



**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Automotriz**

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Luis Daniel Quinatoa Pérez

Tutor: Ing. Juan Castro Mediavilla, M.Sc.

**Análisis Comparativo de Señales Generadas por Electroválvulas
Usadas y Nuevas en Cajas de Cambios Automática mediante
Osciloscopio Automotriz**

Certificado de Autoría

Yo, Luis Daniel Quinatoa Pérez, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Luis Daniel Quinatoa Pérez

C.I.: 0958923609

Aprobación del Tutor

Yo, Juan Castro Mediavilla certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Juan Castro Mediavilla, M.Sc.

C.I.: 1716757099

Director de Proyecto

Dedicatoria

A mis padres, cuya sabiduría, amor incondicional y sacrificio constante han sido el pilar fundamental de mi vida y mi educación. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional y por ser siempre una fuente de motivación e inspiración. Su compañía y sus palabras de aliento me han ayudado a superar cada obstáculo en el camino.

A mis amigos, por su compañía y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Su apoyo y comprensión han sido vitales para mantenerme enfocado y motivado.

A mis profesores y mentores, cuyas enseñanzas y orientación han sido esenciales para mi desarrollo académico y profesional. Gracias por compartir su conocimiento y por guiarnos con paciencia y dedicación.

Finalmente, dedico esta tesis a todas las personas que, de una u otra manera, han influido en mi vida y mi formación. Su impacto en mi trayectoria es incalculable, y siempre llevaré con gratitud y cariño cada uno de sus aportes.

¡Gracias a todos por ser parte de este logro!

Daniel Quinatoa

Agradecimiento

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor, Juan Castro, por su invaluable guía, apoyo y paciencia a lo largo de este proceso. Su experiencia y consejo han

sido fundamentales para la realización de este trabajo.

Agradezco también a mis profesores y compañeros de la carrera. Sus enseñanzas, discusiones y colaboraciones han enriquecido mi perspectiva y han contribuido significativamente a la

calidad de esta investigación.

A mi familia, gracias por su constante apoyo y comprensión. Sus palabras de aliento y su amor incondicional me han dado la fortaleza necesaria para superar los desafíos a lo largo de

este camino.

A mis amigos, por su apoyo moral y por estar siempre dispuestos a escuchar y ofrecer su ayuda. Su amistad ha sido un pilar importante durante estos años de estudio.

Finalmente, quiero agradecer a todas las personas y organizaciones que, de alguna manera, han contribuido al desarrollo de esta tesis. Sus aportes han sido esenciales para la

consecución de este logro.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Daniel Quinatoa

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	2
1.2.3 Sistematización del Problema.....	2
1.3 Objetivos de la Investigación.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	2
1.4.1 Justificación Teórica.....	3
1.4.2 Justificación Metodológica.....	3
1.4.3 Justificación Práctica.....	3
1.4.4 Delimitación Temporal.....	4

1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i>	4
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	4
	Capítulo II	5
	Marco Referencial.....	5
2.1	Marco Teórico.....	5
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i>	5
2.1.2	<i>Vehículos con Transmisiones Automáticas</i>	5
2.1.3	<i>Caja de Cambios Automática: Problemas, Síntomas y Averías</i>	6
2.1.4	<i>Uso del Osciloscopio Automotriz</i>	7
2.1.5	<i>Válvula de Solenoide de Fuerza Variable</i>	8
2.2	Marco Conceptual	9
2.2.2	<i>Válvula de Solenoide</i>	9
2.2.3	<i>Diagnóstico de Fallas en la Transmisión Automática</i>	10
2.2.3	<i>Tipos de Sistema de Transmisión Automática</i>	11
2.2.4	<i>Los Fundamentos de una Transmisión Automática</i>	13
2.2.5	<i>Prueba de la Válvula Solenoide de Transmisión Automática</i>	14
2.2.6	<i>Válvulas Reguladoras</i>	16
2.2.7	<i>Válvulas de Conmutación</i>	17
2.2.7	<i>Servoválvulas</i>	17
	Capítulo III.....	19
	Proceso de Diagnóstico de las Electroválvulas.....	19
3.1	Descripción	20
3.1.1	<i>Métodos de Prueba de Solenoides</i>	20
3.1.2	<i>Resistencia del Solenoide</i>	20
3.1.2	<i>Activación del Solenoide Eléctrico</i>	21

3.1.3	<i>Solenoides de Encendido/Apagado</i>	21
3.1.4	<i>Prueba de Solenoides On/Off</i>	22
3.1.5	<i>Solenoides de Regulación</i>	23
3.1.5	<i>Pruebas de Solenoides de Regulación</i>	24
3.2	Comprobación de las Válvulas Solenoides en una Transmisión Automática.....	26
3.2.1	<i>Caja de Cambios Utilizada para las Pruebas</i>	26
3.3	Metodología de la Investigación	28
3.3.1	<i>Métodos</i>	29
3.3.2	<i>Tipo de Estudio</i>	29
3.3.3	<i>Investigación Aplicada</i>	29
	Capítulo IV.....	31
	Análisis Comparativo de Señales Generadas por Electroválvulas	31
4.1	Procedimiento Técnico en el Proceso de Reparación	31
4.1.1	<i>Selección de Muestras</i>	31
4.1.2	<i>Instrumentación</i>	32
4.1.3	<i>Procedimiento</i>	32
4.1.4	<i>Obtención de Resultados</i>	33
4.2	Descripción del Proceso de Pruebas	33
4.2.1	<i>Resistencia Normal de las Puntas de Prueba</i>	34
4.2.2	<i>Pruebas con el Multímetro Automotriz</i>	36
4.2.3	<i>Pruebas con el Osciloscopio Automotriz</i>	38
4.2.4	<i>Proceso de Selección de Prueba de Actuadores</i>	40
4.2.5	<i>Interpretación y Diagnóstico</i>	44
4.2.6	<i>Solenoides de Cambio Nuevo</i>	45
4.2.7	<i>Solenoides de Cambio Usado</i>	46

	x
4.2.8 <i>Solenoides de Presión Principal Nuevo</i>	48
4.2.9 <i>Solenoides de Presión Principal Usado</i>	49
4.2.6 <i>Finalización de la Prueba</i>	51
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Bibliografía	55

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Transmisión Automática</i>	7
Figura 2 <i>Una Electroválvula de Fuerza Variable de una Transmisión Automática</i>	8
Figura 3 <i>Válvula Solenoide</i>	10
Figura 4 <i>Diagnóstico en Transmisiones Automáticas</i>	10
Figura 5 <i>Pruebas en Electroválvulas</i>	15
Figura 6 <i>Válvula Reguladora</i>	16
Figura 7 <i>Válvula de Conmutación</i>	17
Figura 8 <i>Servoválvula</i>	18
Figura 9 <i>Solenoides de Encendido/Apagado</i>	22
Figura 10 <i>Solenoides de Regulación</i>	23
Figura 11 <i>Solenoides de Regulación - Pruebas</i>	25
Figura 12 <i>Solenoides de Regulación - Pruebas</i>	25
Figura 13 <i>Ubicación de las Válvulas Solenoides – Transmisión F4A42</i>	28
Figura 14 <i>Transmisión Automática F4A42</i>	31
Figura 15 <i>Osciloscopio Automotriz FINEST 1006</i>	32
Figura 16 <i>Equipo y Materiales para las Pruebas</i>	33
Figura 17 <i>Válvulas Seleccionadas para las Pruebas</i>	34
Figura 18 <i>Precisión del Multímetro para las Pruebas</i>	35
Figura 19 <i>Resistencia del Solenoide de Cambio Nuevo</i>	36
Figura 20 <i>Resistencia del Solenoide de Cambio Usado</i>	37
Figura 21 <i>Resistencia del Solenoide VFS Nuevo</i>	37
Figura 22 <i>Resistencia del Solenoide VFS Usado</i>	38
Figura 23 <i>Conexión a la Fuente de 12V DC (Batería)</i>	39
Figura 24 <i>Acceso al Menú de Test de Actuadores</i>	40

Figura 25 <i>Selección del Test de Actuadores</i>	41
Figura 26 <i>Selección del Tipo de Actuador</i>	42
Figura 27 <i>Conexión del Osciloscopio y la Fuente de Alimentación</i>	43
Figura 28 <i>Conexión del Osciloscopio y la Fuente de Alimentación</i>	43
Figura 29 <i>Comprobación del Solenoide de Cambio Nuevo</i>	45
Figura 30 <i>Señal del Osciloscopio – Solenoide de Cambio Nuevo</i>	45
Figura 31 <i>Comprobación del Solenoide de Cambio Usado</i>	46
Figura 32 <i>Señal del Osciloscopio – Solenoide de Cambio Usado</i>	47
Figura 33 <i>Comprobación del Solenoide de Presión Principal Nuevo</i>	48
Figura 34 <i>Señal del Osciloscopio – Solenoide de Presión Principal Nuevo</i>	49
Figura 35 <i>Comprobación del Solenoide de Presión Principal Usado</i>	49
Figura 36 <i>Señal del Osciloscopio – Solenoide de Presión Principal Usado</i>	50

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Especificaciones Transmisión F4A42</i>	27
Tabla 2 <i>Valores Obtenidos de Resistencia</i>	52

Resumen

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de las señales generadas por electroválvulas usadas y nuevas en cajas de cambios automáticas, utilizando un osciloscopio automotriz como herramienta principal de diagnóstico. Las cajas de cambios automáticas son componentes cruciales en los vehículos modernos, responsables de la transferencia suave y eficiente de potencia desde el motor a las ruedas. Las electroválvulas dentro de estas cajas juegan un papel fundamental en el control de los cambios de marcha. Con el tiempo, las electroválvulas pueden degradarse, lo que puede afectar el rendimiento y la eficiencia de la transmisión. Para llevar a cabo este análisis, se seleccionaron un conjunto de electroválvulas nuevas y un conjunto de electroválvulas usadas extraídas de vehículos con diferentes niveles de desgaste. Se utilizó un osciloscopio automotriz para capturar y analizar las señales eléctricas generadas por estas electroválvulas bajo condiciones controladas. Se realiza la configuración del osciloscopio automotriz y preparación de las electroválvulas para el análisis, captura de señales en tiempo real de las electroválvulas nuevas y usadas. El análisis reveló diferencias significativas entre las señales generadas por electroválvulas nuevas y usadas. Las electroválvulas usadas mostraron señales con mayor ruido, fluctuaciones en la amplitud y cambios en los patrones de pulsos, lo que indica una pérdida de eficiencia y precisión en su funcionamiento. Los resultados de este estudio demuestran que el uso de un osciloscopio automotriz es una herramienta eficaz para el diagnóstico de electroválvulas en cajas de cambios automáticas. Las diferencias observadas en las señales pueden ser utilizadas para identificar problemas de desgaste y deterioro en las electroválvulas, permitiendo un mantenimiento predictivo y una mejora en la fiabilidad de las transmisiones automáticas.

Palabras Clave: Electroválvulas, cajas de cambios automáticas, osciloscopio automotriz, diagnóstico, señales eléctricas, mantenimiento predictivo.

Abstract

The objective of this degree project is to carry out a comparative analysis of the signals generated by used and new solenoid valves in automatic gearboxes, using an automotive oscilloscope as the main diagnostic tool. Automatic gearboxes are crucial components in modern vehicles, responsible for the smooth and efficient transfer of power from the engine to the wheels. The solenoid valves inside these boxes play a fundamental role in controlling gear changes. Over time, solenoid valves can degrade, which can affect transmission performance and efficiency. To carry out this analysis, a set of new solenoid valves and a set of used solenoid valves extracted from vehicles with different levels of wear were selected. An automotive oscilloscope was used to capture and analyze the electrical signals generated by these solenoid valves under controlled conditions. The configuration of the automotive oscilloscope and preparation of the solenoid valves for analysis are carried out, capturing real-time signals from new and used solenoid valves. The analysis revealed significant differences between the signals generated by new and used solenoid valves. The solenoid valves used showed signals with increased noise, fluctuations in amplitude and changes in pulse patterns, indicating a loss of efficiency and precision in their operation. The results of this study demonstrate that the use of an automotive oscilloscope is an effective tool for the diagnosis of solenoid valves in automatic gearboxes. The differences observed in the signals can be used to identify wear and deterioration problems in the solenoid valves, allowing predictive maintenance and an improvement in the reliability of automatic transmissions.

Keywords: Solenoid valves, automatic gearboxes, automotive oscilloscope, diagnosis, electrical signals, predictive maintenance.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Análisis comparativo de señales generadas por electroválvulas usadas y nuevas en cajas de cambios automática mediante osciloscopio automotriz.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

La demanda en la industria automotriz que permitan analizar las diversas señales generadas por una electroválvula en una caja de cambio automática como parte de la correcta interpretación de las nuevas electroválvulas, las cuales brindan una mejora en diversas condiciones de velocidad de operación.

1.2.1 Planteamiento del Problema

En el ámbito automotriz, las cajas de cambios automáticas juegan un papel fundamental en la transmisión eficiente de potencia del motor a las ruedas. Dentro de estas cajas de cambios, las electroválvulas desempeñan un papel crucial en el control y la modulación de la presión hidráulica que actúa sobre los embragues y los engranajes, lo que determina el cambio de marcha y su suavidad. Sin embargo, estas electroválvulas están sujetas a desgaste, fallos eléctricos o mecánicos, que pueden afectar el rendimiento general de la transmisión y, en última instancia, la experiencia de conducción del vehículo.

Los vehículos automotrices hoy en día disponen de un gran número de redes electrónicas de control y regulación. Conforme al avance tecnológico en estos sistemas ameritan un mayor conocimiento sobre sensores, actuadores y códigos de falla para efectuar un diagnóstico eficiente de los sistemas del vehículo (Bravo, 2019).

