – UD – (2nd - 4ta), los cuales no permiten el paso del fluido hidráulico, mientras que en los solenoides L/R - (DCC o TCC) sin activación generan la circulación hidráulica, permitiendo ver las presiones de lubricación, baja - reversa (L/R), desacoplamiento del embrague del convertidor y la presión de línea.



**Figura 4. 14.** Neutro activado, modo manual.

**Fuente:** Los Autores

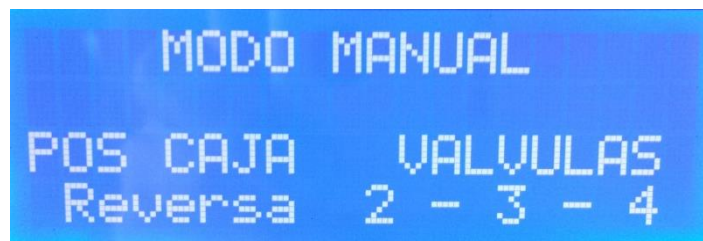
### **Nota:**

En Parking y Neutro se observará que la activación de los solenoides es la misma al igual que presión, siendo la única diferencia que al momento de activar Parking en la caja, se moverá un mando que activara el freno de baja reversa (L/R) dentro de la misma.

### **Pulsando la tecla C**

#### **4.4.6.3. Reversa 2 – 3 – 4.**

Al activar reversa se energizan los solenoides OD – UD – (2nd - 4ta) los cuales no permiten la circulación hidráulica; en este cambio aumenta la presión de línea y se activa el embrague de reversa, permitiendo de esta manera observar la presión de lubricación, embrague de reversa, baja – reversa (L/R), desacoplamiento del embrague del convertidor y el aumento de la presión de línea.



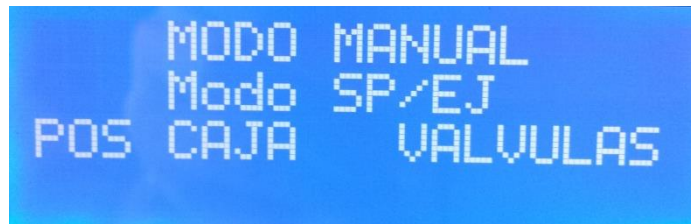
**Figura 4. 15.** Reversa activada, modo manual.

**Fuente:** Los Autores

### **Pulsando la tecla D**

#### **4.4.6.4. Modo manual**

En esta posición de forma manual se establecen las marchas de primera a cuarta presionando en el teclado los números del 1 – 4.



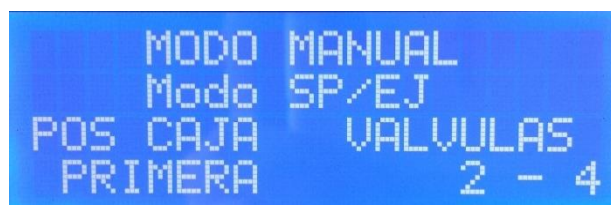
**Figura 4. 16.** Modo sport o ejecutivo dentro del modo manual.

**Fuente:** Los Autores

## **Pulsando la tecla 1**

### **4.4.6.5. Primera 2 – 4**

Al activarse de forma automática la marcha en primera se energizan los solenoides OD – (2nd - 4ta) los cuales no permiten el paso del líquido hidráulico; los solenoides no activados L/R – UD – (DCC o TCC) existe fluido hidráulico permitiendo ver las presiones de lubricación, marcha baja (UD), baja - reversa (L/R), desacoplamiento de embrague del convertidor y la presión de línea.



**Figura 4. 17.** Primera activada, modo manual.

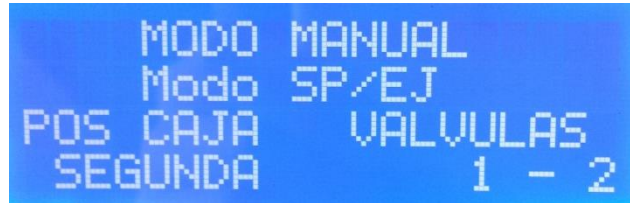
**Fuente:** Los Autores

## **Pulsando la tecla 2**

### **4.4.6.6. Segunda 1 – 2**

Automáticamente se activa las segunda marchas y se energizan los solenoides L/R - OD los cuales no permiten el paso del líquido hidráulico; los solenoides no activados UD – (2nd - 4ta) – (DCC o TCC) existe fluido hidráulico permitiendo ver las

presiones de lubricación, marcha baja (UD), segunda cuarta (2nd - 4ta), desacoplamiento del embrague del convertidor y presión de línea.



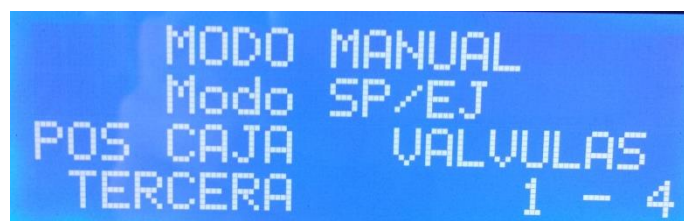
**Figura 4. 18.** Segunda activada, modo manual.

**Fuente:** Los Autores

### **Pulsando la tecla 3**

#### **4.4.6.7. Tercera 1 – 4**

La marcha que se activa es tercera energizando los solenoides L/R - (2nd - 4ta) los cuales no permiten el paso del líquido hidráulico; los solenoides no activados OD – UD – (DCC o TCC) existe fluido hidráulico permitiendo ver las presiones de lubricación, sobre marcha (OD), marcha baja (UD), desacoplamiento del embrague del convertidor y presión de línea.



**Figura 4. 19.** Tercera activada, modo manual.

**Fuente:** Los Autores



## Pulsando la tecla 4

### 4.4.6.8. Cuarta 1 – 3 – 5

La última marcha que se activara es la cuarta energizando los solenoides L/R – UD – (DCC o TCC) los cuales no permiten el paso del líquido hidráulico; los solenoides no activados OD – (2nd - 4ta) existe fluido hidráulico permitiendo ver las presiones de sobre marcha (OD), acoplamiento del embrague del convertidor y presión de línea.



