

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Índice

Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Objetivos Específicos	13
Justificación.....	13
Antecedentes	14
Aceite de Cambio Automático ATF (Fluido de Trasmisión Automática)	17
Estudios Relevantes.....	19
Evolución histórica de la trasmisión.	19
Análisis dinámico y la estrategia de control de los embragues húmedos durante la fase de torque en el cambio de velocidades.....	21
Diseño y aplicación de la bomba de aceite eléctrica en la transmisión automática para la mejora de la eficiencia y la función de arranque y parad.....	24
Un marco para el modelado y control óptimo de los sistemas de transmisión automática	30
Investigación sobre el uso de aceite vegetal como líquido base industrial del fluido de transmisión automática.....	32
Diseño del sistema de cambio de fluido automatizado para transmisiones automáticas.	33
Descripción General de la Caja de Cambios Automática TH400 (M40) 3L80	34
Conjunto de la bomba del convertidor y turbina.....	35
Explicación de intervalos de marcha.....	38

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Aplicación de componentes.	41
Elementos de Cambio.....	42
Bomba de aceite.	42
Gobernador.....	42
Módulo de vació.....	43
Solenoides.	44
Servos.....	45
Acumuladores o pistones.	45
Embragues de discos.....	46
Los frenos de discos.....	48
Frenos de cinta.	49
Engranajes epicicloidales.....	50
Línea de especificación y pruebas de presión.....	58
Cuerpo de válvulas.....	59
Filtro interno de aceite.....	61
Método	62
Identificación de los Componentes por Colores	62
Proceso de Re-manufactura de la Transmisión Automática TH400	72
Proceso Secuencial de Trabajo en la Transmisión Automática TH400	73
El trazado.....	85
Técnicas de corte.....	85

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Análisis de Metales Ferrosos y No Ferrosos de la Trasmisión Automática TH400 3L80...	91
Obtención de muestras o probetas de metales (ferrosos y no ferrosos) y fibras de la transmisión automática TH400.	92
Proceso de lijado de las probetas.....	92
Proceso de pulido.	92
Ataque químico.	93
Funcionamiento del Sistema Hidráulico.	95
Resultados	103
Proceso de Re-manufactura de la Carcasa.	103
Proceso de Re-manufactura del Convertidor de Par.	104
Proceso de Re-manufactura del Embrague Frontal.....	106
Proceso de Re-manufactura del Embrague de Directa.....	108
Proceso de lavado de la bomba de aceite.	111
Proceso de re-manufactura del cuerpo de válvulas y cárter.	111
Microestructura del Asbesto.....	113
Estudio Metalográfico del hierro gris.....	114
Estudio metalográfico de aceros.	116
Estudio metalográfico del aluminio	120
Guías de laboratorio	121
TEMA 1: Bomba hidráulica y bomba de aceite de una caja tracción trasera	121
TEMA 2: Verificación de un convertidor de torque en corte.	129
TEMA 3: Mecanismo de fijación.....	136

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Discusión.....	143
Estudio microestructural del amianto.....	143
Estudio metalográfico de hierro gris	143
Estudio metalográfico de aceros	143
Estudio metalográfico del aluminio	144
Conclusiones	145
Recomendaciones.....	146
Referencias.....	147

Índice de Tablas

Tabla 1 Parámetros optimizados	24
Tabla 2: Situaciones del tren epicicloidal	51
Tabla 3: Aplicaciones de los componentes mecánicos de la caja automática TH400 3L80....	57
Tabla 4: Medición de presiones en la línea de trabajo	58
Tabla 5: Características de la hoja de sierra.....	86
Tabla 6. Clasificación de los discos abrasivos	89
Tabla 7: Clasificación de discos de corte según el material a cortar.....	90
Tabla 8. Propiedades del Asbesto	114
Tabla 9. Elementos químicos de una fundición gris	115
Tabla 10. Propiedades mecánicas y los porcentajes del acero SAE 4130.....	117
Tabla 11. Propiedades mecánicas y los porcentajes del acero SAE 4161.....	118
Tabla 12. Propiedades mecánicas y los porcentajes del acero SAE 4137.....	119
Tabla 13. Propiedades del aluminio	120

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Tabla 14. Valores obtenidos de los componentes de frenado	141
---	-----

Índice de Figuras

Figura 1. Hydra-Matic drive.....	14
Figura 2. Dynaflo Buick.....	15
Figura 3. Curva de potencia y torque	16
Figura 4. Dispositivo de los cambios automáticos	17
Figura 5. Trasmisiones automáticas antiguas.....	20
Figura 6. Trasmisiones automáticas modernas	21
Figura 7. Método de control de circuito cerrado.....	23
Figura 8. Estrategias de control.....	26
Figura 9. Transmisión automática con EOP.....	28
Figura 10 Temperatura de aceite.....	29
Figura 11. Nomenclatura de la caja automática	34
Figura 12. Flujo del fluido dentro del convertidor.....	36
Figura 13. Intervalos de marcha.....	38
Figura 14. Bomba de aceite.....	42
Figura 15. Gobernador	43
Figura 16. Módulo de vacío	44
Figura 17. Solenoides.....	44
Figura 18. Servo	45
Figura 19. Acumuladores o pistones	45
Figura 20. Discos de embrague	47
Figura 21. Esquema de acoplamiento de los discos.....	47

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Figura 22. Ubicación de los discos de embrague en el tambor	48
Figura 23 . Frenos de discos.....	49
Figura 24. Cinta de freno.....	50
Figura 25. Tren epicycloide	50
Figura 26. Flujo de potencia del tren de engranajes de la caja TH400	52
Figura 27. Flujo de potencia de la primera marcha.....	53
Figura 28. Flujo de potencia de segunda marcha	54
Figura 29. Tercera marcha.	55
Figura 30. Inversa.....	56
Figura 31. Cuerpo de válvulas.....	59
Figura 32. Válvulas tipo bola.	61
Figura 33. Filtro interno de aceite	61
Figura 34. Conjunto de elementos de la transmisión hydra matic Th400.....	64
Figura 35. Despiece de los componentes externos de la transmisión TH400 (M40) 3L80.	66
Figura 36. Principales conjuntos de los elementos con su respetiva identificación de colores de la transmisión Th400 (M40) 3L80.....	68
Figura 37. Despiece de componentes internos de la transmisión TH400 (M40) 3L80.....	71
Figura 38. Proceso de re manufactura.....	72
Figura 39. Convertidor de par de la trasmisión TH 400 (M80) 3L80 desmontado.....	73
Figura 40. Desmontaje de la válvula de vacío de la transmisión Th400.....	73
Figura 41. Desmontaje del gobernador de la transmisión TH 400 3L80	74
Figura 42. Extracción del velocímetro de la caja de cambios automática TH 400 3L80.....	74
Figura 43. Desmontaje del cárter, empaque, perno de sujeción del filtro de aceite, filtro de aceite de la caja de cambios TH 400.	76

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Figura 44. Desmontaje de cuerpo de válvulas, solenoides, empaques, tuberías, bolas de las válvulas de bolas	77
Figura 45. Extracción del servo frontal.....	78
Figura 46. Desmontaje del servo de reversa.	79
Figura 47. Extracción de la bomba de aceite	80
Figura 48. Embrague delantero	80
Figura 49. Desmontaje del embrague de directa y la banda de 2da manual	81
Figura 50. Extracción de los discos de embragues y seguros	82
Figura 51. Extracción del perno de soporte central.....	82
Figura 52. Extracción del soporte de alimentación central y el tren de engranajes	83
Figura 53. Extracción de la banda de reversa, arandelas de empuje de bronce y acero.....	84
Figura 54. Despiece general de la caja TH400 (M40) 3L80.....	84
Figura 55. Trazado al aire para verificar piezas	85
Figura 56. Sierra de mano	86
Figura 57. Corte por abrasión.....	87
Figura 58. Amoladora portátil.....	88
Figura 59. Características del disco radial	89
Figura 60. Proceso de microestructura.....	91
Figura 61. Microscopio metalográfico.....	94
Figura 62. Pulidora de probetas.....	95
Figura 63. Disposición de cañerías en el interior de la bomba del cuerpo de la bomba	96
Figura 64. Disposición de cañerías en la tapa de la bomba.....	96
Figura 65. Disposición de cañerías en el interior de la carcasa.....	97
Figura 66. Disposición de cañerías par las diferentes marchas en el laberinto del cuerpo de válvulas.....	98

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Figura 67. Disposición de entrada de aceite al cuerpo de válvulas por el empaque y el separador	99
Figura 68. Disposición de entrada de aceite al cuerpo de válvulas por el empaque y el separador	100
Figura 69. Posición de las bolas para el accionamiento de las diferentes marchas.....	101
Figura 70. Disposición de cañerías en el soporte intermedio.....	101
Figura 71. Diagrama de flujo de aceite	102
Figura 72. Procesos de trazado y de corte a la carcasa.	103
Figura 73. Proceso de pintado de la carcasa.....	104
Figura 74. Procesos de trazado, corte y de pulido en el convertidor de par.....	105
Figura 75. Proceso de pintado del convertidor de par.....	106
Figura 76. Proceso de manufactura al embrague frontal.....	107
Figura 77. Figura 62. Proceso de pintado.....	108
Figura 78. Desarmado de elementos internos del embrague de directa	108
Figura 79. Trazado y corte del embrague de directa	109
Figura 80. Limpieza del embrague de directa y sus elementos.....	110
Figura 81. Aplicación del fondo y proceso de identificación por color de líneas de corte	110
Figura 82. Limpieza de la bomba.....	111
Figura 83. Corte del cuerpo de válvulas.....	112
Figura 84. Procesos de fondeado y pintado del cuerpo de válvulas.....	113
Figura 85. Fibras de asbesto de los discos de embrague.....	113
Figura 86. Microestructura de fases perlíticas, cementíticas y forma de grafito del cuerpo de válvulas.....	115
Figura 87. Estudio metalográfico a engranes del tren epicicloidal.	116
Figura 88. Microestructura superficial del resorte	118

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Figura 89. Microestructura del núcleo del resorte.....	118
Figura 90. Microestructura de la carcasa de embragues y ejes	119
Figura 91. Microestructura de la carcasa	120
Figura 92. Presentación de la transmisión TH 400 (M40)3 L80.....	121
Figura 93. Bomba de aceite.....	122
Figura 94. Despiece de la bomba de aceite	124
Figura 95. Mínima presión	125
Figura 96. Máxima presión	126
Figura 97. Posición de trabajo de la transmisión automática.....	127
Figura 98. Extracción de pernos de la bomba	127
Figura 99. Extracción de la bomba y proceso de desarme	127
Figura 100. Verificación de rotor paletas y extracción del resorte	128
Figura 101. Medición del desgaste en la bomba	128
Figura 102. Armado de la bomba.....	128
Figura 103. Montaje de la bomba en la transmisión automática.....	129
Figura 104. Convertidor de par	131
Figura 105. Despiece del convertidor de par.....	132
Figura 106. Componentes internos del convertidor de par	132
Figura 107. Verificación del estado de componentes internos.....	133
Figura 108. Circulación del aceite dentro del convertidor	133
Figura 109. Partes del convertidor	134
Figura 110. Carcasa y lock UP.....	134
Figura 111. Turbina.....	135
Figura 112. Estator	135
Figura 113. Bomba del convertidor.....	135

CARACTERIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA CAJA DE CAMBIOS AUTOMÁTICA

Figura 114. Freno de banda.....	137
Figura 115. Discos de freno	138
Figura 116. Rueda libre.....	138
Figura 117. Posición de trabajo de la transmisión	139
Figura 118. Bomba y cárter retirados.....	139
Figura 119. Embragues frontal y de directa retirados de la transmisión.....	139

Resumen

La transmisión automática fue creada con la finalidad de brindar confort y eficiencia en la conducción de los vehículos, el objeto de la misma es el realizar los cambios en la relación de transmisión del vehículo de manera automática sin la intervención de un embrague mecánico. A pesar de la poca acogida que tuvo en sus inicios la transmisión automática poco a poco fue tomando fuerza gracias a la exhaustiva investigación de sus creadores quienes nunca perdieron la credibilidad acerca de la eficiencia funcional de la misma. La transmisión automática es controlada por un sistema hidráulico (convertidor de par, una bomba, y un cuerpo de válvulas) que trabaja mediante presión de aceite en conjunto con diferentes embragues que permiten el funcionamiento de la misma.

El presente proyecto de investigación se enfoca en la caracterización de una transmisión automática TH400 (M40) 3L80, aplicando un proceso de re-manufactura de sus diferentes elementos como son: la carcasa, los embragues de directa, frontal y tren epicycloidal, además el estudio metalográfico a cada uno de los elementos mencionados anteriormente, dando a conocer los diferentes materiales o aceros que han sido utilizados para la elaboración de estos elementos así como también se realiza el proceso de identificación de elementos mediante colores basados en la norma INEN 440 (colores de identificación de tuberías) y el manual de reparación de la transmisión TH400 (M40) 3L80, concluidos todos los procesos con éxito propuestos en la realización de este proyecto de investigación se procede a armar la transmisión automática para presentarla en una base estructural.

Abstract

The automatic transmission was created in order to provide comfort and efficiency in driving vehicles, the object of it is making changes in the transmission ratio of the vehicle automatically without the intervention of a mechanical clutch. Despite the poor reception given in its infancy automatic transmission was gradually gaining strength thanks to the thorough investigation of their creators who never lost their credibility on the functional efficiency of it. The automatic transmission is controlled by a hydraulic system (torque converter, a pump, and valve body) by working oil pressure in conjunction with different clutches that allow the operation thereof.

This research project focuses on the characterization of an automatic transmission TH400 (M40) 3L80, applying a process of re-manufacturing of different elements such as: housing, clutches direct, front and epicyclic through a study metallographic to each of the elements mentioned above, presenting the different materials or steels that have been used for the manufacture of these elements and the process of identifying elements are also made using colors based on the INEN 440 standard (colors identification of pipes) and manual transmission TH400 (M40) 3L80, all processes completed successfully proposed in conducting this research project we proceed to assemble the automatic transmission for display on a structural basis.

Introducción

El presente trabajo de fin de carrera tiene como objetivo general el caracterizar una caja de cambios automática TH400 (M40) 3L80, mediante el seccionamiento estratégico de sus componentes, con la finalidad de conocer el funcionamiento de la transmisión citada.

Objetivos Específicos

- Descripción de cada uno de los componentes que conforman la transmisión automática.
- Identificación de los elementos que actúan en la transmisión automática.
- Conocer las distintas presiones que existen en la línea de trabajo al seleccionar cada una de las marchas de la transmisión automática.
- Conocer el material de elaboración de cada uno de los componentes en base al estudio microestructural.

Justificación

La elaboración del material didáctico es indispensable para la realización de prácticas de estudiantes en el taller de la cátedra de transmisiones automáticas que se imparte en la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK. La teoría combinada con la práctica afianzan el aprendizaje impartido por los docentes en las aulas, la información escrita que se redacta es de vital importancia para este tema que es conocido por los estudiantes pero un poco confuso cuando no se tiene fuentes de información claras y precisas. En el trabajo se utilizará el método analítico y práctico, para tener claro el funcionamiento de todo el conjunto de la transmisión automática TH400 (M40) 3L80.

Antecedentes

“La transmisión es la encargada de transmitir el par motor y adaptarlo a las condiciones de carga y marcha del vehículo”. (Alonsio, 1996). Por otro lado en las cajas de cambios automáticas dicha función se realiza sin necesidad de que el conductor actúe directamente sobre los mecanismos del cambio, si bien el conductor puede intervenir, con distintas actuaciones como: acelerar, frenar, conjuntamente de la selección de la posición de la palanca selectora de cambio.

La transmisión automática es un invento bastante viejo, se cree que fue evolucionando de un concepto ideado por un mecánico alemán que construía aviones a principios de los años 1900, pero no se aplicó a la industria automotriz hasta fines de la década de los años 30, cuando la empresa General Motors lanzó al mercado para su modelo de automóvil Oldsmobile una transmisión totalmente automática denominada "Hydra-Matic drive" como se ilustra en la figura 1, la cual podía hacer 2 cambios hacia adelante.



Figura 1. Hydra-Matic drive

Fuente: (Turn Key, 2016)

“Pero la primera verdadera transmisión totalmente automática apareció hasta 1948 con la transmisión Dynaflo Buick ilustrada en la figura 2” (Engineering, 2008).

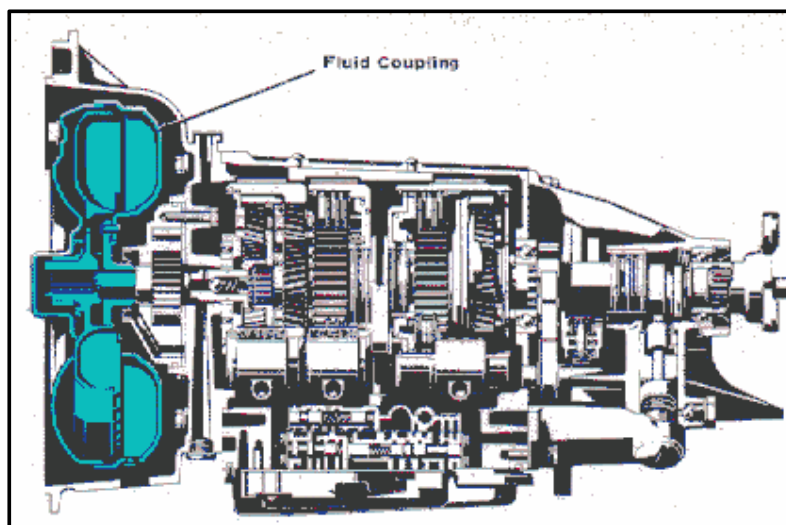


Figura 2. Dynaflo Buick

Fuente (Engineering, 2008)

Después de la segunda guerra mundial, la economía norteamericana crece de forma increíble siempre a la par de la industria automotriz, los autos son cada vez más grandes, cómodos y hay versiones para todos los gustos, y la tecnología viene de la mano con la comodidad, para este período los autos con transmisiones automáticas se vuelven sumamente populares, debido a la comodidad que brindan a la hora de conducir (Fenton, 1998)

El funcionamiento de la transmisión automática permite que se mantenga el motor marchando en un rango “estable” entre el pico de torque y el pico de potencia. En el ejemplo representado en la figura 3 se puede decir que el motor está “estable” entre unos 4500 RPM; y 6500 RPM. Cuando la velocidad del auto baja al punto que el motor opera debajo de 4500 RPM, pierde velocidad por falta de potencia. Con la presencia de una transmisión automática se puede mantener el motor en este rango de estabilidad cambiando la relación de giro del

motor y las ruedas, aumentando las RPM del motor al punto que tenga mayor potencia para mantener la velocidad del vehículo (Ferrer J E. D., 2005).

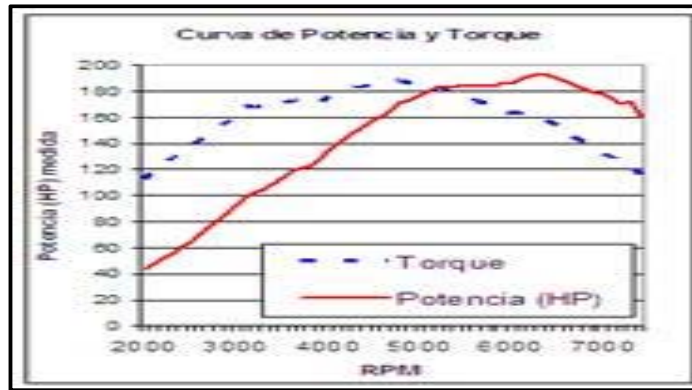


Figura 3. Curva de potencia y torque

Fuente: (Suco, 2011)

Este es un ejemplo del régimen en un motor específico. Cada motor tiene su propia curva de potencia y torque. El único constante es que siempre las curvas cruzan a 5252 RPM.

Las transmisiones automáticas están diseñadas para el régimen del motor, el diferencial y el uso esperado del vehículo. Cuando se parte en primera, normalmente el motor gira unas 4 veces más que el eje de las ruedas. Cuando llega al último cambio, “normal” o “D”, esta relación es 1:1 y cuando entra en “sobre marcha” las ruedas giran más rápidas que el motor, todos los cambios automáticos autónomos funcionan fundamentalmente de la misma forma, un convertidor de par hidráulico se combina con un tren planetario cuyas diferentes combinaciones de engranajes son seleccionadas automáticamente por un sistema hidráulico de mando, el mismo que se ilustra en la figura 4.

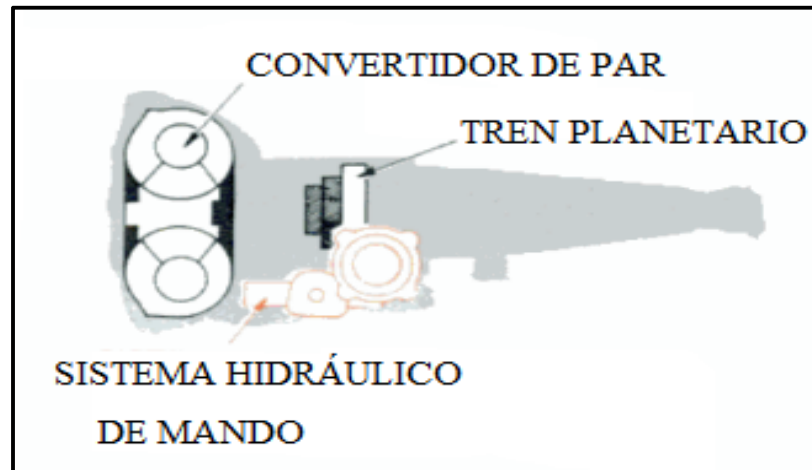


Figura 4. Dispositivo de los cambios automáticos

Fuente (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Aceite de Cambio Automático ATF (Fluido de Trasmisión Automática)

“El aceite en la transmisión automática es el elemento principal que cumple diferentes trabajos en el circuito hidráulico de la caja de cambios, a continuación se detallará cada uno de ellos” (Skoda, 2016):

- Transmitir fuerzas (en el convertidor de par);
- Efectuar acoplamientos (en los elementos hidráulicos del cambio);
- Establecer valores de fricción (en los embragues y frenos de discos, en el embrague de anulación del convertidor de par);
- Lubricar piezas (todas las piezas rotatorias del cambio);
- Evacuar calor; y,
- Transportar residuos de abrasión.

Estas tareas las realiza el aceite en un margen de temperatura de -30°C a 150°C (puntos de medición de la temperatura en el cárter de aceite del cambio). Durante el cambio de marchas, en los embragues y frenos de discos se pueden alcanzar por un breve tiempo incluso temperaturas de 250°C a 400°C (Skoda, 2016).

Durante el cambio de marchas, en los embragues y frenos de discos, estos pueden alcanzar por un breve tiempo temperaturas elevadas y cumplir todas las tareas en cualquier condición. Mejorando el índice de viscosidad garantizando un líquido constante espeso en todo el margen de temperaturas. En el mundo se reconocen los estándares establecidos de aceites de transmisión por General Motors (ATF Dexron) y Ford (ATF Mercon). (Skoda, 2016)

El aceite para la caja de cambio automática Dexron, fue creado por la empresa de General Motors, cuyo elemento principal de este fluido era el aceite de ballena, dicho aceite fue utilizado por muy pocos años en el mercado, ya que la casa de ballenas fue prohibida y el aceite de este animal era la materia prima del Dexron I, la empresa tuvo la necesidad de re hacer el aceite con elementos químicos, y en el año 1972 aparece el sucesor del Dexron I, que fue nombrado DexronII con una serie de evoluciones en el aceite con diferentes denominaciones (Dexron II, Dexron IID, Dexron IIE) con una base de aceite de jojoba (Dexron II) debiendo ser mejorado por presentar corrosión en las sueldas de los motores, y llegó a ser Dexron IID, para finalmente convertirse en el Dexron IIE el cual no presentó propiedades higroscópicas- captación de agua, que resulta totalmente perniciosa para una transmisión automática. (Skoda, 2016).

Pero los avances tecnológicos en las transmisiones de cambios automáticas dieron paso a otra evolución del aceite con una fórmula mejorada que tuvo más propiedades y se le denominó Dexron III, que fue elaborado en el año 1993.

Actualmente la fórmula de este aceite es revisada y mejorada año tras año para brindar un mejor desempeño con aditivos antiespumantes que no permiten la formación de burbujas de aire, aditivos detergentes para eliminar los barnices, lodos y depósitos formados por las altas temperaturas de operación de la caja de cambios automática. En el año 2005 General Motors lanzó su producto DEXRON VI, dicho aceite reemplaza todas las versiones anteriores Dexron.

Estudios Relevantes

Evolución histórica de la transmisión.

“Sus orígenes se remontan en el año 1894, cuando la transmisión fue introducida por los Franceses Louis-René Panhard y Emile Levassor”. (Alvaréz, 2014).

Los cuáles demostraron una transmisión de tres velocidades y el diseño básico sigue siendo el punto de partida para las transmisiones manuales más contemporáneas. (Alvaréz, 2014).

En 1989 el fabricante de automóviles Louis Renault uso un diseño básico, el cual sustituyo un eje por la cadena de transmisión y añadió un diferencial hacia el eje de las ruedas traseras con el fin de mejorar el rendimiento de la transmisión manual. (Alvaréz, 2014).

Más tarde el concepto mejoró con el gran ingenio de los hermanos Sturtevant de Boston, los cuales desarrollando la transmisión automática de dos velocidades, debido a que en esa época la tecnología industrial era primitiva, la caja de cambios era propensa a sufrir fallas, por la tensión de las relaciones de cambio de marcha. (Alvaréz, 2014).

Las transmisiones automáticas se estaban desarrollando ya que en 1904, General Motors presentó la transmisión automática de embrague bajo el nombre de Hydra-Matic, en 1938 no apareció en las líneas de producción sino hasta 1939. (Alvaréz, 2014).

Su historia se origina en la marca Ford modelo T, cuyo engranaje planetario operaba con el pie. Los logros de otras compañías como el trabajo de Chrysler ayudaron la impulsión hidráulica y el desarrollo del sistema de control hidráulico por General Motors. Para el año de 1950 todos los fabricantes de automóviles ofrecían transmisiones automáticas como equipo estándar. (Alvaréz, 2014)

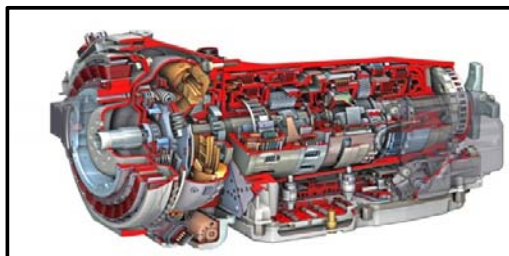


Figura 5. Trasmisiones automáticas antiguas

Fuente: (Orm, 2016)

En la actualidad los fabricantes alemanes y japoneses lideran el camino con nuevas tecnologías automáticas, con el desarrollo de BMW de la primera transmisión automática de seis marchas en el año 2002, la transmisión 7G-Tronic de siete velocidades de Mercedes-Benz, y la transmisión de ocho velocidades de Toyota que se encuentra en el Lexus LS460 de 2007. (Alvaréz, 2014).

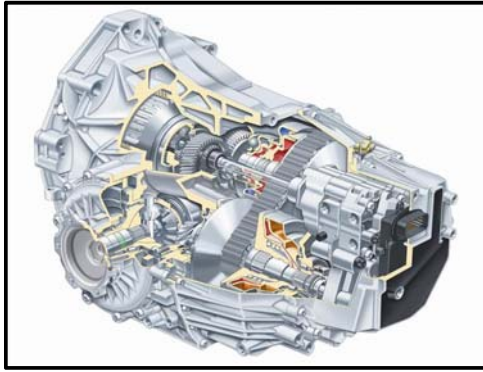


Figura 6. Trasmisiones automáticas modernas

Fuente: (Autocosmos, 2016)

En la actualidad en Estados Unidos prefieren la transmisión automática en sus vehículos, mientras que en Europa Occidental se espera que siga siendo el mayor mercado para las transmisiones manuales hasta el año 2014. (Alvaréz, 2014)

En Europa del Este y Asia, son grandes mercados para las transmisiones automáticas, y en Japón al parecer estarían adoptando la tecnología en el uso de las citadas transmisiones. (Alvaréz, 2014).

