



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

**“Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de inversores utilizados en propulsión eléctrica.”**

**Autoras:**

Paute Agreda, Briggithe Fernanda

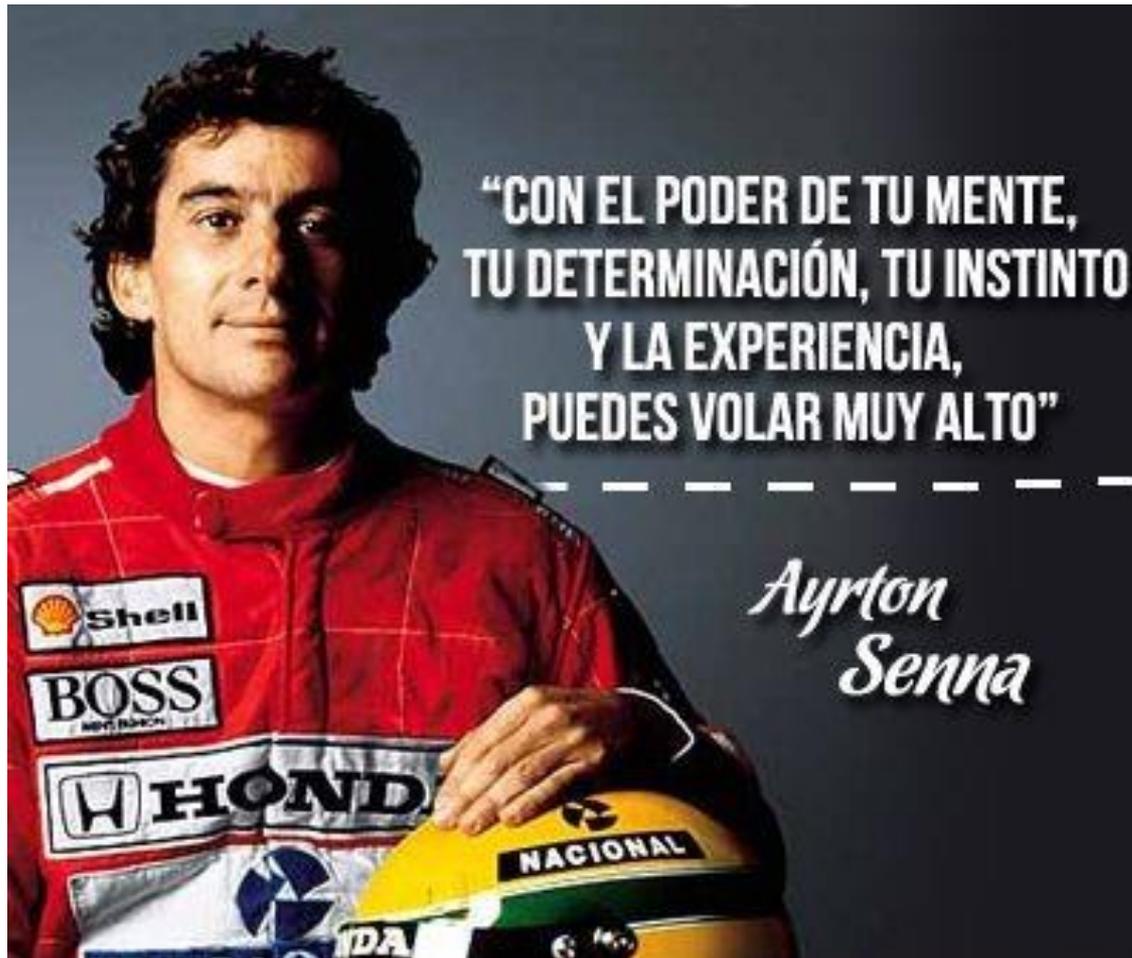
Tigse Herrera, Ana Maria

**Director:**

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

**Latacunga, Marzo 2024**





“CON EL PODER DE TU MENTE,  
TU DETERMINACIÓN, TU INSTINTO  
Y LA EXPERIENCIA,  
PUEDES VOLAR MUY ALTO”

*Ayrton  
Senna*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Resumen

Antecedentes

Planteamiento del problema

Justificación

Objetivos

Metas

Hipótesis

Capítulo II: Marco teórico

Capítulo III: Datos y análisis de resultados

Conclusiones

Recomendaciones



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Movilidad eléctrica



Componentes internos y externos



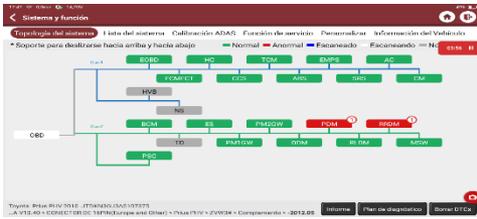
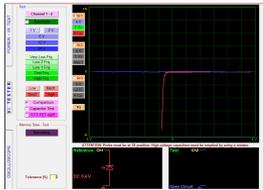
Desarmado y el armado del inversor



Instrumentos de diagnóstico



Averías y soluciones.



# RESUMEN



# ANTECEDENTES



- La idea de vehículos eléctricos tiene raíces que se remontan al siglo XIX, en la década de 1990 con el lanzamiento del Toyota Prius, el primer automóvil híbrido producido en masa.



- La adopción de vehículos eléctricos ha sido impulsada en gran medida por una combinación de factores.



- Uno de los mitos significativos fue la transición de la tecnología de inversores basados en módulos IGBT que ofrecen ventajas clave, como menor resistencia, menor pérdida de conmutación, que resulta mayor eficiencia y densidad de potencia.



# PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA



# JUSTIFICACIÓN

La confiabilidad del sistema de propulsión depende en gran medida de la fiabilidad de los inversores.

La seguridad de los ocupantes y los técnicos de mantenimiento es primordial

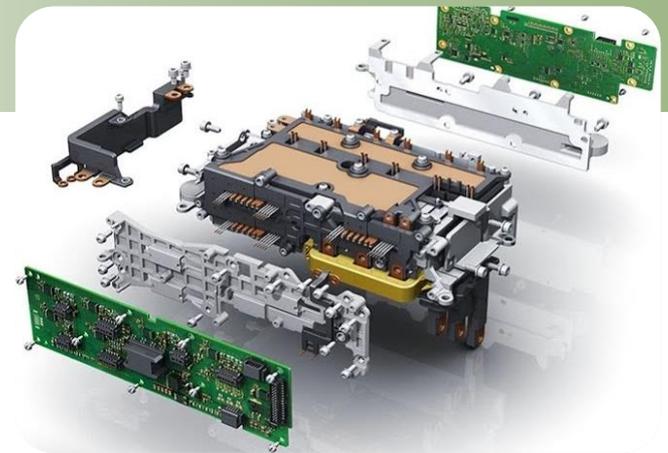
Impacto directo en la viabilidad y el éxito continuo de la movilidad eléctrica

Sistemas de diagnóstico avanzado e implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo.



# OBJETIVO GENERAL

Investigar los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de inversores utilizados en propulsión eléctrica.



Investigar información referente a inversores utilizados en movilidad eléctrica.

Definir los parámetros de operación y comportamiento de inversores utilizados en movilidad eléctrica.

Definiciones de PID's – DTCs y flujos de datos de inversores

Protocolos de diagnóstico, reparación y mantenimiento de inversores de alta tensión.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

