



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

Facultad de Ciencia y Tecnología  
Tecnología Superior en Electrónica Automotriz

Trabajo de Titulación:  
Método para el diagnóstico de unidad de control modelo Detroit utilizando  
el método de curvas de Lissajous

Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en  
Electrónica Automotriz.

Autores:  
Stephano Isaac Cortez Oñate  
Wilson Andrés Peralta Pauta

Director:  
Dr. Efrén Fernández

Cuenca – Ecuador  
2025

## **Dedicatoria**

A mis padres, que con sacrificio, amor y valores me mostraron que el camino correcto no siempre es el más fácil, pero sí el más digno. Gracias por cada palabra de aliento, cada consejo y por creer en mí incluso cuando yo titubeaba. Este logro es también suyo, porque ustedes sembraron en mí la fuerza que hoy me sostiene.

A mis hermanos, compañeros de vida, gracias por su cariño sincero, sus bromas que aligeraron los días difíciles y por estar presentes en silencio o en risa. Tenerlos es tener raíces. A mí mismo, porque aprendí a resistir. Porque hubo días de cansancio, de dudas, de puertas cerradas... y aun así seguí. Porque me prometí no rendirme y hoy cumplo esa promesa. Esta tesis no solo refleja conocimiento, también está hecha de noches sin dormir, lágrimas calladas y una voluntad que se forjó en la adversidad.

Y a ti, Nicolás Peralta, mi hijo... mi razón más profunda. Cada página de este trabajo lleva tu nombre escrito en silencio. Tú fuiste mi impulso cuando las fuerzas escaseaban, mi motivo cuando todo parecía detenerse. Este paso es para ti. Porque quiero que un día veas que tu papá luchó, que no se rindió, y que cada esfuerzo tuvo sentido porque te tengo a ti.

- Wilson Andrés Peralta Pauta -

A mis padres, Hipólito y Rosana, por su amor incondicional, por ser mi guía constante y por enseñarme con su ejemplo el valor del trabajo, la honestidad y la perseverancia.

A mis hermanos, Astrid y Carlos, por estar siempre presentes, con palabras de aliento, gestos de apoyo y compañía en cada etapa de este camino.

A mis queridos tíos Eugenia y Tuty, que aunque ya no están físicamente, viven en mi memoria y en mi corazón. Su amor, enseñanzas y ejemplo siguen acompañándome cada día, y este logro también les pertenece.

Y a toda mi familia, por su amor, comprensión y respaldo en los momentos difíciles y en los momentos de alegría. Este logro es también suyo.

Con todo mi cariño y gratitud

-Stephano Isaac Cortez Oñate -

## **Agradecimientos**

A mi hijo, Nicolás Peralta.

Cada paso que di en este camino fue pensando en ti, en darte un mejor futuro y en ser un ejemplo que puedas admirar.

Gracias por ser mi mayor motivación, por darme fuerzas cuando sentía que ya no podía más.

Este logro es tan tuyo como mío.

Te amo con todo mi ser.

-Wilson Andrés Peralta Pauta –

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la vida, la fuerza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para superar cada reto en este camino. Sin Su guía y protección, nada de esto habría sido posible.

A mis padres, Hipólito y Rosana, por ser mi pilar fundamental, por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y por enseñarme con su ejemplo el valor de la responsabilidad y la constancia.

A mis hermanos, Astrid y Carlos, por estar siempre presentes, brindándome su apoyo, ánimo y compañía en cada etapa de este proceso.

A mi pareja, Leydi, por su comprensión, paciencia y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Su apoyo emocional fue clave en este logro.

A toda mi familia, por sus palabras de aliento, su cariño y su presencia constante, que me fortalecieron en los momentos de mayor exigencia.

A mis compañeros de estudio, por compartir conocimientos, experiencias y por ser parte del esfuerzo colectivo que enriqueció este proceso académico.

Gracias a todos por ser parte de este camino. Este logro también les pertenece.

-Stephano Isaac Cortez Oñate—

## **Resumen**

El presente trabajo constituye un informe técnico sobre “Método para el diagnóstico de unidad de control modelo Detroit utilizando el método de curvas de Lissajous”. El objetivo principal es desarrollar un procedimiento de diagnóstico eficiente para la unidad de control del motor utilizando curvas de Lissajous, siendo esta una técnica basada en el análisis de señales oscilográficas. El procedimiento aplicado consistió en la adquisición de señales eléctricas de la unidad de control mediante un osciloscopio digital, permitiendo la representación gráfica de las curvas de Lissajous. A partir de la comparación de estas curvas con patrones preestablecidos, se identificaron anomalías en el funcionamiento del sistema. Los principales resultados obtenidos evidencian que la técnica de Lissajous permite detectar fallos en los circuitos de control de manera precisa y no invasiva. Se logró establecer un conjunto de patrones de referencia para determinar el estado de la unidad de control, optimizando los tiempos de diagnóstico y reduciendo costos de mantenimiento.

**Palabras clave:** Diagnóstico, automotriz, unidad de control, curvas de Lissajous, osciloscopio.

## **Abstract**

The present work constitutes a technical report on “Method for Diagnosing Detroit Model Control Unit of oscillographic signals.”

The applied procedure consisted of Using the Lissajous Curve Method. The main objective is to develop an efficient diagnostic procedure for the engine control unit using Lissajous curves, a technique based on the analysis acquiring electrical signals from the control unit using a digital oscilloscope, allowing the graphical representation of Lissajous curves. By comparing these curves with pre-established patterns, anomalies in the system's operation were identified.

The main results obtained demonstrate that the Lissajous technique enables the accurate and non-invasive detection of faults in control circuits. A set of reference patterns was established to determine the state of the control unit, optimizing diagnostic times and reducing maintenance costs.

**Keywords:** Automotive, diagnostics, control unit, Lissajous curves, oscilloscope,

# Índice de Contenido

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Dedicatoria .....</b>                                                          | <b>i</b>   |
| <b>Agradecimientos .....</b>                                                      | <b>ii</b>  |
| <b>Resumen .....</b>                                                              | <b>iii</b> |
| <b>Abstract .....</b>                                                             | <b>iii</b> |
| Índice de Tablas .....                                                            | vi         |
| Índice de Imágenes .....                                                          | ix         |
| 1.Introducción. ....                                                              | 1          |
| 2. Objetivos .....                                                                | 2          |
| 2.1. Objetivo general.....                                                        | 2          |
| 2.2. Objetivos específicos .....                                                  | 2          |
| 3. Procedimiento .....                                                            | 2          |
| 3.1 Estudio de la Unidad de Control DT466 .....                                   | 3          |
| 3.2 Identificación de los componentes internos que procederemos a verificar. .... | 4          |
| 3.2.1 Descripción de serie de los componentes electrónicos.....                   | 6          |
| 3.3 Diagnostico por imágenes. ....                                                | 7          |
| 3.3.1 Técnica de diagnóstico. V-I.....                                            | 7          |
| 3.3.2 Curvas de Lissajous .....                                                   | 7          |
| 3.4 Materiales y equipo.....                                                      | 12         |
| 3.4.1 Equipos .....                                                               | 12         |
| 3.4.1.3 Rastre Curve .....                                                        | 13         |
| Menú de Opciones. ....                                                            | 13         |
| 3.4.1.3 Osciloscopio Automotriz Micsig SATO1004 .....                             | 14         |
| 3.4.1.4 Adaptación del trazador de curvas al osciloscopio. ....                   | 15         |
| 3.4.2 Herramientas.....                                                           | 15         |
| <b>4. Resultados .....</b>                                                        | <b>15</b>  |

|           |                                                             |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1       | Comparación de las curvas entre Rastre Curve y Mark50 ..... | 15        |
| 4.1.1     | Análisis de cada componente electrónico de ECU DTC466.....  | 15        |
| <b>5.</b> | <b>Conclusiones.....</b>                                    | <b>46</b> |
| <b>6.</b> | <b>Referencias .....</b>                                    | <b>47</b> |
| <b>7.</b> | <b>Anexos.....</b>                                          | <b>48</b> |

## Índice de Tablas

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Número y nombre de los componentes .....                       | 5  |
| Tabla 2 Componentes electrónicos.....                                  | 6  |
| Tabla 3 Componentes electrónicos de fuente elevadora de potencia ..... | 7  |
| Tabla 4 - Equipos utilizados .....                                     | 12 |
| Tabla 5 - Herramientas utilizadas.....                                 | 15 |
| Tabla 6 Mosfet 1, 2, 3 y 4 . Pin 1 .....                               | 16 |
| Tabla 7 Mosfet 1, 2, 3 y 4. Pin 2 .....                                | 16 |
| Tabla 8 Mosfet 1, 2, 3, 4. Pin 3 .....                                 | 17 |
| Tabla 9 - Transistor 1 . Pin 1 .....                                   | 17 |
| Tabla 10 Transistor 1 . Pin 2 .....                                    | 18 |
| Tabla 11 Transistor de Potencia (4) . Pin 2 .....                      | 20 |
| Tabla 12 Transistor de Potencia (4). Pin 3 .....                       | 20 |
| Tabla 13 Resistencia (1).R120-1,0. Pin 1.....                          | 20 |
| Tabla 14 Resistencia (2).R500-1,0. Pin 1.....                          | 21 |
| Tabla 15 Resistencia (2).R500-1,0. Pin 2.....                          | 21 |
| Tabla 16 Memory Flash. Pin 1 .....                                     | 22 |
| Tabla 17 Memory Flash. Pin 2 .....                                     | 22 |
| Tabla 18 Memory Flash. Pin 3 .....                                     | 23 |
| Tabla 19 Memory Flash. Pin 4 .....                                     | 23 |
| Tabla 20 Memory Flash. Pin 5 .....                                     | 23 |
| Tabla 21 Memory Flash. Pin 6 .....                                     | 24 |
| Tabla 22 Memory Flash. Pin 7 .....                                     | 24 |
| Tabla 23 Memory Flash. Pin 8 .....                                     | 24 |
| Tabla 24 Memory Flash. Pin 9 .....                                     | 25 |
| Tabla 25 Memory Flash. Pin 10 .....                                    | 25 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Tabla 26 Amplificador. Pin 1 .....    | 26 |
| Tabla 27 Amplificador. Pin 2 .....    | 26 |
| Tabla 28 Amplificador. Pin 3 .....    | 27 |
| Tabla 29 Amplificador. Pin 4 .....    | 27 |
| Tabla 30 Comparador 2 . Pin 1.....    | 28 |
| Tabla 31 Comparador 2 . Pin 2.....    | 28 |
| Tabla 32 Comparador 2 . Pin 3.....    | 28 |
| Tabla 33 Comparador 2 . Pin 4.....    | 29 |
| Tabla 34 Compuerta NOR. Pin 1.....    | 29 |
| Tabla 35 Compuerta NOR. Pin 2.....    | 30 |
| Tabla 36 Compuerta NOR. Pin 3.....    | 30 |
| Tabla 37 Compuerta NOR. Pin 4.....    | 30 |
| Tabla 38 Compuerta NOR. Pin 5.....    | 31 |
| Tabla 39 Transistores 1 . Pin 1 ..... | 31 |
| Tabla 40 Transistores 1 . Pin 2 ..... | 32 |
| Tabla 41 Transistores 1 . Pin 3 ..... | 32 |
| Tabla 42 Smart Switch 1 . Pin 1 ..... | 33 |
| Tabla 43 Smart Switch 1 . Pin 2 ..... | 33 |
| Tabla 44 Smart Switch 1 . Pin 3 ..... | 33 |
| Tabla 45 Smart Switch 1 . Pin 4.....  | 34 |
| Tabla 46 Smart Switch 1 . Pin 5 ..... | 34 |
| Tabla 47 Driver 5.1. Pin 1 .....      | 35 |
| Tabla 48 Driver 5.1. Pin 2 .....      | 35 |
| Tabla 49 Driver 5.1. Pin 3 .....      | 35 |
| Tabla 50 Driver 5.1. Pin 4 .....      | 36 |
| Tabla 51 Driver 5.1. Pin 5 .....      | 36 |

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| Tabla 52 Driver 5.1. Pin 6 .....              | 36 |
| Tabla 53 Driver 5.1. Pin 7 .....              | 37 |
| Tabla 54 Driver 5.1. Pin 8 .....              | 37 |
| Tabla 55 Driver 5.1. Pin 9 .....              | 37 |
| Tabla 56 Driver 5.1. Pin 10 .....             | 38 |
| Tabla 57 Transistores de Potencia. Pin 1..... | 38 |
| Tabla 58 Transistores de Potencia. Pin 2..... | 39 |
| Tabla 59 Transistores de Potencia. Pin 3..... | 39 |
| Tabla 60 Memoria SRam. Pin 1 .....            | 40 |
| Tabla 61 Memoria SRam. Pin 2 .....            | 40 |
| Tabla 62 Memoria SRam. Pin 3 .....            | 40 |
| Tabla 63 Memoria SRam. Pin 4 .....            | 41 |
| Tabla 64 Memoria SRam. Pin 5 .....            | 41 |
| Tabla 65 Memoria SRam. Pin 6 .....            | 41 |
| Tabla 66 Memoria SRam. Pin 7 .....            | 42 |
| Tabla 67 Memoria SRam. Pin 8 .....            | 42 |
| Tabla 68 Memoria SRam. Pin 9 .....            | 42 |
| Tabla 69 Memoria SRam. Pin 10 .....           | 43 |
| Tabla 70 Driver 4. Pin 1 .....                | 43 |
| Tabla 71 Driver 4. Pin 2 .....                | 44 |
| Tabla 72 Driver 4. Pin 3 .....                | 44 |
| Tabla 73 Driver 4. Pin 4 .....                | 44 |
| Tabla 74 Driver 4. Pin 5 .....                | 45 |
| Tabla 75 Driver 4. Pin 6 .....                | 45 |

## Índice de Imágenes

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Imagen 1 DT466.....                                                                        | 3  |
| Imagen 2 Base de DT466 .....                                                               | 3  |
| Imagen 3 Fuente elevadora de potencia .....                                                | 4  |
| Imagen 4 Descripción de los componentes electrónicos .....                                 | 4  |
| Imagen 5 Descripción de los componentes electrónicos de fuente elevadora de potencia ..... | 6  |
| Imagen 6 Descripción de los componentes electrónicos de fuente elevadora de potencia ..... | 6  |
| Imagen 7 - Figuras de Lissajous .....                                                      | 8  |
| Imagen 8 - Representación de un Circuito abierto .....                                     | 8  |
| Imagen 9 - Representación de cortocircuito .....                                           | 9  |
| Imagen 10 - Representación de una resistencia.....                                         | 9  |
| Imagen 11 - Representación de capacitor.....                                               | 10 |
| Imagen 12 - Representación de diodo .....                                                  | 10 |
| Imagen 13 - Representación de Diodo Zener .....                                            | 11 |
| Imagen 14 - Representación de bobina.....                                                  | 11 |
| Imagen 15 - Mark50 .....                                                                   | 12 |
| Imagen 16 Rastre Curve .....                                                               | 13 |
| Imagen 17 Menú de opciones.....                                                            | 14 |
| Imagen 18 Osciloscopio Automotriz Micsig SATO1004 .....                                    | 14 |
| Imagen 19 -Adaptación de Osciloscopio y trazador de curvas .....                           | 15 |

## **1.Introducción.**

En los sistemas de gestión electrónica de motores diésel, la Unidad de Control Electrónico (ECU) es un componente esencial que regula parámetros críticos del funcionamiento del motor, tales como la inyección de combustible, la sincronización de encendido y la optimización del rendimiento general. Dada la complejidad de estos sistemas, el diagnóstico preciso de la ECU resulta fundamental para garantizar su correcto desempeño y prevenir fallos operativos.

Uno de los métodos más eficaces para evaluar el comportamiento de la ECU en motores Detroit Diesel es el análisis de señales mediante curvas de Lissajous, una técnica basada en el uso de un osciloscopio de doble canal. Este enfoque permite la comparación en tiempo real de señales eléctricas clave, como las generadas por los sensores de posición del cigüeñal (CKP) y del árbol de levas (CMP), así como por los inyectores y otros actuadores electrónicos del sistema.

El estudio de las curvas de Lissajous facilita la detección de anomalías en la sincronización de señales, la identificación de desfases y la evaluación de posibles interferencias o fallos en los circuitos electrónicos de la ECU. Su aplicación en el diagnóstico automotriz contribuye al mantenimiento preventivo y correctivo de los motores Detroit Diesel, permitiendo optimizar su desempeño, reducir el consumo de combustible y minimizar el riesgo de fallos mecánicos.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

- Analizar el funcionamiento de la Unidad de Control Electrónico (ECU) DTC.466 de un motor Detroit Diesel mediante la aplicación del método de curvas de Lissajous.