Por lo tanto, el problema que se plantea es la necesidad de desarrollar un método de análisis más preciso y en tiempo real de las señales eléctricas en las electroválvulas de una caja de cambios automática. Este método debe permitir la detección temprana de fallos, la

evaluación de la integridad de las señales eléctricas y la identificación de posibles problemas de funcionamiento en las electroválvulas, lo que facilitará un mantenimiento preventivo más efectivo y una reparación oportuna de los problemas.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cuáles son los desafíos específicos en el diagnóstico de problemas asociados en las electroválvulas de una caja de cambios automática usando un osciloscopio automotriz?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son las causas más comunes de fallas en las transmisiones automáticas?
- ¿Cuáles son los procedimientos más eficaces para diagnosticar problemas en las transmisiones automáticas usando un osciloscopio automotriz?
- ¿Cuáles son las diferencias de una señal de electroválvula usada en comparación con una señal de electroválvula nueva?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Analizar las señales en las electroválvulas de una caja de cambios automática usando un osciloscopio automotriz, siguiendo un proceso técnico adecuado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las principales causas de las fallas en las transmisiones automáticas.
- Evaluar los procedimientos más efectivos para el diagnóstico preciso de problemas en las transmisiones automotrices usando un osciloscopio automotriz.
- Comparar las señales obtenidas entre las señales de las electroválvulas de una transmisión automática usada y las señales dadas por el fabricante.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

La justificación del problema radica en la necesidad de diagnosticar y solucionar problemas relacionados con las cajas de cambios automáticas en vehículos automotrices. Las

cajas de cambios automáticas son componentes críticos en los vehículos modernos, ya que permiten la transferencia de potencia de manera eficiente y suave entre el motor y las ruedas, lo que garantiza un funcionamiento óptimo del vehículo. Mediante el análisis de estas señales, es posible identificar problemas como cortocircuitos, circuitos abiertos, fluctuaciones de voltaje, y otros problemas eléctricos que podrían estar afectando el rendimiento de las electroválvulas y, por ende, el funcionamiento de la caja de cambios automática. Además, ayudará a reducir los costos de mantenimiento al evitar reparaciones innecesarias o reemplazos incorrectos de componentes (Wasicek, 2015).

1.4.1 Justificación Teórica

El proyecto de análisis de las señales en las electroválvulas de una caja de cambios automática utilizando un osciloscopio automotriz se basa en la aplicación de principios teóricos fundamentales de la ingeniería automotriz y la electrónica en el proceso de diagnóstico de las electroválvulas.

1.4.2 Justificación Metodológica

El desarrollo del análisis de forma de onda de la electroválvula se basa en aspectos técnicos a través de un proceso lógico y estructurado. Por lo tanto, el estudio resaltarán claramente todas las ventajas del uso de la nueva tecnología. Esto permite no solo ofrecer variantes más eficientes del automóvil, sino también evaluar los indicadores de mejora.

1.4.3 Justificación Práctica

El análisis de las señales de las electroválvulas de una caja de cambio automático es esencial para detectar posibles fallos y garantizar un correcto funcionamiento de las cajas de cambio automático. Con el uso del osciloscopio se obtienen señales precisas y detalladas de las electroválvulas, lo que ayuda a identificar problemas que no son visibles a simple vista, proporcionando información sobre las diferencias entre las señales de las electroválvulas de una caja de cambios automático usada y las del fabricante, y cómo estas diferencias pueden

influir en el proceso de diagnóstico de averías y el mantenimiento de las cajas de cambio automático.

1.4.4 Delimitación Temporal

El proyecto "Análisis Comparativo de Señales Generadas por Electroválvulas Usadas y Nuevas en Cajas de Cambios Automática mediante Osciloscopio Automotriz" se lleva a cabo en un período de cinco meses, comenzando el 11 de abril de 2024 y finalizando el 11 de septiembre de 2024. Durante este tiempo, se realizan investigaciones exhaustivas y análisis detallados para identificar y comprender los problemas recurrentes en las transmisiones automáticas.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El análisis se va a limitar a una transmisión automática automotriz de un fabricante específico en la ciudad de Guayaquil, la investigación se centra en vehículos con sistemas electrónicos, especialmente en automóviles de pasajeros, excluyendo vehículos pesados o especializados.

La investigación se lleva a cabo en Guayaquil-Ecuador, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y las regulaciones específicas de esta área que puedan afectar la reparación de las transmisiones automáticas.

1.4.6 Delimitación del Contenido

La delimitación de contenido en la investigación sobre el análisis comparativo de señales generadas por electroválvulas usadas y nuevas en cajas de cambios automática mediante osciloscopio automotriz se basa en comprender el funcionamiento de las electroválvulas en una caja de cambios automática y cómo estas afectan el rendimiento general del sistema de transmisión. Además, conocer el tipo de caja de cambios automática analizada, la disponibilidad de equipos y recursos, y cualquier otra restricción que pueda afectar la validez o aplicabilidad de los resultados.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

Este marco teórico proporciona una estructura básica para abordar el proyecto de análisis de señales en las electroválvulas de una caja de cambios automática utilizando un osciloscopio automotriz. A medida que se avance en la investigación y análisis, es posible que necesites ajustar o expandir estos puntos para adaptarte a tus hallazgos específicos y objetivos del proyecto.

2.1.1 *Conceptos Preliminares*

A continuación, se aborda el marco de referencia que proporciona el contexto necesario para entender las bases teóricas, históricas y conceptuales en las que se fundamenta este estudio sobre electroválvulas en cajas de cambios automáticas. A través de este marco, se establecen las conexiones entre investigaciones previas y la presente, delineando el panorama general y la relevancia del tema en el ámbito automotriz.

2.1.2 *Vehículos con Transmisiones Automáticas*

En la industria automotriz, los vehículos equipados con transmisiones automáticas (TA) tienen ventajas significativas, que incluyen una operación simple, cambios de marcha suaves y una larga vida útil. Además, el rendimiento de conducción correspondiente y la comodidad de conducción mejoran significativamente en comparación con los automóviles con transmisiones manuales (Gründler et al., 2017).

Los primeros automóviles equipados con Hydra-Matic AT fueron desarrollados y puestos en el mercado por General Motors en la década de 1940. Desde entonces, los automóviles equipados con transmisiones automáticas han atraído a un gran número de consumidores y rápidamente ocuparon el mercado automotriz.

Esto es especialmente más pronunciado en Estados Unidos, países europeos y Japón. Junto con el desarrollo continuo de la industria automotriz, la innovación y el desarrollo de las TA es de gran importancia (Gründler et al., 2017).

En las últimas décadas, se han propuesto muchas innovaciones en el área de las transmisiones automáticas. Hoy en día, los AT de tipo epicíclico son los AT más utilizados, lo que se debe a sus notables superioridades, que incluyen una estructura compacta, grandes relaciones de transmisión, gran capacidad de carga y operación de larga duración. El primer paso en la fase de diseño conceptual del AT es la selección de configuraciones cinemáticas para proporcionar las relaciones de transmisión deseadas (Kahraman et al., 2004).

2.1.3 Caja de Cambios Automática: Problemas, Síntomas y Averías

La caja de cambios puede sufrir fallos o averías difíciles de reparar. Para evitarlo, te mostramos los problemas caja de cambios automática más habituales y sus síntomas para que puedas repararla al primer indicio de falla.

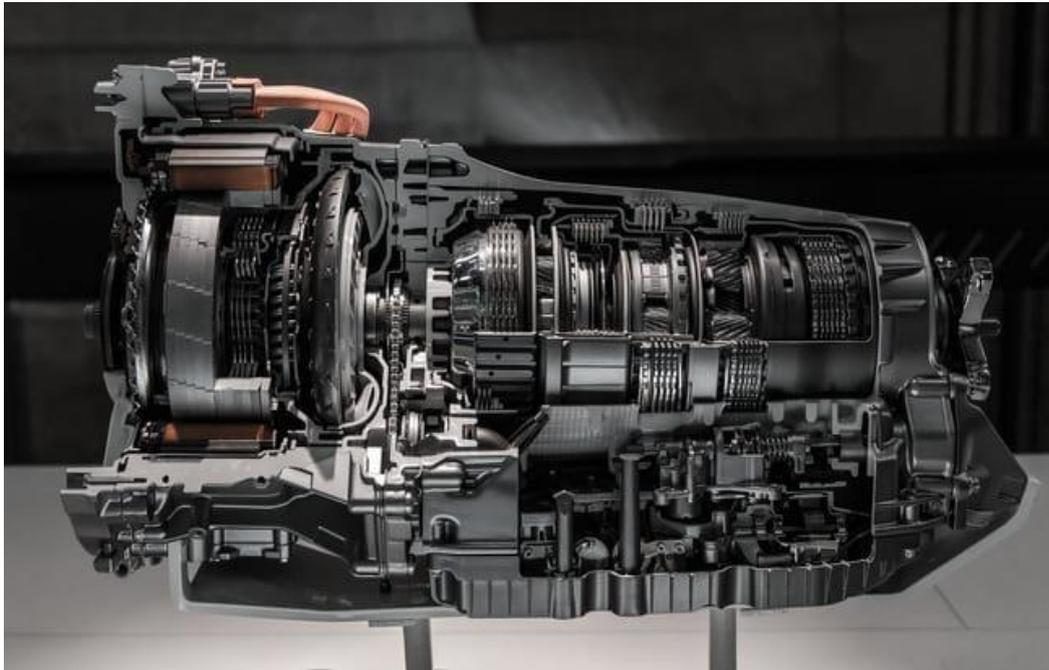
Para detectar los posibles fallos y problemas más habituales de este componente, existen una serie de pautas y síntomas que nos ayudarán a detectar cualquier defecto.

Es crucial que un mecánico especializado en transmisiones tenga la capacidad de distinguir entre fallas mecánicas, hidráulicas y electrónicas, especialmente estas últimas. Esto se debe a que un problema en la electrónica de la transmisión puede manifestarse como fallas hidráulicas o mecánicas, lo cual puede llevar a confusiones (Olsson, 2014).

Por tanto, comprender la estructura electrónica, sus sistemas de respaldo y el proceso de diagnóstico en general es esencial para abordar de manera más efectiva cualquier tipo de fallo en las transmisiones (Figura 1).

Figura 1

Transmisión Automática



Fuente: (www.autodoc.es, 2024)

2.1.4 *Uso del Osciloscopio Automotriz*

El osciloscopio automotriz es un dispositivo que posibilita la visualización de señales eléctricas y la estimación de diversos parámetros, como la frecuencia, el periodo, la amplitud y los valores máximos y mínimos de dichas señales.

Otras definiciones del osciloscopio automotriz indican que este instrumento es capaz de mostrar señales eléctricas en tiempo real y de medir sus principales características, tales como la amplitud en voltios, el período en milisegundos, la frecuencia en Hertz, el ancho de pulso en milisegundos y el ciclo útil de trabajo en porcentaje. Este instrumento es fundamental en el ámbito del diagnóstico automotriz, ya que permite el análisis de las formas de onda características (oscilogramas) que describen el comportamiento de componentes y circuitos de los sistemas eléctricos y electrónicos de un vehículo (Denton, 2020).

2.1.5 Válvula de Solenoide de Fuerza Variable

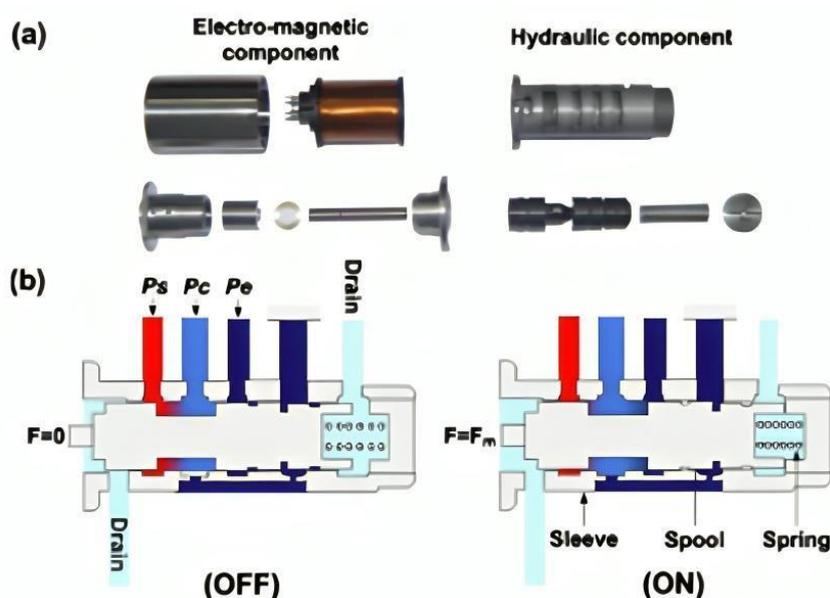
Una válvula de solenoide de fuerza variable (VFS) es una válvula electrohidráulica, una válvula que controla la presión en proporción o inversamente proporcional a una señal de la unidad de control de la transmisión de un tren de potencia. Recientemente ha aumentado la demanda en el campo de las transmisiones automáticas de técnicas de control de presión de línea variable (Wasicek, 2015).

Las válvulas con una alta frecuencia portadora normalmente 200 Hz son accionadas por la modulación de ancho de pulso está libre de presión de ondulación, son ampliamente utilizadas en transmisiones automáticas a pesar de su alto costo. Además, el uso de válvulas VFS puede simplificar los sistemas de control hidráulico, porque los embragues se pueden controlar sin control de presión válvula 1.

La curva de sensibilidad a la presión no coincide exactamente con dirección de movimiento en la bobina, es decir, "hacia adelante" o "hacia atrás", como se muestra en la Figura 2. En a) desmontaje y b) componente hidráulico.