Análisis dinámico y la estrategia de control de los embragues húmedos durante la fase de torque en el cambio de velocidades

El control sobre el embrague durante el cambio de marcha es la técnica clave en el control automático del cambio en la transmisión y este control decide en gran medida la calidad de los cambios. El acoplamiento de la sobre-marcha del embrague y el desacoplamiento del embrague de marcha deben ser controlados de forma sincrónica y precisa para lograr un cambio suave. Se requiere un control óptimo de la fase de intercambio de par de embrague para lograr este control síncrono y preciso. La calidad de cambio puede ser fácilmente influenciado con parámetros de control inadecuadas debido a los muchos factores

que afectan a la fase de torsión, así como el uso del control de circuito cerrado. (Yanxiao Fu, 2015)

El control se construye. Sobre la base del estudio de la influencia de los parámetros relacionados con el embrague, un modelo de control óptimo se propone con el control de circuito cerrado, junto con un método de control adaptativo basado en el control del embrague micro-slip. Este método de control se puede ajustar continuamente, auto-parámetros de control para evitar el choque, mejorar la precisión de control y reducir efectivamente el trabajo de calibración. (Yanxiao Fu, 2015)

En la figura 7 (a) Muestra el cambio de marchas con control en el circuito cerrado normalmente en el encendido hasta de cambio, lo que demuestra un bajo impacto desplazamiento y la aceleración del vehículo. La figura 7 (b) muestra el resultado de la prueba de los métodos de control. Este resultado indica que el impacto de cambio es no es grave, y la aceleración del vehículo cambia suavemente. Por lo tanto, se consigue una buena calidad de los cambios. El resultado de control de la figura 7 (b) demuestra que el método de control de circuito cerrado es útil y eficaz. (Yanxiao Fu, 2015)

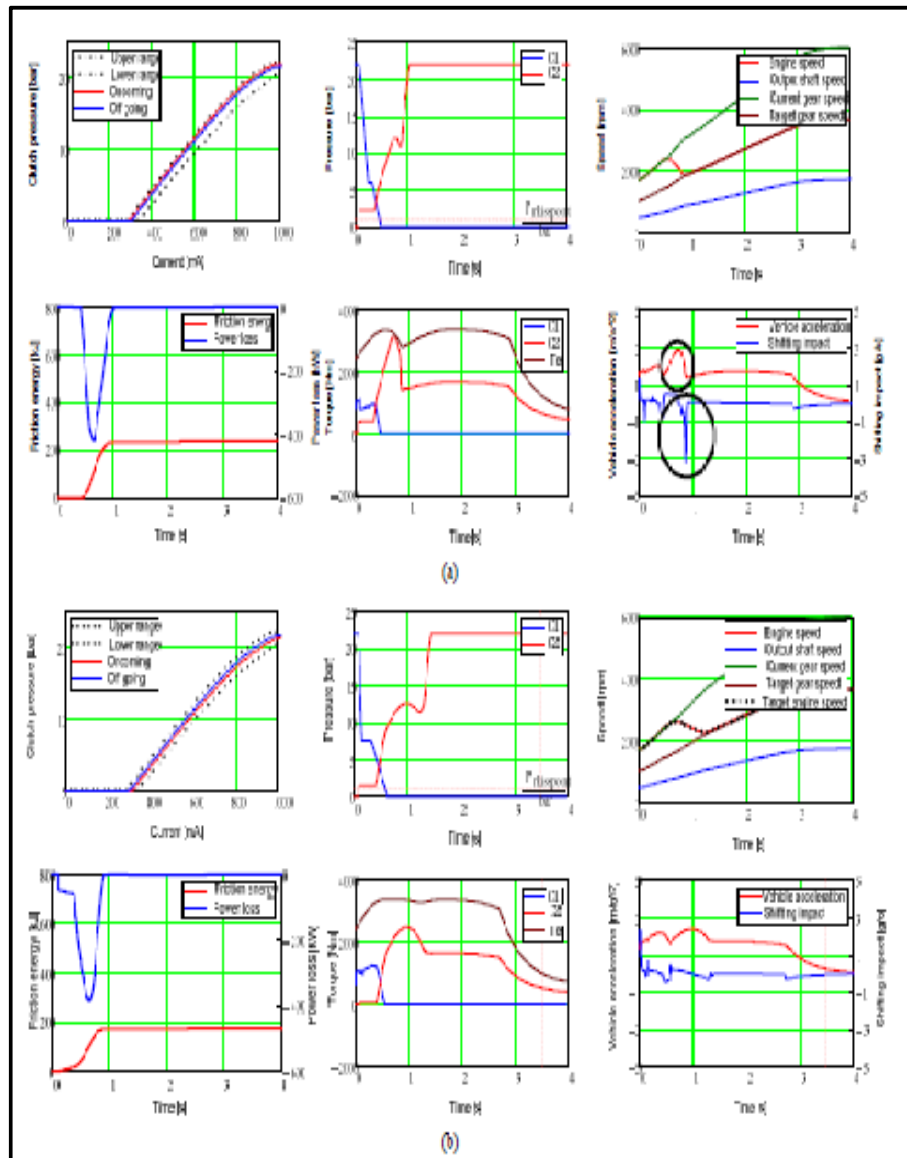


Figura 7. Método de control de circuito cerrado

Fuente: (Yanxiao Fu, 2015)

Los parámetros optimizados en la tabla 1 se pueden prevenir un par negativo en el embrague de marcha, lo que mejora la comodidad del pasajero. El control del circuito cerrado del cambio ascendente de encendido puede controlar el deslizamiento del embrague de marcha, que se mantiene a un valor de referencia poco constante. Por lo tanto la presión de embrague en la sobre-marcha, aumenta en consecuencia ya que la presión de afuera de la marcha disminuye para mantener el valor de referencia de deslizamiento. (Yanxiao Fu, 2015)

A continuación de fase de velocidad, la presión del embrague se aproxima, se controla automáticamente con el control de circuito cerrado para seguir la curva de velocidad de referencia. (Yanxiao Fu, 2015)

Tabla 1 Parámetros optimizados

Fuente: (Yanxiao Fu, 2015)

$(dp_{c2}/dt)/(dp_{c1}/dt)$	T_{trig}	$P_{rkisspoint}$	$\mu_{l\ max}$
-0.87	0.5	1.144 bar	0.117

El Resultado de la prueba muestra que este circuito cerrado con el método adaptativo asegura también buena calidad de los cambios.

La presión del embrague en fase de par durante el cambio de marchas se caracteriza para proporcionar la base de la optimización de la estrategia de control de fase de par

Un modelo dinámico matemático del embrague está construido. El par motor transferido en la fase de par se calcula con diferentes métodos bajo diferentes condiciones de trabajo, proporcionando de esta manera la estrategia de control del embrague relativamente precisa para mejorar la calidad de los cambios.

Diseño y aplicación de la bomba de aceite eléctrica en la transmisión automática para la mejora de la eficiencia y la función de arranque y parad.

Para el propósito de mejorar la eficiencia y realizando la función de arranque y parada, una bomba de aceite eléctrica (EOP) está integrado en una transmisión automática de 8 velocidades (AT). Un modelo matemático está construido para calcular la pérdida de potencia de transmisión y la fuga en el sistema hidráulico. Basándose en este modelo, una estrategia de

control basada en el flujo se ha desarrollado para EOP para satisfacer el requisito de flujo del sistema. Esta estrategia de control se verifica a través de la simulación de conducción hacia adelante. Los resultados indican que hay una mejor combinación para el tamaño de la bomba mecánica de aceite (MOP) y EOP en términos de consumo de energía mínimo. Con el fin de conseguir un proceso de arranque rápido y suave. (Yan-fang, 2016)

Se proponen estrategias de control de la EOP y el embrague en el que viene. El entorno de prueba en un vehículo prototipo está construido para verificar la viabilidad de la EOP sus estrategias de control e integrado. Los resultados muestran que la EOP seleccionado puede satisfacer las necesidades de caudal y una actuación en un arranque rápido y suave se logra de la función de arranque y parada. (Yan-fang, 2016)

Las estrategias de control de EOP y el embrague se aproxima para la función de arranque y parada.

El EOP seleccionado también debe satisfacer el requisito de flujo de la función de arranque y parada. Como se muestra en la figura 8, las estrategias de control detallado para la función de arranque y parada se pueden dividir en tres fases.

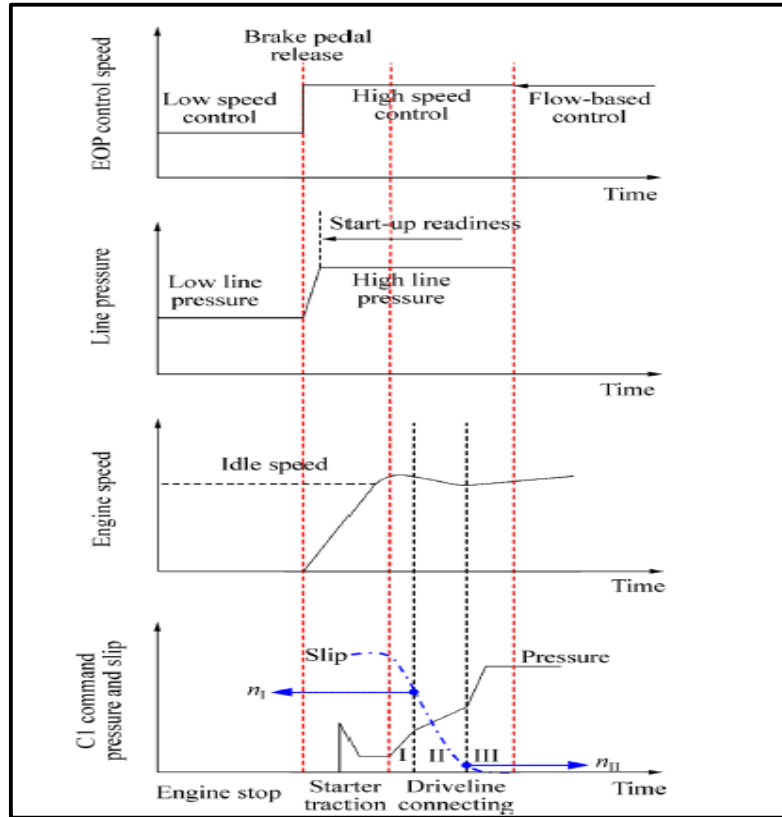


Figura 8. Estrategias de control

Fuente: (Yan-fang, 2016)

Fase de parada del motor

En esta fase, el motor está apagado durante el vehículo parado. Tanto freno y embrague están comprometidos para la preparación de la primera marcha. Sus presiones son sólo un poco más grandes que las de sus puntos de rose. Esto puede reducir la demanda de presión de la línea, por lo que el EOP puede funcionar a una velocidad baja para mantener una presión de línea de baja para la compensación de la fuga. Mientras tanto, el embrague está abierto para desconectar el motor de la línea de transmisión. Es la sobre-marcha de embrague en la función de arranque y parada. (Yan-fang, 2016)

Fase de tracción del arrancador

Cuando se suelta el pedal de freno del vehículo, la unidad de control del motor a juzgar el vehículo arranca, por tanto, el motor de arranque hace girar el motor a la velocidad de ralentí en un corto período de tiempo. Antes de la velocidad del motor alcanza la velocidad de ralentí, el EOP debe construir rápidamente una alta presión de la línea para asegurar una unión positiva suficiente de freno y embrague. Por lo tanto, la velocidad aumenta EOP inmediatamente después de esta fase empieza a suministrar el suficiente flujo de aceite para esta línea de alta presión. (Yan-fang, 2016)

Además, la sobre-marcha del embrague comienza a ser llenado en esta fase. Por lo tanto, el requisito de flujo para la EOP debe incluir también el llenado de aceite de embrague dentro del tiempo predefinido. La presión de la línea hidráulica no debe caer demasiado cuando se está llenando de embrague. (Yan-fang, 2016)

Fase de conexión línea de conducción

En dos fases anteriores, el motor de arranque se reinicia el motor sin carga del vehículo porque el embrague en el que viene es abierto. Se llena rápido por un comando de presión de triángulo la preparación de la entrega de par de torsión. Después de entrar en la fase de transmisión de conexión, la presión de embrague aumentará para reducir su deslizamiento. Con el fin de obtener un proceso de acoplamiento rápido y suave, esta fase se divide a su vez en tres etapas. (Yan-fang, 2016)

I etapa: El propósito de esta etapa es asegurar la disminución del deslizamiento del embrague. Su bandera final se puede ajustar mediante la calibración de un valor de velocidad predefinida nl. Durante esta etapa, la presión de los aumentos de embrague rápidamente para reducir su

deslizamiento a pesar de que la velocidad del motor aumenta rápidamente cuando el conductor tira hacia abajo el pedal de marcha. (Yan-fang, 2016)

II etapa: El propósito de la Fase II es eliminar el deslizamiento del embrague. En comparación con la etapa I, el incremento de presión del embrague se convierte poco a poco. La razón es una conexión suave al final de esta etapa. (Yan-fang, 2016)

III etapa: En esta etapa, la sobre-marcha del embrague deja de deslizarse. La línea de transmisión está finalmente conectada rígidamente. (Yan-fang, 2016)

La presión del embrague aumenta a la presión de la línea directa en esta etapa.

Resultados de la simulación de conducción nos dan una combinación mínima pérdida de EOP y el MOP. En función de ello, el nuevo sistema de dos bombas está diseñado y aplicado en la transmisión automática de 8 velocidades. La figura 9 muestra el modelo 3D. El EOP se monta fuera de la caja de la transmisión. El MOP se encuentra en la posición original detrás del convertidor de par. (Yan-fang, 2016)

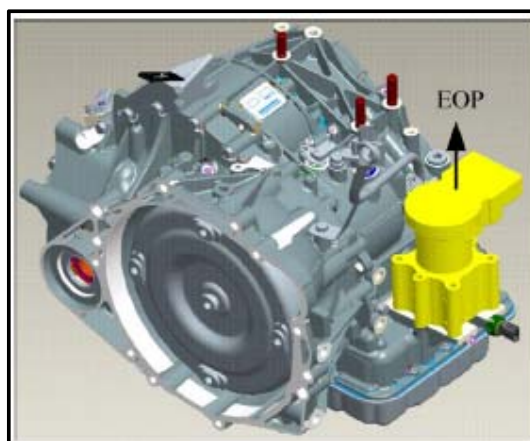


Figura 9. Transmisión automática con EOP

Fuente: (Yan-fang, 2016)

El prototipo es fabricado y montado. Las estrategias de control desarrolladas para EOP y la función de arranque y parada están integradas en la unidad de control de transmisión. (Yan-fang, 2016)

Los datos de prueba son leídas por el PC a través de la CANape software de calibración. La Figura 10 representa la temperatura del aceite en medida del ciclo de conducción NEDC. La temperatura se eleva debido a las altas aceleraciones y desplazamientos frecuentes. Sin embargo, el sistema de dos bombas suministra suficiente aceite flujo necesario para enfriamiento y lubricación. (Yan-fang, 2016)

La temperatura del aceite se puede mantener a un nivel normal entre 80 ° C y 90° C durante conducción. Además, la prueba de durabilidad también ha demostrado que ninguna parte fallan debido a estrés por calor y la falta de flujo de aceite de lubricación. Este sistema de dos bombas y la estrategia de control basada en el flujo de EOP pueden satisfacer el flujo de requisito. (Yan-fang, 2016)

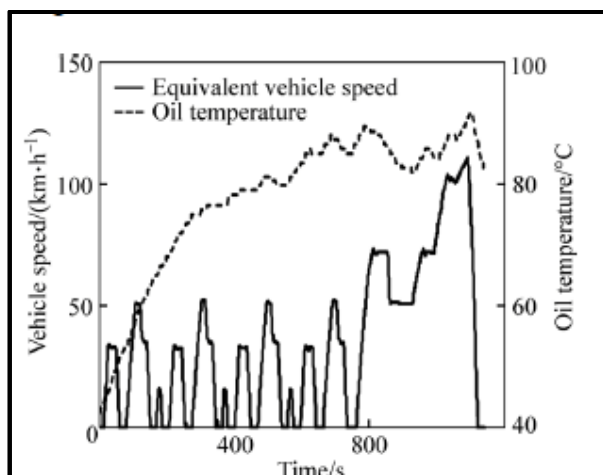


Figura 10 Temperatura de aceite

Fuente: (Yan-fang, 2016)

Esta investigación tiene un alto valor para el diseño delantero del EOP en las transmisiones automáticas con respecto a la mejora de la eficiencia y la función de arranque y parada

Un modelo de la pérdida de potencia está desarrollado para calcular la pérdida de potencia de transmisión en función del par motor y la velocidad del motor.

Las estrategias de control de la EOP y el en embrague se han desarrollado para la función de arranque y parada. Varias fases se dividen para permitir un control preciso de la comienzo del vehículo.

Los resultados de la prueba del vehículo verifica que la estrategia de control basada en el flujo de la EOP puede satisfacer el requisito de caudal. La estrategia de control de la EOP en la función de arranque y parada puede reducir la pérdida de energía en las etapas del motor y rápidamente se acumula la presión de la línea hidráulica antes de que arranque el motor. La estrategia de control de la sobre-marcha embrague puede lograr un rendimiento de arranque del vehículo rápido y sin problemas en la función de arranque y parada. (Yan-fang, 2016)

Un marco para el modelado y control óptimo de los sistemas de transmisión automática

Desarrollo de algoritmos de control eficientes para el control de transmisión automática sistemas cruciales para mantener la comodidad de los pasajeros y de la vida operativa de la transmisión. (Nezhadali V, 2015)

Un marco de optimización es desarrollado por el modelado de espacio de estado de un sistema de propulsión incluyendo una transmisión automática de nueve velocidades, motor diesel, convertidor de par y un modelo para la dinámica longitudinal del vehículo,

considerando eje de transmisión como la única flexibilidad de la línea de conducción.

(Nezhadali V, 2015)

El énfasis se pone en la cinemática de la caja de cambios automática con el objetivo de modelar para cambio de marchas control óptimo durante la fase de inercia. Teniendo en cuenta las fuerzas que interactúan entre juegos de engranajes planetarios, embragues y frenos en la transmisión, las ecuaciones cinemáticas del movimiento son derivados para hacer girar los componentes de transmisión que permite calcular tanto la dinámica de transmisión y las fuerzas internas. (Nezhadali V, 2015)

Utilizando el modelo desarrollado y analizado con el fin de los tiempos de transición mínimos / tirón y el equilibrio entre ellos, problemas de control óptimo se formulan y resuelven. Dos ejemplos un cambio ascendente y se consideran para el cálculo de la compensación entre el tiempo y objetivos tirón evitando al mismo tiempo las dificultades objetivas normalizaciones de función, el problema se resuelve mínimo tirón de forma iterativa para diferentes duraciones de cambios Cambio preseleccionados. (Nezhadali V, 2015)

Los resultados muestran que el marco desarrollado es aplicable para la optimización eficiente de los transitorios de cambio de marchas de fase inercia. Como futuros desarrollos modelo, la dinámica de accionamiento hidráulico pueden ser incluidos y la sensibilidad de los transitorios de cambio de marchas con respecto a los parámetros tales como un embrague llenar la dinámica, los componentes de inercia y la línea de conducción 'flexibilidades pueden ser analizados. (Nezhadali V, 2015)

Investigación sobre el uso de aceite vegetal como líquido base industrial del fluido de transmisión automática.

“Esta investigación ofrece la posibilidad de utilizar aceites vegetales para la producción de fluidos industriales en la fabricación de ATF (Automatic Transmission Fluid)”. (Abere Julius, 2014).

Todas las muestras de aceites vegetales se obtuvieron en el mercado abierto en el estado de Lagos Nigeria. Dichas muestras de aceite son; aceite de coco (CCO), aceite de semillas de soja (SBO), aceite de cacahuete (GNO), aceite de palma (PO), y el líquido de la transmisión automática (ATF). (Abere Julius, 2014)

Las pruebas físicas que realizaron a estos aceites fueron las siguientes: color, contenido de agua, gravedad específica, viscosidad, flash point, punto de fluidez y la prueba del crujido. Los resultados que obtuvieron de los experimentos compararon con el fluido industrial estándar (ATF). (Abere Julius, 2014)

Los resultados concluyeron que el aceite de cacahuete tiene la viscosidad más alta, además, mostraron que los aceites vegetales locales tiene como elementos principales el glicerol y ésteres. La presencia de glicerol y ésteres en los aceites vegetales producen una capa de viscosidad más gruesa y una mayor resistencia a la fricción. (Abere Julius, 2014)

De los resultados que obtuvieron en los experimentos, recopilaron los siguientes datos principales para hacer el análisis entre si y luego ser comparados con el fluido de transmisión automática. El peso específico de cada uno de los aceites es:

- Aceite de coco - 0.9247 kg/cm^3 ;
- Aceite de soja - 0.9236 kg/cm^3 ;
- Aceite de cacahuete - 0.9188 kg/cm^3 ;

- Aceite de palma - $0,9140 \text{ kg/cm}^3$; y,
- ATF - 0.8769 kg/cm^3 .

Los resultados que obtuvieron de los experimentos están todavía dentro de la gama de valores requeridos para la elaboración de la mayoría de fluidos industriales especialmente en el fluido de la transmisión automática. (Abere Julius, 2014).

Diseño del sistema de cambio de fluido automatizado para transmisiones automáticas.

La investigación permite cambiar el fluido hidráulico de la transmisión automática de vehículos livianos. La unidad posee dos circuitos hidráulicos independientes: el primero; circuito de control y el segundo circuito principal, funcionan como circuitos cerrados e independientes, hasta la conmutación de las electroválvulas pasan a formar un circuito abierto que emula la presión interna de la transmisión automática en parking y realiza el cambio del fluido por medio de la recirculación y filtrado. Todo el proceso es controlado por medio de un interfaz de comunicación humano-máquina que permite controlar el tiempo de recirculación independiente de los circuitos de control y principal desde una pantalla táctil ubicada en el tablero de control, en el que se visualiza todas las operaciones que se realiza de manera automática a la unidad, desde que el operador inicia el proceso, hasta que por acción del sensor de nivel ubicado en el deposito externo, corta la energía del sistema y se concluye con el proceso; dando como resultado un cambio de líquido hidráulico de la transmisión automática exitoso. Teniendo un sistema optimizado y eficiente que cumple estándares técnicos de calidad como lo demuestra las pruebas de laboratorio. (Rocha.J, y otros, 2015)

Descripción General de la Caja de Cambios Automática TH400 (M40) 3L80

La Nomenclatura de la caja de cambios automática diseñada por General Motors, TH 400(M40) 3L80 que se aprecia en la figura 11. Especifica el número de velocidades que posee dicha transmisión, la posición de trabajo y el torque basado en una capacidad relativa.

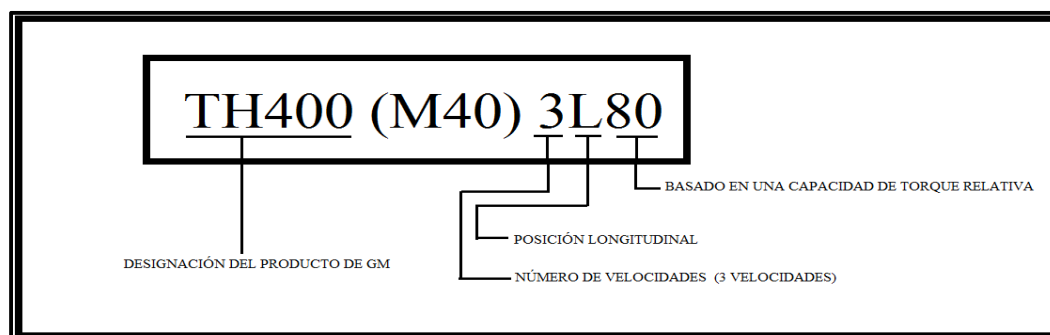


Figura 11. Nomenclatura de la caja automática

Fuente. (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

La caja de cambios automática es considerada como una transmisión duradera y legendaria. La TH400 posee una potencia de 450 ft. Lb de par de entrada (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

“Se compone principalmente de un convertidor de par de cuatro elementos, dos conjuntos de engranajes planetarios, embragues mecánicos y de fricción y un sistema de control hidráulico presurizado” (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

El convertidor de par de tres elementos contiene una bomba, una turbina, y el estator. El convertidor de par es un sistema de acoplamiento que sirve para transmitir sin problema la potencia del motor a la transmisión mediante un fluido hidráulico. También proporciona hidráulicamente desmultiplicación de par adicional cuando sea necesario. (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

Los dos conjuntos de engranajes planetarios proporcionan las tres marchas delanteras y una de reversa. El cambiando de las relaciones de la transmisión es completamente automático y se lleva a cabo mediante el uso del sistema de control hidráulico presurizado (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

El sistema hidráulico consta principalmente de una bomba de tipo de paletas, la cual es la encargada de controlar el cuerpo de las válvulas y la caja en sí. La bomba mantiene las presiones de trabajo necesarios para accionar el servo y los pistones de embrague que se aplican o liberan a los componentes de fricción. Estos componentes de fricción son accionados en los diferentes cambios automáticos de la transmisión. (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

Conjunto de la bomba del convertidor y turbina.

Cuando el motor está en marcha el conjunto de la bomba del convertidor actúa como una bomba centrífuga por recoger fluido en su centro y la descarga, en su borde entre los álabes como se ilustra en la figura 12. La fuerza de este fluido golpea las aspas de la turbina y hace que la turbina gire. Cuando el motor incrementas las RPM son transmitidas directamente a la bomba del convertidor y este a su vez lo trasmite hacia la turbina. (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

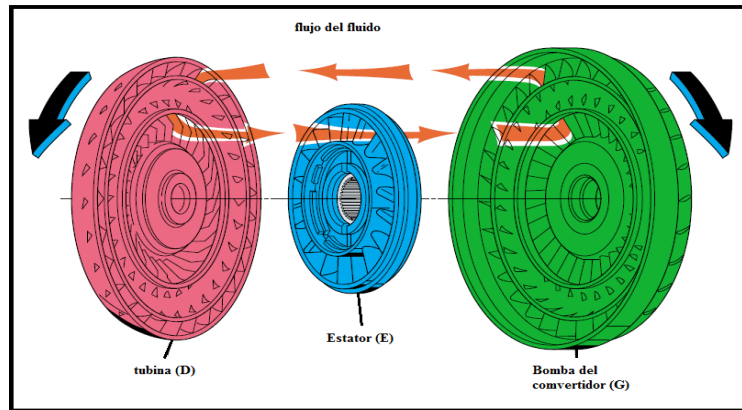


Figura 12. Flujo del fluido dentro del convertidor

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Funcionamiento en conjunto de todos los elementos del convertidor.

En el trabajo del convertidor de par se pueden diferenciar tres etapas.

1.- Arranque: Es el momento en que se aprieta el acelerador y el motor hace girar la bomba con bastante potencia, pero la turbina está en reposo porque el automóvil está detenido y su inercia se opone al movimiento. Durante esta etapa se produce la mayor amplificación del torque. El fluido que llena el convertidor no gira, es solo bombeado a la turbina para hacerla girar y retorna con gran velocidad.

2.- Aceleración: El automóvil va ganando velocidad, pero todavía hay una diferencia relativamente grande de velocidad de giro entre la bomba y la turbina. Bajo esta condición, el convertidor produce una alta amplificación del par, pero menor que en las condiciones de arranque. El índice de desmultiplicación dependerá de la diferencia real entre las velocidades de giro de ambas piezas, así como otros factores de diseño.

3.- Acoplamiento: La turbina ha acelerado y gira a una velocidad muy próxima a la de la bomba. La amplificación del par casi es inexistente y el convertidor de par se está comportando de una manera similar a un embrague hidráulico.

Como ya se ha dicho, la clave para que el par sea amplificado radica en el estator. En el clásico embrague hidráulico, durante los períodos de alto patinaje, es decir cuando las velocidades de giro de la bomba y la turbina son muy diferentes, el flujo del fluido que regresan de la turbina a la bomba lo hace en una dirección que no es la de los álabes de esta última, por lo que de cierto modo obliga a la bomba a cambiar su dirección y dirigirlo de nuevo a la turbina para transmitir el par, claro está que este efecto conlleva a una pérdida significativa de la eficiencia y una generación de calor residual considerable. (Ferrer J E. D., 2005).

En el convertidor de par, a diferencia de los álabes colocados radialmente en un embrague hidráulico normal, tanto la turbina como el estator tienen álabes en ángulos y curvos. La forma de los álabes del estator es lo que altera la trayectoria del fluido, y lo obliga a coincidir con la rotación de la bomba. La curvatura de los álabes de la turbina ayuda a dirigir correctamente el líquido de regreso al estator por lo que este último puede hacer su trabajo. La forma de los álabes es importante ya que pequeñas variaciones pueden resultar en cambios significativos en el desempeño del convertidor. (Ferrer J E. D., 2005).

Durante el arranque y la etapa de aceleración, en las que se produce la amplificación del par, el estator permanece estacionario debido a la acción de su embrague unidireccional y porque recibe flujo de la turbina que lo tiende a hacer girar en contra de la bomba. Sin embargo, cuando el convertidor de par se aproxima a la fase de acoplamiento, la energía y el volumen del líquido que regresan de la turbina disminuirá gradualmente y todo el sistema

girará como parte del torbellino rotatorio de fluido, el mecanismo de rueda libre se libera y las tres piezas giran en la misma dirección de la bomba como un conjunto.

Desafortunadamente, una parte de la energía cinética del fluido se perderá debido a la fricción y la turbulencia, lo que causa que en el convertidor genere calor residual, y hace que la eficiencia nunca será del 100%. Este efecto, a menudo referido como pérdidas por bombeo, será más pronunciado cerca de condiciones de arranque. (Ferrer J E. D., 2005)

En los diseños modernos, la geometría de las aspas minimiza las pérdidas, lo que permite que la turbina se pueda quedar bloqueada durante largos períodos con poco peligro de sobrecalentamiento. (Ferrer J E. D., 2005)

De todas formas, al igual que en los embragues hidráulicos, el convertidor de par necesitará de un sistema de enfriamiento del aceite para evitar que la temperatura llegue a valores peligrosos para el fluido y el sistema. (Ferrer J E. D., 2005).

Explicación de intervalos de marcha.

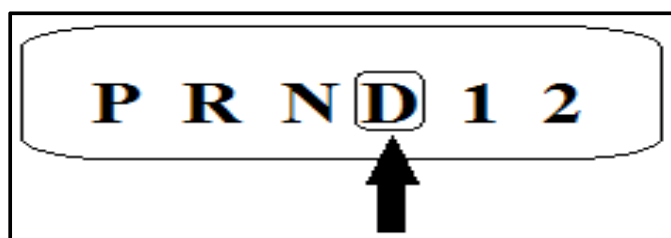


Figura 13. Intervalos de marcha

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

La transmisión opera en cualquiera de las seis posiciones diferentes que aparecen en la sección de selección de marcha de la figura 13.

Parking.

P.- La posición de reposo permite que el motor pueda arrancar normalmente mientras que el vehículo no pueda rodar hacia delante o hacia atrás por razones de seguridad, el modo de uso de esta posición es que el freno de estacionamiento del vehículo debe estar accionado y la palanca selectora debe estar en la posición "Parking". Dado que el eje de salida es mecánicamente bloqueado por el freno de aparcamiento y por la relación de engranaje en el interior de la caja, La posición de estacionamiento no debe seleccionarse hasta que el vehículo se haya detenido por completo.

Reversa.

R.- Es la marcha que permite que el vehículo solo vaya en reversa, para la selección de esta marcha se debe tener el vehículo prendido, el freno de parqueo desactivado, presionado el pedal de freno y por último se selecciona la marcha de reversa mediante se va retirando el pie del freno el vehículo va avanzando hacia tras (Fenton, 1998).

Neutro.

N.- Posición neutra permite que el motor arranque y opere sin la conducción del vehículo si es necesario, esta posición debe ser seleccionada para reiniciar el motor mientras el vehículo está en movimiento (Alonsio, 1996).

Drive.

D.- La marcha drive se debe utilizar en todas las condiciones normales de manejo para una máxima eficiencia de combustible y menor consumo (Ferrer J E. D., 2005). Esta

marcha permite que la transmisión opere en cada una de las tres velocidades hacia adelante (Ferrer J E. D., 2005).

Bajo cambios de una velocidad menor, o aumentó de una velocidad mayor la relación de transmisión está disponible para el paso seguro, pisando el acelerador o por seleccionar manualmente una marcha más corta con el selector de cambios (Ferrer J E. D., 2005).

La transmisión no debe ser operada en drive al arrastrar un remolque o conducir sobre terreno montañoso. Bajo tales condiciones que ponen una carga extra en el motor, para mayor eficiencia al momento de manejar con dichas cargas externas es recomendable seleccionar las marchas más bajas y fuertes (Ferrer J E. D., 2005) .

Primera manual 1.

1.- La primera manual en primer lugar se puede seleccionar en cualquier velocidad del vehículo. Si la transmisión está en tercera marcha la hará cambiar inmediatamente a la segunda marcha. Cuando el vehículo disminuye la velocidad hasta por debajo de aproximadamente 48 a 56 km / h (30 a 35 mph) la transmisión luego cambia a primer engranaje (Fenton, 1998).

Esta marcha es utilizada particularmente en el frenado de motor. Esto es beneficioso para mantener el máximo frenado del motor al descender pendientes muy empinadas (Fenton, 1998).