**Figura 4. 20.** Cuarta activada, modo manual.

**Fuente:** Los Autores

**Nota importante:** En modo manual se tiene la opción de seleccionar la marcha a gusto del técnico por ejemplo:

Estando en una cuarta marcha se puede bajar a primera, segunda o tercera como se dijo a gusto del técnico

#### 4.5. Especificación para realizar las pruebas en modo automático.

Pulsar las teclas	Tiempo de prueba	Marchas	Tacómetros a observar	Presiones
A	30 segundos	Parking	L/R	135 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	135 psi
			Lubricación	30 psi
B	30 segundos	Neutro	L/R	135 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	135 psi
			Lubricación	30 psi
C	30 segundos	Reversa	L/R	190 psi
			Embregue de reversa	190 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	190 psi
D			Lubricación	25 psi
Prueba automática.	30 segundos	Primera	L/R	135 psi
			UD	135 psi
			DCC	75 psi
			Presión de Línea	135 psi
			Lubricación	25 psi
Prueba automática.	30 segundos	Segunda	UD	120 psi
			2nd - 4ta	120 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	120 psi
			Lubricación	25 psi
Prueba automática.	30 segundos	Tercera	OD	80 psi
			UD	80 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	80 psi
			Lubricación	25 psi
Prueba automática.	30 segundos	Cuarta	OD	100 psi
			2nd - 4ta	100 psi
			ACC	100 psi
			Presión de Línea	100 psi

Tabla 4. 8. Pruebas en modo automático.

Fuente: Los Autores

#### 4.6. Especificación para realizar las pruebas en modo manual.

Pulsar las teclas	Tiempo de prueba	Marchas	Tacómetros a observar	Presiones
<b>A</b>	Respecto de la necesidad.	Parking	L/R	135 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	135 psi
			Lubricación	30 psi
<b>B</b>	Respecto de la necesidad.	Neutro	L/R	135 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	135 psi
			Lubricación	30 psi
<b>C</b>	Respecto de la necesidad.	Reversa	L/R	190 psi
			Embregue de reversa	190 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	190 psi
			Lubricación	25 psi
<b>D</b>				
<b>1</b>	Respecto de la necesidad.	Primera	L/R	135 psi
			UD	135 psi
			DCC	75 psi
			Presión de Línea	135 psi
			Lubricación	25 psi
<b>2</b>	Respecto de la necesidad.	Segunda	UD	120 psi
			2nd - 4ta	120 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	120 psi
			Lubricación	25 psi
<b>3</b>	Respecto de la necesidad.	Tercera	OD	80 psi
			UD	80 psi
			DCC	75 psi
			Presión de línea	80 psi
			Lubricación	25 psi
<b>4</b>	Respecto de la necesidad.	Cuarta	OD	100 psi
			2nd - 4ta	100 psi
			ACC	100 psi
			Presión de Línea	100 psi

**Tabla 4. 9.** Pruebas en modo manual.

**Fuente:** Los Autores

## CONCLUSIONES.

- El banco de pruebas para cuerpos de válvulas ha sido diseñado utilizando materiales resistentes previamente analizados, capaces de soportar el peso y contribuir con la operación funcional para el cual fue creado.
- Mediante el análisis matemático logramos implementar los elementos generadores de presión como son el motor eléctrico, la bomba hidráulica y el mecanismo de banda y poleas, con los cuales conseguimos activar el cuerpo de válvulas.
- La adaptación de los indicadores de presión han sido de gran utilidad en el análisis de los parámetros generados por el cuerpo de válvulas, con el fin de comprender el desempeño de este componente y a su vez la influencia dentro de la transmisión.
- La implementación del sistema electrónico conformado por la pantalla LCD, el teclado matricial y una placa electrónica integrada, nos brinda el control total de la activación de las electroválvulas y a su vez la circulación del fluido hidráulico en el interior del cuerpo de válvulas.
- El líquido hidráulico para transmisiones automáticas ATF, es un elemento importante para el funcionamiento del cuerpo de válvulas de una transmisión automática, ya que es el encargado de proporcionar el movimiento y la activación de las válvulas con las cuales se consigue la activación de las distintas marchas del vehículo.

- Sabiendo que el cuerpo de válvulas de una transmisión automática es un elemento esencial para el correcto funcionamiento de todo el sistema, la implementación de un banco de pruebas hidráulico para este tipo de componentes ayudara a determinar fallos que se produzcan en el mismo y mejorará la calidad de diagnostico, reduciendo la operación del técnico haciendo su trabajo eficiente y eficaz.
- El banco de pruebas diseñado y construido proporcionará al centro de diagnostico automotriz, una reducción de costos por el trabajo realizado, garantizando el mismo, ya que esto se presentaba en muchos de los casos debido a que no se cantaba con este equipo de análisis y por tal motivo se entregaba el componente reparado y montado confiando en la experiencia del técnico.
- Este equipo de diagnostico es de gran utilidad, ya que con el mismo se ofrecerá un servicio de calidad y con un respaldo comprobable de los elementos examinados y/o reparados, previo al montaje en la transmisión, esto garantizará que el componente funcionará de una manera optima y el cliente tendrá la certeza que el diagnostico del cuerpo de válvulas estará satisfactoriamente realizado.

## RECOMENDACIONES:

- Tener en cuenta las normas de seguridad para el técnico que realizará el diagnóstico, utilizando el equipo de seguridad adecuado como son: gafas de protección, mandil mecánico, botas con punta de acero y guantes.
- El técnico a cargo de realizar las pruebas en el banco de diagnóstico debe manejar las normas de seguridad estrictamente, ya que trabajará con un motor eléctrico y mecanismos de alta presión hidráulica.
- Se debe considerar cuidadosamente las normas de seguridad dentro del laboratorio donde se operará con el con el fin de evitar daños que se puedan producir en el banco de pruebas.
- Para comprender mejor el funcionamiento del banco de pruebas, se deberá analizar las tablas de activación proporcionadas en el capítulo 4 o revisar las indicaciones ubicadas en el banco de pruebas.
- El funcionamiento del banco de pruebas debe realizarse sobre una temperatura ambiente menor a los 40 °C con el fin de alargar la vida útil del sistema generador de presión hidráulica.
- Utilizar el banco de pruebas específicamente para el diagnóstico de cuerpos de válvulas F4A, ya que montando

- EL uso del banco de pruebas no es general para cualquier otro mecanismo sino para el antes mencionado, ya que si se da otro tipo de uso puede producir daños graves.
- Evitar la manipulación del sistema hidráulico y electrónico ya que estos proporcionan los parámetros de funcionamiento del banco de pruebas.
- Utilizar únicamente aceite para transmisión automática ATF.

