



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO AUTOMOTRIZ MEDIANTE LA ESTRATEGIA
DE TRAZADORES CORRIENTE-VOLTAJE**

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

AUTORES: JOSUÉ ALEXANDER LUCERO GUAMÁN
JONNATHAN JAVIER DUTÁN LLIGUICHUZHCA
TUTOR: ING. JUAN DIEGO VALLADOLID QUITOISACA, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Nosotros, Josué Alexander Lucero Guamán con documento de identificación N° 0106272529 y Jonnathan Javier Dután Lliguichuzhca con documento de identificación N° 0302939533; 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.

Cuenca, 19 de julio del 2023

Atentamente,



Josué Alexander Lucero Guamán

0106272529

Jonnathan Javier Dután Lliguichuzhca

0302939533

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

Nosotros, Josué Alexander Lucero Guamán con documento de identificación N° 0106272529 y Jonnathan Javier Dután Lliguichuzhca con documento de identificación N° 0302939533, 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 Proyecto técnico: “Diagnóstico electrónico automotriz mediante la estrategia de trazadores corriente-voltaje”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, 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.

Cuenca, 19 de julio del 2023

Atentamente,

Josué Alexander Lucero Guamán

0106272529

Jonnathan Javier Dután Lliguichuzhca

0302939533

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Diego Valladolid Quitoisaca con documento de identificación N°0104821210 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO AUTOMOTRIZ MEDIANTE LA ESTRATEGIA DE TRAZADORES CORRIENTE-VOLTAJE, realizado por Josué Alexander Lucero Guamán con documento de identificación N° 0106272529 y por Jonnathan Javier Dután Lliguichuzhca con documento de identificación N° 0302939533, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 19 de julio del 2023

Atentamente,



Ing. Juan Diego Valladolid Quitoisaca, MSc.

0104821210

DEDICATORIA

Este proyecto les dedico a mis queridos padres Narciza Guamán y Eddy Lucero, su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios han sido la base de mi camino hacia el éxito académico. Gracias por creer en mí, por alentarme en cada paso y por ser mi inspiración. Su amor y guía han sido fundamentales en este proceso.

A mi amada abuela Ana Vidal, quien siempre ha estado presente en mi vida, sus palabras de aliento y sabios consejos me han impulsado a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Su amor y apoyo incondicional siempre me han dado fuerzas para superar los obstáculos.

A mis tíos y primos, quienes han estado a mi lado en todo momento, brindándome su cariño, comprensión y palabras de aliento. Gracias por ser una fuente constante de alegría, por compartir risas y por celebrar mis logros como si fueran los suyos propios. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable.

A todos ustedes, mi familia amada, les dedico este logro. Cada uno de ustedes ha sido una pieza fundamental en mi camino hacia el éxito. Sus palabras de aliento, su amor incondicional y su confianza en mí me han impulsado a superar todos los desafíos y a llegar hasta aquí. Este logro no solo es mío, sino también de todos ustedes.

Gracias por ser mi fuente de inspiración, por creer en mí y por acompañarme en este hermoso viaje. Esta tesis es un testimonio del amor, el apoyo y la unidad que hemos compartido como familia. Les estaré eternamente agradecido. Con todo mi amor y gratitud.

Josué Alexander Lucero Guamán

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mis padres, Manuel Dután y Luz Lliguichuzhca, por su incondicional apoyo a lo largo de toda mi vida. Agradezco su paciencia, confianza y por haber creído en mí. Su sacrificio ha sido fundamental en el camino que he recorrido y se refleja en el logro de esta carrera.

También dedico este trabajo a mi amada esposa, Jennyfer Minchala, por su confianza y constante apoyo en cada momento. Agradezco su amor incondicional y por nunca haber dejado de creer en mí.

A mis queridos hijos, Jhon Jairo y Elian Sebastián, les dedico este logro. Han sido mi mayor alegría y la razón por la que siempre he luchado por salir adelante. Todo lo que hago es por su bienestar y futuro.

Asimismo, quiero dedicar este proyecto a mis hermanas, Paola y Karen, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome su apoyo en este camino educativo.

A todos ustedes, mi familia amada, les agradezco profundamente por su amor, comprensión y respaldo incondicional. Su presencia en mi vida ha sido fundamental para alcanzar este logro académico. Este proyecto está dedicado a cada uno de ustedes, quienes han sido mi motor y fuente de inspiración en todo momento.

Jonnathan Javier Dután Lliguichuzhca

AGRADECIMIENTO

Hoy, al finalizar este importante capítulo de mi vida con la culminación de mi tesis, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a cada uno de ustedes, quienes han sido pilares fundamentales en mi camino hacia el logro de este objetivo.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, quien ha sido mi guía constante a lo largo de este viaje académico. Su amor incondicional, fortaleza y bendiciones han sido mi motor y mi refugio en los momentos de dificultad. Sin Su infinita gracia y dirección divina, este logro no habría sido posible.

A mis amados padres, su inquebrantable apoyo y amor han sido el cimiento de mi éxito. Gracias por creer en mí desde el principio, por su dedicación y sacrificio incansables. Sus palabras de aliento, paciencia y confianza en mis capacidades han sido mi motivación constante. No tengo palabras suficientes para expresar mi gratitud eterna hacia ustedes.

Agradezco a mis tíos y primos, gracias por su cariño incondicional, sus palabras de aliento y su constante alegría. Siempre han estado presentes en cada etapa de mi vida y apoyándome en todos mis proyectos. Su amor y apoyo han sido un regalo invaluable que valoro profundamente.

A mi estimado tutor de tesis, Diego Valladolid, quiero expresar mi sincero agradecimiento por su orientación experta y su dedicación durante todo este proceso. Sus conocimientos, paciencia y compromiso han sido fundamentales en la culminación exitosa de mi investigación. Gracias por brindarme su tiempo, su experiencia y por impulsarme a dar lo mejor de mí en cada paso del camino.

A todos aquellos que han sido parte de este viaje, desde amigos hasta profesores y compañeros de estudio, les agradezco por su apoyo, sus palabras alentadoras y su confianza en mí. Cada interacción y cada momento compartido han dejado una huella

invaluable en mi crecimiento personal y académico.

Finalmente, quiero recordar que este logro es el resultado del esfuerzo colectivo de todos aquellos que han estado a mi lado. Su amor, amistad y apoyo han sido la fuerza impulsora detrás de mi éxito. Los llevo en mi corazón y les estaré eternamente agradecido.

Josué Alexander Lucero Guamán

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Agradezco su amor incondicional, su protección y su constante provisión. Sin su divina presencia, nada de esto sería posible.

También quiero agradecer a mi familia, en especial a mis padres, Manuel Dután y Luz Lliguichuzhca, por su apoyo incondicional, su paciencia y su confianza en mí. Gracias por estar a mi lado, por brindarme su amor y por haber sacrificado tanto para verme triunfar. Su apoyo ha sido fundamental en mi vida y en la realización de esta tesis.

A mi amada esposa, Jennyfer Minchala, quiero agradecerte por ser mi compañera de vida, por tu amor incondicional y por tu constante apoyo en cada etapa de este proceso. Gracias por creer en mí, por estar a mi lado y por ser mi mayor motivación.

A mis hijos, Jhon Jairo y Elian Sebastián, quiero expresar mi profundo agradecimiento. Ustedes son mi mayor inspiración y motor. Su alegría y amor incondicional me han dado fuerzas para seguir adelante y alcanzar mis metas.

A mis queridas hermanas, Paola y Karen, les agradezco por su constante apoyo y por estar siempre presentes en mi vida. Su cariño y aliento han sido un gran respaldo durante mi trayecto educativo.

Finalmente, quiero agradecer a todos aquellos que, de una u otra manera, han contribuido en mi formación académica y en la realización de esta tesis. A mis profesores, amigos y compañeros de estudio, gracias por su apoyo, por compartir sus conocimientos y por ser parte de mi crecimiento personal y profesional.

Jonnathan Javier Dután Lliguichuzhca

RESUMEN

En el mantenimiento correctivo de vehículos automotores, se han identificado inconvenientes relacionados con la detección de fallos eléctricos y electrónicos que resultan difíciles de visualizar a simple vista. La naturaleza compleja de estos fallos a menudo lleva a los técnicos a confundirlos con problemas mecánicos, lo que da lugar a una inversión prolongada de tiempo en la identificación del origen de la falla.

Para solucionar esta problemática, se propone un proyecto que se enfoca en determinar el correcto funcionamiento de los componentes eléctricos y electrónicos del vehículo, identificar el elemento activo, pasivo o de potencia que está fallando y verificar si los sensores y actuadores necesitan mantenimiento o reemplazo. Para lograr esto, se utilizarán trazadores para comparar las ondas obtenidas con lo recomendado por el fabricante o el manual de servicio.

Con el objetivo de profundizar en el tema, en el primer capítulo se lleva a cabo un estado del arte basado en la revisión de investigaciones relevantes, como artículos científicos, documentos web, tesis, trabajos previos, entre otros. La selección cuidadosa de los documentos pertinentes permitirá establecer una guía para el diagnóstico de fallos electrónicos y eléctricos utilizando trazadores I-V.

En el segundo capítulo se describe la metodología de diseño de experimentos empleada para detectar fallos en los sistemas eléctricos de vehículos. En esta etapa, se llevan a cabo varias actividades, entre ellas, la selección de los componentes eléctricos en los que se trabajará. Además, se obtienen las curvas características de estos elementos eléctricos mediante el trazador I-V y se procede a comparar sus gráficas correspondientes.

En el tercer y último capítulo se realiza un análisis de resultados con el propósito de verificar la información obtenida mediante el uso del trazador de curvas I-V, y se lleva a

cabo una revisión exhaustiva del proceso de desarrollo. El objetivo principal de esta etapa es generar conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, lo que permitirá a los profesionales diagnosticar de manera rápida y sencilla los fallos electrónicos y eléctricos de los vehículos.

Palabras Claves: *Diagnóstico, Fallos, Eléctrico, Sensores, Trazadores, Graficas.*

ABSTRACT.

In the corrective maintenance of motor vehicles, problems have been identified related to the detection of electrical and electronic failures that are difficult to visualize with the naked eye. The complex nature of these failures often leads technicians to confuse them with mechanical problems, resulting in a lengthy investment of time in identifying the source of the failure. To solve this problem, a project is proposed that focuses on determining the correct functioning of the electrical and electronic components of the vehicle, identifying the active, passive or power element that is failing and verifying if the sensors and actuators need maintenance or replacement. To achieve this, tracers will be used to compare the waves obtained with what is recommended by the manufacturer or the service manual. In order to deepen the subject, in the first chapter a state of the art is carried out based on the review of relevant research, such as scientific articles, web documents, theses, previous works, among others. Careful selection of relevant documents will allow establishing a guide for the diagnosis of electronic and electrical failures using I-V tracers.

The second chapter describes the experimental design methodology used to detect failures in vehicle electrical systems. In this stage, several activities are carried out, among them, the selection of the electrical components that will be worked on. In addition, the characteristic curves of these electrical elements are obtained using the I-V tracer and their corresponding graphs are compared.

In the third and last chapter, an analysis of results is carried out with the purpose of verifying the information obtained through the use of the I-V curve tracer, and an exhaustive review of the development process is carried out. The main objective of this stage is to generate conclusions and recommendations based on the results obtained,

which will allow professionals to quickly and easily diagnose electronic and electrical failures in vehicles.

Keywords: Diagnosis, Failures, Electrical, Sensors, Tracers, Graph

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	25
2	PROBLEMA	26
2.1	Antecedentes.....	27
2.2	Importancia y Alcances	27
2.3	Delimitación.....	28
3	OBJETIVOS.....	29
3.1	Objetivo General.....	29
3.2	Objetivos Específicos	29
4	CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE..	30
4.1	Historia, fundamentos y tipos de trazadores de curvas IV	30
4.1.1	Historia.....	30
4.1.2	¿Qué es un trazador de curvas IV?	31
4.1.3	Introducción a los trazadores de curvas IV.....	31
4.1.4	Procedimiento del trazado de curvas IV	32
4.1.5	Aplicaciones prácticas de los trazadores de curvas IV	32
4.1.6	Curvas de Lissajous.	33
4.1.7	Avances en tecnología en los trazadores de curvas IV	34
4.2	Unidad de control electrónico ECU.	35
4.2.1	Diagnóstico electrónico	36
4.2.2	El sistema de control electrónico.	36
4.2.3	Función que cumple la ECU	37

4.2.4	Averías o fallos de la Unidad de Control Electrónico (ECU).....	37
4.2.5	Averías o fallos en los sensores del sistema	37
4.3	Sensores Automotrices	37
4.3.1	Sensor CMP.....	38
4.3.2	Sensor CKP.....	38
4.3.3	Sensor TPS.....	39
4.3.4	Sensor de oxígeno.....	40
4.3.5	Sensor de detonación (KS)	40
4.3.6	Sensor Map.	41
4.3.7	Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT).....	42
5	CAPITULO 2: ANALISIS DE CURVAS OBTENIDAS MEDIANTE EL DIAGNOSTICO POR IMÁGENES.	42
5.1	Introducción	42
5.2	Elaboración de los componentes para realizar el diagnóstico por imágenes 44	
5.3	Conexión de Circuito a osciloscopio.....	46
5.4	Componentes eléctricos y electrónicos básicos.....	47
5.4.1	Resistencias.....	47
5.4.2	Capacitancia.....	51
5.4.3	Diodo	55
5.5	Combinaciones más habituales de componentes eléctricos y electrónicos básicos.....	59

5.5.1	Resistencia y capacitancia.....	59
5.5.2	Resistencia y Diodo	62
5.5.3	Resistencia y transistor.	66
6	Capítulo 3: Pruebas en componentes electrónicos automotrices y análisis de resultados. 68	
6.1	Testeo de en principales componentes electrónicos automotrices..	68
6.2	Sensor CMP tipo hall.....	70
6.3	Sensor CKP.	71
6.4	Sensor MAP.....	72
6.5	Sensor MAF.....	73
6.6	Sensor APS.	75
6.7	Sensor O2.....	77
6.8	Comparación de mediciones.	79
6.9	Procedimiento de diagnóstico de sensores.	87
6.10	Preparación y configuración.	87
6.11	Captura de imágenes (Opcional).	87
6.12	Análisis de las imágenes.....	88
6.13	Interpretación y diagnóstico.....	88
6.14	Acciones correctivas.....	88
7	Experimentación adicional.	89
8	CONCLUSIONES	92
9	RECOMENDACIONES	94

10	Bibliografía.....	95
----	-------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de la universidad.....	28
Figura 2	Trazador Tektronix 570	31
Figura 3	Curva de productos corriente-voltaje y curva I-V	32
Figura 4	Trazador de curvas Tektronix	33
Figura 5	Curvas de Lissajous típica para diferentes señales.	34
Figura 6	El software Keithley IV Tracer.....	35
Figura 7	Unidad de Control Electrónico ECU.	35
Figura 8	Sistema de control electrónico	36
Figura 9	Sensor CMP	38
Figura 10	Sensor CKP	39
Figura 11	Sensor TPS.....	39
Figura 12	Sensor de oxígeno	40
Figura 13	Sensor KS.....	41
Figura 14	Sensor Map	41
Figura 15	Sensor IAT	42
Figura 16	Circuito diseñado para el diagnóstico por imágenes.....	43
Figura 17	Grafica obtenida de la fuente de alimentación.....	43
Figura 18	Elaboración del circuito en una placa perforada	44
Figura 19	Medidas de la carcasa realizadas en inventor	45
Figura 20	Carcasa diseñada en 3d en inventor	45
Figura 21	Carcasa impresa en 3d	46
Figura 22	Carcasa con circuito interno.....	46

Figura 23 Conexión del circuito al osciloscopio	47
Figura 24 Grafica senoidal de un elemento resistivo	48
Figura 25 Curva característica de la Resistencia R generada mediante el método de diagnóstico por imágenes.....	50
Figura 26 Curva característica de la resistencia testeada en función a su valor óhmico (8.2Ohms).....	50
Figura 27 Curva característica de la resistencia testeada en función a su valor óhmico (220 Ohms).....	51
Figura 28 Circuito de diagnóstico por imágenes de un capacitor	51
Figura 29 Circuito capacitivo	52
Figura 30 Curva característica del capacitor	54
Figura 31 Curva característica de un capacitor de 1uf obtenido en Simulink...	55
Figura 32 Curva característica del capacitor testeado en función a su capacitancia (10 uf).....	55
Figura 33 Circuito de diagnóstico por imágenes de un diodo	56
Figura 34 Características de un diodo semiconductor.....	56
Figura 35 Aproximaciones de un diodo	57
Figura 36 Curva característica de un diodo generada por el método de diagnóstico por imágenes.....	58
Figura 37 Gráfica característica de un diodo obtenido en el software Multisim	58
Figura 38 Circuito de testeo a un resistor y un capacitor en serio realizado en Multisim	59
Figura 39 Conexión de osciloscopio para el circuito de testeo realizado en Multisim	60

Figura 40 Onda obtenida mediante la técnica de diagnóstico por imágenes en Multisim	61
Figura 41 Onda obtenida del osciloscopio mediante Ultrascope	62
Figura 42 Onda obtenida del osciloscopio mediante Ultrascope	62
Figura 43 Circuito de diagnóstico por imágenes para una resistencia y un diodo en serio realizado en Multisim.....	63
Figura 44 Curva de una resistencia y un diodo en serie generada por diagnóstico por imágenes.....	64
Figura 45 Curva generada por una resistencia y un diodo en serie realizado en Multisim	64
Figura 46 Curva generada por una resistencia y un diodo observada en el osciloscopio mediante Ultrascope	65
Figura 47 Curva generada por una resistencia y un diodo observada en el osciloscopio mediante Ultrascope	65
Figura 48 Curva generada por una resistencia y un diodo observada en el osciloscopio mediante Ultrascope	66
Figura 49 Circuito de testeo para un resistor y un transistor conectados en paralelo	67
Figura 50 Conexión del osciloscopio en el circuito de testeo para un transistor con una resistencia en paralelo	67
Figura 51 Curva generada por una resistencia y un transistor observada en el osciloscopio mediante Ultrascope	68
Figura 52 Gráfica obtenida de un sensor CMP	71
Figura 53 Gráfica obtenida de un sensor CKP	72
Figura 54 Gráfica obtenida de un sensor MAP	73

Figura 55 Gráfica obtenida de un sensor MAF	75
Figura 56 Gráfica de un sensor APS con posición del pedal al 100%	76
Figura 57 Gráfica de un sensor APS con posición del pedal al 0%	77
Figura 58 Gráfica del sensor O ₂ de dióxido de titanio.....	78
Figura 59 Gráfica sensor de oxígeno de dióxido de circonio.....	79
Figura 60 ECU y pines Hyundai Sonata 1993-1998	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de graficas de sensores	80
Tabla 2 Pines ECU Hyundai Sonata 1993-1998	90
Tabla 3 Señales de sensores tomadas desde la ECU de Hyundai sonata 1993-1998	90

1 INTRODUCCIÓN

La detección de fallos eléctricos y electrónicos en vehículos automotores es una tarea compleja que puede llevar a los técnicos a confundir estos problemas con fallas mecánicas, generando una inversión prolongada de tiempo en la identificación del origen de la falla. Con el objetivo de solucionar esta problemática, se propone un proyecto que se enfoca en determinar el correcto funcionamiento de los componentes eléctricos y electrónicos del vehículo, identificar el elemento activo, pasivo o de potencia que está fallando y verificar si los sensores y actuadores necesitan mantenimiento o reemplazo. Para lograr esto, se utilizarán trazadores para comparar las ondas obtenidas con lo recomendado por el fabricante o el manual de servicio.