Figura 2

Una Electroválvula de Fuerza Variable de una Transmisión Automática



Tomado de: <https://citeseerx.ist.psu.edu>

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Válvulas de Solenoide o Electroválvulas

El solenoide de la transmisión, también conocido como paquete de solenoides, es un dispositivo electromecánico que regula el flujo de fluido en una transmisión automática. En el contexto de una transmisión automática, este controla la dirección y la cantidad de líquido de transmisión que fluye hacia y dentro de la transmisión.

El fluido de la transmisión juega un papel fundamental en el correcto funcionamiento del sistema de transmisión. Cuando el flujo de este fluido se ve restringido o bloqueado, la transmisión experimenta dificultades para operar adecuadamente (Danton, 2024).

2.2.2 Válvula de Solenoide

Es un actuador que controla la presión hidráulica para cambios en la transmisión automática de acuerdo con la señal de salida (corriente) de la TCU.

La presión hidráulica controlada por la válvula solenoide se transmite al embrague/freno conectado al engranaje planetario, como resultado, la transmisión forma una relación de transmisión que se adapta a las condiciones de conducción (Olsson, 2014).

Existen tipos de válvulas solenoides PWM, VFS y On-Off. En el pasado (4.^a y 5.^a velocidad), el tipo PWM era dominante, pero recientemente (6.^a y 8.^a velocidad), el VFS, que puede realizar un control lineal preciso, se utiliza principalmente para mejorar la sensación de cambio (Centraldetransmisionesautomaticas.com, 2024).

Las válvulas de solenoide tipo VFS están evolucionando hacia especificaciones de control de alta presión/bajas fugas para mejorar la eficiencia del combustible, y se están desarrollando varias especificaciones de acuerdo con el rendimiento requerido (Figura 3).

Figura 3

Válvula Solenoide



Fuente: (www.hyundai-kefico.com, 2024).

2.2.3 Diagnóstico de Fallas en la Transmisión Automática

Aunque son considerablemente más complicadas que las cajas de cambios manuales, con funciones de control y funcionamiento además de las marchas, las transmisiones automáticas modernas tienen menos probabilidades de dar problemas que sus homólogas manuales (Hurtado, 2022). Debido a la gran cantidad de piezas dentro de una caja de cambios automática, algunas fallas pueden ser causadas por más de un componente (Figura 4).

Figura 4

Diagnóstico en Transmisiones Automáticas



Fuente: (Centraldetransmisionesautomaticas.com, 2024).

La primera verificación siempre debe ser el nivel de líquido de la transmisión y su condición (Wasicek, 2015); si está bien, deberá verificar otros puntos que se muestran aquí:

- **Fiabilidad:** La razón principal de esta confiabilidad es el hecho de que las marchas se engranan suavemente mediante la operación de embragues internos y bandas de freno bajo control automático, minimizando así la posibilidad de maltrato, cargas de choque y choque de marchas, y el daño mecánico que puede resultar de estos.
- **Comprobaciones sencillas:** Con diferencia, la causa más común de problemas con una caja de cambios automática es el nivel de líquido incorrecto (ver al margen, al lado). Si todo parece estar bien, se deberá realizar una prueba para descubrir si el problema está en la caja de cambios, el convertidor de par o el motor.
- **Nivel y condición de la transmisión de fluidos:** Primero verificar el nivel del líquido. La necesidad de rellenar frecuentemente indica que hay una fuga en algún lugar de la transmisión que debe ser localizada y reparada lo antes posible. Intentar colocar el coche sobre un periódico colocado en el suelo. Arrancar el motor y operar la palanca de transmisión un par de veces. El estado del líquido de la transmisión a menudo puede proporcionar una guía útil sobre el estado de la transmisión.
- **Probar el interruptor inhibidor automático:** La mayoría de las transmisiones automáticas están equipadas con un interruptor inhibidor que le permite arrancar el motor sólo cuando la transmisión está en las posiciones "neutral" o "estacionamiento"; a menudo el interruptor incluye un conjunto adicional de contactos para las luces de marcha atrás (Oña, 2014).

2.2.3 Tipos de Sistema de Transmisión Automática

Las transmisiones automáticas vienen en varios tipos (Wasicek, 2015), cada una con sus propias características y ventajas. Estos son los principales tipos de sistemas de transmisión automática:

- **Transmisión semiautomática:** Las transmisiones semiautomáticas, también conocidas como “Transmisiones manuales automatizadas” o transmisiones “manumáticas”, combinan elementos de transmisiones manuales y automáticas. Estos sistemas permiten al conductor seleccionar marchas manualmente sin un pedal de embrague tradicional. Ofrecen más control sobre la selección de marchas, lo que puede resultar ventajoso para una conducción orientada al rendimiento. En las transmisiones semiautomáticas, el conductor puede utilizar levas de cambio o una palanca de cambios secuencial para cambiar de marcha mientras la transmisión gestiona automáticamente el embrague (Oña, 2014).
- **Transmisión completamente automática:** Las transmisiones completamente automáticas son el tipo más común de transmisión automática. No requieren cambio de marchas manual ni embrague por parte del conductor. En su lugar, utilizan un convertidor de par para seleccionar y cambiar de marcha de forma suave y automática según la velocidad y la carga del vehículo. Este tipo de transmisión es popular por su facilidad de uso y se encuentra comúnmente en la mayoría de los vehículos modernos.
- **Transmisión continuamente variable (CVT):** Las CVT son un tipo único de transmisión automática que no utiliza engranajes tradicionales. En su lugar, emplean una correa o cadena y un conjunto de poleas para proporcionar un número infinito de relaciones de transmisión. Esto da como resultado una aceleración fluida y suave, lo que mejora la eficiencia del combustible. Las CVT se encuentran a menudo en vehículos más pequeños y automóviles híbridos, donde optimizar la economía de combustible es una prioridad (Hurtado, 2014).
- **Transmisión de doble embrague (DCT):** Las transmisiones de doble embrague son una variante de alto rendimiento de las transmisiones automáticas. Utilizan dos

embragues separados, uno para las marchas impares y otro para las pares, lo que permite cambios de marcha ultrarrápidos. Los DCT son conocidos por sus cambios rápidos y precisos, lo que los hace populares en autos deportivos y vehículos de alto rendimiento. Los conductores pueden elegir entre el modo totalmente automático o el modo manual, donde pueden cambiar de marcha manualmente mediante levas de cambio o una palanca de cambios (Electronicshub.org, 2024).

Estos diversos tipos de transmisiones automáticas se adaptan a diferentes preferencias de conducción y aplicaciones del vehículo, brindando una amplia gama de opciones para que los consumidores elijan según sus necesidades y estilos de conducción específicos.

2.2.4 Los Fundamentos de una Transmisión Automática

Antes de profundizar en el cuerpo de válvulas, es importante tener una comprensión básica de cómo funciona una transmisión automática. Una transmisión automática utiliza un sistema complejo de engranajes, embragues y bandas para cambiar de marcha automáticamente sin requerir la intervención del conductor. El líquido de transmisión, bajo presión, permite la transferencia de potencia del motor a las ruedas (Hurtado, 2022).

- Descripción general del cuerpo de la válvula: El cuerpo de la válvula, ubicado dentro de la transmisión, actúa como centro de control para la distribución del fluido hidráulico. Consta de una serie de válvulas, pasajes y canales que trabajan juntos para dirigir el fluido de la transmisión a los componentes apropiados en el momento adecuado. El cuerpo de la válvula suele estar hecho de aluminio fundido y contiene numerosas válvulas, solenoides y bolas de retención.

Los solenoides son válvulas electrohidráulicas controladas por el sistema informático del automóvil (ECU). Regulan el flujo de fluido a través del cuerpo de la válvula, activando embragues y bandas específicos para engranar o desengranar marchas.

Pasajes y Canales: El cuerpo de la válvula tiene una red de pasajes y canales que guían el fluido a las áreas apropiadas. Estos pasajes están cuidadosamente diseñados y mecanizados para garantizar la presión y el flujo de fluido correctos durante los cambios de marcha.

Bolas de retención: Las bolas de retención son pequeñas esferas metálicas que se ubican en huecos mecanizados dentro del cuerpo de la válvula. Actúan como válvulas unidireccionales, permitiendo que el fluido fluya en una dirección particular y evitando que regrese.

Durante los cambios de marcha, el módulo de control de la transmisión (TCM) o la ECU envía señales a los solenoides en el cuerpo de la válvula, ordenándoles que se abran o cierren. Esta acción redirige el fluido hidráulico a los embragues y bandas correspondientes, facilitando el cambio de marcha. Las válvulas y las bolas de retención garantizan que el fluido fluya en la dirección deseada y a la presión correcta. El intrincado diseño del cuerpo de la válvula y su funcionalidad precisa son cruciales para lograr cambios de marcha suaves y un rendimiento óptimo de la transmisión. Un cuerpo de válvulas en buen estado garantiza un control preciso de la sincronización y la presión, lo que puede prolongar la vida útil de la transmisión y mejorar la experiencia de conducción en general (Wasicek, 2015).

Los cambios regulares de líquido de transmisión y las inspecciones periódicas son esenciales para mantener el rendimiento óptimo del cuerpo de la válvula. Si el cuerpo de la válvula presenta problemas, como válvulas atascadas o solenoides desgastados, puede provocar cambios retrasados o bruscos, deslizamientos u otros problemas de transmisión. En tales casos, puede ser necesaria una inspección profesional y un posible reemplazo del cuerpo de la válvula.

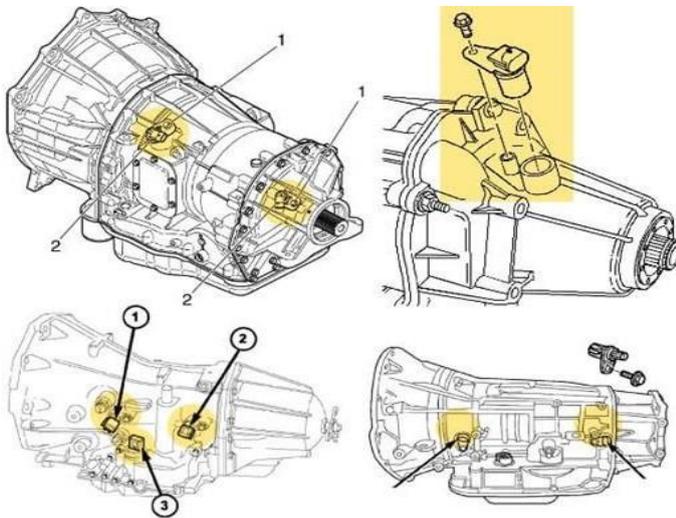
2.2.5 Prueba de la Válvula Solenoide de Transmisión Automática

La válvula solenoide tiene la función principal de controlar la válvula mecánica para finalizar el intercambio del circuito de aceite y el control del flujo del circuito de aceite de la válvula mecánica (regulación de presión).

La válvula solenoide es un elemento actuador importante para garantizar el funcionamiento normal de la transmisión automática. Los diferentes estados de las válvulas solenoides (3) corresponden a diferentes engranajes. El estado de funcionamiento de la válvula solenoide (1 y 2) puede influir directamente en el estado de funcionamiento de la caja de cambios automática. Mientras, la inspección de la válvula solenoide también es un eslabón indispensable en el proceso de mantenimiento de la caja de cambios automática (Figura 5).

Figura 5

Pruebas en Electroválvulas



Fuente: (www.mistertransmission.com, 2024)

La inspección estática de la válvula solenoide se refiere a la medición del valor de resistencia de la válvula solenoide y la conexión de la punta del lápiz multímetro con el pin de contacto de la válvula solenoide para observar el valor de resistencia en la pantalla del instrumento cuando se coloca el interruptor de encendido apagado.

Cuando el valor de resistencia es mayor que el valor nominal, significa que la bobina de la válvula solenoide ha estado envejeciendo.

Cuando es inferior al valor nominal, significa que la bobina de la válvula solenoide sufre un cortocircuito. Si es infinitamente grande, significa que la bobina de la válvula

solenoid está en estado de circuito abierto. Todos los estados anteriores pueden sugerir que la válvula solenoide ha dejado de ser válida y debe cambiarse por una nueva.

2.2.6 Válvulas Reguladoras

Es la más común, pero la más difícil de reconocer porque existen varios tipos de reguladores (Ramírez, 2014). Hay dos propiedades comunes a todos los reguladores que te ayudan a identificarlos:

- Casi todos los reguladores utilizan un resorte (las únicas excepciones son algunos gobernadores).
- Usan la presión de la fuente para mover la válvula hacia el resorte.

Todos los reguladores requieren un sistema de equilibrio para mantener la regulación y la mayoría de los sistemas de equilibrio toman la presión que el regulador ha modificado y la aplican a un área del regulador.

La presión de equilibrio actúa sobre la válvula para moverla hacia el resorte (Figura 6).

Figura 6

Válvula Reguladora



Fuente: (Gearsmagazine.com, 2024).

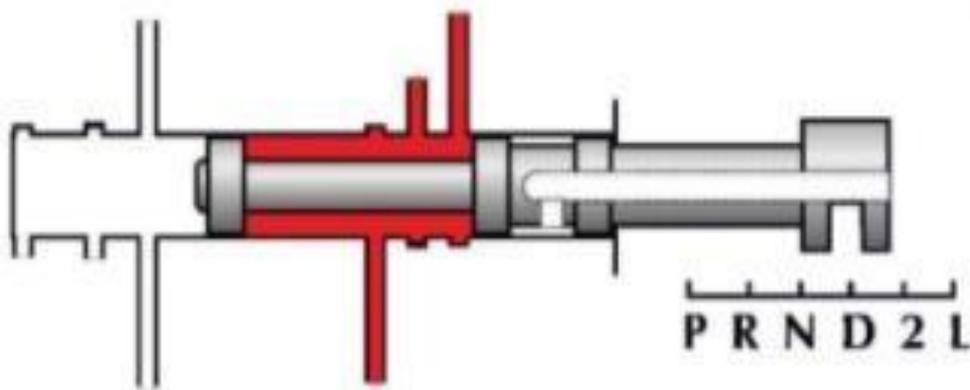
2.2.7 Válvulas de Conmutación

Como su nombre lo indica, encienden o apagan el aceite. Pueden dirigir el aceite a un elemento de cambio u otra válvula. Las válvulas de conmutación no varían la presión como un regulador; están abiertos o cerrados. Normalmente, cuando una válvula de conmutación cierra un circuito, también abrirá ese circuito para descargar (Olsson, 2014).

