



*Diagnóstico por imagen del fallo de la etapa de activación de la bobina de encendido en la unidad de control electrónico de motor ME 17. 9.11*

*Image diagnosis of the failure of the ignition coil activation stage in the ME 17 electronic engine control unit. 9.11*

*Diagnóstico por imagem da falha da fase de ativação da bobina de ignição na unidade de controlo electrónico do motor ME 17. 9.11*

Fabian Eduardo Vilema-Chuiza <sup>I</sup>  
[fabian.vilema@istcarloscisneros.edu.ec](mailto:fabian.vilema@istcarloscisneros.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1201-3592>

Diego Armando Tacle-Humanante <sup>II</sup>  
[diego.tacle@istcarloscisneros.edu.ec](mailto:diego.tacle@istcarloscisneros.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9287-5298>

Pablo Rodrigo Damián-Cabadiana <sup>III</sup>  
[pablo.damian@istcarloscisneros.edu.ec](mailto:pablo.damian@istcarloscisneros.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-2762-1187>

Patricio Fernando Ayala-Freire <sup>IV</sup>  
[patricio.ayala@istcarloscisneros.edu.ec](mailto:patricio.ayala@istcarloscisneros.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5000-4569>

**Correspondencia:** [fabian.vilema@istcarloscisneros.edu.ec](mailto:fabian.vilema@istcarloscisneros.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de junio de 2022 \* **Aceptado:** 12 de julio de 2022 \* **Publicado:** 19 de agosto de 2022

- I. Ingeniero Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros, Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniero Automotriz, Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros, Riobamba, Ecuador.
- III. Licenciado en Ciencias de la Educación, Profesor de Educación Técnica Mecánica Industrial automotriz, Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros, Riobamba, Ecuador.
- IV. Ingeniero en Administración y Producción Industrial, Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros, Riobamba, Ecuador.



## Resumen

El trazo de curva o imágenes en la actualidad es el método de mucha utilidad para diagnosticar los fallos en la electrónica automotriz. El estudio se enfocó en la obtención de imágenes de cada una de las señales proporcionadas para la activación de las bobinas de encendido en el motor de un vehículo Kia Rio R, cada una de ellas se las obtuvo de los distintos controladores de bobinas de encendido en la Unidad de Control Electrónico (ECU) ME 17.9.11, utilizando un equipo Rastre curve 2p plus el cual permitió obtener la imágenes de cada uno de ellos y se comparó la señal de activación de las señales que estaban en buen estado y las que presentaban error en el vehículo, además de obtener de manera individual la imagen de las líneas del elemento de control de activación, para el cumplimiento de este objetivo se utilizó el método experimental donde se obtuvo las imágenes que determinan la ubicación del componente a ser reemplazado para que la ECU trabaje correctamente. Como punto final del estudio se sustituyó el controlador deteriorado y se obtuvo nuevamente las imágenes para comparar y evidenciar las formas de onda funcionales en la línea de control que se encontró en mal estado lo que permitió verificar el funcionamiento de la activación de la ECU.

**Palabras claves:** Activación; imagen; señal; control.

## Abstract

The curve trace or images is currently the most useful method to diagnose faults in automotive electronics. The study focused on obtaining images of each of the signals provided for the activation of the ignition coils in the engine of a Kia Rio R vehicle, each of them was obtained from the different ignition coil controllers in the Electronic Control Unit (ECU) ME 17.9.11, using a Rastre curve 2p plus equipment which allowed to obtain the images of each one of them and the activation signal of the signals that were in good condition and those that presented error in the vehicle, in addition to individually obtaining the image of the lines of the activation control element, to fulfill this objective the experimental method was used where the images that determine the location of the component to be replaced were obtained so that the ECU works properly. As a final point of the study, the deteriorated controller was replaced and the images

were obtained again to compare and show the functional waveforms in the control line that were found to be in poor condition, which allowed verifying the operation of the ECU activation.

**Keywords:** Activation; image; signal; control.

## Resumo

O rastreio ou imagem de curvas é atualmente o método mais útil para o diagnóstico de falhas na electrónica automóvel. O estudo centrou-se na obtenção de imagens de cada um dos sinais fornecidos para a activação das bobinas de ignição no motor de um veículo Kia Rio R, cada um deles foi obtido a partir dos diferentes controladores de bobinas de ignição na Unidade de Controlo Electrónico (ECU) ME 17.9. 11, utilizando equipamento Rastre curve 2p plus, que permitiu obter as imagens de cada um deles e comparar o sinal de activação dos sinais que estavam em bom estado e os que apresentavam um erro no veículo, para além de obter a imagem das linhas do elemento de controlo de activação individualmente. Para cumprir este objectivo, foi utilizado o método experimental para obter as imagens que determinam a localização do componente a substituir para que a ECU funcione correctamente. Como ponto final do estudo, o controlador deteriorado foi substituído e as imagens foram obtidas novamente para comparar e demonstrar as formas de onda funcionais na linha de controlo que se verificou estarem em mau estado, o que tornou possível verificar o funcionamento da activação da ECU.

**Palavras-chave:** Activação; imagen; sinal; controlo; controlo.

## Introducción

Los motores de combustión interna de encendido por chispa, requieren de la energía térmica para inflamar la mezcla aire combustible en el interior del cilindro del motor. El proceso de activación de la chispa por medio de bujías de encendido permite que la combustión se realice en una escala de milisegundos (Kim et al., 2020), produciendo de forma eficiente la relación aire combustible y teniendo un mejor control de los gases NOx, y de todos los elementos contaminantes que son enviados al medio ambiente producto de las averías en la combustión de un motor, teniendo como consecuencias el calentamiento global y las afecciones a la salud humana (Fansler et al., 2015), (Ganesan Mahadeven, 2017).

