



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES
PARA EL ANÁLISIS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN
UNA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: JORGE ANDRÉS CAIZA PILAGUANO
STALIN ALEXANDER TOCTO SERRANO

TUTOR: JOSÉ LUIS MULLO CASILLAS

Quito - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jorge Andrés Caiza Pilaguano con documento de identificación N° 1728231034 y Stalin Alexander Tocto Serrano con documento de identificación N° 1105979320 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 30 de septiembre del año 2025

Atentamente,



Jorge Andrés Caiza Pilaguano
1728231034



Stalin Alexander Tocto Serrano
1105979320

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jorge Andrés Caiza Pilaguano con documento de identificación No. 1728231034 y Stalin Alexander Tocto Serrano con documento de identificación No. 1105979320, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Elaboración de una metodología de diagnóstico por imágenes para el análisis de componentes eléctricos y electrónicos en una unidad de control electrónica”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 30 de septiembre del año 2025

Atentamente,



Jorge Andrés Caiza Pilaguano
1728231034



Stalin Alexander Tocto Serrano
1105979320

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, José Luis Mullo Casillas con documento de identificación N° 0502365869, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES PARA EL ANÁLISIS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN UNA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA, realizado por Jorge Andrés Caiza Pilaguano con documento de identificación N° 1728231034 y por Stalin Alexander Tocto Serrano con documento de identificación N° 1105979320, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 30 de septiembre del año 2025

Atentamente,



Ing. José Luis Mullo Casillas, PhD
0502365869

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis amados padres, Nancy Pilaguano y Jorge Caiza, cuyo sacrificio y apoyo incondicional han sido mi mayor fortaleza en este camino hacia la realización de mis sueños. A mis queridos hermanos, Juan y Tatiana, por su constante ánimo y comprensión a lo largo de esta travesía académica. A mi adorada esposa Michelle y a mi hijo Damiana, quienes han sido mi inspiración y motor para alcanzar cada meta. Este logro es también de ustedes, gracias por ser mi roca en los momentos difíciles y mi alegría en los triunfos compartidos."

Jorge Caiza

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres, Johnson Tocto y Celmira Serrano, por su apoyo incondicional en mi educación y crecimiento profesional. Su sacrificio, su dedicación y sus palabras de aliento han sido la luz que ha iluminado mi camino en cada paso hacia este logro.

A mi querido hermano Marco Tocto, que ha sido mi fuente de inspiración y motivación, le agradezco por ser mi apoyo incondicional en mi formación académica.

A ustedes, les agradezco desde lo más profundo de mi ser por siempre estar a mi lado.

Stalin Tocto

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a quiero expresar mi profundo agradecimiento al Doc. José Mullo, cuya guía experta y sabias enseñanzas han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo de investigación. Sin su apoyo y orientación, este logro no habría sido posible.

Jorge Caiza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis queridos tíos Victor Cabrera y María Caipe, su presencia en mi vida ha sido invaluable. Han sido una constante fuente de amor incondicional, apoyo inquebrantable y sabios consejos. En los momentos más difíciles, su apoyo me ha dado fuerzas para superar cualquier obstáculo, y su cariño ha llenado mi vida de alegría. Les agradezco de todo corazón por todo lo que han hecho por mí.

Stalin Tocto

ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES PARA EL ANÁLISIS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN UNA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA

DEVELOPMEN OF AN IMAGE DIAGNOSIS METHODOLOGY FOR THE ANALYSIS OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC COMPONENTS IN AN ELECTRONIC CONTROL UNIT

Jorge Caiza 1¹, Stalin Tocto 2², José Mullo 3³

Resumen

Las imágenes Lissajous como alternativa de diagnóstico para elementos enmascarados electrónicos ha generado una efectividad controversial con respecto a métodos de diagnóstico. por lo cual se ha obtenido la combinación de las firmas básicas diodo, capacitor, bobina, resistencia, en los diferentes componentes que pueden estar en módulos automotrices, placas electrónicas, inversores de vehículos híbridos, motores generados entre otros. Para este estudio se empleó la revisión técnica de bibliografía adecuada como manuales de usuario, tesis, netgrafías técnicas relacionados a las imágenes Lissajous y módulos de control electrónica. El impacto académico que brinda a los lectores la presente investigación es de alta relevancia puesto que es una temática con escasa información e investigación que resalte una fase científica puntual del diagnóstico de imágenes. La obtención de las diferentes firmas básicas pueden generar una verificación versátil del funcionamiento interno de los diferentes componentes de la unidad de control eléctrica que ha comparación de la medición convencional con multímetro y osciloscopio reduce los patrones de obtención de datos por lo cual se genera una desventaja considerable con respecto a estos elementos

Abstract

Lissajous imaging as a diagnostic alternative for electronic masking elements has generated controversial effectiveness with respect to diagnostic methods. Therefore, the combination of the basic signatures diode, capacitor, coil, resistance has been obtained in the different components that can be in automotive modules, electronic boards, hybrid vehicle inverters, generated motors, among others. For this study, a technical review of appropriate literature was used, such as user manuals, theses, technical netgraphies related to Lissajous images and electronic control modules. The academic impact that this research provides to readers is of high relevance since it is a topic with little information and research that highlights a specific scientific phase of image diagnosis. Obtaining the different basic signatures can generate a versatile verification of the internal functioning of the different components of the electrical control unit, which compared to conventional measurement with a multimeter and oscilloscope reduces data collection patterns, which generates a disadvantage. considerable with respect to these encapsulated elements that in their internal structure may present some anomaly within their equivalent circuit, the objective of the Lissajous

encapsulados que en su estructura interna pueden presentar alguna anomalía dentro de su circuito equivalente, el objetivo de las imágenes Lissajous es obtener diferentes combinaciones que se puedan almacenar en una biblioteca virtual con un trazador de curvas FADOS9F1 que permita comparar estos patrones con elementos electrónicos de similares características descartando su mal funcionamiento.

Palabras clave: Diagnóstico, Imágenes, Lissajous, Módulos, Automotrices.

images is to obtain different combinations that can be stored in a virtual library with a FADOS9F1 curve tracer that allows comparing these patterns with electronic elements with similar characteristics, ruling out their malfunction.

Keywords: Diagnostics, Images, Lissajous, Modules, Automotive.

1. Introducción

Esta sencilla configuración permitió a Lissajous estudiar no sólo la aparición de diferentes frecuencias y sus combinaciones, sino también la interferencia causada por los cambios de fase en las vibraciones del diapasón. Un diagnóstico preciso de fallas en ECU es crucial para su correcto funcionamiento. Las técnicas tradicionales de diagnóstico, como pruebas eléctricas y la inspección visual, pueden ser lentas, laboriosas y no detectar fallas sutiles. En este contexto, el **diagnóstico por imágenes** surge como una herramienta prometedora para analizar componentes electrónicos en ECU. Esta metodología utiliza técnicas como la termografía infrarroja y la radiografía de rayos X para visualizar el comportamiento y la condición interna de los componentes sin desmontarlos.

Ventajas del diagnóstico por imágenes:

- **Diagnóstico no invasivo:** Evalúa componentes sin desmontar la ECU.
- **Detección precisa de fallas:** Identifica fallas sutiles o intermitentes.
- **Visualización interna:** Brinda información sobre la distribución de calor, la integridad estructural y la presencia de defectos.
- **Mejora la eficiencia del diagnóstico:** Acelera el proceso y reduce costos.

Elaboración de la metodología:

- Seleccionar técnica de imagenología adecuada.
- Desarrollar algoritmos de procesamiento y análisis de imágenes.
- Definir criterios para interpretar los resultados.

Impacto:

- Ayuda a mejorar la efectividad, precisión y confiabilidad del diagnóstico de las fallas de la ECU.
- Impacta positivamente en la industria automotriz, manufactura y otros sectores

que dependen de sistemas electrónicos complejos.

1.1. Diagnóstico de componentes bajo curvas características

Actualmente, cualquier componente o circuito eléctrico y electrónico puede verificarse mediante una técnica nombrada diagnóstico por imágenes. Este sistema permite más fácilmente a los técnicos automotrices realizar diagnósticos de componentes e identificar fallas en sensores y actuadores sin tener que desmontarlos. Esta técnica, que se está introduciendo como componente fundamental del diagnóstico de circuitos electrónicos de automoción, se conoce en la industria electrónica como diagnóstico de dispositivos mediante curvas características. Los avances en este sector abarcan una amplia gama de aplicaciones, como sensores, diferentes actuadores, tarjetas de control para motores de gasolina y diésel, componentes de blindaje, piezas internas para inversores de coches eléctricos y redes CAN, entre otros. A medida que el diagnóstico por imágenes se vuelve cada vez más común, este enfoque podría usarse en vehículos híbridos innovadores dichos elementos pueden revelar fallas que se pueden detectarse de manera más eficiente y rápida [1].