Hay una propiedad de una válvula de conmutación que hace que sea fácil de identificar: una válvula de conmutación no utiliza la presión de la fuente para mover la válvula. Siempre hay alguna otra fuerza de la Figura 7 que mueve la válvula. Los siguientes dos ejemplos muestran dos válvulas de conmutación básicas.

Figura 7

Válvula de Conmutación



Fuente: (www.sciencedirect.com, 2024).

2.2.7 Servoválvulas

Tienen un propósito principal: mover otras válvulas. Pero a veces un fabricante también utiliza una servoválvula como regulador o interruptor. Es posible que desee considerar estas válvulas combinadas.

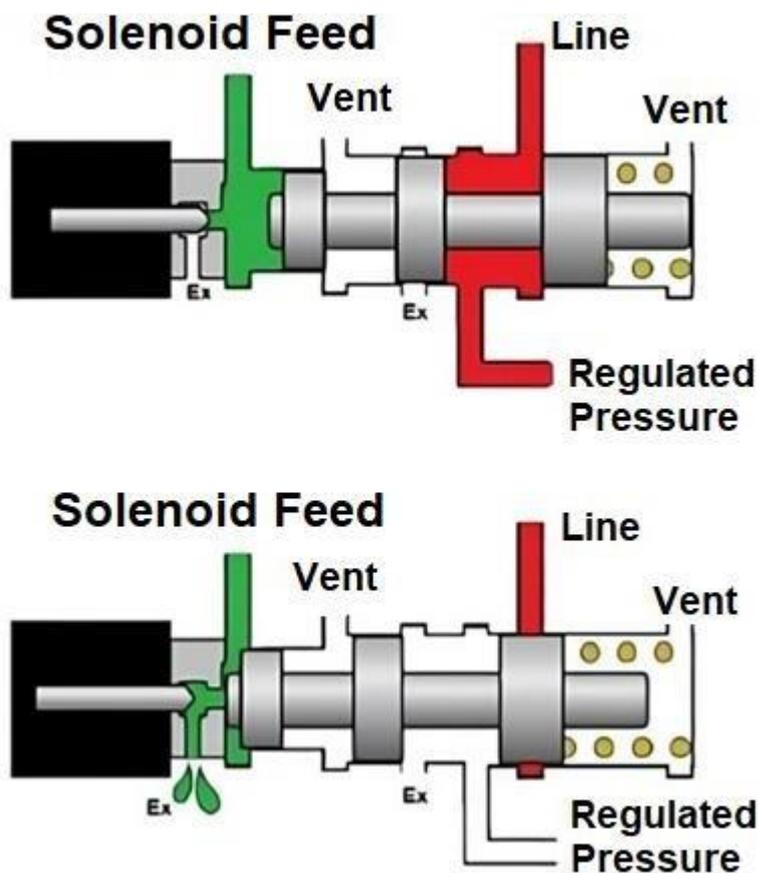
Una válvula combinada puede entonces denominarse válvula servo/interruptor o válvula servo/reguladora, pero su función principal es una servoválvula.

Hoy en día muchas unidades controlan la presión de la línea mediante un solenoide modulado por ancho de pulso. Estos solenoides se activan y desactivan muy rápidamente, lo que regula la presión aplicada a un lado de una válvula de conmutación. Esto hace que la válvula de conmutación flote entre completamente abierta y completamente cerrada, regulando la presión en el circuito. Aunque estas válvulas regulan la presión, todavía se consideran válvulas de conmutación (Olson, 2014).

En la Figura 8, el solenoide recibe una señal pulsada. Estos pulsos son tan rápidos que hacen que la válvula de conmutación flote entre abierta y cerrada, lo que hace que la válvula funcione como regulador.

Figura 8

Servoválvula



Fuente: (www.sciencedirect.com, 2024).

Capítulo III

Proceso de Diagnóstico de las Electroválvulas

Las transmisiones automáticas han evolucionado significativamente desde su introducción, incorporando tecnologías avanzadas que mejoran el rendimiento, la eficiencia y la comodidad de los vehículos. Uno de los componentes clave en estas transmisiones modernas son las electroválvulas, también conocidas como solenoides, que juegan un papel crucial en la regulación del flujo de fluidos y en el control de los cambios de marcha.

Las electroválvulas son dispositivos electromecánicos que utilizan señales eléctricas para abrir y cerrar válvulas hidráulicas dentro de la transmisión. Estas válvulas controlan el flujo de fluido de transmisión a diversos embragues y frenos, lo que permite realizar cambios de marcha suaves y precisos. La correcta operación de las electroválvulas es esencial para el funcionamiento óptimo de la transmisión automática (Wasicek, 2015).

Sin embargo, como cualquier componente mecánico y eléctrico, las electroválvulas están sujetas a fallas y desgastes. Los problemas pueden variar desde fallas eléctricas, como cortocircuitos o circuitos abiertos, hasta problemas mecánicos, como válvulas obstruidas o desgastadas. Dado que las electroválvulas están integradas en el sistema de control de la transmisión, una falla en estas puede afectar significativamente el rendimiento del vehículo, causando cambios de marcha bruscos, deslizamientos o incluso la incapacidad de cambiar de marcha.

El proceso de diagnóstico de las electroválvulas de las transmisiones automáticas es fundamental para identificar y resolver estos problemas antes de que causen daños mayores. El proceso implica una serie de pasos meticulosos que incluyen la inspección visual, la prueba eléctrica y la prueba hidráulica, entre otros. El objetivo del diagnóstico es determinar si las electroválvulas están funcionando correctamente y, de no ser así, identificar la causa de la falla para tomar las acciones correctivas adecuadas.

3.1 Descripción

La presente investigación tiene como objetivo proporcionar una guía detallada sobre el proceso de diagnóstico de las electroválvulas en transmisiones automáticas, destacando las técnicas y herramientas utilizadas, así como las mejores prácticas para llevar a cabo un diagnóstico preciso y efectivo.

3.1.1 Métodos de Prueba de Solenoides

La variedad y forma de los solenoides utilizados en las transmisiones modernas cambian con cada nuevo modelo. En cualquier reconstrucción, los solenoides son una pieza sospechosa y deben probarse y verificarse para su correcto funcionamiento o reemplazarse.

Algunas tiendas optan por simplemente reemplazar todos los solenoides del cuerpo de la válvula. En algunos modelos, esto tiene sentido ya que los solenoides de repuesto son bastante económicos. Para otros modelos, el coste de los solenoides hace que valga la pena probar y sustituir sólo los que están desgastados o defectuosos.

Cuando se prueba un solenoide, una máquina de prueba de solenoides hidráulicos con adaptadores específicos para cada solenoide es, con diferencia, la mejor y más precisa forma de realizar la prueba. La mayoría de estas máquinas poseen documentación para guiarlo a través del proceso de prueba.

3.1.2 Resistencia del Solenoide

Una de las medidas clave de un solenoide es utilizar un multímetro para medir la resistencia de la bobina. Esta es una verificación rápida y fácil donde puede encontrar si tiene un cortocircuito, un circuito abierto o la posibilidad de una bobina de solenoide parcialmente en cortocircuito. Una cosa importante que se debe recordar es que cuando se mide la resistencia, se está midiendo la resistencia de la bobina, que es un trozo de cable muy, muy largo.

A diferencia de una resistencia verdadera, donde la resistencia se mantiene constante en un amplio rango de temperatura, la resistencia de una bobina de solenoide cambiará de

manera medible según la temperatura (temperatura ambiente en comparación con 200 °C, por ejemplo). Normalmente abierto o normalmente cerrado.

Esto hace referencia al estado hidráulico del solenoide cuando está apagado sin electricidad aplicada. Un solenoide normalmente abierto permite que el aceite fluya desde la entrada a la salida. Un solenoide normalmente cerrado bloquearía el aceite entre la entrada y la salida. Aplicar energía al solenoide lo cambiará al estado opuesto.

3.1.2 Activación del Solenoide Eléctrico

Esto se refiere a cómo se acciona eléctricamente el solenoide cuando se energiza. El método más simple es energizarlo con voltaje de ignición y permitir que consuma toda la corriente. El siguiente método más común es utilizar modulación de ancho de pulso (PWM).

PWM enciende y apaga el solenoide muchas veces por segundo, y la cantidad de tiempo de encendido versus la cantidad de tiempo de apagado varía para cambiar la cantidad de corriente promedio que consumirá el solenoide. Existe otro método llamado "pico y mantenimiento".

Generalmente, los solenoides se pueden clasificar en dos tipos. El primero es un encendido/apagado en el que el solenoide permite la presión total en la salida o bloquea la presión en la salida. El segundo es un solenoide regulador de presión donde la presión de salida del solenoide se regula a la válvula deseada variando el consumo de corriente del solenoide.

3.1.3 Solenoides de Encendido/Apagado

Los solenoides de encendido/apagado generalmente tienen una construcción más pequeña (Figura 9).

Los solenoides de encendido/apagado tienen mayor resistencia. Si mides la resistencia, suele ser superior a 10 ohmios.

La corriente continua a través de estos solenoides es de alrededor de 0,4 a 0,7 amperios. Están diseñados para manejar esa cantidad de corriente de forma indefinida.

Estos solenoides fueron los principales utilizados como solenoides de embrague de convertidor de par y de cambio en las primeras aplicaciones. A medida que las transmisiones y las estrategias de cambio se han vuelto más complejas, han sido reemplazadas por solenoides reguladores.

Estos solenoides no pueden regular la presión y aplicarán presión total a la salida.

Figura 9

Solenoides de Encendido/Apagado



Fuente: (www.transmissionpartsusa.com, 2024).

3.1.4 Prueba de Solenoides On/Off

La prueba de solenoides de encendido/apagado es sencilla. Se debe aplicar presión a la entrada y, si normalmente está cerrada, no debería ver presión en la salida. Una vez energizado, se debe ver presión en la salida. Para un solenoide normalmente abierto, ocurre lo contrario.

La presión aplicada en la entrada debe verse en la salida. Cuando está energizado, no debe haber presión en la salida.

Uno de los aspectos más importantes de probar un solenoide de encendido/apagado es que no haya fugas a través del solenoide cuando está en condición cerrada. Si bien el solenoide

puede parecer apagado, el desgaste o las grietas internas podrían permitir que se escape una pequeña cantidad de líquido. Si se ve una fuga, el solenoide no debe reutilizarse.

3.1.5 Solenoides de Regulación

Estos son de construcción más grande e incorporan una válvula reguladora interna.

Estos tienen varios nombres, como control electrónico de presión (EPC), solenoides lineales o solenoides de ajuste (Figura 10). Estos tienen menor resistencia. Si se mide la resistencia, generalmente es inferior a 10 ohmios.

La corriente continua a través de estos solenoides varía y puede oscilar entre 0 y poco más de 1 amperio. Son el tipo más común utilizado en las transmisiones hoy en día y permiten la aplicación suave del cambio de embrague a embrague, así como el control suave del embrague del convertidor de torsión. Regulan la presión en la salida. La presión es proporcional a la corriente y es repetible.

Figura 10

Solenoides de Regulación



Fuente: (www.transmissionpartsusa.com, 2024)

3.1.5 Pruebas de Solenoides de Regulación

La prueba de los solenoides reguladores es un poco más compleja. La presión se aplica a la entrada y se debe observar la presión de salida a medida que varía la corriente al solenoide.

La presión debe aumentar o disminuir con la corriente dependiendo de si el solenoide está normalmente abierto o normalmente cerrado. Estos solenoides tendrán una presión de salida máxima. No es necesario aplicar una presión de entrada excesiva y podría producir resultados de prueba incorrectos si el solenoide está sobrepresurizado.

El aspecto más importante al probar un solenoide regulador es que la presión cambie suavemente a medida que varía la corriente y que la presión de salida sea siempre la misma para una corriente determinada. Los solenoides desgastados mostrarán una diferencia en la presión de salida a una corriente determinada.

Estos solenoides también pueden atascarse y tener un punto muerto donde, aunque la corriente cambie, la presión de salida sigue siendo la misma. Por último, si la presión de salida no es constante y fluctúa rápidamente a una corriente determinada, esto es una indicación de que el solenoide puede tener problemas para regularse.

La mejor manera de ver visualmente cómo funciona un solenoide regulador es barrer la corriente y representarla gráficamente contra la presión. Un barrido de cero al máximo (1-1,3 amperios) y de regreso a cero debería revelar un gráfico fluido donde la presión cambia a medida que la corriente aumenta y disminuye. Un elemento clave a tener en cuenta es que la presión en un valor actual determinado es casi la misma a medida que aumenta y disminuye la corriente y luego regresa a la misma válvula actual. Esta diferencia se llama histéresis. Habrá alguna diferencia en este valor de presión (o histéresis), pero debería ser mínima. A medida que se desgastan los solenoides de regulación, la histéresis aumenta notablemente (Figura 11).

Figura 11*Solenoides de Regulación - Pruebas*

Fuente: (www.transmissionpartsusa.com, 2024).

Algo importante acerca de los solenoides reguladores es que algunos tienen un tornillo de ajuste. Eso permite ajustar la relación entre presión y corriente, es decir, medirá más o menos presión para todos los valores actuales a medida que ajuste el tornillo hacia adentro o hacia afuera. Este tornillo de ajuste no debe configurarse en una configuración arbitraria, sino más bien configurarse para que coincida con un solenoide "calibrado" conocido (Figura 12).