En el primer capítulo de esta tesis se lleva a cabo un estado del arte basado en la revisión de investigaciones relevantes, como artículos científicos, documentos web, tesis y trabajos previos, con el objetivo de profundizar en el tema y establecer una guía para el diagnóstico de fallos electrónicos y eléctricos utilizando trazadores I-V.

En el segundo capítulo se describe la metodología de diseño de experimentos empleada para detectar fallos en los sistemas eléctricos de vehículos. En esta etapa, se llevan a cabo varias actividades, entre ellas, la selección de los componentes eléctricos en los que se trabajará. Además, se obtienen las curvas características de estos elementos eléctricos mediante el trazador I-V y se procede a comparar sus gráficas correspondientes.

Finalmente, en el tercer capítulo se realiza un análisis de resultados con el propósito de verificar la información obtenida mediante el uso del trazador de curvas I-V, y se lleva a cabo una revisión exhaustiva del proceso de desarrollo. El objetivo principal de esta etapa es generar conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, lo que permitirá a los profesionales diagnosticar de manera rápida

y sencilla los fallos electrónicos y eléctricos de los vehículos. Con esta tesis se espera mejorar significativamente el mantenimiento correctivo de vehículos automotores y contribuir al desarrollo de una industria más eficiente y seguro

2 PROBLEMA

El proyecto actual surge en respuesta a las dificultades encontradas en el mantenimiento correctivo de vehículos automotores, en el que se presentan fallos eléctricos y electrónicos que son difíciles de detectar a simple vista. Estas dificultades surgen de la posible confusión entre fallos mecánicos y fallos en componentes electrónicos, lo que ocasiona que el técnico encargado de la reparación deba invertir un tiempo prolongado en identificar el origen del problema.

La detección de fallos electrónicos en vehículos automotores no es una tarea sencilla y requiere de herramientas especializadas. En primer lugar, se utilizan códigos de falla en la unidad de control que pueden ser leídos mediante un escáner automotriz para identificar posibles problemas en sensores o actuadores. Sin embargo, estos fallos no siempre se deben a un problema en los sensores, sino que en ocasiones pueden ser causados por falsos contactos o interferencias que solo pueden ser detectados mediante un osciloscopio.

La interpretación de las ondas sugeridas por los manuales de servicio para cada componente es crucial en el proceso de diagnóstico, y solo un técnico especializado puede llevar a cabo esta tarea. A pesar de que la detección de fallos mediante trazadores de curvas es efectiva, el alto costo en el mercado de dispositivos de diagnóstico por trazadores limita su uso en centros de revisión técnica vehicular y dificulta su acceso. (RTV).

2.1 Antecedentes

El diagnóstico de fallas electrónicas en vehículos es un tema de investigación activo en el campo de la ingeniería automotriz, y existen numerosos estudios y trabajos previos que abordan esta problemática.

Los trazadores I-V, en particular, son una técnica utilizada para el diagnóstico de fallas en componentes electrónicos y eléctricos, y han sido empleados en diversos estudios previos para la detección y localización de fallas en sistemas automotrices. El uso de trazadores I-V permite obtener información valiosa sobre el comportamiento de los componentes electrónicos y eléctricos, lo que facilita la identificación de fallas y la realización de diagnósticos precisos.

2.2 Importancia y Alcances

El beneficio a la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, con el aporte al conocimiento acerca del diagnóstico de fallas electrónicas en un automóvil es fundamental para los ingenieros automotrices, ya que permite identificar y solucionar problemas en el sistema eléctrico y electrónico del vehículo. La complejidad de los sistemas electrónicos en los vehículos modernos hace que sea cada vez más difícil detectar y solucionar fallas sin la ayuda de herramientas y técnicas especializadas.

El diagnóstico adecuado de fallas electrónicas en un automóvil es importante porque puede evitar costosos reemplazos innecesarios de componentes, reducir el tiempo de reparación y minimizar el tiempo de inactividad del vehículo. También puede mejorar el rendimiento y la eficiencia del vehículo, así como la seguridad del conductor y los pasajeros.

En la carrera de Ingeniería Automotriz, el conocimiento y habilidades en el diagnóstico de fallas electrónicas son fundamentales para el desarrollo de profesionales competentes y capaces de resolver problemas en los vehículos modernos. Además, la capacidad de diagnosticar y resolver fallas electrónicas puede ser un valor agregado importante para los ingenieros en su carrera profesional, ya que es un área cada vez más importante en la industria automotriz.

2.3 Delimitación

El presente proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2500 m.s.n.m, una extensión de 70.59 km² y una población aproximada de 580000 habitantes.

Figura 1

Ubicación de la universidad.



Tomada de autores

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Diagnosticar fallas electrónicas automotrices mediante la estrategia de trazadores corriente-voltaje.

3.2 Objetivos Específicos

- Generar un estudio del estado del arte en referencia al diagnóstico de los elementos electrónicos y eléctricos del vehículo, para la detección de fallos de estos mediante trazadores de curva I-V
- Establecer una metodología de diseño experimentos para la detención de fallos en los sistemas eléctricos de vehículos.
- Realizar un análisis de resultados mediante los datos obtenidos con el trazador en el cual se diagnostique las fallas de los sistemas electrónicos automotrices.

4 CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE

4.1 Historia, fundamentos y tipos de trazadores de curvas IV

Los trazadores de curvas IV se basan en los fundamentos de la ley de Ohm y las características de los dispositivos semiconductores. Según la ley de Ohm, la corriente que fluye a través de un dispositivo es directamente proporcional al voltaje aplicado y la resistencia del dispositivo. Sin embargo, en los dispositivos semiconductores, la relación corriente-voltaje puede ser más compleja debido a fenómenos como el efecto de temperatura y la presencia de barreras de energía. (Streetman & Banerjee)

4.1.1 Historia

El trazador de curvas IV, es un instrumento utilizado en la electrónica para medir y visualizar la relación corriente-voltaje (IV) de un dispositivo eléctrico, como un diodo o un transistor.

El trazador de curvas IV fue inventado por Robert Norman (Bob) Hall en la década de 1940 mientras trabajaba en Tektronix, una empresa estadounidense de instrumentos de medición electrónica. El diseño original del trazador de curvas IV de Hall, conocido como el 570 de Tektronix, fue un gran avance en la medición y caracterización de componentes electrónicos, y fue ampliamente adoptado por la industria electrónica.

Desde entonces, se han desarrollado diferentes tipos de trazadores de curvas IV, incluyendo versiones manuales y automatizadas, y son ampliamente utilizados en la investigación, desarrollo y producción de dispositivos electrónicos. (The museum of Tek Scopes, 2013)

Figura 2

Trazador Tektronix 570



Tomado de (The museum of Tek Scopes, 2013)

4.1.2 ¿Qué es un trazador de curvas IV?

El trazador de curvas IV es un instrumento fundamental para la medición y caracterización de dispositivos electrónicos, permitiendo la visualización de la relación corriente-voltaje (IV) de un componente. En este documento se presenta un estado del arte sobre los trazadores de curvas IV, cubriendo desde su invención en la década de 1940 hasta las últimas tendencias en la industria. (Vejar, 2021)

El software de análisis, denominado FADOS, despliega gráficos de Voltaje-Corriente y realiza mediciones de los componentes, lo que permite un análisis detallado de su comportamiento eléctrico y térmico. Este enfoque proporciona una representación clara y visual de las características de los componentes, facilitando la identificación de posibles fallas o anomalías. (Augeri, CISE Electrónica , s.f.)

4.1.3 Introducción a los trazadores de curvas IV

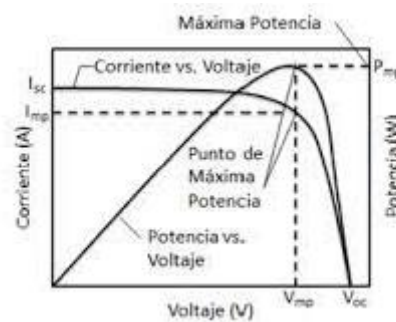
Un trazador de curvas IV es un dispositivo utilizado para caracterizar componentes electrónicos, como células solares, baterías y diodos, y determinar su comportamiento eléctrico. El trazador de curvas IV aplica diferentes niveles de tensión

a través del componente y mide la corriente resultante que fluye a través de él. (Floyd, 2008)

Además, la curva IV también puede ayudar a identificar posibles problemas o fallos en los componentes y permitir comparar y evaluar diferentes dispositivos. En un gráfico de curva IV, el eje horizontal generalmente representa el voltaje aplicado, mientras que el eje vertical muestra la corriente resultante. (Autores)

Figura 3

Curva de productos corriente-voltaje y curva I-V



Tomado de (Vargas & Abrahamse, 2014)

4.1.4 Procedimiento del trazado de curvas IV

Para trazar una curva IV, se varía la tensión aplicada y se mide la corriente que fluye en cada punto, registrando los valores en un gráfico, con la corriente en el eje vertical y la tensión en el eje horizontal. Esta técnica permite determinar la resistencia, conductividad y capacidad de conducción de corriente de un material o dispositivo, así como identificar posibles problemas de funcionamiento. (Tiwari, Sundar Ghosh, & Gopal Krishna, 2021)

4.1.5 Aplicaciones prácticas de los trazadores de curvas IV

El trazado de curvas IV se utiliza ampliamente en la caracterización de dispositivos electrónicos, incluyendo diodos, transistores, células solares, etc. Esta técnica también se utiliza en la evaluación de la calidad de los paneles solares, el análisis

de la resistencia de contacto y el análisis de la estabilidad térmica de los dispositivos. (Singh, 2012)

Un trazador de curvas es un dispositivo de prueba electrónico fundamental que se utiliza para realizar el trazado de curvas IV mediante el análisis de las características de los dispositivos semiconductores, como diodos, transistores, tiristores, etc. A menudo se utilizan en aplicaciones de fiabilidad de dispositivos, como el análisis de fallas y la caracterización paramétrica.

A lo largo de los años, se lanzaron modelos más complejos y sofisticados para probar transistores, diodos y otros dispositivos de estado sólido. (Singh, 2012)

Figura 4

Trazador de curvas Tektronix



Tomado de (Gorley, Curve Tracer vs. IV Curve Tracer Software, 2021)

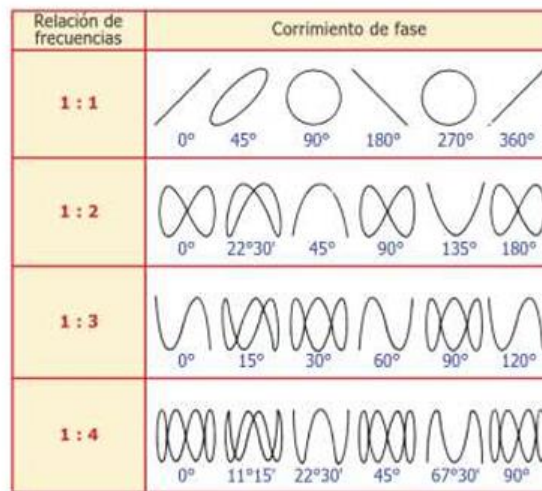
4.1.6 Curvas de Lissajous.

Una figura de Lissajous es la representación gráfica de la trayectoria de un punto en movimiento que resulta de la combinación de movimientos armónicos simples. Se dice que un punto sigue un movimiento vibratorio de tipo Movimiento Armónico Simple (M.A.S) cuando su posición en función del tiempo se describe mediante una función senoidal. Este tipo de movimiento es periódico y se caracteriza por oscilaciones de vaivén,

en las cuales un cuerpo oscila de un lado a otro de su posición de equilibrio en una dirección específica y en intervalos de tiempo uniformes. Cuando una partícula se somete a este tipo de movimiento, experimenta oscilaciones alrededor de un punto central. (Castro Canjura, y otros, 05-06-2013)

Figura 5

Curvas de Lissajous típica para diferentes señales.



Tomado de (Rodríguez, 2001)

Las curvas de Lissajous, es la gráfica del sistema de ecuaciones paramétricas correspondientes a la superposición de movimientos armónicos simples en direcciones perpendiculares:

$$x = A\sin(t\omega + \alpha), y = B\sin(t\omega + \beta), \delta = \alpha + \beta.$$

4.1.7 Avances en tecnología en los trazadores de curvas IV

Los trazadores de curvas IV (características de corriente-voltaje) son una herramienta importante para la caracterización de dispositivos semiconductores. A medida que la tecnología avanza, la demanda de dispositivos electrónicos más eficientes y confiables aumenta, lo que ha impulsado el desarrollo de nuevas tecnologías.

Figura 6

El software Keithley IV Tracer



Tomado de (Gorley, Software trazador de curva IV, 2021)

4.2 Unidad de control electrónico ECU.

La Unidad de Control Electrónico (ECU) recibe datos provenientes de distintos sensores y los analiza según su programa, con el fin de controlar los diversos componentes de encendido e inyección del sistema. Para llevar a cabo esta función, la ECU utiliza microprocesadores que recopilan información, la procesan y envían señales a los transistores para activar los diferentes circuitos actuadores.

Los principales microprocesadores involucrados en este proceso son el RAM (memoria de acceso aleatorio), el ROM (memoria de solo lectura) y el PROM (memoria programable de solo lectura), los cuales desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la unidad de control. Estos microprocesadores, en conjunto, forman el núcleo central de la Unidad Central de Procesamiento (CPU). (oocities, 2009)

Figura 7

Unidad de Control Electrónico ECU.



Tomado de (oocities, 2009)

4.2.1 Diagnóstico electrónico

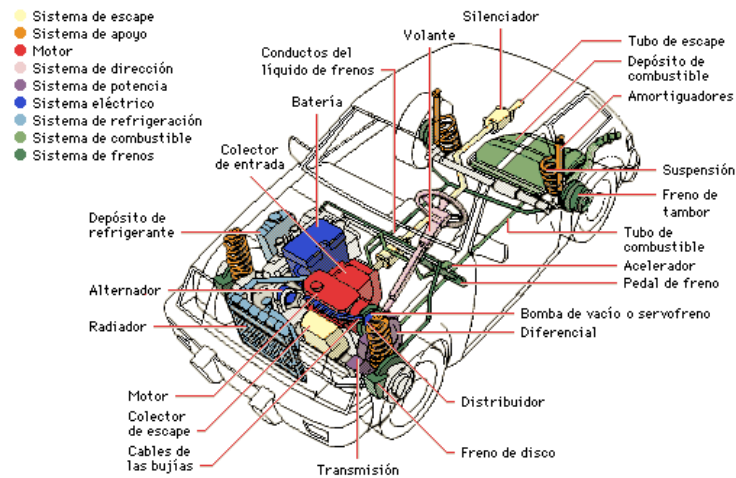
El diagnóstico electrónico consiste en la revisión de los sistemas del vehículo controlados electrónicamente, utilizando herramientas de vanguardia que permitan identificar fallas de los elementos como actuadores, cableado, sensores y computadoras de bordo. (SAE Automotriz, 2010)

4.2.2 El sistema de control electrónico.

El sistema de control electrónico es el encargado de gestionar todas las funciones eléctricas del automóvil y al igual que el módulo de control del motor, también suele ser conocido como centralita. No obstante, este sistema de gestión recibe un nombre distinto cuyas siglas son ECU. (Granell).

Figura 8

Sistema de control electrónico.



Nota. El sistema de control electrónico se encarga de gestionar todas las funciones eléctricas del vehículo. Tomado de (Rodes, 2015).

4.2.3 Función que cumple la ECU

La ECU recoge la información de los sensores electrónicos que están instalados en el automóvil para determinar el tipo funcionamiento que deberá aplicarse a otros elementos mediante la conexión o la desconexión de los actuadores. De esta manera, se ponen en marcha cada una de las piezas que requieren de corriente eléctrica para cumplir su cometido. (Granell)

4.2.4 Averías o fallos de la Unidad de Control Electrónico (ECU)

Una avería en este elemento del sistema hará que la puesta en marcha del automóvil sea imposible y probablemente se deba a que se ha desprogramado la unidad, aunque esta causa puede podrá estar determinada por diversos motivos como un exceso de tensión en el sistema o por la pérdida de información interna. (Granell)

4.2.5 Averías o fallos en los sensores del sistema

Las averías en alguno de los sensores que forman parte del sistema electrónico de un coche se traducirán en fallos y deficiencias de funcionamiento del motor, que en ocasiones podría dejar de funcionar o presentar dificultades para su puesta en marcha.

Algunos de los sensores que mayores fallos provocan en el sistema son: el sensor de revoluciones, el medidor de la presión del combustible y el sensor que mide la dosificación en la bomba de alta presión del vehículo. En el caso de que fallase el sensor de revoluciones del motor, éste dejaría de funcionar o directamente sería imposible ponerlo en marcha. (Granell)

4.3 Sensores Automotrices

Los sensores automotrices son dispositivos electrónicos encargados de medir la presencia de elementos de manera física y química, lleva la información a la ECU del automóvil.

4.3.1 Sensor CMP.

Como su nombre lo dice, este sensor identifica la posición del árbol de levas en el motor. Es importante mencionar que, este sensor en conjunto con el sensor CKP identifican la posición del pistón número 1, que se encuentra en fase de compresión o escape durante el recorrido desde el punto muerto superior al punto muerto inferior. Este sensor envía señal eléctrica a la ECU para que realice ajustes al tiempo de inyección. (Cajas Uyaguari & Cevallos Mijas, 2017).

Figura 9

Sensor CMP



Tomado de (Auto Avance, 2013)

4.3.2 Sensor CKP.

Como su nombre lo dice, este sensor identifica la posición y velocidad de giro del cigüeñal en el motor. Es importante mencionar que, este sensor en conjunto con el sensor CMP (del cual se habló anteriormente) identifican la posición del pistón número uno. (MTE-THOMSON, 2022).

Figura 10

Sensor CKP



Tomado de (Auto Avance, 2013).