1.2. Obtención de imágenes Lissajous

Con el uso de osciloscopios analógicos, se logra visualizar no sólo el avance temporal de una señal, sino también sus cambios relativos respecto a otras señales. Para ello, se aplica una señal de referencia al canal x (a menudo el segundo canal vertical), mientras que la señal que se desea visualizar se aplica a otro canal vertical. Simultáneamente, el sistema de desviación horizontal recibe esta señal de referencia en lugar de la señal del generador de barrido. Un trazo de Lissajous es la consecuencia de dos impulsos que son relativamente armónicos. [2].

1.3. Imágenes Lissajous

Mediados del siglo XIX, Jules Antoine Lissajous exhibió un informe en la Academia de Ciencias

de Francia sobre las curvas que había estudiado utilizando nuevas técnicas. Esencialmente, Lissajous desarrolló un método para visualizar la curva generada por la unión en conjunto de dos oscilaciones armónicas de manera simple. Para eso, utilizó un conjunto de diapasones similares, anclado a un pequeño espejo en un brazo de cada uno de ellos y reflejó el haz de luz colimado sobre ellos. Cuando este rayo de luz se proyecta sobre una pantalla, se refleja en un diapason vibrante, creando una imagen interesante que muchos han visto antes. En particular, los dos diapasones están dispuestos en un ángulo de 90 grados de modo que cada diapason proporciona uno de los dos componentes necesarios para dibujar una curva bidimensional cerrada. Con esta sencilla configuración, Lissajous pudo estudiar no sólo la aparición de varias frecuencias y sus combinaciones, sino también la interferencia causada por los cambios de fase en las vibraciones del diapason [3].

1.4. Medición Pasiva

El desarrollo del diagnóstico se lleva a cabo sin suministrar corriente a los elementos o componentes, y el trazador de curvas suministra corriente alterna en lugares precisos dentro del circuito o componente electrónico para generar imágenes en función de la tensión y la corriente. Los dispositivos actuales necesitan la interacción de una computadora que posea un software de activación para poder leer los datos de entrada de un dispositivo que se conecta mediante un cable USB y a su vez posea las debidas puntas de prueba para promover una medición versátil con respecto a un componente electrónico que se pueda medir para su verificación respectiva observando a través de la pantalla el estado de este. La resolución de un instrumento de medida se define como la capacidad de este para mostrar un cambio en la indicación, incluso ante un pequeño cambio en la magnitud que se está midiendo [4].

2. Materiales y Métodos

Los elementos encapsulados de una placa electrónica poseen ciertos parámetros de evaluación que pueden identificarse mediante el

diagnóstico por imágenes mediante el trazador de curvas durante una inyección de una corriente alternativa sumamente baja al elemento determinado puede generar una firma básica que mediante patrones de almacenamiento en una biblioteca virtual que muestre la distribución de pines del componente electrónico y a su vez comparar con elementos de igual característica denotando su óptima condición o funcionamiento defectuoso dentro de la placa electrónica para finalmente sustituirlo.

2.1. FADOS9F1

El FADOS9F1 está creado como un osciloscopio y módulo de prueba de corrientes y voltajes (VI) multifuncionales. La función específica de este dispositivo de pruebas VI es obtener las diferentes firmas básicas de componentes electrónicos como resistencia, diodo, capacitor, bobina, el software de computadora que analiza el diagrama VI mostrará el diagrama del circuito equivalente que tiene el componente del punto de contacto en la pantalla y mostrará el diagrama del circuito equivalente en esta solución dentro de un cierto rango de tolerancia. Los diagramas de circuitos y valores equivalentes están destinados a proporcionar datos al usuario y no son adecuados para el uso directo como un equipo para medición [5].

La Figura 1 muestra el kit FADOS9FI completo, mientras que la Tabla 1 describe sus propiedades.

- 1 CD de software y un manual de usuario en PDF.
- 2 puntas para osciloscopios.
- 1 punta (Sonda) de Temperatura.
- 1 cable USB.
- 1 punta Com (Cocodrilo).
- 1 cable DC.
- 1 fuente de alimentación.
- 1 bolsa del FADOS9F1.

El proceso de medición consta de verificar una placa electrónica ECU desenergizada mediante la inserción de un voltaje bajo de corriente alterna producida por la interface FADOS9F1 a los diferentes componentes con la utilización de las puntas de prueba, estas curvas se ven reflejadas en la PC mediante un software previamente instalado para la obtención de las diferentes imágenes Lissajous.



Figura 1. Kit FADOS9F1.

Tabla 1. Características FADOS9F1 [5]

Especificaciones Técnicas FADOS9F1	
Características	Valores
Voltaje de función	$\pm 1V, \pm 2V, \pm 6V, \pm 12V, \pm 24V$
Frecuencias de pruebas	2 Hz Frecuencia muy baja 1 4 Hz Frecuencia baja 2 12 Hz Frecuencia baja 1 32.5 Hz Frecuencia de prueba 355.4 Hz Frecuencia alta
Modo de escaneo	Manual Automática
Selección automática	Voltaje Corriente Frecuencia
Otras especificaciones	Diagrama de circuitos análogos Medición de resistencia, condensador y diodo. Registro de los datos y comparación con los registrados anteriormente. Aparecen tres gráficos simultáneamente
Características de la potencia y temperatura	
Alimentación DC	Salida ajustable entre 0-16V 20-1500mA
Sensor Infrarrojo IR	Mide diferencia entre 0 - 120 °
Especificaciones de Osciloscopio	
Frecuencia de muestreo	400 ks
Voltaje de entrada	$\pm 12 V$ Sonda 1X

	$\pm 100 V$ Sonda 10 X
Canal / ADC	Canal 2 / 12 Bit
Sensibilidad	2,5 mV
Velocidad de imágenes	0.02 ms/div - 100 ms/div
Memoria Instantánea	64 kB
Salidas digital y analógica	
Salida	Canal 2
Voltaje de la salida	-12 V — + 12 V Ajustable
Frecuencias Digitales	0.2 KHz — 25 KHz
Conexión	Las sondas se conectan a cualquier tipo de enchufe. La sonda de anillo amarillo está siempre en el Canal 1. La sonda azul está siempre en el canal 2.
Tamaño	122 mm L x 113 mm W x 29 mm H
Peso	1100 gramos con todos los accesorios

2.2. Software FADOS9F1

El software FADOS9F1 posee una pantalla gráfica que permite visualizar las diferentes imágenes Lissajous de los elementos enmascarados y a su vez genera un diagrama del circuito equivalente que se encuentra en el interior del elemento electrónico a diagnosticar. En la Figura 2 se señala las partes que componen la pantalla de la interfaz en estudio. Adicionalmente la Tabla 2 describe las características de cada opción.

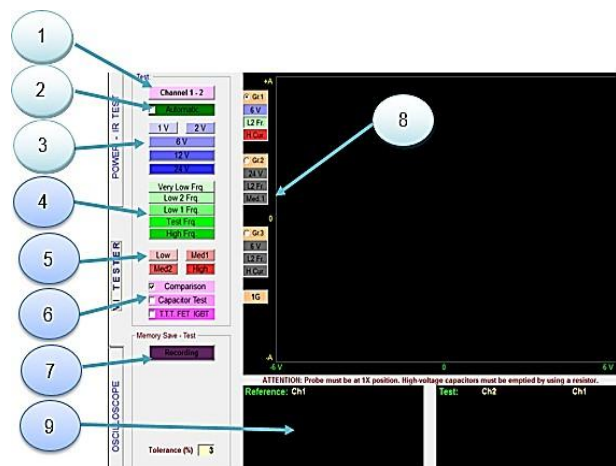


Figura 2. Software FADOS9F1.