Figura 12*Solenoides de Regulación - Pruebas*

Fuente: (www.transmissionpartsusa.com, 2024).

El TCM del vehículo tiene una expectativa de cuál debería ser esta relación entre presión y corriente, y se puede ajustarla fácilmente fuera de su rango esperado. Cuando se

ajusta fuera del rango esperado, el solenoide técnicamente funciona correctamente, pero la presión versus la corriente ahora está más allá de lo que espera el TCM, y esto puede causar problemas de cambio y códigos de falla.

3.2 Comprobación de las Válvulas Solenoides en una Transmisión Automática

Un solenoide en una transmisión es técnicamente una válvula solenoide. Se trata de válvulas que no están controladas por una perilla o palanca, sino por un electroimán.

También se conoce como *“solenoide”*, aunque *“solenoide”* ha llegado a significar muchos dispositivos que contienen solenoides, como relés).

El electroimán es una bobina que, cuando la corriente pasa a través de ella, crea un campo magnético que mueve algunas piezas mecánicas para operar una válvula.

Entonces, hay dos partes:

- La bobina es fácil de probar. Se puede verificar su resistencia para ver si cumple con las especificaciones. Si es cero o infinita, definitivamente está mal.
- La parte de la válvula es más difícil de probar. Usando presiones se puede saber si la válvula solenoide se está comportando como debería. A veces se pueden quitar y verificar con aire comprimido a baja presión, pero no se debe hacer esto a menos que se conozca que es un método de prueba aprobado para ese solenoide en particular.

3.2.1 Caja de Cambios Utilizada para las Pruebas

La caja de cambios automática de cuatro velocidades Mitsubishi F4A42 se fabricó entre 1996 y 2013 y se instaló en modelos populares de la empresa, como Galant y Outlander, así como en automóviles de Hyundai/Kia. Las últimas versiones de esta caja de cambios automática tenían el índice F4A42-2.

Esta transmisión automática es muy confiable y tiene una vida útil bastante larga y sus especificaciones se observan en la Tabla 1.

Tabla 1*Especificaciones Transmisión F4A42*

Especificación	Valor
Años de producción	1996 – 2013
Tipo	transmisión automática
Número de engranajes	4
Tipo de unidad	frente
Volumen del motor, litros	hasta 2,8
Par de salida, Nm	hasta 250
Aceite recomendado	Aceite de transmisión automática SP-III
Capacidad de aceite, litros	7.8
Reemplazo del aceite	cada 60.000 km
Reemplazo del filtro	cada 120.000 km
Vida útil de la caja de cambios, km	~400 000

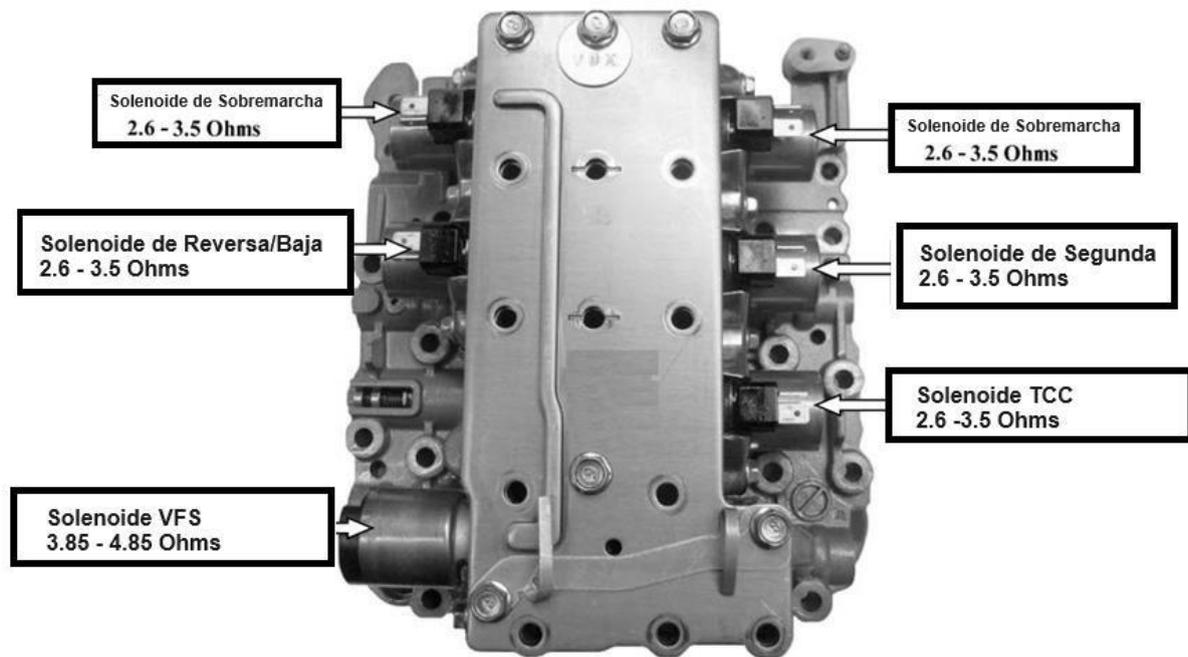
El cuerpo de válvulas de esta transmisión es sensible a la limpieza del lubricante y, si lo actualiza estrictamente según el manual, sus canales se obstruirán con suciedad después de 150 a 200 mil kilómetros. Al principio, solo aparecerán sacudidas o tirones sensibles al cambiar

de marcha, pero luego los discos de fricción comenzarán a quemarse y la transmisión simplemente patinará.

Las válvulas solenoides están mostradas en la Figura 13.

Figura 13

Ubicación de las Válvulas Solenoides – Transmisión F4A42



Fuente: (www.transmissionpartsusa.com, 2024).

3.3 Metodología de la Investigación

El estudio es descriptivo en cuanto caracterizan los componentes de las electroválvulas y analíticos en cuanto intentan explicar la relación entre las versiones nueva y antigua.

En primer lugar, comienza a recopilar y analizar el estado actual de las electroválvulas seleccionando información de artículos científicos, revistas, libros, documentos y sitios web con información relevante, procedencia, tipos y bloques principales.

Para obtener una comprensión amplia de las diferencias entre las válvulas de solenoide nuevas y antiguas, este artículo utiliza una metodología que permite el uso de varios métodos y técnicas con el objetivo principal de recopilar información. Además, se utiliza información de la experiencia de expertos en la industria automotriz

3.3.1 Métodos

Se usa el método documental, el cual implica el estudio y análisis detallado de diversos documentos, artículos científicos, revistas, libros y sitios web, con el fin de obtener una visión comprensiva del estado actual de las electroválvulas y de las tecnologías relacionadas. El método documental es esencial para construir una base teórica sólida, fundamentando así el estudio en investigaciones y hallazgos previos.

3.3.2 Tipo de Estudio

El tipo de investigación debe desarrollarse de acuerdo con el nivel de conocimiento científico (observación, descripción, explicación, análisis) que el investigador quiera alcanzar, es decir, de acuerdo con el tipo de información que quiera obtener.

Este tipo de prueba se utiliza porque permite conocer el funcionamiento de las electroválvulas. Esto permite al investigador adentrarse en la realidad del problema, analizando o proponiendo posibles diferencias o incluso mejoras introducidas en versiones recientes

3.3.3 Investigación Aplicada

Este tipo de investigación permite adaptar modelos de aprendizaje para realizar análisis sobre temas teóricos y técnicos aprendidos durante años de estudio académico. Este tipo de investigación está íntimamente relacionado con la investigación básica ya que se caracteriza por la aplicación práctica del conocimiento para lograr objetivos específicos.

Por esta razón, la investigación aplicada tiene una gran importancia práctica para resolver los problemas de la sociedad y la economía que necesitan ser resueltos lo antes posible.

Las transmisiones automáticas dependen en gran medida del correcto funcionamiento de las electroválvulas para controlar el flujo de fluido hidráulico que permite los cambios de marcha. El desgaste de estas electroválvulas puede provocar fallos en la transmisión. Este estudio se centra en la comparación de las señales generadas por electroválvulas.

A continuación, se proporciona una estructura básica para llevar a cabo este tipo de investigación experimental:

Análisis de Procedimientos Actuales:

- Examinar los procedimientos actuales utilizados por los técnicos automotrices para diagnosticar y reparar transmisiones automáticas en vehículos.

Evaluación de Herramientas y Tecnologías:

- Evaluar la efectividad de las herramientas y tecnologías utilizadas para el diagnóstico y la reparación de transmisiones automáticas. Especialmente el uso del osciloscopio automotriz.

Capítulo IV

Análisis Comparativo de Señales Generadas por Electroválvulas

Las transmisiones automáticas dependen críticamente de las electroválvulas para controlar el flujo de fluido hidráulico y asegurar el cambio adecuado de marchas. Las señales generadas por estas electroválvulas son indicativas de su estado operativo y de la salud general de la transmisión. Este estudio se enfoca en comparar las señales de electroválvulas nuevas y usadas para identificar diferencias y mejorar las prácticas de diagnóstico y mantenimiento predictivo.

4.1 Procedimiento Técnico en el Proceso de Reparación

Se sigue el siguiente procedimiento para la realización de las comprobaciones:

4.1.1 Selección de Muestras

- Se recolectan electroválvulas nuevas y usadas de la transmisión seleccionada de los diferentes modelos de transmisiones automáticas. La transmisión seleccionada es del tipo F4A42 (Figura 14).

Figura 14

Transmisión Automática F4A42



Fuente: (www.everythingpe.com, 2024).

- Las electroválvulas usadas son seleccionadas de un vehículo con distintos niveles de desgaste y kilometraje.

4.1.2 Instrumentación

- Uso de un osciloscopio automotriz para capturar y analizar las señales en tiempo real. El osciloscopio es uno del tipo automotriz FINEST 1006 (Figura 15).
- Patrones de referencia de las señales proporcionadas por los fabricantes de las transmisiones.

Figura 15

Osciloscopio Automotriz FINEST 1006



4.1.3 Procedimiento

Preparación de muestras: Las electroválvulas se conectan a una fuente de pruebas simulado para replicar las condiciones operativas de una transmisión automática.

Captura de señales: Se registran las señales generadas por las electroválvulas nuevas y usadas bajo condiciones controladas.

Comparación de señales: Las señales capturadas se comparan con las señales de referencia utilizando herramientas de análisis del osciloscopio.

4.1.4 Obtención de Resultados

Comparar las señales generadas por electroválvulas nuevas y usadas en una transmisión automática.

Evaluar la efectividad del osciloscopio automotriz para el diagnóstico de problemas en electroválvulas.

Desarrollar un método para el mantenimiento predictivo basado en el análisis de señales.

4.2 Descripción del Proceso de Pruebas

Primero se debe contar con el equipo y materiales para las pruebas (Figura 16).

Figura 16

Equipo y Materiales para las Pruebas

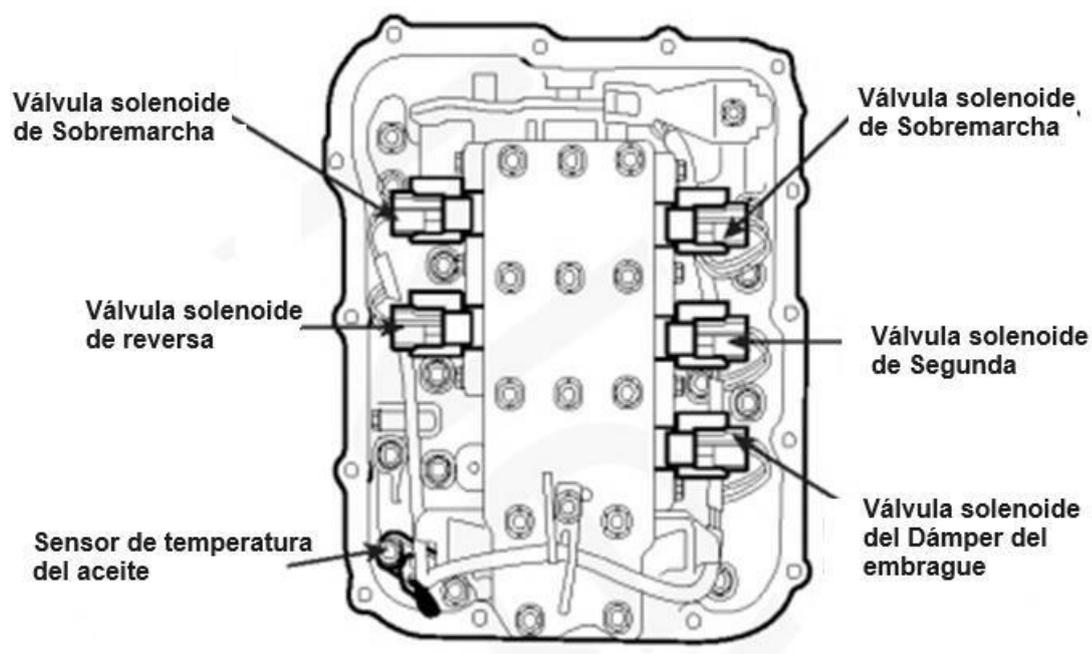


Se cuenta con lo siguiente:

- Materiales: dos metros de cable calibre 16 (4), tres lagartos de diferentes dimensiones (5), puntas de prueba (6), pinza multifunción (7).
- Equipos: multímetro universal (1), comprobador de corriente (3) y osciloscopio (2).
- Vehículo: Kia Sportage Active 2012 - 2.0L AT.
- Válvulas seleccionadas: válvulas de cambio y válvulas de presión (Figura 17).

Figura 17

Válvulas Seleccionadas para las Pruebas



Fuente: (www.transmissionpartsusa.com, 2024).