### **2.2. Objetivos específicos**

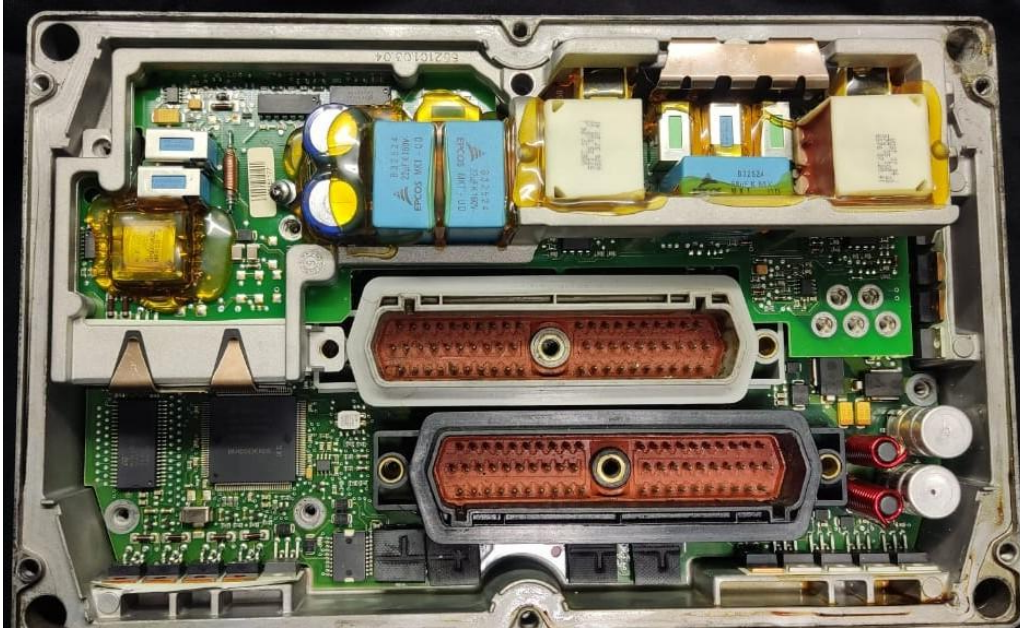
- Identificar los principales componentes electrónicos de la Unidad de Control Electrónico.
- Establecer los puntos clave de medición y diagnóstico de sensores, actuadores y circuitos de control.
- Evaluar la utilidad del método de curvas de Lissajous como herramienta de diagnóstico para fallas en la ECU del motor Detroit Diesel.

## **3. Procedimiento**

Para poder elaborar una base de datos de curvas Lissajous tenemos que considerar el modelo de Ecu que vamos a analizar. (DT.466) Método para el diagnóstico de unidad de control modelo Detroit utilizando el método de curvas de Lissajouss

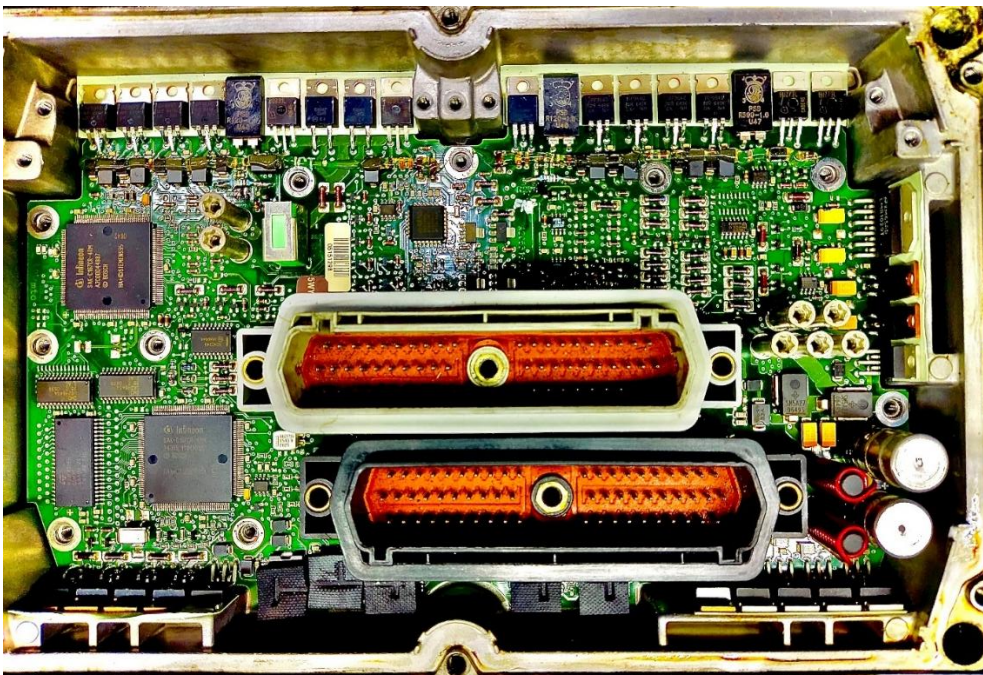
### 3.1 Estudio de la Unidad de Control DT466

*Imagen 1 DT466*



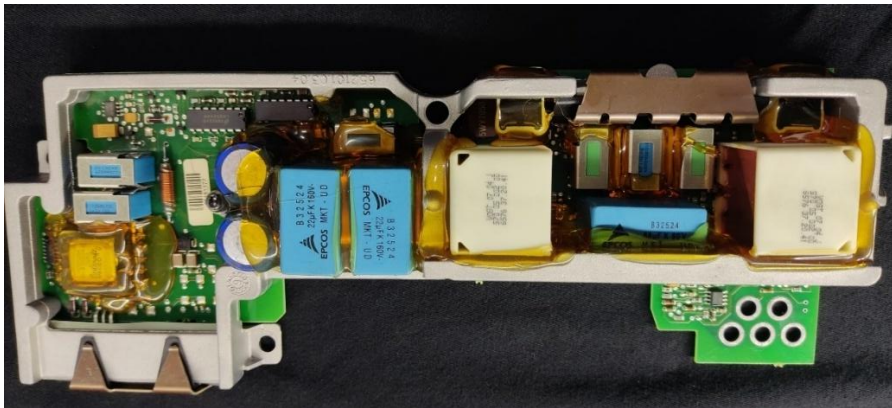
Descripción: Inspección visual de la ECM para verificar que no hayan daños visibles.

*Imagen 2 Base de DT466*



Descripción: Base de la ECM

*Imagen 3 Fuente elevadora de potencia*

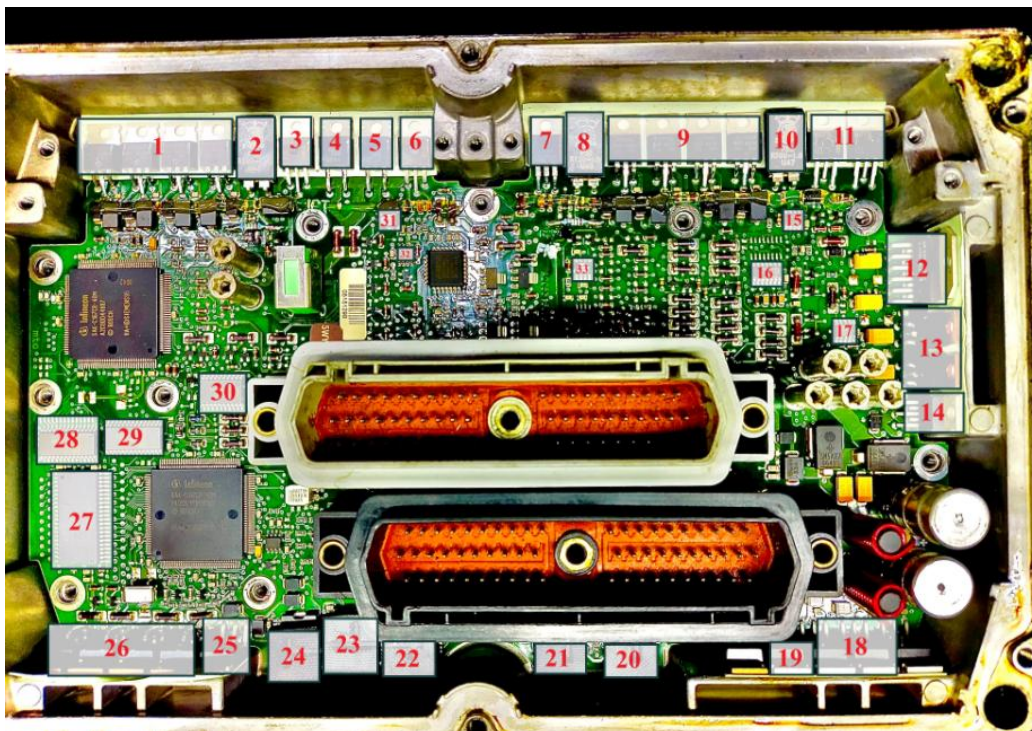


Descripción: Fuente elevadora

### **3.2 Identificación de los componentes internos que procederemos a verificar.**

La computadora en la que se está trabajando es una DT466. Que consta internamente de dos secciones, una que es la base de la ECU, y la otra sección que es la fuente elevadora. Los componentes que vamos a verificar son todos componentes principales de la Unidad de Control. Entre ellos podemos encontrar : Transistores, Bobinas, Condensadores, reguladores de voltaje, Micro controladores, bloques de control y Memory Flash.

*Imagen 4 Descripción de los componentes electrónicos*



Descripción: Número de los componentes para reconocerlo

Tabla 1 Número y nombre de los componentes

| #  | Nombre de componente     |
|----|--------------------------|
| 1  | Mosfet 1                 |
| 2  | Transistor 1             |
| 3  | Mosfet 2                 |
| 4  | Driver 2                 |
| 5  | Driver 3                 |
| 6  | Mosfet 3                 |
| 7  | Transistor de potencia 4 |
| 8  | Resistencia 1            |
| 9  | Mosfet 5                 |
| 10 | Resistencia 2            |
| 11 | Mosfet 6                 |
| 12 | Driver 5                 |
| 13 | Transistores 1           |
| 14 | Smart Switch             |
| 15 | Comparador 3             |
| 16 | Compuerta NOR            |
| 17 | Amplificador 1           |
| 18 | Smart Switch 2           |
| 19 | Smart Switch 3           |
| 20 | Driver 5.1               |
| 21 | Driver 5.2               |
| 22 | Driver 5.3               |
| 23 | Driver 5.4               |
| 24 | Driver 5.5               |
| 25 | Smart Switch             |
| 26 | Transistores de Potencia |
| 27 | Memory Flash             |
| 28 | Memoria SRam 3           |
| 29 | Memoria SRam 4           |
| 30 | Driver 4                 |
| 31 | Comparador 2             |
| 32 | Amplificador             |

3.2.1 Descripción de serie de los componentes electrónicos

Tabla 2 Componentes electrónicos

| Componente               |             | N° serie       |
|--------------------------|-------------|----------------|
| Microcontrolador         |             | A2C00044887    |
| Memory Flash             |             | 55M3T          |
| Regulador de Voltaje     |             | LMB1023T       |
| Bobinas                  |             |                |
| Condensadores            |             |                |
| Transistores/<br>Mosfets | 1,2,3,4     | IRF9640 (649K) |
|                          | 5           | R120-1.0       |
|                          | 6           | AD645          |
|                          | 7           | CQ647          |
|                          | 8           | CQ647          |
|                          | 9           | AD645          |
|                          | 10          | CQ647          |
|                          | 11          | R120-1.0       |
|                          | 12,13,14,15 | IRF9640 (649K) |
|                          | 16          | R500-1.0       |
|                          | 17,18       | GAB646         |

Imagen 6 Descripción de los componentes electrónicos de fuente elevadora de potencia

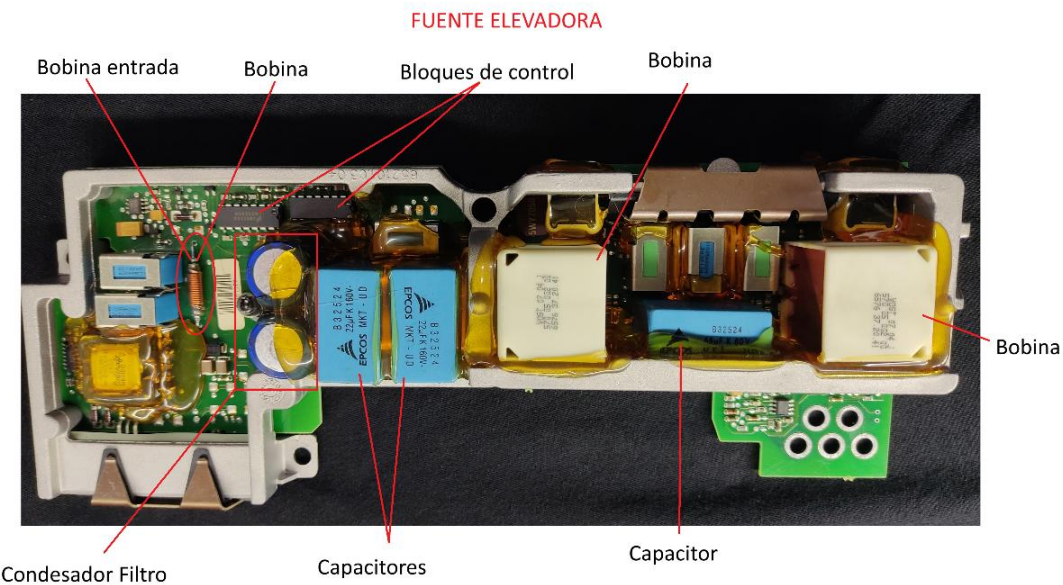


Tabla 3 Componentes electrónicos de fuente elevadora de potencia

| Componentes         | N° de serie          |
|---------------------|----------------------|
| Bobina 1            | 5700500200           |
| Bobina 2            | 5700500200           |
| Capacitor 1         | B32524( 68uF K 60v)  |
| Capacitor 2         | B32524( 22uF K 160v) |
| Capacitor 3         | B32524( 22uF K 160v) |
| Bloque de control 1 | LM2524DN             |
| Bloque de control 2 | LM2524DN             |
| Condensadores       |                      |

### 3.3 Diagnostico por imágenes.

El diagnostico por medio de imágenes nos permitirá determinar cuál es el estado de los componentes siempre y cuando se tenga modelos de Rastre Curve para así poder comparar con los elementos a diagnosticar.

Para realizar este proceso es necesario identificar su masa y alimentar la ECU. Para así poder extraer las imágenes de los elementos. Pudiendo ser estos : Mosfets, transistores, capacitores, resistencias, entre otros.

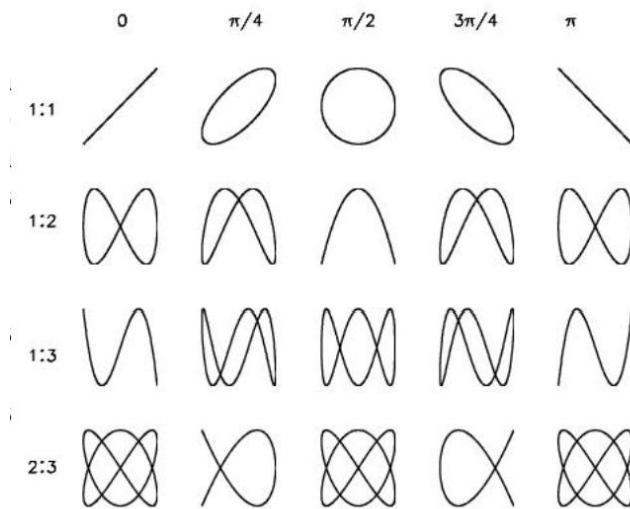
#### 3.3.1 Técnica de diagnóstico. V-I

Esta técnica consiste en aplicar una señal con un voltaje variable al componente a diagnosticar para luego medir la corriente resultante, obteniendo por medio de esto una gráfica de corriente-voltaje de la cual el usuario puede obtener la información necesaria según la forma de la curva, permitiendo confirmar o no el daño del mismo. (Setup Electrónica , 2017)

#### 3.3.2 Curvas de Lissajous

Las curvas de Lissajous se utilizan para estudiar la relación entre dos ondas que se propagan en direcciones perpendiculares. Por ejemplo, en un osciloscopio, se pueden visualizar las curvas de Lissajous para estudiar la relación entre la amplitud y la frecuencia de una onda eléctrica y una onda magnética (Delorenzi Tomás, 2023)

Imagen 7 - Figuras de Lissajous

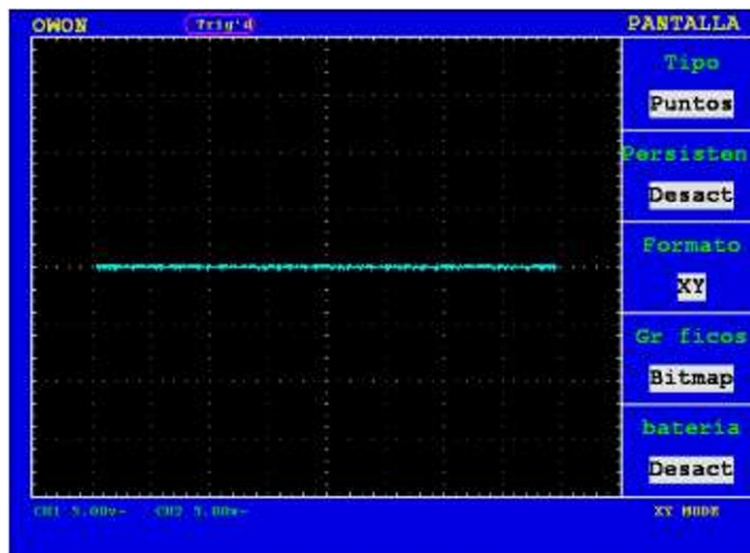


(German Erazo, Eduardo Guange y Luis Murillo, 2016)

### 3.3.2.1 Descripción de las curvas de Lissajous

A continuación procederemos a describir las diferentes curvas que podemos encontrar en los elementos dentro de la ECU, como por ejemplo las siguientes:

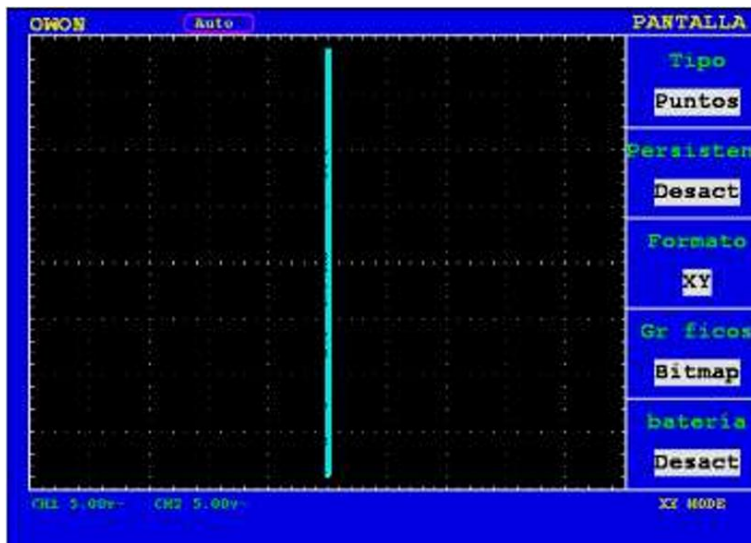
Imagen 8 - Representación de un Circuito abierto



(German Erazo, Eduardo Guange y Luis Murillo, 2016)

Nota: En la Imagen 8, podemos observar la forma que corresponde a un circuito abierto. Que se representa con una línea horizontal en el eje de X, correspondiente al voltaje.