4.3.3 Sensor TPS

El sensor de posición de la mariposa (TPS) se utiliza para monitorear la posición del acelerador en un motor de combustión interna, su función es de informar a la unidad de control EC las variaciones angulares de la mariposa del acelerador, indicando si el motor se encuentra operando en ralentí, media o carga o plena carga. (Cajas Uyaguari & Cevallos Mijas, 2017).

Figura 11

Sensor TPS



Tomado de (Codigos DTC, 2023).

4.3.4 Sensor de oxígeno.

El sensor de oxígeno se encarga en detectar las mezclas ricas o pobres mediante una señal que permite saber la cantidad de combustible que debe inyectarse al motor para asegurar que la proporción de aire y gasolina sea la correcta. Esta señal o parámetro de entrada es elaborada por la sonda lambda o sonda de oxígeno. (Códigos DTC, 2017)

Figura 12

Sensor de oxígeno



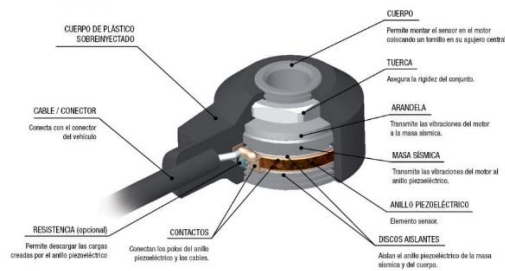
Tomado de (Códigos DTC, 2017).

4.3.5 Sensor de detonación (KS)

El sensor de detonación también conocido como detector de picado, pertenece al circuito de encendido. Su misión es informar a la centralita de la presencia de detonación, para que así esta disminuya el ángulo de avance al encendido, hasta que desaparezca. Con su información, la centralita mantiene el ángulo de avance al encendido en los máximos valores que admite, en el umbral de la detonación, para así obtener el máximo rendimiento del motor, en función del combustible empleado. (Pérez Bélló, 2017)

Figura 13

Sensor KS



Nota. *Constitución del sensor KS.* Tomado de (Ingeniería y mecánica automotriz, 2020).

4.3.6 Sensor Map.

Se encarga de evaluar el nivel de carga, ya utilizada en otros sistemas tales como el encendido, conoce como sensores MAP (Manifold Air Pressure, Presión de aire en el colector) o sensores de presión absoluta. Mide directamente el grado de depresión existente en el colector de admisión, entre la mariposa y la culata. A partir de la depresión, conjuntamente con la temperatura del aire, se determina la densidad del aire. El dato de la densidad, junto con el del régimen, permite deducir la cantidad de aire que entra al motor. De ahí que a este sistema se le conozca también como velocidad- densidad. (Flex-Fuel company, 2023).

Figura 14

Sensor Map



Nota. *La sigla MAP significa "Sensor de presión absoluta en el múltiple".* Tomado de (Flex-Fuel company, 2023).

4.3.7 Sensor de temperatura del aire de admisión (IAT).

El sensor IAT permite a la computadora corregir el tiempo de inyección con base en la densidad del aire que entra a las cámaras de combustión. Dependiendo de la temperatura del aire, será la cantidad de oxígeno que entra y la computadora tiene que regular la cantidad de gasolina para corregir el punto estequiométrico. Normalmente el sensor se localiza en la parte posterior del pleno de admisión. (Cajas Uyaguari & Cevallos Mijas, 2017)

Figura 15

Sensor IAT



Tomado de (Flex-Fuel Company, 2022)

5 CAPITULO 2: ANALISIS DE CURVAS OBTENIDAS MEDIANTE EL DIAGNOSTICO POR IMÁGENES.

5.1 Introducción

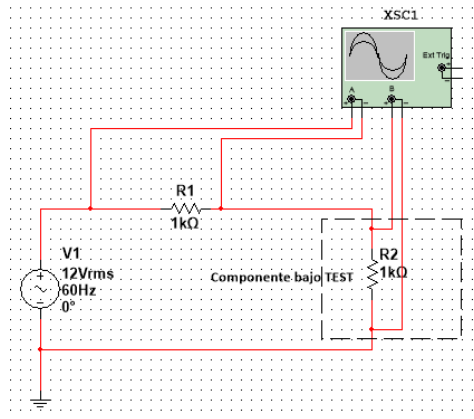
En este capítulo se presenta las gráficas de los principales elementos eléctricos y electrónicos generada mediante la técnica de diagnóstico por imágenes. Luego se combina los elementos electrónicos simulando a los componentes eléctricos y electrónicos tales como los sensores presentes en los vehículos

Se plantea un circuito (Figura 16) donde la fuente de alimentación es un transformador de 12v, la zona dentro de la línea punteada es el elemento para testear, el

cual está conectado en serie a una resistencia R1. Para la obtención de las curvas se conecta un osciloscopio en el cual se mide en el canal 1 a la resistencia R1 y en el canal 2 al elemento que se testea, en este caso a la resistencia R2.

Figura 16

Circuito diseñado para el diagnóstico por imágenes.



Nota. *Se diseñó y simuló el circuito en Multisim. Tomado de Autores.*

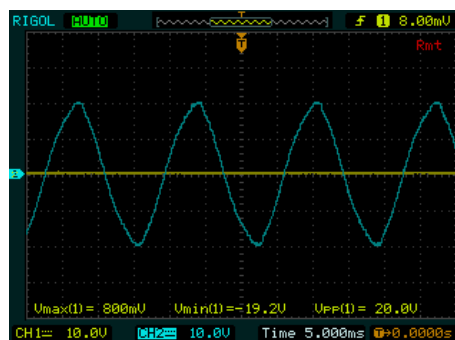
La fuente de alimentación (transformador 12v) demuestra una gráfica senoidal como en la Figura 17 debido a que guía su comportamiento por la ecuación (1) que dice:

$$V(t) = V_p \sin(\omega \cdot t)$$

1)

Figura 17

Grafica obtenida de la fuente de alimentación



Nota. *La fuente de alimentación siempre da una gráfica senoidal. Tomado de Autores.*

En forma fasorial el voltaje de la fuente se representa de la siguiente forma:

$$v = V_p \sin(\omega \cdot t) \rightarrow V = V \angle 0^\circ \quad 2)$$

En la parte resistiva (R1) la impedancia se representa de la siguiente forma

$$Z_{R1} = R1 \angle 0^\circ \quad 3)$$

La cantidad Z que tiene magnitud y ángulo, se denomina impedancia de un elemento resistivo, se mide en Ohms y mide cuanto impedirá el flujo de carga a través de la red. Es importante observar que Z_{R1} no es un fador aun cuando $R1 \angle 0^\circ$ es similar a la notacion fasorial para corrientes y voltajes senoidales.

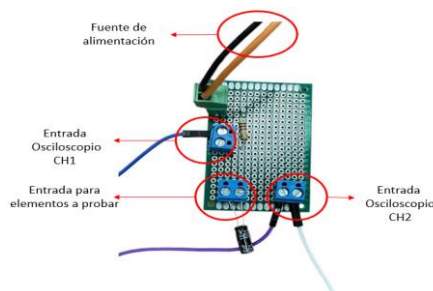
El termino fador se reserva para cantidades que varían con el tiempo y R y su ángulo asociado de 0° son cantidades fijas, por lo tanto, no varían.

5.2 Elaboración de los componentes para realizar el diagnóstico por imágenes

En una placa perforada se realiza el circuito siguiendo el esquema realizado en Multisim (Figura 16), para la fuente de alimentación se utiliza un transformador de 110v a 12v en vez de un generador de funciones, esto con la finalidad de no generar interferencias en los osciloscopios al realizar las lecturas.

Figura 18

Elaboración del circuito en una placa perforada

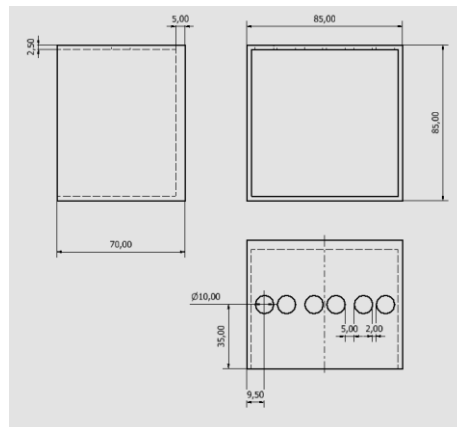


Tomado de autores.

Luego de realizar el circuito en la placa perforada y de soldar todos los elementos se diseña una carcasa en Inventor y se imprime en una impresora 3d, esta carcasa sirve de protección al circuito.

Figura 19

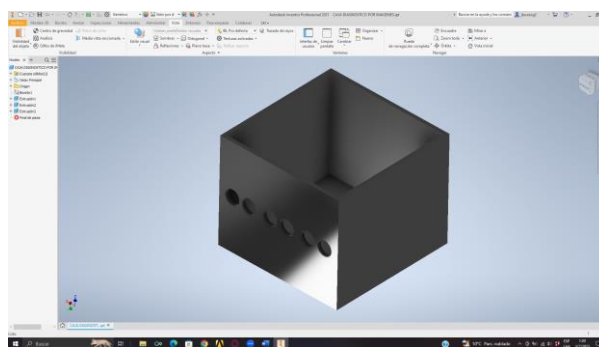
Medidas de la carcasa realizadas en inventor



Nota. se tomaron las medidas de la placa del circuito unido con el transformador para realizar la carcasa. Tomado de autores.

Figura 20

Carcasa diseñada en 3d en inventor



Nota. se genera el diseño en 3d para dar una idea de cómo será el acabado final. Tomado de autores.

Figura 21

Carcasa impresa en 3d



Nota. *la carcasa fue impresa con filamento Pla de 1.75mm. Tomado de autores.*

Dentro de la carcasa se acomodan los cables, el transformador y la placa del circuito, además se colocan terminales de entrada para cables banana.

Figura 22

Carcasa con circuito interno



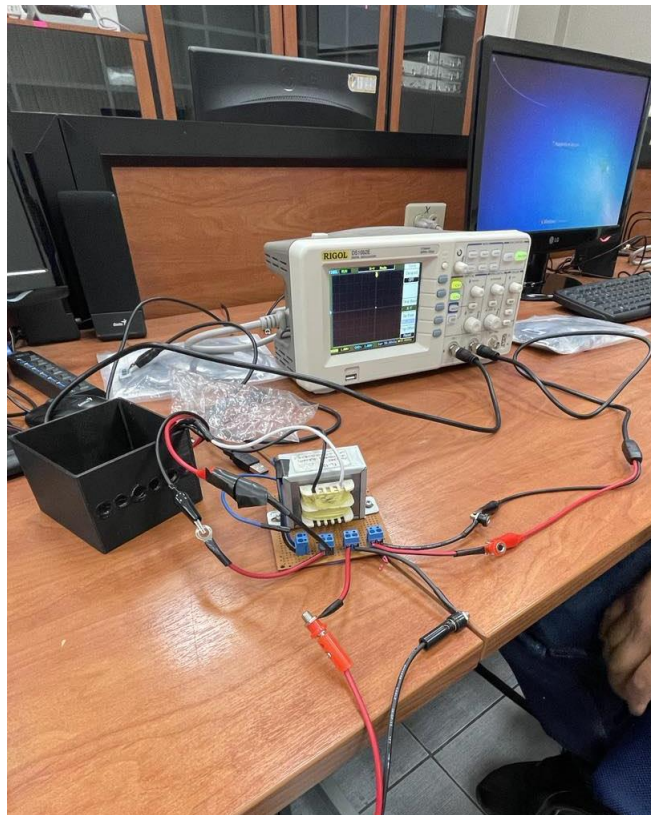
Tomado de autores.

5.3 Conexión de Circuito a osciloscopio

El circuito se conecta al osciloscopio, el canal 1 del osciloscopio mide la sección entre la resistencia R1 y la fuente, mientras que el canal 2 del osciloscopio mide entre la resistencia R1 y el elemento a testear como pueden ser elementos eléctricos básicos como resistencias, capacitores u otros, o elementos electrónicos del automóvil como sensores MAF, CKP, CMP, O2, etc.

Figura 23

Conexión del circuito al osciloscopio



Tomado de autores.

5.4 Componentes eléctricos y electrónicos básicos.

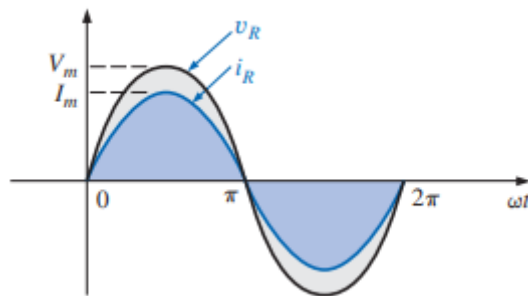
Se propone llevar a cabo la generación de curvas para realizar el testeo de componentes eléctricos y electrónicos básicos, como: resistencias, capacitores, inductores, diodos y diodos Zener.

5.4.1 Resistencias

La resistencia R2 de la figura 16 es el elemento para analizar, para líneas de alimentación y frecuencias de hasta unos cientos de kilo Hertz la resistencia no se ve afectada por la frecuencia del voltaje o corriente senoidal, por lo tanto, en esa región la frecuencia se puede tomar como una constante.

Figura 24

Grafica senoidal de un elemento resistivo



Nota. El voltaje y la corriente de un elemento resistivo se encuentran en fase.

Tomado de (Boylestad R. L., Introducción al análisis de circuitos, 20004).

Aplicando la ley de las tensiones de Kirchhoff y la ley de Ohm en el circuito planteado en la Figura 16, se determina la intensidad total siendo esta igual a la resistencia R1, ya que el circuito se encuentra en serie.

$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n = 0 \quad 4)$$

Simplificando la formula

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0 \quad 5)$$

Entonces se tiene que:

$$-(V_p \angle 0^\circ) + I_t(R \angle 0^\circ) + I_t + (R_1 \angle 0^\circ) = 0 \quad 6)$$

Por lo tanto

$$I_t = \frac{V_p}{R_1 + R} \angle 0^\circ \quad 7)$$

La resistencia R1 se calcula utilizando la ley de Ohm

$$V_R = I_t Z_R \quad 8)$$

$$V_R = \left(\frac{V_p}{R_1 + R} \right) (R \angle 0^\circ) \quad 9)$$

$$V_R = \left(R \frac{V_p}{R_1 + R} \angle 0^\circ \right) \quad 10)$$

La intensidad en la resistencia R1 y el voltaje en la resistencia R se representan en las siguientes ecuaciones

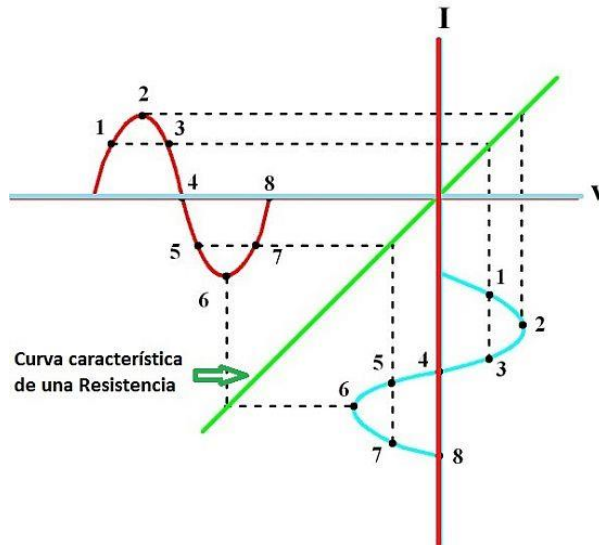
$$I_{R1}(t) = \frac{V_p}{R_1 + R} \sin(\omega t + 0^\circ) \quad 11)$$

$$V_R(t) = V_p \frac{R}{R_1 + R} \sin(\omega t + 0^\circ) \quad 12)$$

Estas ecuaciones nos demuestran un desfase en sus ondas senoidales, si se representa estas ecuaciones en el plano XY se genera una línea inclinada creciente, esta es la llamada "Curva característica de una resistencia"

Figura 25

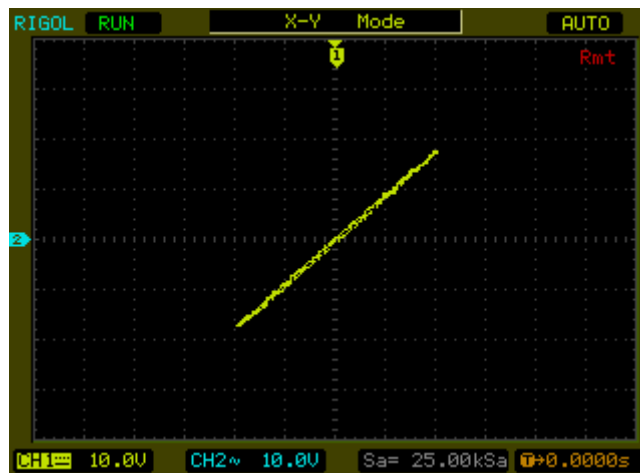
Curva característica de la Resistencia R generada mediante el método de diagnóstico por imágenes



Tomado de (Augeri, Diagnóstico por Imágenes, 2015).

Figura 26

Curva característica de la resistencia testada en función a su valor óhmico (8.2Ohms)

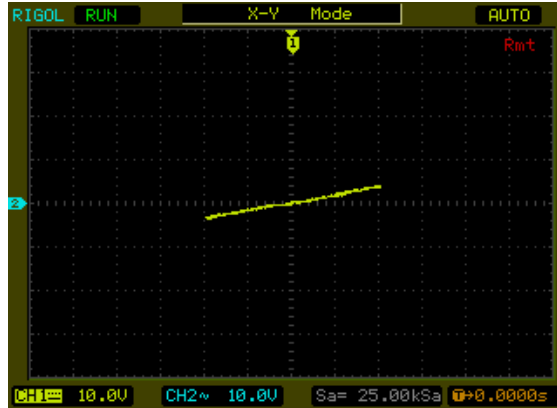


Nota. la gráfica de Lissajous de una resistencia siempre es una línea inclinada.

Tomado de Autores.

Figura 27

Curva característica de la resistencia testeada en función a su valor óhmico (220 Ohms)



Nota. *la inclinación de la gráfica de Lissajous de una resistencia depende plenamente de su valor resistivo. Tomado de autores.*

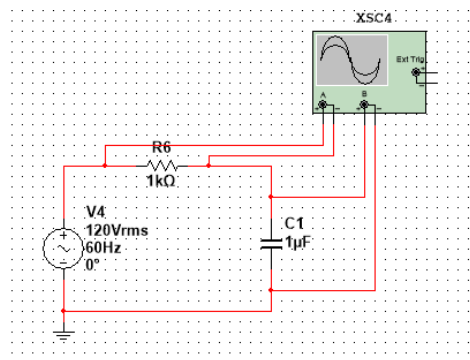
Las pendientes generadas se dan en función del valor óhmico de la resistencia testeada como se observa en las imágenes 26 y 27.