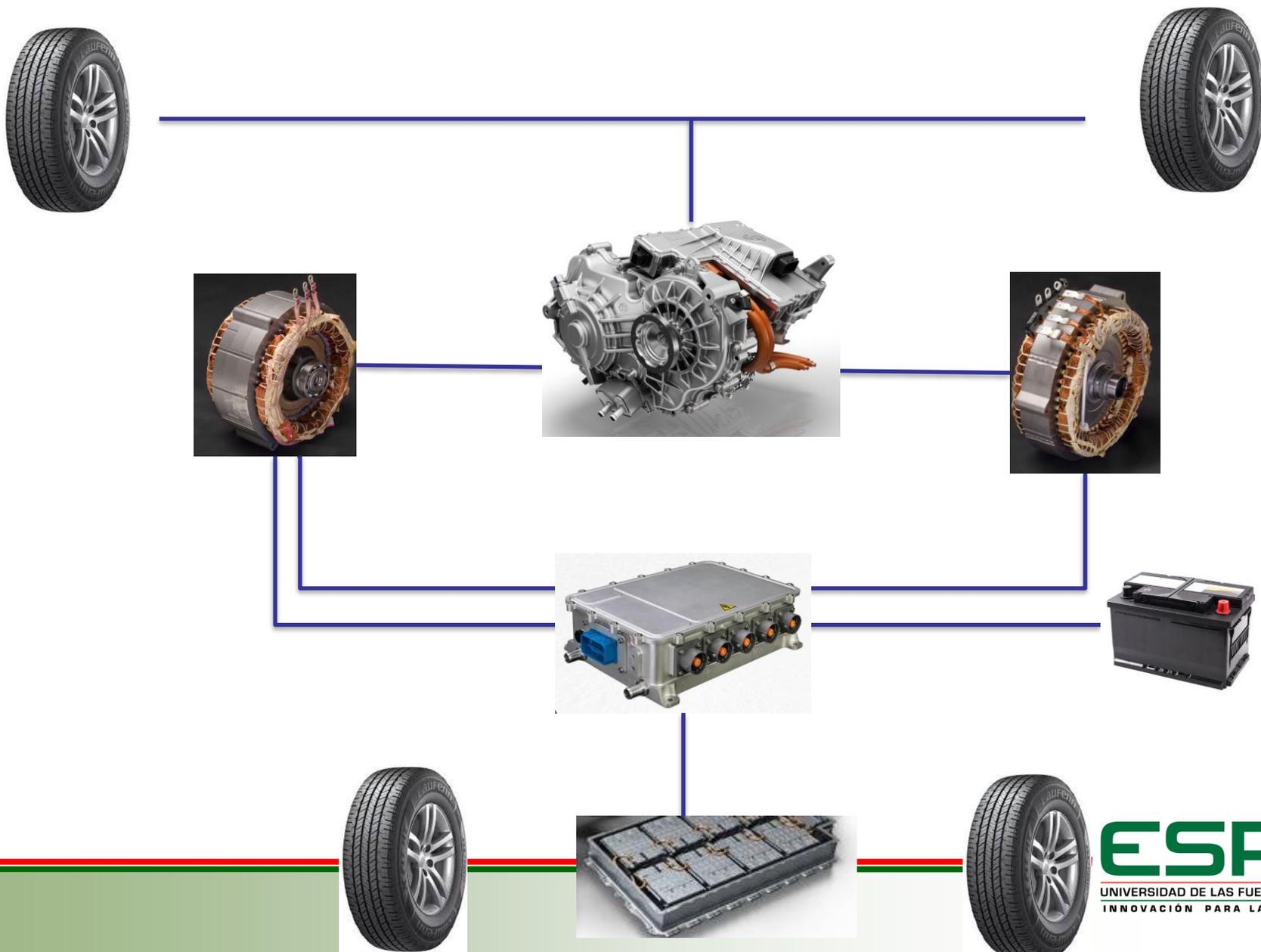


# **META DEL PROYECTO**

**Realizar el protocolo de verificación de inversores utilizados en la propulsión eléctrica en función de los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento, analizados en el siguiente proyecto curricular.**



# FUNCIONAMIENTO DEL INVERSOR



# FUNCIÓN EN LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Mediante un circuito amplificador elevar la tensión de 220V a una de 500 V de corriente continua.

Generar CA en tres fases utilizando la electrónica de potencia junto con la tensión de 500VDC para que funcionen los MG1 Y MG2 de manera independiente.

Invertir la operación de los MG1 y MG2 para que trabajen como generadores y llevar la carga producida hasta la batería de alta tensión HV.

Crear corriente alterna para operar el motor eléctrico que permite la función del sistema compresor del aire acondicionado mediante el uso de la tensión de la batería HV

Suministrar carga a la batería de 12V y alimenta accesorios eléctricos mediante un circuito conversor DC – DC incorporado en el mismo sistema utilizando como fuente la carga suministrada por la batería HV.







# NORMATIVAS Y ESTANDARES SEGURIDAD EN INVERSORES

IEC-60950-1- Equipos eléctricos de tecnología de la información

IEC 61000- Serie de normas de compatibilidad electromagnética

ISO 26262 – Seguridad funcional para vehículos automotores

IEC 61800-5-1- Convertidores de potencia de motores eléctricos

ISO 6469- Seguridad eléctrica en vehículos de carretera

UNECE Reglamento N 100- Requisitos uniformes para vehículos eléctricos e híbridos.



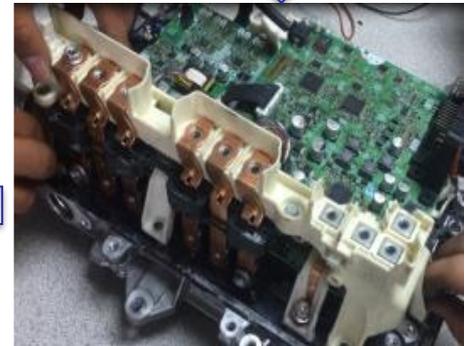
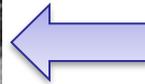
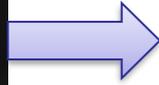
# PROCESO DE DESARMADO

Proceso de verificación del Inversor Toyota Prius  
Desmontaje del inversor



# PROCESO DE DESARMADO

Proceso de verificación del Inversor Toyota Prius  
Desmontaje del inversor



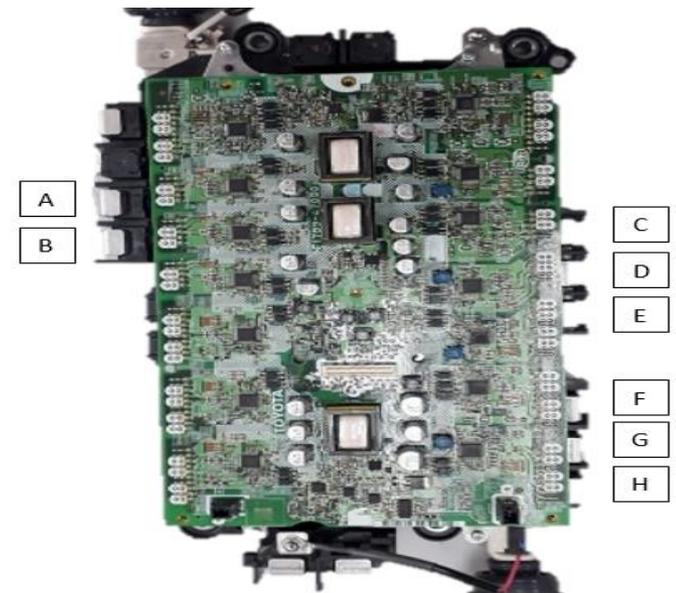
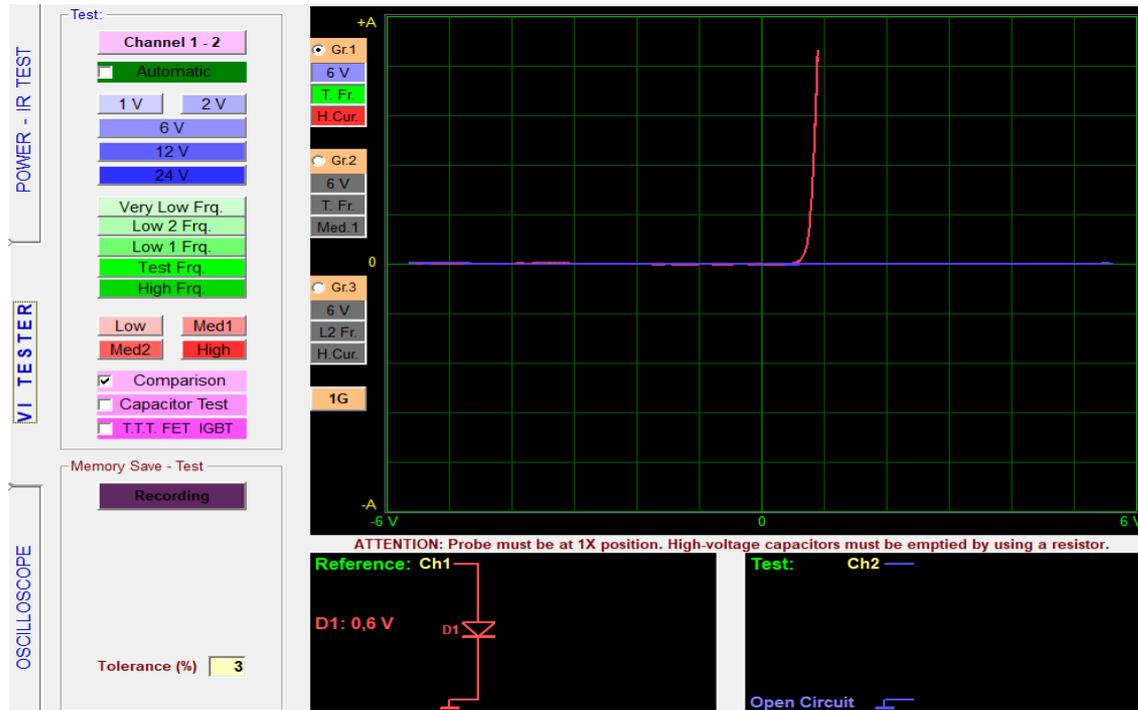
# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

## Módulo de inversor para el MG1 Y MG2

A Y B: Entradas de tensión hacia el Booster

C, D, E: salidas de tensión hacia el motor generador 1

F, G, H: salidas de tensión hacia el motor generador 2



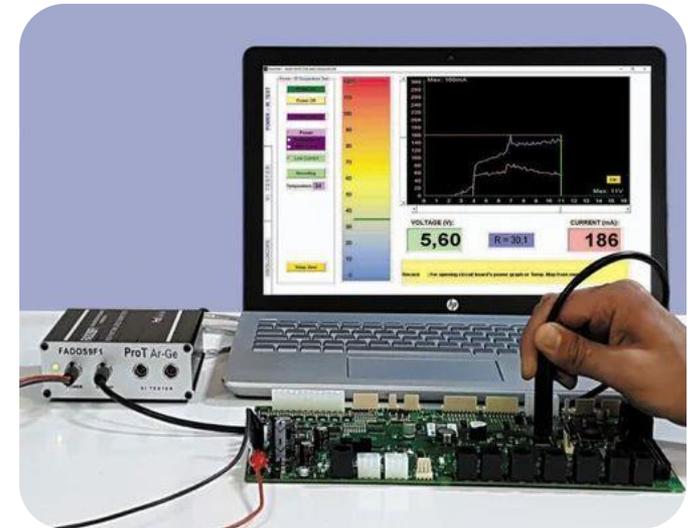
# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