Imagen 9 - Representación de cortocircuito



(German Erazo, Eduardo Guange y Luis Murillo, 2016)

Nota: En la imagen 9, podemos observar la forma que corresponde a un cortocircuito. Que se representa con una línea horizontal en el eje U, correspondiente a la intensidad

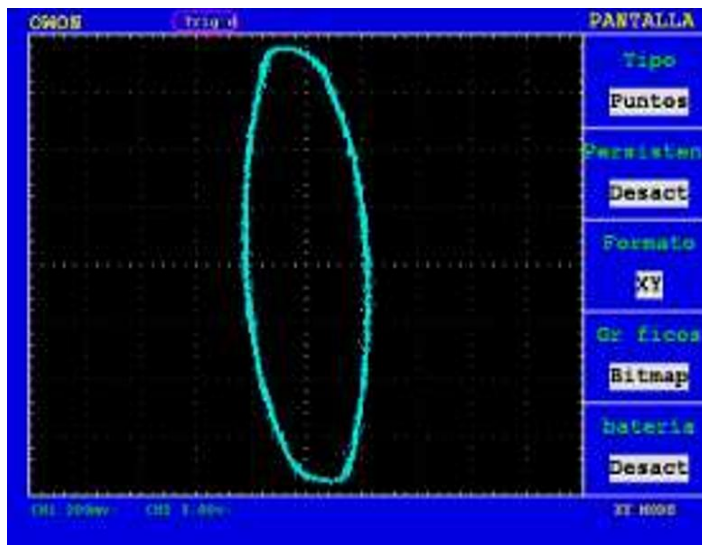
Imagen 10 - Representación de una resistencia.



(German Erazo, Eduardo Guange y Luis Murillo, 2016)

Nota: En la imagen 10, podemos observar la forma que corresponde a una resistencia. Que se representa con una línea inclinada, donde podemos ver como el voltaje aumenta mientras la intensidad disminuye.

Imagen 11 - Representación de capacitor

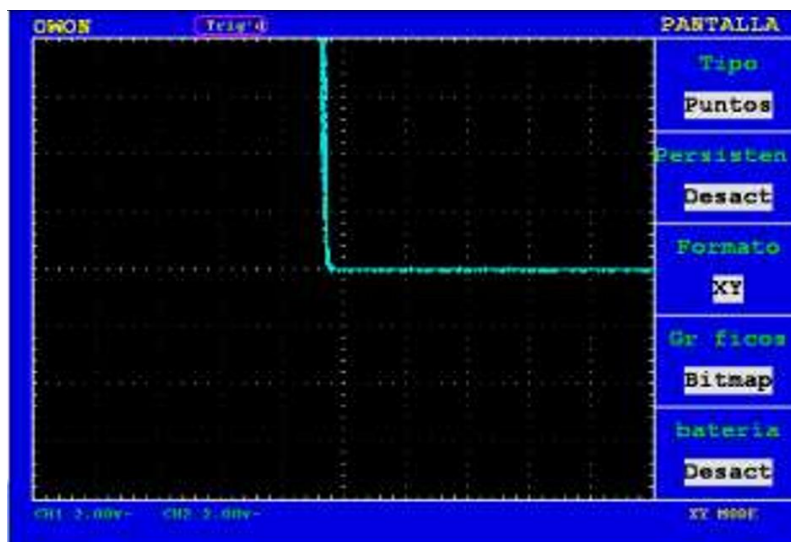


(German Erazo, Eduardo Guange y Luis Murillo, 2016)

Nota: En la Imagen 11, podemos observar la forma de un capacitor.

Los capacitores de baja capacidad generan una elipse en el eje X, teniendo mayor voltaje y menor intensidad, mientras que los capacitores de alta capacidad generan la elipse en el eje Y, es decir la intensidad es mayor que el voltaje. (Loyo, Rodriguez, 2020)

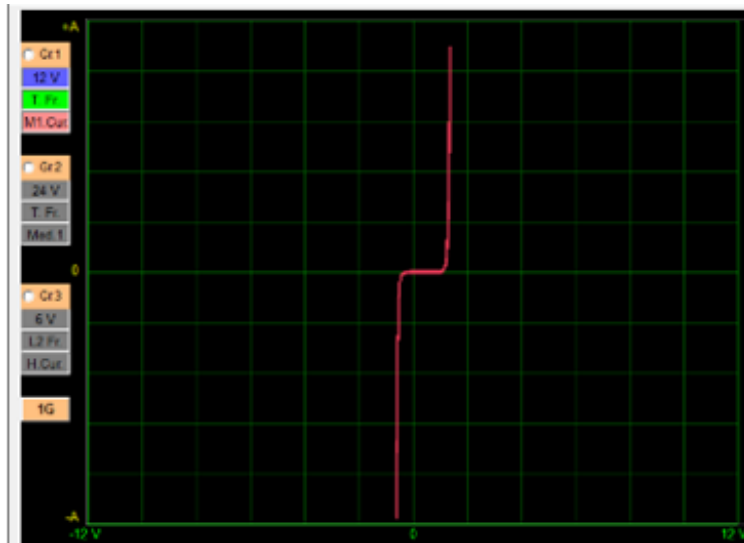
Imagen 12 - Representación de diodo



(German Erazo, Eduardo Guange y Luis Murillo, 2016)

Nota: En la Imagen 12, podemos observar la forma de un diodo. El cual es un semiconductor, y funciona dejando circular la corriente por un solo sentido.

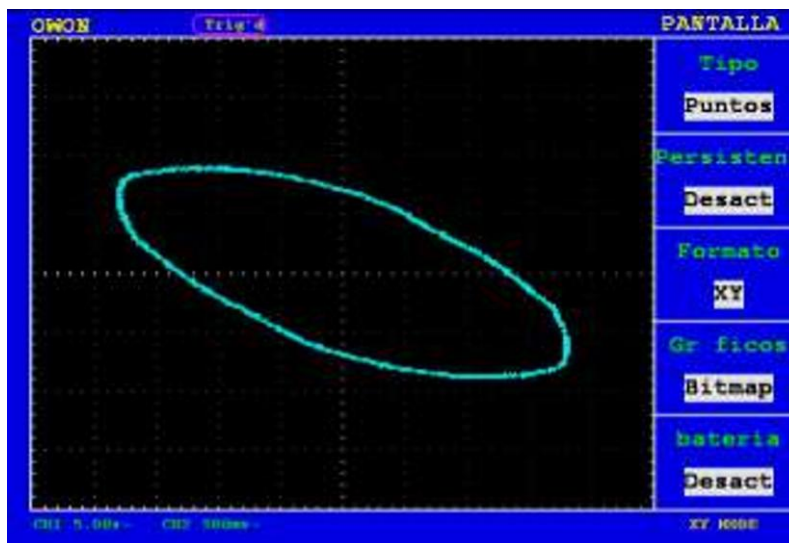
Imagen 13 - Representación de Diodo Zener



(German Erazo, Eduardo Guange y Luis Murillo, 2016)

Nota: En la Imagen 13, podemos observar la forma de un Diodo Zener, este es representado por una línea inclinada en el eje Y empezando de baja intensidad hasta llegar al eje X donde aumenta la corriente para después incrementar su intensidad, misma que continua con una línea vertical. (Loyo, Rodriguez, 2020)

Imagen 14 - Representación de bobina



(German Erazo, Eduardo Guange y Luis Murillo, 2016)

Nota: En la Imagen 14, podemos observar la forma de una bobina. el cual se expresa de la siguiente manera, teniendo en cuenta que es similar al capacitor, con la diferencia que los ejes están inclinados respecto a voltaje y corriente. (Loyo, Rodriguez, 2020)

3.4 Materiales y equipo

Para poder extraer las curvas de Lissajous de la DT466 y así poder analizar los oscilogramas utilizamos los siguientes equipos y materiales:

3.4.1 Equipos

La tabla 4 detalla los equipos de trabajo utilizados para extraer las curvas

Tabla 4 - Equipos utilizados

| Cantidad | Descripción                                  |
|----------|----------------------------------------------|
| 1        | Trazador de curvas ( JAKY47- Modelo: Mark50) |
| 1        | Osciloscopio Automotriz Micsig SATO1004      |
| 1        | Rastre Curve                                 |

3.4.1.1 Trazador de curvas

El Herramienta especialmente desarrollada para detectar fallas en componentes automotrices por el método de “ Diagnostico por Imágenes”.

Imagen 15 - Mark50



Descripción: Equipo Mark 50 , banco de computadoras

3.4.1.2 Función del trazador de curvas

La función del trazador de curvas consiste en actuar como un generador de corriente alterna, siendo este un divisor de voltaje que direcciona la corriente que circula por la misma, mientras que en las puntas de prueba se mide el voltaje para la confirmación del componente electrónico. (Hernandez, 2016).

### 3.4.1.3 Rastre Curve

El equipo curve es una máquina de diagnóstico de componentes y pcbs. Utilizan como concepto de funcionamiento las curvas características de Lissajous. El equipo consta de dos canales de operación con sus respectivas masas. Además, tiene una salida la cual genera una señal pulsante para la activación de los componentes in circuit. (Fernandez, 2025)

Imagen 16 Rastre Curve



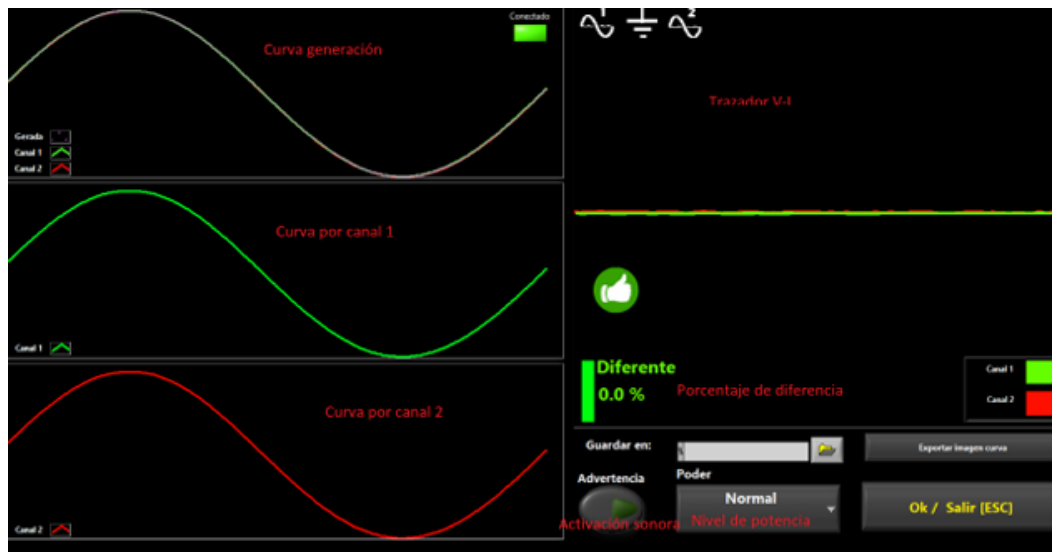
El equipo consta con dos pares de sondas activas con baja impedancia. Un cable para la conexión USB, un cable amarillo para la salida del pulso de disparo y el DVD que tiene el software para el funcionamiento del equipo.

#### Menú de Opciones.

Comparar dos canales.

Esta opción nos permite trabajar cuando tenemos dos unidades de las mismas características funcionales. Al lado derecho tiene tres ventanas en donde se muestran señales sinusoidales, la primera es la señal generada por el equipo, la segunda es la señal del canal la Dr Ecus Solutions Ecuador cual se compara con la generada por el equipo para dibujar la curva de respuesta en la ventana del trazador V-I. Además, en la parte inferior posee una escala de porcentaje que se incrementa cuanto más diferentes son las señales que se obtiene. El nivel de potencia tiene 4 funciones baja, normal, automática y máxima. Esto se utiliza para incrementar o disminuir el grado de potencia de las señales generadoras.

Imagen 17 Menú de opciones



Comparar dos canales y perfiles 4D.

En este menú aparecen 4 graficas en una sola venta, en las cuales se dibuja las señales a los diferentes rangos de señales de potencia que se mencionaron en la sección anterior, es importante mencionar que dibuja de los dos canales. Además, tiene una gráfica en 3D en donde se muestran las curvas que se obtiene.

### 3.4.1.3 Osciloscopio Automotriz Micsig SATO1004

Imagen 18 Osciloscopio Automotriz Micsig SATO1004



La nueva gama de Osciloscopios Táctiles Micsig SATO1000 está diseñada específicamente para el mundo de la automoción. Prestaciones avanzadas y un manejo intuitivo táctil o con controles físicos a través de su gran pantalla de 8". (Ibérica, 2025)

3.4.1.4 Adaptación del trazador de curvas al osciloscopio.

Imagen 19 -Adaptación de Osciloscopio y trazador de curvas



Nota: Trazador de curvas adaptado al osciloscopio

3.4.2 Herramientas

Tabla 5 - Herramientas utilizadas

| Cantidad | Descripción                |
|----------|----------------------------|
| 1        | Regulador de voltaje       |
| 2        | Alfileres                  |
| 2        | Cables de osciloscopio     |
| 2        | Juego de lagartos pequeños |

Nota: La tabla 6 detalla las herramientas que utilizamos durante el proceso de la extracción de las curvas.

4. Resultados

4.1 Comparación de las curvas entre Rastre Curve y Mark50

4.1.1 Análisis de cada componente electrónico de ECU DTC466

- Mosfet

Es un transistor, un componente eléctrico que se encarga de regular la salida de voltaje a partir de una tensión de entrada dada. En el mundo de la electrónica son ampliamente conocidos los transistores bjt, que sirven para regular la señal de salida en corriente,

mientras que los mosfet regulan la señal de salida en voltaje. El funcionamiento es básicamente el mismo, solo que unos regulan corriente (intensidad) y otros regulan voltaje.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de un Mosfet, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50 las cuales corresponden a los pines de los Mosfets. Se puede visualizar en las imágenes correspondientes.