En el vehículo convencional cuya arquitectura está basado en el MCI, el funcionamiento de este tipo de motor está formado por el sistema de encendido que es el encargado en generar la energía

eléctrica producto de las descargas de alto voltaje que se produce entre los contactos de las bujías siendo el elemento necesario para alcanzar el punto de inflamación (Okrouhly & Novak, 2014).

El funcionamiento del sistema de encendido inicia con la activación de los distintos componentes que forman parte del procesamiento de la unidad de control electrónico del motor, debido a todo el flujo de información de los sensores principales como sensor de posición de cigüeñal (CKP) y si corresponde del sensor de posición del árbol de levas CMP para obtener los datos de sincronismo (De Alcantara Dias et al., 2018), la ECU del vehículo consta de dos componentes importantes como es el conjunto de chips, que viene a ser el hardware y un sistema integrado en donde se ubica el software para el procesamiento de información, la parte de hardware se conecta con el conjunto de sensores del vehículo, para que el sistema integrado realice la activación de los actuadores, teniendo así un control riguroso para evitar averías ya que pueden ser peligrosas si el vehículo se encontrara en movimiento (Ham et al., 2017).

Al obtener las señales de giro del cigüeñal, el microprocesador de la ECU se encarga en transformar las señales e informarlas hacia los drivers de control o transistores de activación de bobinas de encendido, este proceso logra generar la chispa, claro que de igual forma con la misma señal de giro del cigüeñal, la ECU se encarga en procesar la información para la activación de los pulsos de inyección, en sincronización con los sensores de revoluciones, que a su vez de acuerdo a esta información permite ajustar el avance del encendido (De Alcantara Dias et al., 2018).

La gestión de las unidades de control para la activación de los actuadores, están formados por drivers de activación o transistores de alta potencia, aplicados en el sistema de encendido, permiten que las bobinas realicen el proceso de generación de pulsos para la activación de chispa, tomando en consideración que cada una de las ECUs van a tener un rendimiento óptimo de acuerdo a los materiales que empleen en los drivers, transistores u otro elemento en su estructura interna, debido a que alrededor del 20 por ciento de las pérdidas de eficiencia en los controladores electrónicos se deben a la reducción de potencia de sus elementos (Kimura et al., 2017), por lo que en la actualidad los transistores IGBT han encontrado mayor espacio en la estructura de controladores electrónicos en el campo automotriz.

El IGBT es un dispositivo semiconductor de potencia híbrido que combina los atributos del BJT y del Mosfet. Este tipo de transistor posee una compuerta tipo Mosfet y por consiguiente tiene

una alta impedancia de entrada, a su vez el gate maneja voltaje como el Mosfet. El IGBT no exhibe el fenómeno de ruptura secundario como el BJT (Smirnov et al., 2018).

La computadora automotriz está compuesta de varias etapas para cumplir la función total, todas las etapas están compuestas de semiconductores electrónicos, tales como resistencias, diodos, transistores, condensadores, circuitos integrados, que sumados forman estructuras muy complejas (Pérez Fernández et al., 2019). El circuito fuente de la ECU protege el módulo y mantiene un nivel de tensión estable al interior, constituyen la fuente de alimentación de la ECU, transistores, diodos, condensadores, reguladores de voltaje, etc. El bloque de INPUT son circuitos que reciben las diferentes señales que van a ingresar a la ECU y antes de que lleguen al microprocesador, encontrándose en este trayecto filtros, amplificadores, conversores análogos a digital, comparadores, recortadores, entre otros (Sanchez & Taipe, 2018), (Pérez Fernández et al., 2019). El bloque de procesamiento es la parte lógica y operacional del módulo en donde se encuentran almacenados datos de funcionamiento (memoria) encargado de operar controles y señales del módulo (Sanchez & Taipe, 2018).

Los sectores de salida son los componentes como amplificadores, circuitos de potencia con transistores, todos los denominados drivers o controladores, etc. son regulados por el microcontrolador, y que actuarán sobre los diferentes elementos periféricos de potencia, como bobinas de encendido, inyectores, relés, etc. (Sanchez & Taipe, 2018).

El método de trazo de curva se ha implementado en la industria automotriz como un método eficaz para la resolución de averías en la electrónica aplicada en la automoción. Este método consiste en alimentar dos ondas senoidales al mismo tiempo a un osciloscopio (una a la entrada vertical y la otra a la horizontal) y se ajusta el equipo para trabajar en el modo XY, la imagen resultante en la pantalla se llama figura de Lissajous. Obteniendo así dos ejes, donde el eje X es representado por los valores de voltaje y los valores de Y por la intensidad. Los osciloscopios conectados a un trazador de curvas, permiten observar las señales de evolución del componente, a su vez la variación de una con respecto a la otra que se la tome como punto de medición (Vélez Salazar et al., 2022).

Al analizar los componentes o líneas de control de la ECU de un vehículo es importante conocer que, al aplicar el método de trazo de curvas no se alimentan los circuitos por lo que es un método que en lo posible evitará generar cortocircuitos sin generar daños en la tarjeta electrónica de la unidad de control electrónica analizada.

El objetivo principal es obtener gráficas de comportamiento que permitan observar el funcionamiento del componente electrónico tomado para su respectiva medición, aplicando corriente alterna de bajo valor.

Para obtener las curvas características de los elementos electrónicos se lo puede realizar en cada uno de los componentes o a su vez localizar cada uno de los pines de la ECU que se encuentre en análisis, tomando en cuenta que las líneas de control hacia los pines en la placa electrónica puede estar constituidos de resistencias de distinto valor, transistores, condensadores, lo que permite obtener una gráfica que determina el funcionamiento de la línea de control como ejemplo: líneas de activación de inyectores, bobinas o alimentaciones a los distintos sensores.

Para obtener las gráficas que permitan realizar el análisis se utiliza un trazador de curvas, el mismo que opera mediante la aplicación de corriente alterna que actúa como un divisor de voltaje que indica la corriente que circula, mientras que en las puntas de prueba se mide el voltaje para la verificación del componente electrónico (Erazo et al., 2019).