Segunda manual 2.

2.- La marcha de segunda manual añade más rendimiento en un congestionamiento vehicular o tráfico y en un terreno montañoso. Tiene la misma partida o relación de la primera marcha drive, pero impide que la transmisión cambie por encima de la segunda

marcha. Por lo tanto esta marcha se puede utilizar para retener el segundo engranaje al momento de la aceleración y el frenado del motor como se desee (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

Además la marcha se puede seleccionar a cualquier velocidad del vehículo, pero no va a reducir la marcha y establecerse en marcha de segunda manual hasta que la velocidad del vehículo cae por debajo de aproximadamente 100 km / h (62 mph). (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

Aplicación de componentes.

Los componentes de fricción utilizados en esta transmisión son: cinco discos de embragues múltiples y una banda. Los múltiples embragues de disco se combinan con dos componentes mecánicos, un embrague de rodillos y un embrague de patín, para entregar cuatro diferentes relaciones de transmisión a través de los juegos de engranajes y luego transferir el par a través del eje de salida. (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

Algunos de los elementos de la transmisión son accionados de forma hidráulica y mecánicamente.

Los embragues y bandas, son accionadas y liberadas hidráulicamente con el fin de proporcionar un rango de velocidades automática de cambio a otros componentes, tales como un embrague de rodillos o embrague de cuña, a menudo reaccionan a un componente hidráulico que permite la acoplación o desacoplación mecánica a otro miembro de la transmisión.

Elementos de Cambio

Bomba de aceite.

Parte importante de la transmisión automática, es la bomba de aceite esta genera un caudal de aceite que recorre a través de la transmisión lubricando los engranes y a todos los componentes. Está ubicada al principio de la transmisión automática y conectada al convertidor de par. Es muy importante cuidar el estado de la bomba de aceite para evitar desgastes que provoquen fugas de presión. (Fenton, 1998)

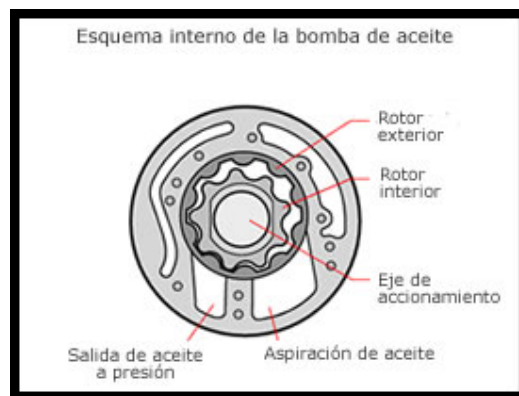


Figura 14. Bomba de aceite

Fuente: (Aficionados a la mecánica., 2016)

Gobernador.

Este elemento recibe presión hidráulica del cuerpo de válvulas y de la bomba de aceite, dependiendo de la velocidad del vehículo, mueve las válvulas del cuerpo de válvulas para realizar los cambios de velocidad automáticamente. Las partes del gobernador son: (Martínez, 2000)

- Flechas o eje;
- Cuerpo de aluminio;

- Contrapesos;
- Válvulas; y,
- Resortes.



Figura 15. Gobernador

Fuente: (S Miguel-Transmisiones, 2016)

Módulo de vacío.

Es el dispositivo que coordina las diferentes acciones del control hidráulico de acuerdo a la posición del pedal del acelerador y al par del motor, para el funcionamiento de este módulo de vacío está conectado mediante una cañería desde el múltiple de admisión donde el intervalo de revoluciones generan un vacío lo cual activa a este módulo que a su vez activa una válvula en el cuerpo de válvulas, permitiendo el paso o cierre de aceite para que el cambio de marcha no sea brusco. (Martínez, 2000)

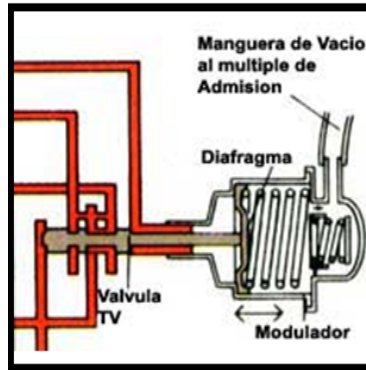


Figura 16. Módulo de vacío

Fuente. (Orm, 2016)

Solenoides.

Son válvulas electromagnéticas de cierre o apertura, las son operadas por la unidad de control electrónico (TCM) y van montadas por lo general en el cuerpo de válvulas para las diferentes velocidades requeridas, acople de convertidor y control de presión de línea principal. (Martínez, 2000).

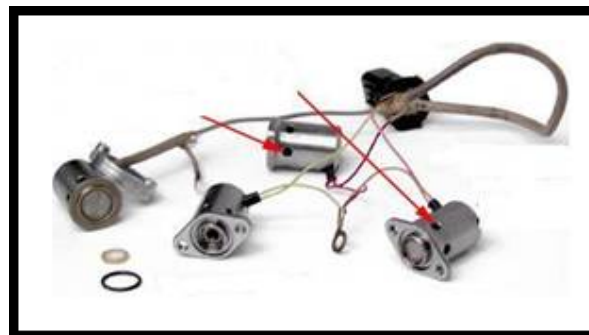


Figura 17. Solenoides

Fuente: (Spanish.Transmissiontester, 2010)

Embragues de discos.

Cada marcha posee un elemento de cambio, como mínimo, estableciendo el flujo de fuerza mediante fricción. Se utilizan embragues de discos para establecer el flujo de fuerza del eje de turbina al tren epicycloidal. Poseen discos interiores y exteriores, ambos unidos con piezas rotatorias. Están encajados unos con otros. Sin accionamiento, y están llenos de aceite, de modo que puedan girar libremente. (Ferrer J E. D., 2005)

El conjunto de discos es comprimido por el émbolo hidráulico, que gira simultáneamente junto con su llenado de aceite, el cual actúa por detrás sobre el émbolo. Por ello, la alimentación de aceite se efectúa mediante un árbol hueco. (Ferrer J E. D., 2005)

Al desembragar, se descarga el embrague de discos mediante resortes (muelles de compresión, también muelles de platillo). Unas válvulas de bola (en parte en el émbolo, y en parte en el portadiscos) se encargan de que, sin accionamiento, se elimine rápidamente la presión y pueda salir el aceite. (Ferrer J E. D., 2005)

Los portadiscos, tanto en el elemento interior como en el exterior, alojan los discos mediante salientes, resultando una unión en arrastre de forma.

- Los discos exteriores son de acero.
- Los discos interiores son de plástico altamente resistente como se pueden ver en la figura 16. (Ferrer J E. D., 2005)

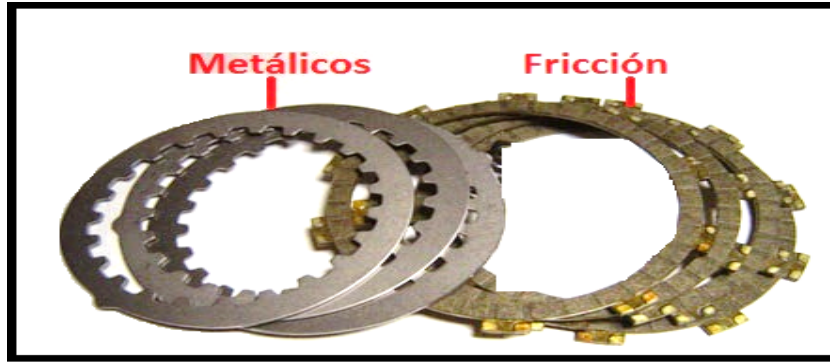


Figura 20. Discos de embrague

Fuente (Martínez, 2000)

Cumplen al mismo tiempo la función del forro de fricción. El armazón de apoyo es de celulosa. La resistencia a temperaturas elevadas se consigue mediante un aditamento de fibras de aramida (material plástico de alta resistencia). A fin de influir sobre el valor de fricción se añaden minerales para unir la resistencia fenólica. El número de discos varía mucho según la ejecución del cambio. (Ferrer J E. D., 2005)

El juego entre los discos es de importancia para el funcionamiento del acoplamiento automático de las marchas y está predeterminado en el diseño. Se ajusta por separado al efectuar el montaje.

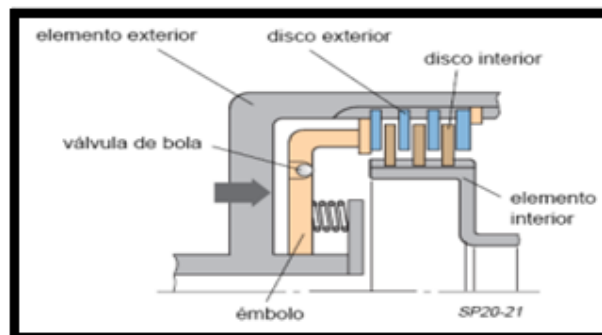


Figura 21. Esquema de acoplamiento de los discos

Fuente: (Skoda, 2016)

Los portadiscos, tanto en el elemento interior como en el exterior, alojan los discos mediante salientes como se muestra en la figura 22, resultando una unión en arrastre.

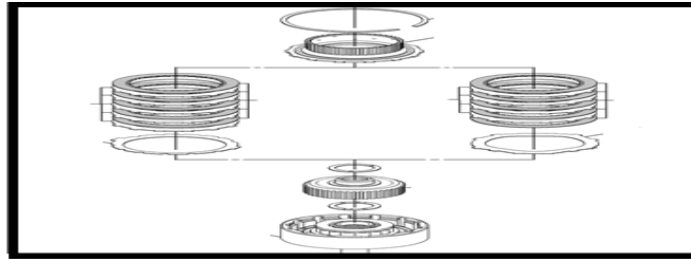


Figura 22. Ubicación de los discos de embrague en el tambor

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Los frenos de discos.

Los frenos de discos se utilizan para retener un elemento del tren epicycloidal. Son similares a los embragues de discos tienen así mismo discos interiores y exteriores como indica la figura 23.

“Los discos interiores también están unidos con un elemento giratorio mediante salientes, mientras que los discos exteriores están fijos, apoyados en la caja de cambios” (Skoda, 2016).

En la activación de un émbolo comprime el conjunto de discos, al contrario del embrague de discos, el émbolo hidráulico se encuentra fijo. En el freno de discos es importante el juego entre discos para un funcionamiento perfecto de acoplamiento de marchas, por lo que se ajusta por separado.

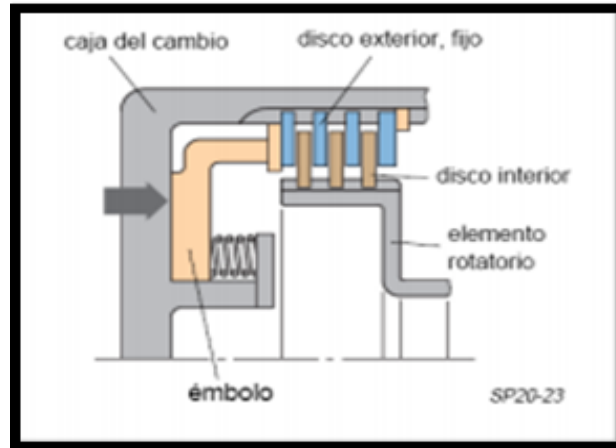


Figura 23 . Frenos de discos

Fuente: (Skoda, 2016)

Frenos de cinta.

“Otra posibilidad de diseño para retener los elementos de un juego de planetarios lo ofrece el freno de cinta. La forma exterior del árbol es similar a la de un tambor de freno.” (Skoda, 2016).

Como elemento de frenado, una cinta de acero como muestra la figura 24, abraza estrechamente el tambor de freno, el cual se mueve libremente en estado inactivo.

La cinta de freno se apoya en un extremo contra la caja de cambio, al tener lugar la activación hidráulica, en el otro extremo actúa la fuerza del émbolo y frena el tambor hasta la parada. Una desventaja del freno de cinta es que sobre la caja de cambio actúan grandes fuerzas radiales (Martínez, 2000)

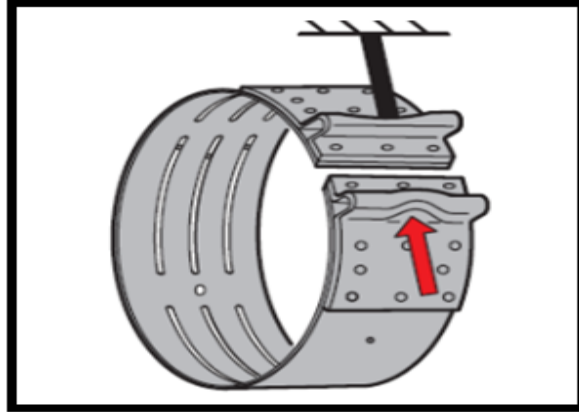


Figura 24. Cinta de freno

Fuente: (Autocosmos, 2016)

Engranajes epicicloidales.

El principio en que se basa la caja de cambios automática para obtener diferentes relaciones de transmisión es un sistema planetario de engranajes.

Este sistema consiste en una corona exterior (4), piñones satélites (2), cuyos ejes van montados en un soporte (3), y un engranaje planetario central (1). Se le da nombre de un sistema planetario por su similitud con los planetas del sistema solar que tienen un movimiento de rotación y otro de traslación alrededor del sol como en la figura 25. (Fenton, 1998).

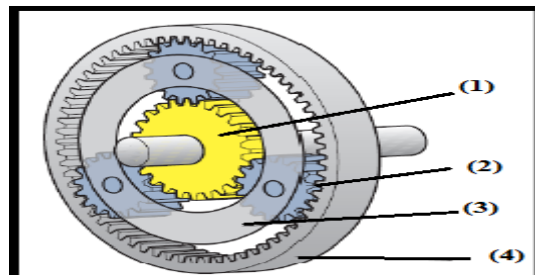


Figura 25. Tren epicicloide

Fuente (Engineering, 2008)

El funcionamiento del sistema es el siguiente, cuando se mantiene fijo uno de los tres miembros, y hay que girar se produce una serie de sustituciones según sobre que elemento que se actua, las distintas posibilidades se presenta en la Tabla 2. (Magas, 1997)

D – Impulsado	L – Reducción
H – Fijo	R – Inversión del sentido de marcha
I – Incremento de velocidad	T - Motriz

Tabla 2: Situaciones del tren epicicloidal

Fuente: (Fenton, 1998)

Situaciones	1	2	3	4	5	6
Corona	D	T	H	H	T	D
Soporte	T	D	D	T	H	H
Planetario	H	H	T	D	D	T
Velocidad	I	L	L	I	L/R	L/R

Como se puede apreciar, fijando unos de los elementos del sistema planetario de engranajes puede obtenerse una reducción de velocidad, una desmultiplicación (según el elemento que se fije), o una inversión del sentido de giro (marcha atrás, si el soporte de los piñones planetarios se mantiene estacionario y hace girar la corona o el engranaje planetario central, aquellos actúan como piñones inversores locos), y también si se bloquean dos elementos contiguos del conjunto se obtendría una relación directa. (J.ferrer, 2005)

Flujo de potencia del tren de engranajes de la caja TH400 (M40) 3L80.

La configuración del sistema de engranajes planetarios en esta caja es el siguiente:

Dos trenes de engranajes planetarios simples integrados tren de entrada y tren de reacción como se aprecia en la figura 26.

Los piñones planetarios son independientes entre sí y la corona del tren de entrada y los porta satélites de reacción van acoplados entre sí. El cárter de entrada contiene un embrague de avance. El cubo de accionamiento del embrague de entrada de inversa también forma parte del cárter de entrada. Siempre que se accione el embrague de entrada de inversa, el cárter de entrada transmite par de transmisión de entrada a través del embrague. (Magas, 1997).

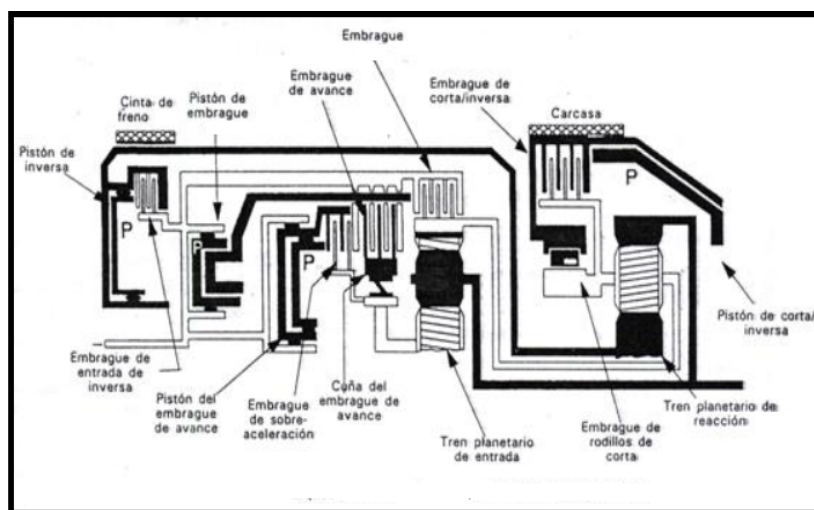


Figura 26. Flujo de potencia del tren de engranajes de la caja TH400

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)}

Parking/neutro.

Los embragues de accionamiento no se accionan y no hay entrada en la unidad planetaria. (Ferrer J E. D., 2005)

Primera marcha.

El rango de primera marcha se aprecia en la figura 27. El embrague de avance se acciona y conduce el piñón planetario de entrada a través del embrague de cuñas de avance. (Magas, 1997)

El embrague de rodillos de corta es efectivo y retiene a la corona. La primera marcha es una función del tren planetario de entrada y proporciona una relación de 3.06:1. (Ferrer J E. D., 2005).

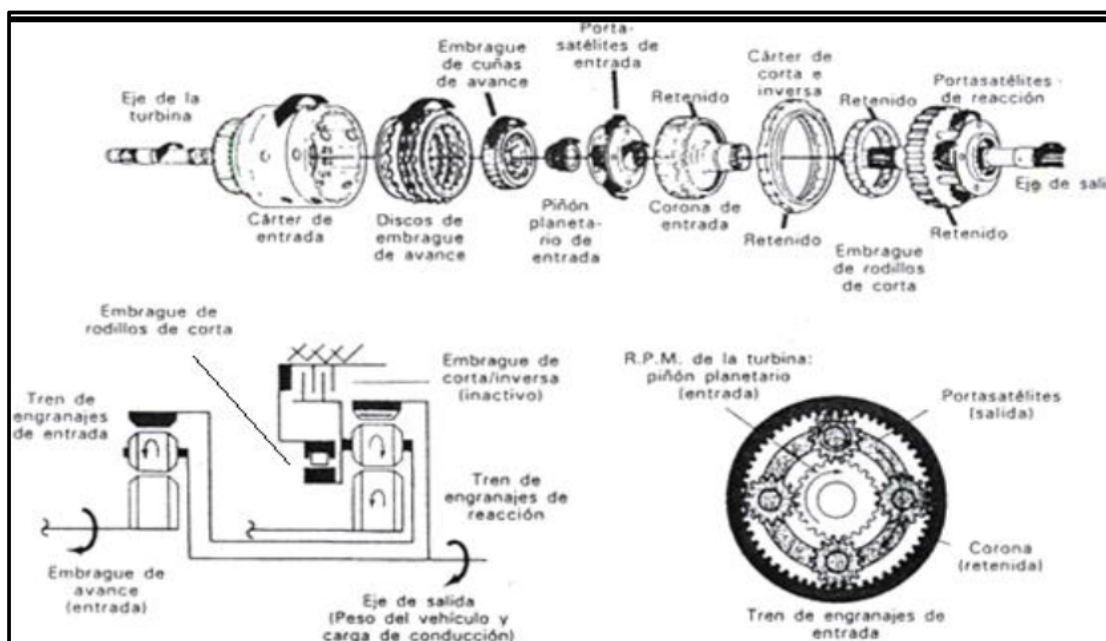


Figura 27. Flujo de potencia de la primera marcha

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

Segunda marcha.

El rango de la segunda marcha se aprecia en la figura 28 el embrague de avance se acciona y conduce al piñón planetario de entrada a través del embrague de cuñas de avance.

La cinta se acciona y retiene el piñón planetario de reacción, el embrague de rodillos de corta rueda libremente y es inefectivo. (Magas, 1997). La segunda marcha es una función combinada de las unidades planetarias de entrada y de reacción y proporciona una relación de transmisión compuesta de 1.63:1 (Magas, 1997)

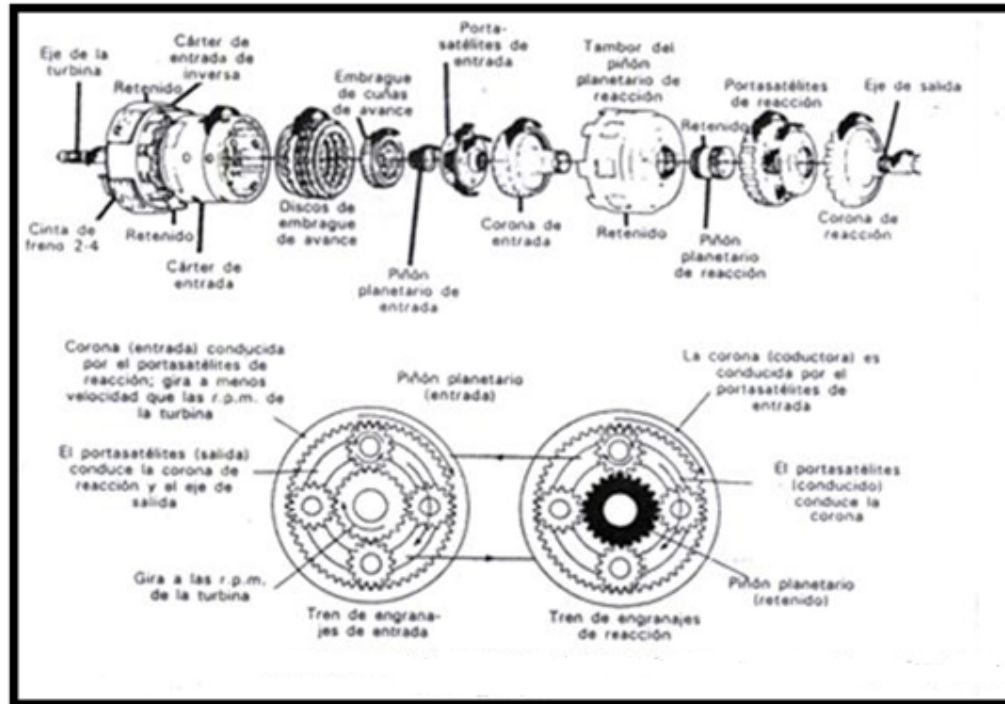


Figura 28. Flujo de potencia de segunda marcha

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Tercera marcha.

El embrague de avance se acciona y conduce el piñón planetario a través del embrague de cuñas de avance. El embrague de cuñas de avance se retiene es decir el embrague se acciona y conduce la coroa de entrada. El embrague de rodillos de corta rueda libremente y es inefectivo la tercera marcha se obtiene bloqueando entre si las unidades planetarias de entrada de reacción para obtener una relación de transmisión de 1:1 como se ilustra en la figura 29. ((Magas, 1997)

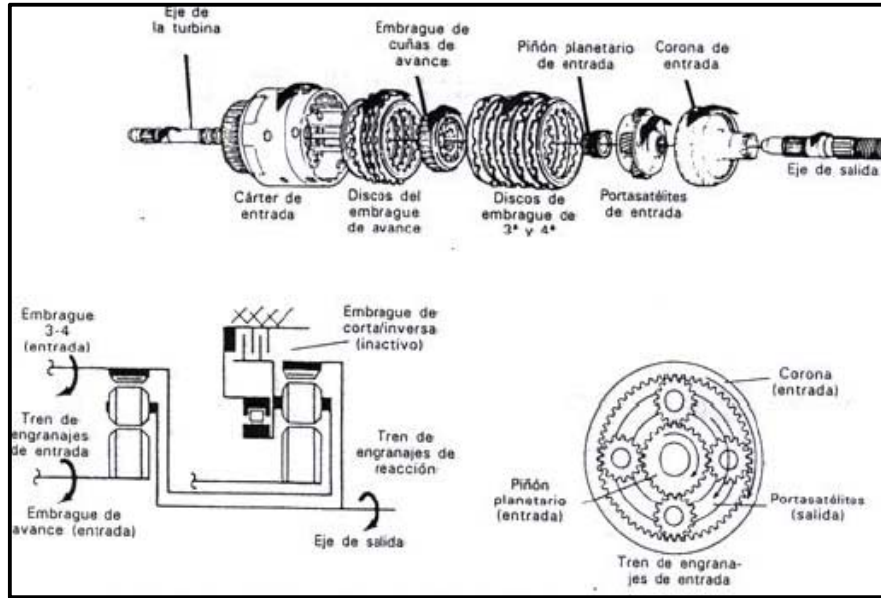


Figura 29. Tercera marcha.

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Inversa.

El embrague de entrada de inversa se acciona y conduce el piñón de reacción. El embrague de corte/inversa se acciona y retiene el porta satélites de reacción y el embrague de cuñas y de rodillos de corta no retienen como se puede mostrar en la figura 30. La inversa es una función planetaria de reacción y proporciona una relación 2.30:1. (Ferrer J E. D., 2005).

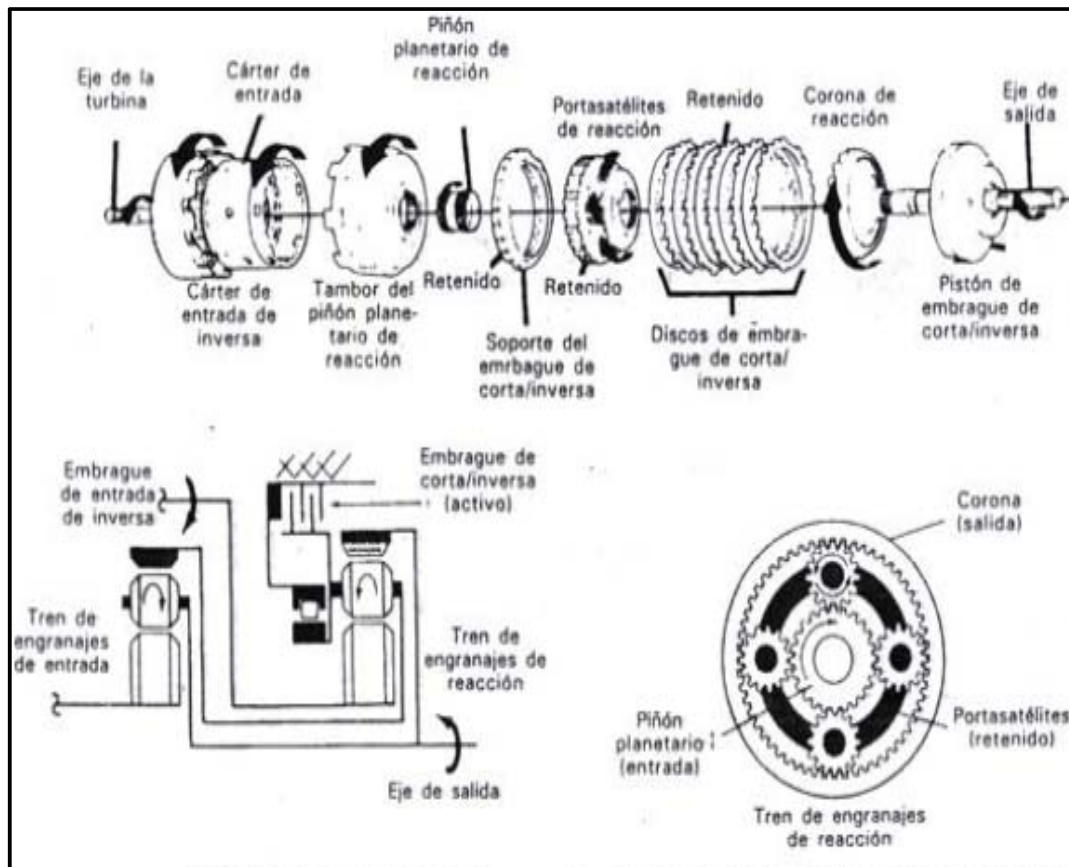


Figura 30. Inversa

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

En la Tabla 3 se visualiza los diferentes embragues que tiene la caja de cambios automática y a su vez el funcionamiento cuando el conductor selecciona una marcha.

Tabla 3: Aplicaciones de los componentes mecánicos de la caja automática TH400 3L80

TABLA DE APLICACIÓN DE COMPONENTES							
OPCIÓN	Embrague de Marcha frontal	Embrague de Media	Embrague de directa	Banda Delantera	Banda Trasera	Rodillos Intermedios	Rodillos de Baja
PARK/NEUT REVERSA	ENCENDIDO			ENCENDIDO			
DRIVE 1ST	ENCENDIDO						SUJETADO
DRIVE 2ND	ENCENDIDO	ENCENDIDO				SUJETADO	
DRIVE 3RD	ENCENDIDO	ENCENDIDO	ENCENDIDO				
DRIVE "2" 1ST	ENCENDIDO						
DRIVE "2" 2ND	ENCENDIDO	ENCENDIDO		ENCENDIDO		SUJETADO	
MANUAL DE BAJA	ENCENDIDO				ENCENDIDO		SUJETADO

Embrague de marcha delantera

Embrague de directa

Banda frontal

Embrague de intermedia

Banda

Embrague de rodillos intermedio

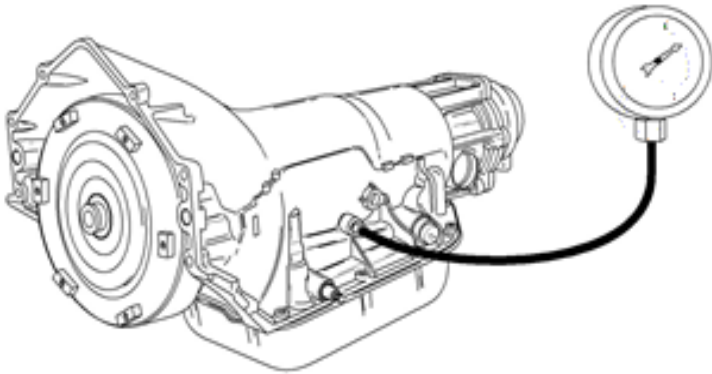
Embrague de rodillos de baja

Línea de especificación y pruebas de presión.

En la Tabla 4 se especifica los rangos de la línea de presión los cuales trabajan en cada una de las marchas de la transmisión TH 400 (M40) 3L80 estos rangos de presión de trabajo sirven para conocer el funcionamiento exacto de cada una de las marchas mediante las presiones de trabajo, los datos obtenidos fueron medidos en la línea principal de presión como ilustra en la tabla 4.