4.2.1 Resistencia Normal de las Puntas de Prueba

La precisión en la medición de resistencias, voltajes y corrientes depende en gran medida del buen estado y la correcta calibración del multímetro, así como de la integridad de sus puntas de prueba. Las puntas de prueba desgastadas o dañadas pueden introducir errores en las mediciones. Verificar la resistencia de las puntas de prueba es un procedimiento sencillo pero crucial para asegurar la precisión del multímetro.

- Preparación del Multímetro

Asegurarse de que el multímetro esté apagado antes de conectar o desconectar las puntas de prueba.

Conectar las puntas de prueba al multímetro, asegurándose de que estén firmemente asentadas en los puertos correctos (normalmente marcados como COM y V Ω).

- Configuración del Multímetro

Encender el multímetro.

Configurar el multímetro en el modo de medición de resistencia (Ω).

- Medición de la Resistencia

Tocar las puntas de prueba entre sí. Asegurarse de que las puntas hagan buen contacto.

Observar la lectura en la pantalla del multímetro (Figura 18).

Figura 18

Precisión del Multímetro para las Pruebas



- Interpretación de la Lectura

Lectura Normal: La resistencia de las puntas de prueba en buen estado generalmente debe ser muy baja, típicamente en el rango de 0.1 Ω a 0.5 Ω .

Lectura Alta: Si la resistencia medida es significativamente mayor (por ejemplo, superior a 1Ω), podría indicar que las puntas de prueba están dañadas, sucias o que hay un problema con las conexiones internas.

- Verificación Adicional (opcional)

Puede realizar una verificación adicional tocando las puntas de prueba a través de una superficie conductora conocida (como un pedazo de metal limpio). Esto ayuda a confirmar que las puntas de prueba están funcionando correctamente.

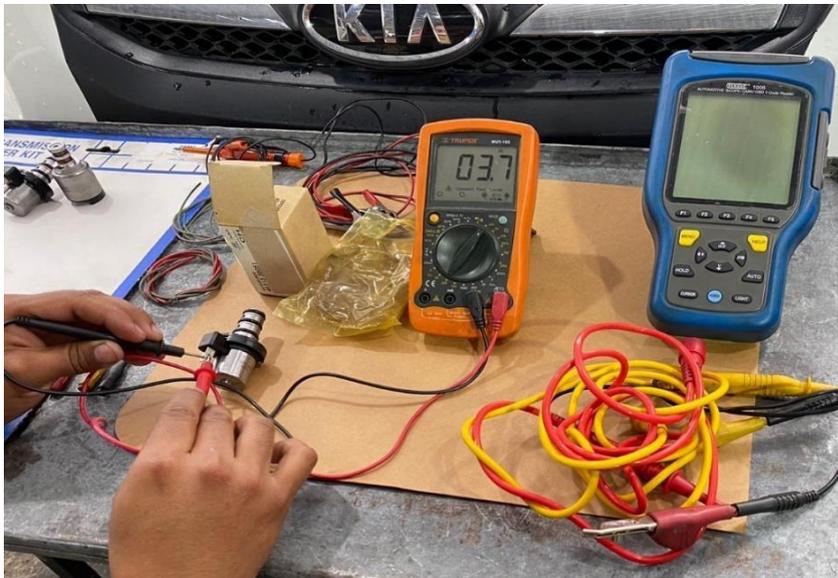
4.2.2 Pruebas con el Multímetro Automotriz

Las pruebas que se realizan son las siguientes:

- Solenoide nuevo original: comprobando la continuidad y resistencia del bobinado interno del solenoide (Figura 19).

Figura 19

Resistencia del Solenoide de Cambio Nuevo



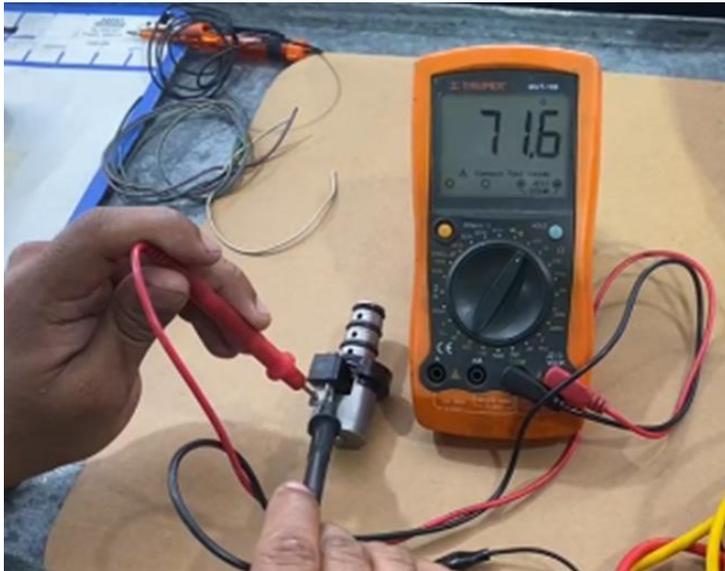
El solenoide underdrive es un componente esencial en las transmisiones automáticas modernas. Controla el flujo de fluido hidráulico necesario para activar diferentes elementos de la transmisión, permitiendo cambios de marcha suaves y precisos. El solenoide underdrive 2

(UD2) es específicamente responsable de la activación de ciertas marchas o modos de conducción en transmisiones de múltiples velocidades.

- Solenoide Usado: comprobando la continuidad y resistencia del bobinado interno del solenoide (Figura 20).

Figura 20

Resistencia del Solenoide de Cambio Usado



- Solenoide VFS Nuevo: comprobando la continuidad y resistencia del bobinado interno del solenoide (Figura 21).

Figura 21

Resistencia del Solenoide VFS Nuevo

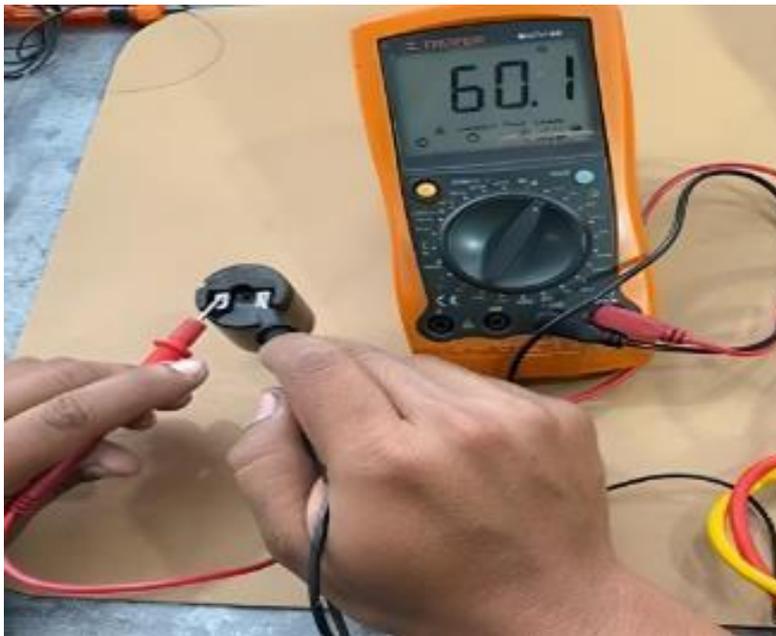


El Solenoide de Fuerza Variable (VFS, por sus siglas en inglés) es un componente crítico en las transmisiones automáticas modernas. Su función principal es regular la presión del fluido hidráulico dentro de la transmisión, lo cual es esencial para un cambio de marchas suave y eficiente. El solenoide VFS ajusta la presión del fluido en respuesta a las señales del módulo de control de la transmisión (TCM).

- Solenoide Usado: comprobando la continuidad y resistencia del bobinado interno del solenoide (Figura 22).

Figura 22

Resistencia del Solenoide VFS Usado



4.2.3 Pruebas con el Osciloscopio Automotriz

Las válvulas solenoides en una transmisión automática F4A42 son componentes críticos que controlan el flujo de fluido hidráulico para el cambio de marchas. Usar un osciloscopio automotriz para probar estas válvulas desmontadas del vehículo permite detectar fallas eléctricas y evaluar su rendimiento. Este proceso detallado guía el uso de un osciloscopio para diagnosticar válvulas solenoides fuera del vehículo.

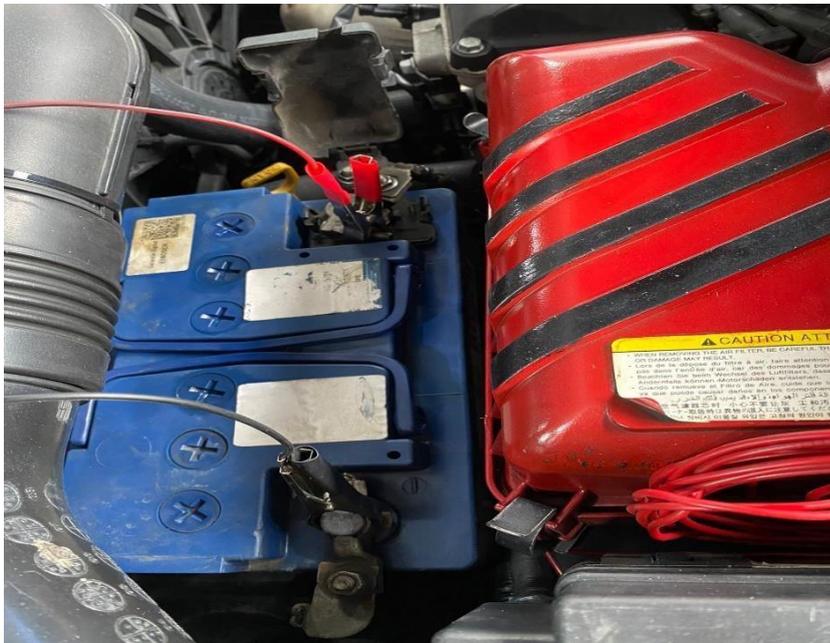
Se necesitan los siguientes materiales:

- Osciloscopio automotriz.
- Fuente de alimentación de 12V DC.
- Válvulas solenoides desmontadas de la transmisión F4A42.
- Cables de prueba y conectores.
- Manual del fabricante con las especificaciones de las señales.

En este caso la fuente de alimentación utilizada es la batería del propio vehículo (Figura 23).

Figura 23

Conexión a la Fuente de 12V DC (Batería)



- Preparación del Equipo

Configuración del Osciloscopio:

- Conectar el osciloscopio a una fuente de alimentación y enciéndalo.
- Configurar el osciloscopio para medir señales de voltaje en un rango apropiado (por ejemplo, 0-20V).

El osciloscopio Finest 1006 integra los procedimientos de conexión directamente en la pantalla, simplificando el trabajo. Este dispositivo permite el análisis de dos canales a una

velocidad de 25 MHz por canal, lo que facilita rápidas actualizaciones de datos, mediciones y gráficos en tiempo real de RMS y GMM (multímetro gráfico).

4.2.4 *Proceso de Selección de Prueba de Actuadores*

Los siguientes procesos son:

- Encender el osciloscopio Finest 1006.
- Asegurarse de que el dispositivo esté correctamente calibrado y configurado para el tipo de prueba que va a realizar.
- Conectar de las puntas de prueba del osciloscopio a los terminales de prueba del actuador.
- Verificar que las conexiones sean seguras y estables.
- Acceder al menú principal del osciloscopio utilizando los controles de navegación o la pantalla táctil.
- Buscar la opción de "Test de Actuadores" o una opción similar relacionada con pruebas de actuadores (Figura 24).

Figura 24

Acceso al Menú de Test de Actuadores



Selección del Test de Actuadores:

- Seleccionar la función de "Test de Actuadores" en el menú. Esta opción suele estar en la sección de pruebas o diagnóstico del menú.
- En algunos modelos, puede que se necesite navegar a través de submenús para acceder a los test de actuadores específicos (Figura 25).

Figura 25

Selección del Test de Actuadores



Seleccionar el Tipo de Actuador:

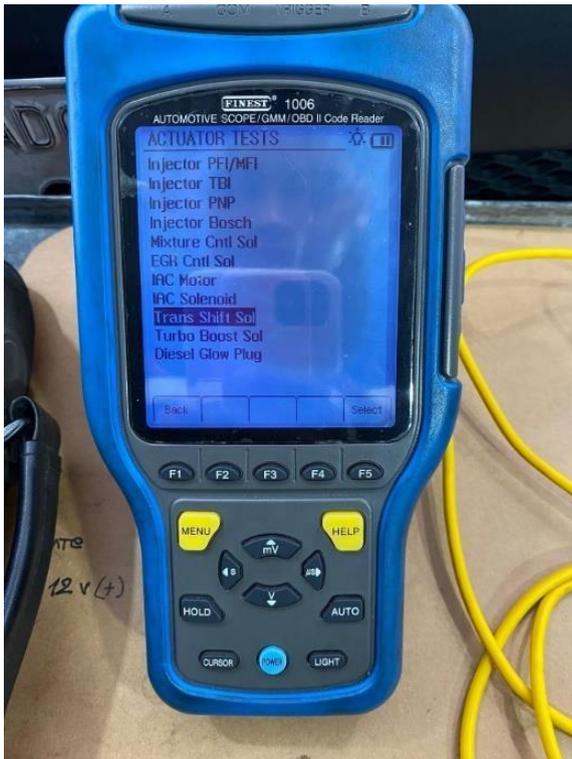
- Elegir el tipo de actuador que desea probar (por ejemplo, válvulas solenoides, motores de control, etc.).
- Dependiendo del osciloscopio, puede haber opciones preconfiguradas para diferentes tipos de actuadores (Figura 26).

Configuración de Parámetros:

- Ajustar los parámetros de prueba según las especificaciones del actuador y las necesidades del diagnóstico. Esto puede incluir la frecuencia de muestreo, el rango de voltaje, y la configuración de los canales.
- Configurar el tiempo de captura y la duración de la prueba si es necesario.