5.4.2 Capacitancia

La resistencia R2 de la Figura 16 se reemplaza por el capacitor C1, que es el elemento que se analiza (ver Figura 28).

Figura 28

Circuito de diagnóstico por imágenes de un capacitor



Nota. *el circuito esta simulado en el software Multisim. Tomado de autores.*

El voltaje y la corriente de un capacitor se relacionan con la siguiente ecuación

$$I_c = C \frac{dv_c}{dt} \quad 13)$$

Donde aplicando la derivada se tiene que

$$C \frac{dv_c}{dt} = C \frac{dv_c}{dt} V_p \sin(\omega t) \quad 14)$$

$$i_c = \omega C V_p \cos(\omega t) \quad 15)$$

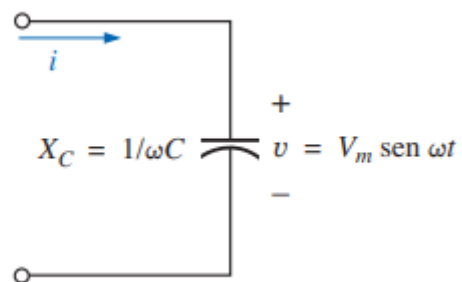
Por lo tanto, se representa de la siguiente manera

$$i_c = I_p \sin(\omega t + 90^\circ) \rightarrow I_p = \omega C * V_p \quad 16)$$

Para el capacitor puro la corriente adelanta al voltaje por 90° y la reactancia del capacitor X_c está determinada por $1/\omega C$, ver la *Figura 29*.

Figura 29

Circuito capacitivo



Tomado de (Boylestad R. L., Introducción al análisis de circuitos, 2004).

Entonces se tiene que

$$v = V_m \sin(\omega t) \rightarrow \text{En forma fasorial } V = V \angle 0^\circ \quad 17)$$

Dado que la intensidad adelanta al voltaje por 90° , la intensidad deberá tener un asociado un ángulo de $+90^\circ$. Al aplicar la ley de Ohm y la ley de las tensiones de Kirchhoff se encuentra la intensidad total I_t y será igual a la resistencia R1 al encontrarse en serie.

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0 \quad 18)$$

$$-(V_p \angle 0^\circ) + I_t(R1 \angle 0^\circ) + I_t(X_c \angle -90^\circ) = 0 \quad 19)$$

Por lo tanto

$$I_t = \frac{V_p}{\sqrt{R1^2 + X_c^2}} \angle \tan^{-1} \left(\frac{X_c}{R1} \right) \quad 20)$$

Se usa la ley de Ohm para encontrar el voltaje de la capacitancia

$$V_c = I_t Z_c \quad 21)$$

$$V_c = \left[V_p \frac{X_c}{\sqrt{R1^2 + X_c^2}} \angle \tan^{-1} \left(\frac{X_c}{R1} \right) - 90^\circ \right] \quad 22)$$

La intensidad de la resistencia R1 con respecto al tiempo se obtiene de la siguiente forma (ver ecuación 23)

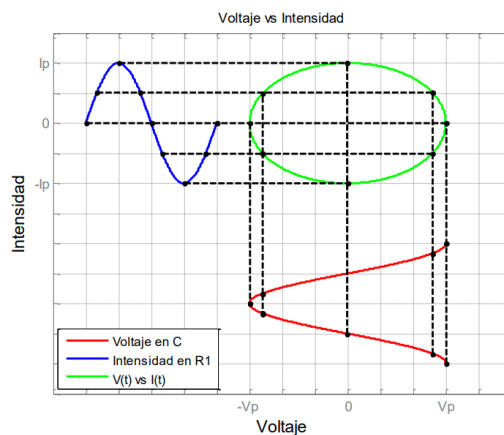
$$I_{R1}(t) = \frac{V_p}{\sqrt{R1^2 + X_C^2}} \sin\left(\omega t + \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R1}\right)\right) \quad 23)$$

Mientras que, el voltaje de la resistencia R en el dominio del tiempo se obtiene con la siguiente ecuación:

$$V_C(t) = \frac{V_p * X_C}{\sqrt{R1^2 + X_C^2}} \sin\left[\omega t + \left(\tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R1}\right) - 90^\circ\right)\right] \quad 24)$$

Figura 30

Curva característica del capacitor

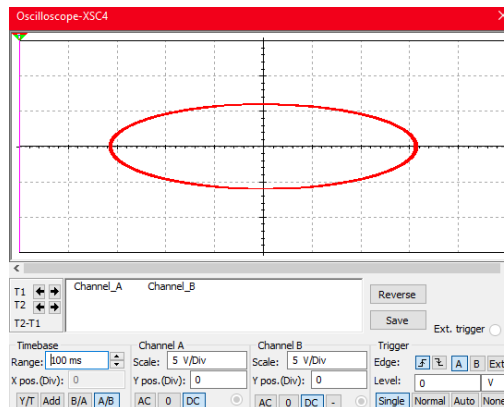


Tomado de (Cajas Uyaguari & Cevallos Mijas, 2017)

La grafica característica del capacitor generada por el método de diagnóstico de imágenes es de forma elíptica y es afectada en función del valor farádico que posee, en la Figura 31 se observa un ejemplo de un capacitor de 1uf.

Figura 31

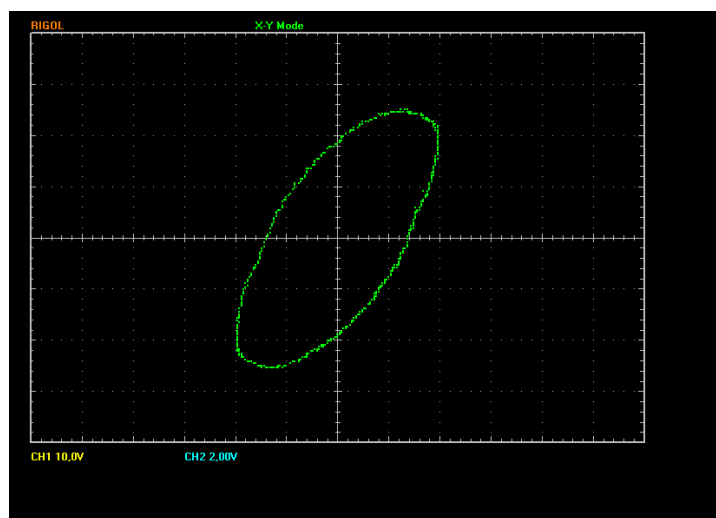
Curva característica de un capacitor de 1uf obtenido en Simulink



Nota. la gráfica fue simulada en software Multisim. Tomado de autores.

Figura 32

Curva característica del capacitor testado en función a su capacitancia (10 uf)



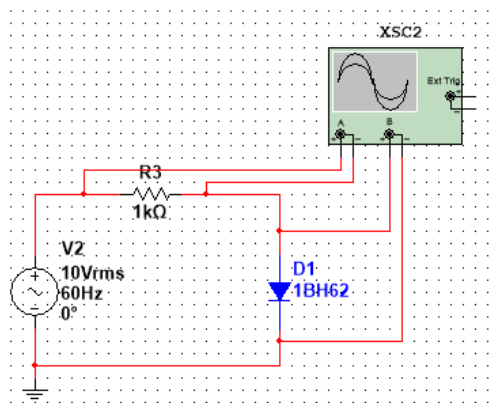
Nota. la gráfica fue tomada mediante el método de diagnóstico por imágenes desde un osciloscopio. Tomado de Autores.

5.4.3 Diodo

En este caso la resistencia R2 de la imagen 16 se cambia por un diodo D1, siendo este el elemento a analizar mediante el método de análisis por imágenes.

Figura 33

Circuito de diagnóstico por imágenes de un diodo

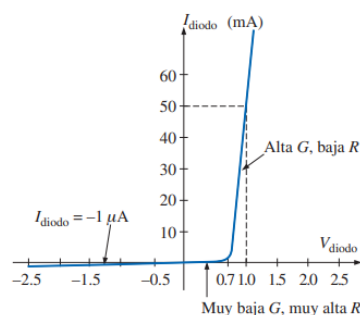


Nota. *el circuito fue simulado en Multisim. Tomado de autores.*

Un diodo trabaja idealmente como una trayectoria de baja resistencia a la corriente en una dirección y como una trayectoria de alta resistencia a la corriente en la dirección opuesta, algo muy parecido a la manera en que un interruptor pasa corriente en una sola dirección. (Boylestad R. I., 2004), se utiliza la aproximación de 0.7 voltios que es la correspondiente a los diodos de silicio, en caso de ser un diodo germánico se utilizaría la aproximación de 0.2 voltios.

Figura 34

Características de un diodo semiconductor



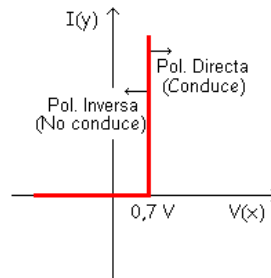
Tomado de (Boylestad R. I., 2004).

Se aplica la ley de tensiones de Kirchoff y la ley de Ohm en el circuito de la Figura 33, con el objetivo de encontrar la intensidad pico en corriente positiva, debido a

que en corriente inversa el diodo D1 no conduce corriente siendo esta $I=0$ como se observa en la siguiente imagen.

Figura 35

Aproximaciones de un diodo



Tomado de (Aranzabal Olea, 2001).

Aplicando la ley de tensiones de Kirchhoff y la ley de Ohm se tiene que:

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0 \quad 25)$$

$$-V_T + I_t R + V_D = 0 \quad 26)$$

$$I_t = \frac{V_T - V_D}{R} \quad 27)$$

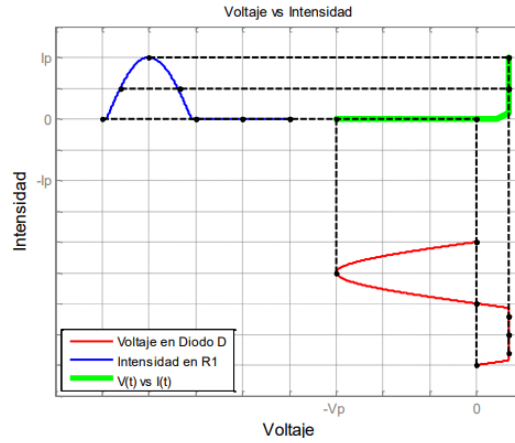
El voltaje en el diodo D1 para valores negativos del voltaje indica que es la región de baja conductancia (alta resistencia, interruptor abierto). Observe en la Figura 35 que esta región se extiende hasta aproximadamente 0.7 V positivos, concluyendo así que en esta región el voltaje es el mismo de la fuente.

Para valores del voltaje mayores que 0.7 V, la elevación vertical en las características indica una región de conductividad elevada (baja resistencia, interruptor cerrado), entonces su voltaje máximo es su caída de voltaje del diodo V_D . (Boylestad R. 1., 2004).

La grafica característica de un diodo generada por el método de diagnóstico se da al representar las curvas diodo D1 y la resistencia R1 (ver imagen 36 y 37)

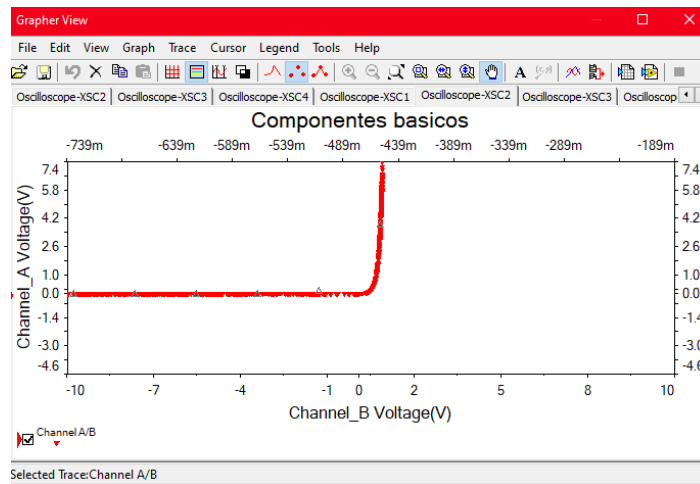
Figura 36

Curva característica de un diodo generada por el método de diagnóstico por imágenes



Tomado de (Cajas Uyaguari & Cevallos Mijas, 2017).

Figura 37 *Gráfica característica de un diodo obtenido en el software Multisim*



Tomado de Autores

5.5 Combinaciones más habituales de componentes eléctricos y electrónicos básicos

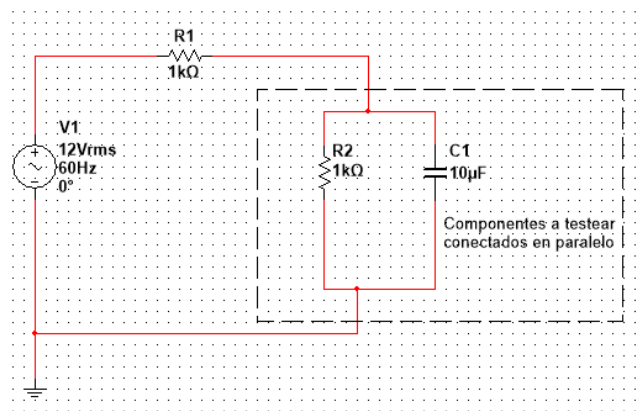
La mayoría de los sensores de un automóvil son la combinación de componentes electrónicos básicos, tales como pueden ser la combinación de una resistencia y una capacitancia, una resistencia y un diodo, una resistencia y un transistor, etc. Es por esto que el elemento a analizar de la Figura 16 será reemplazado por componentes electrónicos básicos combinados.

5.5.1 Resistencia y capacitancia

El componente para analizar de la imagen 16 se reemplaza por una resistencia y una capacitancia conectadas en paralelo como se observa en la imagen 38.

Figura 38

Circuito de testeo a un resistor y un capacitor en serio realizado en Multisim

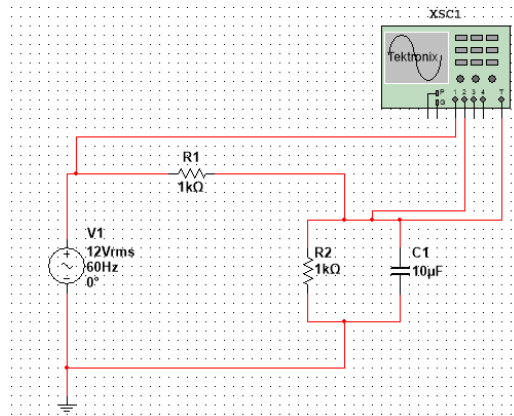


Tomado de autores.

corriente de los componentes bajo testeo, en este caso el resistor R2 y el capacitor C1. Ver Figura 39.

Figura 39

Conexión de osciloscopio para el circuito de testeo realizado en Multisim



Tomado de autores.

Para encontrar la intensidad total del circuito de la imagen 39 se usa la ley de tensiones de Kirchhoff con la ley de Ohm

$$\sum_{k=1}^n \tilde{V}_k = 0 \quad 28)$$

$$-(V_p \angle 0^\circ) + I_t(R1 \angle 0^\circ) + I_t \frac{(X_C \angle -90^\circ)(R \angle 0^\circ)}{(X_C \angle -90^\circ)(R \angle 0^\circ)} = 0 \quad 29)$$

$$I_t = V_p \sqrt{\frac{R^2 X_C^2}{X_C^2 (R1 + R)^2 + (R1R)^2}} \angle \tan^{-1} \left(\frac{R1 * X_C + X_C R}{R1R} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{X_C}{R} \right) \quad 30)$$

Por lo tanto, la intensidad total del circuito será igual a la resistencia R1, ya que se encuentra en serie. El voltaje de RC está en paralelo y para esto se usa la ley de Ohm de la siguiente manera

$$V_{RC} = I_t Z_{RC} \quad 31)$$

$$V_{RC} = V_p \frac{X_C * R}{\sqrt{X_C^2 (R1 + R)^2 + (R1R)^2}} \angle \tan^{-1} \left(\frac{R1 X_C + X_C R}{R1R} \right) - 90^\circ \quad 32)$$

La intensidad en la resistencia R1 en función al tiempo se obtiene de la siguiente ecuación

$$I_{R1}(t) = V_p \frac{R^2 + X_C^2}{\sqrt{X_C^2(R1+R)^2 + (R1R)^2}} \sin(\omega t + \tan^{-1}\left(\frac{R1X_C + X_C R}{R1R}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right)) \quad (33)$$

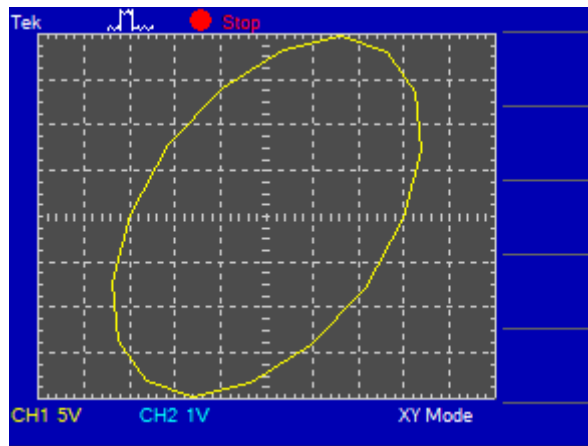
El voltaje de RC en paralelo en función al tiempo se obtiene de la ecuación 34

$$V_{RC} = V_p * \frac{X_C R}{\sqrt{X_C^2(R1 + R)^2 + (R1R)^2}} \sin(\omega t + \tan^{-1}\left(\frac{R1X_C + X_C R}{R1R}\right) - 90^\circ) \quad (34)$$

Al observar las ondas senoidales del voltaje RC y la intensidad de R1 en función del tiempo se encuentran un desfase de $(\theta = \tan^{-1}\frac{X_C}{R1} - 90)$, esto genera una onda elíptica inclinada. Ver Figura 40.