Tabla 4: Medición de presiones en la línea de trabajo

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

<p>Medidor instalado en la línea de presión</p> 	
Mediciones de presión	
OPCIÓN DE MARCHA	Presión en PSI
Neutro: aplicado el freno, el motor a 1000 RPM	55-77
Drive: motor a ralentí	60-85
Drive: aplicado el freno, el motor a 1000 RPM	60-90
Drive “2”: aplicado el freno, motor a 1000 RPM	135-160
Reversa: aplicado el freno, el motor a 1000 RPM	95-150
Drive: aplicado el freno, el motor 1000 RPM, cambio descendente del solenoide	90-110

Nota: Estas presiones fueron tomadas en una transmisión recién ensamblada que no ha sufrido ningún tipo de desgaste por funcionamiento o trabajo. Al momento de mantenimiento

correctivo de la transmisión se podrá tomar como referencia estas presiones para saber el buen funcionamiento de la caja de cambios.

Cuerpo de válvulas.

El cuerpo de válvulas o llamada caja de válvulas se conforma de conductos y válvulas (válvulas de conmutación, válvulas reguladoras de presión). Además, contiene los canales de aceite de acuerdo con el esquema hidráulico.

Los canales de aceite en la carcasa de válvulas están conducidos sin cruzamiento. Los cruces necesarios se diseñan mediante orificios dispuestos en un bloque intermedio. De este modo se pueden formar vías de aceite en diferentes carcasas de válvulas que se encuentran superpuestas. El dispositivo hidráulico de cambio, está unido mecánicamente con la palanca selectora mediante una válvula manual.

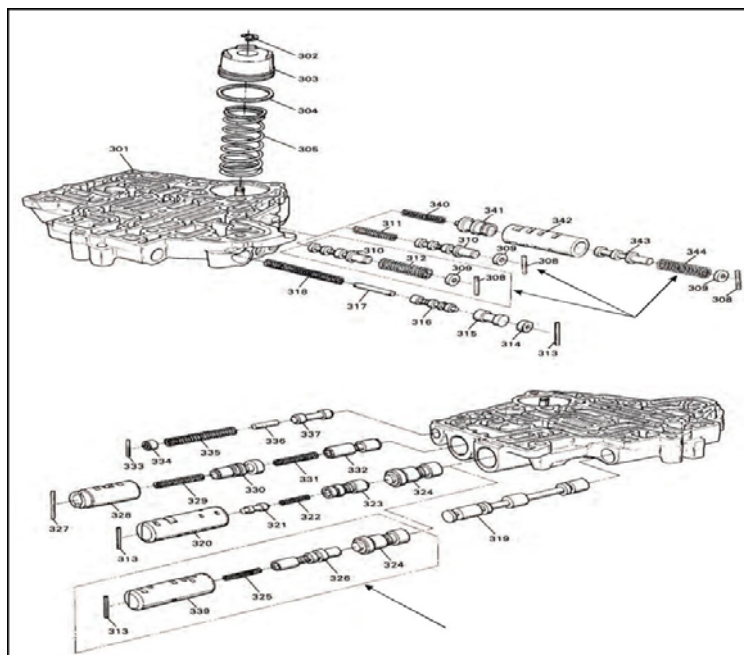


Figura 31. Cuerpo de válvulas

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

En la figura 31 desde la parte izquierda superior se tiene el cuerpo de válvulas de hierro fundido (301), 2-3 seguro del acumulador de pistón tipo E (302), acumulador del pistón (303), empaque del acumulador de pistón (304), resorte del acumulador de pistón (305), pasador de retención ranurado (308), 1-2 tapón de orificio de la válvula del acumulador (309), 1-2 válvula del acumulador (310) resorte de la válvula del acumulador (311), 1-2 resorte de la válvula del acumulador (312), pasador del pin (313), tapón de orificio de la válvula de retención (314), soporte de la válvula (315), válvula de retención (316), pin de la válvula de retención (317), resorte de la válvula de retención (318), válvula manual (319), 1-2 bocín del módulo de la válvula (320), 1-2 válvula de regulación (321), 1-2 resorte de la válvula de regulación (322), 1-2 válvula de retención (323), 1-2 eje de la válvula (324), 1-2 resorte del módulo de la válvula (325), 1-2 módulo de la válvula (326), pin recto de retención (120" DIA x 1.320") (327), 2-3 bocín del módulo de la válvula (328), 2-3 resorte del módulo de la válvula (329), 2-3 módulo de la válvula (330), 2-3 eje del resorte de la válvula (331), 2-3 eje de la válvula (332), pin recto de retención (120" DIA x .820") (333), 3-2 tapon del orificio de la válvula dosificadora (334), resorte de la válvula dosificadora (335), pin de la válvula dosificadora (336), válvula dosificadora (337), 1-2 bocín del módulo de válvula (339), 1-2 resorte de la válvula de acumulación primario (340), 1-2 válvula de acumulación primaria (341), bocín de la válvula de acumulación primaria (342), válvula de acumulación secundaria (343), resorte de la válvula de acumulación secundaria (344).

Existen tres tipos de válvulas de presión, control de flujo tipo carrete y las de retención que son de tipo balón, como se ilustra en la figura 32, se detallan las válvulas de tipo balón.

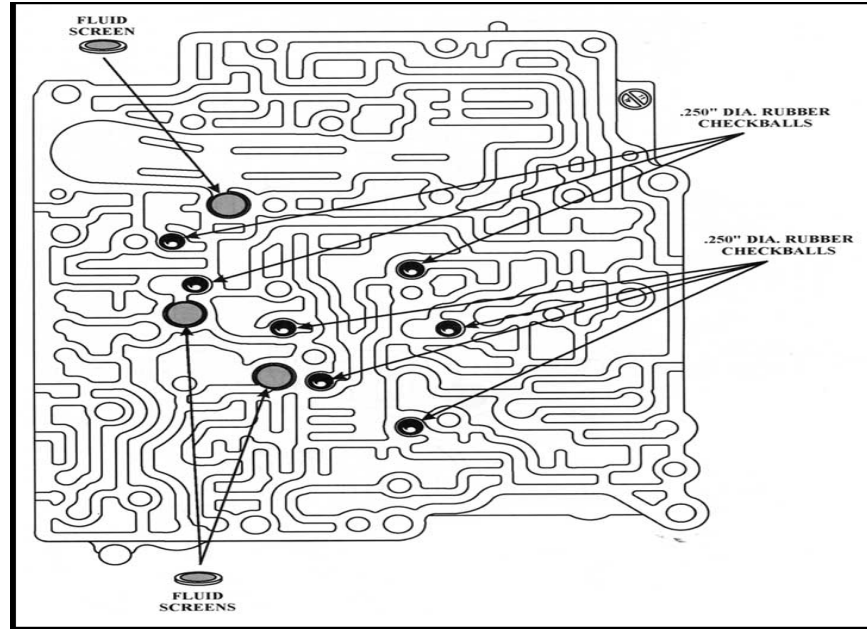


Figura 32. Válvulas tipo bola.

Fuente: (Auto electrónico, 2016)

Filtro interno de aceite.

El filtro como se representa en la figura 33, es diseñado para proteger a la caja de transmisión contras las partículas extrañas ubicadas en aceite, estas partículas desgastantes pueden ser carbonillas metálicas, las cuales disminuyen la vida útil y su potencia de la caja de transmisión.



Figura 33. Filtro interno de aceite

Fuente: (Aficionados a la mecánica., 2016)

Método

“Para la caracterización de la transmisión automática TH400 (M40) 3L80, se realizó una investigación exploratoria con la finalidad de tener una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad” (Ibarra, 2016). Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido, y cuando más aun, sobre él, es difícil formular hipótesis precisas o de cierta generalidad.

El método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

En el presente proyecto se realizara cortes específicos en cada uno de los componentes principales a su vez se hará el análisis de materiales de cada uno de sus elementos y un sistema de identificación utilizando colores para el reconocimiento de todos los elementos, estudiados en la materia de transmisiones automáticas impartida en la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz, tomando como guía fuentes bibliográficas.

Identificación de los Componentes por Colores

Los colores que se han utilizado en el presente proyecto tienen como finalidad ayudar a identificar las distintas partes, los elementos que giran a la velocidad del motor, los elementos que están estacionarios, las líneas de corte realizadas por el proceso de manufactura.

La leyenda de colores a continuación proporciona las pautas "generales" que se siguieron en la asignación de colores específicos a los componentes principales. Sin embargo, debido a la complejidad de esta transmisión, se utilizaron algunos colores (tales como gris) para propósitos artísticos embace a la función específica o la ubicación de dicho componente.



Los componentes que son estacionarios. Ejemplos: la carcasa y alojamiento de extensión del eje de salida (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).



Los componentes que giran a la velocidad del motor. Ejemplos: el convertidor de par (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).



Los componentes o cañerías hidráulicas (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).



Los bordes de los componentes que haya sufrido un proceso de manufactura externo que altere el funcionamiento de la transmisión. (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)



Todos los sellos y otros. (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

Nota: Todos los componentes que giran en el interior de la transmisión y dentro del convertidor de par no son pintados. La designación de colores son basados en el manual de la trasmisión automática TH400 (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993) y en la norma INEN 440 colores de identificación.

En la figura 34 se ilustra una transmisión automática en corte en la cual se puede apreciar todos los elementos en conjunto que conforman dicha transmisión en las siguientes

ilustraciones se procederá a describir por medio de despiece cada uno de los componentes que conforman parte de la citada transmisión.

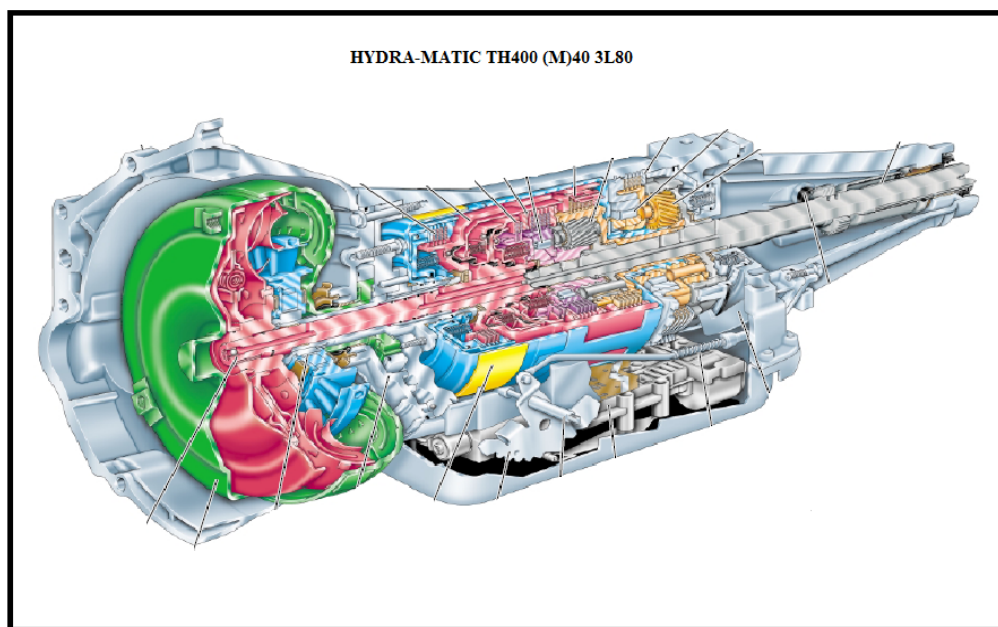


Figura 34. Conjunto de elementos de la transmisión hydra matic Th400

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

En la ilustración de la figura 35, se muestra el despiece e identificación de los componentes externos de una transmisión TH 400 (M40) 3L80. Siguiendo la numeracion desde la parte izquierda superior se encuentra los siguientes elementos: convertidor de par (1), tornillo de emsamble del cuerpo de la bomba (4), conjunto de la bomba de aceite (6), anillo de sellado del cuerpo de la bomba de aceite (7), empaque entre la bomba y carcasa (8), tubo de ventilacion (9), carcasa de transmisión (10), perno de conetención del modulo (11), soporte de retención del módulo (12), módulo de vació (13), anillo de sellado (14), válvula del módulo de vació (15),acoples del enfriador (16),tornillo de la etiqueta de identificación (17), etiqueta de identificación (18), pernos de sujeción de la cubierta del gobernador (4 requeridos) (19), cubierta del gobernador (20), empaque de la cubierta del gobernador (21), conjunto del

gobernador (22),pernos de sujeción de la extensión de la carcasa (23), sello de metal revestido de la extensión de la carcasa (26),conjunto de carcasa de extensión (27), ruliman de bolas (28), espaciador del ruliman de bolas(29), bocín de la carcasa de extensión (30), rines de seguridad internos (31), sello entre la carcasa de extensión y la carcasa (32), bocín trasero de la carcasa (33), empaque entre la carcasa de extensión y la carcasa (34), conector eléctrico (35), perno del conector eléctrico (36), pernos del cárter de aceite (37), cárter de aceite (38), empaque del cárter (39), imán del cárter (40), perno de sujeción del filtro de aceite (41), filtro de aceite (42), espaciador del filtro (43), tubo de admisión del filtro (45), perno de sujeción del resorte manual de retención (47), conjunto de cuerpo de válvulas (49), alimentación del gobernador y tubos de retorno (50), perno de sujeción del cuerpo de válvulas a la carcasa (51), cedazo del gobernador (52),perno de sujeción del solenoide de retención (53), solenoide de retención (54), empaque de la placa espaciadora del cuerpo de válvulas (56), placa espaciadora del cuerpo de válvulas (57), empaque entre la carcasa y la placa espaciadora (58), bolas unilaterales de acero con un diámetro de 0.250’’(algunos requieren 6 y otros 7) (59), servo pistón delantero (60), pin del pistón del servo con agujero de broche (61), broche del pistón del servo delantero (62), casquillo de retención del muelle de retorno del pistón del servo delantero (63), muelle de retorno del pistón del servo delantero (64), pernos de sujeción de la cubierta del servo trasero (65),cubierta del servo trasero (66), empaque del servo trasero (67), clip de retención “E” del pistón trasero (68), pistón del servo trasero (69), sello del pistón del servo trasero (70), sello exterior del acumulador del pistón 1-2 (71), acumulador del pistón 1-2 (72), sello interior del acumulador del pistón (73), limpiador del pistón del servo trasero (75), resorte del servo trasero (74), casquillo de retención del resorte del servo trasero (76), banda de aplicación del pin del pistón del servo trasero (selectiva) (77), resorte del acumulador 1-2 (78), perno del soporte central a la carcasa (79), salida del velocímetro (81), O ring del velocímetro (82), pernos del velocímetro (83), tapón de la línea de prueba de

presurización (84), empaque del pistón del servo delantero (85). (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

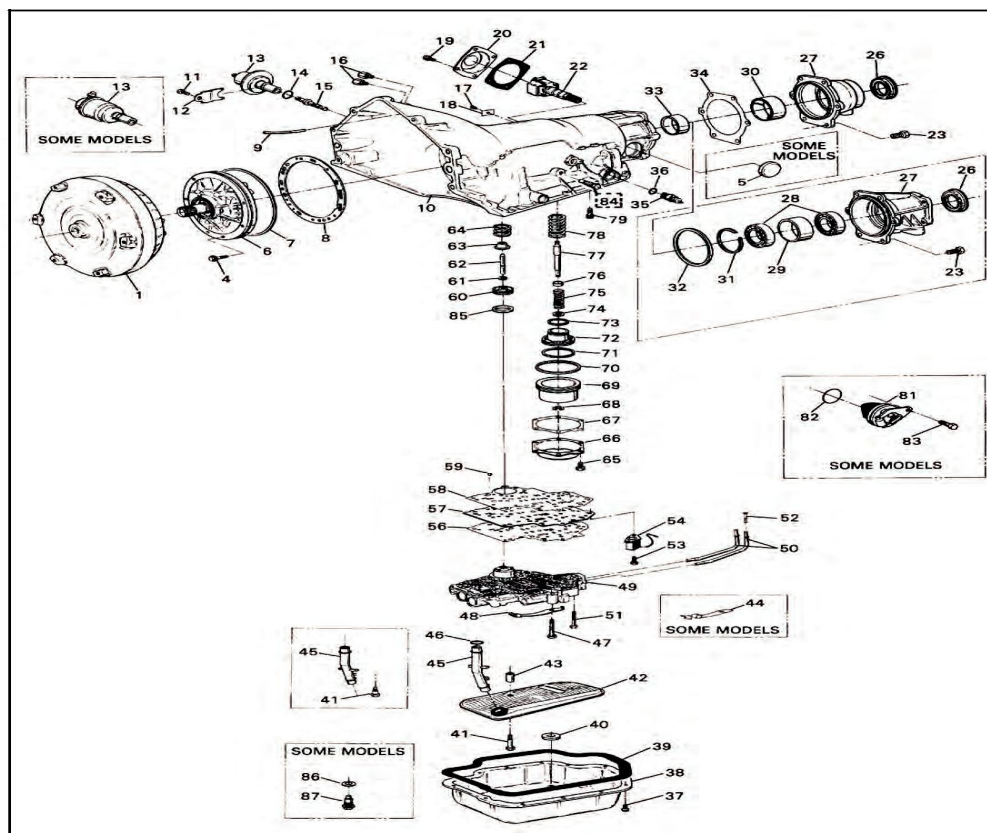


Figura 35. Despiece de los componentes externos de la transmisión TH400 (M40) 3L80.

Fuente (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

El despliegue de la figura 36 contiene los siguientes elementos, comenzando desde la parte superior izquierda hacia la parte inferior derecha se encuentra el convertidor de par (1), la bomba de aceite (4), carcasa (103), servo, banda del tambor de 2-3 marcha (602), pasador de anclaje de la banda (41), la carcasa del embrague de marcha hacia tras (605), caja de entrada y conjunto de eje (621), embrague unilateral delantero (642), carrera interior hacia adelante del embrague unilateral y engranaje solar (640), conjunto de engranajes planetarios de entrada (662), estriado para eje de salida (687), engranaje interno de entrada (664), eje

portador de reacción (666), estriado del eje portador de reacción (681), seguro de trabamiento entre sí con la carcasa del conjunto de engranajes planetarios (670), conjunto de soporte de embrague de baja y reversa (679), conjunto de embrague de rodillos de baja y reversa (678), engrane solar (673), carrera o pista del embrague de rodillos de baja y reversa (675), platos de embrague de baja y de reversa (682), porta engranes planetarios (681), estriado del conjunto de soporte de entrada (662), eje manual (84), fijador interior de niveles (88), conjunto actuador de bloqueo de aparcamiento (85), trinquete del freno de parqueo (81), resorte de retorno del trinquete de estacionamiento (80) engranaje interno de reacción (684), eje de salida (687), rotor de velocímetro (699). (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

En esta ilustración de la figura 37, se muestra el despiece e identificación de los componentes internos de una transmisión TH 400 (M40) 3L80. Siguiendo la numeración desde la parte izquierda superior se encuentran los siguientes elementos: eje de la turbina (601), carcasa del embrague delantero (602), sello central de la carcasa del embrague delantero (603), sello externo tipo labio del pistón del embrague frontal (604), sello interno tipo labio del pistón del embrague frontal (605), pistón del embrague frontal (606), resorte de retorno del pistón del embrague frontal (607), casquillo de retención del resorte de retorno del pistón del embrague frontal (608), anillo de seguridad de impedimento de retorno de la parte trasera del embrague (609), placa de cojín del embrague frontal (algunos modelos) (611), placa cóncava del embrague frontal (algunos modelos) (612), placa de acero plana del embrague frontal (613), placa revestida del embrague frontal (614), buje de empuje a la carcasa del embrague frontal (615), cubo del embrague frontal (616), buje de empuje trasero a la carcasa del embrague frontal (617), cubo del embrague de directa (618), anillo de seguridad (de los embragues frontal y directa) (619), placa de apoyo (620), placa revestida del embrague de directa (621), placa de acero del embrague de directa (622), placa cojín del embrague de directa (algunos modelos) (623), placa plana del embrague de directa (algunos modelos) (624), arandela retenedora de seguridad del resorte de retorno del embrague de directa (625), casquillo de retención del resorte del embrague de directa (626), resorte de retorno del pistón del embrague de directa (627), pistón del embrague de directa (629), sello interno tipo labio del pistón del embrague de directa (630), sello externo tipo labio del pistón del embrague de directa (631), sello tipo labio de la carcasa central del embrague de directa (632), carcasa del embrague de directa (633), embrague de rodillos intermedio (algunos modelos) (634), embrague intermedio unidireccional (algunos modelos) (635), carrera externa del embrague intermedio o embrague unidireccional (636), retenedor del embrague intermedio o embrague unidireccional (637), anillo de seguridad del embrague intermedio o embrague unidireccional

(638), banda frontal (639), anillo de seguridad del embrague intermedio (640), placa de apoyo del embrague intermedio (641), placa revestida del embrague intermedio (642), placa de acero del embrague intermedio (643), plato de cojín del embrague intermedio (645), anillo de seguridad cónico del soporte central de la carcasa (646), casquillo de retención del resorte de retorno del embrague intermedio (647), resortes de retorno del embrague intermedio (648), pistón del embrague intermedio (650), sello tipo labio interno del pistón del embrague intermedio (651) , sello tipo labio externo del pistón del embrague intermedio (652), anillos de seguridad del soporte central requeridos 4 (653), conjunto del soporte central (654), bocín del soporte central (655), buje de empuje a la carcasa del soporte central (656), anillo de rozamiento entre la carcasa y el soporte central (657), conjunto de embrague de rodillos bajo (658), separador posterior del tambor (para el embrague de rodillo) (659), conjunto de rodamiento de agujas del soporte central (660), conjunto de rodamiento de agujas del rodamiento central (661), rodamiento de agujas de carrera del engranaje solar del soporte central (662), bocines del eje del engranaje solar (requeridos 2) (663), conjunto del eje del engranaje solar (664), engranaje solar (665), tambor de reacción y conjunto de entrada de la carrera (666), arandelas de empuje de acero del engranaje de piñón (667), rodamientos tipo aguja del engranaje de piñón (668), entrada de la carrera del piñón de engranaje (669), arandelas de empuje de bronce del engranaje del piñón (670), pin del engranaje de piñón (671), conjunto de banda de reversa (672), frente de la corona dentada con anillo de silencio (673), arandela de empuje de la corona dentada interna (674), conjunto de la carrera externa (675), arandela de empuje de bronce del engrane de piñón (676), arandela de empuje de acero del engranaje de piñón (677), rodamiento de gujas del engranaje de piñón (678), carrera externa del engranaje de piñón (679), pin del engranaje de piñón planetario (680), eje principal de transmisión de la corona dentada (681), rodamiento de aguja del engranaje solar (682), conjunto de rodamientos de agujas del engranaje solar (683), pista del rodamiento de

agujas del engranaje solar (684), engranaje interior de la corona dentada (685), carrera del rodamiento del engranaje de la corona dentada (686), conjunto de rodamientos de aguja del engranaje de la corona dentada (687), carrera y rodamiento tipo aguja del exterior del eje (688), rines de seguridad del eje principal de la corona dentada (689), bocín del eje de salida (690), eje de salida (691), clip de retención del engranaje del velocímetro (692), engranaje del velocímetro (693), rines de seguridad del eje de salida (694), arandela de empuje de bronce del eje de salida (695), arandelas de empuje de acero del eje de salida (696), sello Orín del eje de salida (697), rotor del velocímetro del eje de salida (698).

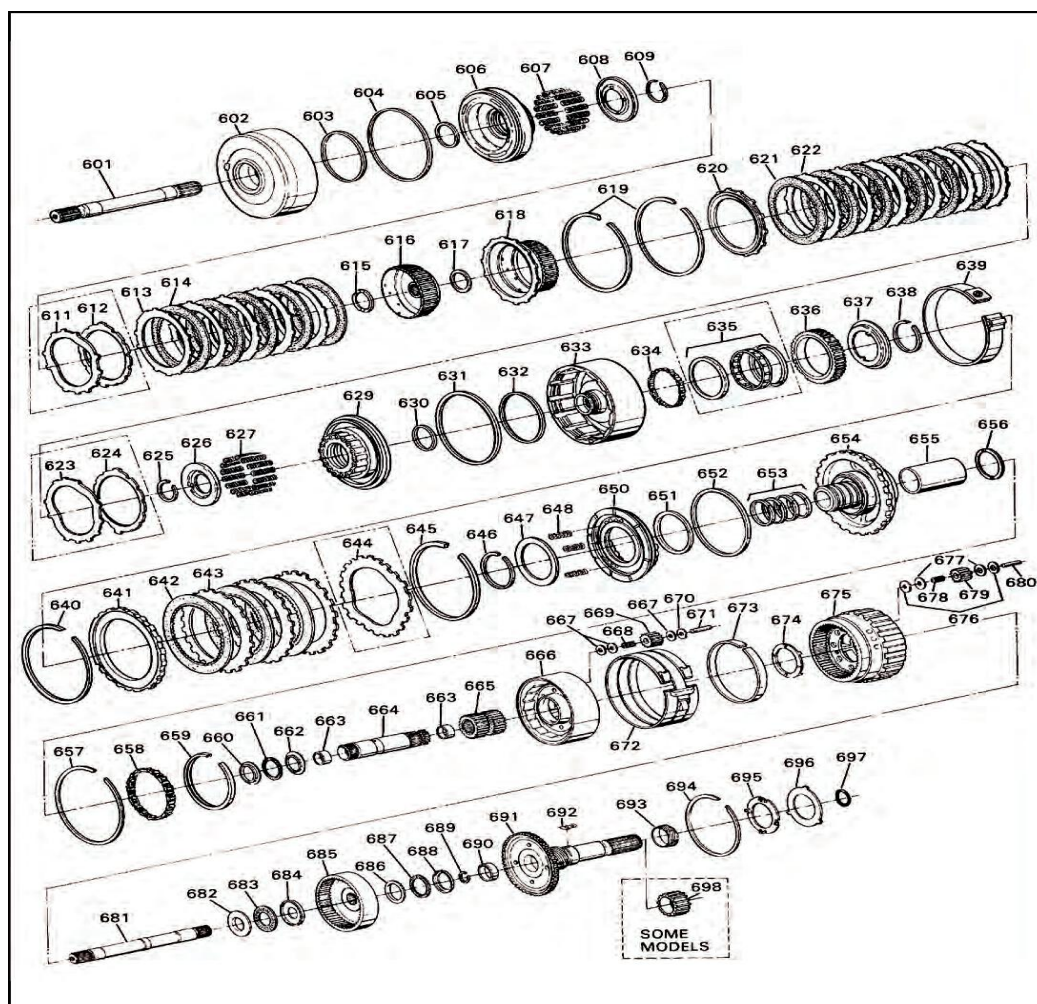


Figura 37. Despiece de componentes internos de la transmisión TH400 (M40) 3L80.

Fuente (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Proceso de Re-manufactura de la Transmisión Automática TH400

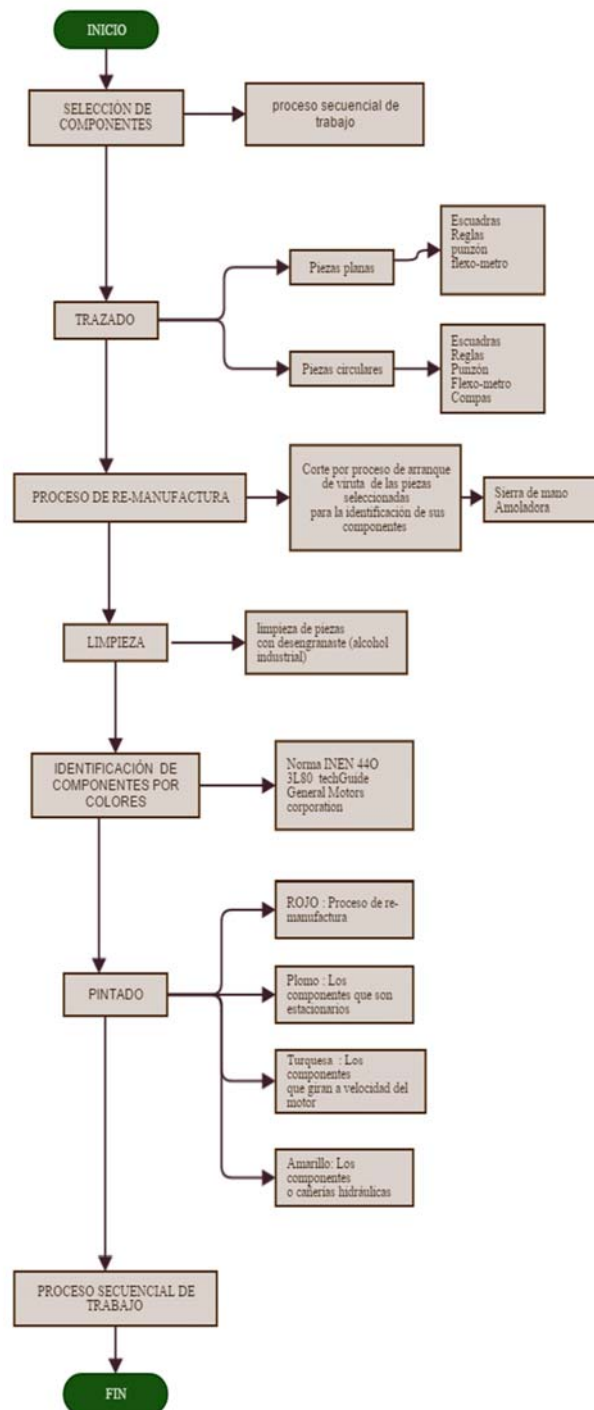


Figura 38. Proceso de re manufactura

Proceso Secuencial de Trabajo en la Transmisión Automática TH400

El eje donde va ubicado el convertidor debe ser limpiado para eliminar cualquier suciedad o grasa. El éxito del trabajo es tener un buen ambiente, tiene que estar limpio y se necesita tener a la mano varios recipientes para ir colocando las diferentes partes para no confundir al momento de armar.

A continuación en la siguiente figura 39, se puede apreciar el convertidor de par retirado de la transmisión se debe tener mucho cuidado ya que en su interior está lleno de aceite de transición. Se procede a retirar el convertidor de par del eje.

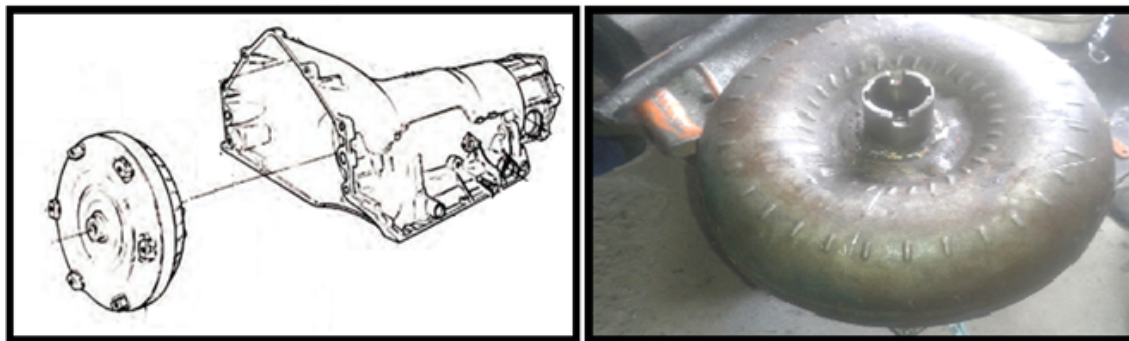


Figura 39. Convertidor de par de la transmisión TH 400 (M80) 3L80 desmontado.