## **Metodología**

Para lograr obtener resultados en el desarrollo del trabajo, uno de los puntos iniciales consistió en la recopilación de información relacionada a trabajos realizados en torno al tema de estudio, se ha tomado como referencia el tema “Diagnóstico por Imagen del Sistema de Control Electrónico de Inyección Diésel Riel Común CRDI” (Erazo et al., 2019), este artículo permitió verificar trazos de curvas base que permitan visualizar la etapa de activación de las bobinas y verificación de las señales en la ECU ME 17.9.11.

El método descriptivo fue el que permitió sustentar los procesos de diagnóstico para verificar el fallo en el componente de control de la línea de activación de la bobina de encendido, debido a que en el proceso se aplicó la observación atenta del comportamiento de las distintas señales del control de la ECU ME 17.9.11 y el elemento empleado para el control de activación de las bobinas de encendido, mediante el análisis de imágenes basadas en el trazo de curvas de componentes electrónicos, y posterior registro de cada uno de las porcentajes de desviación de la comparación que se realizó en los componentes o señales de la unidad de control electrónico.

La Fase de aplicación de este método inició con la obtención de las características del vehículo, en la que se aplica el análisis, debido a que los parámetros de trabajo de un vehículo a otro varían

sus características de constitución electrónica de un modelo a otro. La unidad de control electrónica ME 17.9.11, se aplica en algunos modelos de la marca Kia y Hyundai, para la toma de estudio se lo realizó en un modelo Kia Rio R del año 2013, el que emplea un motor Gamma 1.4 MPDI con 4 cilindros en línea DOHC, este vehículo posee un número de VIN KNADN412AD6221386, los datos de la unidad de control se los extrajo de forma visual de la plaqueta que presenta sobre esta, y los datos del automotor se los obtiene de la matrícula y plaqueta instalada en el compartimento del motor.

Como parte del método descriptivo aplicado en esta investigación, se obtuvo la información desde los manuales de servicio del vehículo, para la revisión de pines de verificación de la ECU en los diagramas eléctricos, considerando que esta lectura se realizó al conector de la unidad ME.17.9.11, en el que se visualizó las líneas de control de bobinas que permitirán el recorrido interno hacia la placa electrónica y posterior localización del grupo de transistores IGBT de activación que permitan el encendido del cilindro. Esta información fue obtenida del manual de taller del fabricante Kia Motors, en el cual se observa la distribución de los pines de cada una de las líneas de control que posee la ECU en análisis.

Los materiales empleados para la investigación son un escáner automotriz, trazador de curva y la unidad de control electrónica ME 17.9.11.

El escáner automotriz G Scan 3, permitió obtener la información para el procedimiento de diagnóstico de los controladores de encendido de cilindros del motor, con los datos visualizados en el equipo de escaneo se obtuvo los valores iniciales para el estudio de la ECU del vehículo Kia Rio R, permitiendo tomar el camino correcto para direccionar las líneas de control de bobinas a las cuales se va a extraer las imágenes o trazo de curva. Con la opción de lectura de flujo de información o datos de la unidad de control electrónica ME 17.9.11 enfocado en los conteos de fallos de los cilindros que afectan las emisiones, información que permite ser observada por el escáner automotriz. Se enfoca este análisis debido a que no se encontró ningún código de avería para direccionar de manera más rápida el diagnóstico, aunque el vehículo presentaba leve inestabilidad en ralentí, carga media y máxima. Teniendo como resultado un conteo de fallos en el cilindro número 1, al analizar este parámetro en el software de la ECU, y verificar que el funcionamiento se encontraba con 29 errores al iniciar la variación de potencia, permitió iniciar la etapa de diagnóstico en las líneas de activación de bobinas para activación de la chispa en el interior del motor.

El trazador de curva, rastre curve 2p plus es el equipo que se empleó para el proceso de toma de curvas de los distintos componentes electrónicos, utilizando como concepto de funcionamiento las curvas características de Lissajous. Con su puerto de conexión a PC, permite obtener las curvas de cada una de las líneas de control de las bobinas de encendido, y los componentes de activación que se encuentran en la parte interna de la ECU, todo este proceso se visualiza en la PC mediante la interfaz y el programa empleado para el funcionamiento de este trazador de curva, diferenciándose de muchos equipos que realizan el mismo trabajo por ser de constitución sencilla se los conecta a un osciloscopio para visualizar las imágenes. Al obtener figuras de cada una de las mediciones, en los pines de la unidad de control electrónica y de los transistores IGBT, se obtuvo el porcentaje de desviación de cada una de las señales que se midió, o que permitió determinar si la imagen se encuentra en perfectas condiciones o con defectos.

Para analizar las curvas de cada uno de los pines se emplea la función de comparar dos canales, llegando a determinar un pin base que será leído por el canal uno mientras que en canal dos de comparación se tomó las líneas de activación de las bobinas de encendido de los cilindros lo que permitió observar la variación de una curva a otra y el porcentaje de desviación entre ellas.

También fue de gran utilidad la función comparativa de componentes que el rastre curve 2p plus permite establecer, con gráficas establecidas en su base de datos que se encuentran subidos en la función nube de curvas, instaladas en el equipo y de esta manera permitió comparar las imágenes de los transistores IGBT que forman parte de las líneas de control de las bobinas de encendido, el porcentaje de variación de una imagen y otra se obtiene por la comparación de lo existente en la memoria del equipo como imagen precargada y la que se mida físicamente en la unidad de control electrónica ME 17.9.11.

## Resultados

Para el proceso de generar los resultados, se extrajo la ECU del auto para realizar el análisis con el equipo rastre curve 2p plus, equipo que se conectó a la computadora portátil en donde se encuentra instalado el software de trabajo y análisis de las imágenes. De esta manera con los pines de conexión del equipo (punta de pruebas y cable de masa), se procedió a extraer cada una de las imágenes, activando los dos canales para la comparación, las mismas que se inició con los

pinos de la ECU, para posterior seguir las líneas hasta donde se encontraron los transistores IGBT en donde se tenía el fallo. La figura 1 muestra la conexión de los equipos para la medición.