## BIBLIOGRAFÍA.

### FORMATO IMPRESO

- DOMÍNGUEZ S, Francisco Javier, *Acerca de Hidráulica*, Sexta Edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile – Chile, 2008.
- TXELO RUÍZ, *Análisis Básico de Circuitos Eléctricos y Electrónicos*, Vol. 2, Editorial Pearson, Madrid - España. 2009.
- PÉREZ, Álvarez, y otros, *Manual de practicas de electrónica digital*, Tercera Edición, Editorial Marcombo, España, 2005.
- GERMAN HERNÁNDEZ RIESCO, *Manual del Soldador*, Editorial Cesol Ocr, México D.F. – México.
- HIBBELER R. C, *Mecánica de Materiales*, Sexta Edición, Editorial Pearson, España.
- HYUNDAI, *Manual de reparación Hyundai Sonata 2000*.
- MC DIAGNOSTICO AUTOMOTRIZ, *Capacitación Automotriz HIVEC F4A Y F5A*, Quito – Ecuador, 2013.
- HYUNDAI, *Cambio Automático (F4A51)*.
- HYUNDAI, *Automatic Transaxle - HIVEC - Chonan Technical Service Training Center*.
- HYUNDAI, *Automatic transmission 3 Hivec Rev:0 01.01.2007, TRAT-3ET6H*.
- HYUNDAI, AT%203%20Hivec%20textbook[1].

### FORMATO ELECTRÓNICO

- Programación en el software Arduino Mega (Obtenido 11 de septiembre 2013)  
<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- Componentes electrónicos (Obtenido 3 de Octubre 2013)  
<http://www.elalejandre.net/Arquitectura/Electron.pdf>
- Diagramas electrónicos (Obtenido 3 de Octubre 2013)  
[http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_06\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_06_MEC01.pdf)



- Estudio de las electroválvulas (Obtenido 3 de Octubre 2013)  
<http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planestudio/quintonivel/electronicaII/apuntes/triac.pdf>
- Selección del motor eléctrico (Obtenido 27 de Agosto 2013)  
<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacion-50039910-manual-espanol.pdf>
- Estudio de las bombas hidráulicas (Obtenido 2 de Octubre 2013)  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1045/6/3.CAPITULO%20I.pdf>
- Comportamiento del motor eléctrico seleccionado (Obtenido 27 de Agosto 2013)  
<http://es.scribd.com/doc/20119611/Funcionamiento-Del-Motor-Elctrico>
- Catalogo de selección de componentes hidráulicos (Obtenido 5 de Noviembre 2013)  
<http://www.procaucho.cl/categoria/productos/>
- Análisis de las electroválvulas (Obtenido 10 de Julio 2013)  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Solenoide>
- Activación de las válvulas solenoides (Obtenido 10 de Julio 2013)  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>
- Selección del recubrimiento de la estructura (Obtenido 18 de Septiembre 2013)  
<http://www.archiexpo.es/prod/pinturas-monto/pinturas-lacas-anticorrosivas-metal-brillantes-97868-973596.html>

**ANEXOS.**

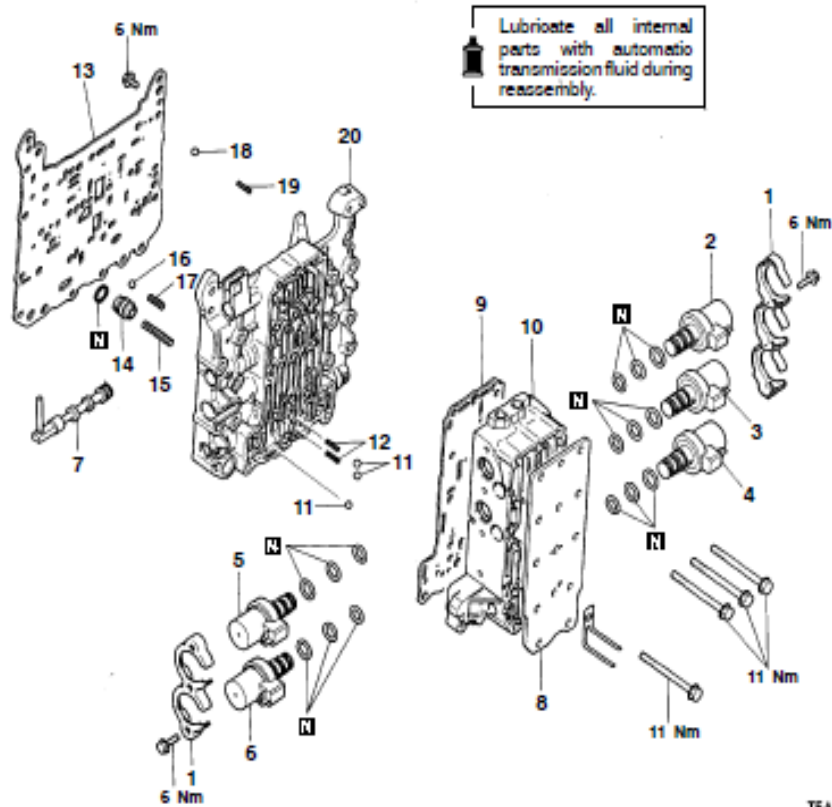
# ANEXOS DEL CAPITULO I.

## Anexo A.1 Partes del cuerpo de válvulas.

### 13. VALVE BODY

2330055048

#### DISASSEMBLY AND REASSEMBLY



TFA1378

#### Disassembly steps

- 1. Solenoid valve support
- 2. Underdrive solenoid valve
- 3. Second solenoid valve
- 4. Damper clutch control solenoid valve
- 5. Overdrive solenoid valve
- 6. Low-reverse solenoid valve
- 7. Manual valve
- 8. Cover
- 9. Plate
- 10. Outside valve body assembly

- 11. Steel ball (orifice check ball)
- 12. Spring
- 13. Plate
- 14. Damping valve
- 15. Damping valve spring
- 16. Steel ball (line relief)
- 17. Spring
- 18. Steel ball (orifice check ball)
- 19. Spring
- 20. Inside valve body assembly

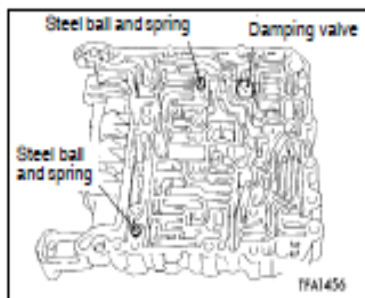
## Anexo A.2 Identificación de las tres partes principales del cuerpo de válvulas.