## Interfaz Multifuncional Circuit Board Tester – FADOS9F1 detector de fallas y Osciloscopio

Dispositivo que ha sido desarrollado para determinar fallas en diferentes placas de circuito electrónico

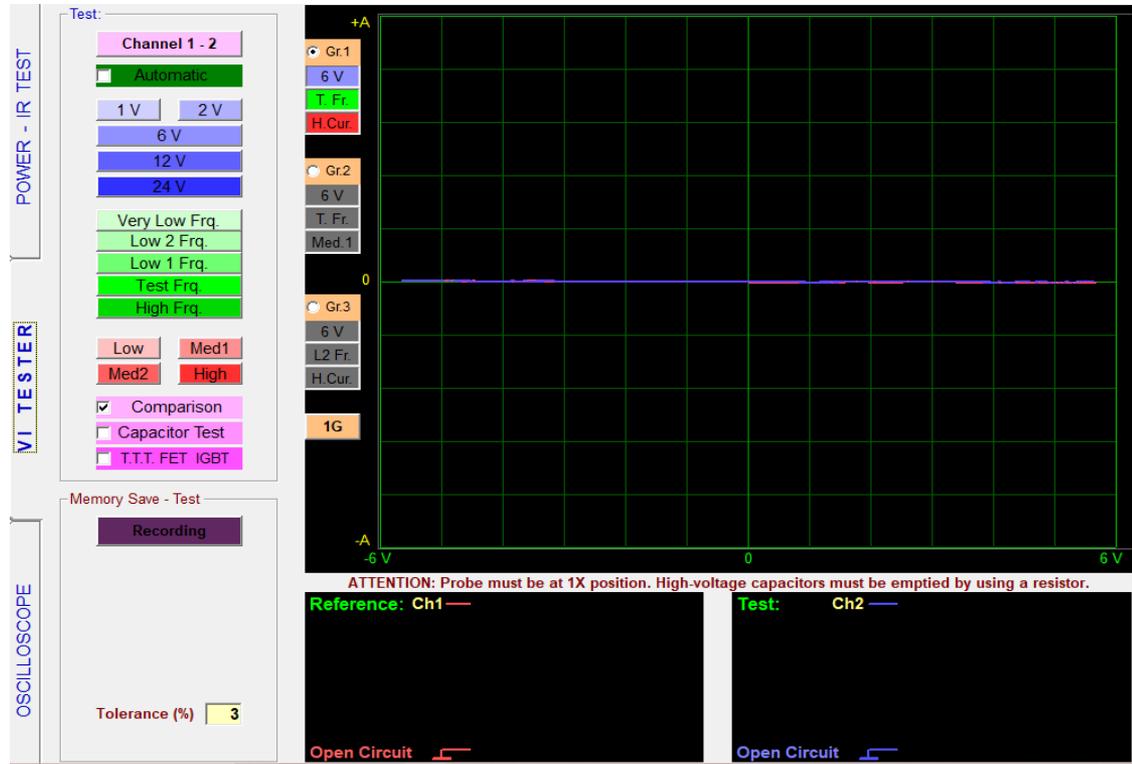
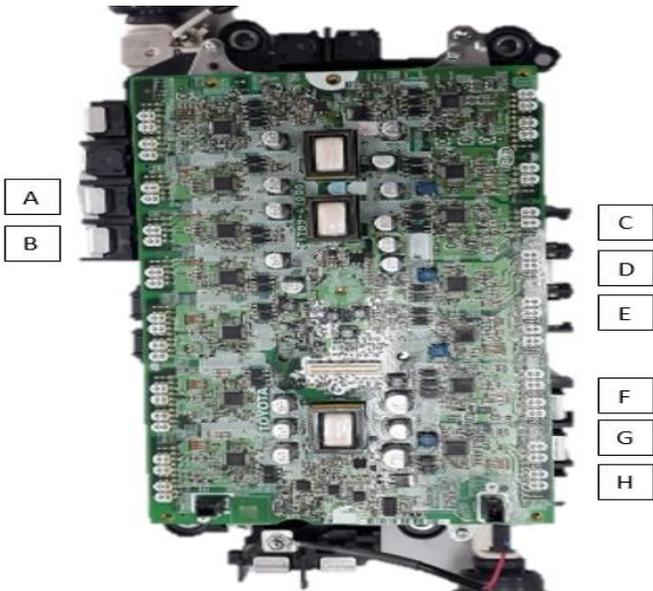
### FADOS9F1

- Dispositivo multifuncional de prueba (V/I) Corriente - voltaje y osciloscopio
- Indica un diagrama del circuito equivalente del punto tocado en las placas



# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

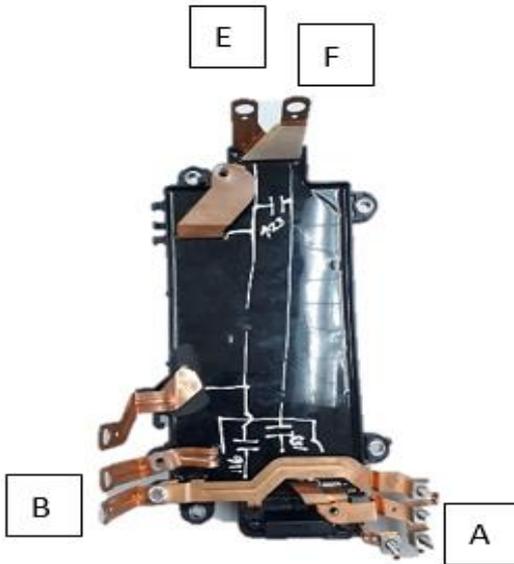
## Módulo de inversor para el MG1 Y MG2



# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

## Capacitor

A Y B: entradas de tensión  
C y D: Salidas de tensión



POWER - IR TEST

VI TESTER

OSCILLOSCOPE

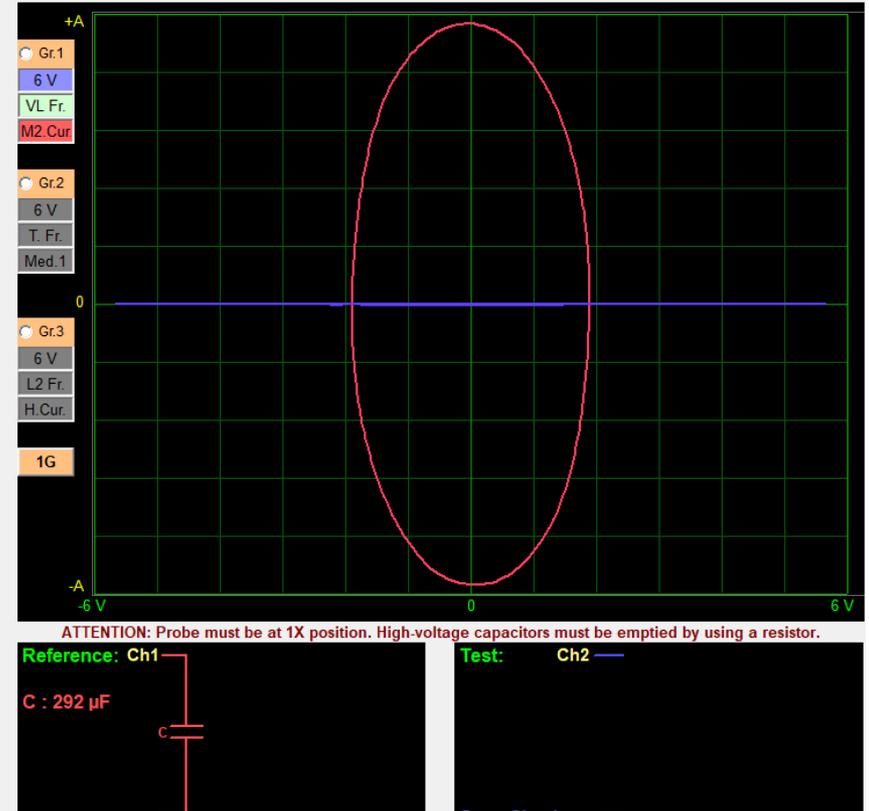
Test:

- Channel 1 - 2
- Automatic
- 1 V | 2 V
- 6 V
- 12 V
- 24 V
- Very Low Frq.
- Low 2 Frq.
- Low 1 Frq.
- Test Frq.
- High Frq.
- Low | Med1
- Med2 | High
- Comparison
- Capacitor Test
- T.T.T. FET IGBT

Memory Save - Test

Recording

Tolerance (%) | 3

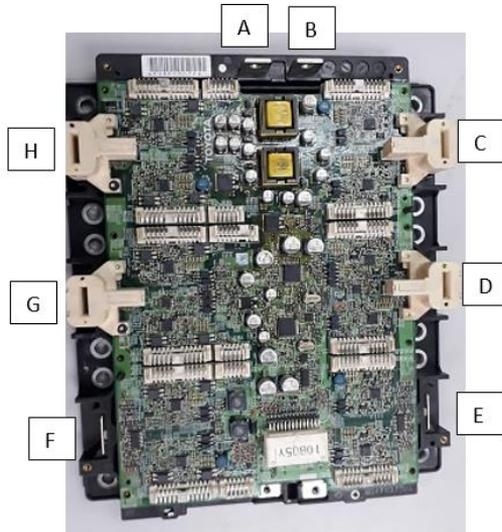


Tenemos valores semejantes en A y B, A y E, E y F.