Tabla 6 Mosfet 1, 2, 3 y 4 . Pin 1

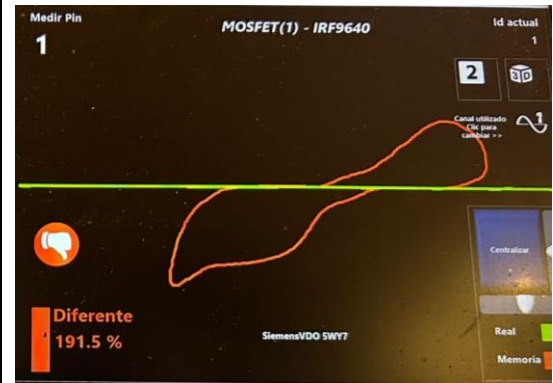
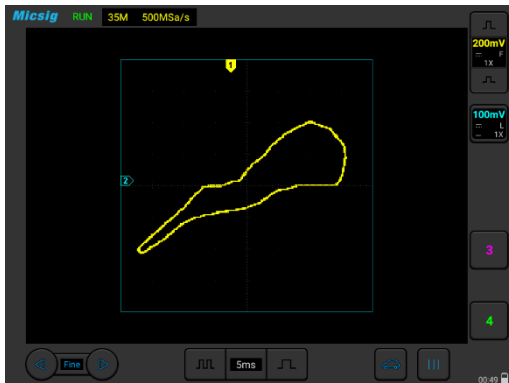
| Rastre Curve                                                                       | Mark50                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |

Tabla 7 Mosfet 1, 2, 3 y 4. Pin 2

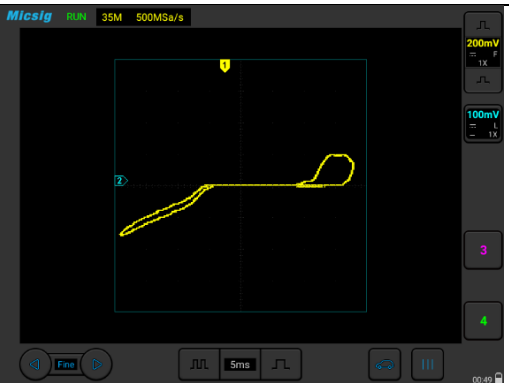
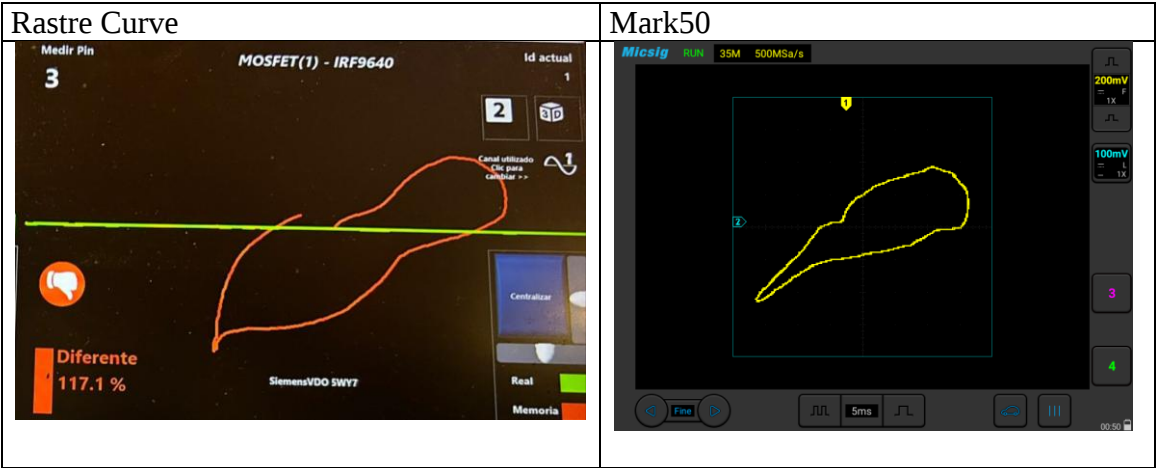
| Rastre Curve                                                                        | Mark50                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |

Tabla 8 Mosfet 1, 2, 3, 4. Pin 3



- Transistor

Permite la transferencia adecuada de energía eléctrica entre las diferentes partes de un circuito eléctrico. Por lo tanto, los transistores controlan o cambian el flujo de electricidad entre dos puntos, y vienen en muchas formas y tamaños.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de un transistor, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50 por lo tanto los pines del transistor son iguales. Se puede visualizar en las imágenes correspondientes.

Tabla 9 - Transistor 1 . Pin 1

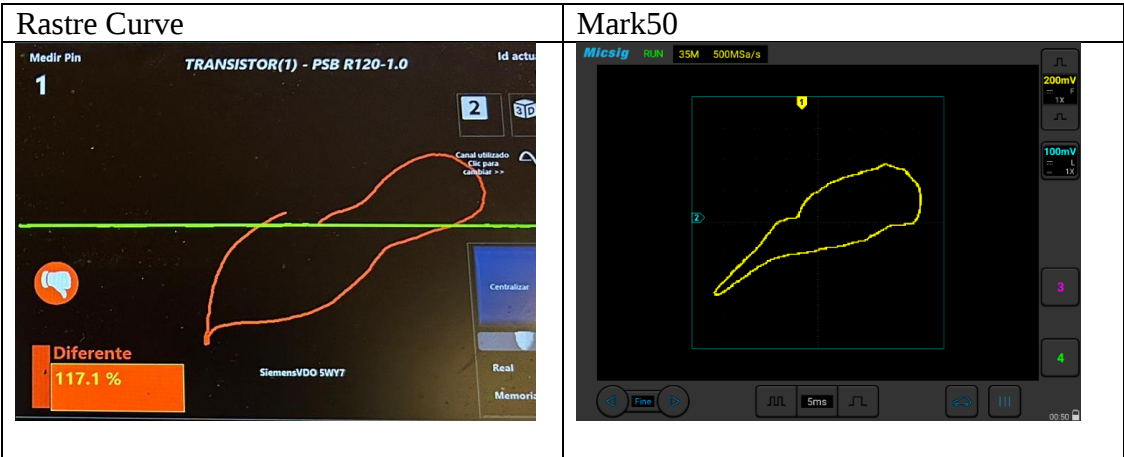
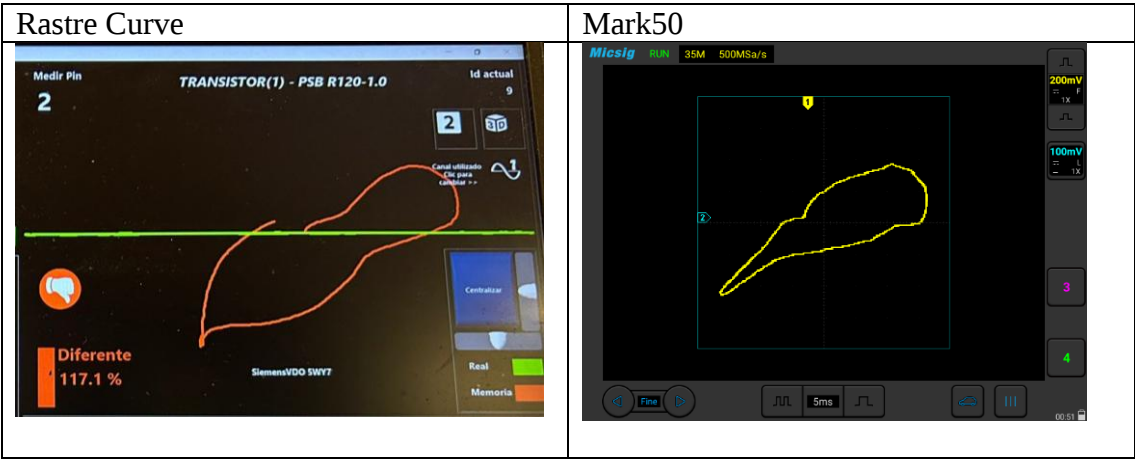


Tabla 10 Transistor 1 . Pin 2



- Drivers

Son circuitos que amplifican y controlan las señales digitales que la ECU envía a los actuadores, como inyectores, bobinas de encendido y válvulas. Estos "drivers" aseguran que las señales de potencia necesarias para activar los actuadores sean suficientes y estén correctamente moduladas.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de un drivers, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50 por lo tanto los pines de los drivers son iguales. Se puede visualizar en las imágenes correspondientes.

Tabla 12 Driver 1 . Pin 1

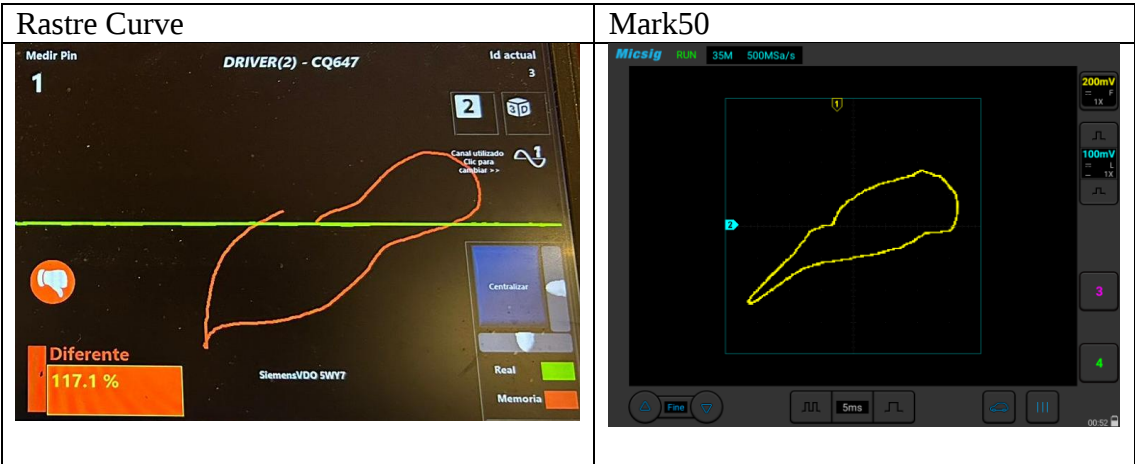
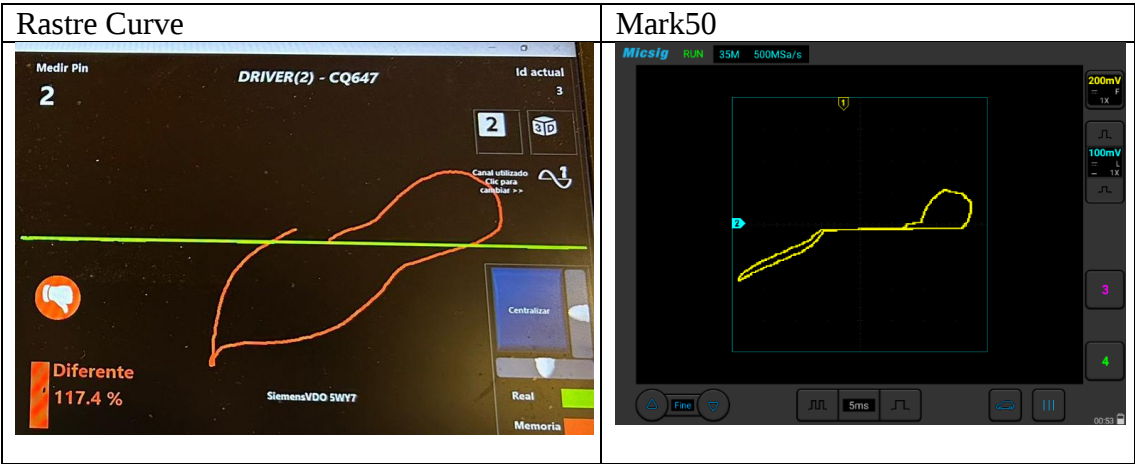


Tabla 13 Driver 1 . Pin 2



- Transistores de potencia

En una ECU son dispositivos semiconductores que permiten controlar y conmutar grandes corrientes y voltajes para alimentar componentes como inyectores, bobinas de encendido y otros actuadores. Funcionan como interruptores electrónicos, abriendo o cerrando el paso de corriente a un componente según las instrucciones de la ECU.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de un transistores de potencia, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50 por lo tanto los pines de los transistores de potencia son iguales. Se puede visualizar en las imágenes correspondientes.

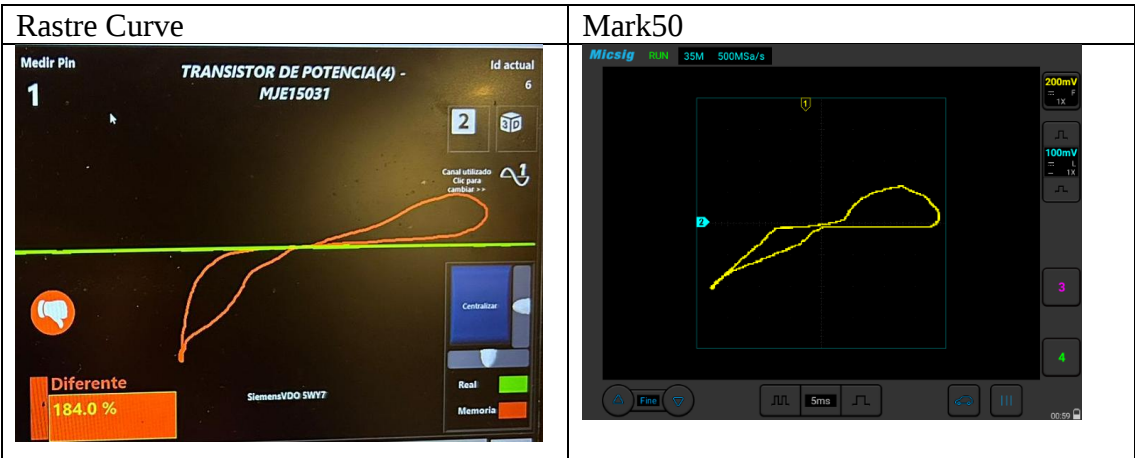


Tabla 11 Transistor de Potencia (4) . Pin 2

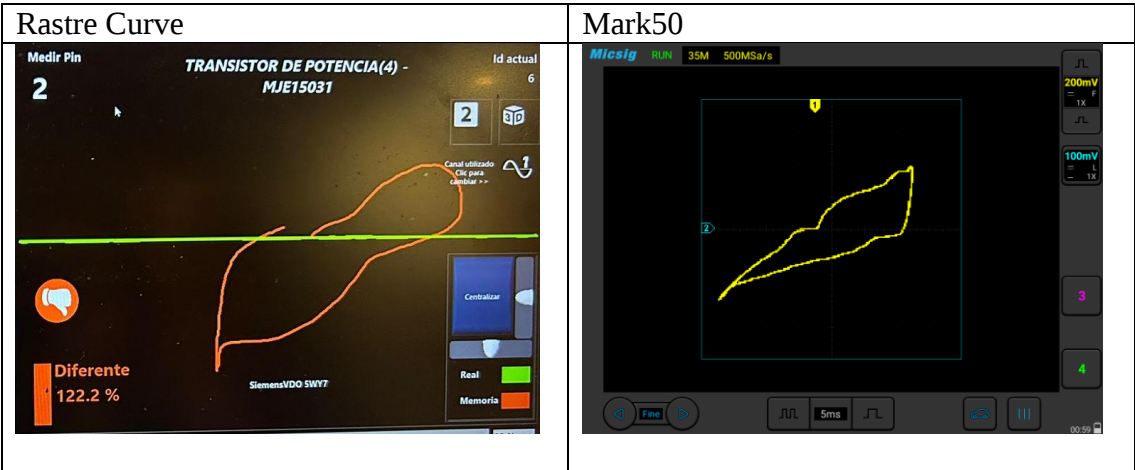


Tabla 12 Transistor de Potencia (4). Pin 3

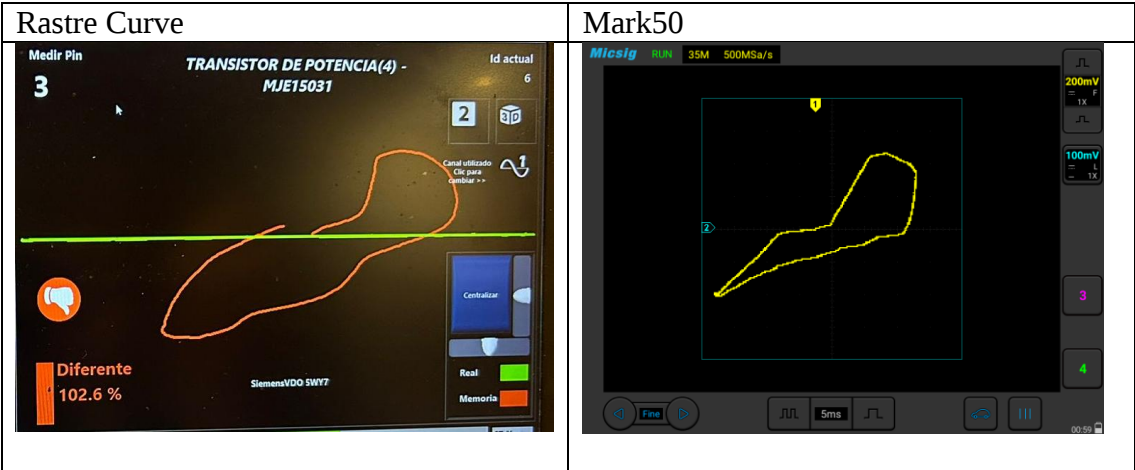
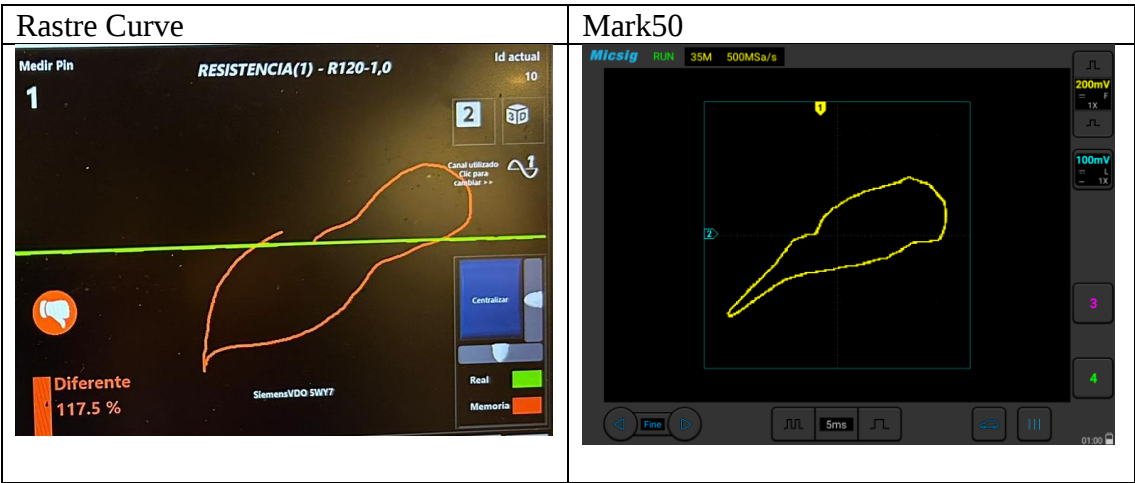


Tabla 13 Resistencia (1).R120-1,0. Pin 1



- Resistencia

Son elementos eléctricos que oponen resistencia a la corriente eléctrica, como los resistores. Estos resistores son fundamentales para el funcionamiento de la ECU, ya que ayudan a controlar la tensión y corriente en diversos circuitos.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de un resistencia, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50 por lo tanto los pines de los resistencia son iguales. Se puede visualizar en las imágenes correspondientes.