### 23A-13-4 AUTOMATIC TRANSMISSION (E-W) - Valve Body

#### DISASSEMBLY SERVICE POINT

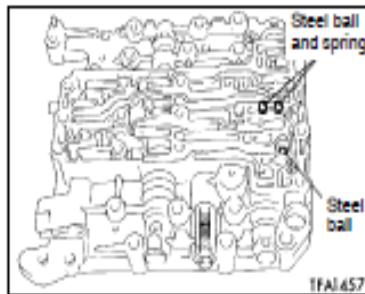
##### ◀A▶ SOLENOID VALVES REMOVAL

Mark solenoid valves by white paint to make reassembly easier.

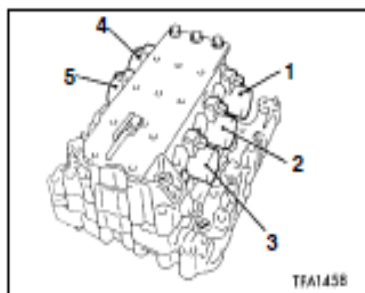


#### REASSEMBLY SERVICE POINTS

##### ▶A◀ SPRING/STEEL BALL/DAMPING VALVE/DAMPING VALVE SPRING INSTALLATION



##### ▶B◀ SPRING/STEEL BALL INSTALLATION



##### ▶C◀ SOLENOID VALVES INSTALLATION

- (1) Apply ATF, blue petrolatum jelly or white Vaseline to O-ring, and install carefully.
- (2) Install the solenoid valves by referring to the marks during disassembly.

No.	Name
1	Underdrive solenoid valve
2	Second solenoid valve
3	Damper clutch control solenoid valve
4	Overdrive solenoid valve
5	Low-reverse solenoid valve

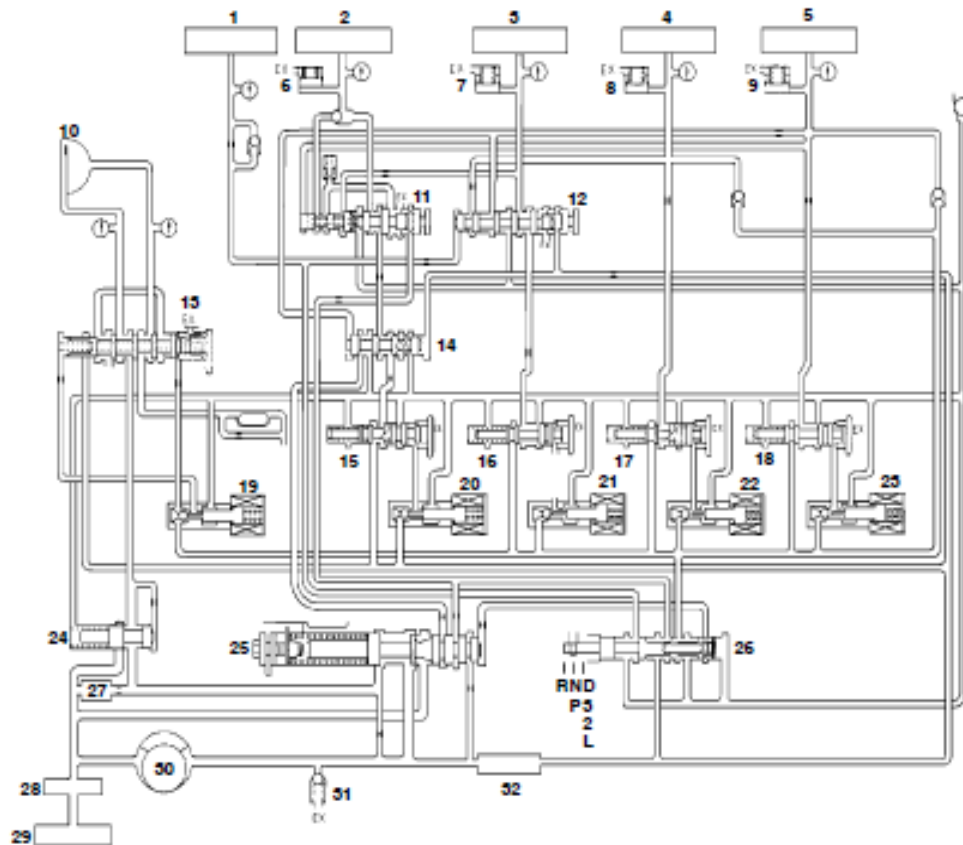
## ANEXOS DEL CAPITULO II.

### Anexo B.1 Estudio de los circuitos hidráulicos de cada marcha.

#### 23A-0-8 AUTOMATIC TRANSMISSION (E-W) - General Information

##### HYDRAULIC CIRCUIT

Type with external oil filter



TFA1598

- |  |   |
|--|---|
| 1. Reverse clutch                      | 18. Overdrive pressure control valve        |
| 2. Low-reverse brake                   | 19. Damper clutch control solenoid valve    |
| 3. Second brake                        | 20. Low-reverse solenoid valve              |
| 4. Underdrive clutch                   | 21. Second solenoid valve                   |
| 5. Overdrive clutch                    | 22. Underdrive solenoid valve               |
| 6. Low-reverse accumulator             | 23. Overdrive solenoid valve                |
| 7. Second accumulator                  | 24. Torque converter pressure control valve |
| 8. Underdrive accumulator              | 25. Regulator valve                         |
| 9. Overdrive accumulator               | 26. Manual valve                            |
| 10. Damper clutch                      | 27. Oil filter                              |
| 11. Fail-safe valve A                  | 28. Oil filter                              |
| 12. Fail-safe valve B                  | 29. Oil pan                                 |
| 13. Damper clutch control valve        | 30. Oil pump                                |
| 14. Switching valve                    | 31. Relief valve                            |
| 15. Low-reverse pressure control valve | 32. Oil strainer                            |
| 16. Second pressure control valve      |   |
| 17. Underdrive pressure control valve  |   |