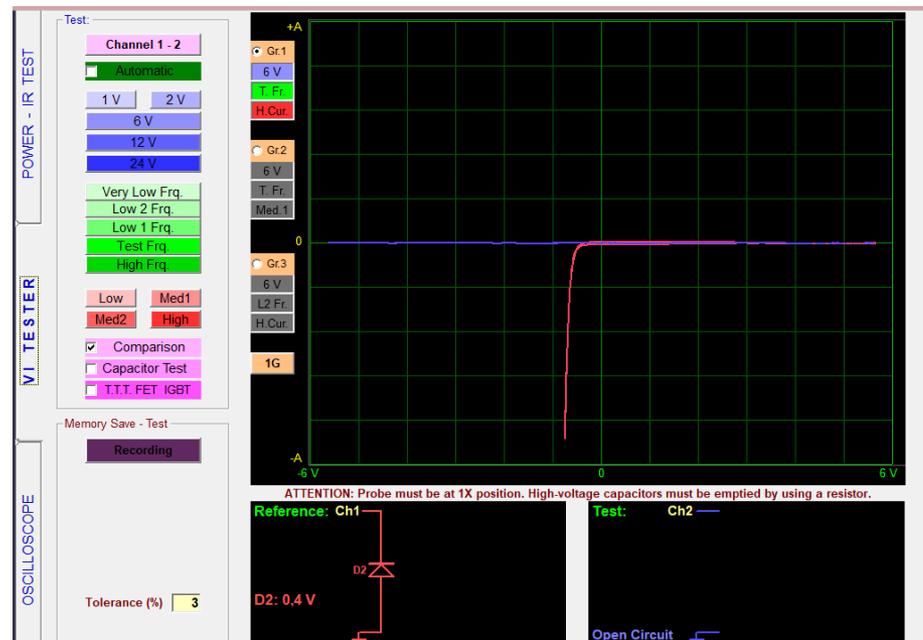
# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

Inversor para MG1 Y MG2.



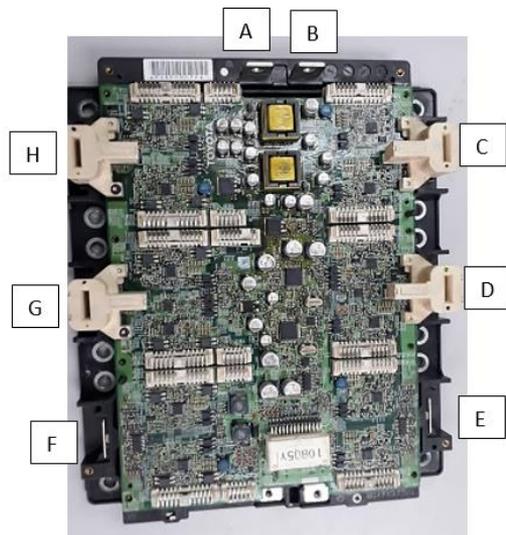
A Y B: Entradas de tensión hacia el Booster  
C, D, E: salidas de tensión hacia el motor  
generador 1  
F, G, H: salidas de tensión hacia el motor  
generador 2

Obtenemos las mismas graficas entre A y C, A  
y D, A y E, A y F, A y H



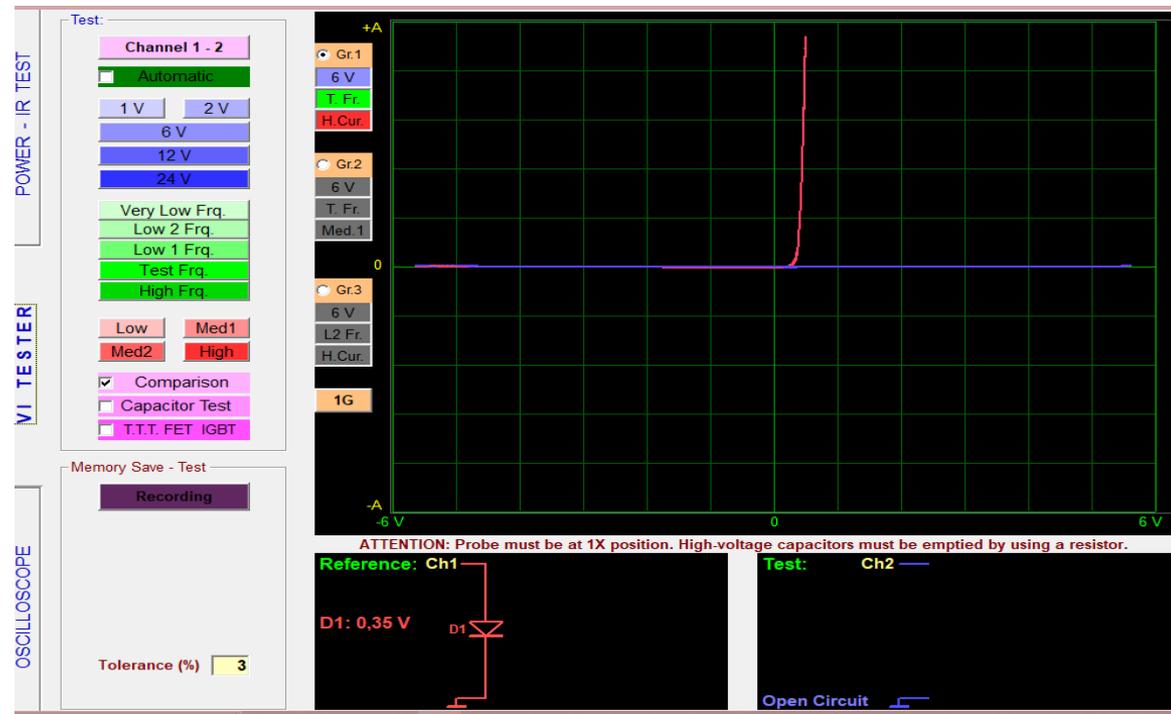
# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

Inversor para MG1 Y MG2.



Obtenemos las mismas graficas entre B y A, D y A, E y A, F y A, H y A

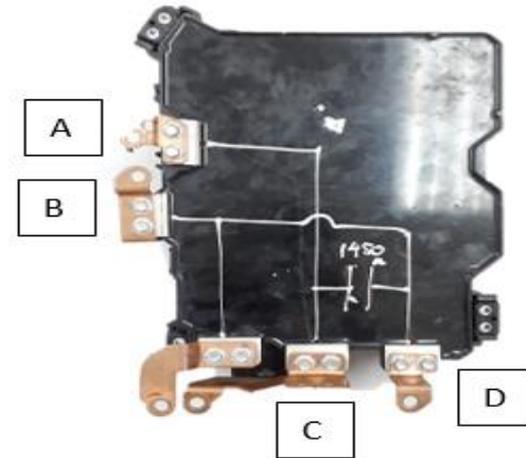
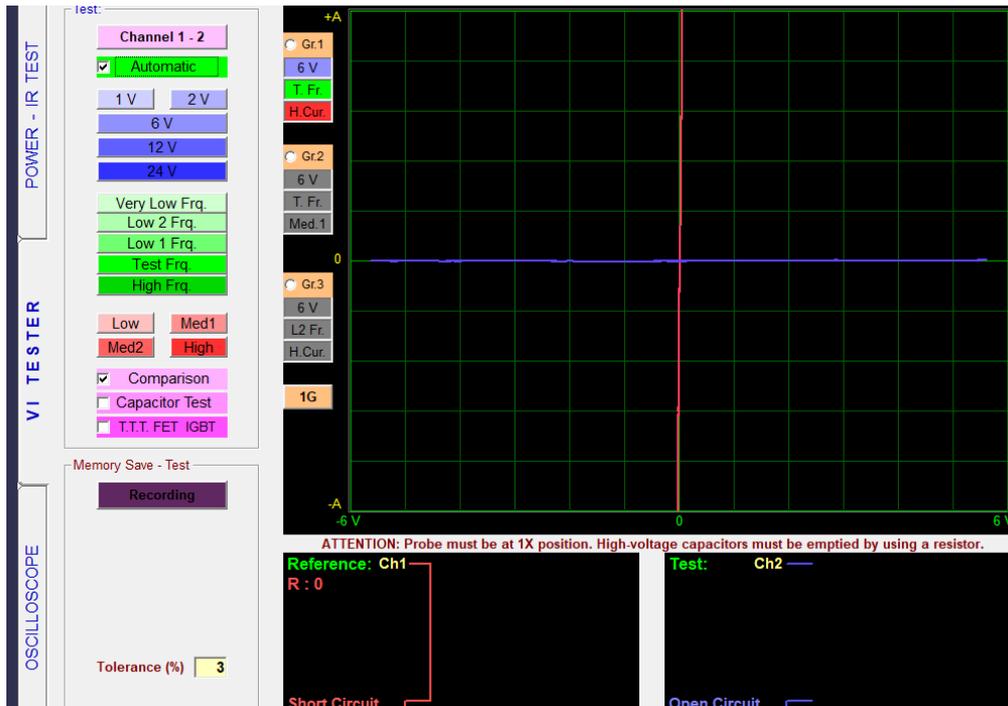
Las entradas B y A, C y A, D y A, E y A, A y F, H y A se genera una curva de diodo de germanio en polarización inversa con una referencia de 0.35V a 0.36V.



# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

## Capacitor

En las entradas entre A y B, A y D. B y C se puede observar que existe continuidad representada por representación del circuito en forma de corto, línea vertical.

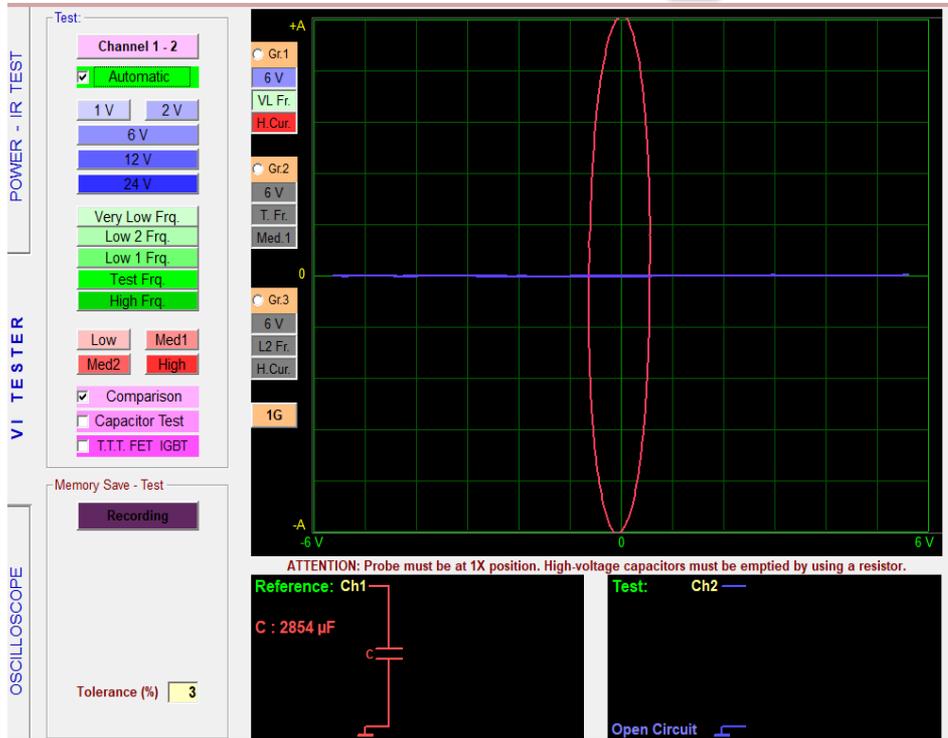


Obtenemos las mismas graficas entre A y B, B y C



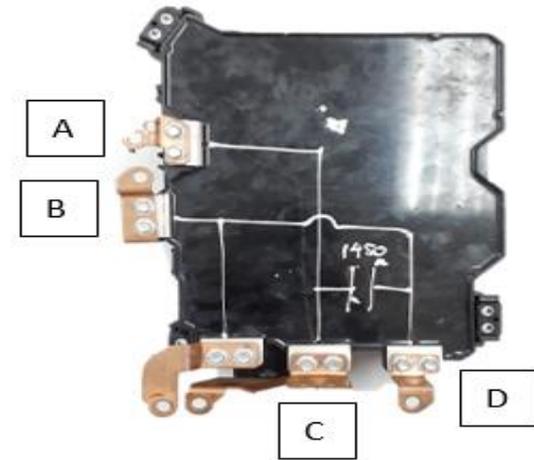
# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

## Capacitor



Por otro lado, las entradas entre A y C, A y E, C y D

Valores son 20807 uF, 2806 uF y 2757 uF

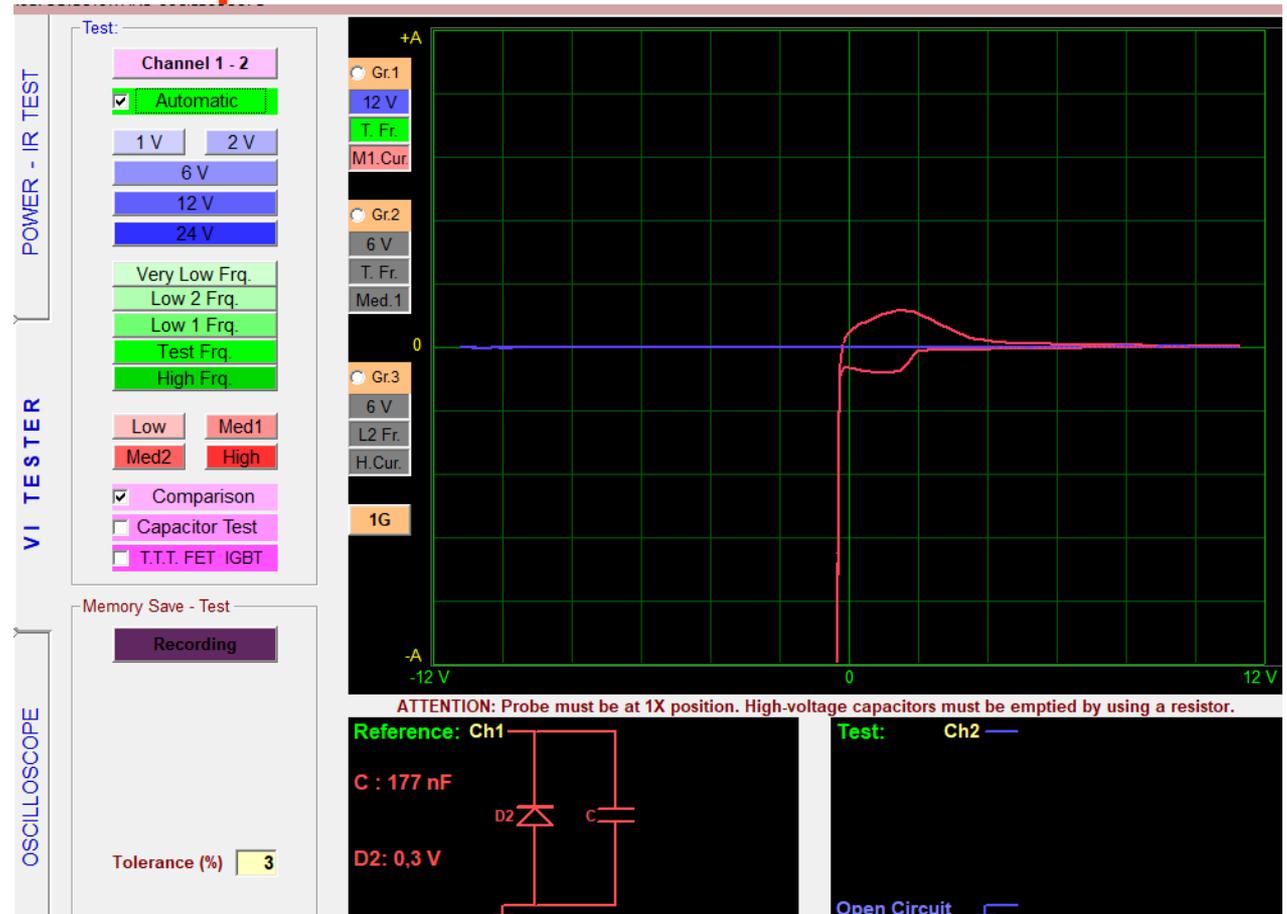
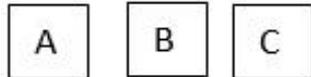