El procedimiento de desmontaje de la válvula de vacío se lo realizó aflojando el perno con una llave o dado número 13 mm, se procede a retirar la chapa de acero de retención de la válvula de vacío y se extrae la válvula de vacío, como se muestra en la figura 40.

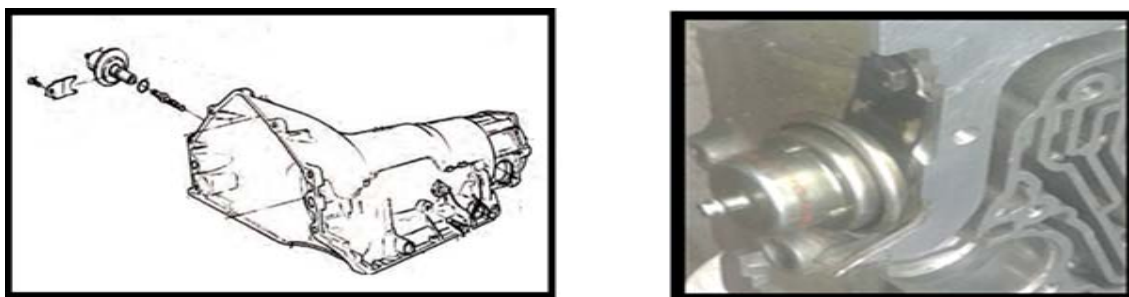


Figura 40. Desmontaje de la válvula de vacío de la transmisión Th400

Para la extracción del gobernador que se encuentra alojado en la parte izquierda de la carcasa, primero se debe aflojar los cuatro pernos sujetadores de la tapa superior, extraer la tapa del gobernador y por ultimo extraer el gobernador como se aprecia en la figura 41.

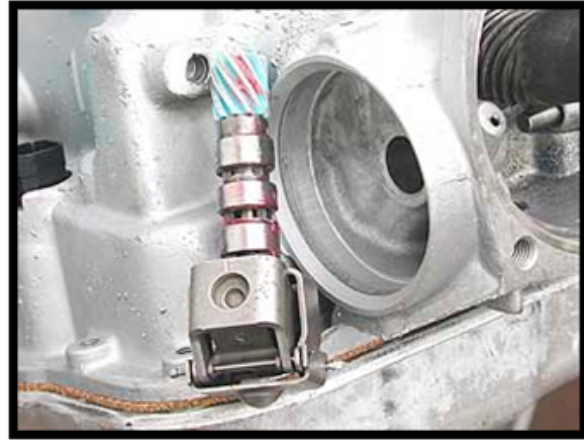
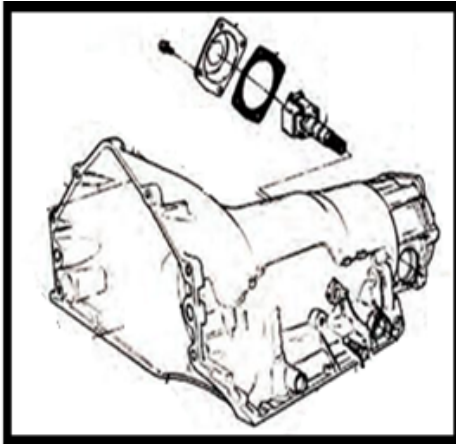


Figura 41. Desmontaje del gobernador de la transmisión TH 400 3L80

Para la extracción del velocímetro que se encuentra ubicado en la parte derecha de la carcasa, se debe aflojar el tornillo de sujeción, retirar la chapa metálica de sujeción y extraer el velocímetro como se ilustra en la figura 42.

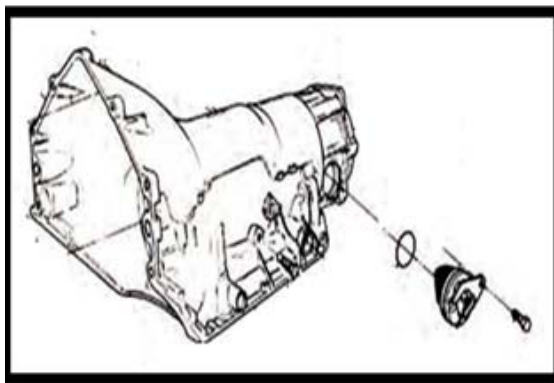


Figura 42. Extracción del velocímetro de la caja de cambios automática TH 400 3L80.

Para comenzar a desmontar los componentes internos, se tiene que retirar la tapa o cárter de la caja de cambios, esta se encuentra en la parte inferior de la caja como se observa en la figura 43.

Es necesario tomar encuenta que va a salir aceite al retirar el cárter para tomar las debidas precauciones para no manchar el lugar de trabajo.

El cárter tiene 15 pernos, hay que retirarlos todos para que salga la tapa, normalmente la tapa se encuentra pegada por el sellante, podemos ayudarnos con un destornillador plano delgado para introducir entre el cárter y la base para poder despegarla pero con cuidado de no causar daños al empaque que se encuentra entre el cárter y la carcasa de la caja de cambios, al momento de hacer este procedimiento tener cuidado de no doblar o rayar la superficie de la caja esto podría provocar fugas. A continuación se detalla el procedimiento:

- Retirar el empaque del cárter;
- Aflojar el perno de sujeción del filtro interno de aceite;
- Retirar el filtro interno de aceite, en el filtro se encuentra alojado el tubo para la circulación del aceite hacia el convertidor;

Nota: Dicho procedimiento se puede apreciar en la figura 43.

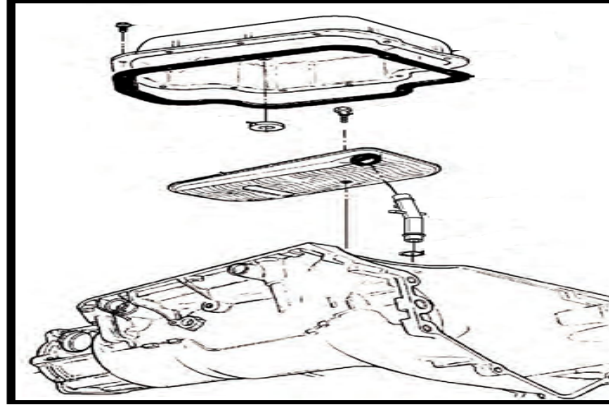


Figura 43. Desmontaje del cárter, empaque, perno de sujeción del filtro de aceite, filtro de aceite de la caja de cambios TH 400.

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

- Aflojar los pernos de retención del cuerpo de válvulas número 51;
- Retirar el rodillo de retención manual número 48;
- Retirar el cuerpo de válvulas número 49;
- Retirar los tubos de retorno y alimentación al gobernador número 50;
- Aflojar y retirar los pernos de sujeción del solenoide número 53;
- Retirar el solenoide número 54;
- Retira el empaque tipo placa espaciadora del cuerpo de válvulas número 56;
- Retirar la placa espaciadora de metal del cuerpo de válvulas número 57; y,
- Chequear y retirar las bolas de metal de diámetro 0.250" (6 o 7 requeridas) número 59.

Nota: Los citados pasos se pueden apreciar en la figura 44.

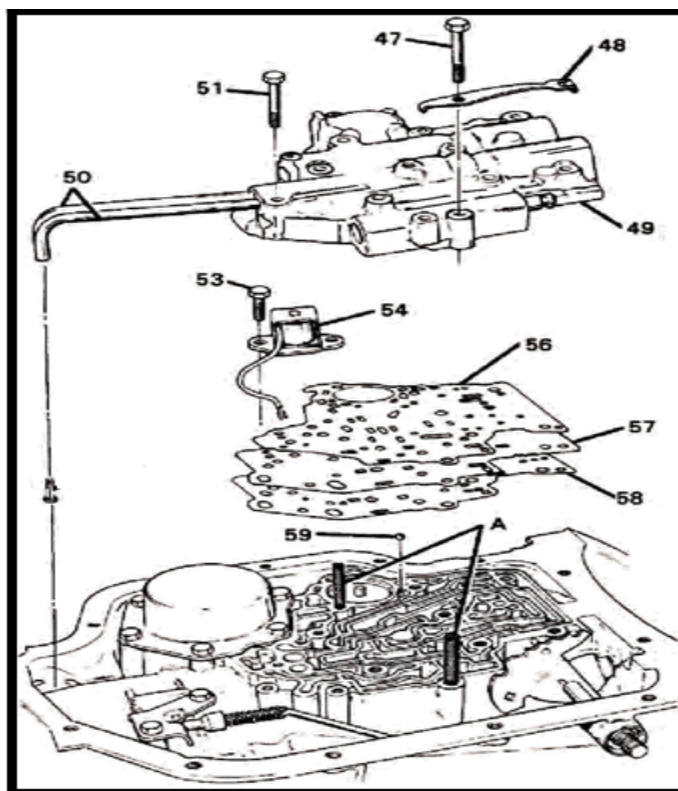


Figura 44. Desmontaje de cuerpo de válvulas, solenoides, empaques, tuberías, bolas de las válvulas de bolas

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Remover los compontes del servo frontal como se muestra en la figura 45 en la cual se encuentra el pistón del servo con el número 60, seguro o anillo del servo con el número 61, el pin del pistón del servo con el número 62, el casquete retenedor del resorte con el número 63, el resorte con el número 64, anillo de barrido del pistón con el número 85. Así como también, se debe de tener cuidado y observar la posición de los componentes

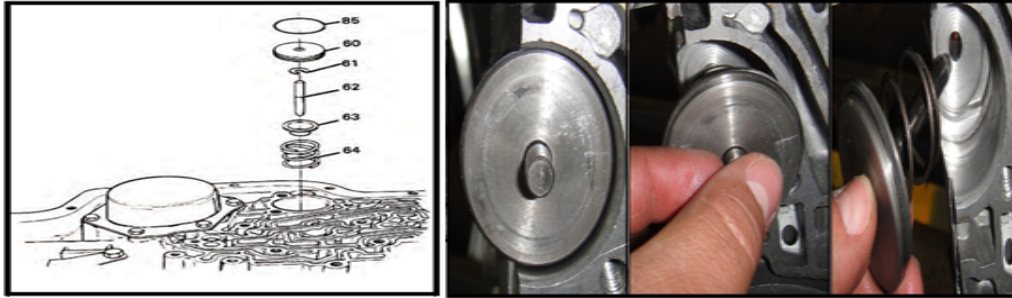


Figura 45. Extracción del servo frontal

Para la extracción del servo trasero o de reserva se realizó el siguiente procedimiento:

- Retirar los 6 pernos de fijación de la tapa del servo de reversa como se observa en la figura 46.
- Retirar la tapa del servo de reversa, retirar y desechar la tapa del servo de reversa como se muestra en la figura 46.
- Retirar el conjunto del pistón de asistencia inversa y retirar y desechar el sello del pistón del servo, como se muestra en la figura 46.
- Retirar el pistón acumulador 1-2 desde el interior del pistón de servo de reversa, como se muestra en la figura 46.
- Retirar el resorte 1-2 del orificio que se encuentra en la transmisión como se muestra en la figura 46.

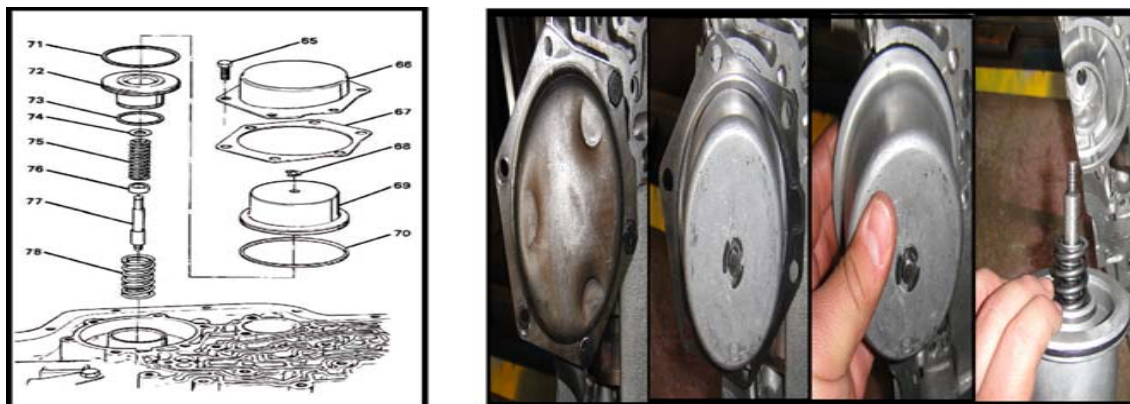


Figura 46. Desmontaje del servo de reversa.

Nota: Los componentes que se muestran en la figura 51 son: pernos de sujeción de la tapa del servo de reversa 65, tapa del servo de reversa 66, empaque 67, seguro tipo “E” 68, pistón 69, sello de tipo labio 70, anillo de sello externo del pistón acumulador 1-2 71, pistón acumulador 1-2 72, sello interno del pistón acumulador 1-2 73, arandela 74, resorte 75, casquillo retenedor del resorte 76, pin 77, resorte 1-2 78.

- A continuación se detalla el proceso para extraer la bomba de aceite y embragues:
- Girar la transmisión de manera que la bomba de aceite esté orientada hacia arriba, como se muestra en la figura 47.
- Retire los pernos del conjunto de la bomba de aceite de la caja como se muestra en la figura 47.

Extraer la bomba y sus componentes como se muestra en la figura 47.

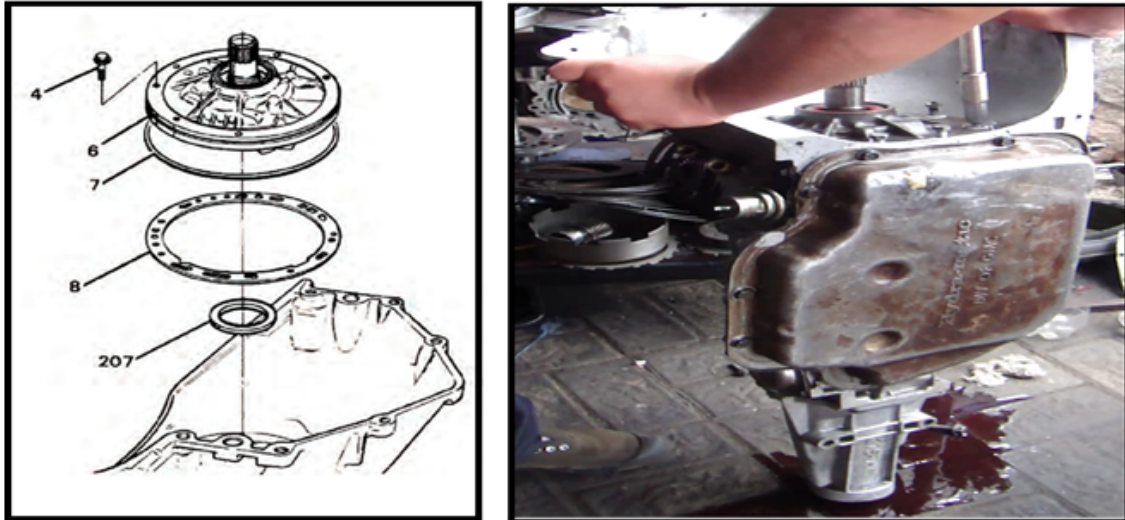


Figura 47. Extracción de la bomba de aceite

Nota: Los elementos que se observan en la figura 51 son: pernos 4, bomba de aceite6, sello Orín 7, empaque 8, retenedor 207.

- Retire el tambor de embrague de avance completamente levantando hacia arriba en el eje de la turbina como se ilustra en la figura 48.

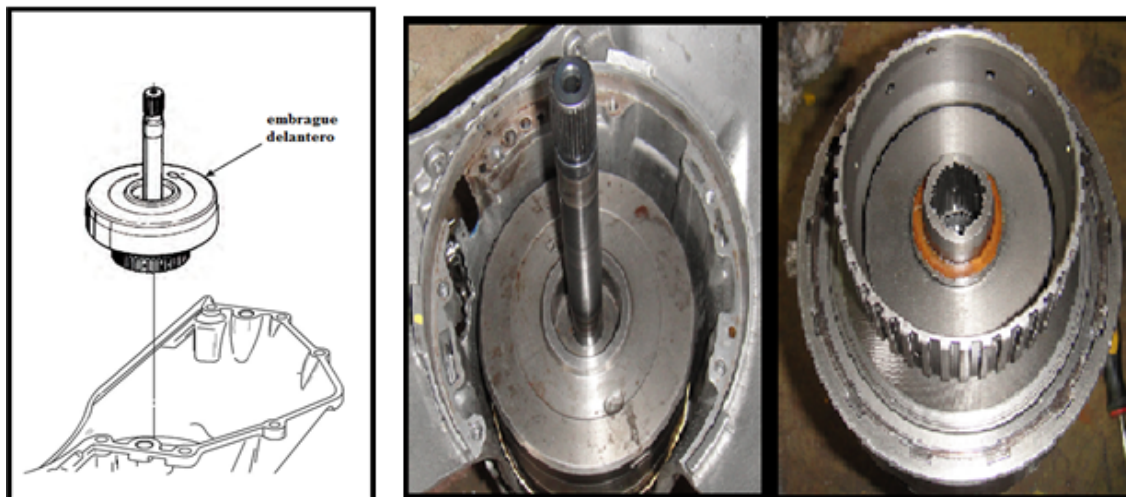


Figura 48. Embrague delantero

- Retire la carcasa del embrague directo levantando hacia arriba, como se muestra en la figura 49.
- Retire la banda de 2 manual desde el terminal de la banda y retirar de la carcasa como se observa en la figura 49.

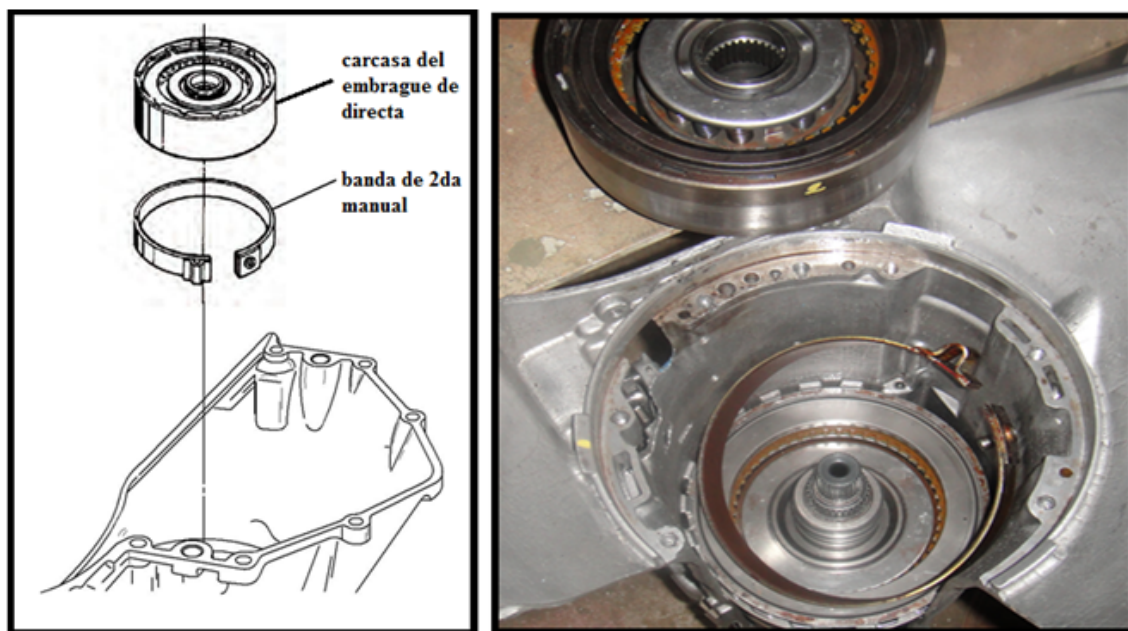


Figura 49. Desmontaje del embrague de directa y la banda de 2da manual

- Para la extracción del embrague intermedio se realizó el siguiente proceso:
- Retire el anillo de retención del embrague, se puede hacer apoyo en la placa de embrague en el caso de utilizar un destornillador grande, en la figura 50 se observa la extracción del anillo.
- Retire la placa del embrague intermedio y el soporte intermedio de la caja como se observa en la figura 50.
- Retire las placas de embrague intermedio que son de acero y de plástico recubiertas por una franja de asbesto como se observa en la figura 50.

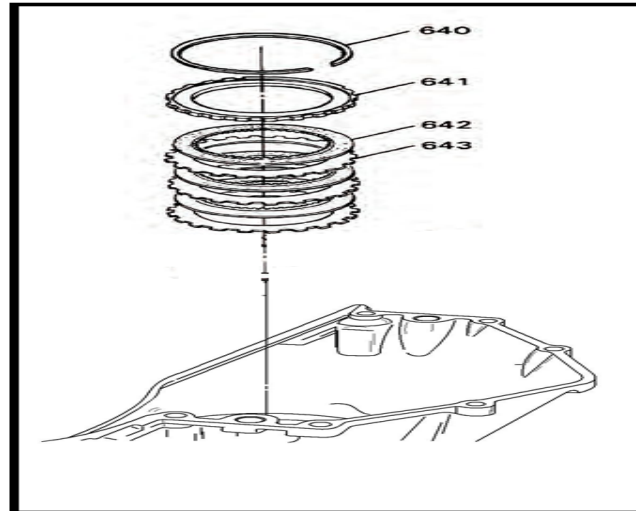


Figura 50. Extracción de los discos de embragues y seguros

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Nota: En la figura 50 se observa los siguientes elementos que conforman el embrague de media: anillo soporte de la placa del embrague intermedia 640, placa del embrague intermedia 641, platos de embragues de asbesto 642, platos de embrague de acero 643.

- Para retirar el soporte de la alimentación central y el perno de retención como se observa en la figura 51.

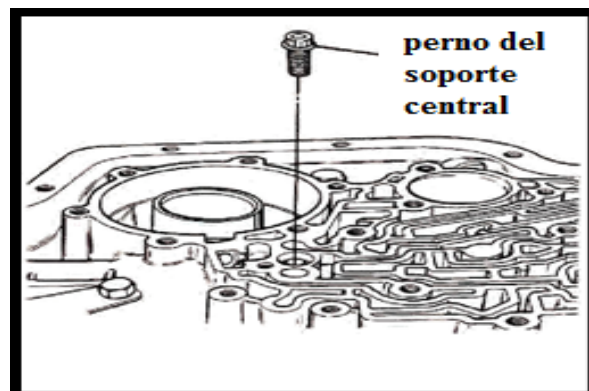


Figura 51. Extracción del perno de soporte central

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

- Para proceder a retirar el tren de engranajes con el soporte de alimentación central de la caja de transmisión se levantó, tal como se muestra en la figura 52.

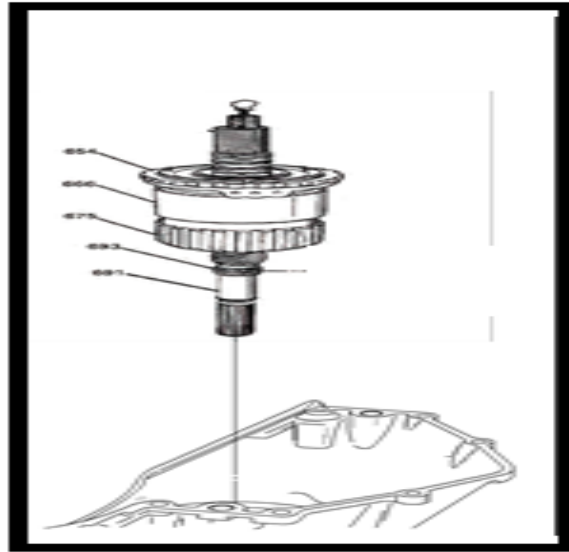


Figura 52. Extracción del soporte de alimentación central y el tren de engranajes

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

- Para retirar el conjunto de la banda de reversa de la caja de transmisión automática, dicho proceso se muestra en la figura 53.
- Retirar la arandela de empuje de bronce del eje de salida de la caja, si no se ha quedado atascado en el eje de salida como se observa en la figura 53.
- Retirar la arandela de empuje de acero selectiva de la parte posterior de la caja, como se muestra en la figura 53.

El trazado.

El trazado consiste en representar sobre la superficie de una pieza, por donde se debe mecanizar (limar, taladrar, cerrar, roscar, etc.). (Ferrer J D. E., 2001). Esta operación es previa al mecanizado y en ellas se representa con precisión las referencias tomadas en los croquis o en los planos de taller como por ejemplo las líneas de corte. El trazado también se utiliza en ocasiones para verificar piezas como se muestra en la figura 55.

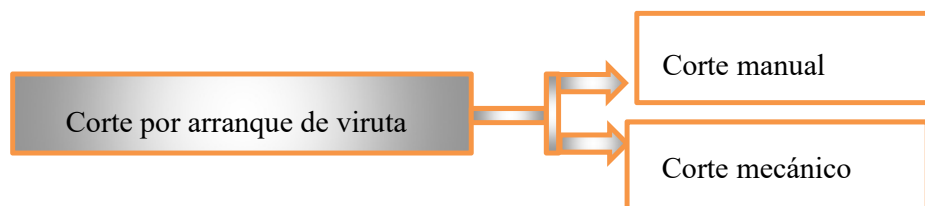


Figura 55. Trazado al aire para verificar piezas

Fuente: (Ferrer J D. E., 2001)

Técnicas de corte.

Para la identificación de los diferentes elementos de la transmisión también puede ser necesario realizar distintas operaciones de corte. Por ejemplo, desde el simple corte de un tornillo o pasador hasta una cara de un elemento de la transmisión. Las técnicas de corte más empleadas son:



Corte por arranque de viruta.

El serrado es una operación de corte por arranque de viruta que permite dividir una pieza en dos o más partes eliminando material entre las mismas. (Ferrer J D. E., 2001).

Existen distintas herramientas para este corte pero la más empleada en el cerrado manual es la sierra de mano como se muestra en la figura 56.



Figura 56. Sierra de mano

Fuente: (Fernández, 2016)

En la siguiente tabla 5 se puede apreciar las características de las hojas de sierra las cuales permite la elección de una hoja de sierra adecuada para cada material a cortar de la transmisión.

Tabla 5: Características de la hoja de sierra

Fuente: (Fernández, 2016)

Longitud (pulgadas)	Anchura (pulgadas)	Espesor (mm)	Paso n°d/1" (grano de corte)		Material de fabricación	Utilidades
12"	1/2"	0.65	Basto	16-18Z"	Acero al carbono	Aluminio, estaño, cobre , latón
12"	1/2"	0.65	Medio	22-24Z"	Aceros rápidos	Hierros y aceros
12"	1/2"	0.65	Fino	32Z"	aleados	Materiales muy duros

Corte por abrasión.

“Se realizara empleando máquinas que permitan el giro de los discos a un número de revoluciones suficiente como para desprender el material y producir el corte”. (Fernández, 2016).

Los materiales metálicos se desprenden en partículas, muchas veces incandescentes, mientras que los materiales plásticos, por efecto del calor, pueden embotar el disco y disminuir su eficiencia. (Fernández, 2016).

Lo conveniente del corte por abrasión es el calor que genera el corte. Las piezas cortadas por este procedimiento (sobre todo los aceros) se someten a temperaturas que alcanzan los 1000°C en la zona de corte, por ejemplo, en los aceros galvanizados, se templan y queman el recubrimiento de zinc. (Ferrer J D. E., 2001).

Pero no todos son convenientes, el corte por abrasión o tronzado es imprescindible en aceros de extrema dureza que no se puedan cortar por otro procedimiento, por ejemplo, aceros CrNi altamente refractarios, aceros inoxidables y los resistentes a los ácidos. (Fernández, 2016).

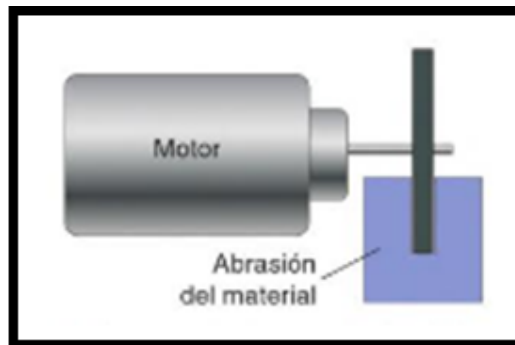


Figura 57. Corte por abrasión

Fuente: (Fernández, 2016)

Radial o amoladora portátil.

Es una herramienta manual como se aprecia en la figura 58 que dependiendo el tipo de disco que se instale, puede realizar operaciones de corte o desbaste. Permite un corte rápido y sin deformaciones. (Fernández, 2016).

Se utiliza para cortes de chapa, tubos, y pequeñas piezas metálicas. Con estas máquinas no se pueden hacer los cortes curvos de poco ángulo. El manejo es muy sencillo, basta con enchufar la máquina a la red eléctrica o al aire comprimido (según el tipo) y accionar el pulsador de encendido. En este momento el disco comienza su giro a gran velocidad permitiendo así el corte del material.



Figura 58. Amoladora portátil.

Fuente: (Fernández, 2016)

En la figura 59 se identifica las especificaciones de cada disco de asbesto de corte o de pulimiento, estas especificaciones indican el tipo de grano, el uso del disco si es corte o pulido, la velocidad de corte, el material con que está elaborado el disco y su diámetro.



Figura 59. Características del disco radial

Fuente: (Ferrer J D. E., 2001)

En la tabla 6 se puede observar la clasificación de los discos abrasivos según el grano o material de corte, según el aglutinante y tipo:

Tabla 6. Clasificación de los discos abrasivos

Fuente: (Ferrer j, 2001)

Según el grano o material	Según el aglutinante	Según el tipo
Discos:		
Discos de :		
<ul style="list-style-type: none">• Oxido de aluminio o corindón• Carburo de silicio o carborundun• Oxido de aluminio zirconado• Zirconio• Nitruro de boro cúbico• Diamante	<p>Discos que contienen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Cerámica (vitrificados)• Resina sintética• Silicato• Shellac• Caucho• Oxiclورو• Metales	<p>Planos Cóncaos O de centro Deprimido</p> <p>Flap De copa</p>

La tabla 7 ilustra el tipo de disco que se utiliza el proceso de corte y pulido, para cada metal ferroso o no ferros que está constituida la transmisión automática TH400 (M40) 3L80.