## Anexo B.2 Análisis de la activación de los solenoides.

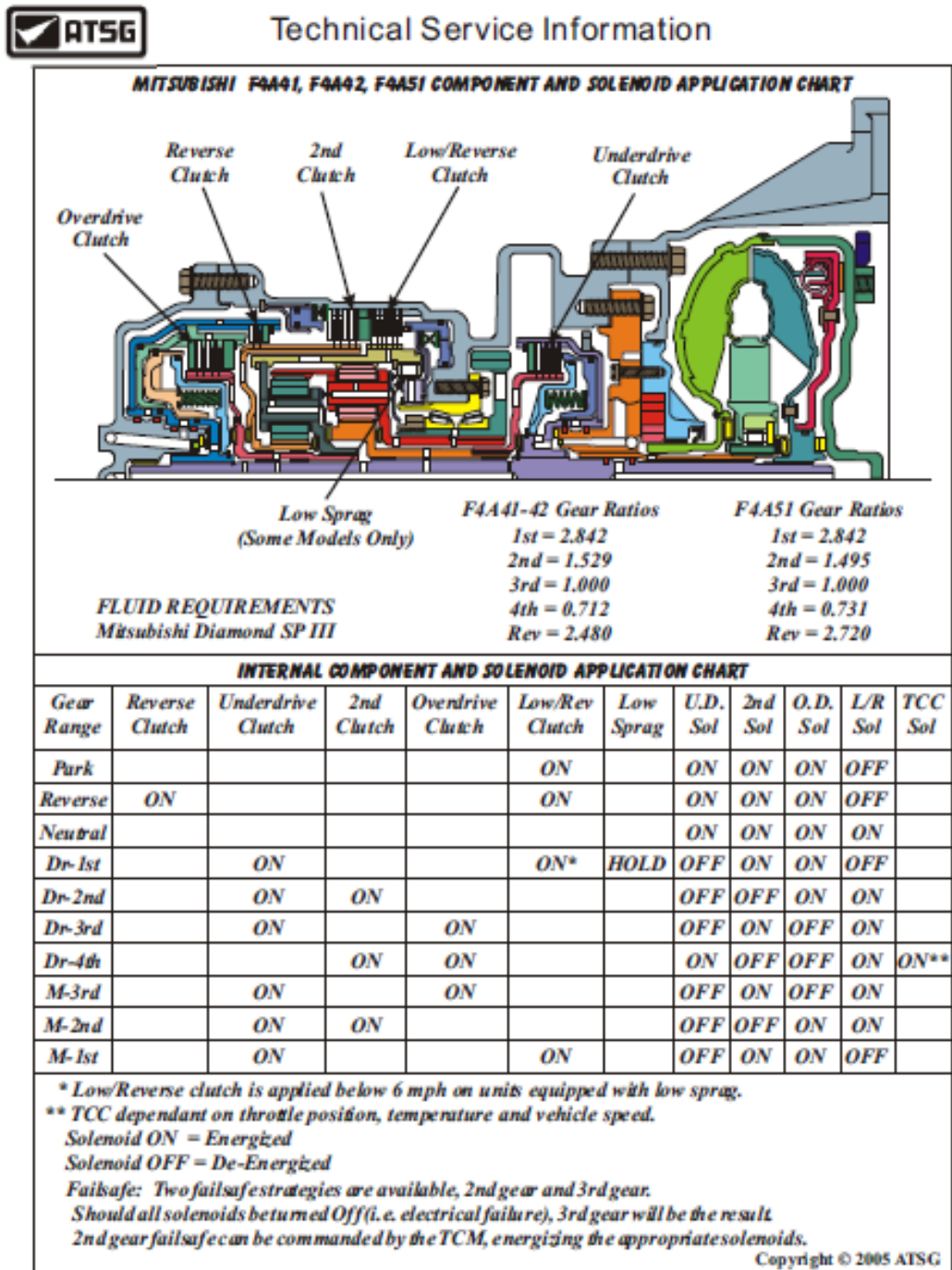


Figure 3

AUTOMATIC TRANSMISSION SERVICE GROUP

5

## Anexo B.3 Análisis de los circuitos hidráulicos del soporte del cuerpo de válvulas.



### Technical Service Information

<b>LINE PRESSURE TEST SPECIFICATIONS</b>								
<b>PRESSURES (PSI) MEASURED AT 2500 RPM</b>								
<i>Gear</i>	<i>Underdrive Clutch</i>	<i>Second Clutch</i>	<i>Overdrive Clutch</i>	<i>Low/Rev Clutch</i>	<i>Reverse Clutch</i>	<i>T.C.C. Apply</i>	<i>T.C.C. Release</i>	
<i>Park</i>				37-50			* 37-57	
<i>Reverse</i>				184-256	184-256		* 73-101	
<i>Neutral</i>				37-50			* 37-57	
<i>"D"-1st</i>	147-152			147-152			* 73-101	
<i>"D"-2nd</i>	147-152	147-152					* 73-101	
<i>"D"-3rd</i>	113-127		113-127			**		
<i>"D"-4th</i>		113-127	113-127			**		

\* TCC Release (DR) pressures measured at 1500 RPM.  
 \*\* TCC Apply (DA) pressures may vary between 0 and 50 psi, when OFF, depending on throttle opening and vehicle speed. With TCC fully applied pressure should be approximately 100 psi.

<b>CASE PASSAGE IDENTIFICATION FOR CLUTCH PACKS</b>								
<p>The case passages for air checking are identified here for you, but this task is made much easier with an air test plate that is currently only available from Zoom Technology.</p>								
Copyright © 2005 ATSG								

Figure 232

120

AUTOMATIC TRANSMISSION SERVICE GROUP

## ANEXOS DEL CAPITULO III.

### Anexo C.1 Soporte del cuerpo de válvulas.



## Technical Service Information

### FINAL ASSEMBLY

#### INTERNAL COMPONENTS (CONT'D)

116. Install the case oil screen into the worm track as shown in Figure 211.
117. Install a new 2nd clutch case seal assembly as shown in Figure 211.
118. Ensure that the two steel exhaust balls are still in place in the top of valve body, as shown in Figure 212.
119. Install the pre-assembled valve body assembly over the hollow dowels in the case, as shown in Figure 212.  
*Note: Ensure that manual valve is engaged into the slot in the inside detent lever as you install the valve body.*
120. Install all valve body bolts in their proper locations, as shown in Figure 212.  
*Note: Refer to Figure 213 for proper bolt location, length and identification.*
121. Hand tighten only at this time.