Tabla 2. Software FADOS9F1 [5]

Número	Nombre	Descripción
1	Channel	Canal: Selecciona el primer o segundo canal, o ambos, al mismo tiempo mediante el icono de canal.
2	Automatic	Automático: Esta opción se elige en función de la prueba correspondiente, que puede incluir niveles de tensión, frecuencia e intensidad determinados automáticamente.
3	Niveles de voltaje	En estas selecciones, sólo puede elegirse el nivel de tensión adecuado. Los valores que se pueden comprobar manualmente en una placa son $\pm 1\text{ V}$, $\pm 2\text{ V}$, $\pm 6\text{ V}$, $\pm 12\text{ V}$ y $\pm 24\text{ V}$.
4	Nivel de Frecuencia	El nivel de frecuencia variable, que oscila entre los niveles de Muy Baja Frecuencia, Baja Frecuencia 2, Baja Frecuencia 1, Frecuencia de Prueba y Alta Frecuencia, se elige para probar determinados componentes y cuadros eléctricos.
5	Nivel de Corriente	Se puede elegir manualmente entre Corriente Baja, Corriente Media 1, Corriente Media 2 y Corriente Alta, ya que sólo se puede aplicar un nivel de corriente en esta elección.
6	Comparison Capacitor Test TTT FET IGBT	Comparación: Comparación de piezas defectuosas en pleno funcionamiento mediante sondas de canal y placas. Prueba de capacitancia: Este procedimiento verifica la capacitancia y la calidad de los condensadores. TTT FET IGBT: Identificación del tipo de semiconductor.
7	Recording	Guardar: almacenar fotos y crear una base de datos de imágenes.
8	Grf 1, Grf2, Grf3 1G, 2G, 3G	Grf 1, Grf 2, Grf 3: configuraciones de gráficos de tres puntos que pueden seleccionarse en cualquier momento para

		permitir cambios instantáneos en función de la tensión, la frecuencia y la corriente. 1G, 2G y 3G: Configuración de los gráficos que aparecen en la pantalla de pruebas.
9	Reference Test	Referencia: Circuitos equivalentes y componentes eléctricos mostrados con sus respectivos valores. Prueba: Se mostrarán circuitos analógicos y componentes eléctricos y se almacenarán en la memoria del programa.

2.3. Obtención de Figuras Lissajous mediante ondas

Cuando dos ondas sinusoidales tienen la misma fase y frecuencia, las figuras de Lissajous resultante es una línea recta diagonal. Sin embargo, si las ondas sinusoidales tienen toda la misma frecuencia, pero están desfasadas 90 grados, la imagen de Lissajous se transforma en una elipse. Si las amplitudes de ambas ondas son iguales, esta elipse se transforma en un círculo completo.

La Figura 3 muestra el método para realizar figuras de Lissajous utilizando la unión de dos ondas sinusoidales [6].

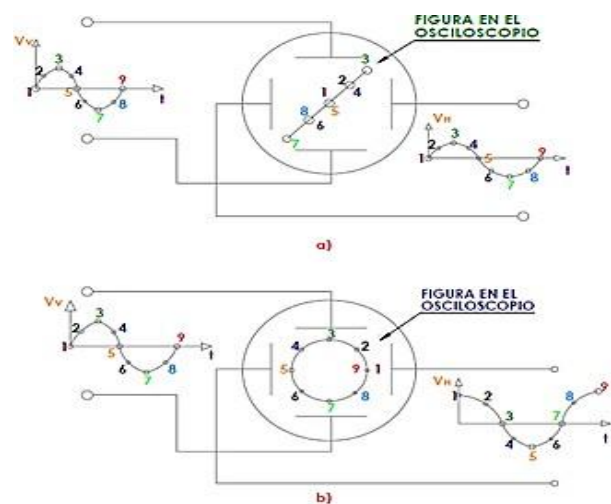


Figura 3. Generación de la figura de Lissajous [6].

“Interpretación del gráfico: a) ondas sinusoidales de igual frecuencia y fase aplicadas a las placas vertical y horizontal; b) ondas sinusoidales de igual frecuencia y amplitud, pero con una diferencia de fase de 90° aplicada a las placas vertical y horizontal.”

La trayectoria de transformación del haz de electrones está representada por los puntos mostrados en estas imágenes, que varían en función del tamaño y la duración de la onda sinusoidal aplicada. La figura girará en lugar de adoptar la forma de una diagonal, una elipse o un círculo si las frecuencias de las dos señales no son idénticas. Por lo tanto, variando la frecuencia de la fuente conocida hasta descubrir una figura de Lissajous estable, se puede determinar la frecuencia de la otra señal si se conoce la frecuencia de la primera [6].

2.4. Circulación de corriente referenciada

El método consiste en suministrar al componente o circuito que debe diagnosticarse una corriente alterna de bajo valor. La trayectoria de esta corriente en relación con la masa del circuito traza la imagen de los componentes eléctricos identificables y sus valores. Este gráfico representa la diferencia de fase entre las ondas de tensión y de corriente. Cualquier parte del circuito o componente, incluidos los pines de entrada y salida de un módulo, puede utilizarse para esta recopilación. El algoritmo genera curvas que se superponen a las imágenes originales y, a continuación, analiza la interpretación resultante para determinar qué funciona y qué no. Las curvas de tensión y corriente están en fase, lo que indica que se está realizando una prueba de resistencia. Es fundamental tener en cuenta que, independientemente de la variación de tiempo especificada, las señales siempre se obtendrán moviéndose por los mismos puntos del gráfico. Se puede crear un gráfico exportando los datos de tensión y corriente en cada punto temporal, creando un nuevo gráfico de dos ejes con una referencia. La Figura 4 representa la tensión como eje horizontal y la corriente como eje vertical [7].

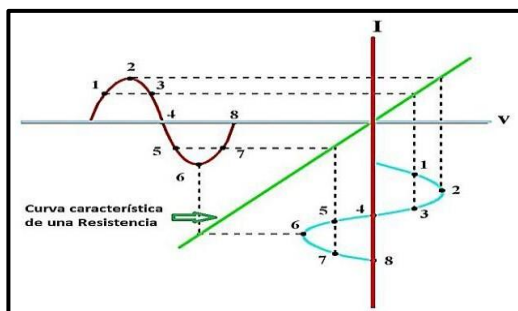


Figura 4. Eje de visualización de figuras de Lissajous. [8]

2.4. Clasificación de firmas básicas

Las Firmas básicas representan a las imágenes Lissajous principales que se generan a una determinada frecuencia las cuales son Resistencia, Condensador, Diodo y Bobina que generan un trazo determinado en el eje X _ Y. Adicionalmente existen dos curvas características que son el circuito abierto y en corto que son dos líneas de punto a punto en el eje X _ Y. Mediante el FADOS9F1 se obtienen los diferentes patrones de medición verificando el estado interno de los elementos electrónicos estableciendo su estado actual. Los patrones generados se almacenan en una biblioteca virtual para comparar con elementos de las mismas características.

Circuito Abierto. - Al no haber circulación de corriente como se observa en la Figura 5, la punta del osciloscopio oscila de lado a lado, representando el valor de la tensión alterna. La ausencia de paso de corriente alterna da lugar a una línea horizontal que representa la tensión máxima. En consecuencia, el eje de tensión es horizontal [9].

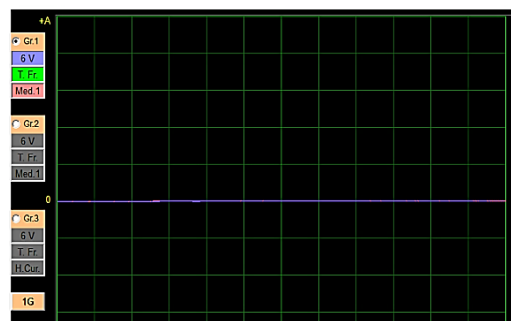


Figura 5. Curva de circuito abierto.

Circuito en Corto. - La Figura 6 se muestra un cortocircuito con una resistencia de $0-\Omega$ se puede evidenciar una. La línea vertical es claramente visible debido al flujo infinito de corriente para cualquier tensión aplicada [9].



Figura 6. Curva de circuito en corto.

Resistencia. – La ilustración de la Figura 7 revela que una línea inclinada en plano que representa la curva característica de una resistencia por lo cual denota una pendiente en función a la frecuencia de medición de las diferentes resistencias que pueden ser variables, fijas, termistores, dependientes de luz, etc [9].



Figura 7. Imagen Lissajous de resistencia.

Capacitor. – La Figura 8 muestra cómo se puede utilizar una elipse para identificar un condensador. La baja capacitancia genera una traza elíptica horizontal aplanada, mientras que los condensadores con alta capacitancia producen una traza elíptica vertical aplanada [9].

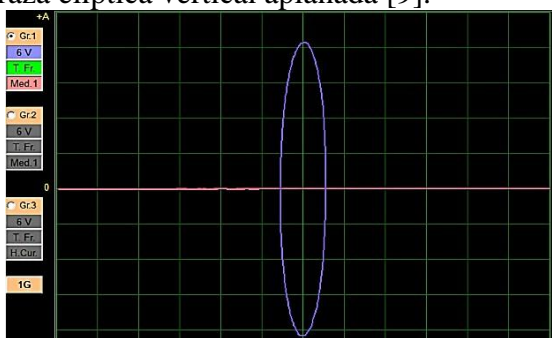


Figura 8. Imagen Lissajous de capacitor.