Fuente: (Autores, 2022)

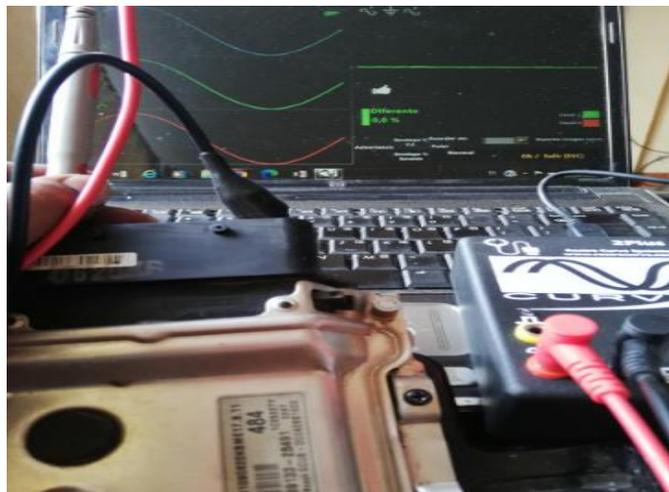


Figura 1. Conexión rastreo curve y ECU de vehículo Kia Rio R

### Análisis de curvas en los pines de control de bobinas ECU ME 17.9.11

Se establece la tabla 1 en la que consta el detalle de los pines de control de activación de las bobinas de encendido, esto visualizando en el conector de la unidad de control electrónico.

Figura 2: Pines del conector – control de bobinas, unidad de control electrónica ME17.9.11

PINES DE CONTROL ECU – BOBINAS		
BOBINA	PIN ECU	CODIFICACIÓN CABLE
Bobina cilindro 1	PIN 28	B
Bobina cilindro 2	PIN 49	W
Bobina cilindro 3	PIN 27	R
Bobina cilindro 4	PIN 50	G

Fuente: (Autores, 2022)

Para la comparación se tomó como base el pin 50 de la unidad de control electrónica ME 17.9.11, la medición de esta señal se conectó en el canal uno del equipo (gráfica de color verde),

el mismo que de acuerdo a la diagramación eléctrica corresponde al control de la bobina de ignición del cilindro número 4, comparando con los pines 49, 27, 28 de la ECU, a los que la línea de señal se presentó en el canal dos del equipo de obtención de curvas en la técnica de imagen (gráfica de color rojo), en la figura 2 se presenta cada uno de los puntos de toma de señales a obtener las imágenes y realizar las comparaciones para determinar el porcentaje de desviación que permitan analizar el fallo.

Fuente: (Autores, 2022)



Figura 3: Ubicación de pines de control de bobinas para toma de imágenes.

La primera comparación se la realizó entre el pin 50 como medida base y el pin 49 obteniendo un resultado de diferencia en la comparación de 0,0 % con lo que se confirmó que la imagen se encuentra en los parámetros de funcionamiento debido a que el valor presentado corresponde 0 % de tolerancia entre una imagen y la otra, la medición de valor comparativo se visualiza en la figura 3.

Fuente: (Autores, 2022)

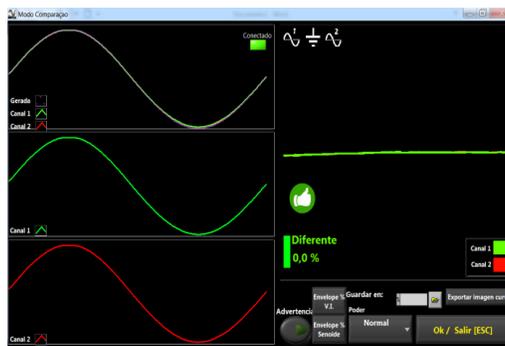


Figura 4: Comparación pin 50 y 49 de la ECU ME 17.9.11.

La segunda comparación se la realiza entre el pin 50 y el pin 27 de la ECU ME 17.9.11, con esta comparación se llegó a obtener una diferencia de 0,0 % en la medición por lo que se determinó que el control de bobina del cilindro 3 se encuentra en un punto óptimo de trabajo como se puede verificar en la figura 4.

Fuente: (Autores, 2022)

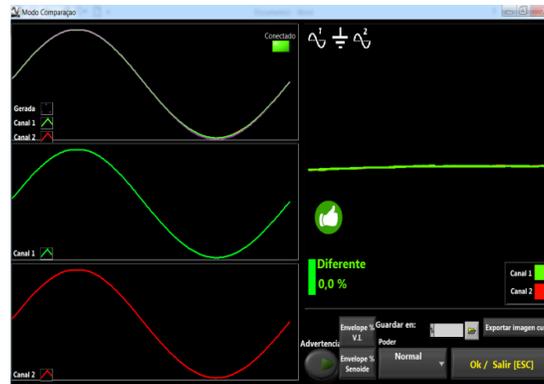
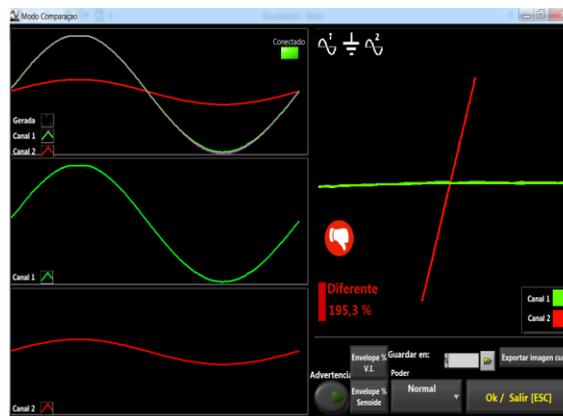


Figura 5: Comparación pin 50 y 27 de la ECU ME 17.9.11

La tercera comparación se la realizó entre los pines 50 y 28 de la ECU ME 17.9.11 en el que se obtiene una diferencia del 195.3%, teniendo como resultado el error de funcionamiento en la línea de control de bobina del cilindro número 1, valor y gráfica de trabajo presentada en la figura 5.