Continued on Page 106

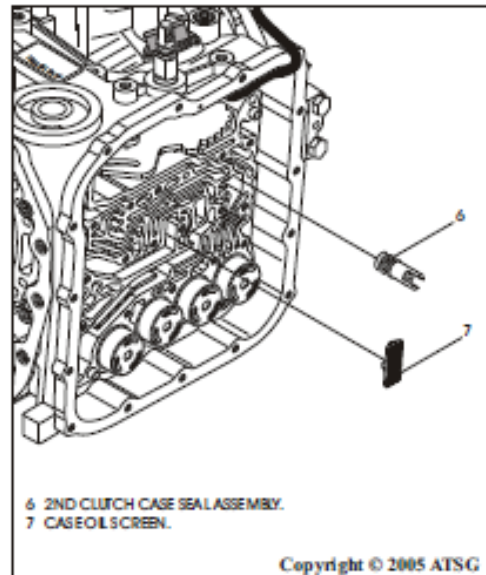


Figure 211

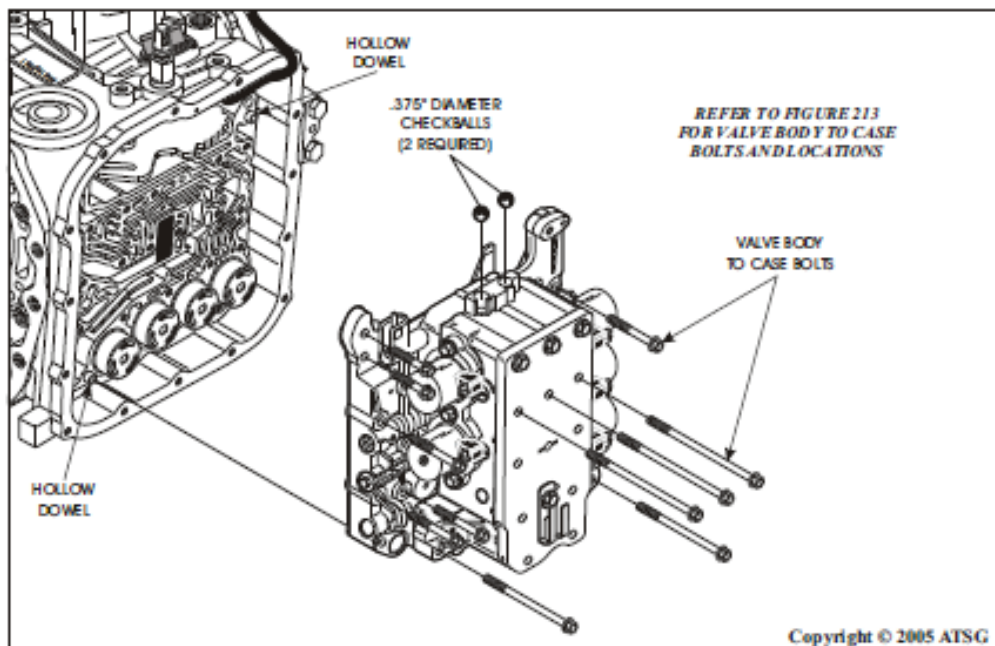


Figure 212

104

AUTOMATIC TRANSMISSION SERVICE GROUP



## Anexo C.2 Mando selector de cambios, transmisión automática.



### Technical Service Information

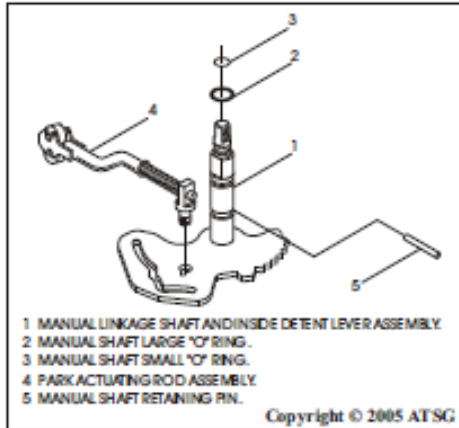


Figure 205

#### FINAL ASSEMBLY

##### INTERNAL COMPONENTS (CONTD)

107. Install two new "O" rings onto manual shaft, as shown in Figure 205, and lube with small amount of Trans-Jel®.
108. Assemble the park actuating rod to the inside detent lever, as shown in Figure 205 and 206.
109. Install the inside detent lever assembly into the case, as shown in Figure 206, and install the retaining pin through the pan rail and shaft.
110. Install new "O" ring on case connector, as shown in Figure 207, and install snap ring.
111. Install the internal wire harness from inside the case and through the case bore, as shown in Figure 207, and install snap ring.
112. Lay internal harness back over the pan rail, as shown in Figure 210, so that it is out of the way for accumulator piston and valve body installation.