Bobina. – La Figura 9 muestra la imagen de Lissajous de una bobina, cuya pendiente varía con la inductancia de la bobina sometida a prueba. La firma esencial de una bobina es una curva que imita la espiral de un condensador con respecto a los ejes de tensión y corriente. [9].

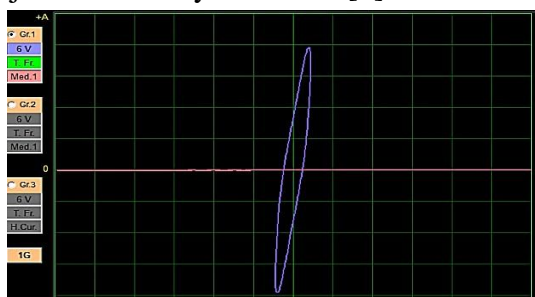


Figura 9. Imagen Lissajous de la bobina.

Diodo. – La curva característica de un diodo semiconductor se representa mediante dos o más líneas rectas que forman un ángulo recto, indicando las condiciones de polarización directa e inversa. La curva de un diodo de silicio se puede determinar de manera simple. En la mitad vertical del gráfico se muestra la región de polarización directa, la tensión de umbral y la caída de voltaje, como se puede observar en la Figura 10 [9].

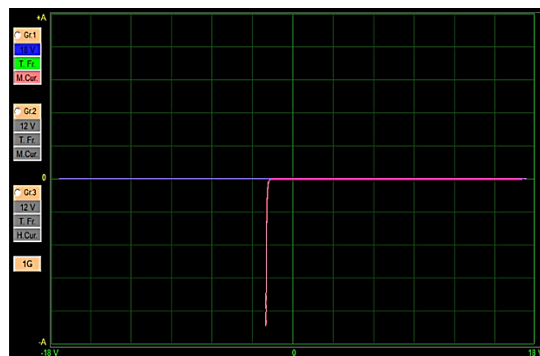


Figura 10. Imagen Lissajous de diodo.

2.5. Unidad de Control Electrónica Automotriz

Otro nombre con el que se conoce a la Computadora Automotriz es PCM (Powertrain Control Module), que se traduce como "Módulo de Control del Tren Motriz", es conocido también como módulo principal del vehículo por lo cual posee en su interior toda la información relacionada al tiempo de inyección y tiempo de encendido denotando funciones principales como la conversión de señales analógicas a digitales obteniendo una mejor activación de los diferentes actuadores mediante la codificación de señales de entrada proveniente de los diferentes sensores del vehículo por ende resulta más conveniente reducir el voltaje de entrada de la batería por medio de un regulador de voltaje que sirve como bloque de soporte para abastecer con un voltaje menor a los diferentes circuitos integrados, memoria, compuertas, convertidores analógicos a digitales, una de las funciones que tiene la ECU es reducir la cantidad de energía al interactuar con el sistema de control de tracción mientras está activo. Esto implica interactuar con el sistema automatizado de control de la temperatura para hacer funcionar los dispositivos de seguridad y el ciclo de trabajo del aire acondicionado., en la Figura 11 se puede visualizar una ECU automotriz [10].

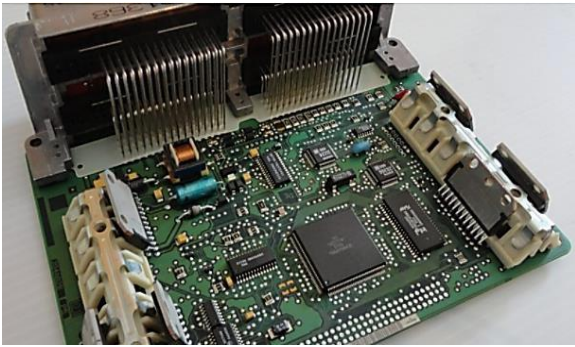


Figura 11. ECU Automotriz [10].

2.6. Estructura de una unidad de control electrónica automotriz

El computador del automóvil se compone de múltiples etapas que trabajan juntas para completar una tarea. Cada etapa se compone de varios componentes eléctricos que realizan una tarea específica como se observa en la Figura 12 [11].



Figura 12. Estructura ECU Automotriz.

Bloque INPUT o Sector de entrada (Periferia).

– Normalmente en este sector de la ECU automotriz como se muestra en la Figura 13, está el circuito de filtrado con respecto al ruido eléctrico que es un fenómeno de distorsión de onda de entrada de datos por lo cual posee resistencias y condensadores para reducir este fenómeno.

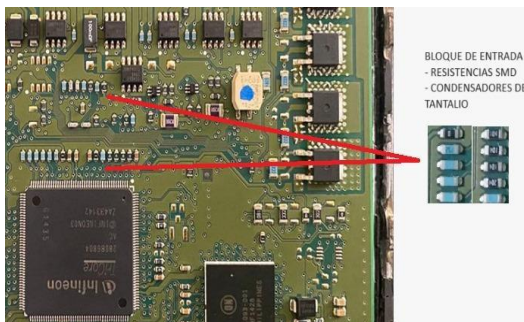


Figura 13. Bloque de Entrada de la ECU.

Circuito fuente. – Conocido también como bloque de soporte donde se produce la conversión o reducción de alimentación eléctrica de ingreso proveniente de la batería del vehículo es necesario establecer un voltaje constante que sea bajo para activar los diferentes componentes internos de la ECU automotriz, para ello se utiliza un Regulador de voltaje. En la Figura 14 se puede observar el bloque de soporte.



Figura 14. Bloque de Soporte o circuito fuente de la ECU.

Bloque de procesamiento. – Es el área de la ECU que posee el microprocesador o memoria principal, se lo puede observar en la Figura 15. Donde se proporciona toda la información del vehículo, tiempo de inyección y encendido y la conversión de datos para activar los actuadores que se encuentran en el motor.

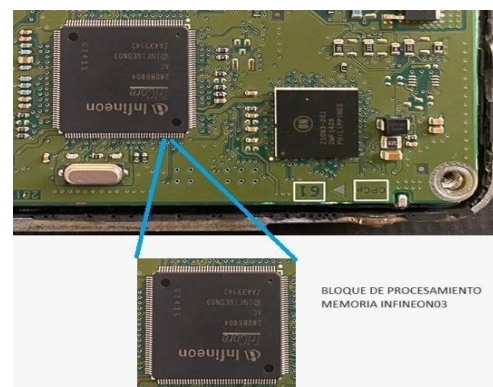


Figura 15. Bloque de procesamiento de la ECU.

Bloque de salida (Drivers). – Posee los diferentes circuitos de potencia por lo cual se denotan los Drivers o transistores MOSFET que son útiles para activar y desactivar los actuadores del motor por lo cual posee características determinadas de activación a una alta velocidad y

resistencia de corriente para lograr establecer un enlace correcto con las diferentes funciones de los inyectores y bobinas de encendido. Como se puede observar en la Figura 16 se muestra el bloque de salida de la ECU.

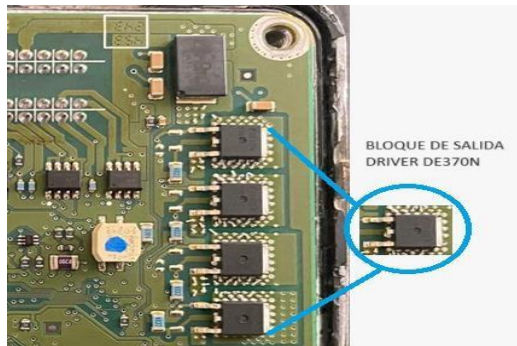


Figura 16. Bloque de salida de la ECU.

3. Resultados y Discusión

La experimentación consiste en llevar a cabo un seccionamiento de la unidad de control electrónica con el propósito de asegurar un diagnóstico preciso del componente. La identificación del área de trabajo de la ECU posee un determinante uso de ciertos componentes que permiten efectuar una función determinada dentro de los parámetros de funcionamiento del vehículo.

El diagnóstico por imágenes procura generar un patrón de curvas o firmas básicas que puedan obtenerse mediante una biblioteca virtual para comparar elementos similares partiendo de un componente en buen estado. En la Figura 17 se puede visualizar el diagrama de segmentación de la ECU que va a realizar el diagnóstico por imágenes.