Tabla 14 Resistencia (2).R500-1,0. Pin 1



Tabla 15 Resistencia (2).R500-1,0. Pin 2



- Memoria flash

Sirve para almacenar el firmware, los datos de calibración y los ajustes de configuración necesarios para el funcionamiento del motor y otros sistemas. Esta memoria no volátil permite que la ecu mantenga estos datos incluso cuando la alimentación está apagada.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de una Memory flash, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, la Memory flash consta de 44 pines los mismos conservan sus características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 16 Memory Flash. Pin 1

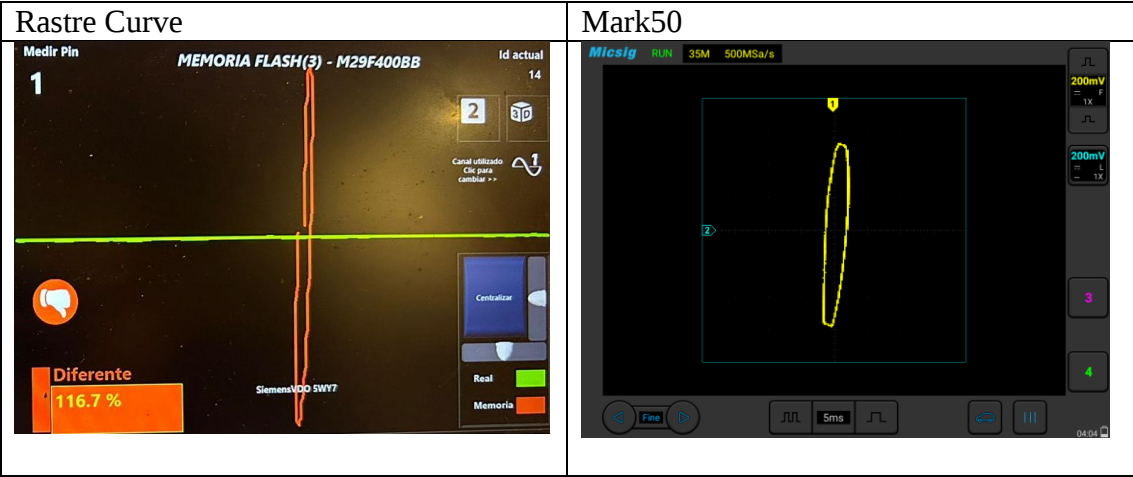


Tabla 17 Memory Flash. Pin 2



Tabla 18 Memory Flash. Pin 3

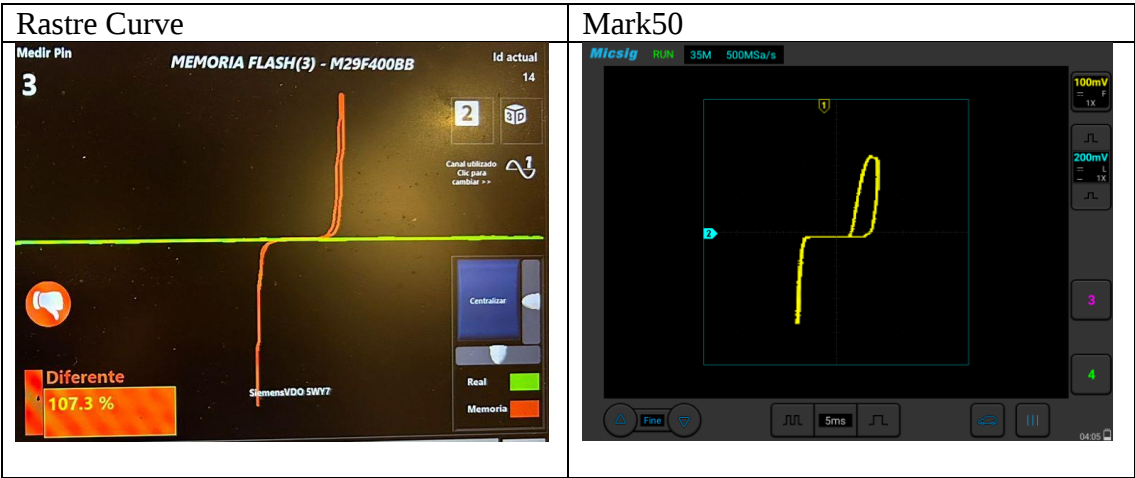


Tabla 19 Memory Flash. Pin 4

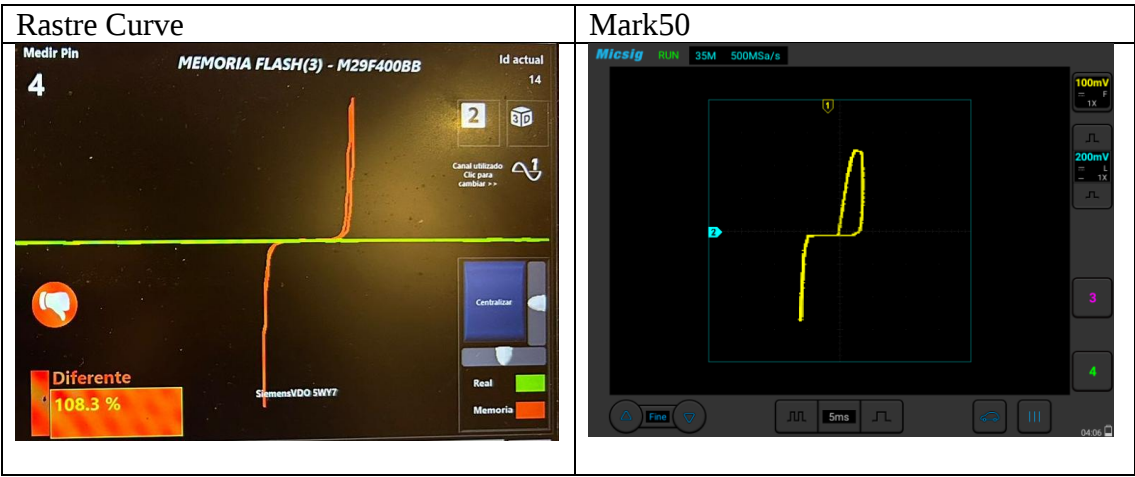


Tabla 20 Memory Flash. Pin 5

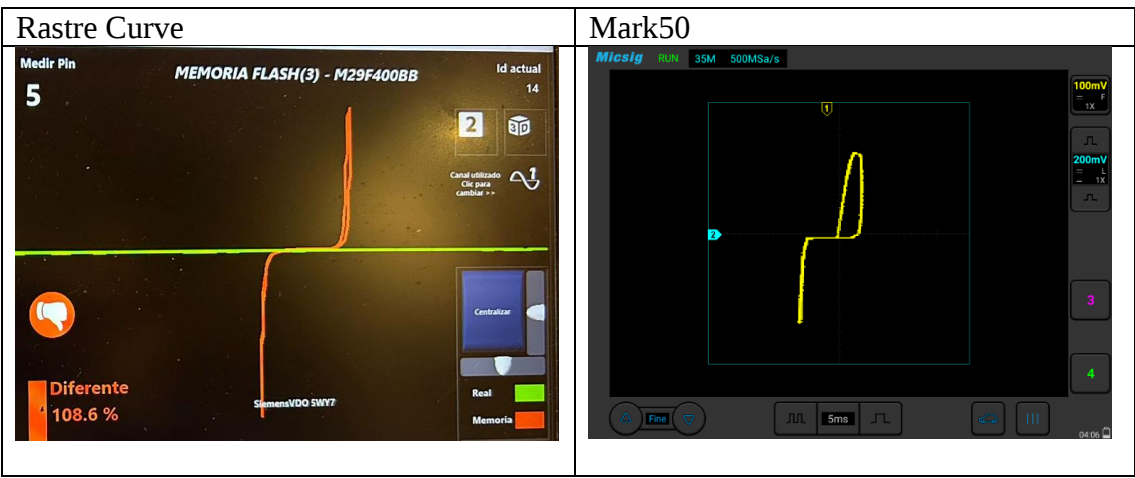


Tabla 21 Memory Flash. Pin 6



Tabla 22 Memory Flash. Pin 7

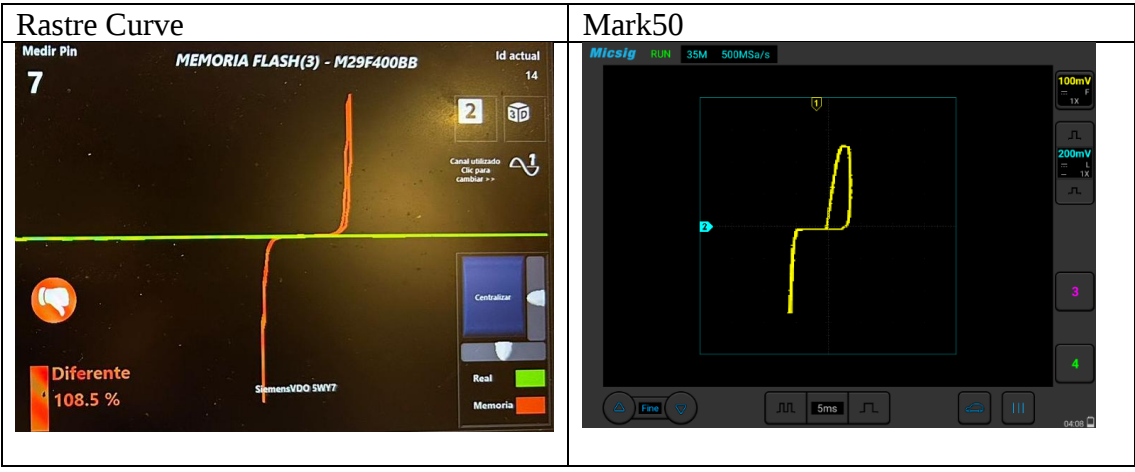


Tabla 23 Memory Flash. Pin 8

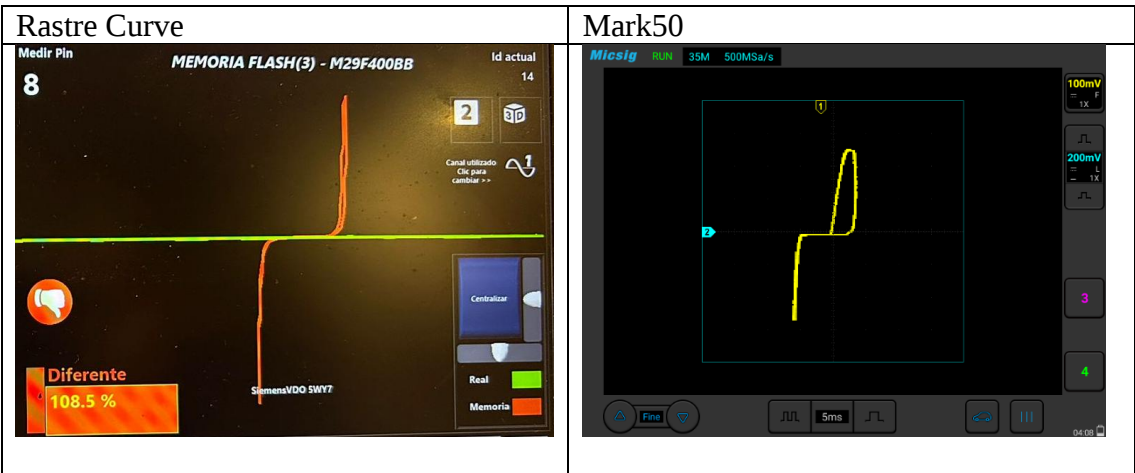


Tabla 24 Memory Flash. Pin 9

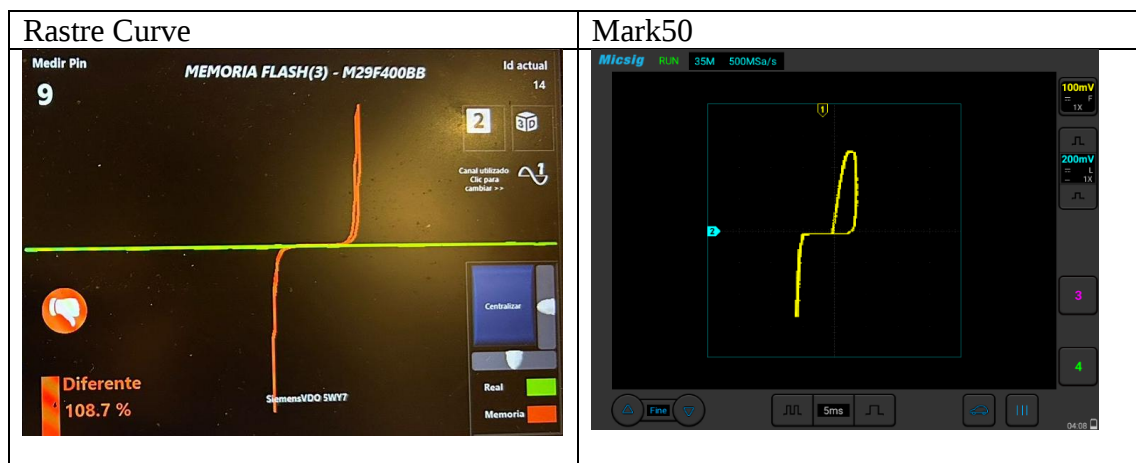
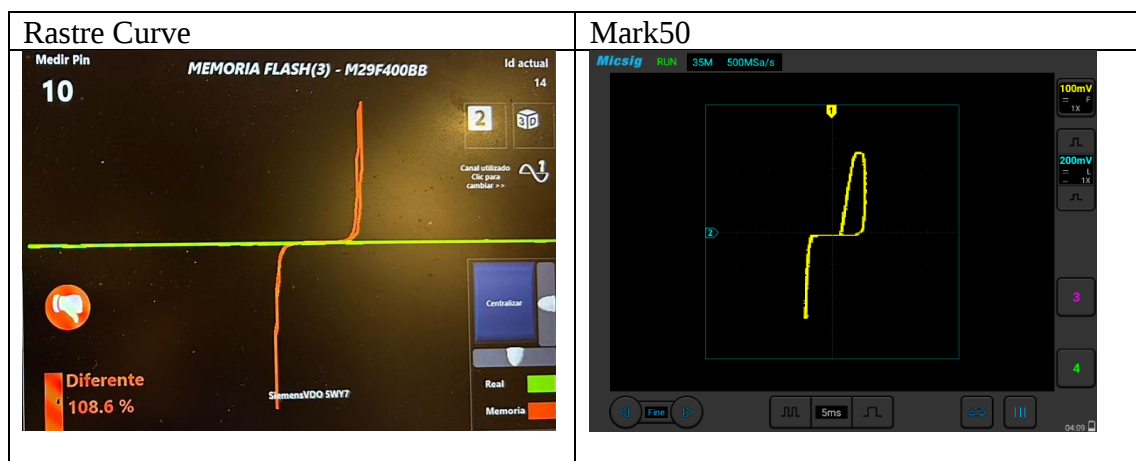


Tabla 25 Memory Flash. Pin 10



- Amplificador

Sirve para aumentar la potencia de una señal eléctrica, permitiendo que la ecu controle dispositivos de mayor consumo, como bobinas de encendido, inyectores o bombas de combustible. En otras palabras, los amplificadores ayudan a la ecu a "manejar" los componentes de potencia del vehículo.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de un amplificador, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, un amplificador consta de 8 pines los mismos conservan sus

características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 26 Amplificador. Pin 1



Tabla 27 Amplificador. Pin 2



Tabla 28 Amplificador. Pin 3

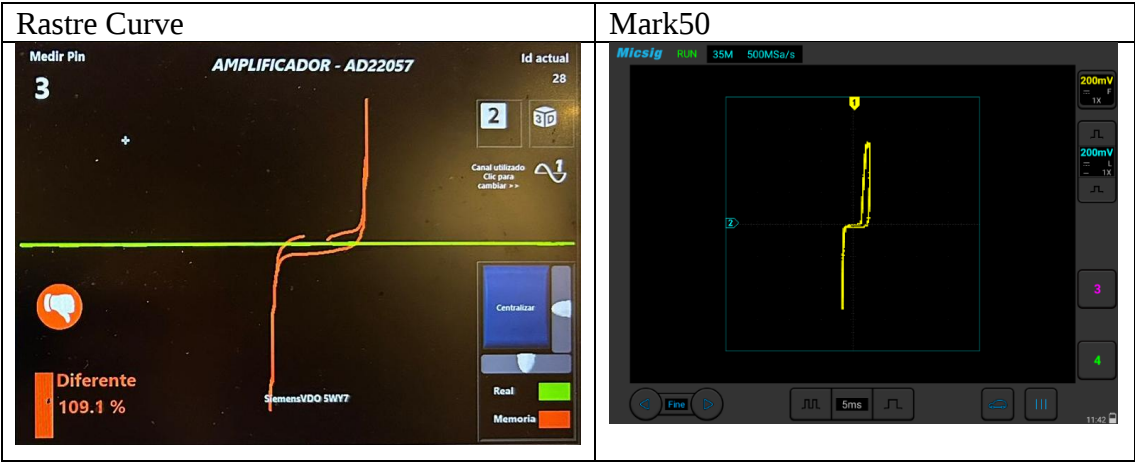


Tabla 29 Amplificador. Pin 4



- Comparador

Sirve para verificar y diagnosticar el funcionamiento de una Unidad de Control del Motor (ECU) fuera del vehículo.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de un comparador, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, un comparador consta de 8 pines los mismos conservan sus características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 30 Comparador 2 . Pin 1