Figura 40

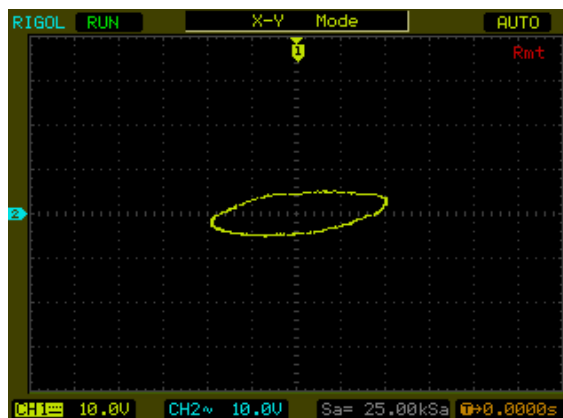
Onda obtenida mediante la técnica de diagnóstico por imágenes en Multisim



Nota. *Mediante el osciloscopio se obtuvo una imagen elíptica con una inclinación, ya que el elemento testado es un RC en paralelo. Tomado de Autores.*

Figura 41

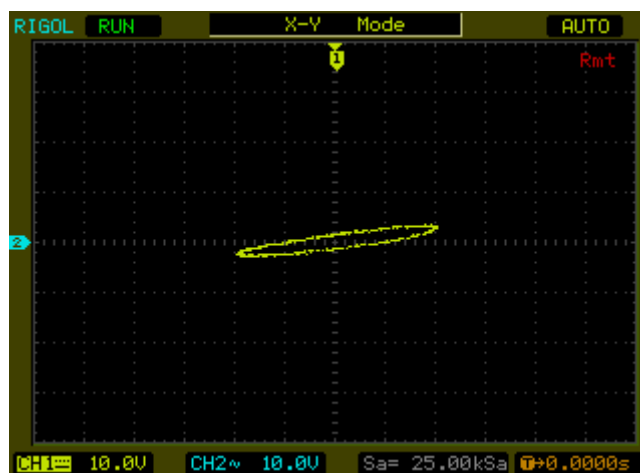
Onda obtenida del osciloscopio mediante Ultrascope



Nota. Para la generación de esta onda mediante el método de diagnóstico por imágenes se utilizó un resistor de 8.2 Ohms y un capacitor de 10 uf. Tomado de Autores.

Figura 42

Onda obtenida del osciloscopio mediante Ultrascope



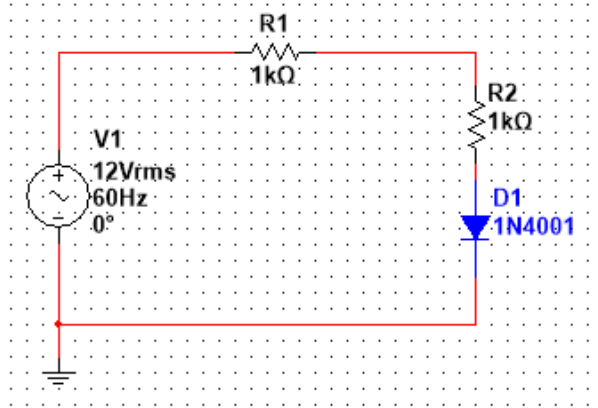
Nota. Para la generación de esta onda mediante el método de diagnóstico por imágenes se utilizó un resistor de 220 Ohms y un capacitor de 10 uf. Tomado de Autores.

5.5.2 Resistencia y Diodo

El elemento para testear de la Figura 16 se reemplaza por una resistencia y un diodo conectados en serie como se observa en el circuito de la Figura 43.

Figura 43

Circuito de diagnóstico por imágenes para una resistencia y un diodo en serio realizado en Multisim



Tomado de Autores.

Para encontrar la intensidad pico en corriente positiva se utilizan las siguientes ecuaciones

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0 \quad (35)$$

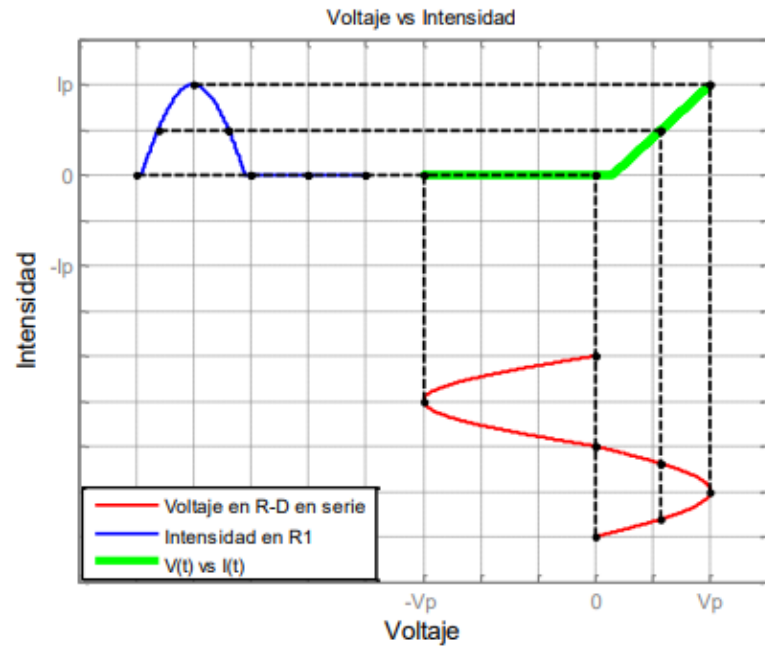
$$-V_T + I_T R_1 + (V_D + I_T R) = 0 \quad (36)$$

$$I_T = \frac{V_T - V_D}{R_1 + R} \quad (37)$$

El voltaje máximo en el diodo cuando la corriente es positiva es $V_{RD} = RI_T + 0.7$ por que se toma como un interruptor cerrado, en cambio en corriente negativa el voltaje sera el mismo de la fuente puesto que se considera un interruptor abierto.

Figura 44

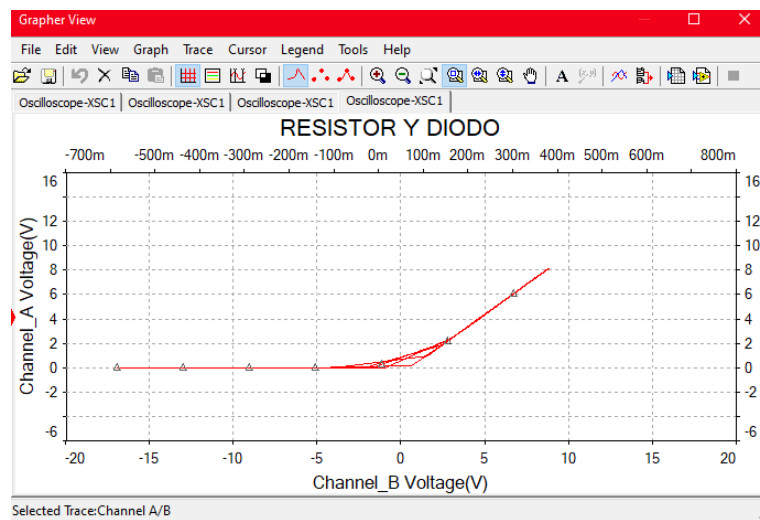
Curva de una resistencia y un diodo en serie generada por diagnóstico por imágenes



Tomado de autores.

Figura 45

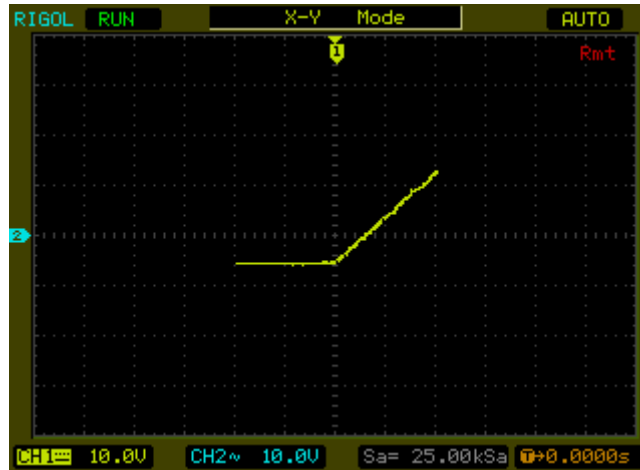
Curva generada por una resistencia y un diodo en serie realizado en Multisim



Tomado de autores.

Figura 46

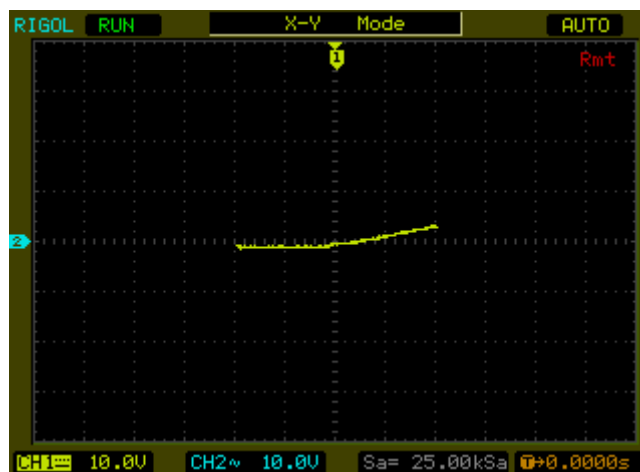
Curva generada por una resistencia y un diodo observada en el osciloscopio mediante Ultrascope



Nota. Para la generación de esta onda mediante el método de diagnóstico por imágenes se utilizó un resistor de 8.2 Ohms y un Diodo 1N4007. Tomado de Autores.

Figura 47

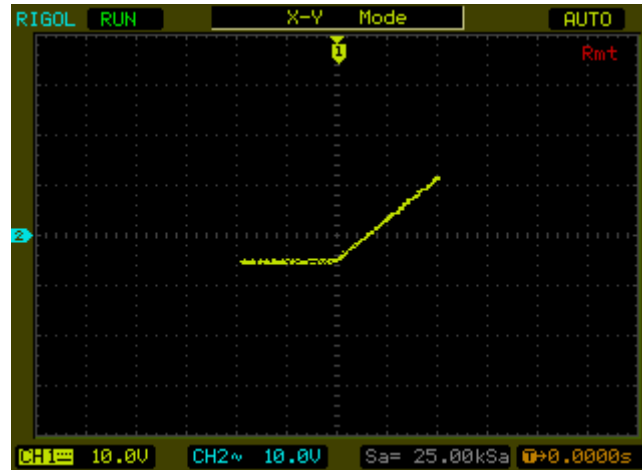
Curva generada por una resistencia y un diodo observada en el osciloscopio mediante Ultrascope



Nota. Para la generación de esta onda mediante el método de diagnóstico por imágenes se utilizó un resistor de 220 Ohms y un Diodo 1N4007. Tomado de autores.

Figura 48

Curva generada por una resistencia y un diodo observada en el osciloscopio mediante Ultrascope



Nota. Para la generación de esta onda mediante el método de diagnóstico por imágenes se utilizó un resistor de 4.3 Ohms y un Diodo 1N4007. Tomado de autores.

En las Figuras 46, 47 y 48 se observa la representación de la curva generada al testear la resistencia y el diodo en serie, este tipo de ondas se generan ya que es la mezcla de las curvas características de la resistencia y del diodo donde se observa la onda de disparo del diodo, pero con una inclinación generada por la resistencia.

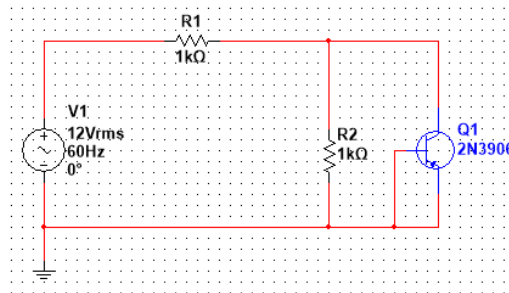
La inclinación de la curva varía según varíe el valor de la resistencia, como en la imagen 41 que se observa una inclinación más pronunciada debido a la resistencia de 8.2 Ohms, mientras que en la imagen 42 se observa una inclinación menos pronunciada debido al valor bajo de la resistencia en ese caso una resistencia de 220 Ohms, por lo tanto, se concluye que a mayor resistencia mayor inclinación de la curva.

5.5.3 Resistencia y transistor.

El elemento para testear de la imagen 16 se reemplaza por una resistencia y un Transistor conectados en paralelo como se observa en el circuito de la Figura 49.

Figura 49

Circuito de testeo para un resistor y un transistor conectados en paralelo

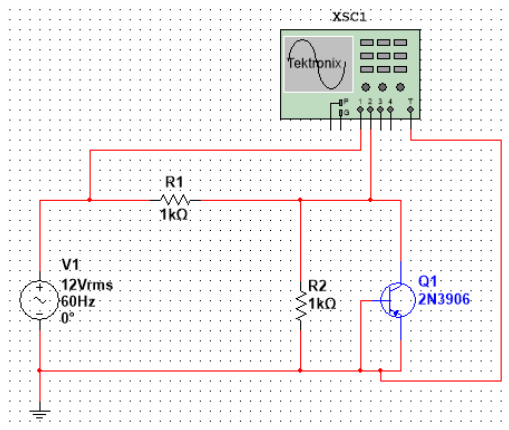


Tomado de autores.

En este circuito el canal 1 mide el voltaje entre la fuente y la resistencia R1 y el canal 2 mide el voltaje entre el colector del transistor Q1 y la resistencia R2, donde el voltaje VR1 será el mismo de la fuente a estar conectado en serie.

Figura 50

Conexión del osciloscopio en el circuito de testeo para un transistor con una resistencia en paralelo

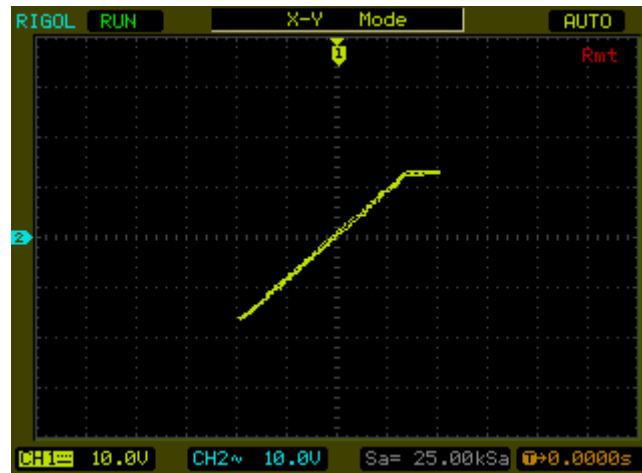


Tomado de autores.

Al estar conectados en paralelo la imagen que nos da el osciloscopio será la combinación de la curva característica del transistor con la curva característica de la resistencia.

Figura 51

Curva generada por una resistencia y un transistor observada en el osciloscopio mediante Ultrascope



Tomado de autores.

En la figura 51 se observa que la gráfica comienza con una línea inclinada esto debido a la presencia de la resistencia, luego continúa en creciente hasta llegar a la saturación siendo esta la gráfica característica del transistor.

Al igual que en las combinaciones anteriores, la inclinación en la gráfica variará según el valor de la resistencia que se coloque, mientras mayor sea el valor de la resistencia mayor será la inclinación de la gráfica.

6 Capítulo 3: Pruebas en componentes electrónicos automotrices y análisis de resultados.

6.1 Testeo de en principales componentes electrónicos automotrices.

El testeo de los componentes electrónicos automotrices se lleva a cabo considerando la naturaleza de cada componente en particular, es decir, su estructura interna y composición. Esto implica distinguir si se trata de una resistencia, un semiconductor o una combinación de elementos eléctricos básicos. Con esta información

clara, se procede a interpretar las curvas de Lissajous que se obtienen a través de sensores utilizando el método de análisis por imágenes.

Para realizar una valoración adecuada de cada componente electrónico, es necesario contar con las curvas de referencia que deberían mostrar cuando se encuentran en un estado óptimo de funcionamiento, es decir, cuando están en buen estado. Estas curvas de referencia se obtienen mediante la comparación de los componentes en buen estado con aquellos que presentan fallas, daños, quemaduras o se encuentran en mal estado.

Mediante el análisis de las curvas de Lissajous, se pueden identificar las discrepancias entre las curvas de los componentes evaluados y las curvas de referencia correspondientes. Estas discrepancias pueden indicar posibles problemas o anomalías en el funcionamiento de los componentes, lo que permite realizar diagnósticos precisos y determinar si un componente se encuentra en condiciones óptimas o requiere ser reparado o reemplazado.

En resumen, el proceso de prueba de los componentes electrónicos automotrices implica considerar la naturaleza de cada componente, interpretar las curvas de Lissajous obtenidas mediante el análisis por imágenes y compararlas con las curvas de referencia de componentes en buen estado. Esto permite evaluar el funcionamiento de los componentes y detectar posibles problemas o fallas, facilitando así el mantenimiento y reparación de los sistemas electrónicos del automóvil.

6.2 Sensor CMP tipo hall.

Al realizar el test del sensor CMP (Camshaft Position Sensor) de tipo hall, obtenemos una forma de onda característica que revela información importante sobre su funcionamiento. Este tipo de sensor hall se distingue por tener una resistencia que tiende a infinito, lo que significa que su valor de resistencia es prácticamente cero.

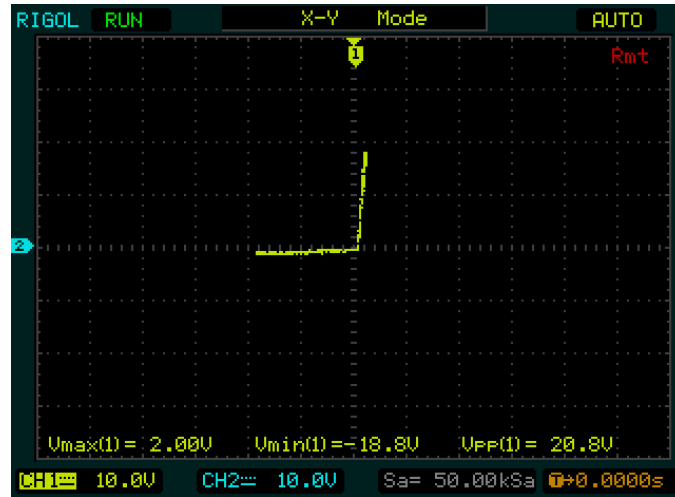
Al analizar la forma de onda generada por este sensor, observamos que al inicio presenta una ligera inclinación. Esta inclinación se debe a la respuesta inicial del sensor hall, que se encuentra en un estado de alta impedancia. Es decir, el sensor registra una resistencia extremadamente baja al inicio de la señal.

A medida que la forma de onda continúa, se produce un comportamiento similar al de un diodo germánico de alta eficiencia. A partir de la zona de tensión umbral, la intensidad de la señal aumenta de manera significativa, lo que se traduce en una pendiente casi vertical en la forma de onda. En este punto, el sensor hall se comporta más como una resistencia convencional.

La transición desde la inclinación inicial hasta la pendiente vertical en la forma de onda del sensor hall es un indicador importante de su correcto funcionamiento. Si la forma de onda no sigue este patrón esperado, podría ser un indicio de un mal funcionamiento o una falla en el sensor CMP. Por lo tanto, analizar y comparar esta forma de onda con las especificaciones de funcionamiento óptimo del sensor es fundamental para evaluar su estado y determinar si es necesario realizar alguna acción de mantenimiento o reemplazo.

Figura 52

Gráfica obtenida de un sensor CMP



Tomado de autores.