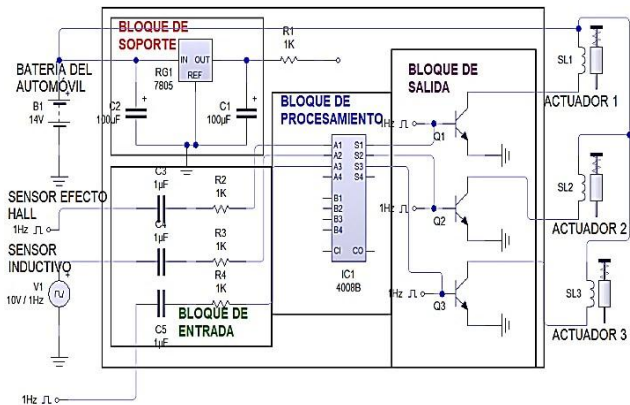


Figura 17. Seccionamiento de ECU.

3.1 Características de la ECU.

Una unidad de control electrónica es un elemento crucial del sistema eléctrico del vehículo. Su propósito principal es recibir señales de sensores y actuadores, procesar esa información y activar los diferentes actuadores del automóvil.

- Módulo ECU (Cerebro / Computador).
- Marca: Chevrolet.
- Modelo: Sail (2da Generación).
- Motor: 1.4.
- Parte: 24106050, zaeu, mt60, 28395754, 24106050, Delphi.
- Número de Sockets: 1.
- Con ABC y A/C.

La importancia de seccionar una ECU automotriz permite identificar los elementos principales que interactúan de forma consecutiva transformando las señales analógicas a digitales. Por ello se debe identificar los componentes principales que permiten el procesamiento de datos al momento de activar a los diferentes actuadores del vehículo al seccionar debidamente el módulo de control electrónica se procede a obtener los diferentes patrones de imágenes Lissajous para realizar un diagnóstico adecuado. En la Figura 18 se realizó la segmentación de la ECU para identificar cada uno de los bloques que compone y realizar el diagnóstico de una manera adecuado.

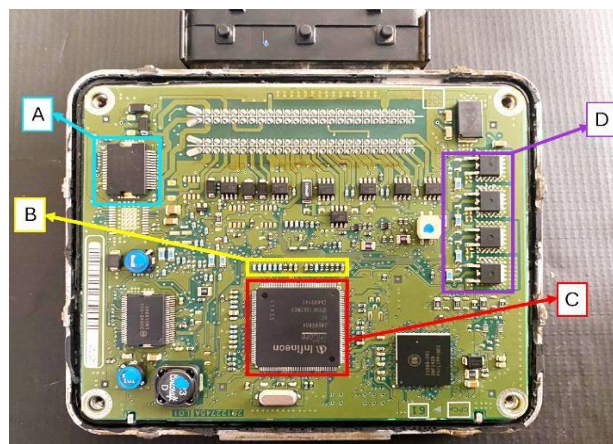


Figura 18. Bloques principales de ECU.

- A. Bloque de soporte o regulador de voltaje.
- B. Bloque de entrada.
- C. Bloque de procesamiento o procesador.
- D. Bloque de salida.

La generación de diagramas de Lissajous representa una valiosa alternativa de diagnóstico en el sector de la automotriz. Esta técnica destaca por su fiabilidad y versatilidad, especialmente cuando se trata de identificar componentes de un vehículo que están empaquetados y contienen circuitos internos invisibles a simple vista. Los diagramas de Lissajous permiten visualizar patrones eléctricos que pueden indicar el correcto funcionamiento o posible falla de estos componentes, convirtiéndolos en una herramienta importante para los técnicos automotrices en sus tareas de mantenimiento y reparación [12].

3.2 Obtención de Imágenes Lissajous.

La fase de obtención de imágenes se debe realizar mediante la conexión del interface o hardware FADOS9F1 con la computadora que a su vez posee la instalación del software para lograr la visualización de curvas Lissajous y obtener las diferentes imágenes de los componentes principales o bloque de la ECU, es por ello que se debe incorporar un análisis completo del elemento encapsulado con sus diferentes firmas básicas que posee en su interior para identificar el estado de cada pin o pines que se encuentra dentro de su estructura interna. Las diferentes imágenes pueden variar dependiendo del circuito equivalente interno que se encuentre por la unión de algunos componentes en un solo punto de medición. En la Figura 19 se observa cómo se establece la vinculación del interfaz de datos con la PC.

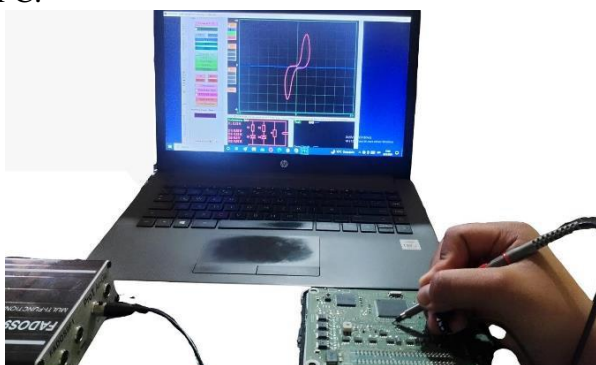


Figura 19. Vinculación de FADOS9F1 con PC.

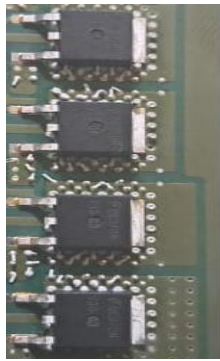


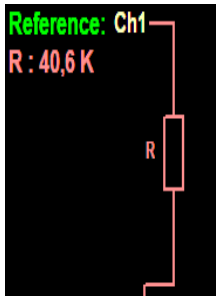

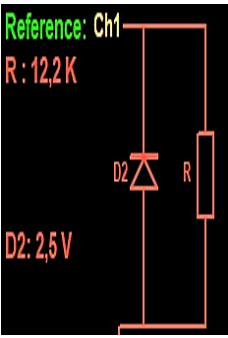
3.3 Resultados experimentales.

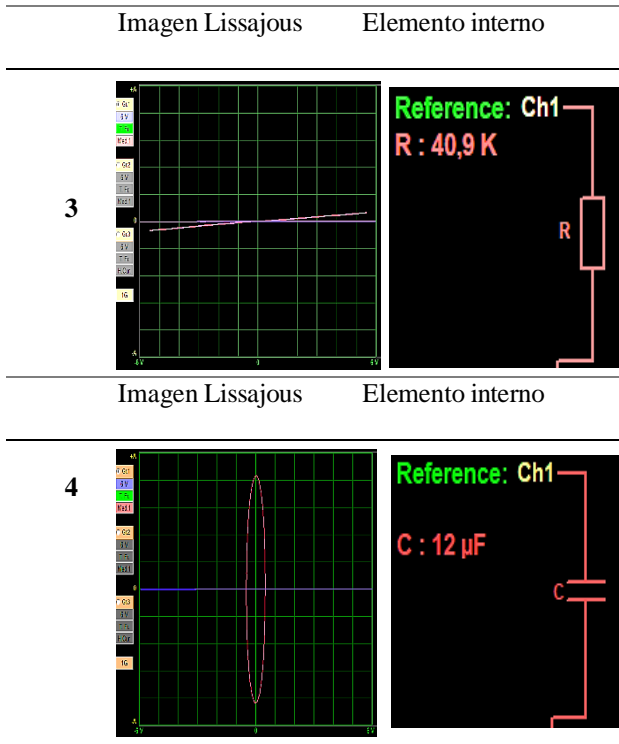
Driver DE370N.- El Transistor de potencia permite la activación de los actuadores como

inyectores y bobinas de encendido COP ubicando el bloque de salida en la ECU, este tipo de componentes posee características de alta velocidad de activación hacia los actuadores y la tolerancia de fluir con el amperaje directo de la batería automotriz.

En la Tabla 3 se puede visualizar las imágenes que se obtuvieron mediante el diagnóstico por imágenes del Driver DE370N y la interpretación de los resultados obtenidos mediante la medición.