Continued on Page 103

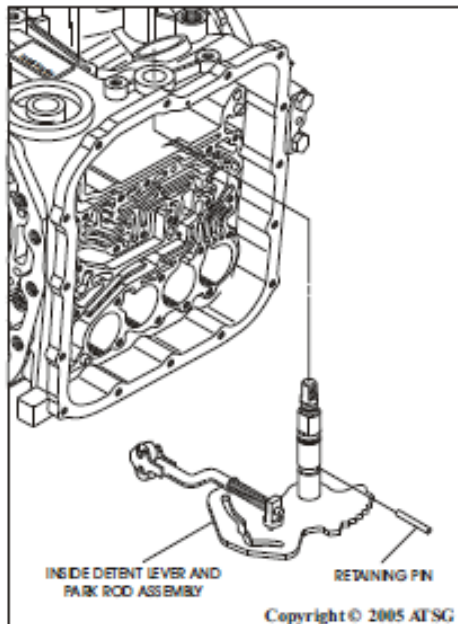


Figure 206

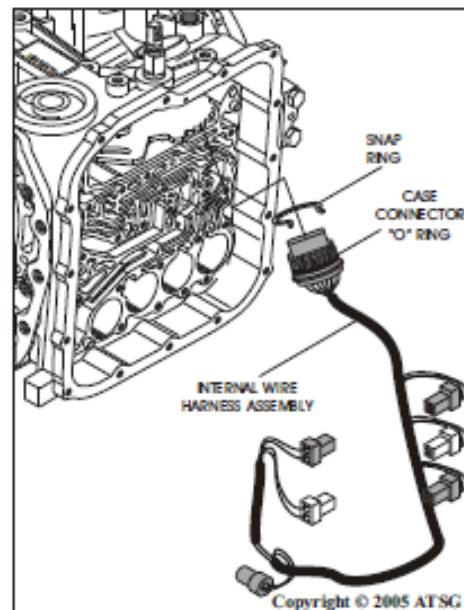
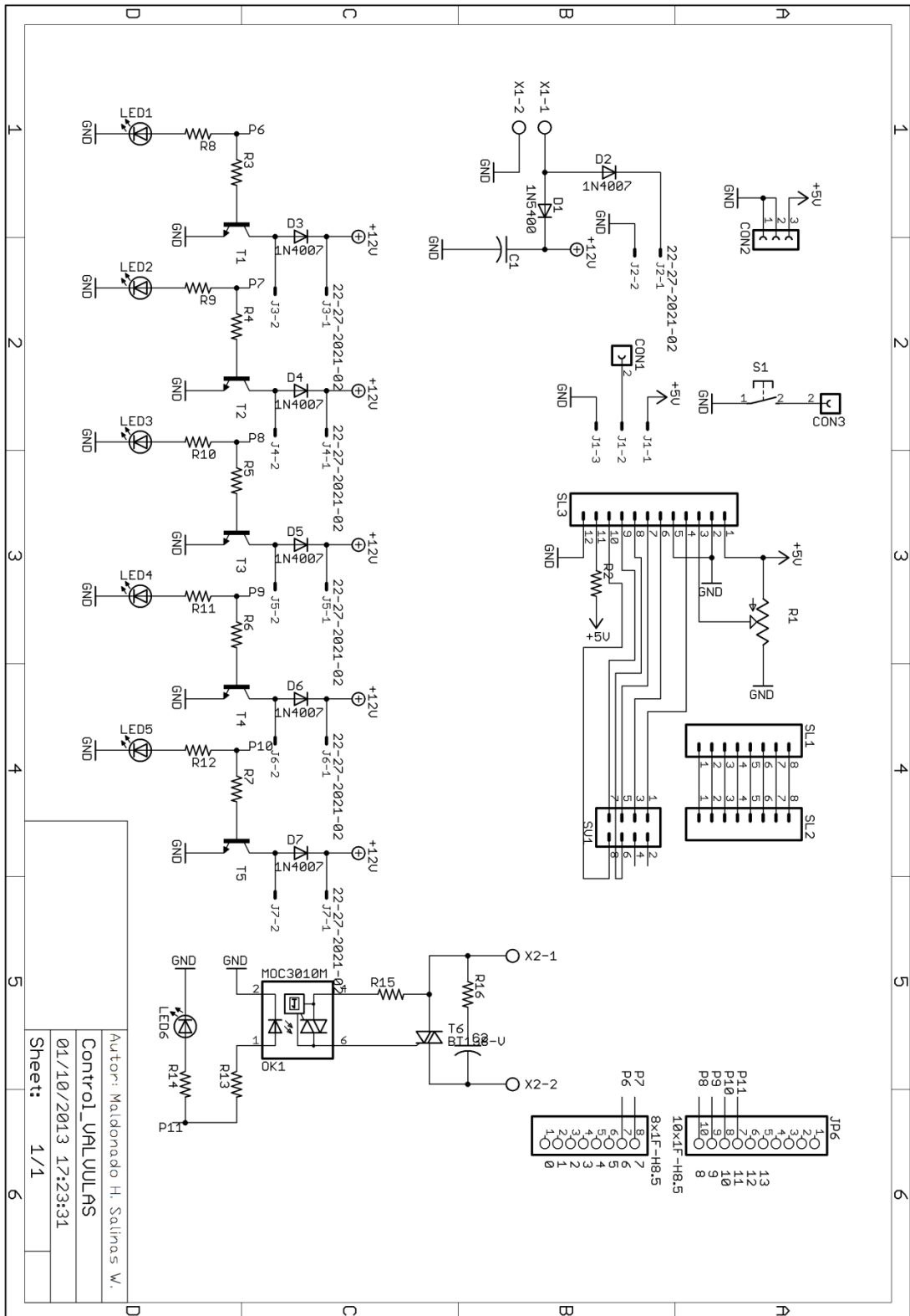


Figure 207

102

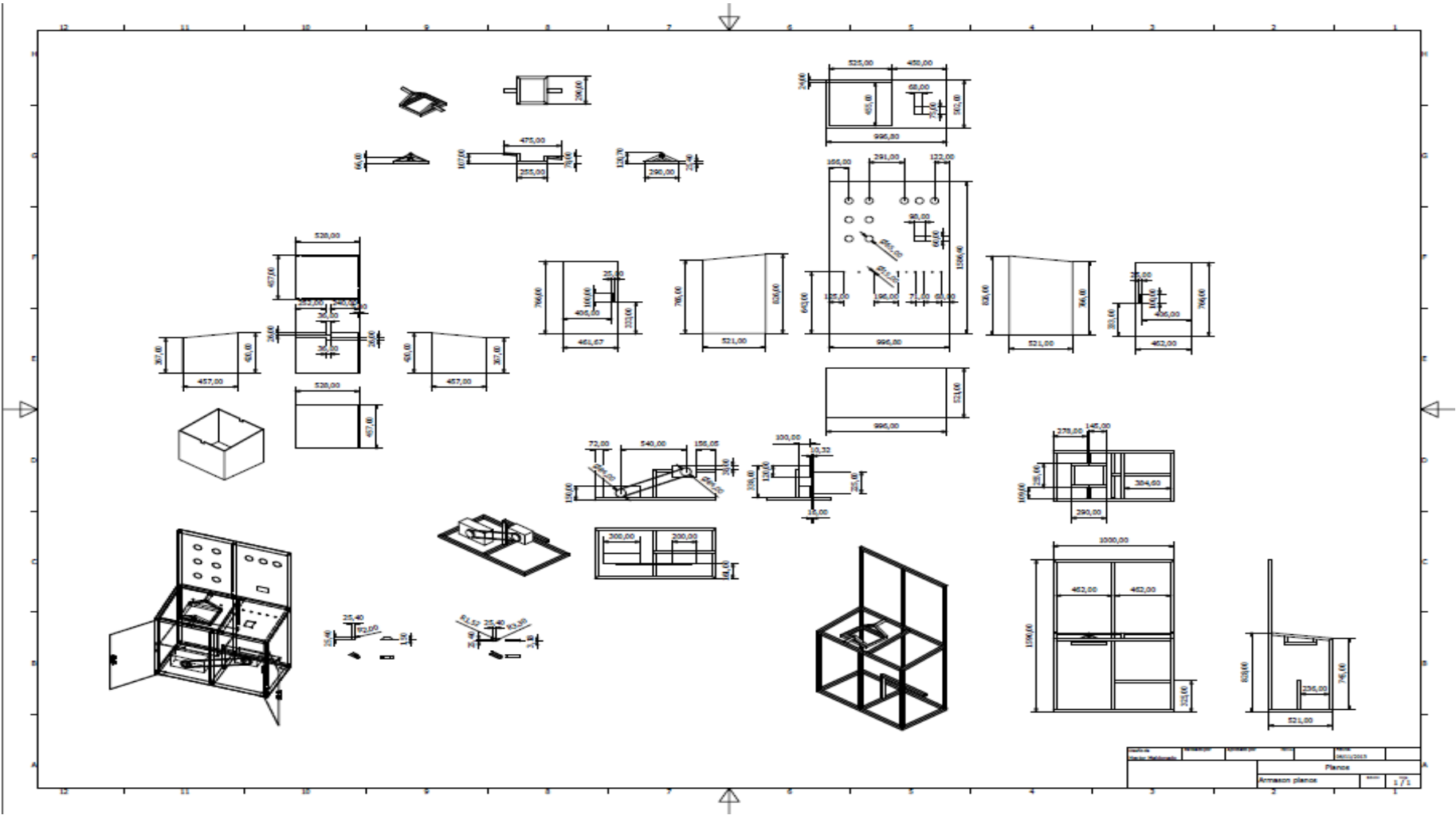
AUTOMATIC TRANSMISSION SERVICE GROUP

### Anexo C.3 Circuito electrónico de la placa integrada.



Autor: Maldonado H. Salinas W.  
 Control\_VALVULAS  
 01/10/2013 17:23:31  
 Sheet: 1/1