Figura 6: Comparación pin 50 y 28 de la ECU ME 17.9.11



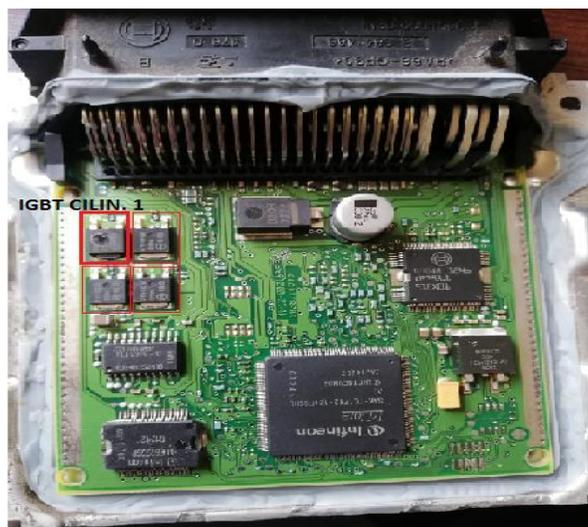
Fuente: (Autores, 2022)

Con el resultado la toma de imágenes de cada una de las líneas de activación, se tiene que el control correspondiente al pin 28, línea roja, se encontraba con fallo debido a la diferencia de entre el pin 50 línea verde, por lo que para el análisis en el interior se lo realizó al transistor IGBT que se encuentra en el flujo de activación de la línea de 28 que posee defecto.

### **Comparación de las imágenes de los pines del transistor con la nube de curvas del rastreo curve**

En el interior de la ECU, se localiza el transistor IGBT de la línea de activación del pin 28, para extraer la imagen de cada uno de los tres puertos que forman parte del transistor y verificar la avería existente. En la figura 6 se observa enmarcado en con recuadro rojo cada uno de los transistores con código DG04AV y ubicado con “IGBT CILIN 1” al transistor que controla la línea de activación del cilindro número 1.

Fuente: (Autores, 2022)



**Figura 7:** Ubicación de transistores IGBT de activación de bobinas en la placa electrónica de la ECU.

Con el transistor ubicado en el interior de la unidad de control electrónica se verificó las imágenes de cada uno de estos pines, para este proceso se aprovechó la eficiencia del equipo en la función de nube de curvas en donde se encuentra ubicado las imágenes preestablecidas de los componentes internos de la ECU ME. 17.9.11, entre los cuales para el análisis se empleó los transistores IGBT aplicados para esta computadora del vehículo Kia Rio R.

Se tomó la medida del pin 1 del transistor IGBT del cilindro número 1, obteniendo como resultado la diferencia del 8,1 %, parámetro que determina que el transistor no está funcionando correctamente. En la figura 7 se observa la comparación entre el pin 1 del transistor de la ECU con el pin 1 del transistor ubicado en la nube de curvas, resultado del análisis a un transistor con funcionamiento óptimo.

Fuente: (Autores, 2022)

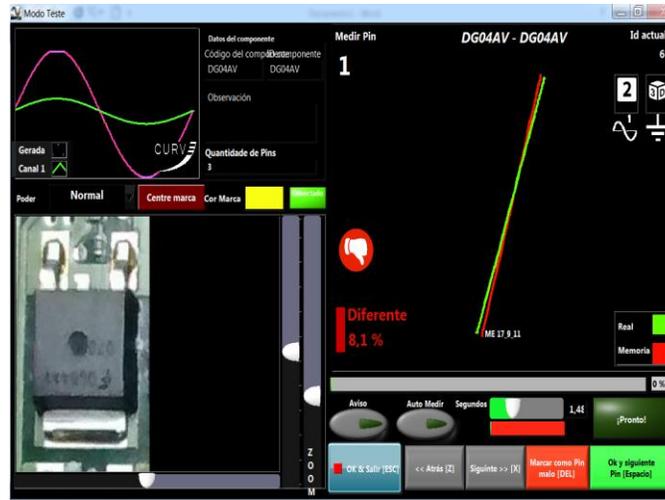


Figura 8: Toma de imagen del pin 1 del transistor IGBT control bobina 1

Con la imagen del pin 2 del transistor se observa que se tiene una diferencia del 100,5 %. La imagen tomada del pin 2 se observa en la figura 8 en donde se visualiza la variación que determina que el transistor IGBT de control de bobinas no está trabajando en esta ECU.

Fuente: (Autores, 2022)



Figura 9: Toma de Imagen del pin 2 del transistor IGBT de control del cilindro 1

Como punto final de la inspección del transistor se realiza la toma de imagen del pin 3. Teniendo como resultado que se tiene una diferencia del 0,0 %. En la figura 9 se observa la toma de imagen del pin 3 del transistor IGBT de control de bobina del cilindro 1, verificando que este pin se encuentra en buen estado.