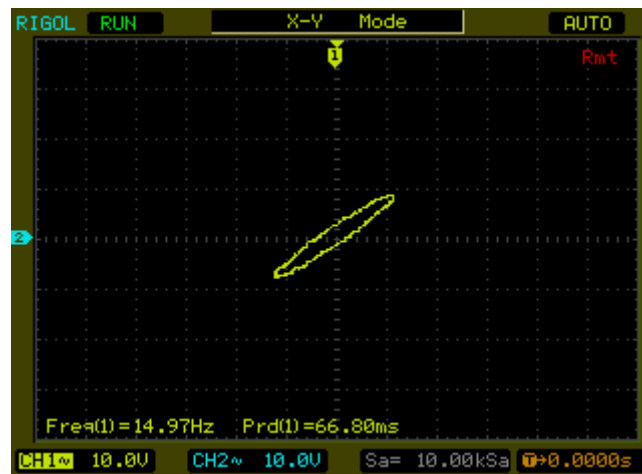
6.3 Sensor CKP.

Durante la realización del test del sensor CKP, se observó que la gráfica resultante exhibe características distintivas asociadas a la presencia de un capacitor combinado con una resistencia. Esta combinación genera una curva elíptica en la gráfica, la cual presenta una inclinación debido a la influencia de la resistencia. Es importante destacar que la inclinación de la curva varía en función de las revoluciones por minuto (RPM) captadas por el sensor. Es decir, a medida que las RPM aumentan, la inclinación de la curva tiende a ser casi horizontal, mientras que a bajas RPM la inclinación se vuelve más pronunciada, llegando incluso a ser prácticamente paralela al eje Y.

Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar el impacto de los componentes individuales, como el capacitor y la resistencia, en la interpretación de las gráficas obtenidas durante el test del sensor CKP. Comprender cómo se combinan y afectan mutuamente permite una mejor comprensión de los resultados y una evaluación más precisa del estado y el rendimiento del sensor.

Figura 53

Gráfica obtenida de un sensor CKP



Tomado de autores.

6.4 Sensor MAP.

El testeo del sensor MAP (Manifold Absolute Pressure) proporciona una valiosa información acerca de su correcto funcionamiento. Cuando el sensor MAP se encuentra en un estado óptimo, genera una forma de onda que muestra un comportamiento similar al de un circuito compuesto por un diodo conectado en serie a una resistencia.

Al analizar esta forma de onda, se puede observar que su inclinación varía de acuerdo a la resistencia presente en el circuito. Esta resistencia, a su vez, varía en función de la depresión en la que se encuentre el sensor. La depresión se refiere a la presión absoluta en el colector de admisión del motor

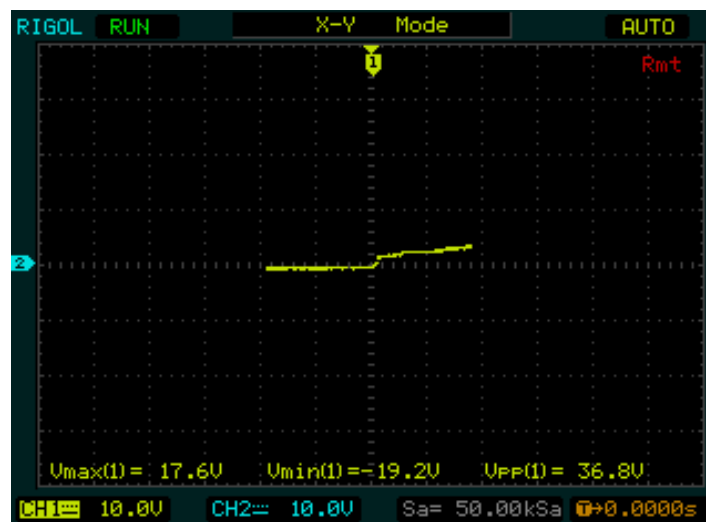
En términos más técnicos, la forma de onda generada por el sensor MAP muestra una relación directa entre la presión absoluta en el colector de admisión y la resistencia del sensor. A medida que la presión aumenta, la resistencia del sensor disminuye, lo que se traduce en una inclinación más pronunciada en la forma de onda. Por el contrario,

cuando la presión disminuye, la resistencia del sensor aumenta, resultando en una inclinación más suave en la forma de onda.

Mediante la evaluación de esta forma de onda, se puede determinar si el sensor MAP está funcionando correctamente. Cualquier desviación significativa en la forma de onda puede ser un indicio de un mal funcionamiento del sensor, lo que puede afectar negativamente el rendimiento del motor y el consumo de combustible.

Figura 54

Gráfica obtenida de un sensor MAP



Tomado de autores.

6.5 Sensor MAF.

Durante el procedimiento de prueba del sensor MAF (Mass Air Flow), se obtiene una curva característica que proporciona información sobre su funcionamiento. En un estado de funcionamiento óptimo, esta curva inicialmente sigue un comportamiento similar al de una resistencia alta, con una inclinación que puede extenderse hasta una posición casi horizontal.

Este comportamiento inicial de alta resistencia en la curva del sensor MAF refleja la respuesta del sensor ante el flujo de aire que ingresa al sistema. A medida que aumenta

el flujo de aire, la resistencia del sensor disminuye, lo que se traduce en una inclinación más pronunciada en la curva. Esta relación entre el flujo de aire y la resistencia es fundamental para medir y calcular con precisión la cantidad de aire que entra en el motor.

No obstante, a medida que la curva progresa, se produce una combinación de comportamientos en la que también interviene el comportamiento de disparo de un transistor de potencia TRIAC.

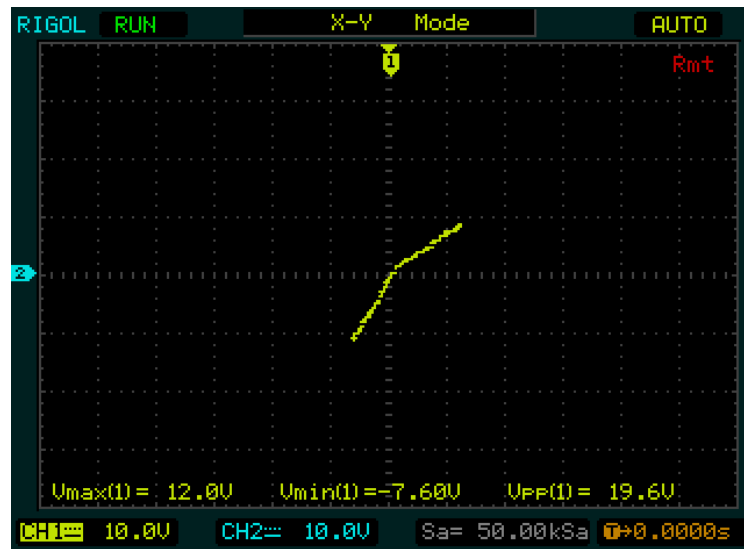
En el caso específico del sensor MAF, este comportamiento de disparo se relaciona con la corriente que fluye a través del sensor durante su funcionamiento. El sensor MAF actúa como un conductor cuando la corriente alcanza un cierto umbral, lo que genera una respuesta en la curva. Esta respuesta se caracteriza por una variación en la inclinación de la curva gracias a la resistencia, que puede llegar hasta una posición casi horizontal en función del flujo de aire detectado.

Esta combinación de comportamiento inicial de alta resistencia y la activación del transistor TRIAC es fundamental para el correcto funcionamiento del sensor MAF. Proporciona información importante para el control del motor y el cálculo preciso de la cantidad de combustible requerido, ya que el flujo de aire es un factor determinante en la mezcla aire-combustible.

Al analizar minuciosamente esta curva generada por el sensor MAF durante el test, se puede evaluar el estado y rendimiento del sensor. Cualquier variación significativa en la curva puede indicar un mal funcionamiento del sensor, lo que puede tener un impacto negativo en el rendimiento del motor y en la eficiencia del consumo de combustible.

Figura 55

Gráfica obtenida de un sensor MAF



Tomado de autores.

6.6 Sensor APS.

Al realizar el test en el sensor APS (Sensor de Posición del Acelerador), se busca obtener una representación gráfica que se refleje el comportamiento de un potenciómetro. Esto implica que la resistencia del sensor se modifica en correspondencia con la posición del pedal de aceleración, lo cual incide directamente en las propiedades de las curvas de Lissajous que se generan.

En condiciones ideales, se espera que las curvas de Lissajous muestren una mayor o menor inclinación en función del valor de la resistencia del sensor APS. Esta variación en la inclinación de las curvas es un reflejo directo de la posición del pedal de aceleración. A medida que se modifica la posición del pedal, la resistencia del sensor APS también se altera, lo que se traduce en cambios en las curvas de Lissajous.

Cuando el pedal de aceleración se encuentra en una posición del 100%, la pendiente de las curvas de Lissajous será casi horizontal. Esto indica que la resistencia del sensor APS se encuentra en su valor más alto, lo cual es consistente con la máxima

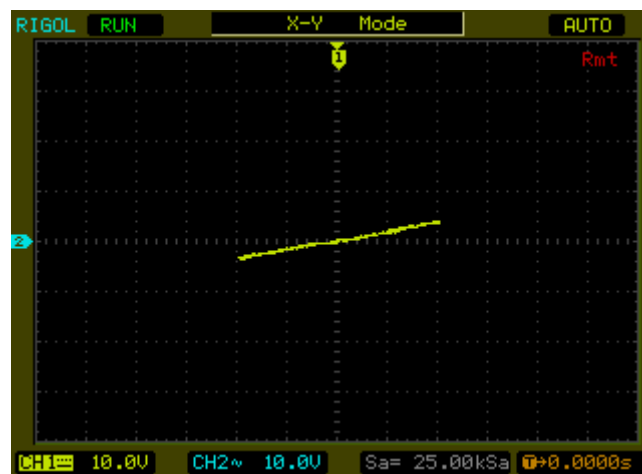
demanda de aceleración del vehículo. Por otro lado, cuando el pedal de aceleración se encuentra en una posición del 0%, la pendiente de las curvas de Lissajous tiende a ser casi una línea vertical. Esto indica que la resistencia del sensor APS se encuentra en su valor más bajo, lo cual corresponde a una aceleración mínima o a la posición de ralentí del vehículo.

La evaluación de las curvas de Lissajous obtenidas durante la prueba del sensor APS desempeña un papel fundamental en la evaluación del rendimiento y estado del sensor. La detección de cualquier desviación sustancial con respecto a las inclinaciones esperadas puede indicar un funcionamiento deficiente del sensor o dificultades en la transmisión de la señal de aceleración.

Estas discrepancias tienen el potencial de afectar negativamente el desempeño del motor y la respuesta del vehículo. Es por ello que resulta imprescindible llevar a cabo un análisis riguroso y detallado de estas curvas para identificar y abordar de manera oportuna cualquier problema que pueda impactar la funcionalidad del sistema de aceleración y, en última instancia, la experiencia de conducción del vehículo.

Figura 56

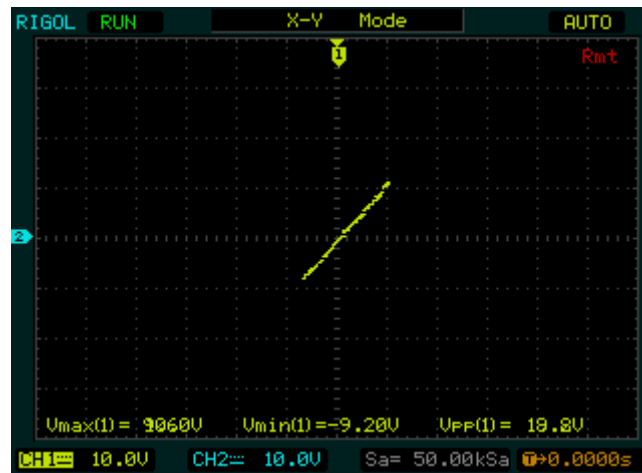
Gráfica de un sensor APS con posición del pedal al 100%



Tomado de autores

Figura 57

Gráfica de un sensor APS con posición del pedal al 0%



Tomado de autores.

6.7 Sensor O2.

Durante la realización del test en el sensor de oxígeno, se observa una línea en la gráfica con una pendiente extremadamente baja, casi paralela al eje horizontal. Esta característica indica la existencia de una resistencia con un valor muy alto, incluso en ocasiones cercano a la representación de un circuito abierto.

El comportamiento de la línea inclinada con una pendiente mínima sugiere que la transferencia de señal eléctrica a través del sensor de oxígeno se ve obstaculizada debido a una resistencia excesivamente elevada. En algunos casos, esta resistencia puede aproximarse al punto de no permitir el flujo de corriente, lo que se asemeja a un circuito abierto.

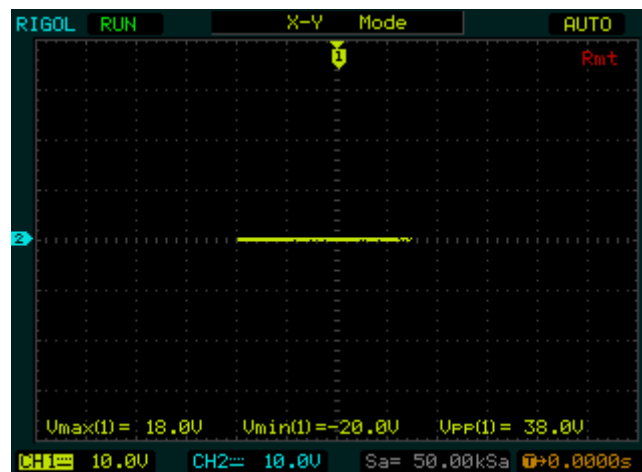
El análisis de esta gráfica resulta importante en el campo de la ingeniería automotriz, ya que proporciona información importante sobre el funcionamiento del sensor de oxígeno. Una resistencia anormalmente alta puede indicar una falla en el sensor, como un mal contacto o una obstrucción en los componentes internos. Estas condiciones pueden afectar negativamente la capacidad del sensor de oxígeno para medir con

precisión el contenido de oxígeno en los gases de escape y, en consecuencia, afectar el rendimiento y la eficiencia del motor.

Por lo tanto, realizar pruebas adecuadas en el sensor de oxígeno y analizar la gráfica resultante con una pendiente baja y cercana a un circuito abierto nos permite identificar posibles problemas en el sistema de control de emisiones del vehículo. Esto facilita la detección temprana de fallas y la adopción de medidas correctivas necesarias para garantizar un funcionamiento óptimo y una reducción efectiva de las emisiones contaminantes del motor.

Figura 58

Gráfica del sensor 02 de dióxido de titanio



Tomado de autores.

Durante el análisis de la gráfica generada por el sensor de oxígeno de dióxido de circonio, se puede observar una línea inclinada que se asemeja al comportamiento de una resistencia de bajo valor. En algunos casos, esta línea puede ser casi paralela al eje "Y", lo cual es comparable a la respuesta de un circuito en corto circuito.

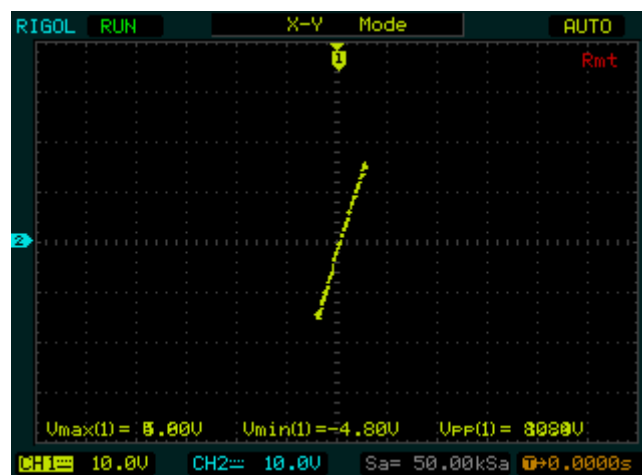
Este patrón en la gráfica del sensor de oxígeno de dióxido de circonio es de suma importancia para la evaluación del funcionamiento del sistema de escape del vehículo.

Una línea inclinada que se asemeje a una resistencia de bajo valor indica una conductividad alta a través del sensor. Esto sugiere que existe una vía de corriente más directa, es importante que esta línea no sea completamente vertical, ya que puede ser asociado a condiciones anormales como cortocircuitos o fugas eléctricas.

La detección y análisis de este comportamiento en la gráfica del sensor de oxígeno es de suma importancia, ya que puede indicar posibles fallos en el sistema de control de emisiones y combustible del vehículo. Estas irregularidades pueden afectar negativamente el rendimiento del motor, la eficiencia del combustible y la capacidad del vehículo para cumplir con los estándares de emisiones requeridos.

Figura 59

Gráfica sensor de oxígeno de dióxido de circonio



Tomado de autores.

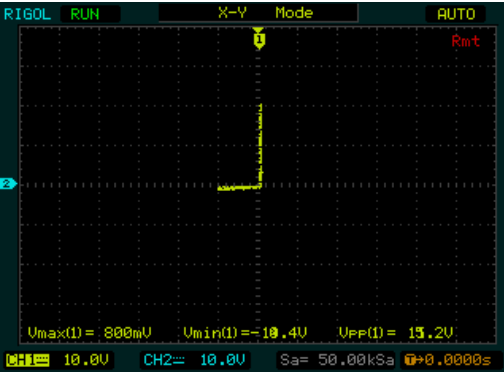
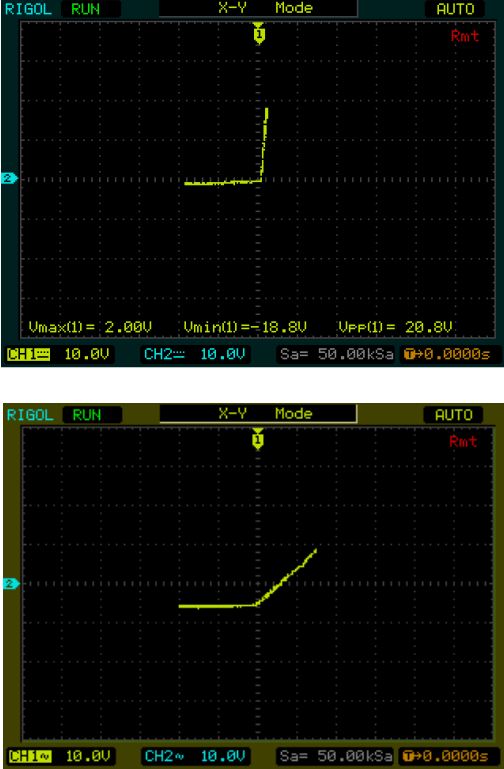
6.8 Comparación de mediciones.