Figura 26

Selección del Tipo de Actuador



Realización del Test

- **Iniciar la Prueba:**

Comenzar la prueba seleccionada. El osciloscopio aplica señales al actuador y captura las respuestas en tiempo real.

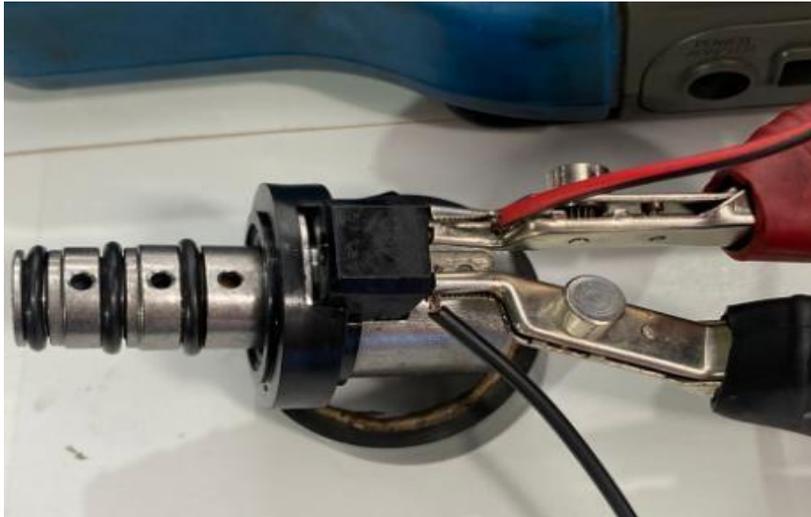
Conexión del osciloscopio y la fuente de alimentación (Figura 27).

Configurar la fuente de alimentación para proporcionar 12V DC (o el voltaje especificado para el solenoide).

Verificar que la fuente de alimentación esté funcionando correctamente y tenga suficiente capacidad de corriente para los solenoides (Figura 28).

Figura 27

Conexión del Osciloscopio y la Fuente de Alimentación



- Conectar los terminales de salida de la fuente de alimentación a los terminales de alimentación del solenoide. El terminal positivo de la fuente debe ir al terminal positivo del solenoide, y el terminal negativo al terminal negativo.
- Asegurarse de que las conexiones estén bien realizadas para evitar lecturas erráticas.

Figura 28

Conexión del Osciloscopio y la Fuente de Alimentación



Observar la forma de onda en la pantalla del osciloscopio. El Finest 1006 debe mostrar gráficos detallados y datos en tiempo real del actuador bajo prueba.

- Monitorear Resultados:

Analizar las formas de onda y los datos capturados. Verifique si las señales están dentro de los parámetros normales esperados para el actuador.

Compare los resultados con las especificaciones del fabricante o los valores de referencia proporcionados.

4.2.5 Interpretación y Diagnóstico

Evaluar el Funcionamiento del Actuador:

- Determinar si el actuador está funcionando correctamente basándose en las señales capturadas.
- Identificar cualquier anomalía o comportamiento inusual en la forma de onda que pueda indicar problemas con el actuador.

Documentación de Resultados:

- Registrar los resultados de la prueba para futuras referencias o para incluirlos en un informe de diagnóstico.

- Utilizar las funciones de almacenamiento o exportación del osciloscopio para mantener un registro detallado de las pruebas realizadas.

4.2.6 Solenoide de Cambio Nuevo

Conectar las puntas de prueba del osciloscopio a los terminales de la válvula solenoide. Asegurarse de conectar el cable positivo del osciloscopio al terminal positivo del solenoide y el cable de tierra al terminal negativo (Figura 29).

Si el solenoide tiene una conexión de tierra adicional, asegurarse de conectarla adecuadamente.

Figura 29

Comprobación del Solenoide de Cambio Nuevo

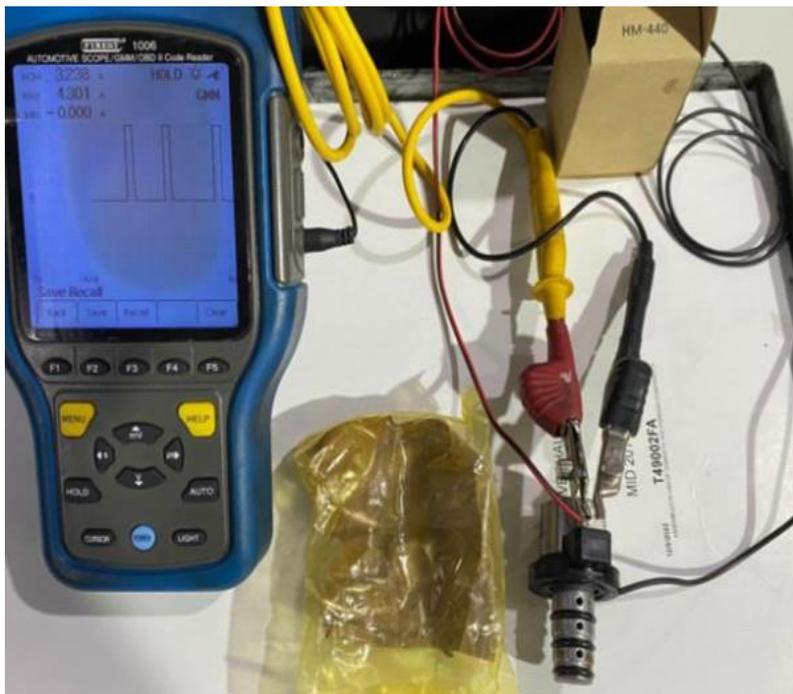
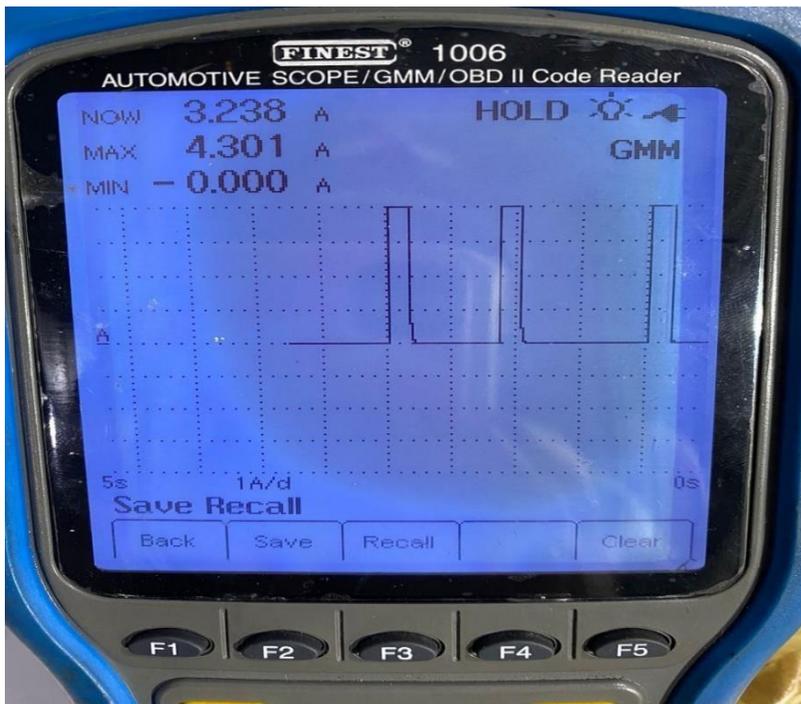


Figura 30

Señal del Osciloscopio – Solenoide de Cambio Nuevo



- Encienda la fuente de alimentación para suministrar energía al solenoide.
- Observa el comportamiento del solenoide y la respuesta en el osciloscopio (Figura 30).
- Los solenoides nuevos suelen tener un rango de amperaje especificado por el fabricante. Este valor puede variar dependiendo del diseño y la aplicación del solenoide, pero generalmente está en el rango de 1.5 a 4.5 amperios durante su funcionamiento normal.

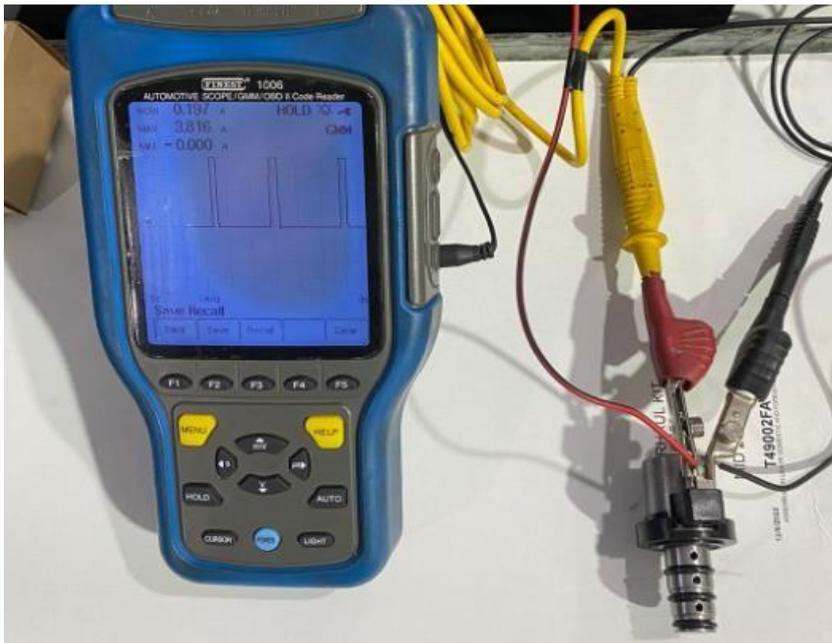
4.2.7 Solenoide de Cambio Usado

Documentar los resultados de la prueba, incluyendo cualquier anomalía o fallo detectado (Figura 31).

Si es necesario, realizar pruebas adicionales o ajustar el equipo según los hallazgos.

Figura 31

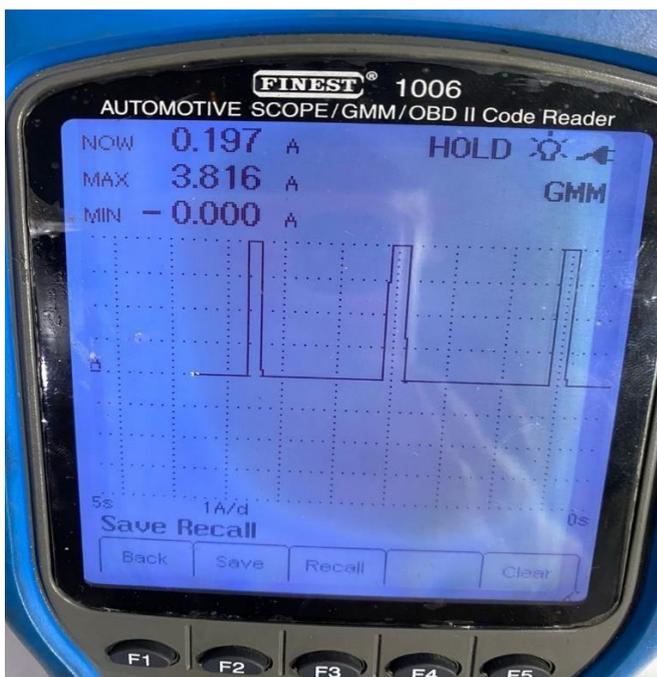
Comprobación del Solenoide de Cambio Usado



- Los valores de amperaje de una válvula solenoide en una transmisión automática pueden proporcionar información valiosa sobre el estado y el funcionamiento del solenoide. La comparación entre una válvula solenoide nueva y una usada puede revelar signos de desgaste, fallo o mal funcionamiento (Figura 32).

Figura 32

Señal del Osciloscopio – Solenoide de Cambio Usado



Válvula Solenoide Usada

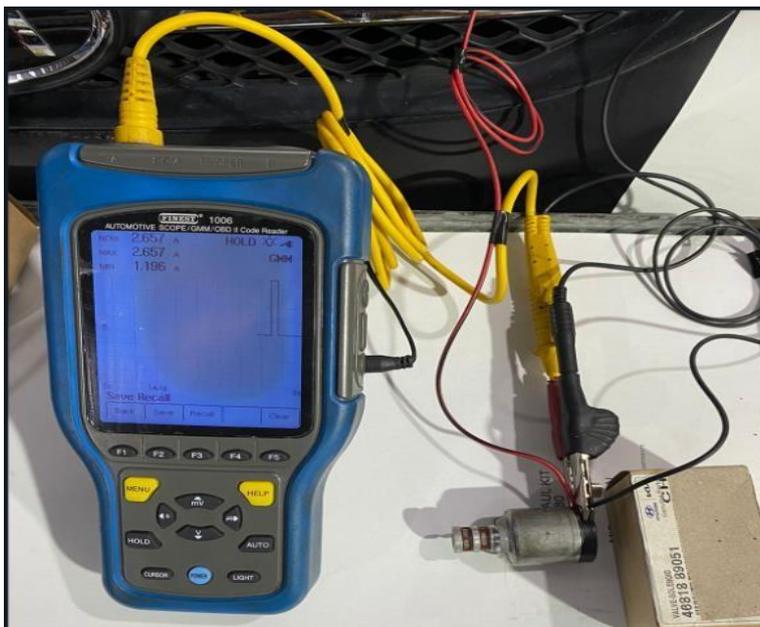
- Amperaje Alto: Un aumento en el valor de amperaje en una válvula solenoide usada puede indicar resistencia interna elevada debido a la acumulación de suciedad, desgaste o daños en la bobina. Valores elevados pueden estar en el rango de 3.5 a 4.5 amperios o más, dependiendo de la magnitud del problema.
- Amperaje Bajo: Un amperaje bajo puede sugerir problemas como una bobina defectuosa, cortocircuitos internos, o una conexión defectuosa. Valores bajos suelen estar por debajo de 0.5 amperios.