Tabla 3. Imágenes de Driver DE370N

Visualización de puntos de medición	
	
Imagen Lissajous	Elemento interno
	
1	Reference: Ch1 R: 40,6 K
Imagen Lissajous	Elemento interno
	
2	Reference: Ch1 R: 12,2 K D2: 2,5 V
Imagen Lissajous	Elemento interno

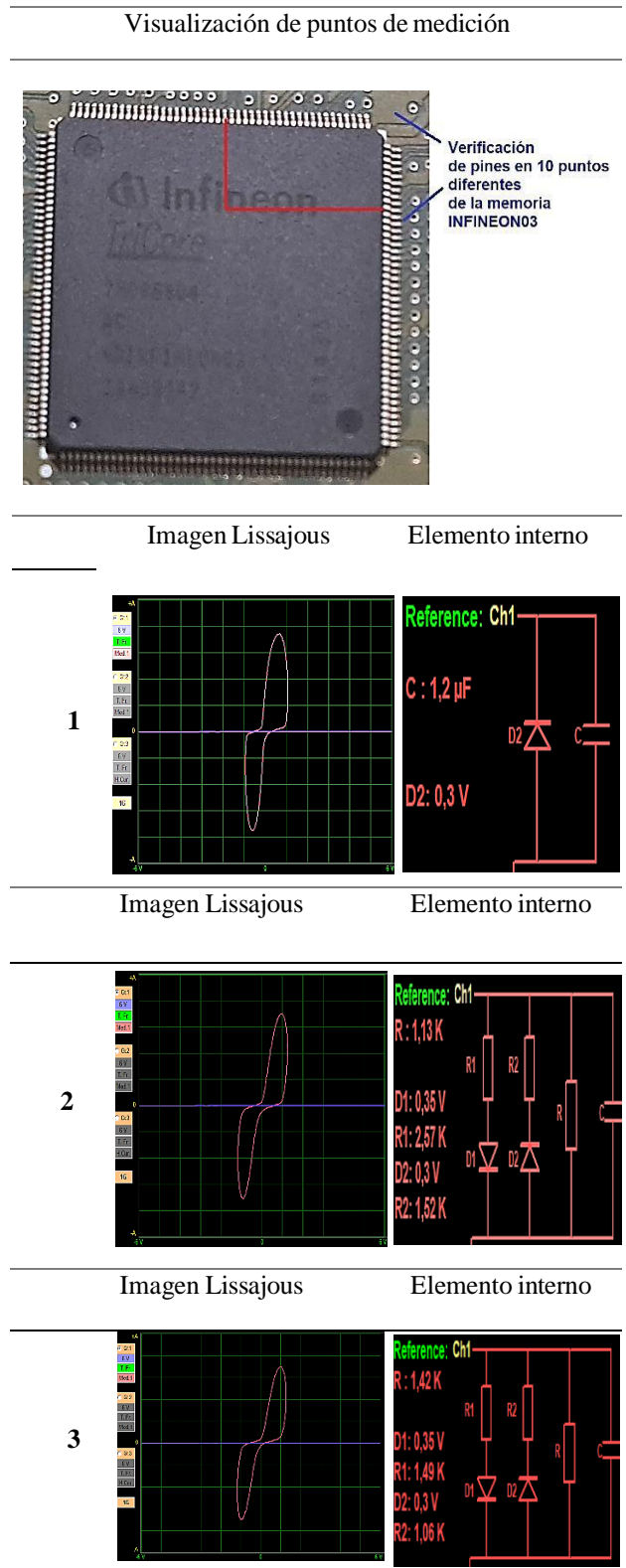


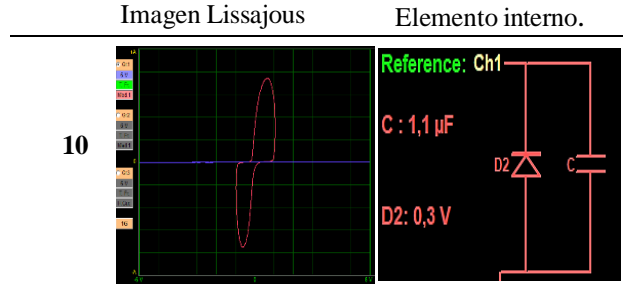
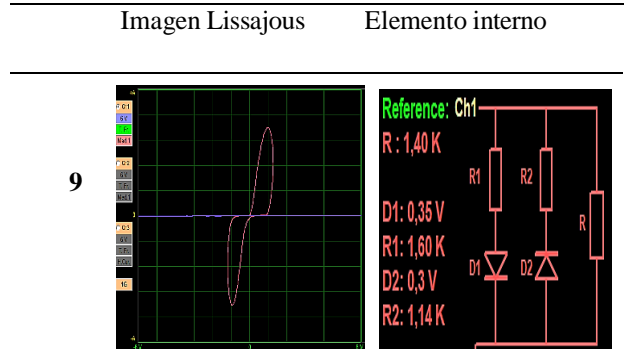
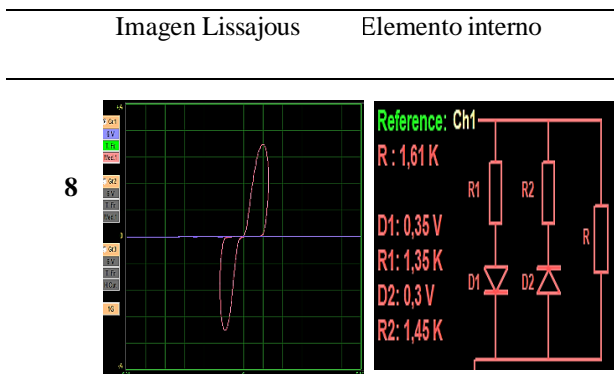
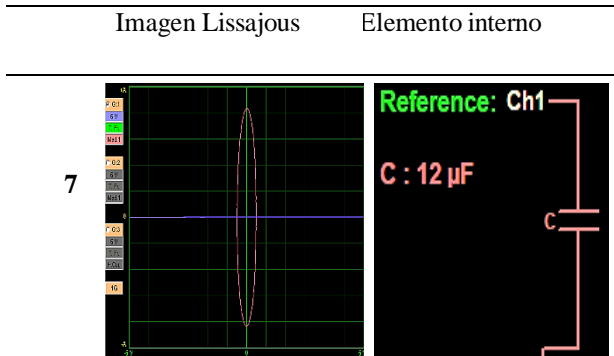
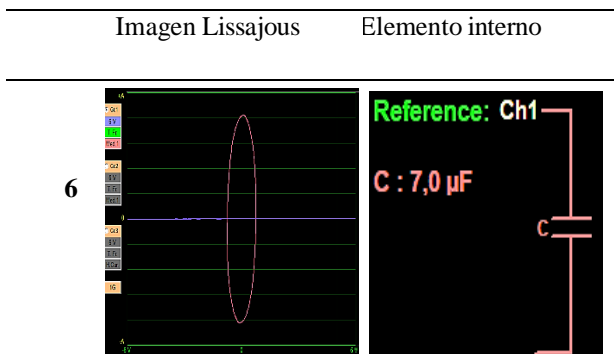
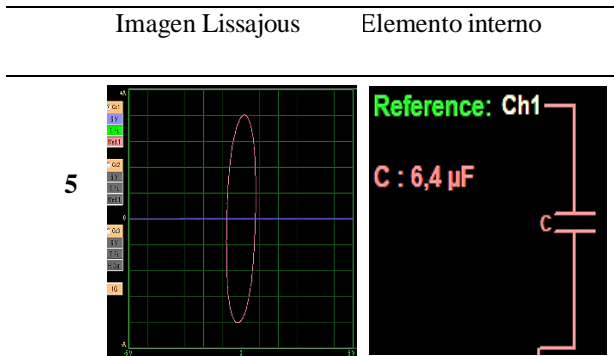
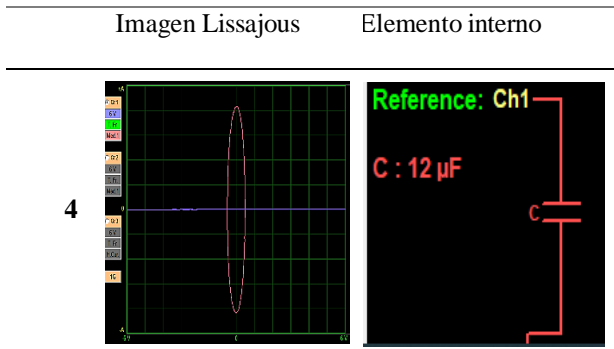
Interpretación. - Los cuatro puntos de medición muestran diferentes curvas Lissajous donde en el punto 1 presenta una resistencia de 40,6 kilo ohmios, en el punto 2 se evalúa un circuito equivalente con una resistencia de 12,2 kilo ohmios y un diodo rectificador de 2,5 voltios, en el punto 3 se visualiza una resistencia de 40,9 kilo ohmios, en el punto 4 se genera un capacitor de 12 micro Faradios. Estos datos se pueden comparar con ECUs que posean el driver DE370N y generen los mismos patrones caso contrario el elemento se encuentra en mal estado.

Memoria INFINEON03 TriCore.- Es un microprocesador para automóvil que normalmente representa el Bloque de procesamiento de la ECU automotriz en el cual se realiza funciones concretas como almacenamiento de información del vehículo, mapa de trabajo de tiempo de inyección y encendido, adicionalmente transforma mediante su convertidor interno una señal análoga a digital, este es el componente más importante del módulo de control electrónico, mediante la obtención de imágenes Lissajous se genera una biblioteca de un solo conjunto de imágenes por su elevado número de pines, las firmas básicas permite sacar los patrones de cada PIN para obtener una biblioteca virtual que servirá para comparar una memoria de igual característica y descartar fallas internas.