Tabla 7: Clasificación de discos de corte según el material a cortar

Fuente: (Ferer j, 2001)

Material a procesar	Tipo de grano	función	Tipo de disco
Materiales ferrosos: <ul style="list-style-type: none"> • Hierro fundido • Aceros al carbono • Aceros inoxidables • Fundición 	Oxido de aluminio con aglutinante de resina	Desbaste	Disco abrasivo cóncavo
	Carburo de silicio	Corte	Disco abrasivo de copa
	Oxido de aluminio		Disco abrasivo plano y cóncavo
	Oxido zirconado	Corte	Disco dentado
		Otras funciones: limpieza eliminación de rebabas y acabado	Disco abrasivo flap
Materiales no ferrosos: <ul style="list-style-type: none"> • Aluminio • Bronce • Cobre, zinc, latón, estaño, plomo, titanio 	Oxido de aluminio	Corte	Disco abrasivo plano
		Corte	Disco dentado
		Corte	Disco dentado
	Oxido zirconado	Desbaste	Disco abrasivo

Análisis de Metales Ferrosos y No Ferrosos de la Trasmisión Automática TH400 3L80

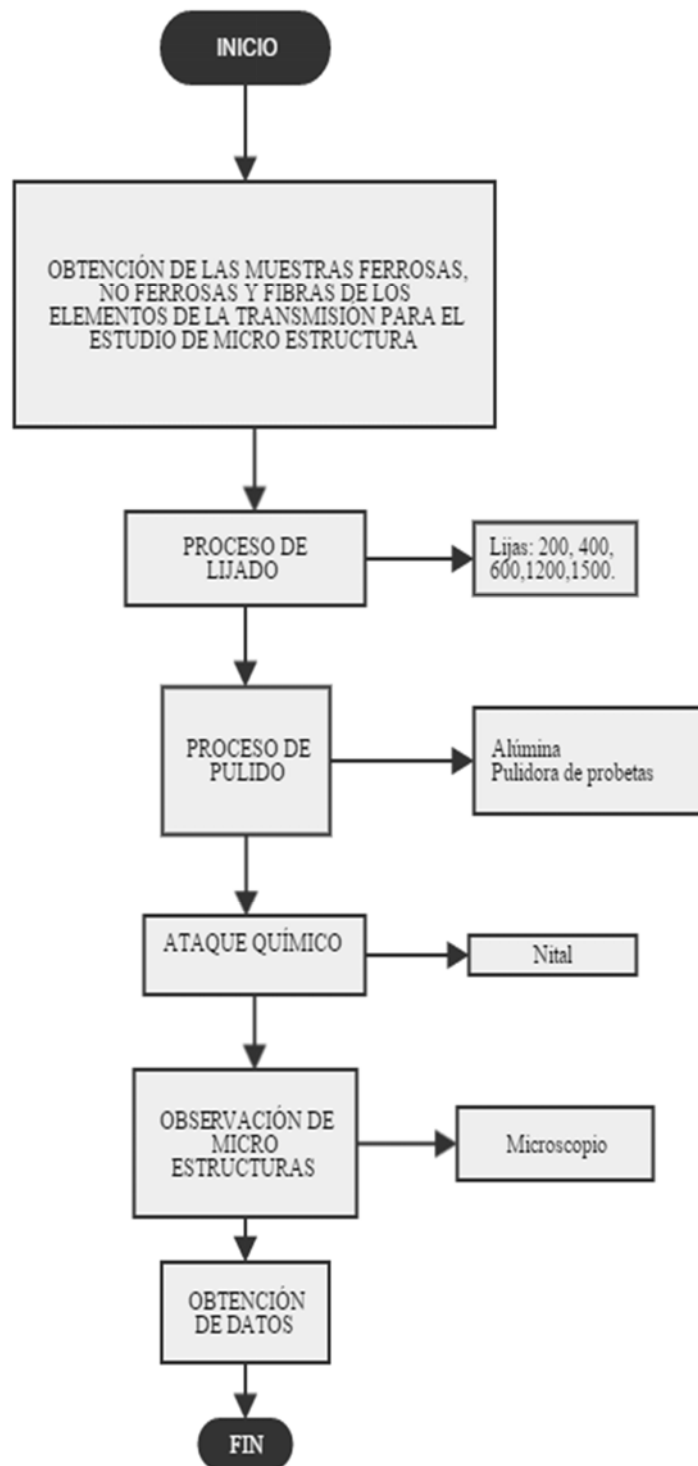


Figura 60. Proceso de microestructura

Obtención de muestras o probetas de metales (ferrosos y no ferrosos) y fibras de la transmisión automática TH400.

Las probetas de metales ferrosos, no ferrosos, y fibras que está constituida la transmisión automática TH400 son obtenidas mediante cortes en cada uno de sus componentes, estas probetas pasaran por un proceso de preparación y ataque químico para poder observar su microestructura.

Proceso de lijado de las probetas.

El proceso de lijado de las probetas metálicas ferrosas y no ferrosas se realizan con lijas de agua, comenzando con una lija de grano grueso número 200, el lijado de la pieza debe realizarse en un solo sentido para la eliminación de ralladuras profundas provocadas por el corte o trabajo en sí de la pieza, tenemos que tomar en cuenta el flujo de agua ya que sirve como un lubricante y limpiador a su vez para que los residuos o virutas que se eliminan en el proceso de lijado no provoquen nuevas ralladuras, al eliminar las ralladuras más profundas se procede a girar la probeta a 90° y se lija nuevamente ya con una lija de menor grano en este caso una lija número 400 se continua con el proceso bajando la numeración del grano de la lija hasta llegar a una superficie libre de ralladuras.

El parámetro de medición de la rugosidad es dado en Ra (desviación media aritmética del perfil), normalizado con una norma de rugosidad DIN 4766-1 indica que la superficie a ser estudiada debe tener una rugosidad de N1 a N4 que significa que la superficie tiene un grado de rugosidad de 0,025 a 0,2 Ra (μm). (Sociedad Americana de Metales, 2004)

Proceso de pulido.

El proceso de pulido se realiza a la probeta para la obtención de un nivel de rugosidad más cercana a N1 con la ayuda de una pulidora de probetas se coloca alúmina la cual sirve

para dar acabado tipo espejo y alcanzar un nivel de rugosidad N1 (0,025 μ m) (Sociedad Americana de Metales, 2004).

Ataque químico.

En los ensayos de metalografía se hace uso de varios reactantes químicos que son importantes, al ser tratados con estos químicos permiten una visualización clara de la microestructura que está conformada cada una de las probetas metálicas. (Sociedad Americana de Metales, 2004)

Para los hierros colados se utiliza el nital (Ácido nítrico) sirve para oscurecer perlita y dar contraste colinas de perlita, revela fronteras de perlita y diferencia la ferrita de la martencita. (Sociedad Americana de Metales, 2004)

Para los grados de acero al carbón se utiliza picral (alcohol de metilo) (Sociedad Americana de Metales, 2004)

Para metales no ferrosos como el aluminio se utiliza persulfato de amonio (Sociedad Americana de Metales, 2004)

El estudio metalográfico fue desarrollado en el laboratorio de mecánica de materiales de la Universidad Internacional SEK, en la facultad de Arquitectura e Ingenierías la cual está equipada con un microscopio metalográfico que permite ver de forma clara las probetas destinadas para la práctica en la figura 61 se encuentran enumerados los componente del microscopio metalográfico marca GX41 OLYMPUS .

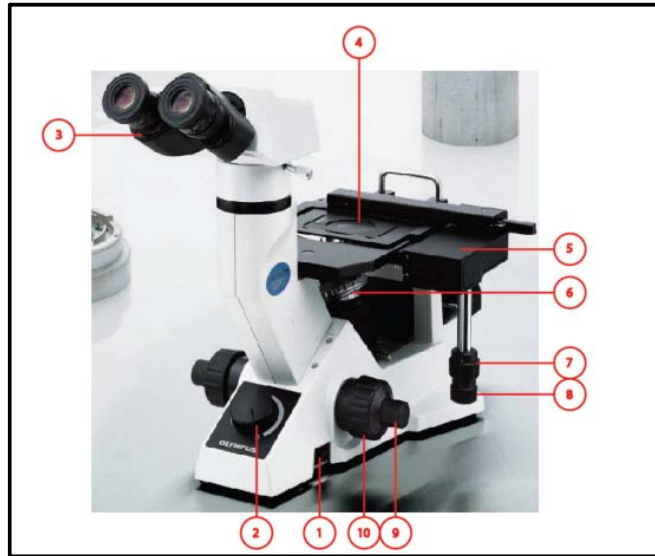


Figura 61. Microscopio metalográfico.

Fuente: (Uam, 2016).

1. Interruptor de encendido;
2. Perilla control de iluminancia: Controla la cantidad de luz que ilumina la muestra;
3. Tubo de observación binocular;
4. Platina sobre ella se alojan las probetas;
5. Portador de espécimen: base sobre la que se encuentra la platina;
6. Puente giratorio: Contiene los lentes de aumento en total son 4 con aumento de 5x, 10x, 50x, 100x;
7. Control de movimiento en Y: Posiciona el portador del espécimen en el eje Y;
8. Control de movimiento en X: Posiciona el portador del espécimen en el eje X;
9. Perilla de ajuste fino: Ajuste de imagen fino; y,
10. Perilla de ajuste grueso: Ajuste de imagen grueso.

Una pulidora de probetas la cual permite dar el acabado final haciendo uso de lijas y paños especializados, lubricando y a su vez puliendo con alúmina para tener un acabado

superficial y un nivel de rugosidad más cerca de $0.025\ (\mu\text{m})$, en la figura 62 se identifica que es una pulidora de un solo disco dispone de velocidades bajas y altas.



Figura 62. Pulidora de probetas

Una computadora portátil la cual está conectada al microscopio y nos permite visualizar y analizar las microestructuras de cada metal (ferroso y no ferroso) como también fibras en este caso el amianto.

Funcionamiento del Sistema Hidráulico.

La posición de la bomba debe ser correcta ya que es la encargada de mandar las presiones de aceite en cada una de las marchas, en el interior de la bomba ya están definidas las cañerías para cada marcha, como se observa en las figuras 63 y 64.

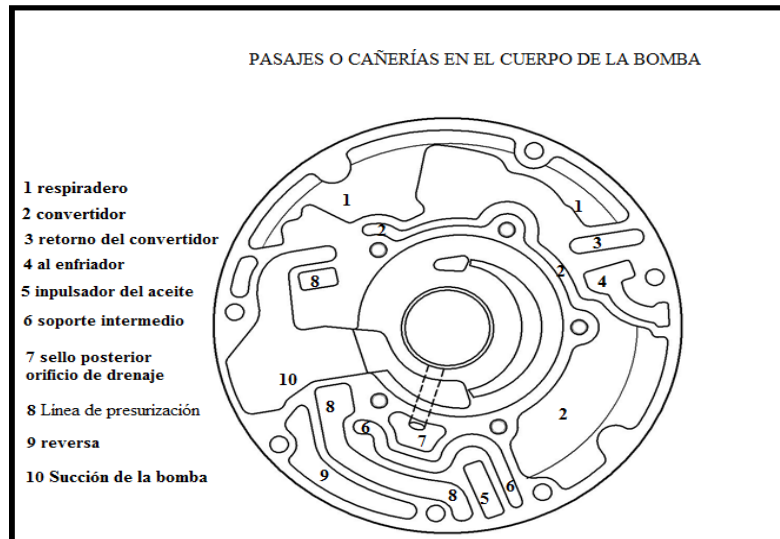


Figura 63. Disposición de cañerías en el interior de la bomba del cuerpo de la bomba

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

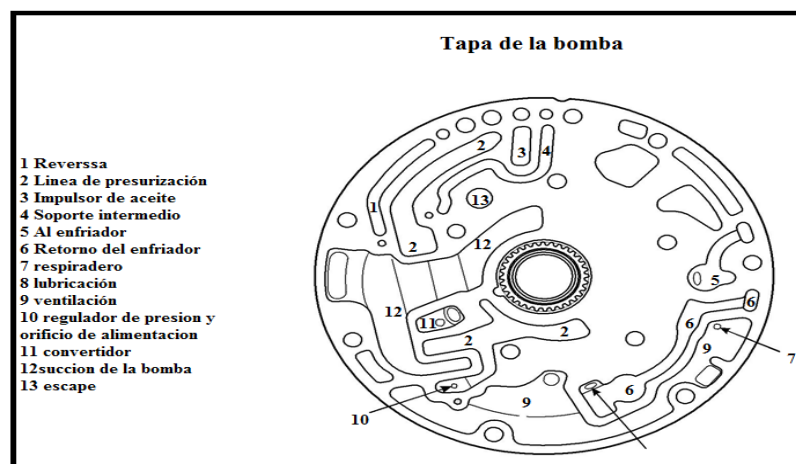


Figura 64. Disposición de cañerías en la tapa de la bomba

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993).

Por lo tanto en la carcasa de la caja de cambios también se encuentran la disposición de cañerías que sirve para la distribución del aceite como se identifica en la figura 65.

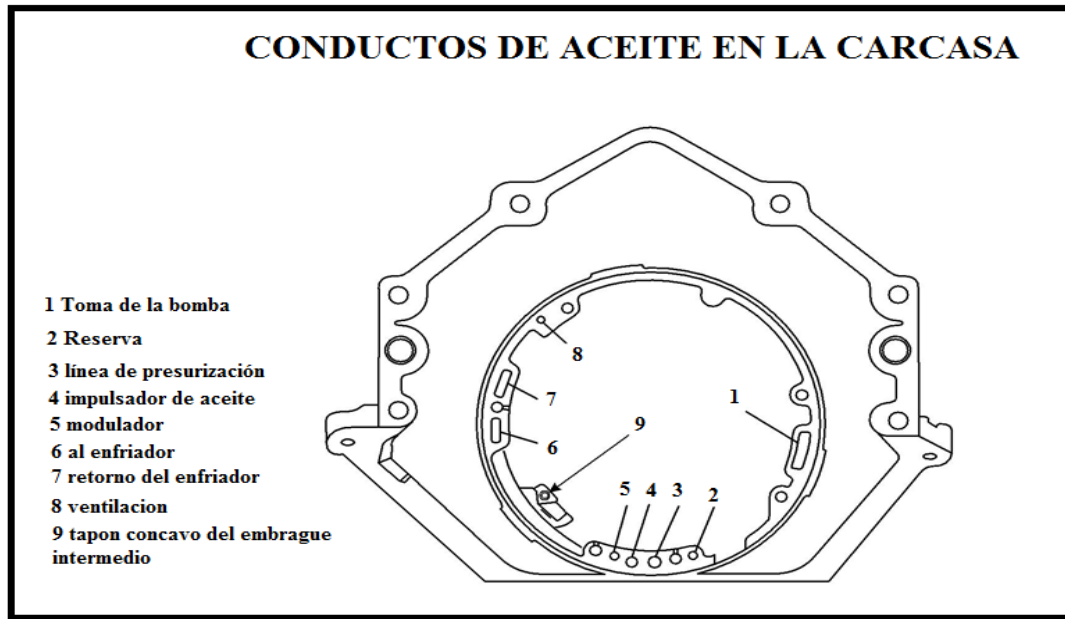


Figura 65. Disposición de cañerías en el interior de la carcasa

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

En el laberinto del cuerpo de válvulas se tendrá la disposición de los diferentes conductos que accionan cada uno de los elementos según la marcha requerida recordando también el trabajo de las válvulas que se encuentran alojadas en el cuerpo de válvulas, en la figura 66 se observa la distribución de las válvulas tipo bola.

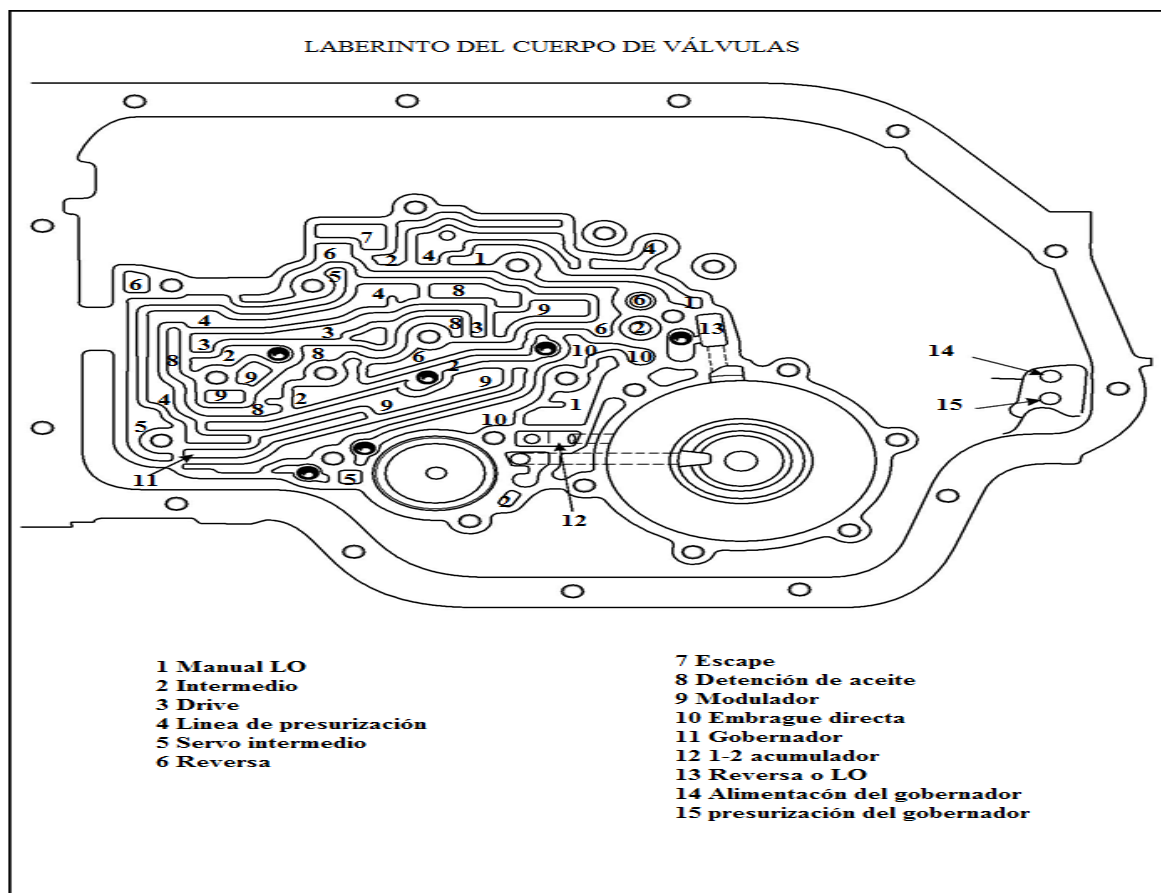


Figura 66. Disposición de cañerías par las diferentes marchas en el laberinto del cuerpo de válvulas

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Las entradas en las alzas y empaques que se encuentran en medio del cuerpo de válvulas y el laberinto debe ser precisa ya que también son las encargadas de distribuir el aceite hacia las válvulas en el interior del cuerpo de válvulas, si se realiza el mantenimiento correctivo se tiene que tomar en cuenta cada uno de los agujeros, en la figura 67 se muestra la disposición de cada uno de estos pasos o agujeros.

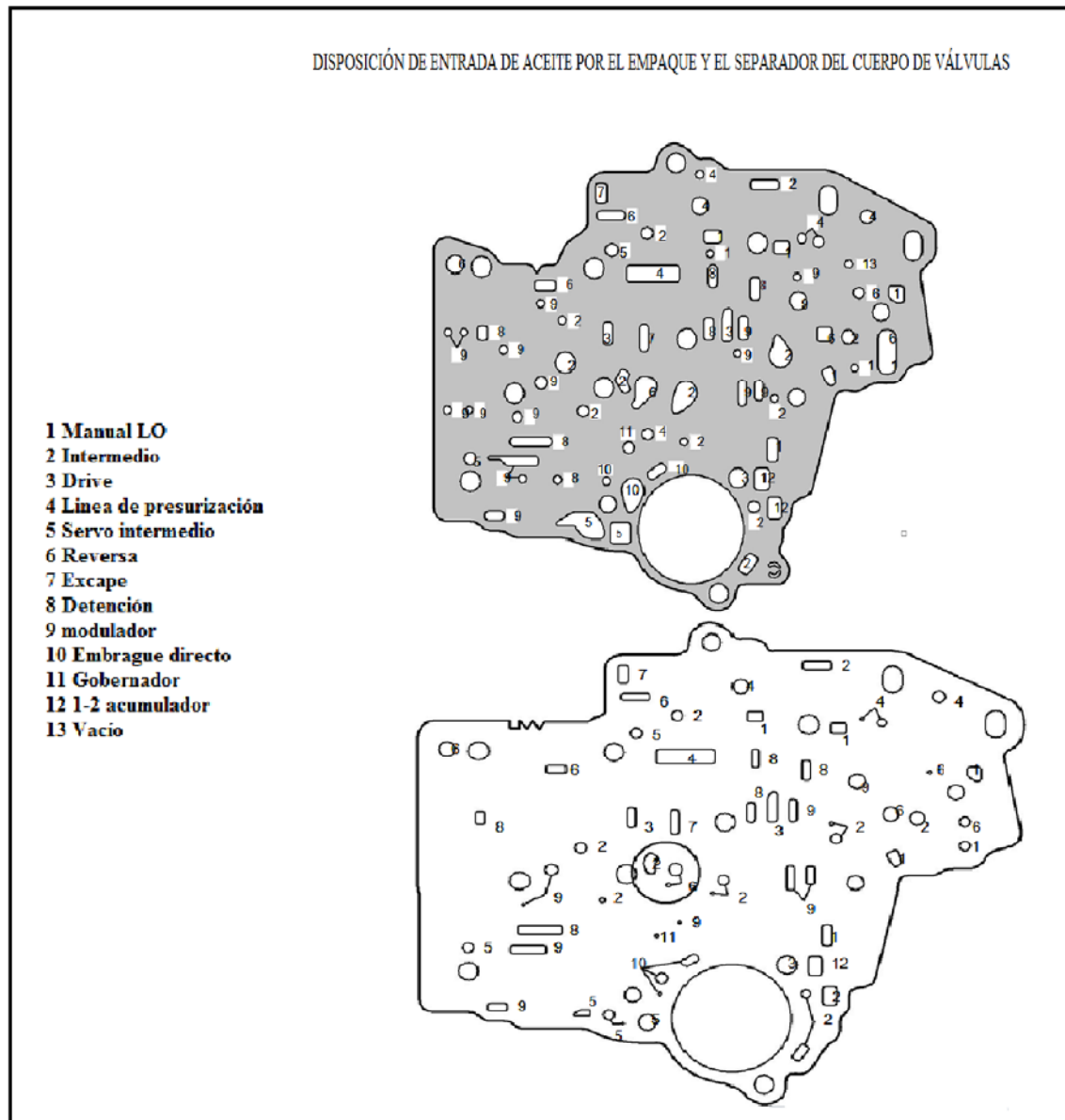


Figura 67. Disposición de entrada de aceite al cuerpo de válvulas por el empaque y el separador

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

De la misma forma como en el laberinto existen pasajes o laberintos de aceite en el cuerpo de válvulas las cuales permite accionar las diferentes válvulas que se encuentran alojadas en su interior como se muestra en la figura 68.

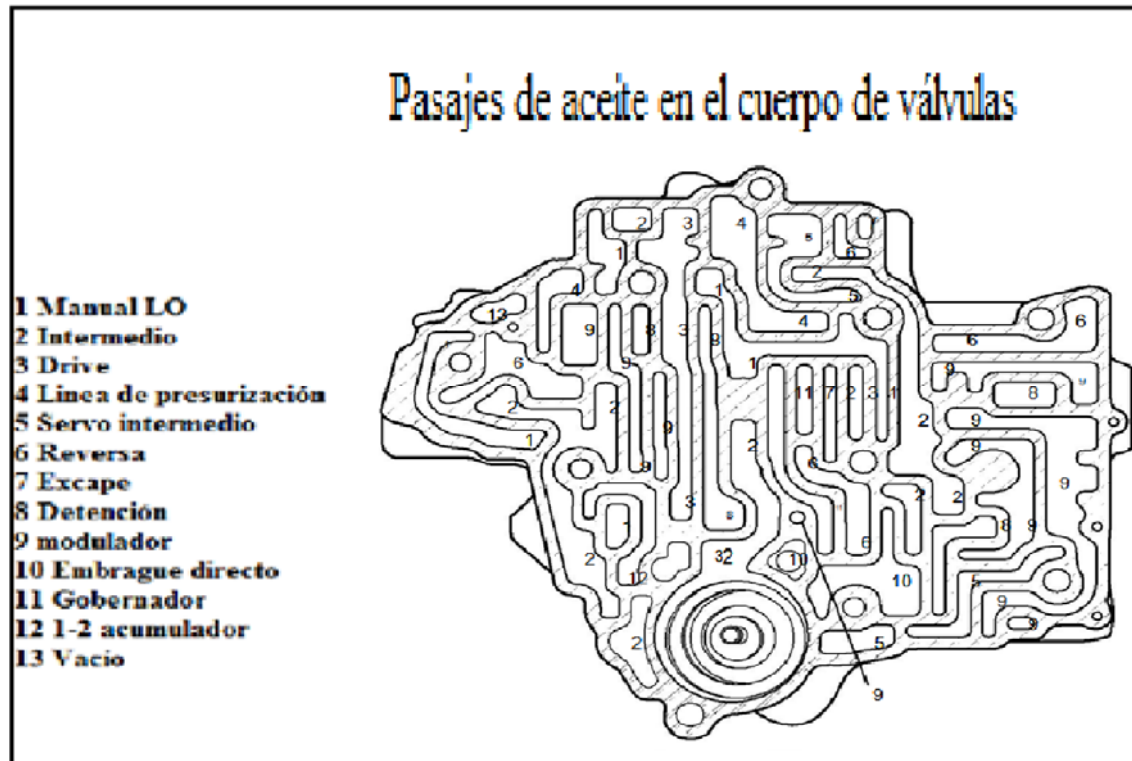


Figura 68. Disposición de entrada de aceite al cuerpo de válvulas por el empaque y el separador

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

La posición de las bolas en las válvulas de tipo bola son fundamentales ya que si alguna de ellas faltara no accionaría las marchas o a su vez la caja de cambios no funcionaría ya que estas cierran o abren cada una de las válvulas que manda el aceite a presión en el cuerpo de válvulas, en la figura 69 se aprecia la posición de cada válvula de bola.

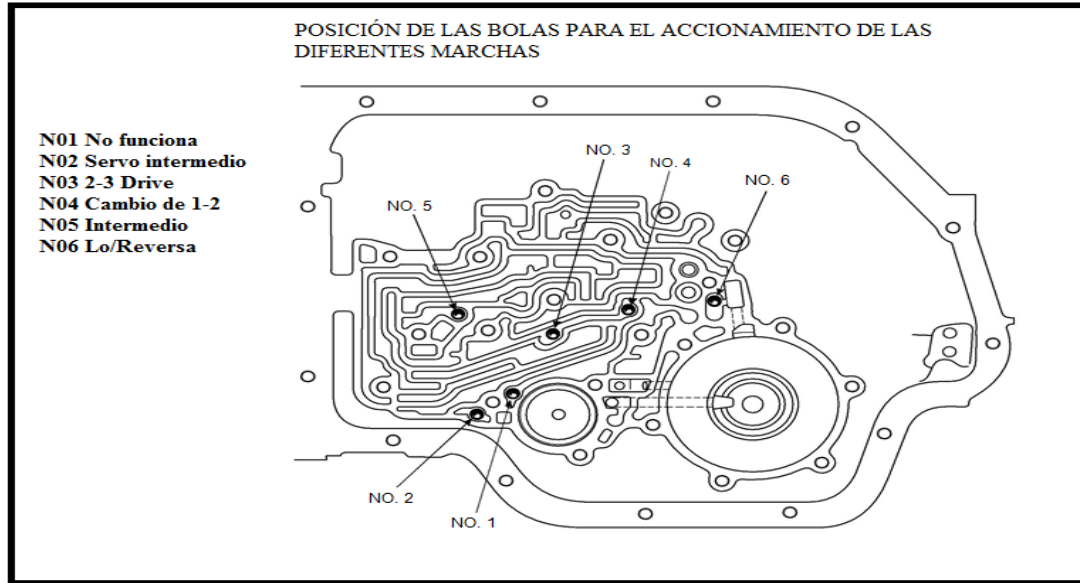


Figura 69. Posición de las bolas para el accionamiento de las diferentes marchas

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Disposición de cañerías en el soporte de intermedio para el embrague de directa, embrague intermedio y reversa como se observa en la figura 70.

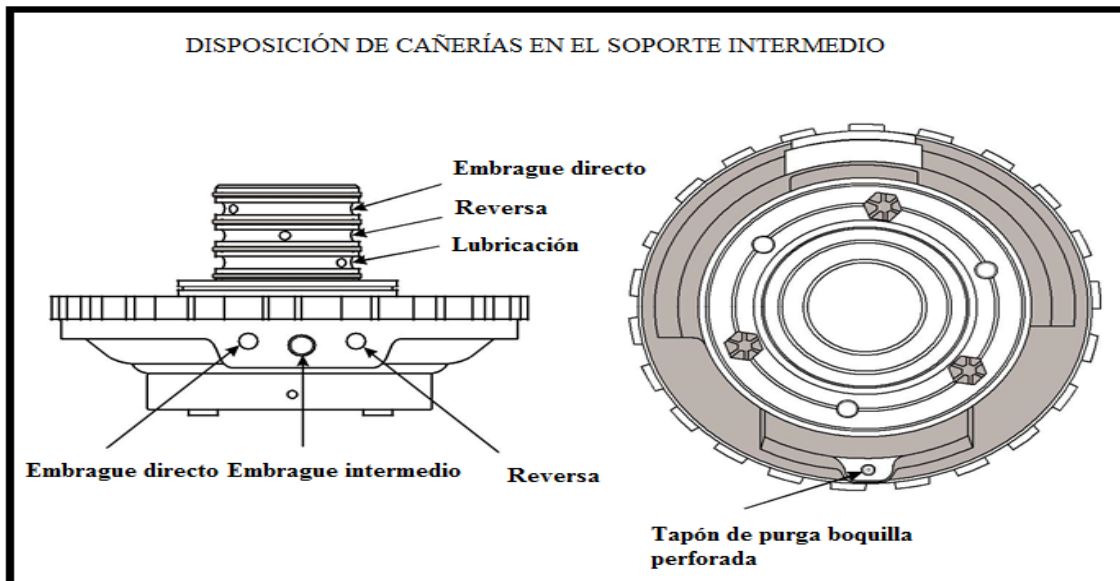


Figura 70. Disposición de cañerías en el soporte intermedio

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

En la figura 71 se ilustra el flujo del aceite de transmisión por todos los elementos de la caja de cambios TH 400.