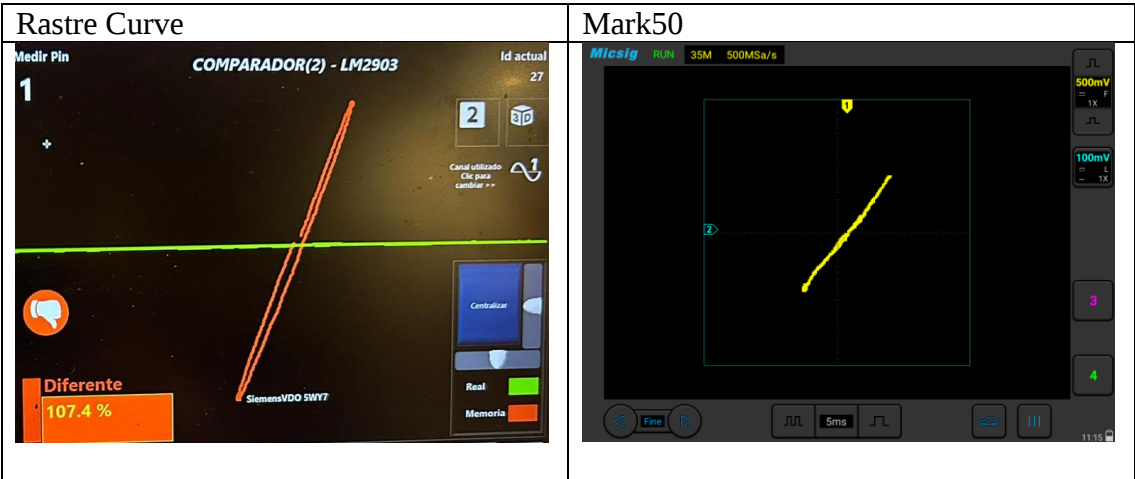


Tabla 31 Comparador 2 . Pin 2

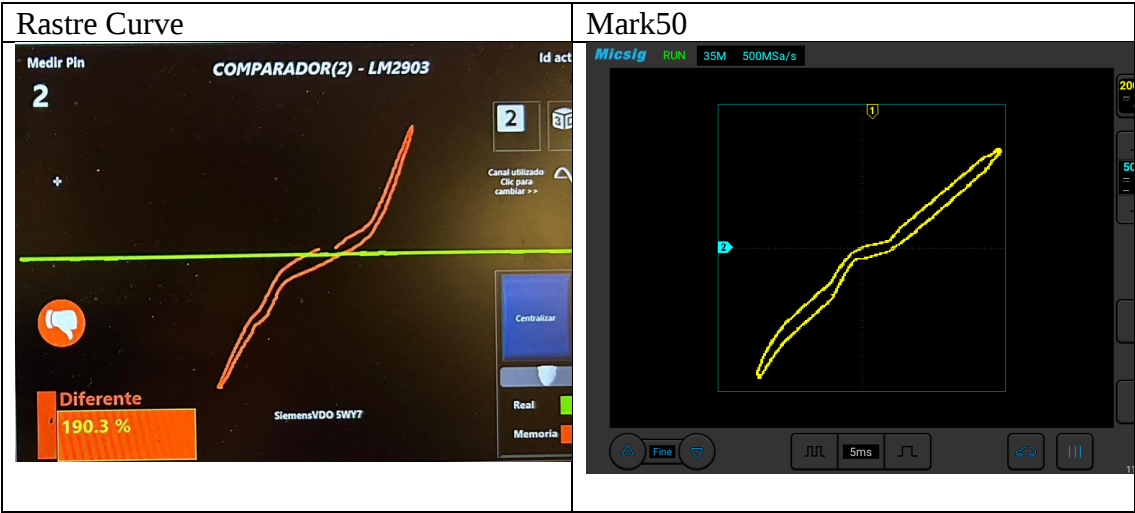


Tabla 32 Comparador 2 . Pin 3

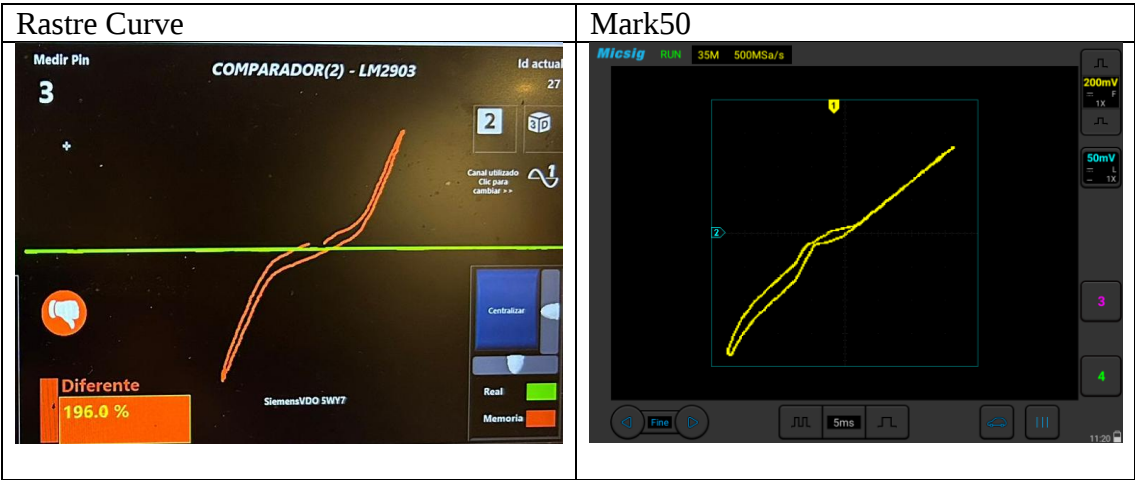


Tabla 33 Comparador 2 . Pin 4



- Compuerta NOR

Sirve para tomar dos o más entradas digitales y generar una salida que es baja (0) solo si todas las entradas están altas (1). Si alguna entrada es baja, la salida será alta (1). Esta compuerta se utiliza en la ECU para realizar operaciones lógicas dentro de sus circuitos, como la gestión de sensores, el control de actuadores o la evaluación de estados de error.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de una compuerta NOR, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, una compuerta NOR consta de 14 pines los mismos conservan sus características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 34 Compuerta NOR. Pin 1



Tabla 35 Compuerta NOR. Pin 2

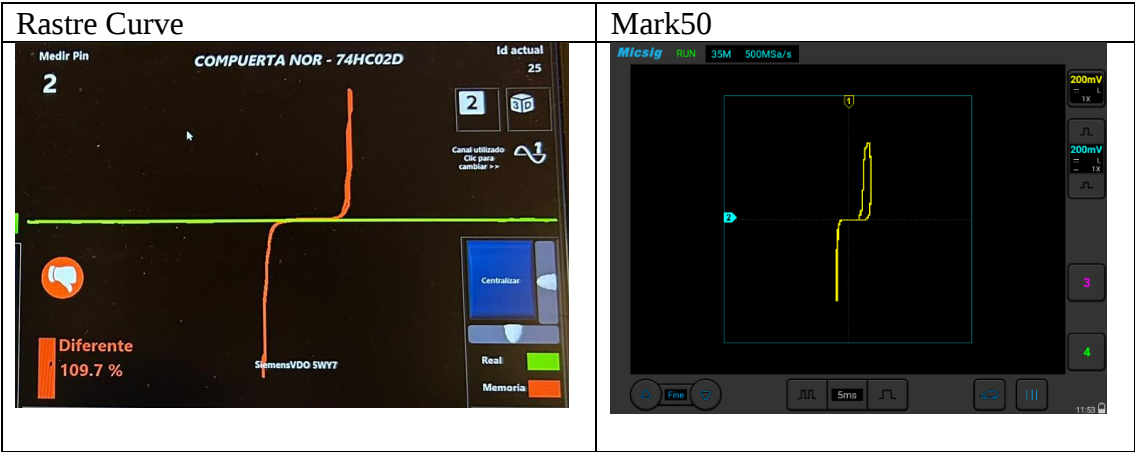


Tabla 36 Compuerta NOR. Pin 3



Tabla 37 Compuerta NOR. Pin 4



Tabla 38 Compuerta NOR. Pin 5



- Transistor TIP32C

Sirve para conmutar y amplificar señales de potencia que controla dispositivos como inyectores, bobinas de encendido y otros actuadores, utilizando la señal de control de la ECU para encender o apagar un circuito de mayor corriente.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de una transistor Tip32c, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, una transistor Tip32c consta de 3 pines los mismos conservan sus características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 39 Transistores 1 . Pin 1

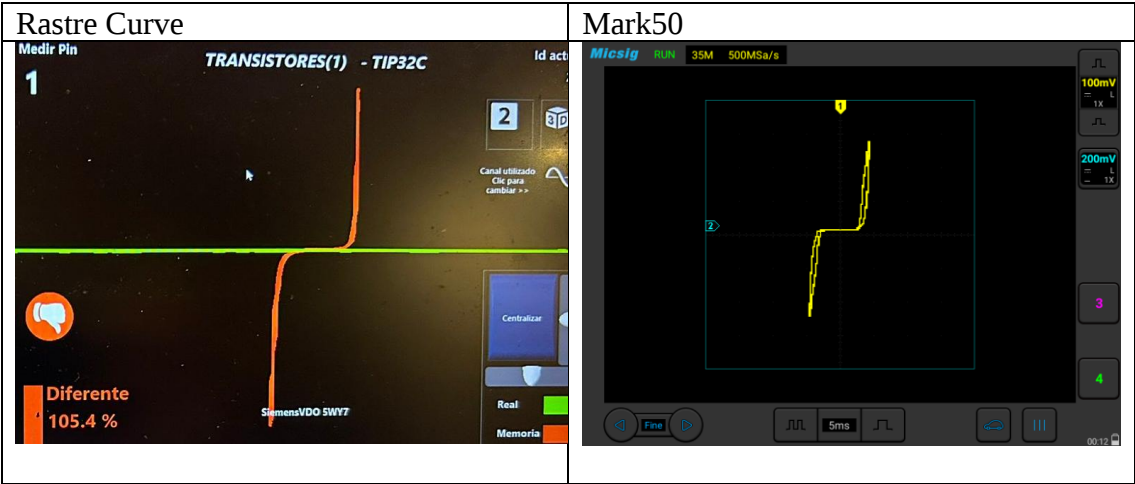


Tabla 40 Transistores 1 . Pin 2

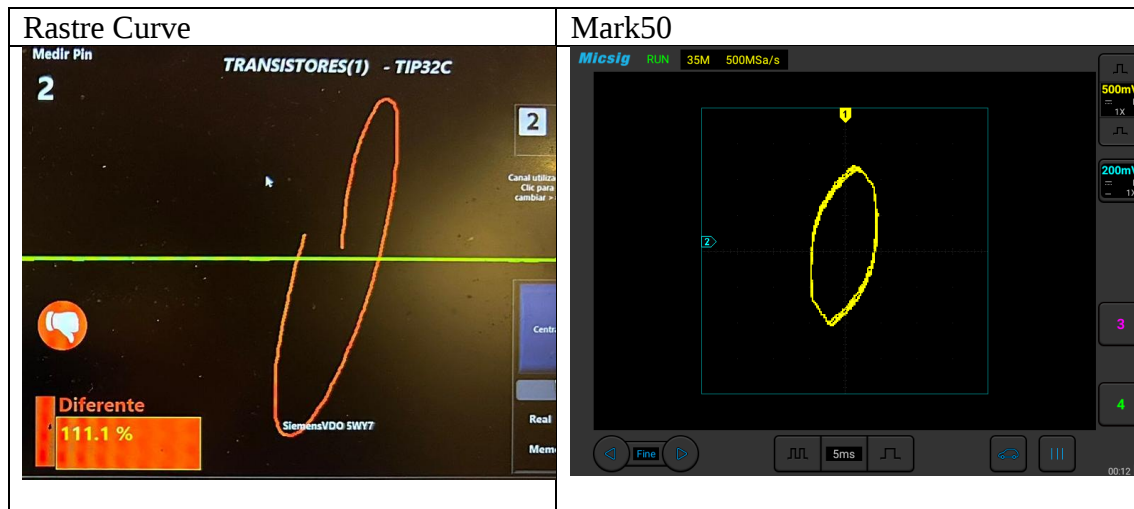
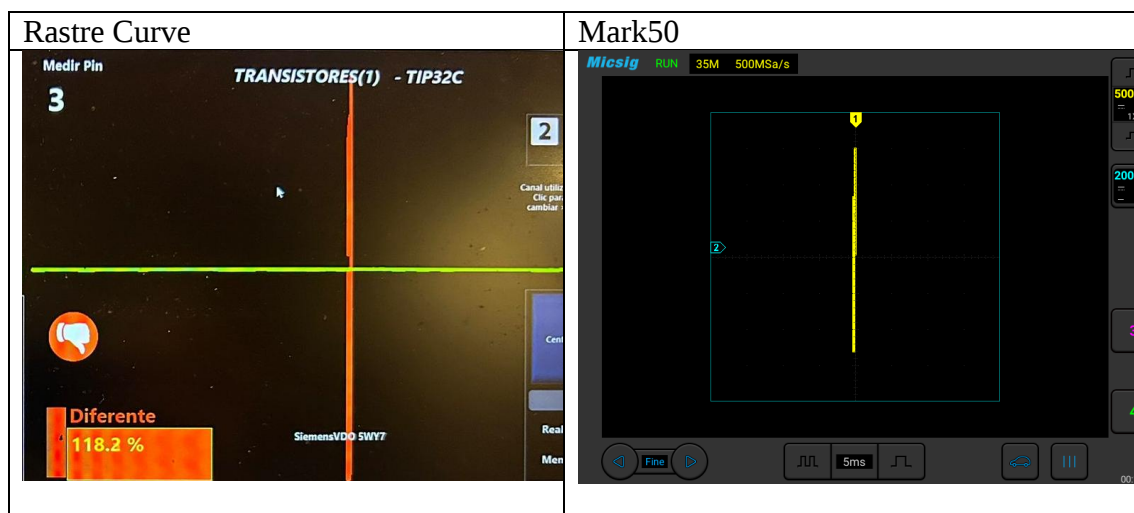


Tabla 41 Transistores 1 . Pin 3



- Smart switch

Utilizan interruptores electrónicos inteligentes para controlar la energía y otros aspectos del vehículo, que pueden estar conectados a la ECU.