En la Tabla 4 se puede observar las imágenes que se obtuvieron mediante el diagnóstico por imágenes de la Memoria INFINEON03 y la interpretación de los datos de medición.

Tabla 4. Imágenes de Memoria INFINEON03





Interpretación. – La verificación en 10 puntos diferentes en la memoria de procesamiento de datos generan circuitos equivalentes con diodos rectificadores, resistencias y capacitores por lo cual estos patrones se almacenan para verificar otra memoria de las mismas características. Es importante mencionar que este elemento electrónico posee aproximadamente 160 pines de recolección de firmas básicas por lo cual se minimiza los patrones obtenidos.

Resistencias SMD y Condensadores de Tantalio. – Estos componentes actúan como circuitos de filtrado de frecuencias parásitas que no deben llegar al microprocesador; esta región se conoce como Bloque de Entrada, y acepta entradas analógicas y digitales de los numerosos sensores del vehículo para procesarlas en la memoria principal de la ECU.

En la Tabla 5 se puede observar las imágenes que se obtuvo mediante el diagnóstico por imágenes del Bloque de Entrada y la interpretación de los datos de medición.

Tabla 5. Imágenes del Bloque de Entrada

Visualización de puntos de medición

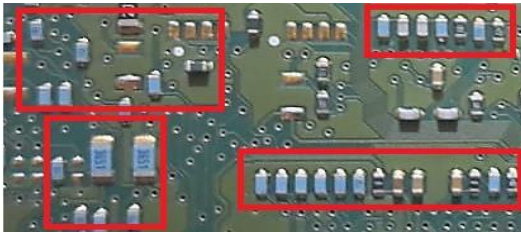


Imagen Lissajous

Elemento interno



Imagen Lissajous

Elemento interno

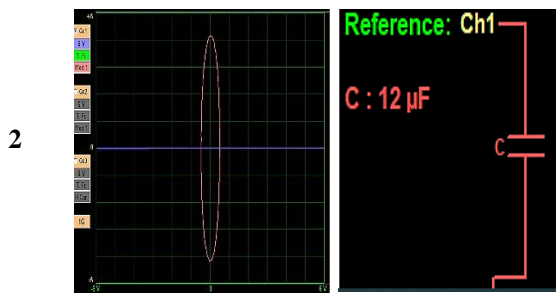


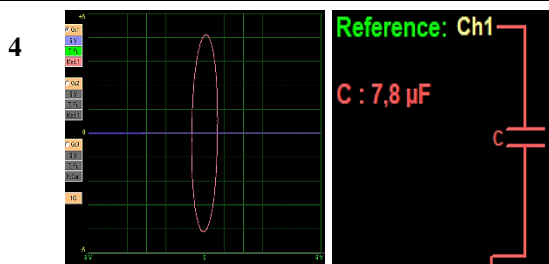
Imagen Lissajous

Elemento interno



Imagen Lissajous

Elemento interno



Interpretación. – Las mediciones de las diferentes resistencias SMD y condensadores de tantalio muestran 4 diferentes imágenes Lissajous que se repiten de manera simultánea por lo cual muestra un diagrama equivalente con resistencias de 69 kilo Ohmios y 26,9 kilo Ohmios dos condensadores de 12 micro Faradios y 7,8 micro Faradios. Estos componentes pasivos representan los circuitos de filtrado del Bloque de entrada de la ECU.

Regulador de Voltaje IC L9113. – El regulador de voltaje pertenece al Bloque de soporte de la ECU automotriz en el cual transforma la entrada de voltaje de la batería del vehículo de un promedio de 12 voltios a 5 voltios por lo cual se debe establecer un promedio bajo de voltaje para suministrar energía a los componentes internos de la unidad de control electrónica sin exceder un rango de voltaje elevado.

En la Tabla 6 se puede visualizar las imágenes que se obtuvo al desarrollar el diagnóstico por imágenes del Regulador de Voltaje IC L9113 y la interpretación de los resultados que se obtuvo des pues de haber realizado la prueba de diagnóstico por imágenes.

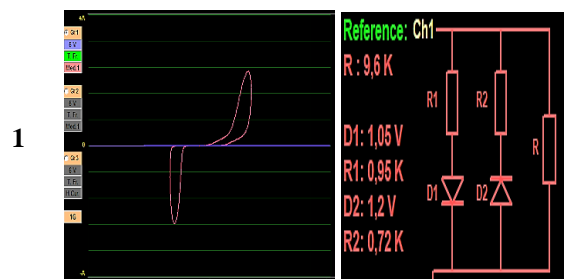
Tabla 6. Imágenes de Regulador de Voltaje IC L9113

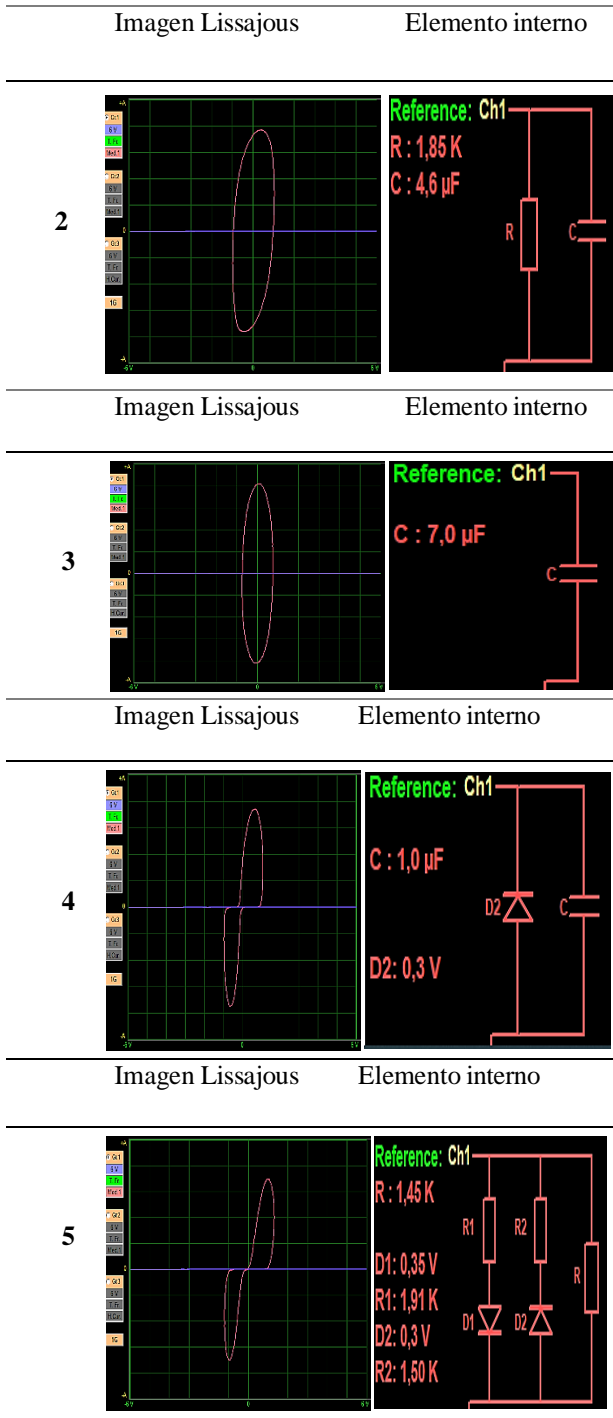
Visualización de puntos de medición



Imagen Lissajous

Elemento interno





Interpretación. – La obtención de patrones se visualiza en 5 puntos diferentes del transformador de voltaje, por lo cual se observa los circuitos equivalentes internos en cada punto y adicional la conexión de diferentes elementos como capacitores, diodos y resistencias, las firmas básicas deben determinarse en 30 puntos diferentes pero para fase experimental se extrae simplemente un resumido conjunto de pines demostrando la efectividad de estas imágenes para almacenarlas y visualizar las mismas en un componente similar con las mismas características.

3.4 Resultados experimentales con métodos tradicionales.

Existen métodos tradicionales de medición que son efectivos de manera limitada por lo cual se añade un conocimiento inicial del uso general de herramientas convencionales como el multímetro automotriz y el osciloscopio, se denota estas alternativas como punto inicial de partida con respecto a las imágenes Lissajous demostrando ciertas limitantes al no generar circuitos equivalentes internos que sean visibles ante un software o hardware a diferencia del FADOS9F1 que simplifica este procedimiento de medición de forma efectiva.