4.2.8 Solenoide de Presión Principal Nuevo

El solenoide VFS es un componente vital en las transmisiones automáticas modernas, permitiendo un control preciso de la presión del fluido hidráulico y, por ende, un cambio de marchas suave y eficiente. Un diagnóstico y mantenimiento adecuados del solenoide VFS son cruciales para el rendimiento y la durabilidad de la transmisión (Figura 33).

Figura 33

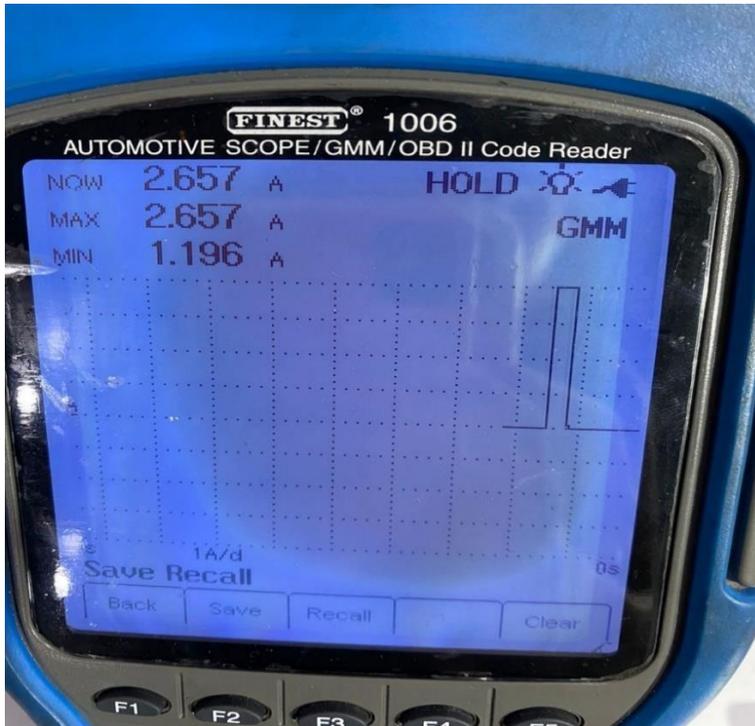
Comprobación del Solenoide de Presión Principal Nuevo



Examinar la forma de onda en el osciloscopio. El amperaje debe estar dentro del rango especificado para un solenoide nuevo (Figura 34).

Figura 34

Señal del Osciloscopio – Solenoide de Presión Principal Nuevo



Verificar que la señal sea estable y consistente con el comportamiento esperado del solenoide.

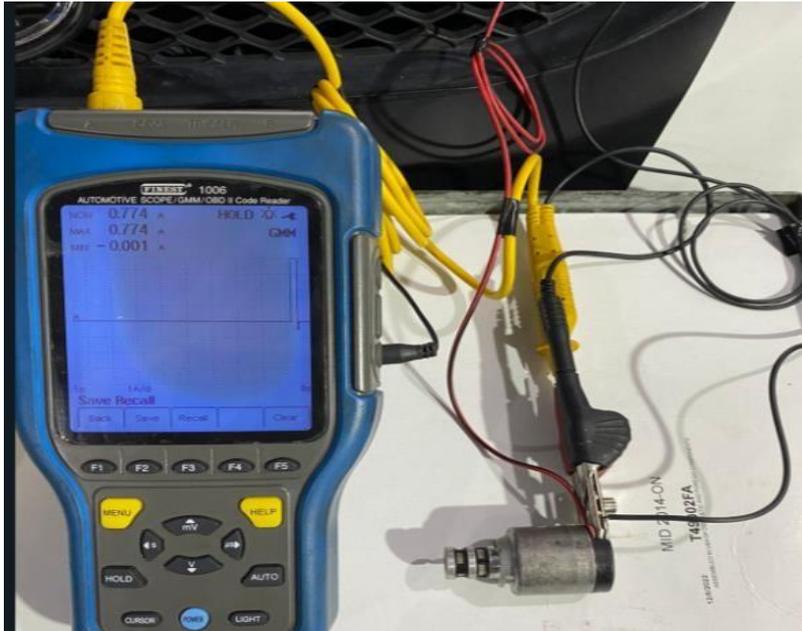
4.2.9 Solenoide de Presión Principal Usado

Comparar la forma de onda medida con las especificaciones del fabricante para el solenoide usado (Figura 35).

Verificar si la amplitud y la forma de la onda coinciden con los valores esperados.

Figura 35

Comprobación del Solenoide de Presión Principal Usado

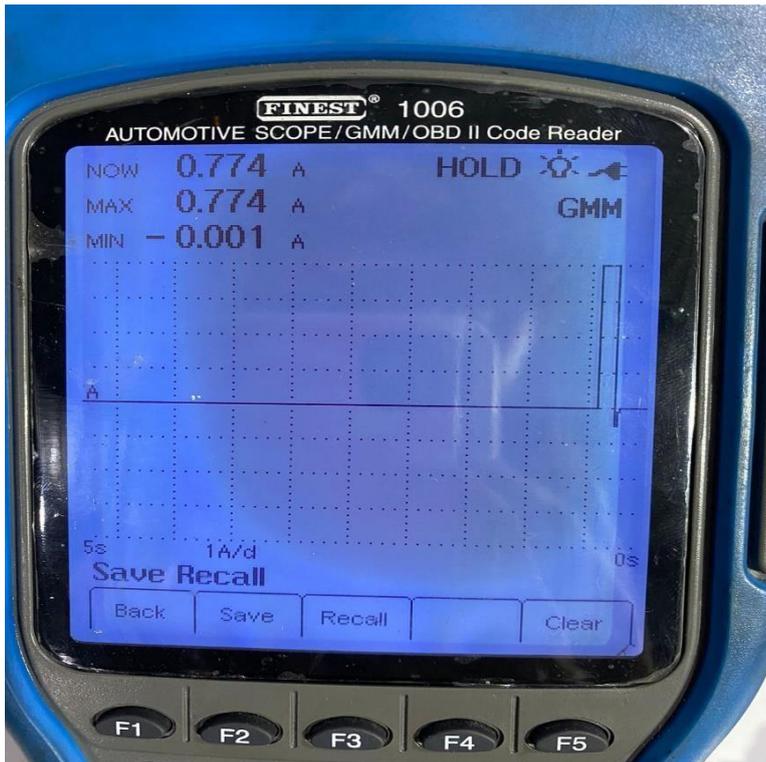


Funcionamiento Correcto: Si el amperaje del solenoide está dentro del rango especificado y la forma de onda es estable, el solenoide está funcionando correctamente (Figura 36).

Problemas Detectados: Valores de corriente inusuales o formas de onda inestables pueden indicar problemas en el solenoide, lo que podría requerir una revisión adicional o reemplazo.

Figura 36

Señal del Osciloscopio – Solenoide de Presión Principal Usado



Este procedimiento asegura que el solenoide de presión principal nuevo está operando dentro de los parámetros correctos y que no presenta defectos que podrían afectar el rendimiento de la transmisión.

4.2.6 Finalización de la Prueba

Desconexión de las Puntas de Prueba:

- Desconectar las puntas de prueba del actuador con cuidado.
- Asegurarse de que no haya daños a las conexiones ni al actuador.

Apagar el Osciloscopio:

- Apagar el osciloscopio si no se va a realizar más pruebas.
- Limpiar el área de trabajo y guardar el equipo adecuadamente.
- El proceso de selección y ejecución de un test de actuadores en el osciloscopio Finest 1006 es fundamental para realizar diagnósticos precisos en sistemas automotrices. Al seguir estos pasos, podrá evaluar eficazmente el funcionamiento

de los actuadores y detectar posibles problemas, asegurando un mantenimiento y reparación adecuados.

En la Tabla 2 se resume los valores obtenidos y su diagnóstico.

Tabla 2

Valores Obtenidos de Resistencia

Válvula	Valor de Resistencia (Ohmios)	Valor de Amperaje (Amperios)	Observación
Válvulas de Cambio Nuevo	3.7	3.23	Están dentro de las especificaciones*
Válvula de Cambio Usado	71.6	0.197	Resistencia muy alta y amperaje muy bajo
Válvula de Presión Principal Nuevo	4.8	2.66	Están dentro de las especificaciones
Válvula de Presión Principal Usado	60.1	0.77	Resistencia muy alta y amperaje muy bajo

Nota: * Valores de Resistencia Estándar (2.5-3.5 Ω Válvulas de Cambio y 3.85-4.85 Ω

Válvulas de Presión) / Amperaje Estándar entre 2 y 4 A.

Conclusiones

Las válvulas solenoides son componentes críticos en las transmisiones automáticas, responsables de controlar el flujo de fluido para gestionar los cambios de marcha y el funcionamiento del sistema. Las fallas en estos solenoides pueden provocar una serie de problemas en la transmisión automática. Las principales causas de fallas en las válvulas solenoides incluyen: desgaste y envejecimiento, acumulación de suciedad y contaminación, problemas de conexión eléctrica, fallas en la bobina del solenoide, deficiencias en el fluido de transmisión, cambios de marchas irregulares y problemas de presión.

El osciloscopio automotriz permite observar las señales eléctricas en tiempo real, lo que facilita la identificación de anomalías en los sensores y actuadores de la transmisión, utilizando las señales de referencia proporcionadas por el fabricante, se pueden detectar desviaciones que indican fallas específicas, así como verificar la continuidad y resistencia de los circuitos eléctricos de la transmisión puede ayudar a identificar problemas como cortocircuitos o conexiones defectuosas.

Las señales de las electroválvulas de una transmisión usada pueden mostrar diferencias significativas en forma de onda en comparación con las señales estándar proporcionadas por el fabricante, indicando posibles fallas o desgaste, las desviaciones en la forma de las señales pueden indicar problemas específicos, en este caso puede apreciarse que en las válvulas usadas el amperaje baja a valores inferiores a 1 A (0.19 y 0.77 A) y la resistencia varía subiendo a valores de 71.6 y 60.1 Ω), por lo que se asocia con problemas como electroválvulas que no cierran o abren correctamente, lo que afecta el rendimiento de la transmisión, esto permite que la comparación de señales facilite un diagnóstico más preciso, permitiendo identificar si las fallas son debidas a problemas eléctricos, hidráulicos o mecánicos.

Recomendaciones

Antes de profundizar en las fallas, se debe realizar una revisión de diagnósticos anteriores y registros históricos de mantenimiento. Esto ayuda a identificar patrones recurrentes y a enfocarse en áreas comunes de fallo. Se recomienda la adopción de osciloscopios automotrices y el entrenamiento adecuado de técnicos para utilizar esta herramienta de diagnóstico.

Se debe configurar y calibrar el osciloscopio correctamente para que las señales sean claras y precisas, utilizando las frecuencias y escalas adecuadas para capturar las señales relevantes de la transmisión.

Es importante analizar las diferencias entre las señales obtenidas y las especificaciones del fabricante, identificando cualquier discrepancia en la forma de onda, la amplitud o la frecuencia que pueda indicar un problema con las electroválvulas o con otros componentes de la transmisión.

Bibliografía

- Aguirre Sotomayor, M. C., & Proaño Yépez, L. A. (2014). Estudio y análisis de la deformación y desgaste de los componentes mecánicos internos de la caja de cambios automática F4A51 del vehículo Hyundai Santa Fe 2003 4x4 a gasolina (Bachelor's thesis, QUITO/UIDE/2014).
- Automotriz, E. (2017). Juan Andrés Luna Pezantes (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO).
- Bermeo Iglesias, P. A. (2019). Propuesta de diseño de un tecnicentro para mantenimiento y reparación de transmisiones automáticas en la ciudad de Machala (Bachelor's thesis, GUAYAQUIL/UIDE/2019).
- Choi, H., Hwang, J., & Choi, S. (2018). Dynamic driveline torque estimation during whole gear shift for an automatic transmission. *Mechanism and Machine Theory*, 130, 363-381.
- Denton, T. (2020). *Advanced automotive fault diagnosis: automotive technology: vehicle maintenance and repair*. Routledge.
- Hurtado Bennet, J. (2022). Diseño de un Banco Didáctico para Cajas Automáticas CVT (Doctoral dissertation, GUAYAQUIL/UIDE/2022).
- Lee, G. S., Sung, H. J., Kim, H. C., & Lee, H. W. (2010). Flow force analysis of a variable force solenoid valve for automatic transmissions.
- Olsson, T., Källström, E., Gillblad, D., Funk, P., Lindström, J., Håkansson, L., ... & Larsson, J. (2014). Fault diagnosis of heavy-duty machines: Automatic transmission clutches. In *International Conference on Case-Based Reasoning: Workshop on Synergies between CBR and Data Mining 29/09/2014-01/10/2014*.
- Oña, B. G., Byron, P., Castro, J., & Rocha, J. (2014). Diseño y Construcción de una Unidad de Cambios de Fluido para Cajas Automáticas con Control Electrónico.

- Quispe Quispe, A. C. Diseño y construcción de un simulador didáctico para transmisión automática (A/T) de motor 1NZ-FE Toyota (Doctoral dissertation).
- Ramírez Leal, M. (2014). Construcción de una Transmisión Cvt, en Banco de Pruebas Para la Evaluación de Controladores.
- Stefanov, S., & Hristov, R. (2019, September). General Motors 6T automatic gearboxes- problems and methods for their removal. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 614, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- Stefanov, S., & Hristov, R. (2021). Problems with the operation of automatic transmissions of AW 55-50 type. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1031, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.
- Taborda Sánchez, D. A., Rendón Rodríguez, I. C., & Correa Monsalve, M. (2012). Simulador de fallas electrónicas de una caja automática.
- Wust, B., & Bek, M. (1994). An advanced electronic control and diagnostic system for automatic transmission. SAE transactions, 632-641.