En la siguiente tabla se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de un Smart switch, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, una Smart switch consta de 5 pines los mismos conservan sus

características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 42 Smart Switch 1 . Pin 1



Tabla 43 Smart Switch 1 . Pin 2

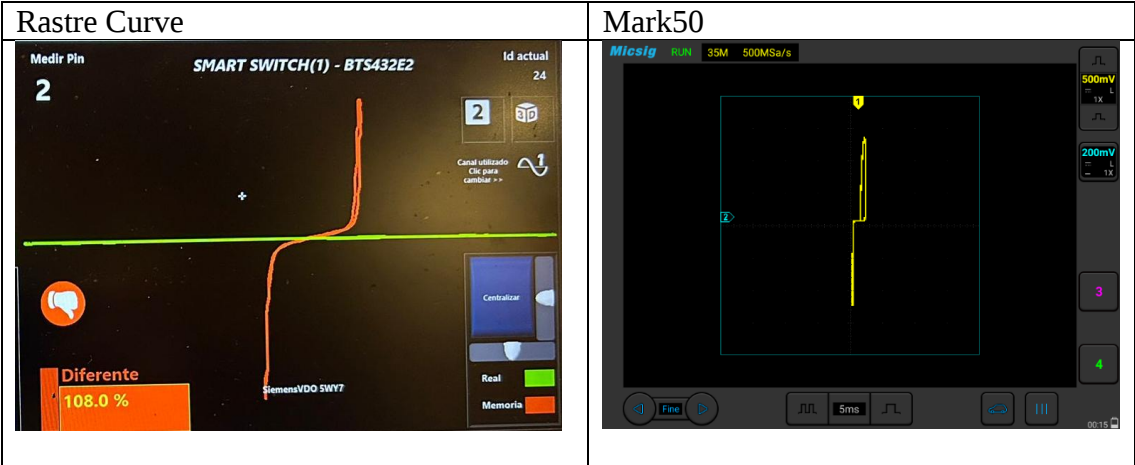


Tabla 44 Smart Switch 1 . Pin 3



Tabla 45 Smart Switch 1 . Pin 4

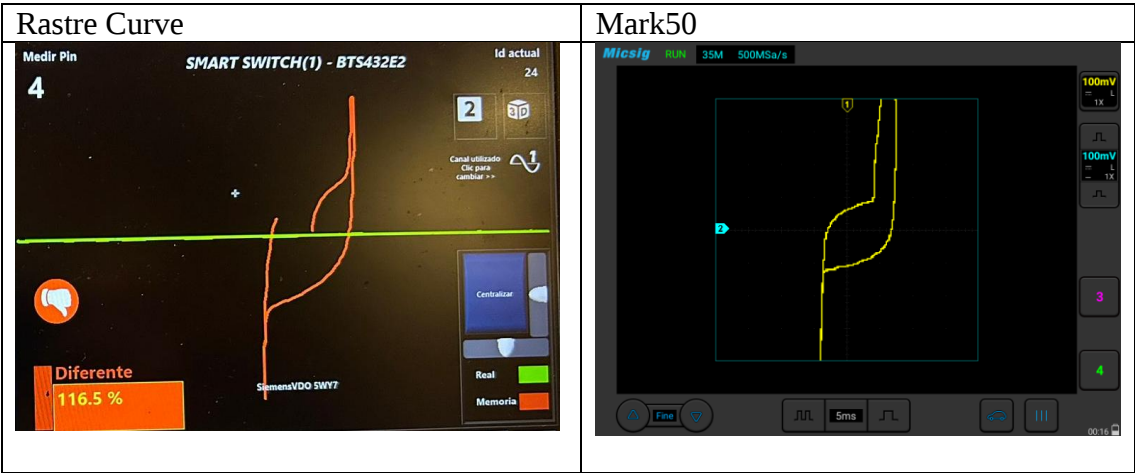
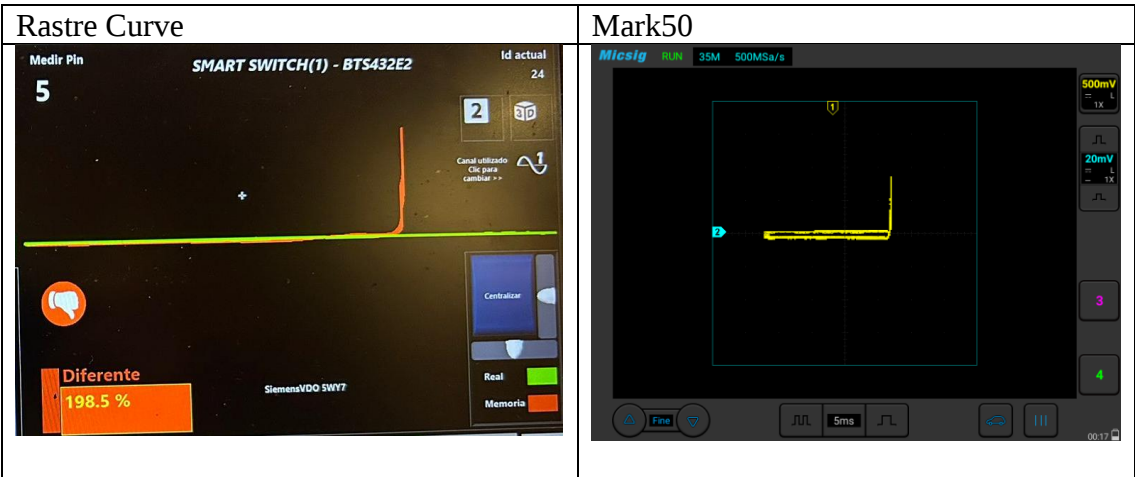


Tabla 46 Smart Switch 1 . Pin 5



- Drivers ATM43D-446778

En la siguientes tablas se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de unos Drivers ATM43D-446778, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, son 5 Drivers ATM43D-446778 los cuales consta de 20 pines los mismos conservan sus características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 47 Driver 5.1. Pin 1



Tabla 48 Driver 5.1. Pin 2

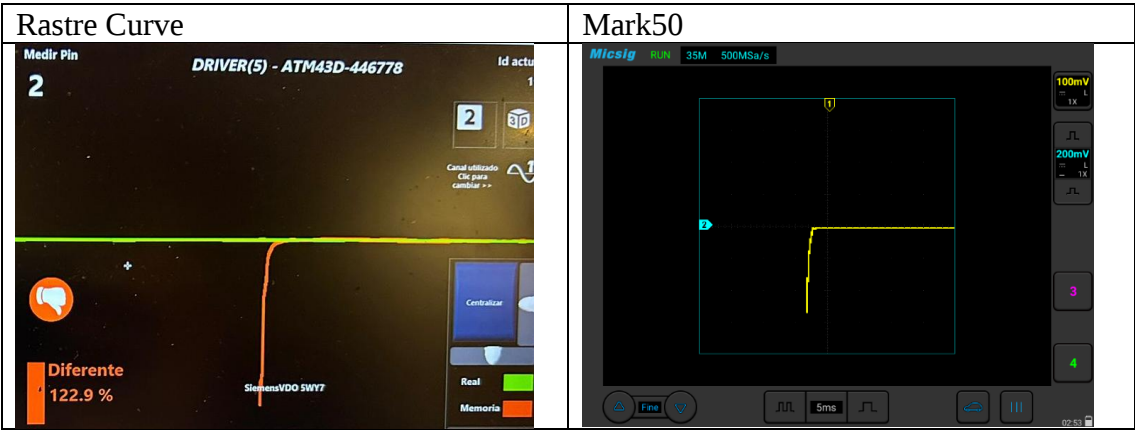


Tabla 49 Driver 5.1. Pin 3



Tabla 50 Driver 5.1. Pin 4



Tabla 51 Driver 5.1. Pin 5

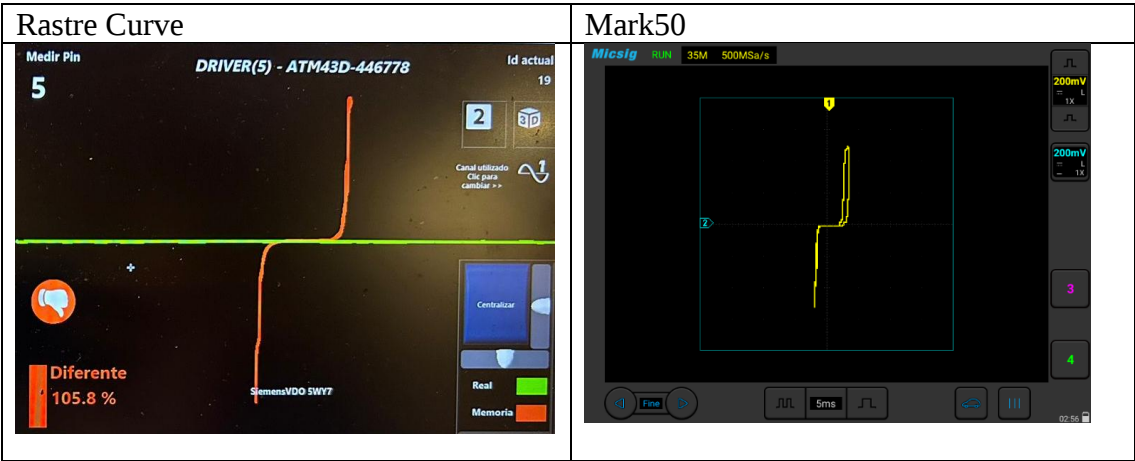


Tabla 52 Driver 5.1. Pin 6



Tabla 53 Driver 5.1. Pin 7

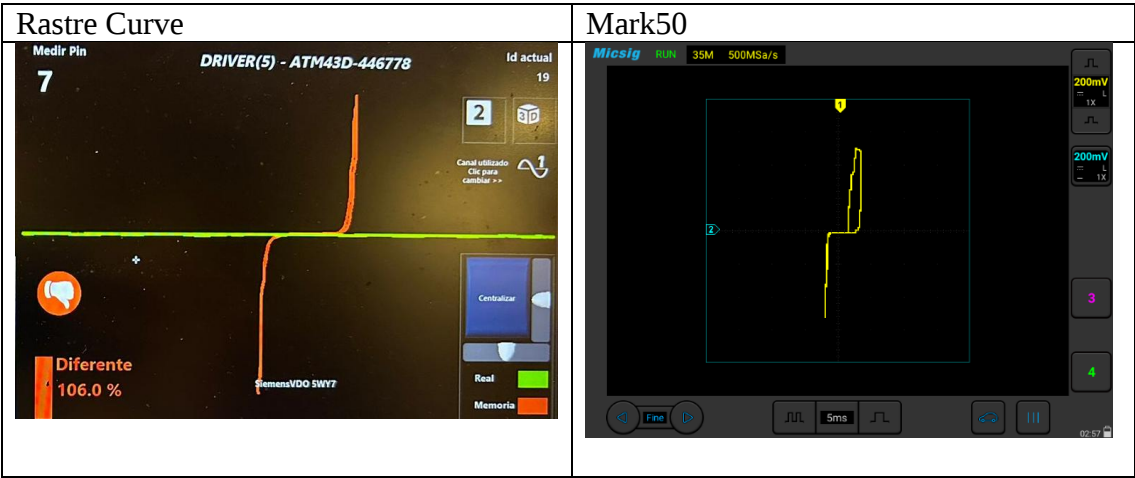


Tabla 54 Driver 5.1. Pin 8

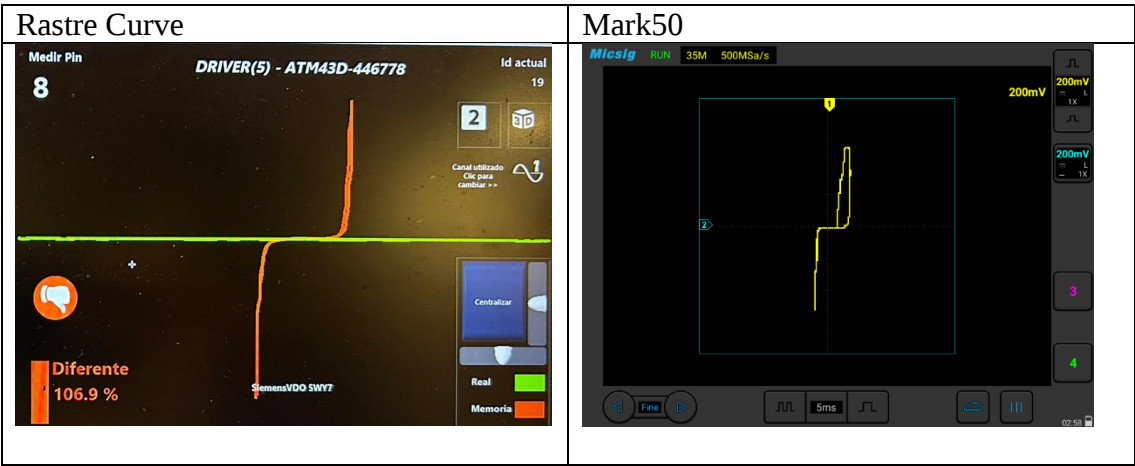


Tabla 55 Driver 5.1. Pin 9



Tabla 56 Driver 5.1. Pin 10



- Transistor de potencia TIP32C

En la siguientes tablas se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de unos Transistor de potencia TIP32C, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, los Transistores de potencia TIP32C son 4, los cuales constan de 3 pines los mismos conservan sus características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 57 Transistores de Potencia. Pin 1



Tabla 58 Transistores de Potencia. Pin 2

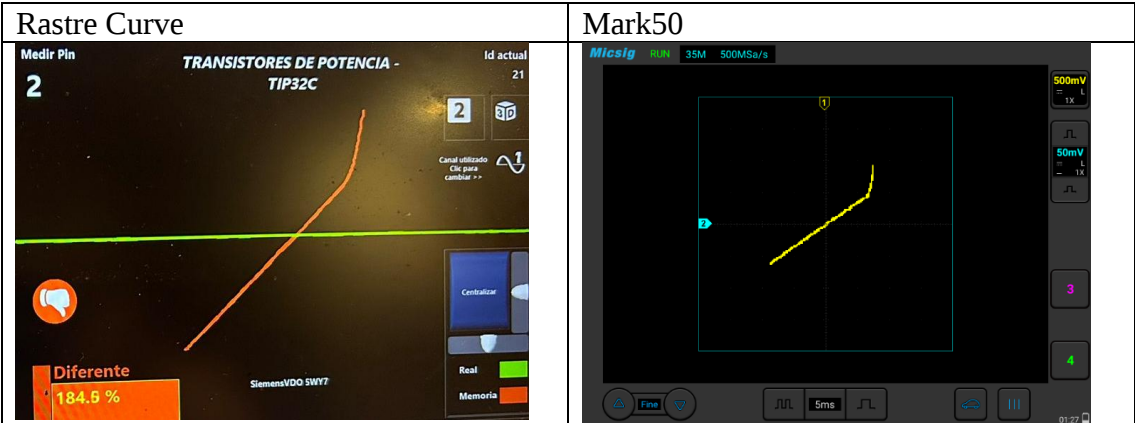


Tabla 59 Transistores de Potencia. Pin 3



- Memoria Sram

Almacena datos que el microprocesador necesita acceder rápidamente, como información de sensores, ajustes de parámetros del motor, y otros datos relevantes para el funcionamiento del vehículo. La SRAM también puede usarse para almacenar datos temporales durante el procesamiento de información.

En la siguientes tablas se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de unos Memoria Sram , de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, la Memoria Sram son 2, las cuales constan de 28 pines los

mismos conservan sus características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 60 Memoria SRam. Pin 1