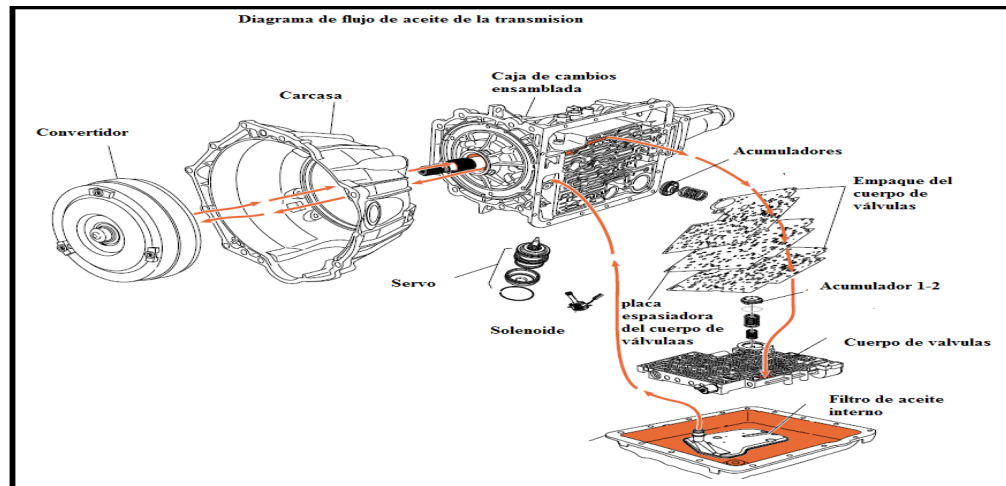


Figura 71. Diagrama de flujo de aceite

Fuente: (ATSG, MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80, 1993)

Una vez comprendido el funcionamiento hidráulico se procede al armado de la caja siguiendo los pasos de desarme pero en sentido contrario teniendo en cuenta el flujo de aceite por todos los elementos y que los conductos no se hayan obstruidos.

Resultados

Proceso de Re-manufactura de la Carcasa.

El proceso de re-manufactura inicia con el proceso de marcado o trazado lo cual nos permite guiarnos al momento del corte de la pieza ilustrada en las figura 72-1 y 72-2. Es importante saber la ubicación de los elementos que conforman la transmisión automática. Culminado el trazado se procede a cortar con un disco de corte con un diámetro 7/8 con la siguiente nomenclatura 27 A 24 N BF 80 donde (Klingspo, 2011):

27= Disco de desbaste de embutición central;

A= Abrasivo Corindón;

24= Tamaño de grano;

N= Grado de dureza (blando);

BF= Aglomerante de resina sintética reforzado de fibra con tejido; y,

80= Velocidad de trabajo máxima (m/s).

Este disco es utilizado para cortes de aluminio duro y metales no férricos, con la culminación del corte se procede a pulir la superficie cortada para la eliminación de aristas o rebabas como se ilustra en la figura 72-5.



Figura 72. Procesos de trazado y de corte a la carcasa.

La pieza pasa por el proceso de lavado y secado para luego proceder con el pintado para la identificación por color. En el proceso de pintado se aplica un fondo exclusivamente para piezas de aluminio como se identifica en las figuras 73-1, 73-2, este fondo nos permite que la pintura se adhiera a la pieza. Una vez que el fondo se haya secado se procede a pintarlo, en el proceso de identificación por colores se determinó que la parte exterior de la carcasa es de color plomo como se ilustra en la figura 73-4, en la parte interior es de color amarillo como se identifica en la figura 73-3 y donde se realizó el proceso de manufactura de color rojo.



Figura 73. Proceso de pintado de la carcasa.

Proceso de Re-manufactura del Convertidor de Par.

El convertidor de par debe ser vaciado completamente ya que en su interior se encuentra con aceite de transmisión, el proceso de re-manufactura del convertidor de par comienza por un trazado donde se identifica las líneas de corte, se debe tomar en cuenta los elementos internos del convertidor, se procede a cortar con un disco de corte de un diámetro de 7/8 con la siguiente nomenclatura 27 ZA 30 S BF 80 donde. (Klingspo, 2011):

27= Disco de desbaste en embutición central;

ZA= Corindón de circonio;

30= Tamaño de grano;

S= Grado de dureza (duro);

BF= Aglomerante de resina sintética reforzado de fibra con tejido; y,

80= Velocidad de trabajo máximo (m/s).

Este disco de corte es utilizado tanto para aceros como para fundición gris. Concluido el corte, se procede a limar la superficie cortada, puede ser útil el mismo disco o a su vez utilizar un disco abrasivo para pulir, este procedimiento se lo realiza para la eliminación de aristas o rebabas producidas por el corte como se aprecia en la figura 74 de izquierda a derecha se realiza el trazado y corte.



Figura 74. Procesos de trazado, corte y de pulido en el convertidor de par.

Finalizado el proceso el convertidor debe ser lavado con desengrasante para la eliminación de todos los residuos de aceite y grasa. Posteriormente se realizara el proceso de identificado por color.

Se debe aplicar un fondo específicamente para aceros, este fondo es aplicado para que la pintura se adhiera a la pieza, secado el fondo se procede a pintar la parte interior de color

amarillo, la parte exterior de color turquesa y donde se realizó el proceso de manufactura de color rojo, tomando en cuenta que el rotor no se pinta ya que es una pieza que rota en el interior del convertidor como se ilustra en la figura 75 de izquierda a derecha se ilustra el procedimiento de lavado, fondeado y pintado del convertidor de par.



Figura 75. Proceso de pintado del convertidor de par

Proceso de Re-manufactura del Embrague Frontal.

El embrague frontal debe ser desarmando y retirado todos sus componentes para que se realice el proceso de manufactura, para el desarmado del embrague frontal se debe seguir los siguientes pasos.

Se retira el aro de seguridad de la placa de apoyo, se extrae el cubo de embrague directo que a su vez tiene unido la placa de apoyo, en el interior encontraremos los discos de embrague tanto los de metal como los de plástico forrados con asbesto si es necesario se hace el mantenimiento correctivo de los embragues, se retira la placa del amortiguador, se extrae el cubo del embrague delantero, se extrae la arandela de fibra, terminado el desarme se procede a trabajar en la carcasa del embrague frontal, se realiza el trazado para la identificación de las líneas de corte, una vez ya identificadas las líneas de corte se procede a cortar con un disco de diámetro 7/8 con una nomenclatura 27 ZA 30 S BF 80 donde. (Klingspo, 2011):

27= Disco de desbaste en embutición central;

ZA= Corindón de circonio;

30= Tamaño de grano;

S= Grado de dureza (duro);

BF= Aglomerante de resina sintética reforzado de fibra con tejido; y,

80= Velocidad de trabajo máximo (m/s).

Este disco de corte es utilizado tanto para aceros como para fundición gris. Concluido el corte, se procede a limar la superficie cortada, puede ser útil el mismo disco o a su vez utilizar un disco abrasivo para pulir este procedimiento se lo realiza para la eliminación de aristas o rebabas producidas por el corte como se aprecia en la figura 76.



Figura 76. Proceso de manufactura al embrague frontal.

Finalizado el proceso, el embrague frontal con todos los elementos desmontados deben ser lavados con desengrasante para la eliminación de todos los residuos de aceite y grasa.

Posteriormente se realizara el proceso de identificado por color.

Se debe aplicar un fondo específicamente para aceros, este fondo es aplicado para que la pintura se adhiera a la pieza, secado el fondo se procede a pintar de color rojo en el área donde se realizó el proceso de manufactura como se muestra en la figura 77.



Figura 77. Figura 62. Proceso de pintado

Proceso de Re-manufactura del Embrague de Directa.

Para el desarme se sigue los siguientes pasos: retirar el rin de seguridad de la placa soporte del acoplamiento directo 619, placa de apoyo 620, placas de embrague de asbesto 621, placas de embrague de acero 622 que van intercaladas entre sí , placa ondulada 623, placa cóncava 624, seguro superior de la placa de resortes 625, placa de resortes 626, resortes de retorno del pistón 627, pistón 629, sello de tipo labio interior 630, sello de tipo labio externo 631, sello interno de tipo labio de la carcasa del embrague de directa 632, carcasa del embrague de directa 633, embrague de rodillos intermedio 634, patín del embrague intermedio 635, carrera interna rueda libre exterior 636, retenedor de pista de la rueda libre 637, anillo de seguridad de la pista 638 como se observa en la figura 78.

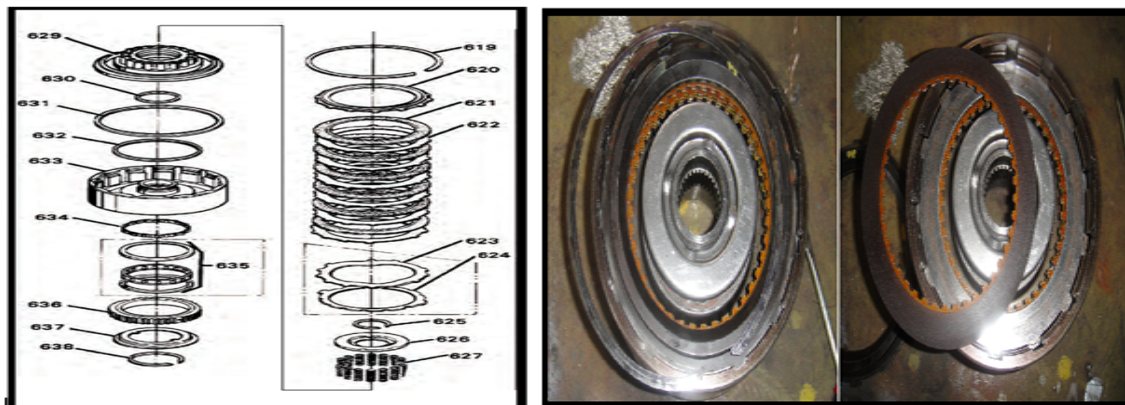


Figura 78. Desarmado de elementos internos del embrague de directa

Una vez terminado la extracción de los elementos se realiza el proceso de trazado en la carcasa exterior del embrague para efectuar el proceso de manufactura de corte por arista perdida para la visualización de los elementos internos una vez armado todo el conjunto en el proceso de manufactura se utiliza la herramienta eléctrica de corte con un disco abrasivo de corte específico para acero, el corte debe ser preciso para no dañar el funcionamiento de los elementos internos como se observa en la figura 79.



Figura 79. Trazado y corte del embrague de directa

De igual manera el proceso de acabado para la eliminación de rebabas producidas por el corte se lo realiza con un disco abrasivo para pulimento. Realizado el proceso de limpieza con el desengrasante de todas las piezas del embrague directo incluida la carcasa que ha tenido el proceso de manufactura. Una vez limpia la carcasa que se realizó el proceso de corte se da una capa de fondo especial para aceros la cual permitirá una vez seco pintar de color rojo determinado para líneas de corte en el proceso de identificación de colores.



Figura 80. Limpieza del embrague de directa y sus elementos

Una vez seco la pintura se realiza el proceso inverso de desarmado del conjunto del embrague de directa como se observa en la figura 81 ya armado el conjunto se lo envuelve en plástico para cubrir y proteger de agentes contaminantes externos del ambiente hasta el armado de las piezas de la caja de cambios automática.

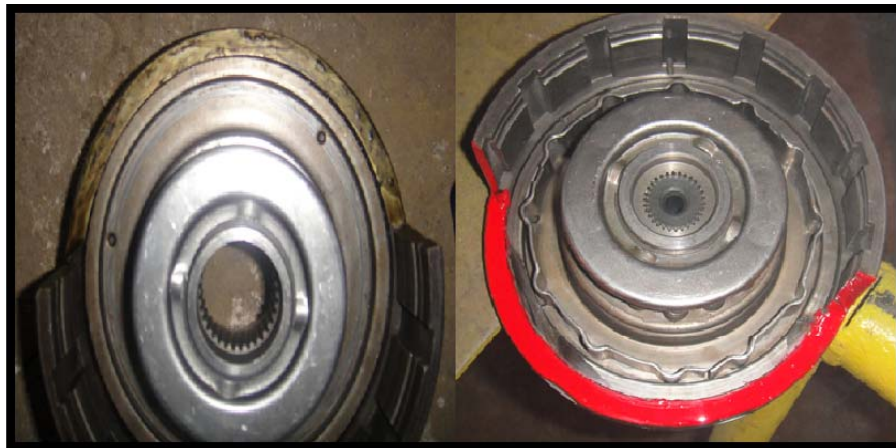


Figura 81. Aplicación del fondo y proceso de identificación por color de líneas de corte

Proceso de lavado de la bomba de aceite.

A la bomba de aceite solo se da el proceso de limpieza con el desengrasante para la eliminación del aceite, se procede a secar con aire comprimido y por último se le envuelve en un plástico para que las impurezas del ambiente no contaminen de nuevo la pieza hasta el momento de armado, como se observa en la figura 82.

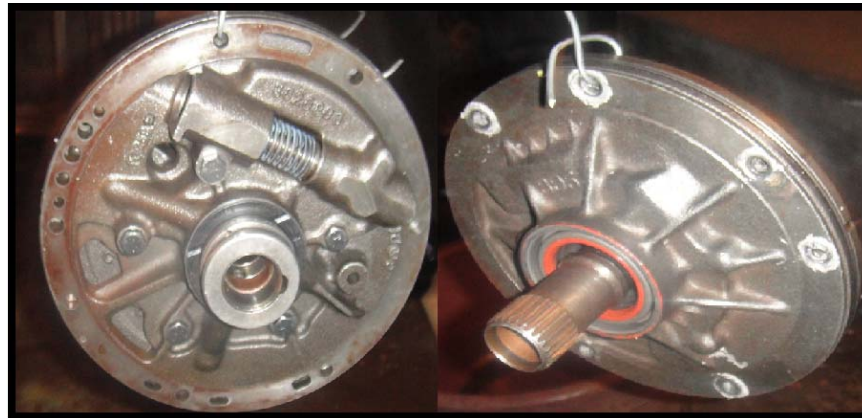


Figura 82. Limpieza de la bomba

Proceso de re-manufactura del cuerpo de válvulas y cárter.

Para iniciar el proceso de manufactura se debe de realizar el trazado tanto como en el cuerpo de válvulas como en el cárter para la identificación de líneas de corte terminado este proceso se realiza el corte con un disco de diámetro 7/8 con una nomenclatura 27 ZA 30 S BF 80 donde. (Klingspo, 2011):

27= Disco de desbaste en embutición central;

ZA= Corindón de circonio;

30= Tamaño de grano;

S= Grado de dureza (duro);

BF= Aglomerante de resina sintética reforzado de fibra con tejido; y,

80= Velocidad de trabajo máximo (m/s).

Este disco de corte es utilizado tanto para aceros como para fundición gris. Concluido el corte, se lima la superficie cortada, puede ser útil el mismo disco o a su vez utilizar un disco abrasivo para pulir este procedimiento se lo realiza para la eliminación de aristas o rebabas producidas por el corte como se aprecia en la figura 83, el proceso de manufactura es realizado para la visualización de cómo se encuentran alojadas las válvulas en el interior del cuerpo de válvulas.



Figura 83. Corte del cuerpo de válvulas.

Terminado el proceso de corte y pulido las piezas pasan al proceso de lavado, en este proceso se utiliza desengrasante para eliminar todas las partículas de aceite que se encuentran tanto en el cuerpo de válvulas como en el cárter, finalizado este paso se procede a secarse con aire comprimido, concluido el proceso de lavado y secado se da inicio al proceso de pintado para la identificación por color. Al cuerpo de válvulas y al interior del cárter se designó el color amarillo, la parte exterior del cárter de color negro y donde se realizó el proceso de manufactura de color rojo como se muestra en la figura 84.



Figura 84. Procesos de fundeado y pintado del cuerpo de válvulas.

Microestructura del Asbesto

En el conjunto de embragues de la caja TH 400 (M40) 3L80, se encuentran alojados los discos de embrague compuestos de asbesto conocido como amianto. (Ferrer J E. D., 2005)

“Los minerales de asbesto contienen fibras largas y resistentes que pueden separarse, son flexibles como para ser entrelazadas y también resistentes a altas temperaturas”. (Ferrer J E. D., 2005)

El estudio realizado a los discos de embrague de la transmisión automática TH400, permite visualizar la constitución, color y estructura del material que los conforma, como se identifica en la figura 85.

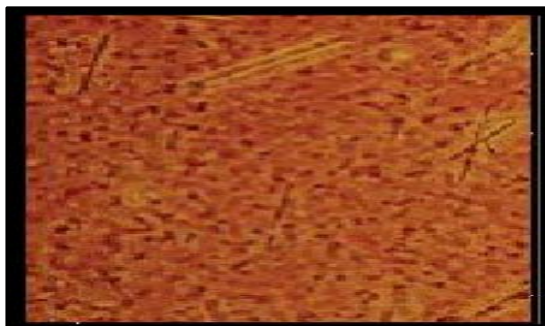


Figura 85. Fibras de asbesto de los discos de embrague

Al momento de realizar la prueba microscópica de la estructura del asbesto se puede evidenciar que las fibras se encuentran enteras sin cortes con un diámetro de 2 mm y de tonalidad marrón.

Tabla 8. Propiedades del Asbesto

Fuente: (Segura J, 2006)

Propiedades del Asbesto	
Tipo de asbesto	Amosita
Color	Pardo amarillento
Área superficial (m^2/gr)	1 a 2
Resistencia a la tracción (Kg/cm^2)	1000 a 600
Resistencia al calor	480°C
Diámetro de fibra	1 a 2 mm
Longitud de la fibra	0.70 mm

Estudio Metalográfico del hierro gris.

Se realizó el estudio metalográfico al cuerpo de válvulas ya que a simple vista se puede identificar que es fundición o hierro gris.

El objetivo de este estudio consiste en observar microscópicamente el color y las propiedades del hierro gris, mediante un proceso de elaboración y preparación del material. Para conocer afondo en forma práctica y visual las diferentes precipitaciones del grafito con las diferentes bases como son la cementita y perlita en un fragmento tomado del cuerpo de válvulas. En el estudio de las microfotografías se puede identificar los límites de grano y las diferentes fases de la estructura de hierro gris como se ilustra en la figura 86.

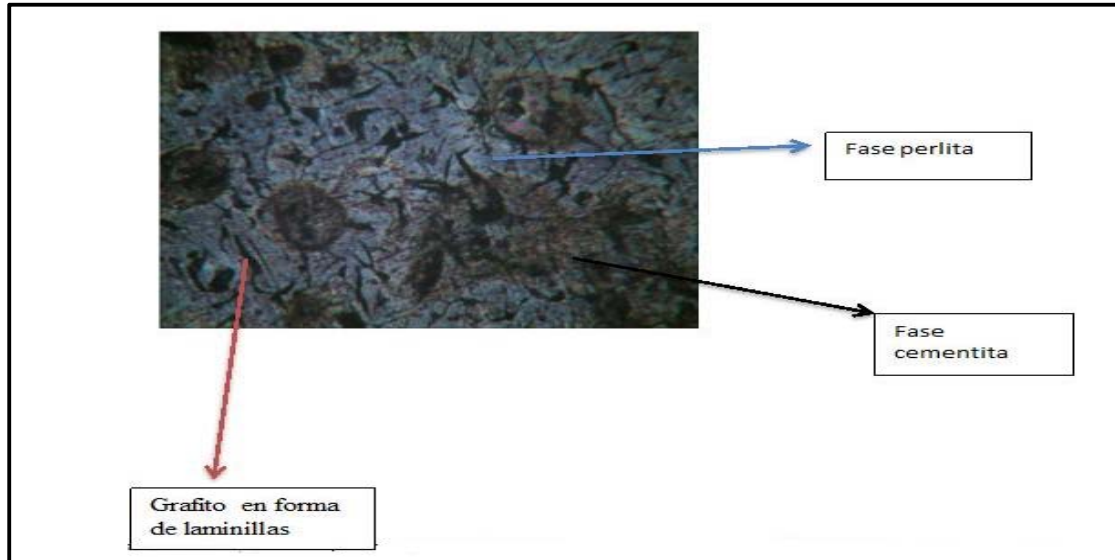


Figura 86. Microestructura de fases perliticas, cementiticas y forma de grafito del cuerpo de válvulas.

En la tabla 9 se aprecia los porcentajes de cada uno de los elementos que conforman una fundición gris.

Tabla 9. Elementos químicos de una fundición gris

Fuente: (Matwed, 2016)

Elemento	Porcentaje
Carbono	$\leq 0.08\%$
Cromo	15.5 – 17 %
Cobre	2.0 – 3.5 %
Hierro	$\geq 65.87\%$
Manganeso	6.5 - 8.8 %
Molibdeno	$\leq 0.50\%$
Níquel	1.5 – 3.0 %
Fósforo	$\leq 0.040\%$
Silicio	$\leq 1.5\%$
Azufre	$\leq 0.010\%$

Estudio metalográfico de aceros.

Se realizó el estudio a los componentes internos de la caja de cambios automática TH 400 estos son: carcasa de embrague frontal, carcasa de embrague de directa, resortes de los embragues y eje de salida de la transmisión automática.

Después de haber preparado las probetas y hecho el ataque químico se realizó el análisis de las microestructuras, para la elaboración de las ayudas visuales de los diferentes tipos de procesos; la presencia de martensita y austenita varía dependiendo el tipo de acero y de acuerdo a la especificación del trabajo que realiza cada una de las piezas. Las siguientes imágenes muestran la presencia de martensita y austenita, en los procesos de Temple, Revenido y Carburizado o Cementado.

La figura 87, muestra el cambio de fase, la transformación de martensita y austenita estas precipitaciones se da cuando la pieza ha sido sometida a un proceso de temple. Los puntos que se aprecian en blanco es la austenita y lo que la rodea de color negro es la martensita, esta no debe de exceder el 5%, de lo contrario el material será rechazado.

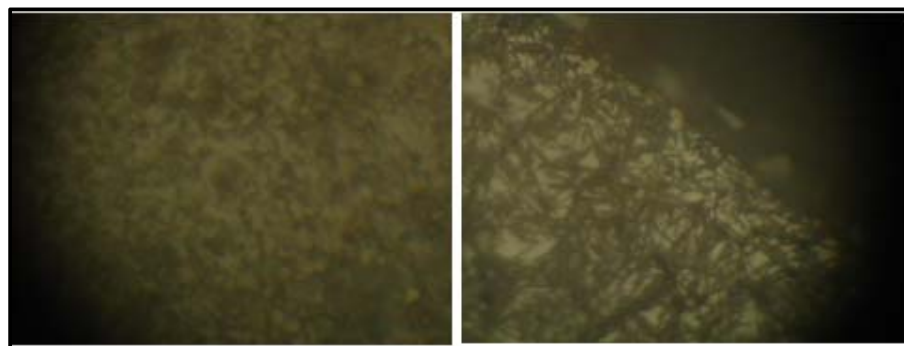


Figura 87. Estudio metalográfico a engranes del tren epicicloidal.

En la tabla 10 se aprecia las mediciones de las propiedades mecánicas y los porcentajes de cada uno de los elementos que conforman un acero para la elaboración de engranajes.

Tabla 10. Propiedades mecánicas y los porcentajes del acero SAE 4130

Fuente: (Matwed, 2016)

Propiedades	medidas
Dureza brinell	217
Resistencia a la tracción, ultima	560 MPa
Resistencia a la tracción, rendimiento	460MPa
Alargamiento a la rotura	21.5%
Reducción de área	59.6%
Módulo de elasticidad	205GPa
Módulo de volumen	160GPa
Coefficiente de poisson	0.29
Maquinabilidad	70%
Módulo de corte	80.0 GPa
Capacidad calorífica especifica	0.477 J/9 – °C
Carbono	0.28 – 0.
Cromo	0.80 – 1.1 %
Hierro	97.03 – 98. 22 %
Manganeso	0.40 – 0.33%
Molibdeno	0.15 – 0.25%
Fósforo	<= 0.035%
Silicio	0.15 – 0.30%
Azufre	<= 0.040%

Las figuras 88 y 89 son el resultado del análisis que se realizó a los resortes que trabajan en el interior de los elementos de la transmisión. Para dicho estudio se cogió una muestra todos los resortes utilizados en los embragues de la trasmisión, los resortes han pasado por un proceso de temple y revenido la figura 88. Se muestra la microestructura martensítica y austenítica en la superficie de la pieza, la figura 89 se observa el núcleo de la pieza.

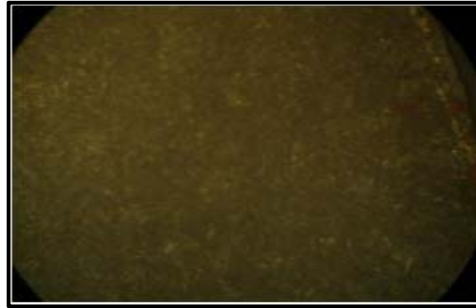


Figura 88. Microestructura superficial del resorte



Figura 89. Microestructura del núcleo del resorte

En la tabla 11 se aprecia las mediciones de las propiedades mecánicas y los porcentajes de cada uno de los elementos que conforman un acero para la elaboración de resortes.

Tabla 11. Propiedades mecánicas y los porcentajes del acero SAE 4161

Fuente: (Matwed, 2016)

Propiedades	medidas
Dureza brinell	187 - 241
Módulo de elasticidad	205 GPa
Coefficiente de poisson	0.29
Maquinabilidad	50%
Módulo de corte	80.0 GPa
Capacidad calorífica especifica	11.5 $\mu\text{m/m} - ^\circ\text{C}$
Carbono	0.56 – 0.64 %
Cromo	0.70 – 0.90 %
Hierro	96.685 – 97. 59 %
Manganeso	0.75 – 1.0 %

Molibdeno	0.25 – 0.35%
Fósforo	<= 0.035%
Silicio	0.15 – 0.35%
Azufre	<= 0.040%

En la figura 90 se observa una estructura típica de los aceros de doble fase, es decir, en donde hay presencia de estructuras como ferrita y martensita, con un incremento en algunos puntos de la fracción volumétrica de martensita.



Figura 90. Microestructura de la carcasa de embragues y ejes

En la tabla 12 se aprecia las mediciones de las propiedades mecánicas y los porcentajes de cada uno de los elementos que conforman un acero para la elaboración de ejes de transmisión y carcasa de los embragues: frontal, de directa.

Tabla 12. Propiedades mecánicas y los porcentajes del acero SAE 4137

Fuente: (Matwed, 2016)

Propiedades	medidas
Dureza brinell	187 - 229
Módulo de elasticidad	205 GPa
Coefficiente de poisson	0.29
Maquinabilidad	70%
Módulo de corte	80.0 GPa
Capacidad calorífica especifica	11.2 $\mu\text{m/m} - ^\circ\text{C}$
Carbono	0.35 – 0.40 %
Cromo	0.80 – 1.1 %
Hierro	96.93 – 97.85 %

Manganeso	0.70 – 0.90%
Molibdeno	0.15 – 0.25%
Fósforo	<= 0.035%
Silicio	0.15 – 0.35%
Azufre	<= 0.040%

Estudio metalográfico del aluminio

En la probeta de Aluminio en la figura 91 se identifica con menor claridad una matriz gris con precipitados plateados que forman los granos de la microestructura.



Figura 91. Microestructura de la carcasa

En la tabla 13 se aprecia las mediciones de las propiedades mecánicas y los porcentajes de cada uno de los elementos que conforman un acero para la elaboración de engranajes.

Tabla 13. Propiedades del aluminio

Fuente: (Matwed, 2016)

Propiedades	medidas
Dureza Vickers	15
Módulo de elasticidad	68.0 GPa
Coefficiente de poisson	0.36
Temperatura de fucion	386.9 J/g
Aluminio	100%

El resultado final del proceso de re-manufactura en los elementos de la transmisión automática permite visualizar los componentes que trabajan internamente.

A continuación se presenta la transmisión ya armada para la presentación se elaboró una estructura metálica la cual permite que la transmisión pueda girar de un ángulo de 0° a 90° para su explicación, de igual manera el brazo de la estructura puede girar 360° en su propio eje y montado sobre una mesa la cual permite el traslado de la transmisión hacia cualquier punto, como se muestra en la figura 92.



Figura 92. Presentación de la transmisión TH 400 (M40)3 L80.

Guías de laboratorio

ASIGNATURA: TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS

TEMA 1: Bomba hidráulica y bomba de aceite de una caja tracción trasera

Objetivo

realizar el procedimiento de extracción de una bomba hidráulica desde el interior de la transmisión, para posteriormente desarmarla y controlar el estado de la bomba de aceite conociendo todas las precauciones a seguir y cuidados de seguridad que se deben tener para que la operación no presente inconvenientes materiales ni humanos.

Por otra parte está el seguir el mismo procedimiento para completar el arme de buena manera considerando una reparación óptima.

Revisión teórica.

La bomba de aceite es impulsada por la rueda de bomba del convertidor de par. Asume la función de aspirar el aceite del depósito, generar presión de aceite y suministrar el aceite a presión a la caja de cambios. El aceite además de producir trabajo para impulsar los distintos elementos del cambio también sirve para lubricar la caja de cambios y el grupo diferencial. La bomba está ubicada en el cuerpo de la caja donde encastra el convertidor de par como se muestra en la figura 93.



Figura 93. Bomba de aceite

Funcionamiento de la bomba.

Los principales componentes que controlan la presión de línea son el solenoide de control de presión y la válvula reguladora de presión. La presión de aceite requerida para aplicar los embragues y la banda varía con relación a la posición de la mariposa de aceleración y el torque del motor. En la válvula reguladora de presión, la presión de línea es regulada en respuesta a lo siguiente:

- La presión de señal de torque que proviene del Solenoide de control de presión es proporcional al torque del motor. La presión de señal de torque mueve la válvula de empuje (219) contra el resorte (218) el cual empuja a la válvula reguladora de presión.
- Fuerza del resorte de la válvula reguladora de presión (217).
- La presión de línea actuando en la parte superior de la válvula reguladora de presión.
- En reversa, la acción de presión de línea actuando en la válvula de empuje.

La válvula reguladora de presión dirige la presión de línea hacia los circuitos de alimentación del convertidor y el circuito de decrecimiento. La presión de decrecimiento mueve el deslizante contra la fuerza de los resortes 206 y 207. La presión de decrecimiento y la posición del deslizante varían constantemente en función de la presión de señal de torque y por lo tanto, del torque del motor.