Fuente: (Autores, 2022)

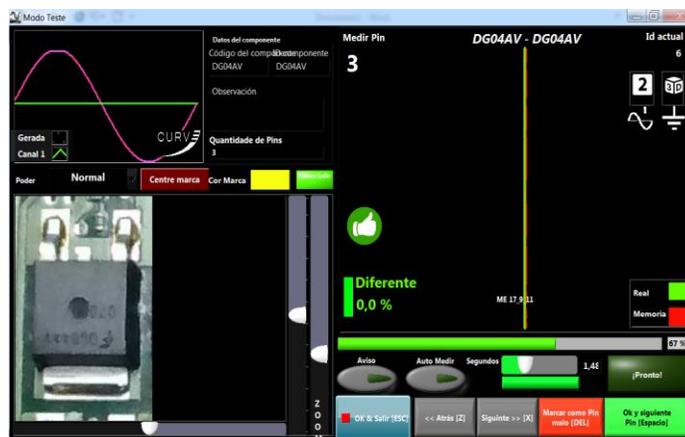


Figura 10: Toma de Imagen del pin 3 del transistor IGBT de control del cilindro

### Verificación de imágenes en los pines de la ECU con el transistor sustituido

Con el diagnóstico y al identificar el transistor en mal estado, se procedió al reemplazo para verificar nuevamente los pines de la ECU, además de verificar las líneas del transistor que es objeto de extracción de imágenes para realizar la comparación con la nube de curvas del rastreo curve. Teniendo en consideración que el pin 28 de la unidad de control es la que generaba una imagen distinta a los 3 restantes de control de encendido que no presentaban problema, se toma la imagen del pin 28 para analizar y comparar con la línea 50 de la ECU. En la figura 10, se observa una imagen similar en la curva de los dos pines de la unidad de control electrónica con un resultado de funcionamiento eficiente de esa línea de control de bobina con el transistor IGBT óptimo.

Fuente: (Autores, 2022)

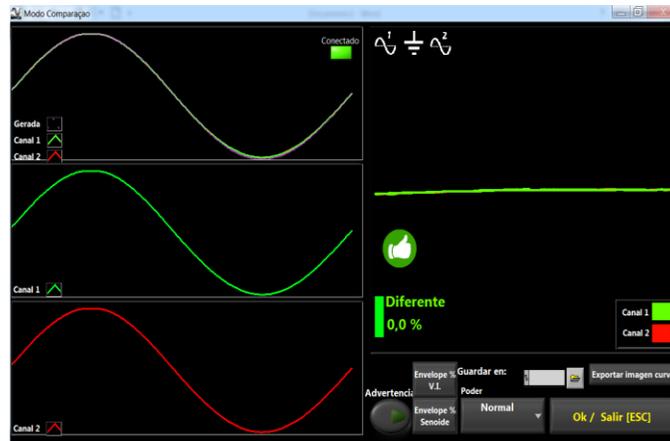


Figura 11: Comparación pin 28 y 50 de la ECU ME 17.9.11, con transistor sustituido

Al sustituir el IGBT de control de bobina del cilindro 1, se realizó la verificación directa en el transistor para de esta manera visualizar si las imágenes nuevas en el componente coinciden con las presentadas en la nube de curvas que se encuentran en el rastreo curve 2p plus.

El trazo de curvas del pin 1 del transistor IGBT del control de bobina de encendido del cilindro 1 que se encontraba en análisis, se pudo visualizar que la imagen obtenida en la medición coincide con la imagen de la nube de curvas, obteniendo un 0,0% de error en la comparación entre el pin de transistor sustituido y el de la memoria almacenada en el equipo, lo que determina que esta línea se encuentra trabajando correctamente. La figura 11 muestra la medición del pin 1 con la comparación de la nube de curvas en la que se pudo observar que el equipo determina que ese pin del transistor funciona correctamente, considerando que el análisis previo a la sustitución del transistor determinaba una diferencia de 8,1 % lo que permitía que el transistor trabaje de forma errónea.

Fuente: (Autores, 2022)



Figura 12: Imagen del Pin 1 del transistor IGBT de control del cilindro 1, con transistor reemplazado.

Analizando el pin 2 se obtuvo una imagen similar a la que se encuentra almacenada en la base de datos del rastreo curve, obteniendo un valor de variación de 0,7%, por lo que el equipo determina como funcionamiento normal, tomando en cuenta que el rango aceptable es hasta 2% de diferencia.

La figura 12 muestra la toma de imagen y la diferencia marcada con la nube de curvas, tomando en cuenta que trabaja correctamente ya que el análisis con el transistor en mal estado marcaba la diferencia de 100,5 %, por lo que la corrección con la sustitución del componente electrónico hace posible que los pulsos de activación sean estables.

Fuente: (Autores, 2022)



Figura 2: Imagen del Pin 2 del transistor IGBT de control del cilindro 1,

Con transistor reemplazado.

Al medir el pin 3 del transistor IGBT y compararlo con la nube de curvas se obtiene una diferencia del 0,0%, valor mostrado por el equipo resultado de la comparación con sus datos almacenados y la medición física.

La figura 13, muestra el análisis de la medición y la comparación con la nube de curvas, determinando que se encuentra funcionando en condiciones óptimas.

Fuente: (Autores, 2022)

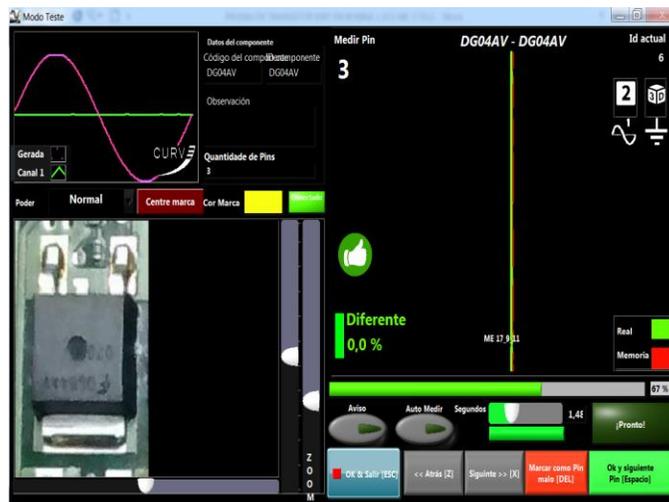


Figura 14: Imagen del Pin 3 del transistor IGBT de control del cilindro 1, con transistor reemplazado.