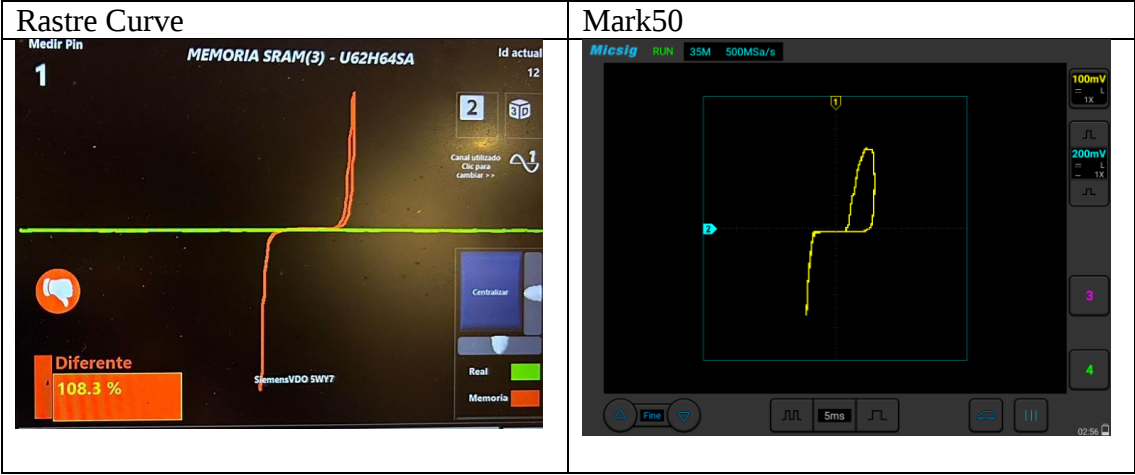


Tabla 61 Memoria SRam. Pin 2

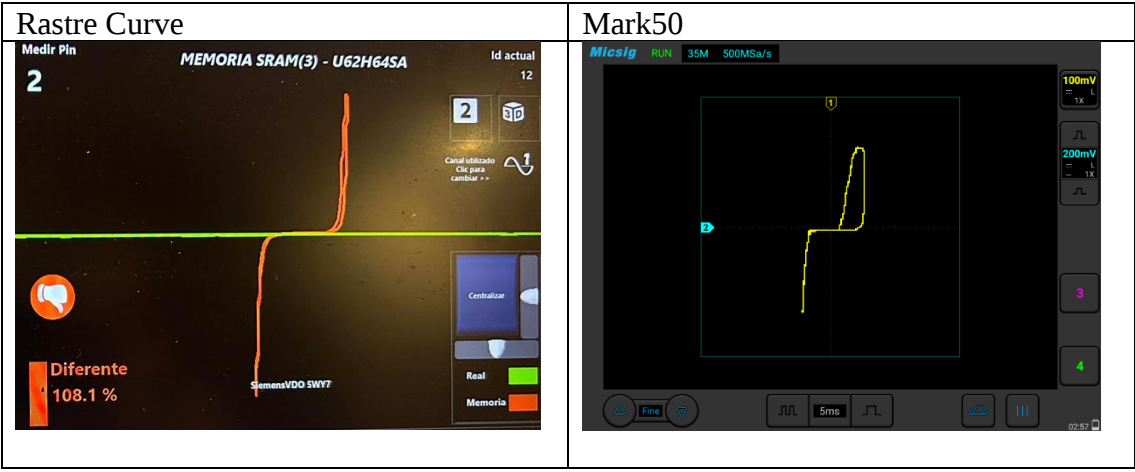


Tabla 62 Memoria SRam. Pin 3



Tabla 63 Memoria SRam. Pin 4



Tabla 64 Memoria SRam. Pin 5

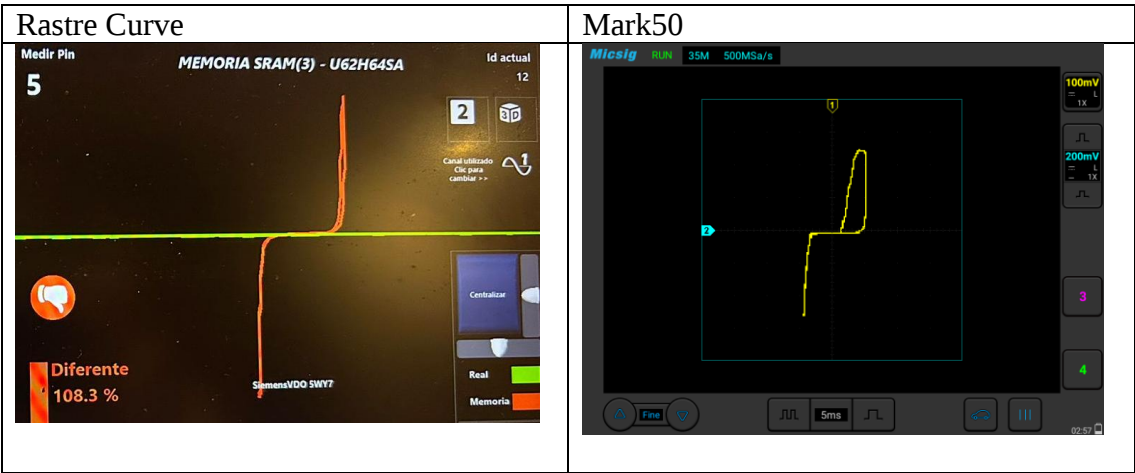


Tabla 65 Memoria SRam. Pin 6



Tabla 66 Memoria SRam. Pin 7

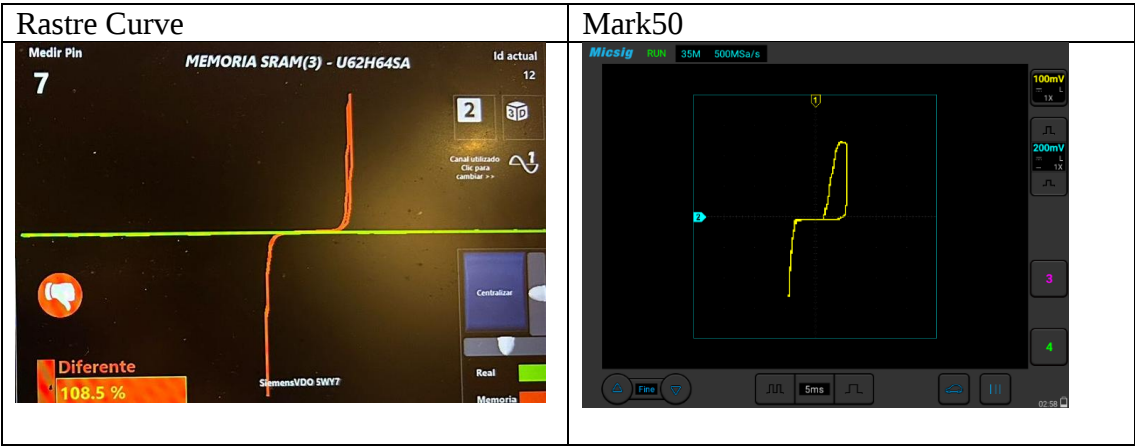


Tabla 67 Memoria SRam. Pin 8

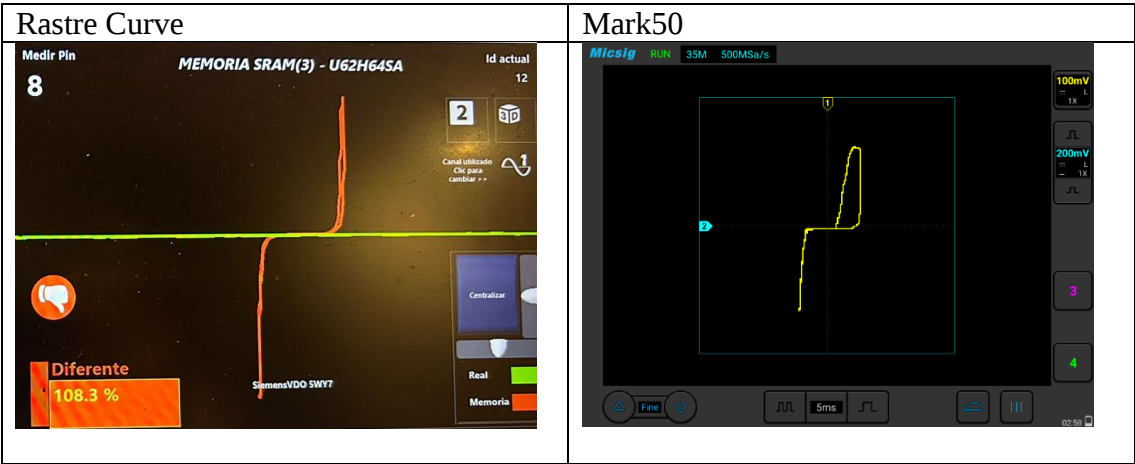


Tabla 68 Memoria SRam. Pin 9

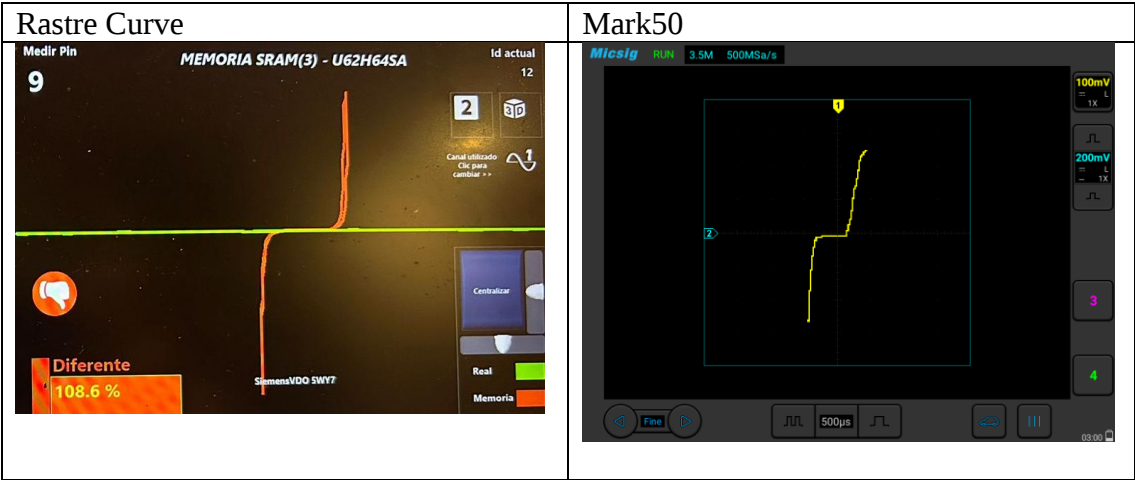
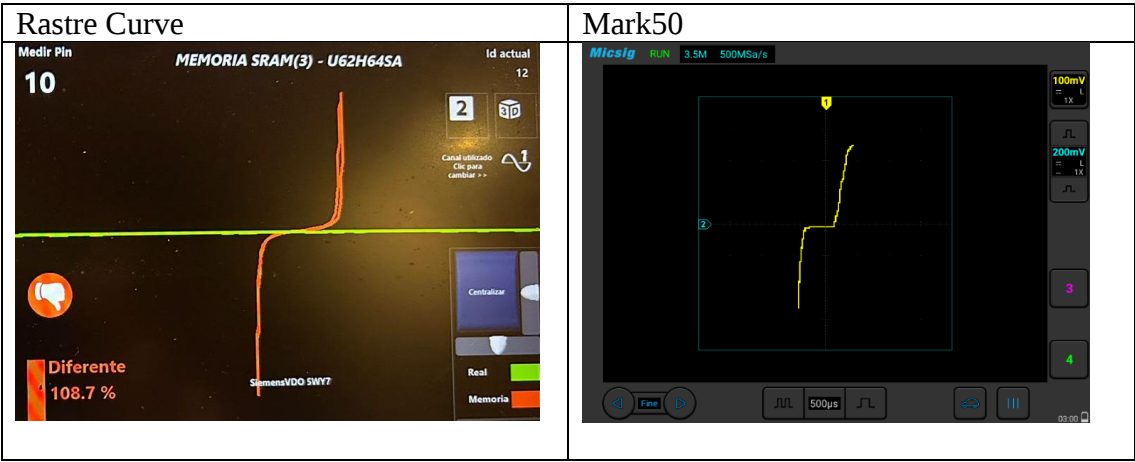


Tabla 69 Memoria SRam. Pin 10



- Driver scac240

En la siguientes tablas se puede apreciar una comparación de imágenes extraídas con los equipos utilizados de curvas correspondientes a los pines de unos Driver scac240, de acuerdo al diagnóstico se puede decir que la curva extraída por Rastre curve es igual a la curva extraída de Mark 50, el Driver scac240, las cuales constan de 20 pines los mismos conservan sus características y su estado es adecuado, por lo tanto en el anexo se puede observar a detalle cada pin.

Tabla 70 Driver 4. Pin 1

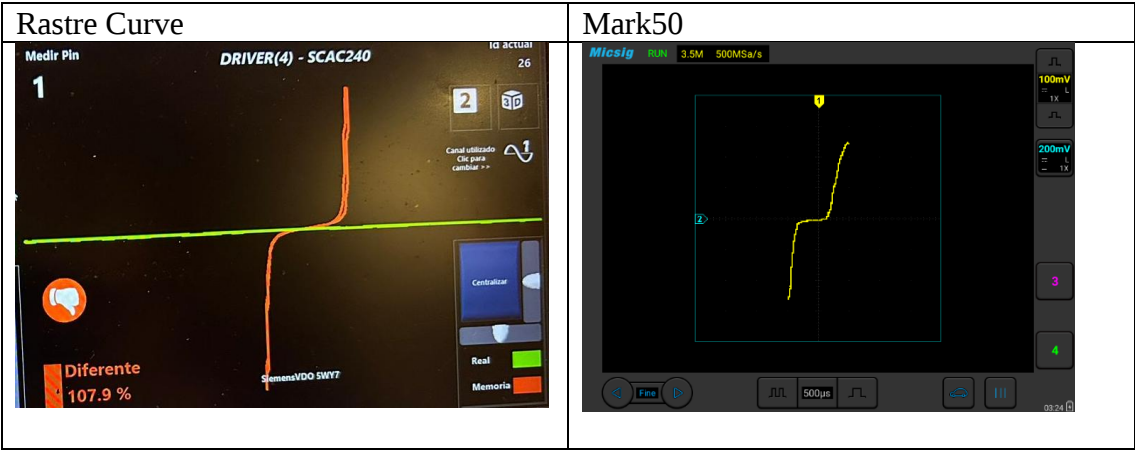


Tabla 71 Driver 4. Pin 2



Tabla 72 Driver 4. Pin 3

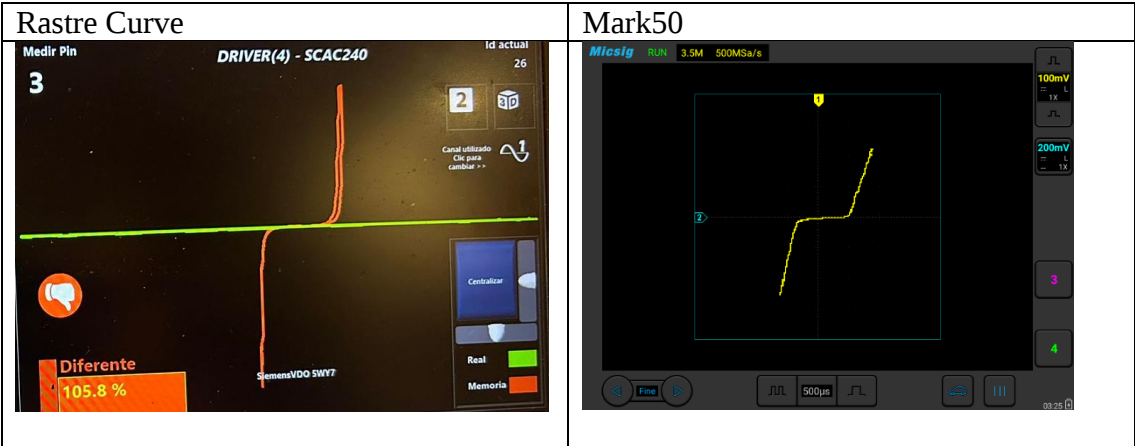


Tabla 73 Driver 4. Pin 4

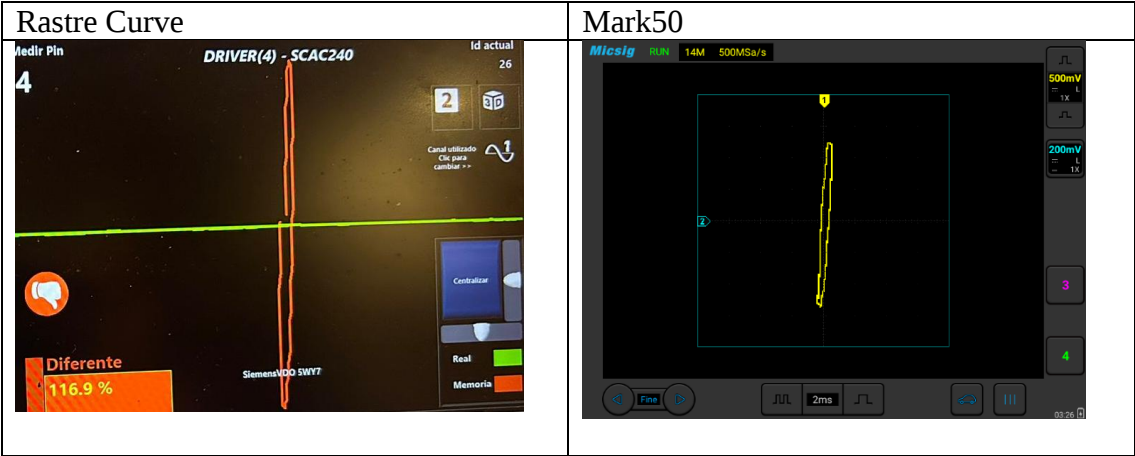


Tabla 74 Driver 4. Pin 5

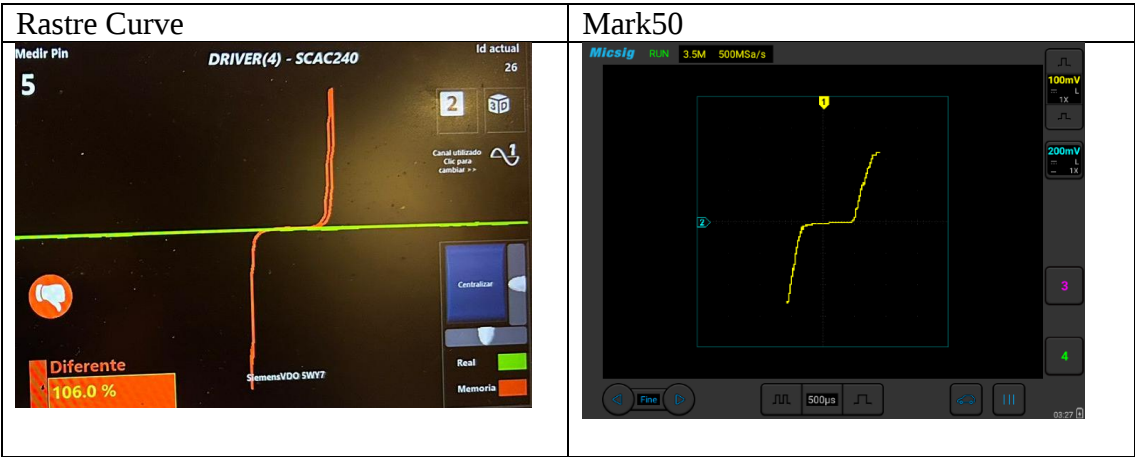


Tabla 75 Driver 4. Pin 6



## 5. Conclusiones

Una vez realizado el estudio de factibilidad del presente proyecto, se cuenta con la información necesaria y suficiente que permite llegar a la siguiente conclusión: Los resultados nos permitieron analizar el funcionamiento de la unidad de control electrónico, luego de haber extraído y comparado las curvas de los componentes, podemos determinar que la ECU DTC466 tiene un correcto funcionamiento.

Las gráficas obtenidas mediante el Rastre Curve y el Mark50 corresponden a las características eléctricas resultantes de la interacción entre dos o más componentes electrónicos, tales como resistencias, diodos rectificadores, capacitores, diodos Zener e inductores. Estas representaciones permiten detectar fallas físicas en los componentes del hardware y facilitan el análisis de los elementos que conforman un mismo circuito dentro de la unidad de control automotriz.

Esto permite evaluar y comprobar el funcionamiento adecuado y el comportamiento dinámico de los elementos que conforman los circuitos electrónicos de la ECU DTC466.

Se considera una técnica poco invasiva, el método de diagnóstico por imágenes permite evaluar, interpretar y comparar las curvas características ingresadas en una base de datos multiplataforma de los componentes electrónicos que integran una computadora automotriz, con la finalidad de ser una herramienta más eficiente disminuyendo costos y tiempo de trabajo.

## 6. Referencias

Delorenzi Tomás. (23 de 08 de 2023).

e, D. (s.f.).

Electrónica, S. (2017). *Setup Electrónica* . Obtenido de Setup Electrónica.

Fernandez, E. (2025). *Doctor Ecus*. Obtenido de Doctor Ecus:

file:///C:/Users/steph/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/V5W1  
OWKF/Manual%20curve[1].pdf

German Erazo, Eduardo Guange y Luis Murillo. (2016).

Hernandez. (2016).

Loyo, Rodriguez. (2020).

Setup Electrónica . (2017).

Setup, E. (2017).

## **7.Anexos**

Se adjunta un archivo de anexo