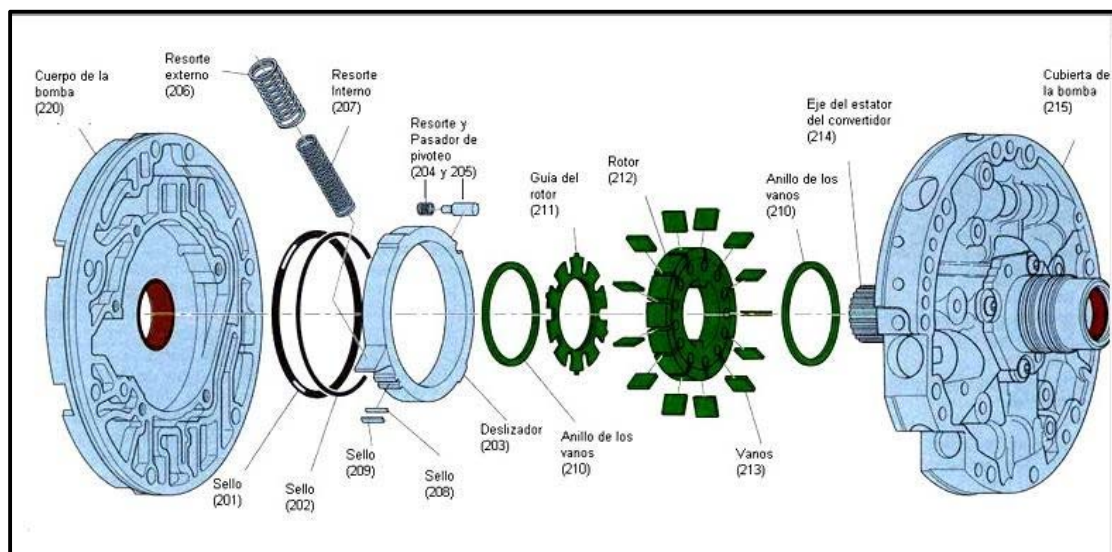


Figura 94. Despiece de la bomba de aceite

Regulación de la presión mínima.

Cuando el torque del motor está en su rango mínimo, el solenoide de control de presión (PCS) regula la presión de señal de torque a un mínimo. Durante estas condiciones la presión de línea actuando en la parte superior de la válvula reguladora de presión, mueve a ésta válvula contra la fuerza de los resortes 217 y 218. La presión de señal de torque, por estar en su valor mínimo no influye en la fuerza de los resortes a través de la válvula d empuje. En las condiciones anteriores, la presión de decrecimiento mueve el deslizante de la bomba (203) contra la fuerza de los resortes

206 y 207, hacia el centro del cuerpo de la bomba, causando que el deslizante cubra parcialmente el orificio de ingreso de la bomba. Esto incrementa la concentricidad ente el deslizante y el rotor lo cual disminuye el efecto de vacío sobre el aceite, por lo tanto disminuyendo la presión de línea.

Regulación de la presión máxima.

Cuando el torque del motor está en su generación máxima, el PCS regula la presión de señal de torque a su valor máximo. Esta máxima presión de la señal de torque mueve la válvula de empuje contra el resorte 218 para aumentar la fuerza en la válvula reguladora de presión. Esto mueve la válvula de regulación para bloquear a la presión de línea para entrar al circuito de decrecimiento. Con una presión de decrecimiento menor, los resortes 206 y 207 mueven al deslizante (203) hacia un costado del cuerpo de la bomba. Esto disminuye la concentricidad entre el deslizante y el rotor (212) lo que aumenta el vacío sobre el fluido. En esta posición, la presión de línea tiene su valor máximo.

La presión de salida de la bomba varía continuamente entre estos los puntos mínimos y máximos, dependiendo de las condiciones de operación del vehículo.

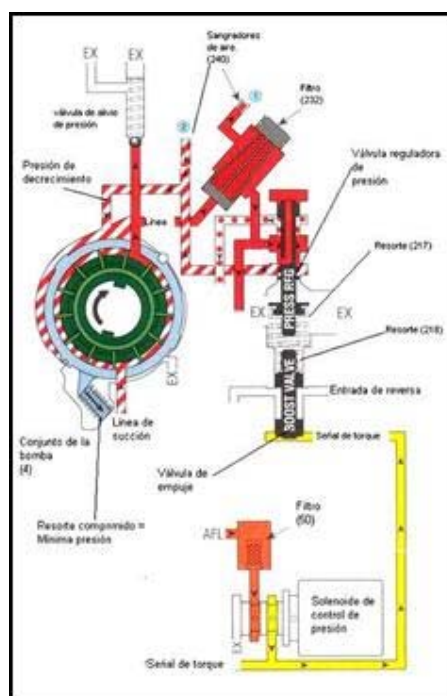


Figura 95. Mínima presión

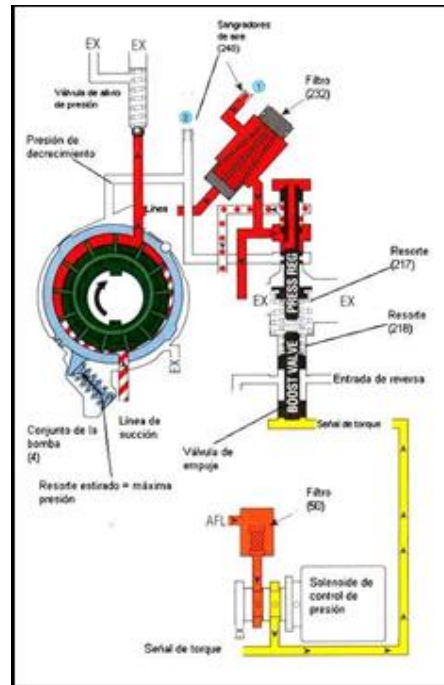


Figura 96. Máxima presión

MATERIALES:

- Transmisión automática;
- Guía;
- Mandil;
- Herramientas;
- etc.

Procedimiento.

Desmontar la bomba hidráulica de una caja de transmisión.

1. Ubique la transmisión en el mesón de trabajo en la posición correspondiente ilustrada en la figura 97.



Figura 97. Posición de trabajo de la transmisión automática

2. Proceda a retirar los pernos de la bomba como se observa en la figura 98.



Figura 98. Extracción de pernos de la bomba

3. Retire la bomba de la transmisión y desármela como se observa en la figura 99.



Figura 99. Extracción de la bomba y proceso de desarme

4. Controle la deformación de la bomba hidráulica.
5. Verifique estado de rotor y estado de las paletas.
6. Verifique y controle válvulas de distribución y presión.

7. Desmote cuerpo de presión y resorte de cuerpo de presión como se indica en la figura 100.



Figura 100. Verificación de rotor paletas y extracción del resorte

8. Controle el desgaste de la bomba de aceite como se observa en la figura 101

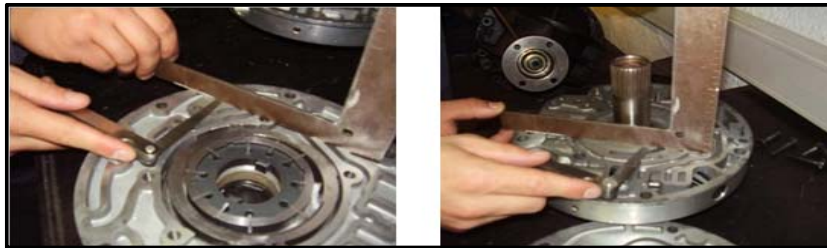


Figura 101. Medición del desgaste en la bomba

9. Anote los valores obtenidos para poder determinar si los componentes se encuentran en buenas condiciones.

Montaje del conjunto bomba hidráulica

1. Luego realizaremos el montaje siguiendo el orden inverso al desmontaje para completar el trabajo ilustrado en la figura 102.



Figura 102. Armado de la bomba

2. Monte la bomba de aceite en la bomba hidráulica
3. Monte el conjunto en la transmisión



Figura 103. Montaje de la bomba en la transmisión automática

Guía de auto evaluación para el alumno

Conteste las siguientes preguntas y Luego realice una evaluación a su compañero.

- Cuáles son los principales componentes de la bomba?
- Cuáles son las principales precauciones que hay que tener al desarmar un abomba hidráulica?
- Qué tipos de bomba hidráulicas existen?

Conclusiones. (Debe colocar al menos 5 conclusiones del trabajo realizado)

RECOMENDACIONES. (Debe colocar al menos 5 del trabajo realizado)

BIBLIOGRAFÍA. (Debe colocar las fuentes de consulta que utilice)

NOTA: Referenciar su respuesta correctamente y su planteamiento teórico.

ASIGNATURA: TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS

TEMA 2: Verificación de un convertidor de torque en corte.

Objetivo:

Reconocer la forma interna de cada elemento para así poder comprender la transmisión del movimiento a través de un fluido, así también como reconocer las posibles fallas y como detectarlas.

Revisión teórica

Convertidor de torque:

- Este dispositivo es una pieza importante en una transmisión automática, toma el papel del embrague en una transmisión mecánica.
- El convertidor tiene dos funciones: primero, generar un acople hidráulico entre la Transmisión. Segundo, aumentar el torque entregado por el motor a la transmisión.
- Su principio de funcionamiento puede compararse a dos ventiladores colocados uno frente al otro, si uno comienza a funcionar, crea una corriente de aire la cual pone en movimiento el otro.

Con un mecanismo convertidor de par puede conseguirse un aumento de este, pero aun así resulta imprescindible una caja de cambios, pues el empleo únicamente del convertidor exigiría un motor muy potente. Las cajas de cambios combinadas con los convertidores de par son de engranajes epicicloidales, de tres o cuatro relaciones de marcha, obteniéndose así, con el convertidor un cambio continuo de cada una de ellas. Si se emplean cajas de cambios paralelos, se hace necesario el acoplamiento de un embrague de fricción para efectuar el cambio de velocidad.

La bomba forma parte del diafragma. Frente a ella está situada la turbina unida al embrague que funciona en baño de aceite y que en la posición de embragado es solidario al eje primario de la caja de cambios. Para efectuar el cambio de relación de marcha se dispone en este modelo un sistema de mando, mediante el cual al mover la palanca de cambios para

seleccionar otra velocidad, manda corriente eléctrica a un relé que a su vez mueve una válvula de corredera que distribuye el aceite a presión que manda la bomba haciéndolo llegar al embrague, donde se produce el desembragado, por lo que ya podrán moverse los engranajes de la caja.

MATERIALES:

- Convertidor de par;
- Guía;
- Mandil;
- Herramientas;
- ETC.

Procedimiento

Desarmar un embrague hidráulico (Convertidor de Torque).

1. Desmontar una a una las tapas de la carcasa del convertidor y dejándolas en orden para volver a ponerlas en el mismo orden en el armado.



Figura 104. Convertidor de par

2. Retirar la tapa superior del convertidor como se muestra en la figura.

3. Extraer los elementos internos del convertidor.
4. Colocar cada elemento en orden como se muestra en la figura 105.



Figura 105. Despiece del convertidor de par

1. Identificar las piezas internas del convertidor que se muestran en la figura 106.
2. Analizar cada una de ellas y que cual es su trabajo.



Figura 106. Componentes internos del convertidor de par

10. Controle el estado de los componentes de cada elemento.

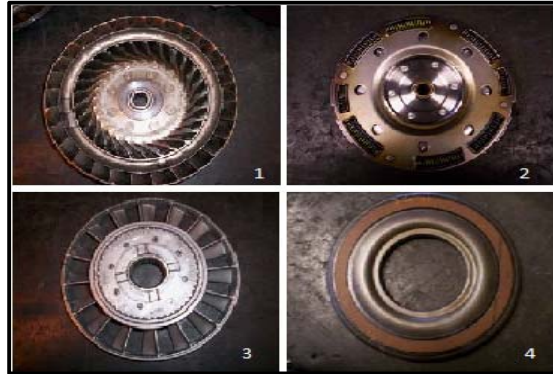


Figura 107. Verificación del estado de componentes internos

Elementos con mayor posibilidad de falla

1. Chequeo del estado de los alabes y anillo guía.
2. Control del estado de los resortes
3. Verificación del correcto funcionamiento del rodamiento unidireccional como se ilustra en la figura 108.
4. Chequeo del estado de la balata de Lock Up

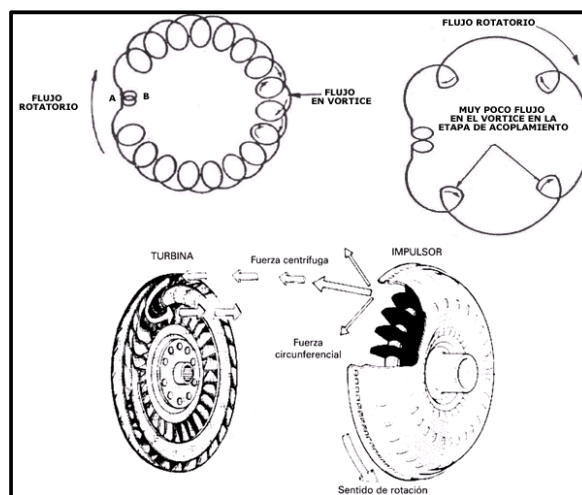


Figura 108. Circulación del aceite dentro del convertidor

Movimiento de la partícula de aceite al interior del convertidor

1. Recorrer visualmente el convertidor para determinar el flujo de aceite.
2. Alineé las partes que se ilustran en la figura 109 del convertidor para describir el flujo de aceite.

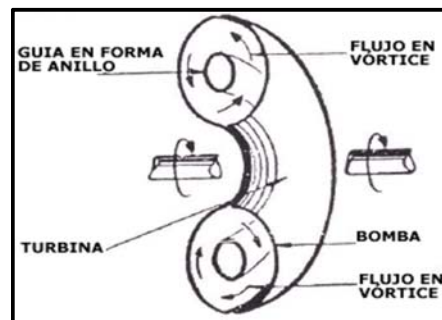


Figura 109. Partes del convertidor

3. Realice un despeje de sus dudas con el profesor.
4. Confeccione notas del taller

Armar el conjunto embrague hidráulico (convertidor de torque).

1. En la carcasa comenzar a colocar los elementos o componentes, como el Lock Up como se muestra en la figura 110.



Figura 110. Carcasa y lock UP

2. Seguir con la turbina no olvidar los rodamientos y las golillas que se ilustran en la figura 111.



Figura 111. Turbina

3. A continuación el estator, que tiene una sola posición que se observa en la figura.112



Figura 112. Estator

4. Por ultimo con la bomba se cierra el conjunto, no olvidar rodamientos como se ilustra en la figura 113.



Figura 113. Bomba del convertidor

Guía de auto evaluación para el alumno

Conteste las siguientes preguntas y Luego realice una evaluación a su compañero.

¿El impulsor cumple la misma función que la turbina?

¿Qué verificaciones se debe realizar a los convertidores de torque?

¿Las cajas con convertidores de torque, poseen engranajes epicicloidales?¿Por qué?

Conclusiones. (Debe colocar al menos 5 conclusiones del trabajo realizado)

Recomendaciones. (Debe colocar al menos 5 del trabajo realizado)

Bibliografía. (Debe colocar las fuentes de consulta que utilice)

NOTA: referenciar su respuesta correctamente y su planteamiento teórico.

ASIGNATURA: TRANSMISIONES AUTOMÁTICAS

TEMA 3: Mecanismo de fijación.

Objetivo:

Aprender a realizar el recambio y diagnóstico de los elementos de fijación de una transmisión automática.

Revisión teórica

Función del Mecanismo de Fijación:

La función que realizan es la de bloquear uno de los elementos del tren epicycloidal, para lo cual, uno de los componentes del conjunto de discos debe estar fijado a la carcasa del cambio, mientras el otro se une al elemento del tren epicycloidal. De esta manera, cuando se activa el freno, este componente está bloqueado al solidarizarse a la carcasa del cambio. Para lograr el frenado se utiliza los siguientes elementos

Freno de Banda:

Una cinta de freno fijada a la carcasa del cambio, que actúa sobre el exterior de un tambor para bloquearlo. En el interior de este tambor se aloja el tren planetario, cuyo planeta forma parte del mismo tambor de freno, que de esta manera puede ser frenado en determinados momentos. El accionamiento de la cinta de freno se consigue en este caso por medio de un servo, cuyo pistón es desplazado por la presión hidráulica, provocando el cierre de la cinta de freno, a la que se enlaza por medio de un vástago, manteniendo el otro extremo de la cinta fijado a la carcasa como se observa en la figura 144.

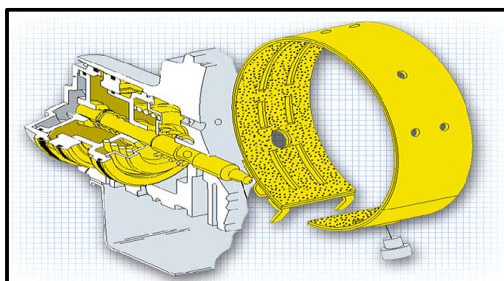


Figura 114. Freno de banda

Freno de Multidisco:

Como ya se ha mencionado, la misión de los diferentes embragues de un cambio automático es la de enlazar rígidamente dos componentes de los trenes epicycloidales, para lograr una determinada relación de marcha. Están formados por un conjunto de discos guarnecidos, intercalados entre discos de acero, que son presionados por un pistón, que a su vez puede ser desplazado por presión hidráulica como se ilustra en la figura 115.

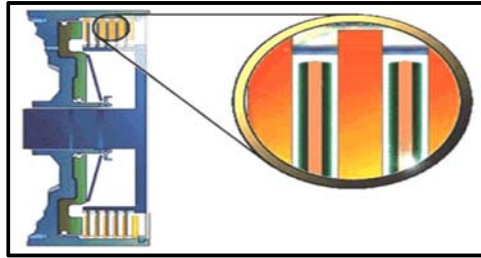


Figura 115. Discos de freno

Rueda Libre:

En algunos modelos de caja automática se utiliza un embrague unidireccional del tipo rueda libre para el bloqueo de uno de los componentes del tren epicycloidal como se ilustra en la figura 116, en uno de sus sentidos de giro.

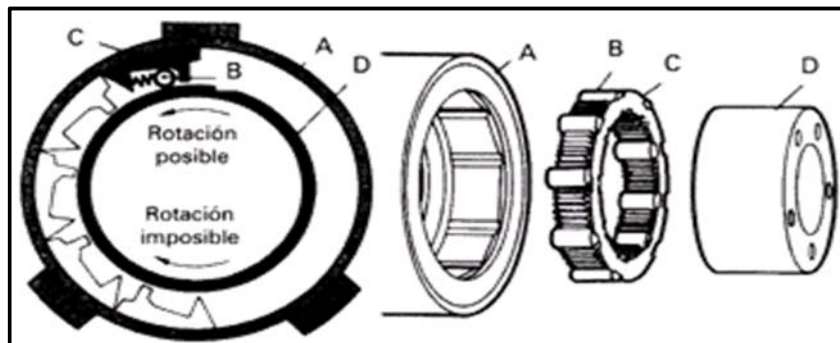


Figura 116. Rueda libre

MATERIALES:

- Guía;
- Mandil;
- Herramientas;

- ETC.

Procedimiento:

- Ubique la transmisión en el mesón de trabajo en la posición segura para su trabajo como se ilustra en la figura 117.



Figura 117. Posición de trabajo de la transmisión

- . Retire la bomba, Carter y caja de válvulas como se observa en la figura 118.



Figura 118. Bomba y cárter retirados

- Retirar el embrague frontal y el embrague de directa como se ilustra en la figura 119.



Figura 119. Embragues frontal y de directa retirados de la transmisión

- Anotar la gama operacional del desarme, para así poder tener mi manual para el armado.

¿Cómo desarmo?



- Reconocer los diferentes componentes del sistema de fijación.
- Definir la función, control y posible falla.

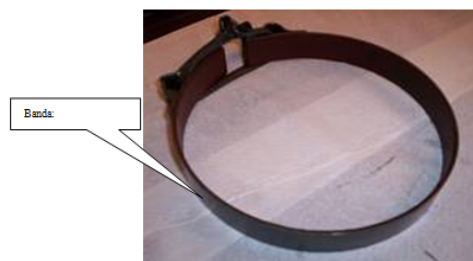
Componentes.

1.



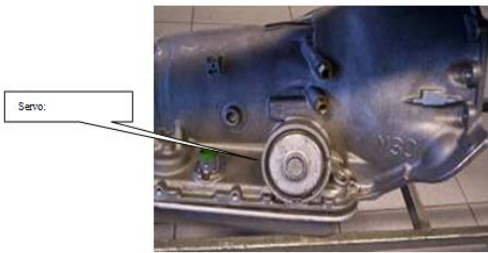
Diagnóstico:

2.



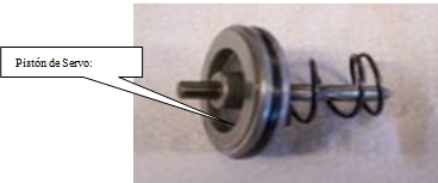
Diagnóstico:

3.



Diagnóstico:

4.



Diagnóstico:

5.



Diagnóstico:

Anote los valores obtenidos en la tabla 13 para poder determinar si los componentes se encuentran en buenas condiciones

Tabla 14. Valores obtenidos de los componentes de frenado

Control Torsión Carcasa	Control Piñones	desgaste de	Deformidad de Cuerpo de discos.	Diagnóstico:
----------------------------	--------------------	----------------	------------------------------------	--------------

Guía de auto evaluación para el alumno

Desarrollo de preguntas y/o actividades para el alumno como forma de complemento a los aprendizajes desarrollados

1. Describa una gama de desarme y arme de una extracción de una cinta de fijación.
2. ¿Cuáles fueron las herramientas específicas que utilizo en el Serbo de freno de banda?
3. ¿Cuál es la falla que puede ocurrir si el control de desgaste de los frenos no es correcto?
4. ¿Qué componente es el que acciona los componentes freno de Caja?

Desarrollo de respuestas:



CONCLUSIONES. (Debe colocar al menos 5 conclusiones del trabajo realizado)

RECOMENDACIONES. (Debe colocar al menos 5 del trabajo realizado)

BIBLIOGRAFÍA. (Debe colocar las fuentes de consulta que utilice)

NOTA: referenciar su respuesta correctamente y su planteamiento teórico

Discusión

Estudio microestructural del amianto

Con la obtención de los datos se pudo acceder a las propiedades de fabricación de los discos de embrague plásticos cubiertos con asbesto ya que en el mercado existen gran cantidad de fabricantes de discos de embrague que ocupan diferentes tipos de asbesto, en la tabla número 8 se ilustra las propiedades de fabricación de los discos de embrague (Segura J, 2006).

Estudio metalográfico de hierro gris

Con los resultados de las imágenes se concluye que es de hierro gris, porque el grafito ha precipitado en forma de hojuelas, con lo que va tener las siguientes características: tener buena resistencia a la tracción, tener alta resistencia de compresión, capacidad de templado es alta, buena fluidez para el colado, y tener buena resistencia a la corrosión, pero sobre todas estas características, la principal va es la de tener buena capacidad de amortiguación de vibraciones y resistente al choque térmico.

Estudio metalográfico de aceros

El temple es el único proceso donde se transformará completamente la pieza, la dureza es más alta debido a la presencia de martensita y austenita tanto en la superficie como en el núcleo esta microestructura poseen los aceros con descripción SAE 4130 (Sociedad Americana de Metales, 2004). En la figura 87 se puede identificar claramente la presencia de martensita y austenita dando como resultado un acero utilizado para la elaboración de los engranes en el tren epicicloidal.

En el estudio microestructural que se observa en las figuras 88 y 89 se aprecia las precipitaciones de martencita y austenita por igual este caso se da en las piezas que han sufrido un proceso de temple y revenido este proceso se da en la elaboración de resortes con un acero SAE 4161.

Las transformaciones microestructurales alcanzadas en los procesos de temple son evidentes, en la figura 90 en la cual se muestra la microestructura de precipitación de ferrita y martencita esta precipitación se observa en las piezas que han tenido un proceso de temple y enfriadas en aceite, la fotografía es el resultado de un acero SAE 4137 que es utilizado para la fabricación de ejes de transmisión, y en este caso también las carcasas de los embragues de la transmisión TH400.

Estudio metalográfico del aluminio

El aluminio tiene multitud de aplicaciones, su bajo peso específico lo hace útil para la fabricación de aleaciones y piezas en este caso es utilizado en la fabricación de las carcasas de la transmisión su bajo peso es esencial. Como se observa la microestructura obtenida por el estudio metalográfico ilustrada en la figura 91.

Conclusiones

- En el estudio realizado se obtuvo la caracterización de la caja de cambios automática TH400 (M40) 3L80, aplicando el método el analítico de investigación con el cual se logró el seccionamiento estratégico de los componentes de la citada caja automática.
- En el presente proyecto de fin de carrera describe cada uno de los componentes que conforman la caja automática TH400 (M40) 3L80, dicha descripción sirve como apoyo práctico para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional SEK, específicamente en la cátedra de Transmisiones Automáticas.
- Durante este período de investigación, se logró caracterizar el material de fabricación de cada uno de los elementos de la transmisión automática TH400 (M40) 3L80, en base al estudio metalográfico.
- Es importante destacar, que a medida que ha pasado el tiempo las trasmisiones automáticas han ido evolucionando, tanto en sus elementos como en los materiales de fabricación con el fin de mejorar la potencia y reducir peso al vehículo.

Recomendaciones

- Elaborar y caracterizar una caja de cambios automática actual para la comparación y el estudio de la evolución de sus diferentes sistemas y piezas que la conforman.
- La adquisición de textos referentes a las transmisiones automática es importante ya que la información sobre este tema es escaso en la biblioteca de la universidad.
- Se recomienda hacer el análisis de amplitud del proyecto para la incrementación de un motor que permitirá visualizar el trabajo que realizan los elementos internos de la caja de cambios automáticas.
- Durante alguna práctica u operación de desmontaje y montaje de la caja de cambios didáctica, revisar la posición de cada elemento ya que al momento de armado cada elemento tiene posición.
- La implementación de estos proyectos es indispensable para la formación académica de los estudiantes.

Referencias

Bibliografía

Engineering. (06 de junio de 2008). Obtenido de Transmission Dynaflo Buick:

http://www.engineering-dictionary.org/Fluid_coupling

Spanish.Transmissiontester. (2010). Obtenido de Transmisión Automática:

<https://www.spanish.transmissiontester.com/>

Aficionados a la mecánica. (2016). Obtenido de Caja-Cambios:

<http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

Auto electrónico. (2016). Obtenido de Válvulas de Aceite:

<http://www.autoelectronico.com/005/ballt040I.jpg>

Autocosmos. (2016). Obtenido de Transmisiones Automáticas:

<http://especiales.autocosmos.com.ar/tecnologia/noticias/2012/10/18/manual-automatizada-o-manumatica>

fibras utilizadas en la industria automotriz. (2016). Obtenido de scielo:

<http://scielo.isciii.es/scielo.php>

Matweb. (9 de Julio de 2016). Obtenido de Fundición de hierro gris :

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=d949098e2cad49c287ccea5372d61ba5>

Orm. (2016). Obtenido de Onda Regional:

http://www.orm.es/programas/revista_motor/motor032.htm

S Miguel-Transmisiones. (2016). Obtenido de Transmisiones: <http://miguel-transmisiones-miguel.blogspot.com/>

Sabelotodo. (2016). Obtenido de Convertidor de pardo del automóvil:
<http://www.sabelotodo.org/automovil/convertidordepar.html>

Skoda. (2016). Obtenido de Cambio Automático Fundamentos:
<http://liceobicentenariominero.cl/web>

Skoda. (2016). Obtenido de Cambio Automático Fundamentos:
<http://liceobicentenariominero.cl/web>

Turn Key. (2016). Obtenido de TH 400 leve 1- To 450 HP:
<http://www.turnkeyenginesupply.com/th400-level-1-to-450-hp/>

Uam. (2016). Obtenido de Docencia:
http://www.uam.es/docencia/labvformat/labvformat/Anexo/microscopio_metalografico.htm

Abere Julius, O. B. (junio de 2014). Investigación sobre el uso de aceite vegetal como líquido industrial de transmisión automática-Fluid. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS Vol:14 No:03 1.*

Alonsio, J. (1996). *Sistema de Trasmisión y Frenado*. Paraninfo.

Alvaréz, M. (2014). Origen y Evolución de: la Trasmisión y Freno Automotriz. *Universidad Fermín Toro*, 3,4,5.

ATSG. (1993). MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80. MIAMI, FLORIDA:
Copyright.

ATSG. (1993). *MANUAL DE LA CAJA TH 400(M40) 3L80*. MIAMI, FLORIDA: Copyright.

Díez, I. (2009). *Chilton manual de reparación y mantenimiento Automóviles*. Barcelona:

Grupo Oceano.

Fenton, J. (1998). *Manual de Transmision Automotriz y Diseño de Chasis*. Professional

Engineering Publishing.

Ferer j, d. E. (2001). *Mecanizado Básico*. Madrid: Editex .

Fernández, M. (2016). Obtenido de Mecanizado Básico:

<https://mafercan94.wordpress.com/mecanizado-basico/>

Ferrer J, D. E. (2001). *Mecanizado Básico*. Madrid: Editex.

Ferrer J, E. D. (2005). *Sistemas de Transmisión y Frenado*. Editex.

Ibarra. (2016). *MAJOR MECHANICAL COMPONENTS*. Madrid.

J.ferrer, E. d. (2005). *Sistemas de Transmisión y Frenado*. editex.

Klingspo. (2011). *Manual basico discos de corte y desbaste*. chile.

Magas, G. (1997). *transmisiones automaticas*. Madrid.

Martínez, D. G. (2000). *Manual práctico del automóvil*. MADRID: cultural S.A.

Molina A. (1978). *metalografía*. Moscú: MIR-MOSCU.

Nezhadali V, E. L. (2015). *Un marco para el modelado y control óptimo de los sistemas de transmisión automática*. Electrical Engineering Department, Linköping University,.

Rocha.J, Mena.S, Cruz.M, Castro.J, Oña.G, & Paucar.B. (2015). Diseño del sistema de cambio de fluido automatizado para cajas automáticas. En Coniadt (Ed.), (págs. 223, 224,225).

Segura J. (2006). *Análisis por elemeto finito del diseño de embragues de fricción variando el número de discos y sus espesores*. Cuernavaca: Cenidet.

Sociedad Americana de Metales, S. (2004). *Metalogefia y Microestructuras*. Nueva York: ASM international.

Suco, H. (02 de mayo de 2011). *Qué es una Transmisión Automática?* Obtenido de Transmision y Cambios Automáticos : <http://transmisionycambiosautomaticos.blogspot.com/>

Yan-fang, L. P.-y. (2016). *Diseño y aplicación de la bomba de aceite eléctrica en la transmisión automática para la mejora de la eficiencia y la función de arranque y parada*. Berlin: Central South University.

Yanxiao Fu, Y. L. (2015). *Análisis dinámico y la estrategia de control de los embragues húmedos durante la fase de torque en el cambio de velocidades*. Beihang: Journal of Mechanical Science and Technology.