Obtenemos las mismas graficas entre A y C, A y E



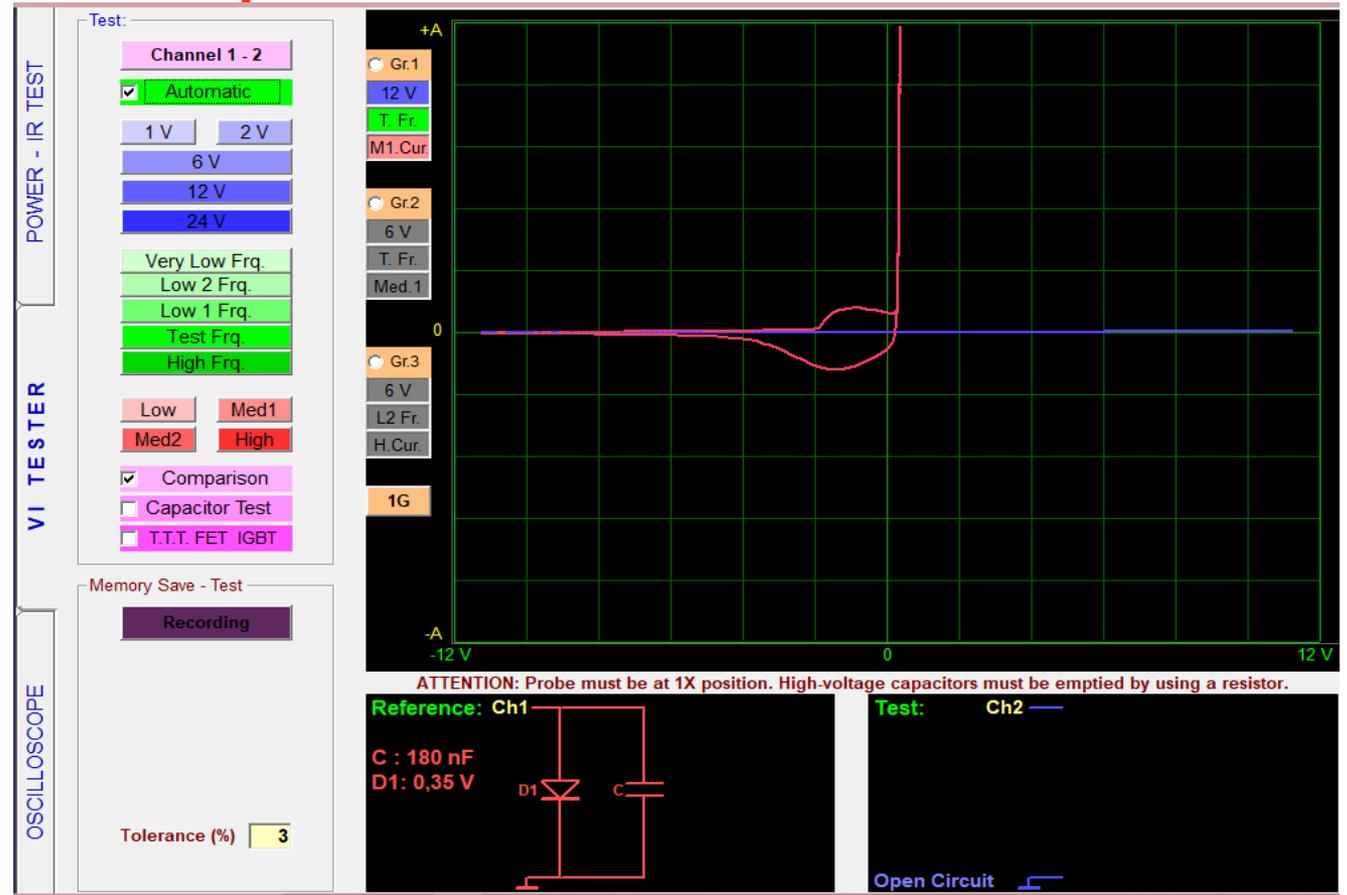
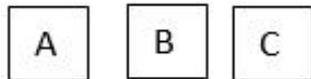
# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

Módulo IPM



# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER

Módulo IPM



# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER Y TOYOTA PRIUS

## Reactores

En esta prueba se detecta que los reactores de ambos vehículos no presentan un valor de resistencia fijo, esto es debido a que se encuentran sometidos a grandes aislamientos.

Gráfica de Lissajous del reactor del Toyota Prius

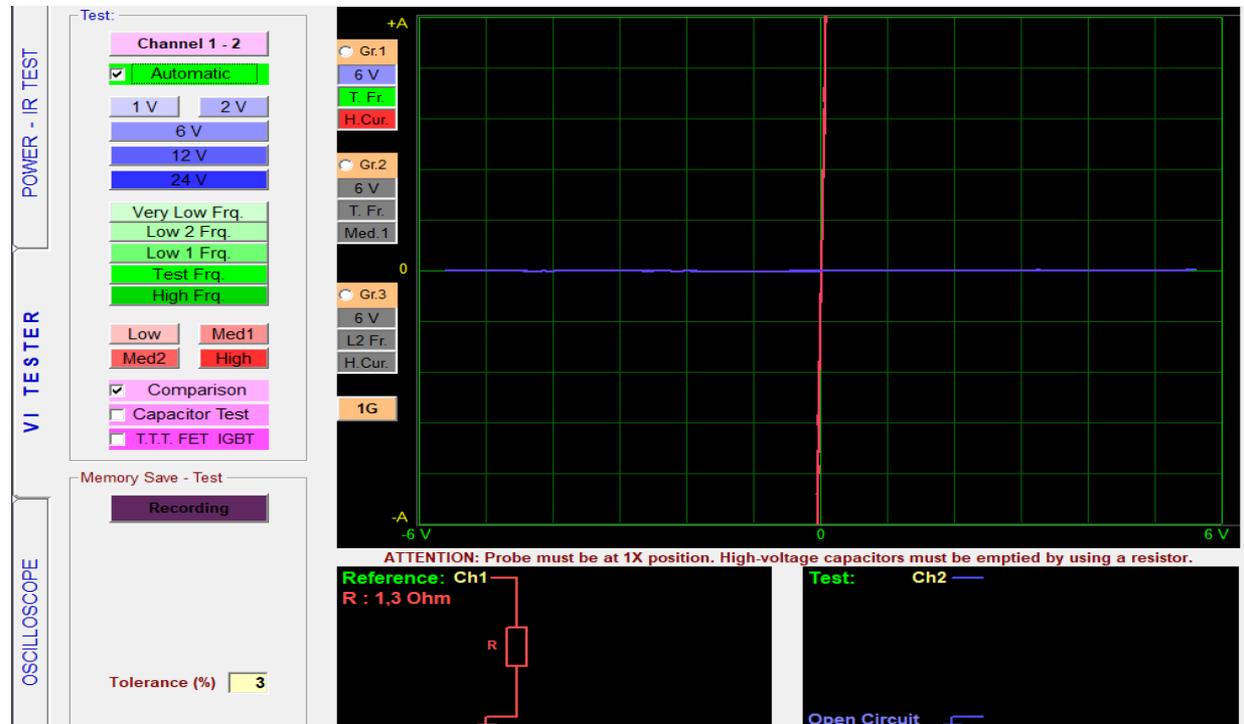


# ESTUDIO DE LAS IMÁGENES DE LISSAJOUS DEL INVERSOR TOYOTA HIGHLANDER Y TOYOTA PRIUS

## Reactores

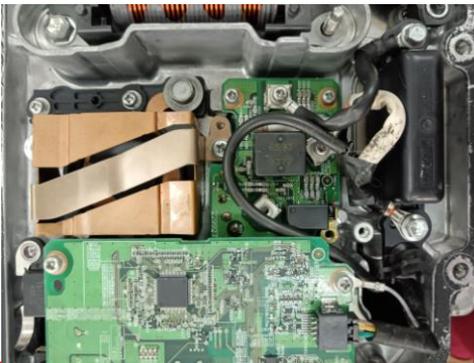
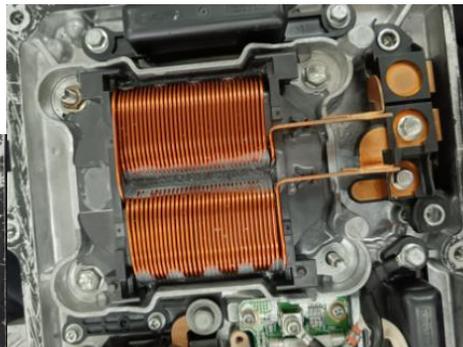
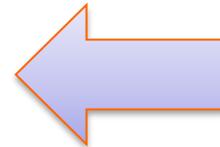
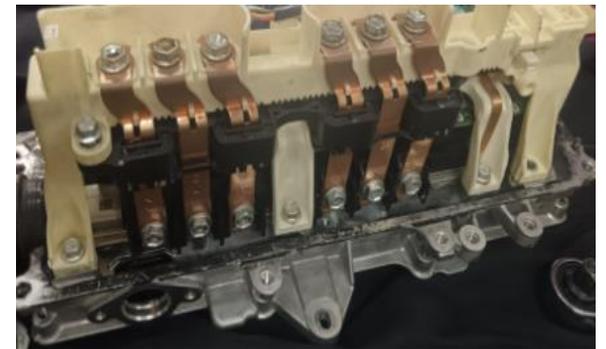
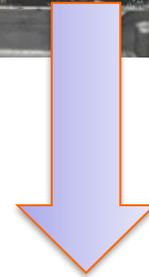
### Gráfica de Lissajous del reactor del Toyota Highlander

El reactor del inductor Toyota Highlander se encuentra entre 1.3 a 2.2 ohm.