## Discusión

Los resultados presentados del análisis de la ECU, se establece que la unidad de control electrónico de motor ME 17.9.11, presenta una avería como es el fallo en el control de activación de la bobina del cilindro número 1, pero para llegar a determinar este particular como punto inicial del diagnóstico y posterior reparación, se utilizó un escáner automotriz G SCAN 3 el mismo que en el flujo de datos se encontró el parámetro de análisis “Cantidad total de fallo de encendido del cilindro # que afectan las emisiones”, teniendo como resultado para el análisis, el conteo de 29 fallos en el cilindro 1, como punto inicial para el diagnóstico se determinó que la ruta a ser analizada se localizaba en la línea de activación de bobinas.

Previó al análisis interno de la ECU se realizó el análisis de los pines ya que puede existir factores como las corrientes parásitas que provoquen la generación de señales deficientes que

activan las bobinas, para lo cual se emplea el equipo de diagnóstico Rastre Curve 2p plus, teniendo los siguientes diferencias de resultados haciendo como base la lectura en el pin 50 que controla el cilindro # 4, cuyo cilindro no presenta errores al análisis de fallos en el flujo de adquisición de información con el escáner automotriz G Scan 3. En la tabla 2 se presenta el porcentaje de diferencia determinado por el equipo y que permite localizar cuál de ellas es la señal deficiente.

**Figura 15:** Porcentaje de diferencia en los pines de la ECU.

<b>Pin Base</b>	<b>Comparación</b>	<b>% de diferencia</b>
Pin 50	Pin 49	0,0 %
Pin 50	Pin 27	0,0 %
Pin 50	Pin 28	195,3 %

**Fuente:** (Autores, 2022)

Estos valores de medición permitieron verificar la estructura interna de la ECU en el punto exacto, optimizando el tiempo en el diagnóstico, al realizar el análisis en la placa electrónica se localizó el grupo de transistores en la zona superior izquierda de la unidad de control electrónico de motor, como se pudo observar en la figura 6, en este grupo de IGBTs se centró en el muestreo del transistor del cilindro de fallo, teniendo valores resultantes presentados en la tabla 3, obteniendo los datos de comparación analizados con los presentados en la base de información del equipo Rastre Curve 2p plus, muestras que son resultado de un transistor en buen estado y que el equipo presenta para facilidad de verificación de los componentes de las ECUs que se desee analizar, que en el caso de análisis se seleccionó en la nube de curvas la unidad ME 17.9.11. Esta comparación realizada entre una base de datos de un transistor en buen estado y el que se tenía de forma física, establece que el componente que se comprueba presenta valores elevados de porcentaje de diferencia, lo que permite determinar que está con funcionamiento errático.

**Figura 16:** Porcentaje de diferencia en los pines del IGBT de control del cilindro uno VS los datos base del Rastre Curve.

<b>Pin Base</b>	<b>Comparación</b>	<b>% de diferencia</b>
Pin 1 Dato base Rastre Curve	Pin 1 del transistor IGBT de la ECU ME 17.9.11	8,1 %
Pin 2 Dato base Rastre Curve	Pin 2 del transistor IGBT de la ECU ME 17.9.11	100,5 %
Pin 3 Dato base Rastre Curve	Pin 3 del transistor IGBT de la ECU ME 17.9.11	0,0 %

**Fuente:** (Autores, 2022)

Los datos de la tabla 3 permiten observar los valores de variación, por lo que se determina que el transistor IGBT de control de activación de la bobina del cilindro 1 de la ECU ME 17.9.11 se encuentra trabajando fuera de rango ya que como valor máximo de diferencia permisible es del 2% entre los valores comparativos del componente a medir con la imagen base de la nube de curvas existente en el Rastre Curve 2p plus.

Estos valores de bajo rendimiento del IGBT analizado hacen posible que en la lectura del escáner aparezca con fallos, por lo que, el rendimiento en el vehículo se afectaba incluso sin presentar códigos de avería que permitan la ruta más rápida al diagnóstico.

Para la solución del problema se sustituyó un transistor de similares características para evitar errores en la lectura al instante de generar nuevas imágenes de análisis en las que se comparó el transistor sustituido con la base establecida por el Rastre Curve 2p plus. Estos resultados se muestran en la tabla 4, teniendo un valor del 0,0 % de diferencia entre los pines 1 y 3 del transistor IGBT nuevo en comparación con la base de datos para el análisis, mientras que en el pin 3 marca una diferencia del 0,7 % siendo estos valores aceptables debido a que el equipo establece como rango máximo aceptable el 2% de tolerancia permisible. Todas estas imágenes presentadas se encuentran en las figuras 23, 24 y 25 en las que se pueden visualizar que no existe un desfase entre la línea roja (línea base de la nube de curvas) y la línea verde que es la resultante de la verificación del transistor.

**Figura 17:** Porcentaje de diferencia en los pines del IGBT sustituido VS los datos base del Rastre Curve

<b>Pin Base</b>	<b>Comparación</b>	<b>% de diferencia</b>
Pin 1 Dato base Rastre Curve	Pin 1 del transistor IGBT de la ECU ME 17.9.11	0,0 %
Pin 2 Dato base Rastre Curve	Pin 2 del transistor IGBT de la ECU ME 17.9.11	0,7 %
Pin 3 Dato base Rastre Curve	Pin 3 del transistor IGBT de la ECU ME 17.9.11	0,0 %

**Fuente:** (Autores, 2022)

## Conclusiones

Aplicar el estudio de las imágenes en las líneas de activación de las bobinas de la ECU ME 17.9.11, y realizar la comparación, tomando como medida base el pin 50 y compararlo con los pines 49, 27 y 28, se tiene que la línea 28 de la ECU presenta deficiencia en el funcionamiento, de acuerdo a las figuras obtenidas en este punto de estudio, presentando variaciones del 195,3 %, como punto inicial, la toma de estos parámetros ayudan a localizar el transistor IGBT de la unidad de control que de igual forma comparando con la imagen localizada en el sistema del equipo se tiene una diferencia de 100,5% en la tolerancia, esto hace posible obtener un diagnóstico por medio de gráficas resultantes de comparación que permiten obtener valores acertados de funcionamiento.