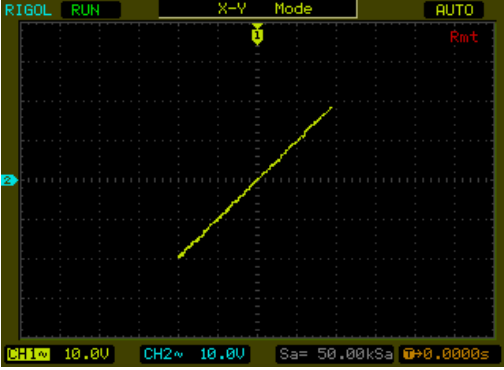
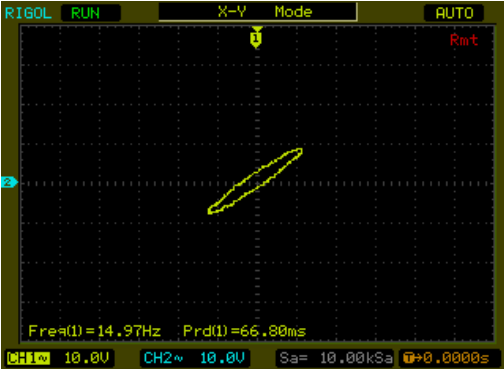
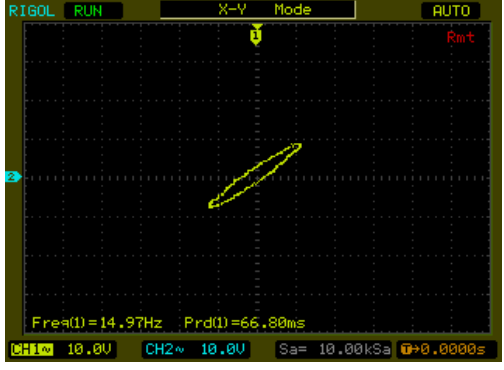
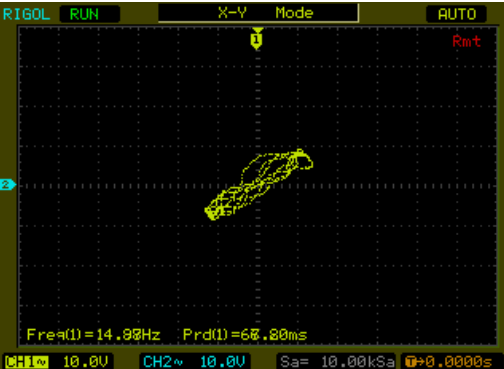
Una vez obtenidas las curvas de Lissajous a través de la técnica de diagnóstico por imágenes de los componentes electrónicos automotrices en condiciones óptimas, se procede a compararlas con aquellas correspondientes a componentes defectuosos, dañados, quemados, entre otros.

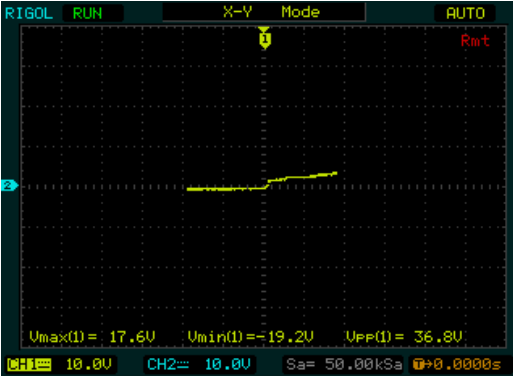
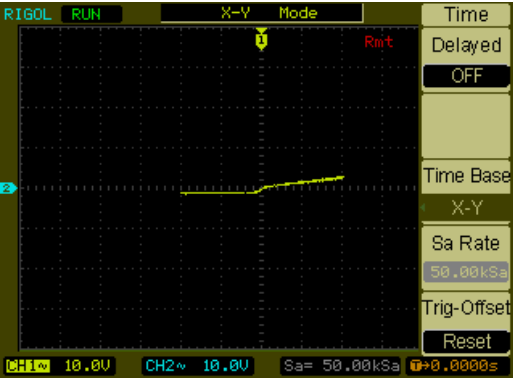
El propósito de esta comparación es analizar las variaciones presentes entre ambas para poder realizar una evaluación precisa. Los resultados obtenidos de este análisis se presentan en la siguiente tabla:

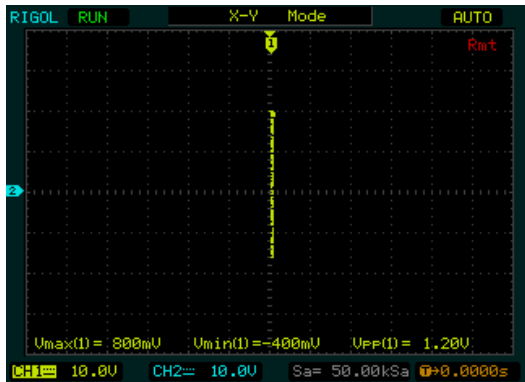
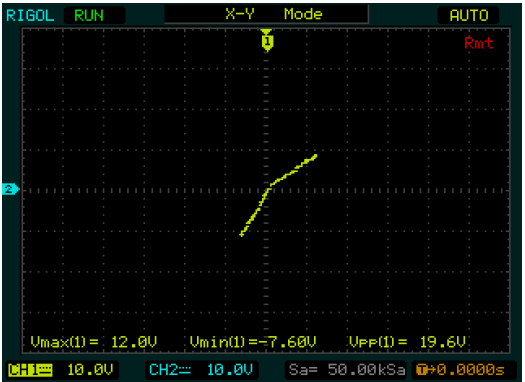
Tabla 1

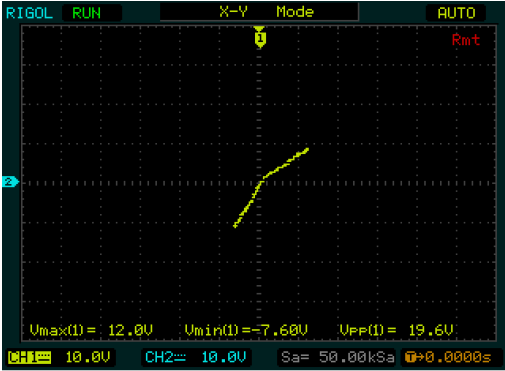
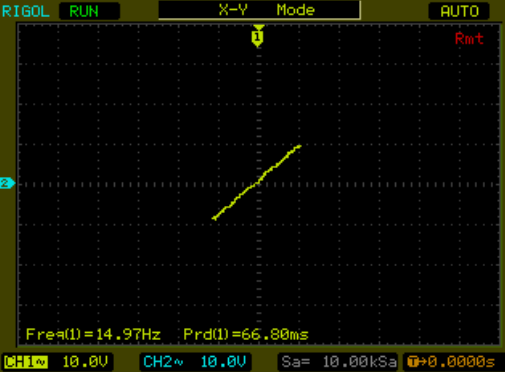
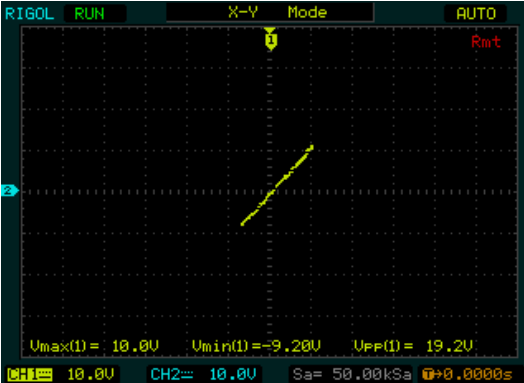
Comparación de graficas de sensores

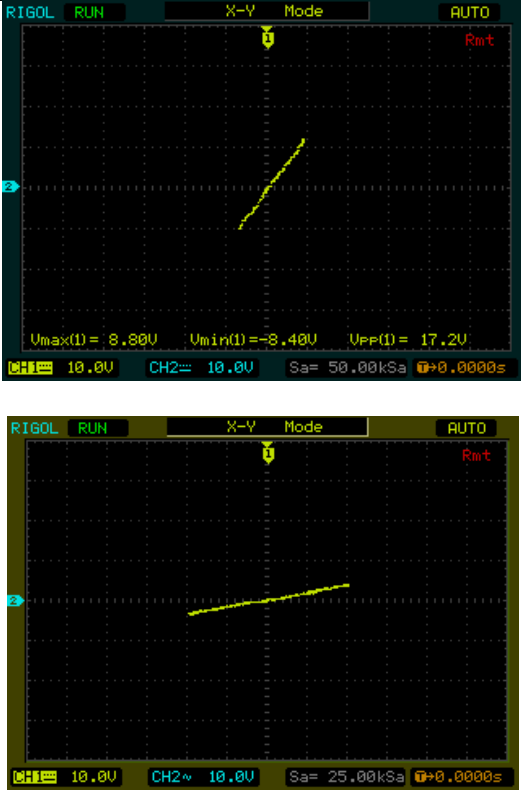
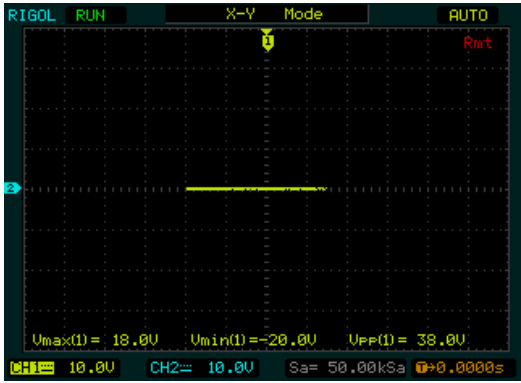
Sensor	Estado de funcionamiento	Curva generada	Descripción
	Estado optimo		<p>Un sensor CMP con un funcionamiento optimo se grafica de la forma mostrada, donde se observa que la gráfica es la combinación de una resistencia que tiende a infinito con un diodo germánico.</p>
CMP	Variaciones		<p>El sensor CMP varia su grafica según el funcionamiento del sensor mientras más RPM lea el sensor más inclinación tendrá debido a la resistencia interna que esta posee.</p> <p>El comportamiento de esta resistencia se observa después de la polarización del diodo y cambia su inclinación según las RPM que registra, incluso llegando a graficar el comportamiento propio de una resistencia de alto valor que tiende a infinito.</p>
	Mal estado		<p>Un sensor CMP en mal estado puede mostrar la siguiente gráfica, en la</p>

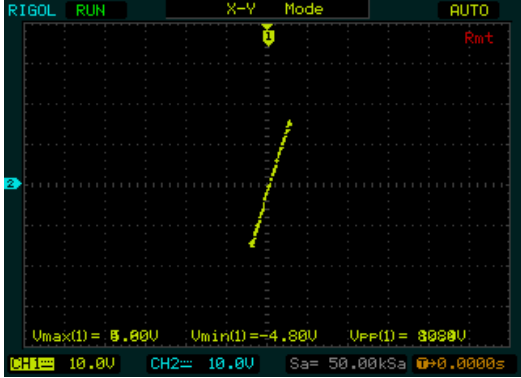
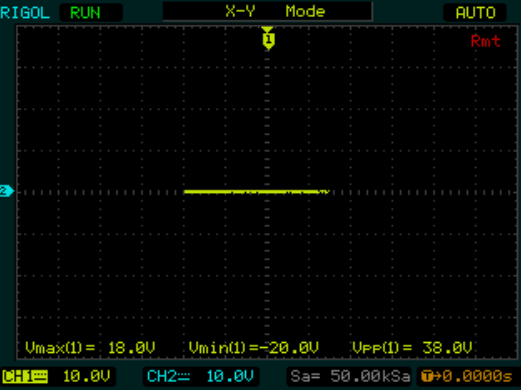
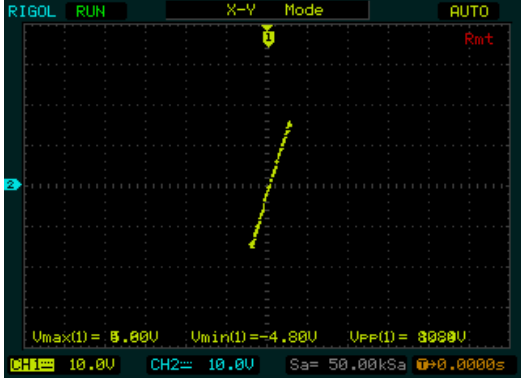
			<p>cual se observa que solo está funcionando la resistencia, esto quiere decir que el sensor sufrió una desconexión interna de sus elementos internos por lo tanto debe ser reemplazado por un sensor nuevo.</p> <p>Otra de las gráficas que puede mostrar este sensor al estar dañado es la de un corto circuito (Línea Vertical) o la de un circuito abierto (Línea Horizontal)</p>
	Estado optimo		<p>Un sensor CKP funcionando de forma óptima da una gráfica de Lissajous en forma de una elipse con una inclinación, indicando la presencia de la combinación de un capacitor y una resistencia</p>
CKP	Variaciones		<p>La grafica generada por el sensor CKP tiene una variación mínima que se rige según las RPM que detecte el sensor. La variación se da en la inclinación de la elipse debido a la presencia de la resistencia</p>
	Mal estado		<p>En la imagen se observa la señal que da un sensor CKP en mal estado, este da una gráfica distorsionada con mucho ruido al generar la elipse esto indica que el capacitor interno que posee se deterioró o está a punto de generar un corto circuito.</p>

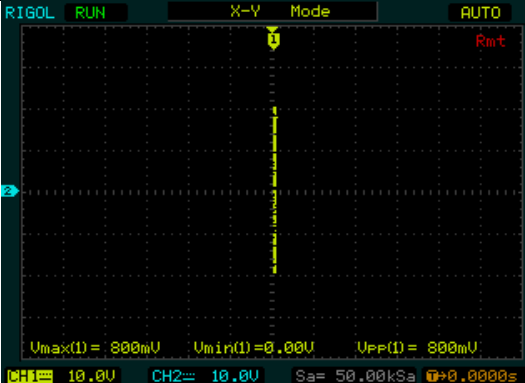
			<p>Otra de las gráficas que nos puede indicar que el sensor está fallando es si se genera solo la gráfica de una resistencia, o de un capacitor, pero no la combinación de estas.</p> <p>También puede graficar una línea horizontal indicando un circuito abierto por posibles desconexiones de los elementos internos, o una línea vertical indicando el corto circuito del sensor.</p>
MAP	Estado optimo		<p>La grafica de un sensor MAP en estado optimo es representada como la de un diodo conectada en serie a una resistencia.</p> <p>Esto se sabe gracias a que el comportamiento de la gráfica es similar a la de un diodo, pero con la presencia de una inclinación debido a la conexión en serie de una resistencia.</p>
	Variaciones		<p>El gráfico del sensor MAP seguirá el comportamiento de un diodo con cambios en la inclinación en una o dos regiones, dependiendo de la estructura interna del sensor. Estas regiones se ubicarán antes y después de la polarización del diodo.</p> <p>La presencia de una única resistencia provocará variaciones en una sola región, mientras que la aparición de dos resistencias se manifestará</p>

			<p>en variaciones en dos regiones.</p> <p>Las variaciones de inclinacion en la grafica son proporcionales a la magnitud de depresion a la que se encuentra sometido el sensor.</p>
	Mal estado		<p>Un sensor MAP en mal estado, dañado o quemado puede manifestarse generando la grafica unicamente del diodo o del resistor indicando que hay una desconexion o una averia interna del sensor.</p> <p>Tambien puede manifestarse un MAP en mal estado cuando se genera la grafica de un circuito abierto (Linea Horizontal) o la grafica de un corto circuito (Linea Vertical).</p>
MAF	Estado optimo		<p>Un sensor MAF genera la gráfica de disparo de un transistor TRIAC combinado con la inclinación generada por una resistencia de alto valor.</p>

	Variaciones		<p>El flujo de aire que pase por el sensor MAF influirá directamente en la gráfica que este genere, es decir mientras más flujo de aire pase por el sensor más resistencia va a generar este para mantener una temperatura constante.</p> <p>Por lo tanto, según vaya variando el valor de la resistencia ira variando la inclinación en la gráfica, es decir mayor flujo de aire mayor inclinación en la gráfica.</p>
	Mal estado		<p>Un sensor MAF en mal estado puede representar distintos tipos de grafica entre las más comunes las siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Grafica solo del TRIAC Grafica solo de un resistor Grafica de circuito abierto Grafica de corto circuito.
APS	Estado optimo		<p>EL sensor APS básicamente es un potenciómetro, por lo tanto, su grafica se guía en el comportamiento de este.</p> <p>La grafica es una línea inclinada que variará su pendiente según la variación de la resistencia que tenga el potenciómetro, la variación de la resistencia de este se dará según la posición del pedal.</p>
	Variaciones		<p>Como se observan en las imágenes las gráficas Lissajous que se generan son propias a las de una resistencia, por lo tanto, la</p>

			<p>pendiente varía según el valor de la resistencia.</p> <p>En la primera grafica se observa la pendiente de la resistencia cuando el pedal está al 50% de su posición, mientras que en la segunda imagen se observa la pendiente de la resistencia cuando el pedal está al 100%</p>
	<p>Mal estado</p>		<p>Un sensor APS en mal estado no genera la gráfica de Lissajous correspondiente a la de una resistencia.</p> <p>En la imagen se observa que grafica una línea horizontal debido a que el sensor tiene una desconexión interna de sus componentes tratándose de una línea que representa un circuito abierto.</p> <p>También puede generarse una línea vertical indicando que el sensor APS está sufriendo un corto circuito.</p>
<p>O2</p>	<p>Estado optimo</p>		<p>El sensor de oxígeno (O2) cuando se encuentra condiciones óptimas de funcionamiento, presenta una gráfica de Lissajous que exhibe similitudes con</p>

			<p>la con la representación gráfica de un resistor</p> <p>Esta característica visual es de gran utilidad para comprender el comportamiento y las propiedades del sensor.</p>
Variaciones		 	<p>Como se sabe existen diferentes tipos de sensores de oxígeno como el de dióxido de circonio, de dióxido de titanio y de banda ancha o lineal. Según el tipo de sensor que se teste cambiara la gráfica debido a su composición.</p> <p>En el caso de la primera grafica se observa el comportamiento de un sensor de oxígeno de dióxido de circonio que rige su comportamiento como la gráfica de una resistencia que tiende a infinito asemejándose a un circuito abierto.</p> <p>En la segunda grafica se observa el comportamiento de un sensor de oxígeno de dióxido de titanio que presenta su grafica como la de una resistencia de baja impedancia.</p>
Mal estado			<p>Es importante tener en cuenta que la gráfica de Lissajous del sensor de oxígeno puede verse afectada por diversos factores, como el envejecimiento del sensor, la contaminación o las condiciones ambientales adversas.</p>

			<p>En el caso de la gráfica mostrada se observa una línea vertical propia de un corto circuito en el sensor, por ende, el sensor está quemado.</p> <p>Otras gráficas que nos demostraría el fallo del sensor de oxígeno sería la de una línea horizontal representando un circuito abierto o la desconexión de un elemento interno del sensor.</p>
--	--	--	--

6.9 Procedimiento de diagnóstico de sensores.

Si se sospecha que el automóvil falla por un sensor que está funcionando de manera incorrecta o está en mal estado se siguen los siguientes procedimientos para realizar el diagnóstico.