# PROCESO DE ARMADO DE LOS INVERSORES

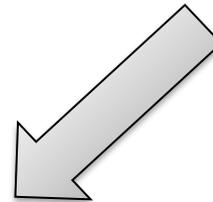
Toyota Prius



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

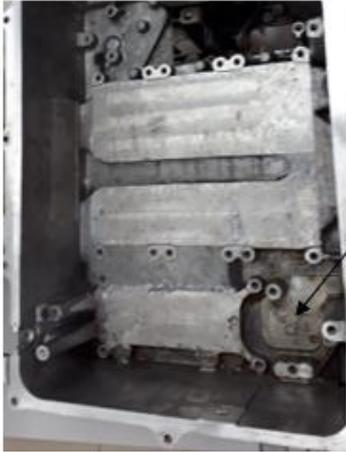
# PROCESO DE ARMADO DE LOS INVERSORES

Toyota Prius



# PROCESO DE ARMADO DE LOS INVERSORES

Toyota Highlander



Inversor  
MG3

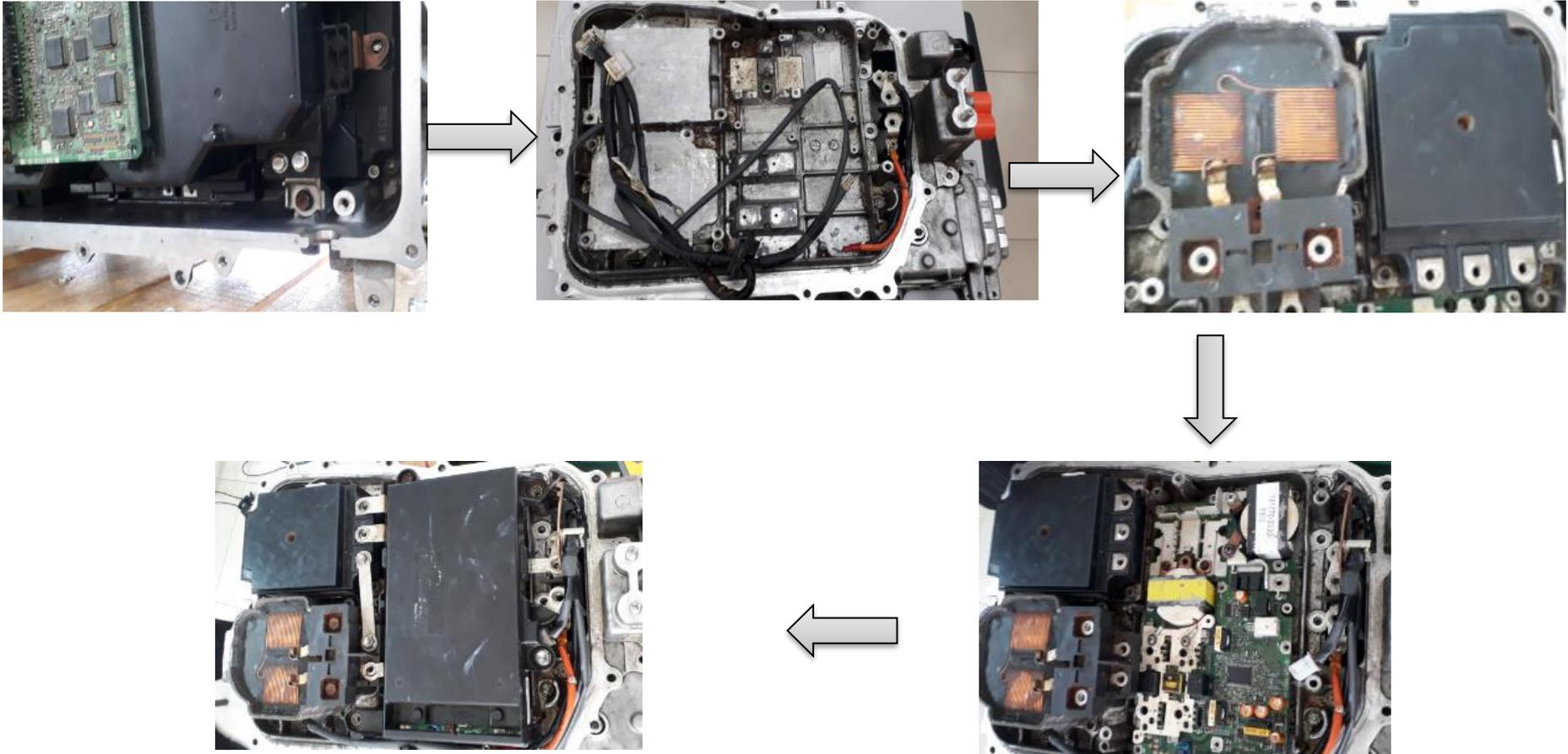
Inversor  
MG1 y MG2



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

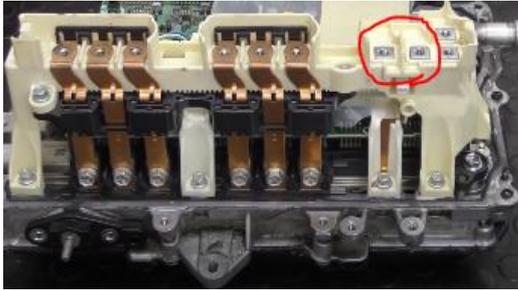
# PROCESO DE ARMADO DE LOS INVERSORES

Toyota Highlander

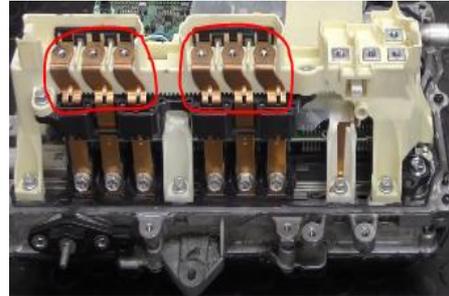


# ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PINES

## Toyota Prius



Pin de alta tensión en CC



Salidas del motor trifásico del MG1 y MG2.



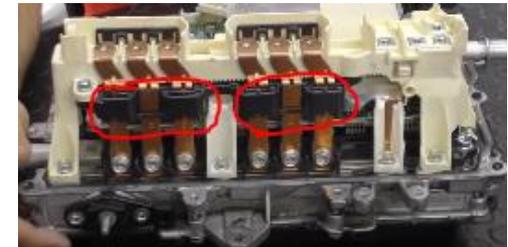
Pin para la batería de 12 voltios al inversor.



Fusible que protege de la calefacción



Conexión de mando de la unidad del inversor



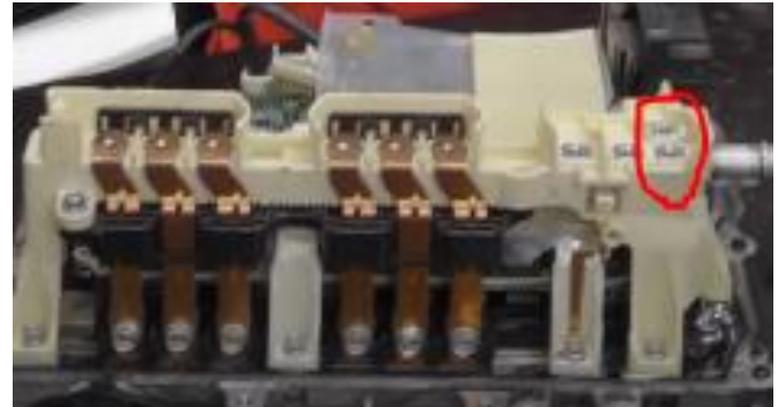
Pinzas amperimétricas - fases que tiene los motores

# ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PINES

Toyota Prius



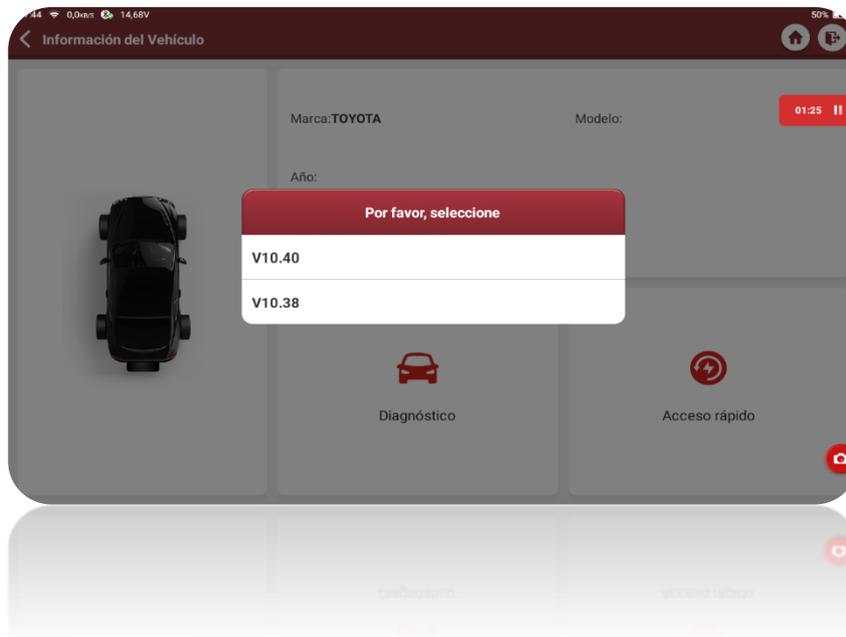
Puente de seguridad



Salida para la calefacción.