El diagnóstico por imagen con el Rastre Curve 2p plus establece la comparación de una curva base y una curva a medir, teniendo como resultado imágenes diferentes de ser el caso de variación de la medición, o similares de no existir error, como se observó en el análisis inicial de la toma de imágenes del estudio, además presentando porcentajes de tolerancia en la gráfica obtenida. Este proceso de extracción de imágenes ayuda a diagnosticar componentes electrónicos

sin la necesidad de energizar los módulos de control en el vehículo, disminuyendo el riesgo a provocar mayores defectos en los componentes que forman parte de las líneas de control de las distintas computadoras del vehículo.

Las imágenes patrón desarrolladas a partir de una ECU en buen estado y subidas a la nube de curvas del equipo Rastre Curve, ayudan a obtener valores comparativos entre las desarrolladas a partir de una unidad de control en buen estado y otra funcionando fuera de los parámetros establecidos por el fabricante del vehículo, esto permite obtener resultados con mayor eficiencia al instante de solventar la necesidad de sustitución de un determinado componente en los módulos de control.

Para el trabajo es importante establecer las tolerancias permisibles en las variaciones de las imágenes obtenidas, lo cual ya las determina el Rastre Cuve 2p plus y es del 2%, valor como máximo de verificación, claro que mientras el valor se acerque a cero el valor obtenido será ideal. En la actualidad el diagnóstico por imagen viene a presentar estudios significativos que ayudan a reducir el riesgo en la manipulación de controladores electrónicos.

## Referencias

1. De Alcantara Dias, B. M., Lagana, A. A. M., Justo, J. F., Yoshioka, L. R., Santos, M. M. D., & Gu, Z. (2018). Model-Based Development of an Engine Control Module for a Spark Ignition Engine. *IEEE Access*, 6, 53638–53649. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870061>
2. Erazo, G., Guangaje, E., & Murillo, L. (2019). Diagnóstico por Imagen del Sistema de Control Electrónico de Inyección Diésel Riel Común CRDI. *Infociencia*, 10(1), 63–69.
3. Fansler, T. D., Reuss, D. L., Sick, V., & Dahms, R. N. (2015). Combustion instability in spray-guided stratified-charge engines: A review. *International Journal of Engine Research*, 16(3), 260–305. <https://doi.org/10.1177/1468087414565675>
4. Fernández Molina, J. L., & Zhumi Guncay, J. E. (2019). *Patrón de gráficas de los sensores del motor Otto utilizando la técnica de diagnóstico por imagen* [Universidad Politecnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17825>
5. Fuentes, C. D., Müller, M., Bernet, S., & Kouro, S. (2021). SiC-MOSFET or Si-IGBT: Comparison of Design and Key Characteristics of a 690 V Grid-Tied Industrial Two-Level Voltage Source Converter. *Energies*, 14(11), 3054.

<https://doi.org/10.3390/en14113054>

6. Ganesan Mahadeven, S. S. (2017). Temperature analysis of dynamic catalytic convertor system with pre-catalyst in a multi cylinder spark ignition engine to reduce light-off time. *International Journal of Heat and Technology*, 35(1), 97–102. <https://doi.org/10.18280/ijht.350113>
7. Guangaje, E., & Murillo, L. (2018). *Investigacion del proceso de diagnóstico por imagen en el sistema de control electrónico de inyección MPFI - CRDI*. Espe - Universidad de las Fuerzas Armadas.
8. Ham, W. K., Ko, M., & Park, S. C. (2017). A framework for simulation-based engine-control unit inspection in manufacturing phase. *Control Engineering Practice*, 59, 137–148. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2016.12.001>
9. Kim, K., Hall, M. J., Wilson, P. S., & Matthews, R. D. (2020). Arc-Phase Spark Plug Energy Deposition Characteristics Measured Using a Spark Plug Calorimeter Based on Differential Pressure Measurement. *Energies*, 13(14), 3550. <https://doi.org/10.3390/en13143550>
10. Kimura, K., Rahman, T., Misumi, T., Fukami, T., Hara, M., Kawaji, S., & Machida, S. (2017). Development of New IGBT to Reduce Electrical Power Losses and Size of Power Control Unit for Hybrid Vehicles. *SAE International Journal of Alternative Powertrains*, 6(2), 2017-01–1244. <https://doi.org/10.4271/2017-01-1244>
11. Okrouhly, M., & Novak, J. (2014). Centralized Diagnostics of Ignition System. *Elektronika Ir Elektrotechnika*, 20(10). <https://doi.org/10.5755/j01.eee.20.10.5666>
12. Pérez Fernández, J., Alcázar Vargas, M., Velasco García, J. M., Cabrera Carrillo, J. A., & Castillo Aguilar, J. J. (2019). Low-Cost FPGA-Based Electronic Control Unit for Vehicle Control Systems. *Sensors*, 19(8), 1834. <https://doi.org/10.3390/s19081834>
13. Sanchez, J., & Taípe, R. (2018). *Investigación de los parámetros de funcionamiento del sistema De inyección de combustible de los vehículos hyundai para desarrollar La construcción de un banco de pruebas de verificación de ecu's*.
14. Smirnov, V. I., Sergeev, V. A., Gavrikov, A. A., & Shorin, A. M. (2018). Thermal Impedance Meter for Power MOSFET and IGBT Transistors. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(7), 6211–6216. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2017.2740961>
15. Vélez Salazar, D., Caiza Caiza, L., & Vélez Salazar, J. S. (2022). Investigación del

diagnóstico por imagen del grupo inversor – propulsor de vehículos híbridos.  
*Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 4(1 SE-Artículos).  
[http://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion\\_tecnologica/article/view/144](http://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/144)

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).