6.10 Preparación y configuración.

- Se ubican los sensores que se van a testear
- Se conecta el trazador y el osciloscopio a la alimentación
- Los terminales del trazador se conectan a los canales del osciloscopio y al sensor que se testeará respectivamente
- Se configura el osciloscopio al modo "X-Y" para que se generen las curvas de Lissajous

6.11 Captura de imágenes (Opcional).

En caso de que se requiera capturar las imágenes del osciloscopio se conectará una computadora al osciloscopio siguiendo los siguientes pasos:

Se conecta la computadora al osciloscopio mediante un cable USB (USB tipo A a USB tipo B)

Se abre el programa Ultrasigma para la detección del osciloscopio y la compatibilidad con la computadora.

Se abre el programa Ultrascope este nos ayuda a obtener toda la información y configuraciones del osciloscopio en tiempo real.

En el programa Ultrascope se abre el panel virtual y desde ahí se puede guardar las imágenes captadas por el osciloscopio en formato imagen o formato PDF.

6.12 Análisis de las imágenes.

Una vez obtenida la imagen o grafica generada por el sensor se analiza y se compara con la imagen del sensor con un funcionamiento óptimo, para saber si este se encuentra dentro o fuera del rango de funcionamiento.

6.13 Interpretación y diagnóstico.

Después de comparar las imágenes obtenidas se interpreta los resultados y se genera un diagnóstico de funcionamiento del sensor.

6.14 Acciones correctivas.

Luego del diagnóstico se realizan las acciones correctivas del sensor, donde se ve y recomienda la más factible para el automóvil ya que puede ser solo fallas generadas por la exposición al medio ambiente como polvo, humedad, suciedad, entre otras o puede ser que el sensor este deteriorado o dañado.

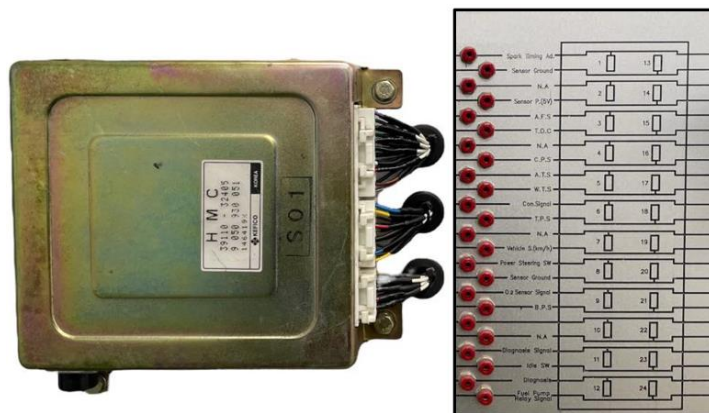
7 Experimentación adicional.

Se procede a la adquisición de las gráficas generadas por los sensores automotrices a través de los pines de la ECU, como parte de una experimentación adicional con el objetivo de obtener un conjunto ampliado de gráficas que servirán como una valiosa base de datos para futuros diagnósticos. Este enfoque se basa en la recopilación sistemática y precisa de las señales provenientes de los sensores, permitiendo su registro y análisis exhaustivo con el propósito de identificar patrones y tendencias relevantes.

Estas nuevas gráficas, integradas en la base de datos, enriquecerán la comprensión de los comportamientos eléctricos y funcionales de los sensores automotrices, lo que a su vez facilitará la detección y el diagnóstico preciso de posibles fallos o anomalías en futuros casos. Esta estrategia contribuirá a mejorar la eficiencia y la eficacia de los procedimientos de diagnóstico y mantenimiento en el ámbito automotriz, respaldando la toma de decisiones fundamentadas y favoreciendo la optimización continua de los sistemas y componentes en el campo de la ingeniería automotriz.

Figura 60

ECU y pines Hyundai Sonata 1993-1998



Tomado de autores.

A continuación, se muestra la distribución de pines en la siguiente tabla:

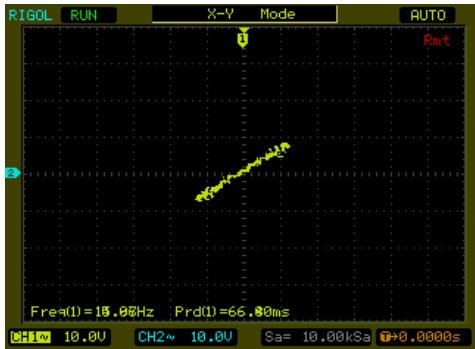
Tabla 2 Pines ECU Hyundai Sonata 1993-1998

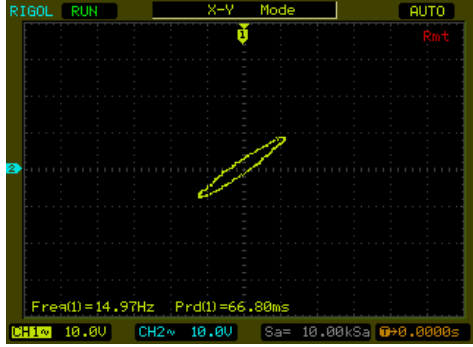
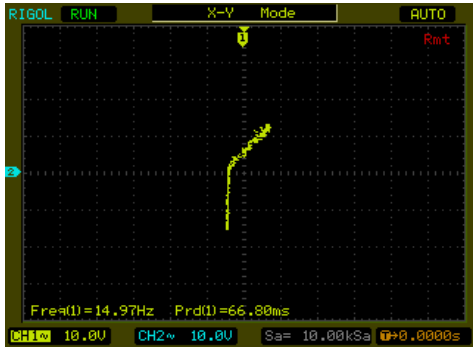
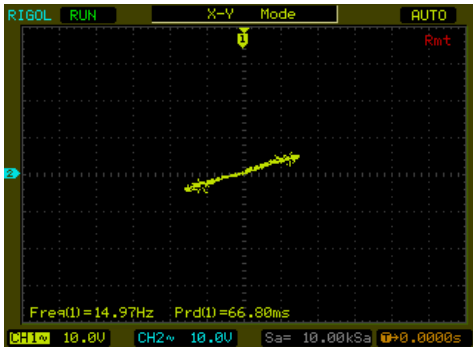
Numero de pin	Descripción	Numero de pin	Descripción
1	Spark Timing	13	Sensor ground
2	NA	14	Sensor P (5v)
3	AFS	15	TDC
4	NA	16	CPS
5	ATS	17	WTS
6	Con. Signal	18	TPS
7	NA	19	Vehicle S (Km/h)
8	Power steering SW	20	Sensor ground
9	O2 sensor signal	21	BPS
10	NA	22	NA
11	Diagnosis signal	23	Idle SW
12	Diagnosis	24	Fuel pump relay signal

En la siguiente tabla se observa y se describe las gráficas de Lissajous obtenidas de los distintos sensores a través de los pines de la ECU.

Tabla 3

Señales de sensores tomadas desde la ECU de Hyundai sonata 1993-1998

Números de pin	Nombre del sensor	Curva generada	Descripción
9 señal	Sensor de oxígeno		<p>El pin número 9 de la ECU corresponde a la señal del sensor de oxígeno, la gráfica de Lissajous correspondiente al sensor es propia a la de una resistencia por lo tanto se corrobora el correcto funcionamiento del sensor.</p> <p>En caso de haber una falla con el sensor daría una gráfica horizontal correspondiente a un circuito abierto o un sensor quemado, o una gráfica vertical correspondiente a un corto circuito, lo que daría</p>

			a entender que existe un problema de conexiones internas en el sensor.
3 señal 13 GND	Sensor MAF		<p>El pin numero 3 es la señal del sensor MAF y el pin 13 corresponde a la tierra del sensor.</p> <p>La grafica es una combinación de un capacitor por la elipse y una resistencia por la inclinación que tiene, dando a entender que el sensor está funcionando correctamente, ya que en pruebas anteriores los sensores MAF dan graficas similares a la obtenidas desde la ECU.</p>
16 señal 13 GND	Sensor CKP CPS		<p>El pin 16 de la Ecu pertenece a la señal del sensor CKP y tiene una tierra correspondiente al pin 13.</p> <p>La grafica obtenida indica la presencia de un diodo Zener y luego a partir de la zona de tensión umbral se observa una elipse inclinada indicando el comportamiento de un capacitor con un resistor conectados en serie.</p>
18 señal 20 GND	Sensor TPS		<p>La señal del sensor TPS es dada por el pin 18 de la ECU y la tierra es el pin 20.</p> <p>Se observa que la gráfica de Lissajous generada es correspondiente a la de una resistencia, lo que indica que el sensor está funcionando correctamente, ya que el sensor TPS internamente tiene un potenciómetro o también llamado resistencia variable. Esta varía su pendiente según varíe su resistencia.</p>

8 CONCLUSIONES

Se realizó una exhaustiva recopilación de información con el objetivo de comprender a fondo la técnica de diagnóstico de imágenes mediante el trazador de curvas I-V, que se basa en la generación de dos ondas senoidales a partir del dispositivo bajo prueba. Utilizando un osciloscopio, se visualizan las curvas de Lissajous en un eje X de voltaje y un eje Y de intensidad, empleando el modo X-Y del osciloscopio. El objetivo principal de esta técnica es comparar detalladamente la gráfica de un dispositivo en buen estado con la gráfica de uno sospechoso de tener fallas, para así determinar su estado actual.

Se investigó y se comprobó la generación de las curvas características de Lissajous para diversos componentes electrónicos fundamentales, como resistencias, capacitores, diodos y transistores. Además, se exploró la combinación de estos elementos básicos que suelen estar presentes en los sensores automotrices.

Se investigaron las características y comportamientos específicos de los sensores automotrices en relación con la generación de curvas de Lissajous. Esto permitió una comprensión más profunda de los fenómenos eléctricos y la interacción entre los diferentes componentes presentes en estos dispositivos, para luego poder generar una comparación y desarrollar un diagnóstico.

El diagnóstico por imágenes y el uso de trazadores de curvas como las figuras de Lissajous son técnicas poderosas para el diagnóstico de fallas en placas de circuito impreso y en sistemas automotrices. Estas técnicas permiten visualizar y analizar de manera precisa y detallada el comportamiento de los sistemas, facilitando la detección y reparación de posibles problemas.

Se logró desarrollar con éxito un circuito de trazador de curvas I-V de bajo costo, el cual se caracteriza por su simplicidad y facilidad de uso, este logro se basó en la aplicación de conocimientos y conceptos fundamentales en el campo de la electricidad y la electrónica. Se prestó especial atención a los componentes necesarios para garantizar la precisión y la fiabilidad de las mediciones y se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para verificar el correcto funcionamiento del circuito y su capacidad para obtener datos precisos y consistentes, además se diseñó una carcasa utilizando el software Inventor y fue fabricada mediante impresión 3d, lo que permite tener una mejor apariencia del dispositivo y proteger al circuito de posibles daños externos.

Se elaboró una tabla detallada para el análisis y la comparación de las gráficas generadas a través del método de diagnóstico por imágenes, donde se obtuvieron las gráficas de los sensores en condiciones óptimas, las cuales se contrastaron con las variaciones presentes en aquellos sensores que presentaban un mal funcionamiento. Se observó que la gráfica de Lissajous de un resistor fue la más frecuente en el conjunto de datos analizados. Además, se observó que, la combinación más frecuente es con un resistor generando gráficas con inclinaciones y características distintivas. Estas conclusiones se derivaron de las pruebas realizadas en los sensores sometidos al test, permitiendo así identificar patrones y variaciones significativas en las curvas generadas. Estos hallazgos son fundamentales para el desarrollo de futuros estudios y la mejora de los métodos de diagnóstico de sensores, ya que aportan una comprensión más precisa de las características eléctricas y el comportamiento de los elementos analizados.

9 RECOMENDACIONES

Para elaborar el circuito del trazador de curvas se recomienda utilizar una resistencia máxima de 1k para así evitar que las gráficas sufran distorsiones o se generen con ruido.

Al realizar el test primero se debe configurar el osciloscopio de manera que se puedan apreciar de manera estable las gráficas de Lissajous.

Es importante invertir uno de los canales del osciloscopio para poder generar la gráfica de Lissajous, además se debe cambiar el modo del osciloscopio al modo "X-Y".

Los canales 1 y 2 del osciloscopio se deben mantener en 10 voltios de división para poder apreciar la gráfica generada, en caso de que no se pueda apreciar o visualizar correctamente la gráfica se deberá disminuir el voltaje.

Es recomendable llevar a cabo una investigación sobre la información técnica de los sensores antes de realizar pruebas y diagnósticos. Esto implica buscar datos como la identificación de pines, los componentes internos y las especificaciones generales de los sensores en cuestión. Al contar con esta información, se logra una mayor precisión y confiabilidad en el proceso de diagnóstico, además de tener un conocimiento sólido de la estructura y las características de los sensores brinda una base sólida para la interpretación de los resultados obtenidos, lo que contribuye a tomar decisiones más informadas y adecuadas en cuanto a reparaciones, ajustes o reemplazos necesarios.

La utilización de bases de datos de graficas de investigaciones anteriores ofrece varias ventajas. En primer lugar, permite establecer una referencia comparativa con patrones y características conocidas, lo que facilita la identificación de posibles anomalías o desviaciones en las gráficas actuales. Asimismo, la incorporación de datos históricos

puede ayudar a detectar patrones o tendencias en el comportamiento de los módulos automotrices a lo largo del tiempo.

10 Bibliografía

Castro Canjura, E., Gallegos V, E., Araya Flores, F., Alvarenga García, J., Hernández Gutiérrez, M., & Castillo Z., M. (05-06-2013). *FIGURAS DE LISSAJOUS*. San Salvador: UCA-CEF.

Vargas , T., & Abrahamse, A. (2014). *TRAZADOR DE CURVAS I-V DE CÓDIGO ABIERTO PARA MONITOREO DE RENDIMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN BOLIVIA*. Cochabamba: SciELO .

Aranzabal Olea, A. (febrero de 2001). *Modelos equivalentes lineales aproximados del diodo*. Obtenido de Electrónica Básica: http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/tema3/TEMA3.htm

Augeri, F. (08 de febrero de 2015). *Diagnóstico por Imágenes*. Obtenido de Cise electronica : <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/757-diagn&>

Augeri, F. (s.f.). *CISE Electrónica* . Obtenido de http://www.cise.com/portal/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=81&vmcchk=1&option=com_virtuemart&Itemid=54

Auto Avance. (12 de junio de 2013). *Que es un Sensor de Posición del Cigüeñal Sensor CKP Y CMP*. Obtenido de Auto Avance: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/149-que-es-un-sensor-de-posicion-del-ciguenal-sensor-ckp-y-cmp/>

Boylestad , R. L. (20004). Introducción al análisis de circuitos. En *Introducción al análisis de circuitos* (pág. 577). México : Pearson Educación.

Boylestad, R. l. (2004). Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson educación.

Boylestad, R. L. (2004). Introducción al análisis de circuitos. En *Introducción al análisis de circuitos* (pág. 634). Mexico: Pearson Educación.

Cajas Uyaguari, E. D., & Cevallos Mijas, A. E. (julio de 2017). *Diseño e implementación de un software para la detección de fallos en los sistemas electrónicos del vehículo, aplicando la técnica de diagnóstico por imagen*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14881/1/UPS-CT007300.pdf?fbclid=IwAR2-Pr4GpC9HY2YsiYV0bnd5hOWm20y1EfsL57mjY5soAbIBLzs-6BG_aBo

Códigos DTC. (enero de 2017). *Sensor de Oxígeno - Sensor O2*. Obtenido de Códigos DTC: <https://codigosdtc.com/sensor-o2/>

Codigos DTC. (Junio de 2023). *Sensor de Posición del Acelerador - Sensor TPS*. Obtenido de Codigos DTC: <https://codigosdtc.com/sensor-tps/>

Flex-Fuel Company. (4 de febrero de 2022). *Sensor IAT*. Obtenido de Flex Fuel Company: <https://www.flexfuel-company.es/sensor-iat/>

Flex-Fuel company. (07 de enero de 2023). *Sensor MAP*. Obtenido de Flex Fuel Company: <https://www.flexfuel-company.es/sensor-map/>

Floyd, T. L. (2008). *Dispositivos electrónicos* (octava ed.). México, México: Pearson Education.

Gorley, J. (27 de Abril de 2021). *Curve Tracer vs. IV Curve Tracer Software*. Obtenido de Tektronix: <https://www.tek.com/en/blog/i-v-curve-tracer>

Gorley, J. (27 de Abril de 2021). *Software trazador de curva IV*. Obtenido de Tektronix: <https://www.tek.com/en/blog/i-v-curve-tracer>

Granell, A. (s.f.). Sistema electrónico y sus tipos de averías. *RO-DES*.

Ingenieria y mecanica automotriz. (30 de enero de 2020). *¿Qué es el sensor de detonación o knock sensor y cómo funciona?* Obtenido de Ingenieria y mecanica automotriz: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-detonacion-o-knock-sensor-y-como-funciona/>

oocities. (Octubre de 2009). Obtenido de *oocities*: <http://www.oocities.org/mecanicoweb/12.htm>

Rodes. (2015). *Sistema electrónico y sus tipos de averías [Fotografía]*. Obtenido de Rodes : <https://www.ro-des.com/mecanica/sistema-electronico-del-coche-y-tipos-de-averias/>

Rodríguez, P. (2001). *Introducción a las medidas electricas*. Buenos Aires: Libreria y Editorial Alsina.

SAE Automotriz, P. b. (2010). *En Que Consiste Un Diagnóstico Electrónico*. *SAE AUTOMOTRIZ*.

Singh, J. (2012). *Semiconductor devices: basic principles*. New York: John Wiley & Sons.

Streetman, B., & Banerjee, S. (s.f.). *Solid State electronic devices*.

The museum of Tek Scopes. (2013). Obtenido de Curve Tracers:
<http://www.chiark.greenend.org.uk/scopes/tek.html>

Tiwari, S., Sundar Ghosh, D., & Gopal Krishna, B. (2021). Progress in ambient air-processed perovskite solar cells: Insights into processing techniques and stability assessment. *Solar energy*.

Vejar, R. (16 de febrero de 2021). *CJM*. Obtenido de Energia Solar:
<https://cjm.cl/2021/02/16/preguntas-frecuentes-sobre-el-seguimiento-de-curvas/#:~:text=Los%20trazadores%20de%20curvas%20IV,m%C3%BAltiples%20puntos%20durante%20el%20barrido.>