En la época anterior a los medidores digitales de Las figuras de Lissajous eran una técnica popular para calcular las frecuencias de sonidos y transmisiones de radio en la época anterior a los frecuencímetros digitales. El procedimiento consistía en aplicar la señal a controlar en el eje vertical de un osciloscopio y una señal de frecuencia conocida en el eje horizontal. La figura resultante en la pantalla dependía de la relación entre las frecuencias de ambas señales. Para reproducir este método en nuestro laboratorio, configuraremos el osciloscopio en modo X-Y. Esto desactivará la base de tiempo y permitirá inyectar la señal horizontal en el canal X y la señal vertical en el canal Y. Posteriormente, consultaremos el manual del osciloscopio para identificar el comando o los comandos específicos que permiten activar el modo X-Y. En la Figura 20 se pudo visualizar un Osciloscopio [13].



Figura 20. Osciloscopio Modo X_Y.

En el mundo de la medición eléctrica, existen dos tipos de multímetros: digitales y analógicos. Los multímetros digitales se distinguen por convertir los datos analógicos recogidos durante la prueba en información digital que se muestra en una pantalla. Esta característica les otorga mayor precisión en

comparación con los multímetros analógicos, ya que la lectura en una aguja puede presentar errores de apreciación. Los multímetros analógicos, por su parte, muestran el resultado de la medición moviendo una aguja sobre una escala para indicar el valor medido. Su precisión de medida de tensión es de alrededor del 1%, y su rango de medida es de 0,4 mV a 1000 V. En conclusión, la principal distinción entre los dos tipos de multímetros es cómo muestran la información: digital o analógica. Los multímetros digitales, como el que se observa en la Figura 21 ofrecen una mayor precisión, aunque los analógicos son menos caros y más fáciles de manejar. El tipo adecuado de multímetro vendrá determinado por las necesidades individuales del usuario. [14].



Figura 21. Multímetro Automotriz.

• **Medición convencional de Driver DE37**

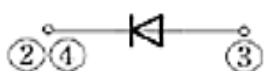
En la Tabla 7 se observa la medición con un multímetro automotriz, se puede diagnosticar el diodo rectificador interno que es un activador unidireccional hacia una sola dirección para activar a los diferentes actuadores del vehículo por lo cual en escala de diodos se procede a obtener la medición de voltaje típico de 0.6, denotando el correcto funcionamiento del componente.

Tabla 7. Datasheet Driver DE37.

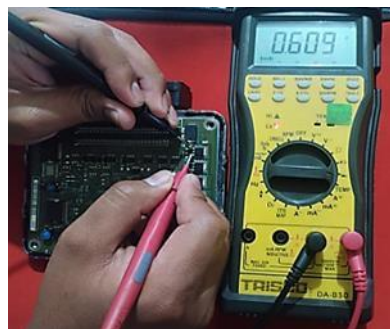
Circuito interno equivalente Driver DE37



CIRCUITO EQUIVALENTE



Medición con método convencional Driver DE37



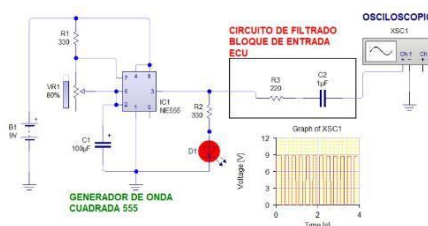
• **Medición convencional de Bloque de Entrada**

Los circuitos filtro que poseen una resistencia SMD y un condensador de tantalio normalmente reciben señales de efecto HALL que son ondas voltaje con respecto al tiempo de tipo cuadrada al ingresar estos pulsos se obtiene una señal rectificada que mediante el osciloscopio se puede denotar si el circuito de filtrado funciona de manera óptima puesto que la memoria principal no puede aceptar ingreso de datos que no sean rectificadas por ruido eléctrico, vibración o aumento de temperatura interna de algún componente.

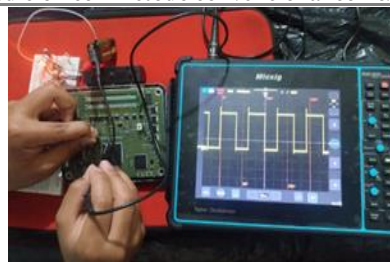
En la Tabla 8 se puede observar la medición realizada mediante el osciloscopio este tipo de diagnóstico es de una manera tradicional.

Tabla 8. Mención con método convencional con osciloscopio.

Circuito filtrado del bloque de entrada



Medición con método convencional con osciloscopio



4. Conclusiones

La verificación de componentes eléctricos y electrónicos mediante el diagnóstico por imágenes denota un procedimiento efectivo para determinar el óptimo estado de los componentes enmascarados de diferentes placas electrónicas o unidades de control automotriz.

Las imágenes Lissajous obtenidas en la investigación son patrones de diagnóstico que permiten comparar mediante firmas básicas otros componentes con las mismas características puesto que en primer lugar se analiza elementos en óptima condición para descartar con los datos obtenidos los elementos electrónicos que no generan el mismo patrón de diagnóstico y reemplazarlos en su totalidad.

Los equipos especiales poseen un manual de usuario o fabricante que permite ejecutar todas las funciones y características de medición con respecto al FADOS9F1, obteniendo las ventajas efectivas de la utilización del equipo de diagnóstico.

Las firmas básicas o imágenes Lissajous pueden establecer varias combinaciones o patrones de los elementos iniciales como diodo, resistencia, bobina, capacitor por lo cual se genera bibliotecas virtuales de diferentes componentes electrónicos que sirven como guía de diagnóstico y comparación de un determinado componente de características similares.

Los métodos convencionales de medición como el uso de osciloscopio y multímetro automotriz tienen una efectividad y precisión menor a diferencia del FADOS9F1 por la generación las distintas imágenes Lissajous y circuitos equivalentes que mediante un software y hardware emplea una mejor visualización de los elementos internos de un determinado componente.

Referencias

[1] Augeri, F. (23 de Junio de 2015). *CISE Electronics*. Recuperado el 04 de Mayo de 2017, de CISE Electronics:

<http://www.cise.com/portal/component/k2/item/759-curso-online-diagn%C3%B3stico-por-im%C3%A1genes-en-electr%C3%B3nica-automotriz.html>

- [2] Pallas, R. (2006). *Instrumentos electrónicos básicos*. España: Marcombo S.A.
- [3] Soriano, S.: ABI Electronics. Obtenido de ABI Electronics (2014).
- [4] Alonso, J.: Técnicas del automovil. Sistemas de inyección de combustible en los motores diesel. Madrid: Paraninfo (2001).
- [5] FADOS9F1 Detector de fallas y osciloscopio 9 funciones en 1 Dispositivo Manual de Usuario, ProT Ar-Ge Ltd., Industrial Project Design R&D Co. Ltd., Turkey, 2017.
- [6] Stanley & Richard. (1992). Guía para Mediciones Electrónicas y Practicas de Laboratorio. México D.F.: Pearson Educación.
- [7] Diagnóstico por imágenes, <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/757-diagn%C3%B3stico-por-im%C3%A1genes.html>, ultimoacceso 2022/02/06.
- [8] CISE. (08 de Febrero de 2015). *Diagnóstico por Imágenes*. Obtenido de <https://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/757-diagn%C3%B3stico-por-im%C3%A1genes.html>
- [9] G. Erazo, E. Guangaje & L. Murillo. (2016). Diagnóstico por Imagen del Sistema de Control Electrónico de Inyección Diésel Riel Común CRDI. Infociencia., Latacunga: ESPE.
- [10] autosoporte.com. (14 de 11 de 2021). Ecu Automotriz. Obtenido de <https://autosoporte.com/cursoautomotriz/las-funciones-que-lleva-a-cabo-la-ecu-automotriz/>
- [11] Sanchez J. and Taipe R. "Investigación de los parámetros de funcionamiento del sistema de inyección de combustible de los vehículos Hyundai para desarrollar la construcción de un banco de pruebas de verificación de ECUs". Latacunga: ESPE, 2018.
- [12] Vélez D. and Caiza L. "Investigación del diagnóstico por imagen del grupo inversor – propulsor de vehículos híbridos". Latacunga: ESPE, 2017.

- [13] D. Bolaños. (10 de Mayo de 2015). Figuras de Lissajous. Obtenido de <https://www.bolanosdj.com.ar/PROBLEMAS/TpLissajous.pdf>
- [14] transelec.com.ar. (1 de Octubre de 2023). EL MULTÍMETRO Y SU FUNCIONAMIENTO. Obtenido de <https://www.transelec.com.ar/soporte/18542/el-multimetro-y-su-funcionamiento/>
- [15] fluke.com. (12 de Noviembre de 2023). Multímetro para automoción Fluke 88V Deluxe. Obtenido de <https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/multimetros-digitales/fluke-88v>