Anexo C.4 Diseño mecánico del banco de pruebas.t



### Anexo C.5 Materiales empleados en la construcción del banco.

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	14	tubo cuadrado	ASTM A36, 2 in, espesor 1 mm.
2	1	union tubo cuadrado y laton	ASTM A36, espesor 1 mm.
3	1	union base inferior	ASTM A36, 2 in, espesor 1 mm.
4	1	laton de base	ASTM A36, espesor 1 mm.
5	2	laton lateral	ASTM A36, espesor 1 mm.
6	1	Motor	WEG, Potencia 037 kW
7	1	laton posterior	ASTM A36, espesor 1 mm.
8	1	cuerpo v	ATSG, Aleación de aluminio.
9	1	soporte bomba 2	ASTM A36, 2 in, espesor 1 mm.
10	1	Bomba	Hyundai, Simple efecto.
11	1	Correa trapezoidal	A49, tipo V
12	1	Polea ranurada1	Fundición de aluminio, radio 4 cm.
13	1	Polea ranurada2	Fundición de aluminio, radio 10 cm.
14	1	cubierta	Vidrio laminar de 3 lineas
15	1	reservorio	ASTM A36, espesor 1 mm.
16	2	bisagra	hierro fundido, altura 7 cm
17	2	puerta	ASTM A36, 2 in, espesor 1 mm.
18	4	soporte ruedas	Ct-129, 5 in
19	9	manómetros	Bourdon, 300 PSI - 20 BAR
20	12	cañerías	Manguera SAE 100
21	1	LCD	Alfanumerico 20x4

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha
Maldonado	Saiz	Ing. Freddy Tabuti	27/11/2013	03/12/2013
			Materiales	
			materiales	
			-Año-	Hoja
			1 / 1	1 / 1

ANEXOS DEL CAPITULO IV.

Anexo D.1 Pernos de sujeción del cuerpo de válvulas con el soporte.

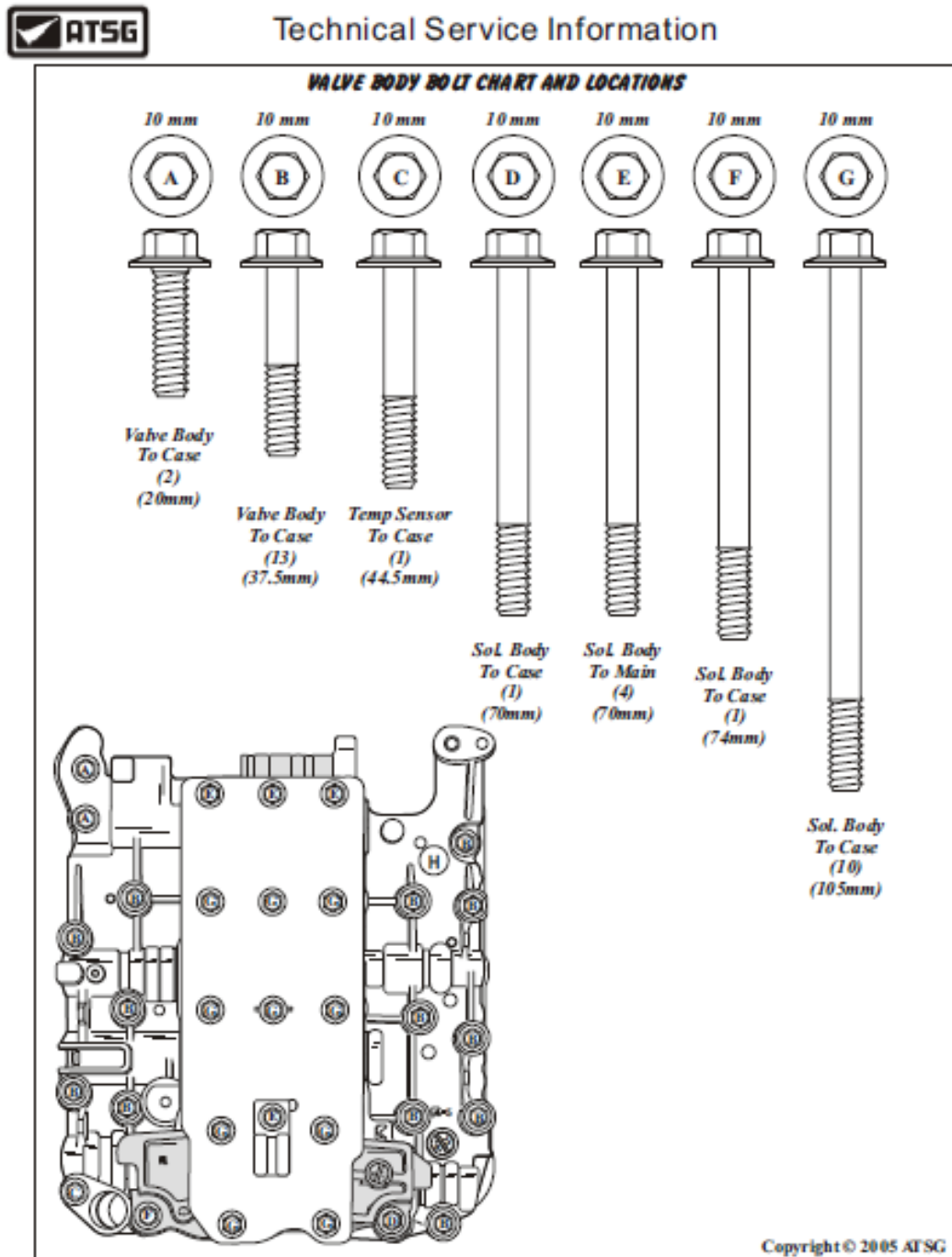


Figure 213