# MONITOREO DE DATOS DEL ESCÁNER

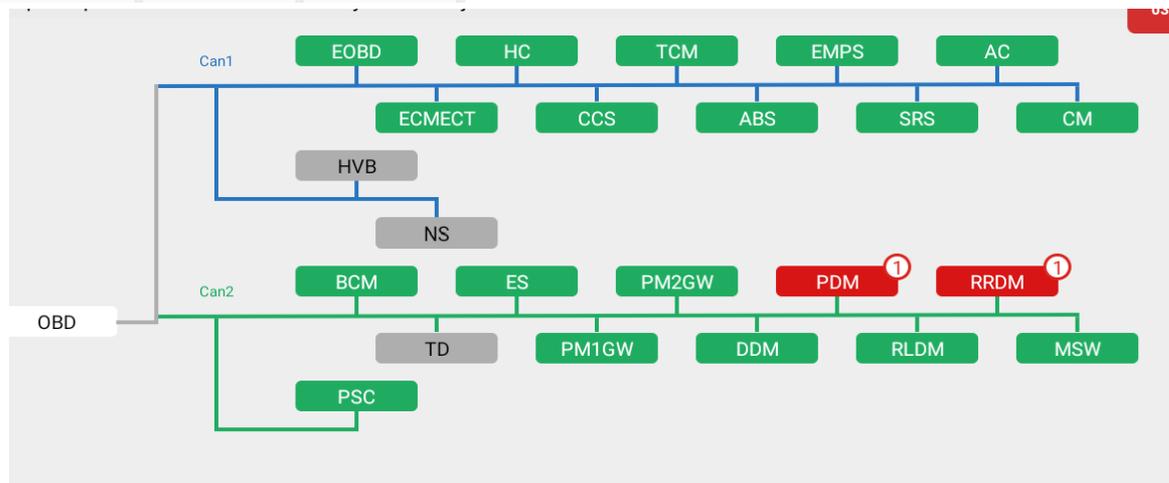
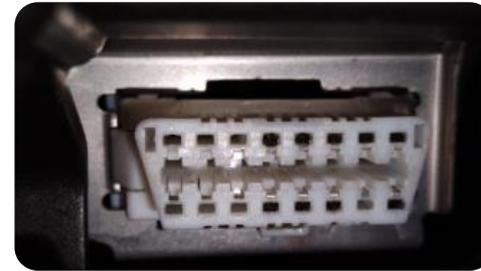
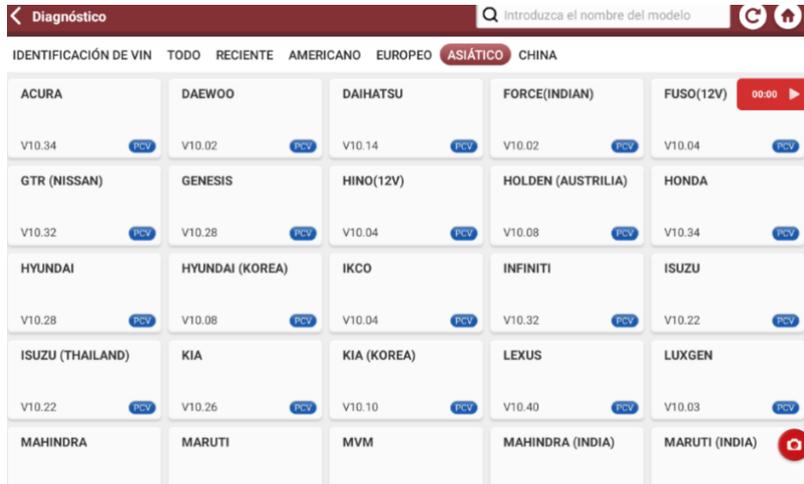


- **El scanner automotriz ThinkCar**, permite al usuario obtener diferente información sobre el funcionamiento del inversor.
- **Temperatura**, verificar que el inversor este trabajando dentro de los rangos establecidos (40 a 60 °C).
- **Voltaje y corriente**
- **Frecuencia de conmutación**



# MONITOREO DE DATOS DEL ESCÁNER

## Estudio del inversor del Toyota Prius 2010



# MONITOREO DE DATOS DEL ESCÁNER

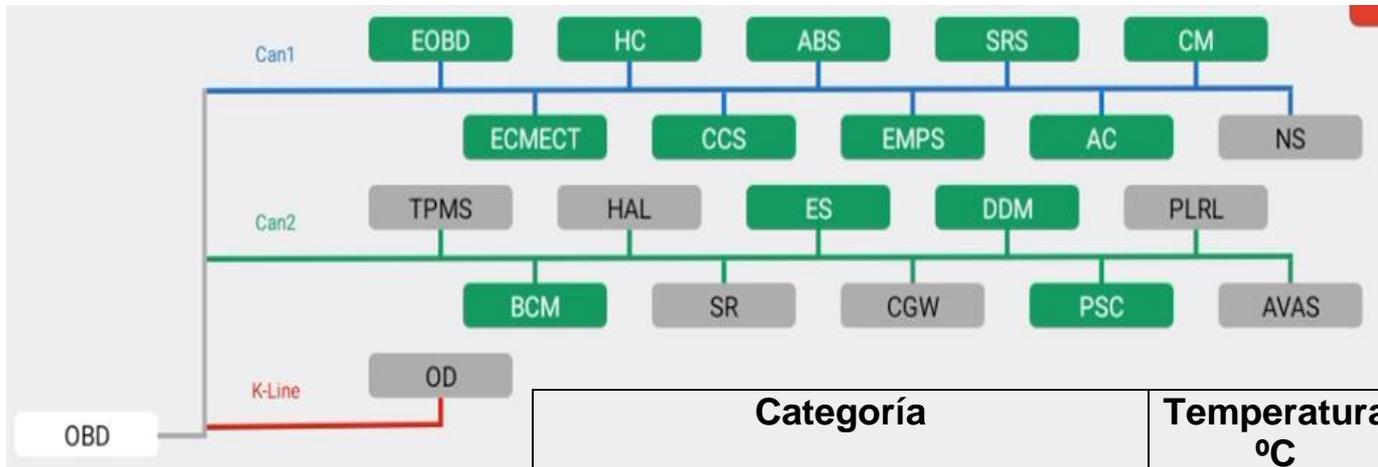
## Estudio del inversor del Toyota Prius 2010

Categoría	Temperatura °C	No más de 50 a 60 °C
Temperatura del Convertidor de DC/DC (Inferior)	34	SI
Temperatura del Convertidor de DC/DC (superior)	35	SI
Temperatura del Convertidor Después de Encendido Conectado	25	SI
Temperatura del Invertidor (MG1) Después de Encendido Conectado	24	SI
Temperatura del Invertidor (MG2) Después de Encendido Conectado	25	SI
Temperatura del Invertidor- (MG1)	33	SI
Temperatura del Invertidor- (MG2)	34	SI



# MONITOREO DE DATOS DEL ESCÁNER

## Estudio del inversor del Toyota Prius C 2011



Categoría	Temperatura °C	Cumple el rango inferior a 50 °C
Temperatura del Convertidor de DC/DC (Inferior)	28	S
Temperatura del Convertidor de DC/DC (superior)	29	SI
Temperatura del Convertidor Después de Encendido Conectado	26	SI
Temperatura del Invertidor (MG1) Después de Encendido Conectado	26	SI
Temperatura del Invertidor (MG2) Después de Encendido Conectado	26	SI
Temperatura del Invertidor- (MG1)	30	SI
Temperatura del Invertidor- (MG2)	26	SI



# MONITOREO DE DATOS DEL ESCÁNER

## Estudio del inversor del Toyota Corolla Cross HV



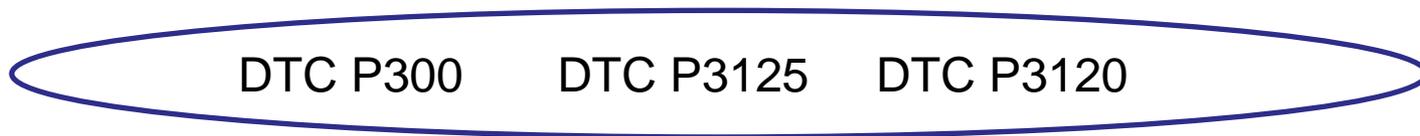
Categoría	Temperatura °C	Cumple el rango inferior a 50 °C
Temperatura de Agua del Refrigerante del Invertidor	28	SI
Temperatura Calculada del Invertidor del Generador justo después del Encendido conectado	28	SI
Temperatura del Convertidor de Impulso (Inferior)	30	SI
Temperatura del Convertidor de Impulso (Superior)	30	SI
Temperatura del Convertidor de Impulso Después de Encendido Conectado	28	SI
Temperatura del inversor del motor	25	SI
Temperatura del inversor del motor justo después del encendido conectado	23	SI
Temperatura Máxima del Convertidor de Impulso	34	SI
Temperatura Máxima del Inversor del Motor	30	SI



# RECONOCIMIENTO DE LOS DTC DEL INVERSOR



Ejemplos:



# CONCLUSIONES

- El presente trabajo de integración curricular, nos permitió conocer la importancia y operación de los inversores utilizados en propulsión eléctrica
- Es importante indicar, que la tendencia mundial para el sector automotor, es la eliminación de gases contaminantes de efecto invernadero; dando lugar a autos eléctricos e híbridos.
- Con el uso del software FADOS9F1 se puede diagnosticar las fallas en los circuitos de las placas y otros componentes de los inversores a trabajar
- Con el uso del escáner tenemos la facilidad de visualizar los parámetros en tiempo real del funcionamiento del vehículo



# RECOMENDACIONES

- Realizar experimentos prácticos donde se analice el comportamiento y parámetros de operación de inversores en situaciones de movilidad eléctrica.
- Usar el escáner automotriz especializado o un trazador de curvas como el FADOS9F1 para evaluar de forma correcta el funcionamiento de los inversores u otros dispositivos de los automóviles eléctricos e híbridos.
- Es necesario investigar las normativas estándares importantes y esenciales en la movilidad eléctrica para comprender los requisitos vigentes de seguridad para los inversores a utilizar en los vehículos eléctricos.



# GRACIAS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA