



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

“Diseño y construcción de un sistema de diagnóstico por transductor de presión y vibración electrónico first look para motores de combustión gasolina – diesel”

Autor:

Pillajo Yépez, Steven Joel

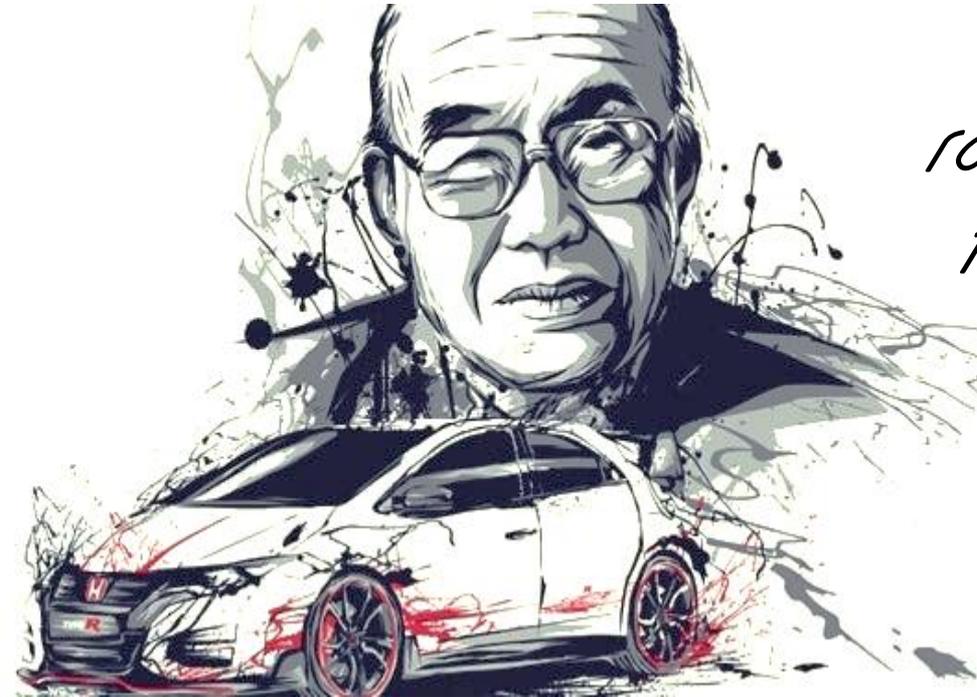
Director:

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán



*La verdadera felicidad
radica en la finalización del
trabajo usando tu propio
cerebro y habilidades*

Soichiro Honda



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ÍNDICE DE CONTENIDO

- Antecedentes
- Planteamiento del problema
- Descripción resumida del proyecto
- Justificación e importancia
- Objetivos del proyecto
 - Objetivo General
 - Objetivos Específicos
- Metas
- Hipótesis



ÍNDICE DE CONTENIDO

- ❑ Marco Teórico
 - ❑ Vibraciones y presiones del motor
 - ❑ Fallas comunes en el motor
 - ❑ Sensor de pulsos first look
 - ❑ Transductor de presión
- ❑ Diseño y modelación del sistema de diagnóstico
 - ❑ Especificación de componentes
 - ❑ Selección de programas de apoyo
 - ❑ Valores de calibración en osciloscopio
 - ❑ Vehículos seleccionados



ÍNDICE DE CONTENIDO

- ❑ Construcción de prototipo first look
- ❑ Construcción de prototipo transductor de presión
- ❑ Elaboración de calculadora en Excel
- ❑ Diseño de regulador de voltaje
- ❑ Diseño de producto final
- ❑ Conexión de la herramienta de diagnóstico first look
- ❑ Conexión del transductor de presión
- ❑ Uso de software Pressure Waveform Overlays



ÍNDICE DE CONTENIDO

- ❑ Pruebas experimentales y análisis de resultados
 - ❑ Pruebas de ensayo
 - ❑ Análisis de mediciones
- ❑ Conclusiones
- ❑ Recomendaciones



MARCO METODOLÓGICO



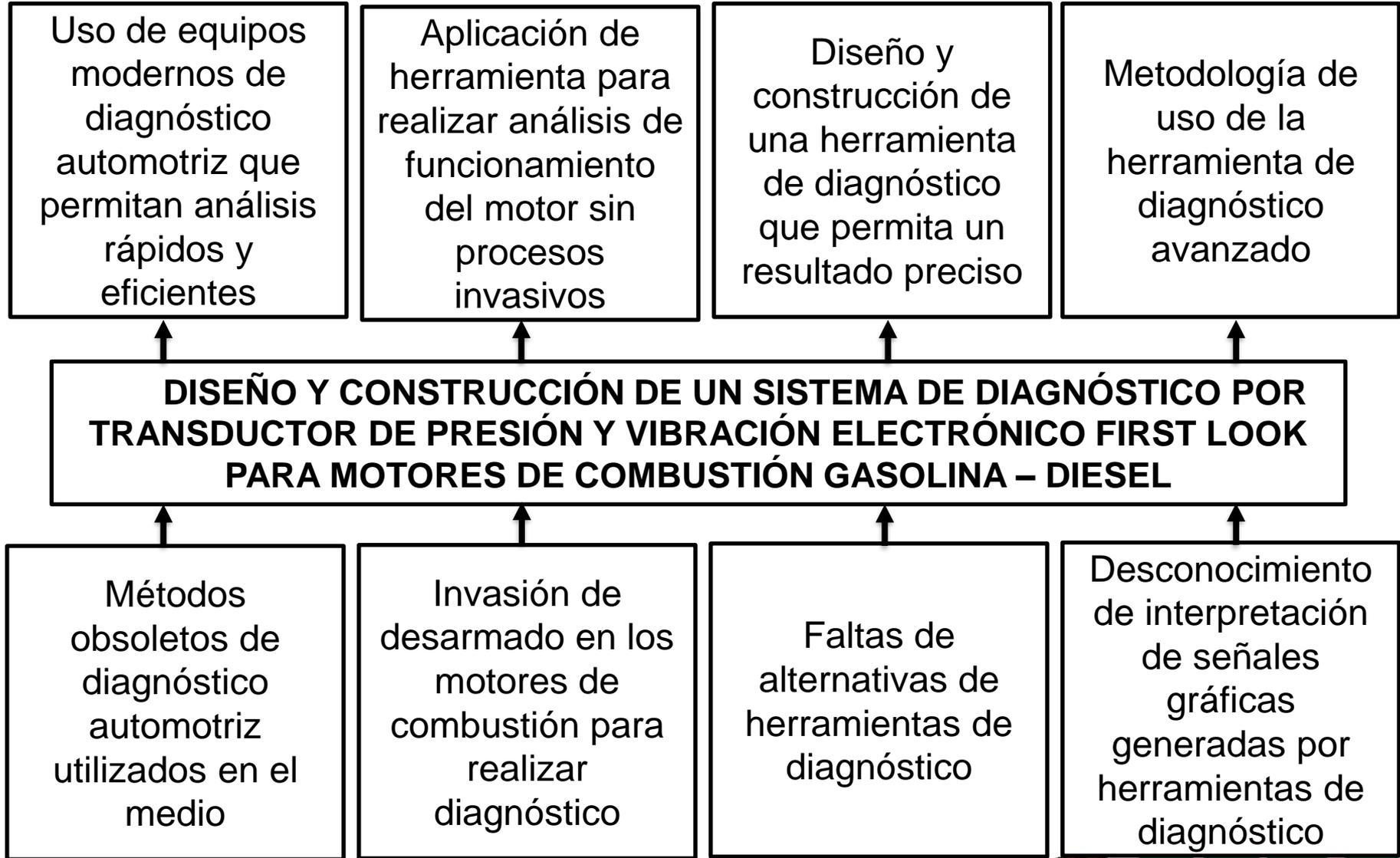


» Según (Mendoza, 2015) dice que el diagnóstico automotriz en sus inicios presentaba un problema ya que: “el motor de combustión interna se descalibraba y los mecánicos únicamente constaban de tres cosas como el oído, vista y el tacto” (p. 24).

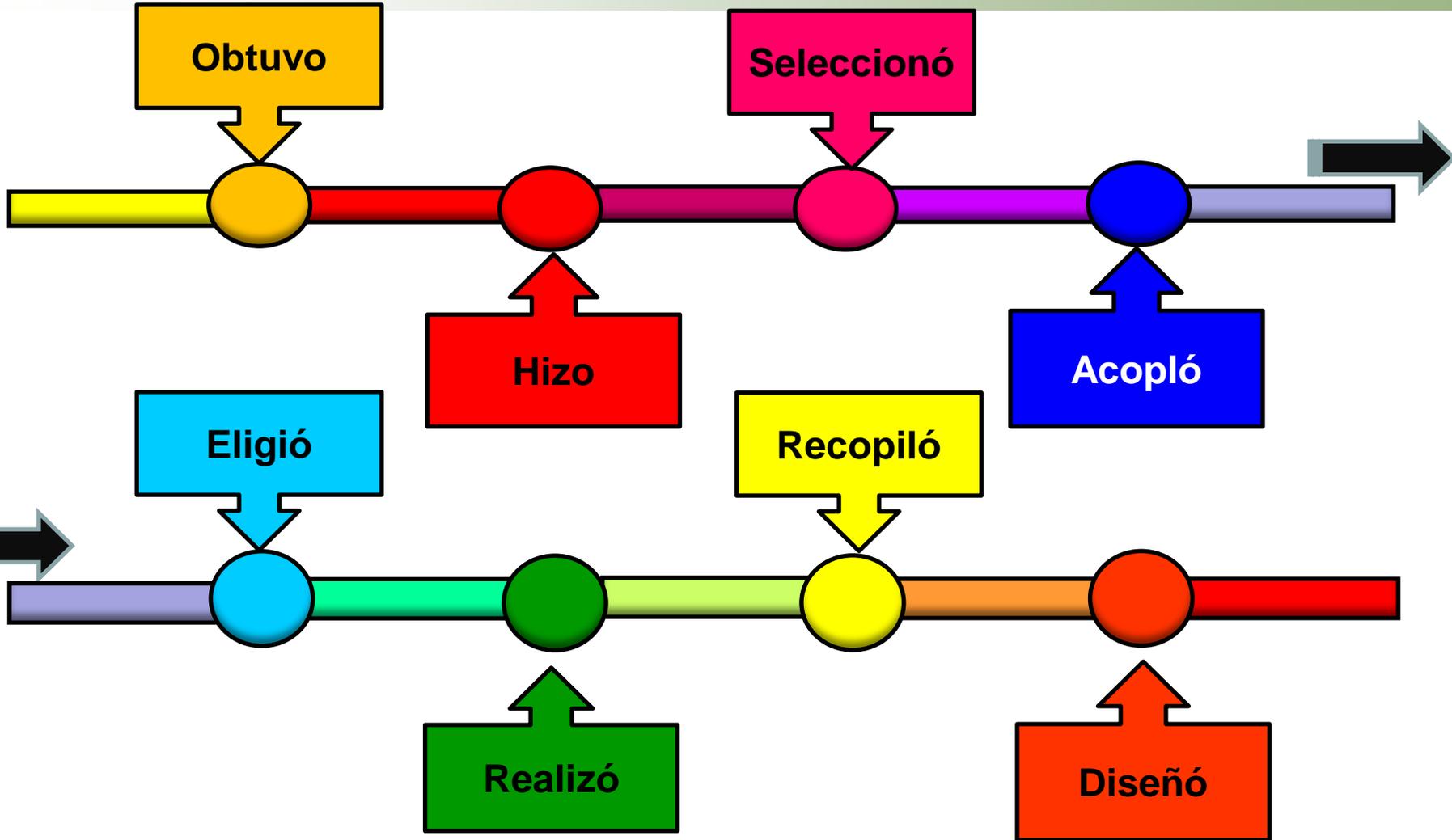
- Para (Concepción, 2011) al tener a disposición los equipos de diagnóstico se evita el reemplazo de componentes equivocados en vano, debido a ello se asegura que “los métodos de diagnóstico sean generados para apresurar con certeza el descubrimiento de fallas del vehículo tanto mecánicas como electrónicas” (p. 26).



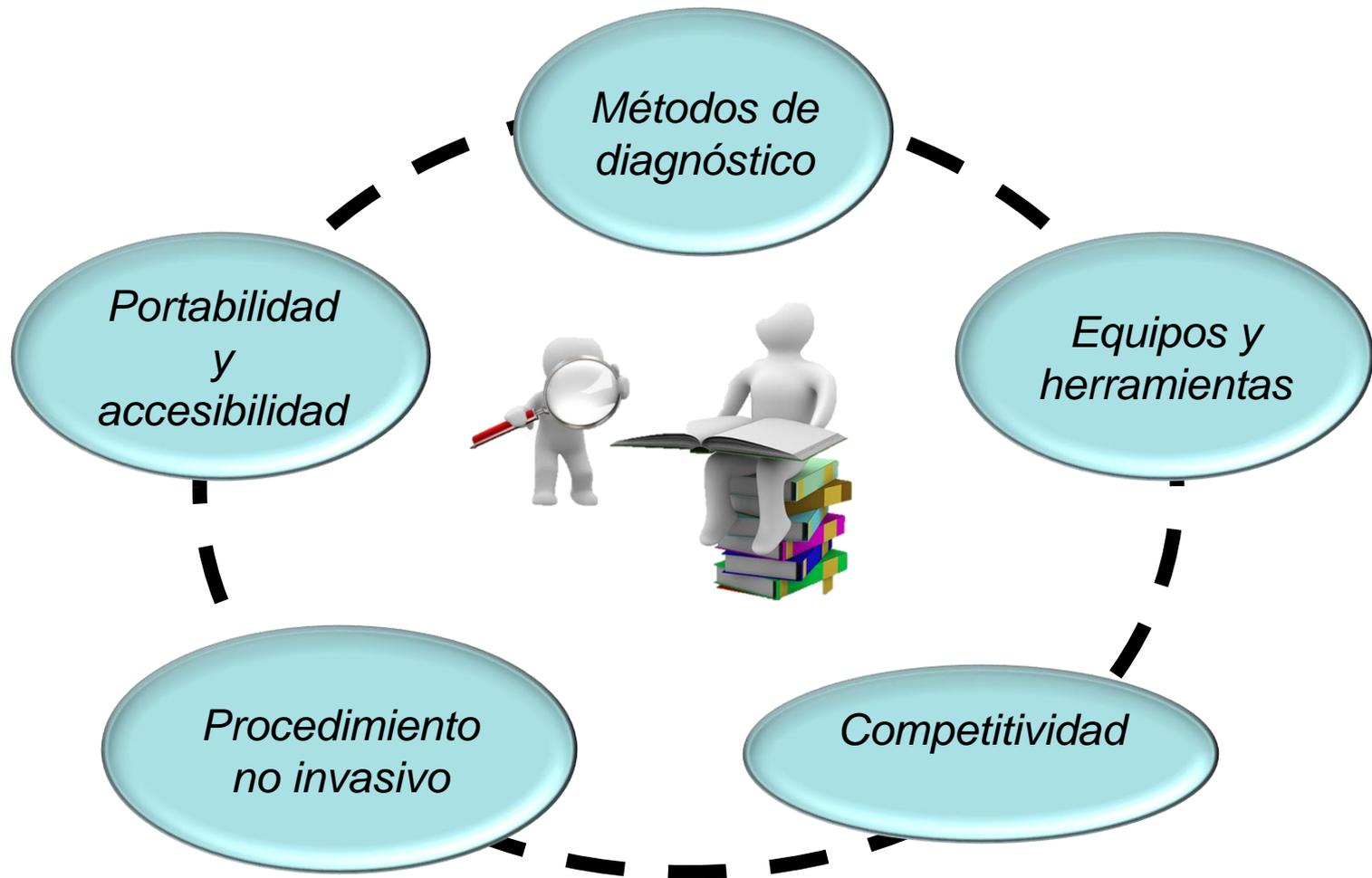
Planteamiento del problema



Descripción resumida del proyecto



Justificación e importancia





OBJETIVO GENERAL



Diseñar y construir un sistema de diagnóstico por transductor de presión - vibración electrónico first look para determinar el estado de motores de combustión gasolina – diesel.

Objetivos del proyecto

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1

- Obtener información sobre sensores piezoeléctricos, herramientas de diagnóstico automotriz, analizador de motores, gráficas de onda de señal, sistema de escape, sistema de ingreso de aire y oscilaciones generadas por las vibraciones del motor, de varias fuentes confiables

2

- Elaborar un levantamiento de requerimientos para cada uno de los componentes considerando las capacidades de compresión en motores diesel y gasolina y temperaturas de funcionamiento

3

- Acoplar los componentes seleccionados para obtener las señales generadas por los motores de combustión interna para su posterior análisis

4

- Realizar pruebas experimentales de factibilidad en el uso del equipo para el diagnóstico de motores de combustión interna gasolina y diesel.

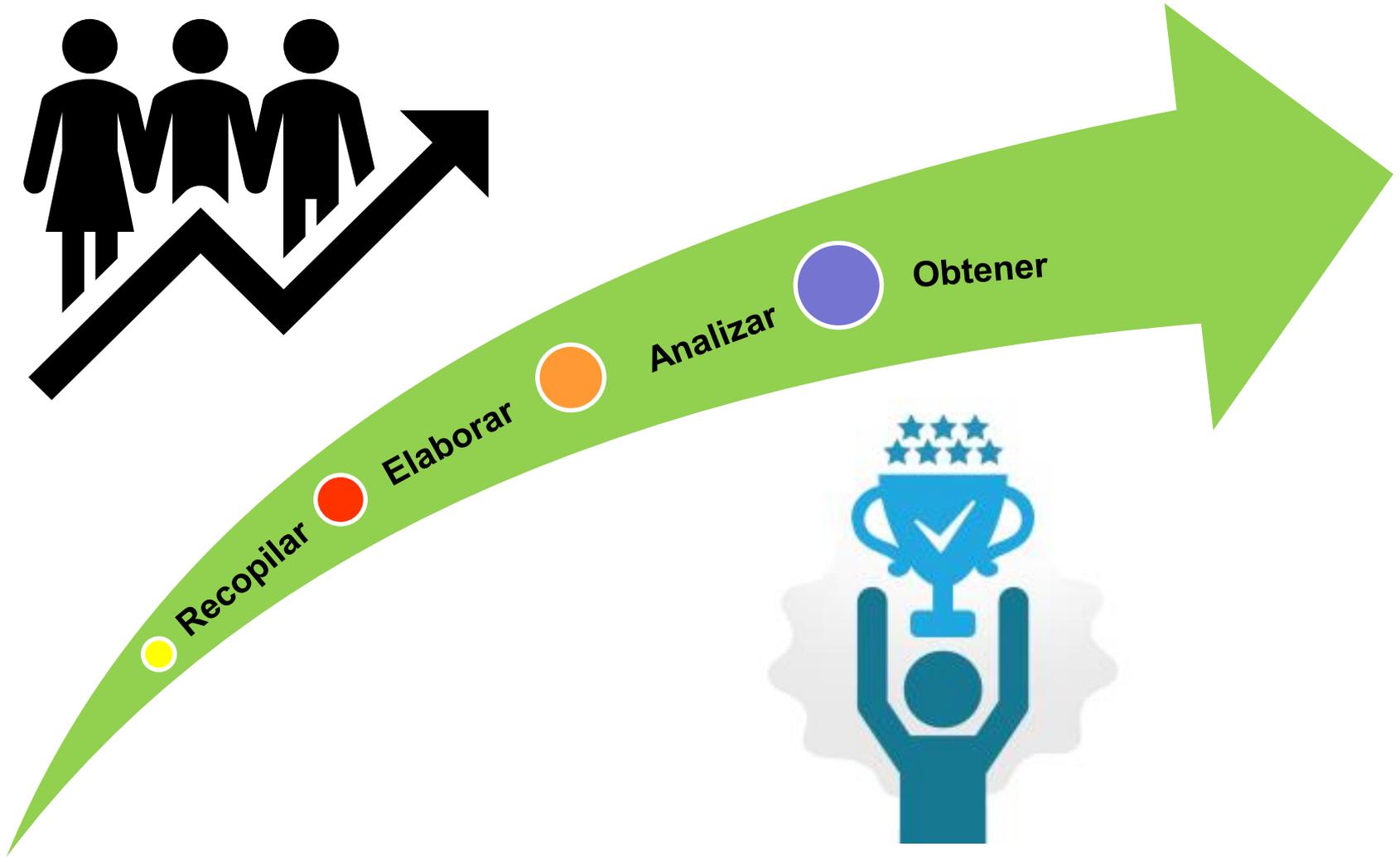
5

- Determinar la factibilidad de la utilización de la herramienta de diagnóstico en base a los resultados obtenidos en las pruebas de campo.

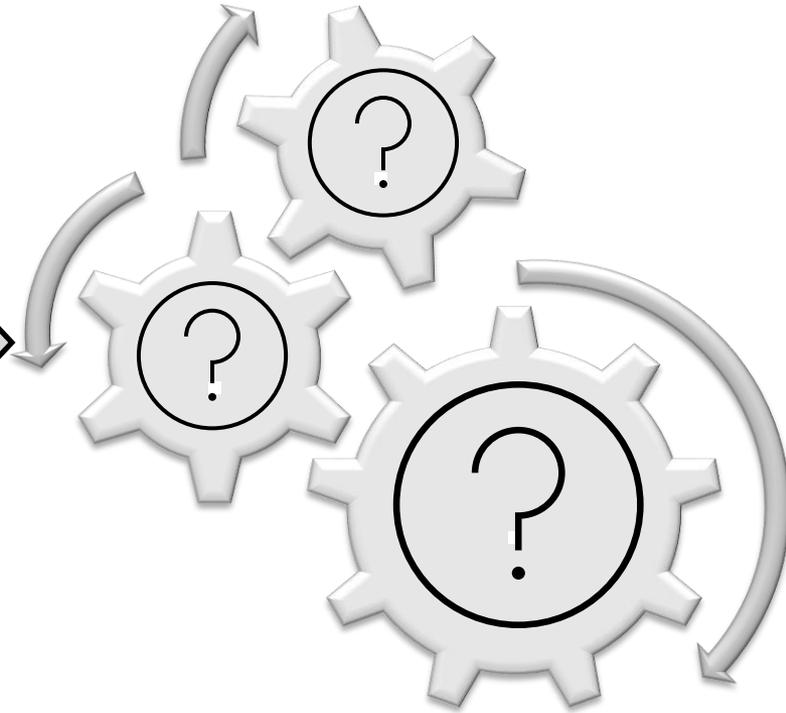
6

- Diseñar un acabado de producto terminado de equipo de diagnóstico mediante el uso de herramientas computacionales e impresión 3D.





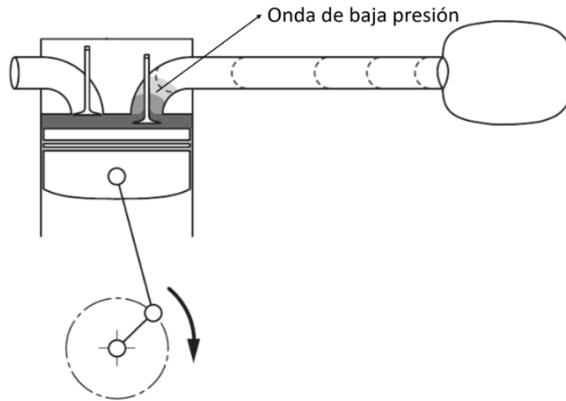
- ¿Al implementar el equipo de diagnóstico por transductor de presión - vibración first look permitirá realizar ensayos precisos para diagnóstico en motores?



MARCO TEÓRICO



Vibraciones y presiones del motor



Contrapresión en el sistema de escape

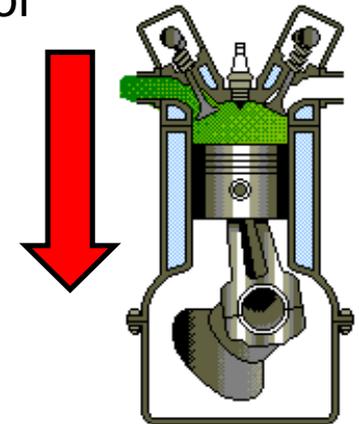
Genera resistencia al flujo de escape, depende de las presiones de cada ciclo del motor y las atmosféricas del exterior

Resonancias en el colector de admisión

La funcionalidad de la válvula de admisión genera pulsos de presión negativa

Presiones del cárter

Una variación de 1 psi en el cárter es indicador de averías mecánicas en el motor



Fallas comunes en el motor



Falla de encendido (misfire)



Golpeteo de pistón



Soplado de empaque de culata



Válvulas quemadas



Sistema de escape obstruido



Sensor de pulsos first look

Herramienta de diagnóstico para motores de combustión

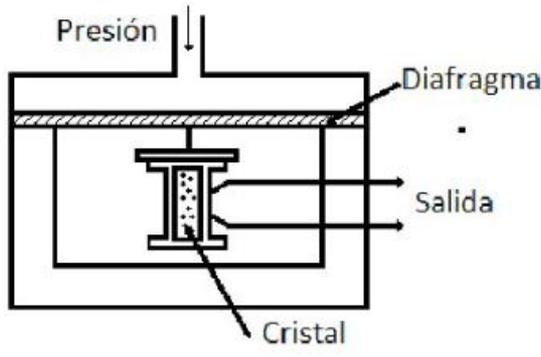
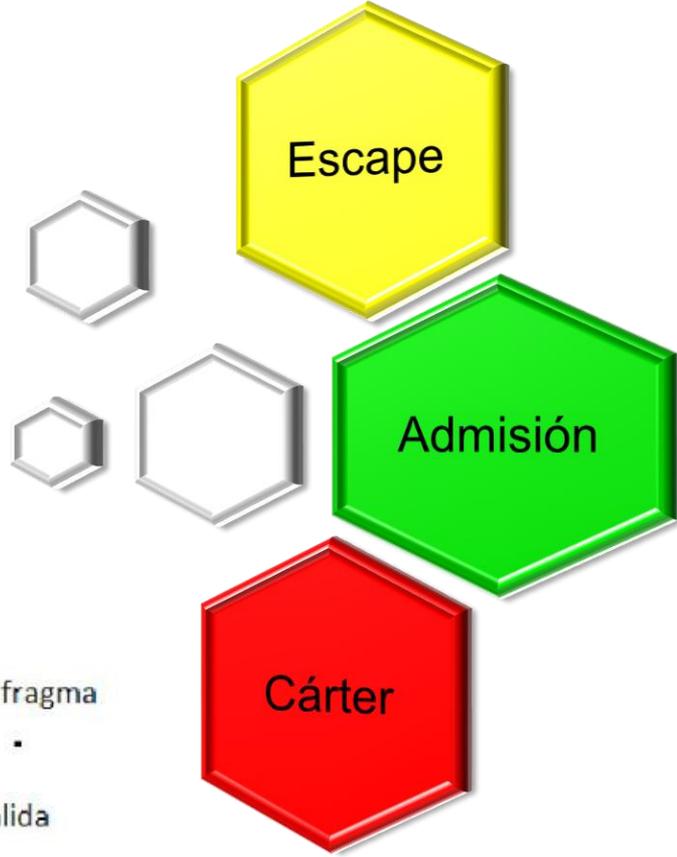
Trabaja con cambios de presiones

Sensor Piezoeléctrico

Fallas de encendido

Verificación de compresión

Fugas en válvulas



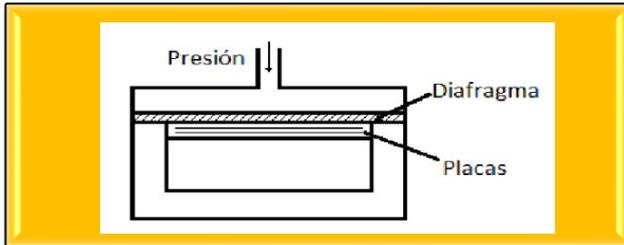
Sensor de pulsos first look

<u>Condición de Diagnóstico</u>	Ubicación del sensor		
	<i>Escape</i>	<i>Cárter</i>	<i>Colector de admisión</i>
Ralentí	<u>Para revisar:</u> - Posibles fallas de encendido - Posible golpeteo de pistón	<u>Para confirmar:</u> - Golpeteo de pistón	<u>Para revisar:</u> - Funcionamiento de las válvulas de admisión - Empaques de cabezote

$$Presión [PSI] = voltaje_{grafica} * 13.597$$

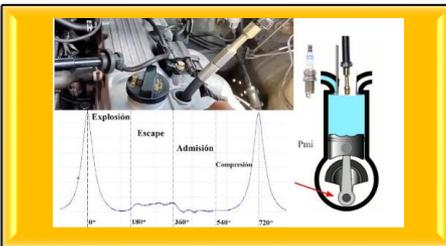
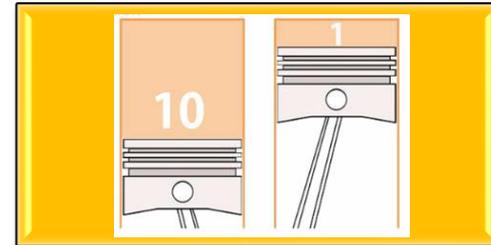


Transductor de presión



Herramienta de diagnóstico con sensor de presión capacitivo

Análisis a través de la presión de los cilindros



Convierte una variación de presión en una señal eléctrica

- Válvulas quemadas
- Segmentos rotos
- Golpeteo de pistón



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DISEÑO Y MODELACIÓN



Especificación de componentes

Requerimientos para la construcción de sensor first look (prototipo)

Descripción	Cantidad	Característica
Sensor piezoeléctrico 4334	1	4.5 V. salida máx.
Manguera R6 1/4"	20 cm	260 PSI
Acople B2 de 1/8" x 1/4"	1	Bronce
Conector BNC hembra	1	40x14 mm
Tapón HH polimex	1	6 cm
Tapón HH PCVP	1	Tipo Lasco
Acoples hembra y macho 1/2"	1	PVC
Cable BNC	50 cm	-



Especificación de componentes

Requerimientos para la construcción de transductor de presión (prototipo)

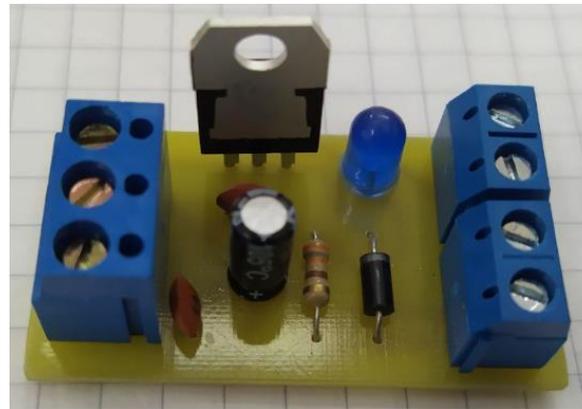
Descripción	Cantidad	Característica
Sensor Walfront P265	1	500 psi
Regulador de voltaje Drok 2203 ADJ	1	8-22 V / 1-15 V (entrada/salida)
Manguera R1 de 1/4"	50 cm	1200 psi
Reductor B3	1	M14x1.25x1/4"
Reductores hembra y macho	1	M14x1.25



Especificación de componentes

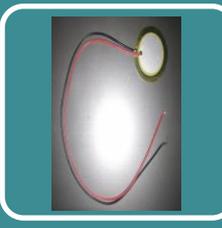
Elementos para el regulador de voltaje

Componente	Cantidad	Característica
LM 7805	1	Corriente máx. 0.6 Amp.
Diodo Led	1	Color azul
Resistencia	1	330 ohmios
Capacitor electrolítico	1	22 uF
Capacitor cerámico	2	0.1 uF
Diodo	1	1 Amp
Bornera	1	3 pines
Bornera	2	2 pines



Especificación de componentes

Prototipos de diagnóstico



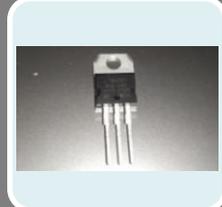
Sensor Piezoeléctrico 4334
- Diámetro de 20 mm
- 4.5 V



Transductor de presión walfront P265
- 0 - 500 psi
- 0.5 - 4.5 V



Regulador de voltaje variable Drok 2203 ADJ
• Voltaje de entrada 8 – 22 V
• Voltaje de salida 1 – 15 V

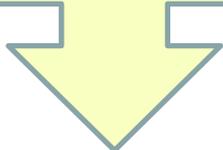


Regulador 7805
- 1 Amperio

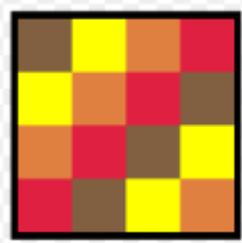
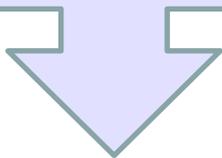


Selección de programas de apoyo

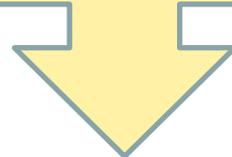
Interfaz destinada para trabajar con el osciloscopio Hantek 1008c



Software de uso libre de Microsoft Office, ideal para análisis de gráficas automotrices



Software de modelación, ideal para generar modelos destinados a la impresión 3D



Interfaz de osciloscopio Hantek 1008c

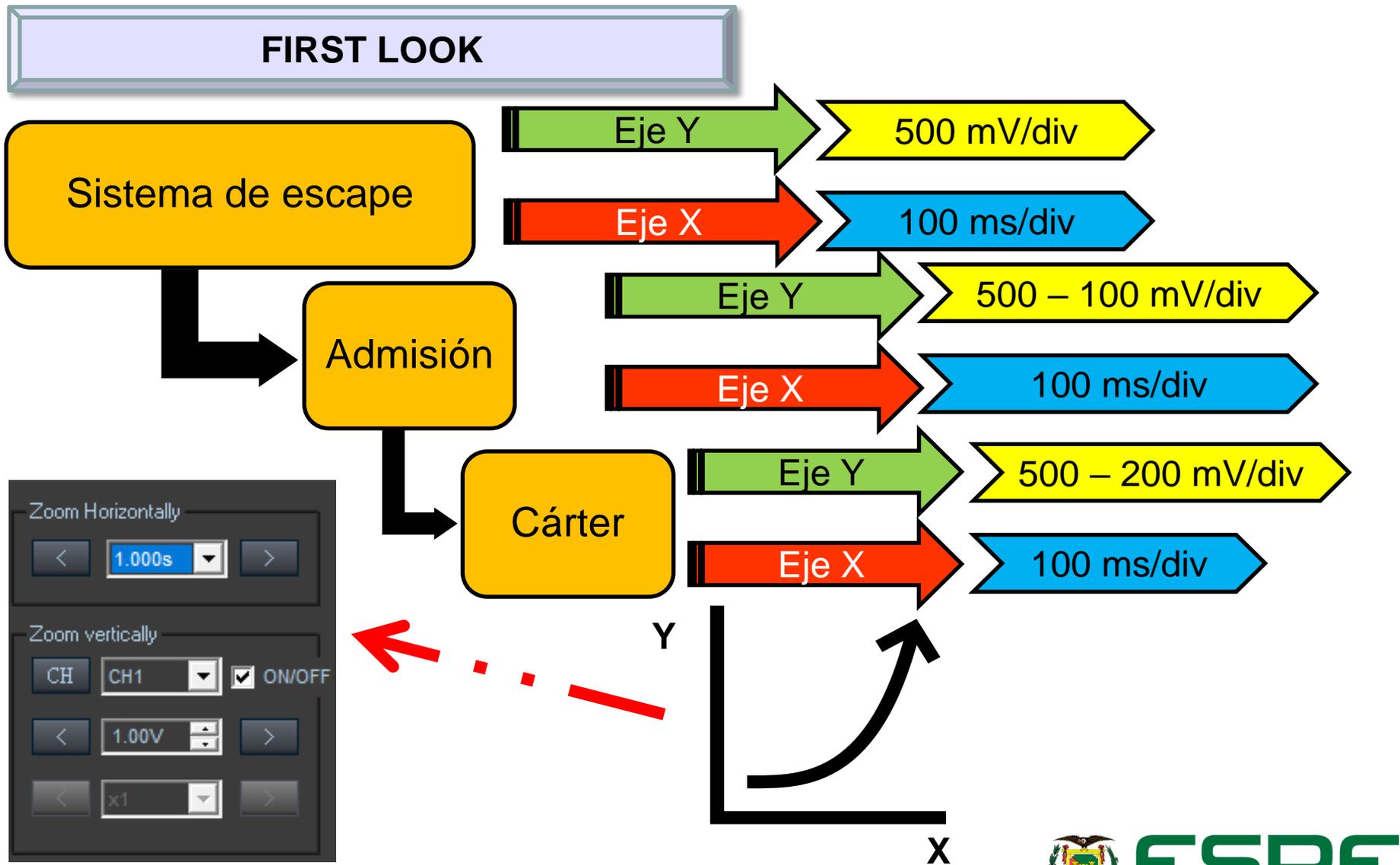
Pressure Waveform Overlays

Solid Works



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Valores de calibración en osciloscopio



Valores de calibración en osciloscopio

Transductor de presión

Motores Gasolina

Eje Y

100-200 mV/div

Eje X

50 - 100 ms/div

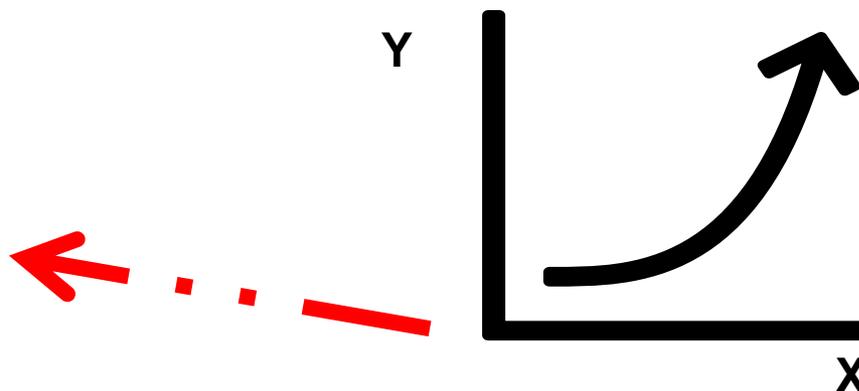
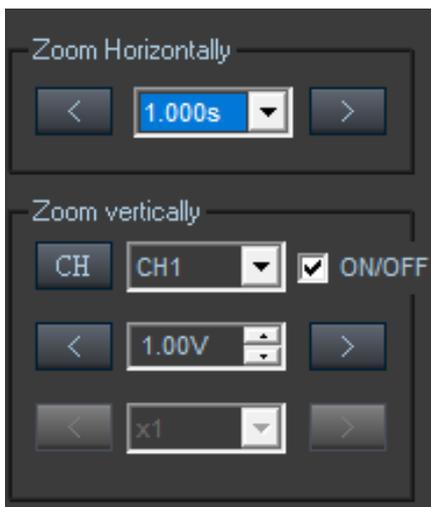
Motores Diesel

Eje Y

200 - 500 mV/div

Eje X

50 - 100 ms/div



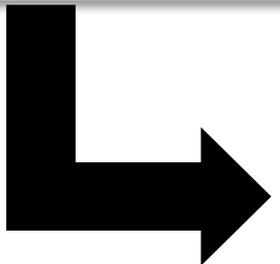
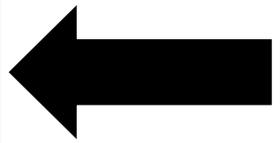
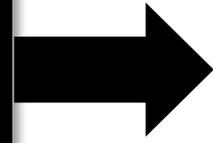
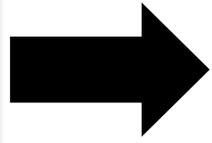
Vehículos seleccionados

Vehículos seleccionados para los ensayos experimentales

Marca	Modelo	Año	Cilindraje	N° de cilindros	Orden de encendido	Sistema de encendido / inyección
Chevrolet	Spark	2012	1.2	4	1-3-4-2	Chispa perdida
Chevrolet	Spark GT	2018	1.2	4	1-3-4-2	Chispa perdida
Chevrolet	Sail	2015	1.4	4	1-3-4-2	COP
Chevrolet	Captiva LTZ	2019	1.5	4	1-3-4-2	COP
Chevrolet	Aveo Activo	2015	1.6	4	1-3-4-2	Chispa perdida
Haval	M4	2018	1.5	4	1-3-4-2	COP
Hyundai	Tucson	2015	2.0	4	1-3-4-2	COP
Hyundai	Terracan	2005	2.5	4	1-3-4-2	Inyección Diesel
Kia	Río Stylus	2007	1.6	4	1-3-4-2	Chispa perdida
Nissan	Versa	2018	1.6	4	1-3-4-2	COP
Hino	Dutro 616	2020	4.0	4	1-3-4-2	Common Rail

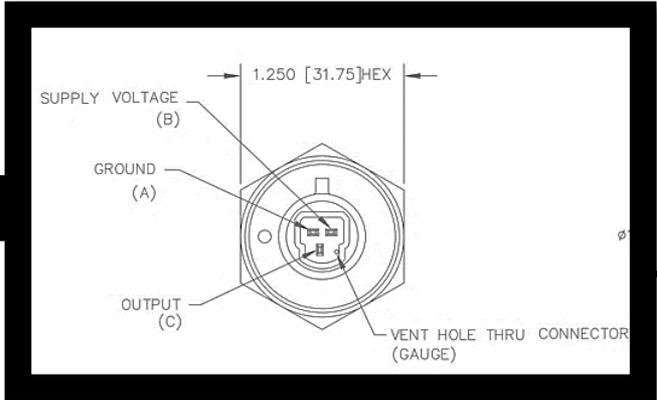


Construcción de prototipo first look



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Construcción de prototipo transductor



Elaboración de calculadora en Excel

Haciendo uso de Macros en Microsoft Excel

Conversión para First Look

$$\text{Presión [bares]} = \text{voltaje}_{\text{grafica}} * 0.9375$$

$$1 \text{ bar} = 14.5038 \text{ psi}$$

$$\text{Presión [PSI]} = \text{voltaje}_{\text{grafica}} * 0.9375 * 14.5038$$

$$\text{Presión [PSI]} = \text{voltaje}_{\text{grafica}} * 13.597$$

Interpolación para transductor

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} * (x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{500 - 0}{4.5 - 0.4} * (x - 0.4) + 0$$

$$y = 121.95 (x) - 121.95(0.4)$$

$$y = 121.95 x - 48.78$$

$$\text{Presión (psi)} = 121.95 (\text{Voltaje}_{\text{gráfica}}) - 48.78$$

```
Private Sub borrar_Click()  
    presionF = ""  
    presionT = ""  
    voltajeF = ""  
    voltajeT = ""  
End Sub
```

```
Private Sub calcularF_Click()  
    presionF = voltajeF * 13.597  
End Sub
```

```
Private Sub calcularT_Click()  
    presionT = (voltajeT * 121.95) - 48.78  
End Sub
```



Elaboración de calculadora en Excel

CALCULADORA

Calculadora de apoyo para herramienta de diagnóstico first look y transductor de presión.

Según su herramienta de diagnóstico utilizada, ingrese el valor de voltaje extraído de la gráfica de señal.

FIRST LOOK	TRANSDUCTOR DE PRESIÓN
Valor de Voltaje [Voltios] <input type="text"/>	Valor de Voltaje [Voltios] <input type="text"/>
Valor de Presión [PSI] <input type="text"/>	Valor de Presión [PSI] <input type="text"/>
CALCULAR	CALCULAR

BORRAR



Diseño de regulador de voltaje

Potencia de disipación de calor

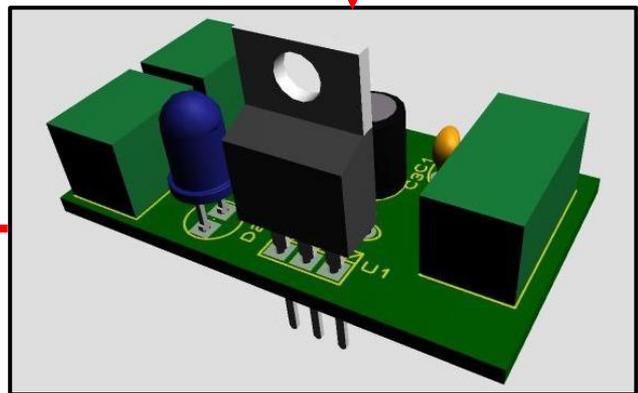
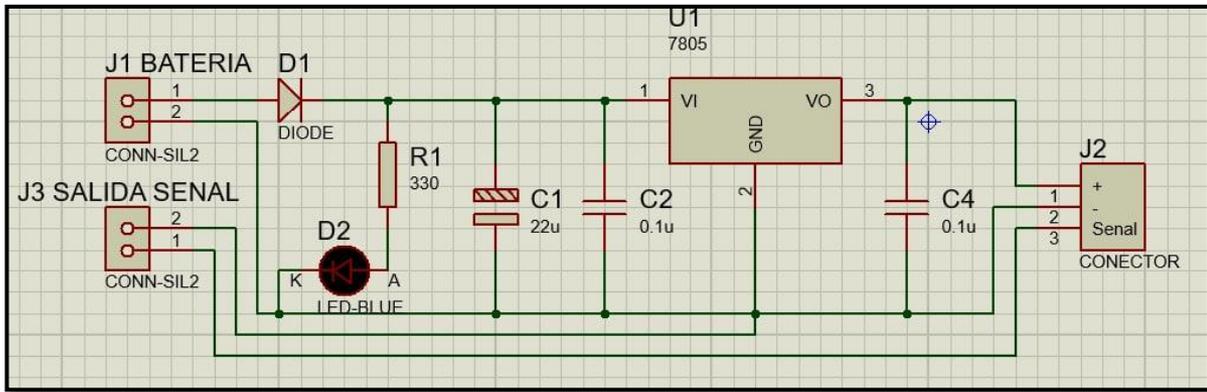
$$I_{m\acute{a}x} \leq \frac{Potencia_{m\acute{a}x}}{V_{in} - V_{out}} * 0.70$$

$$I_{m\acute{a}x} \leq \frac{3W}{9V - 5V} * 0.70$$

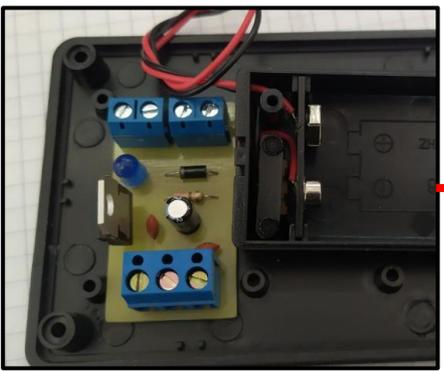
$$I_{m\acute{a}x} \leq (0.75) * 0.70$$

$I_{m\acute{a}x} \leq 0.525$ Amperios.

$0.525 < 0.6$ Amperios.



Diseño de regulador de voltaje



Diseño de producto final

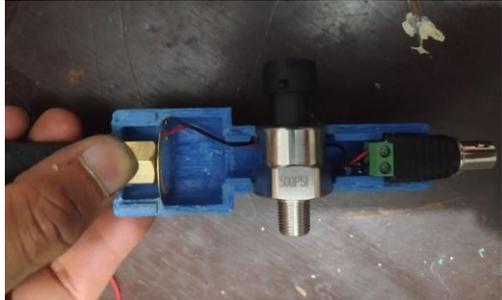
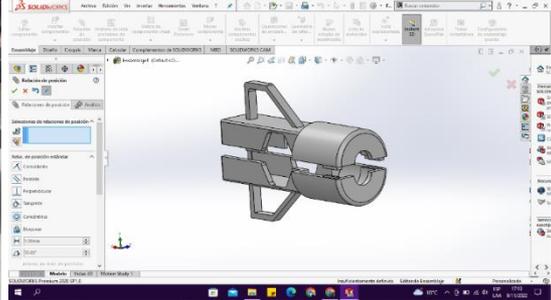
Medición

Impresión 3D



Diseño en solidworks

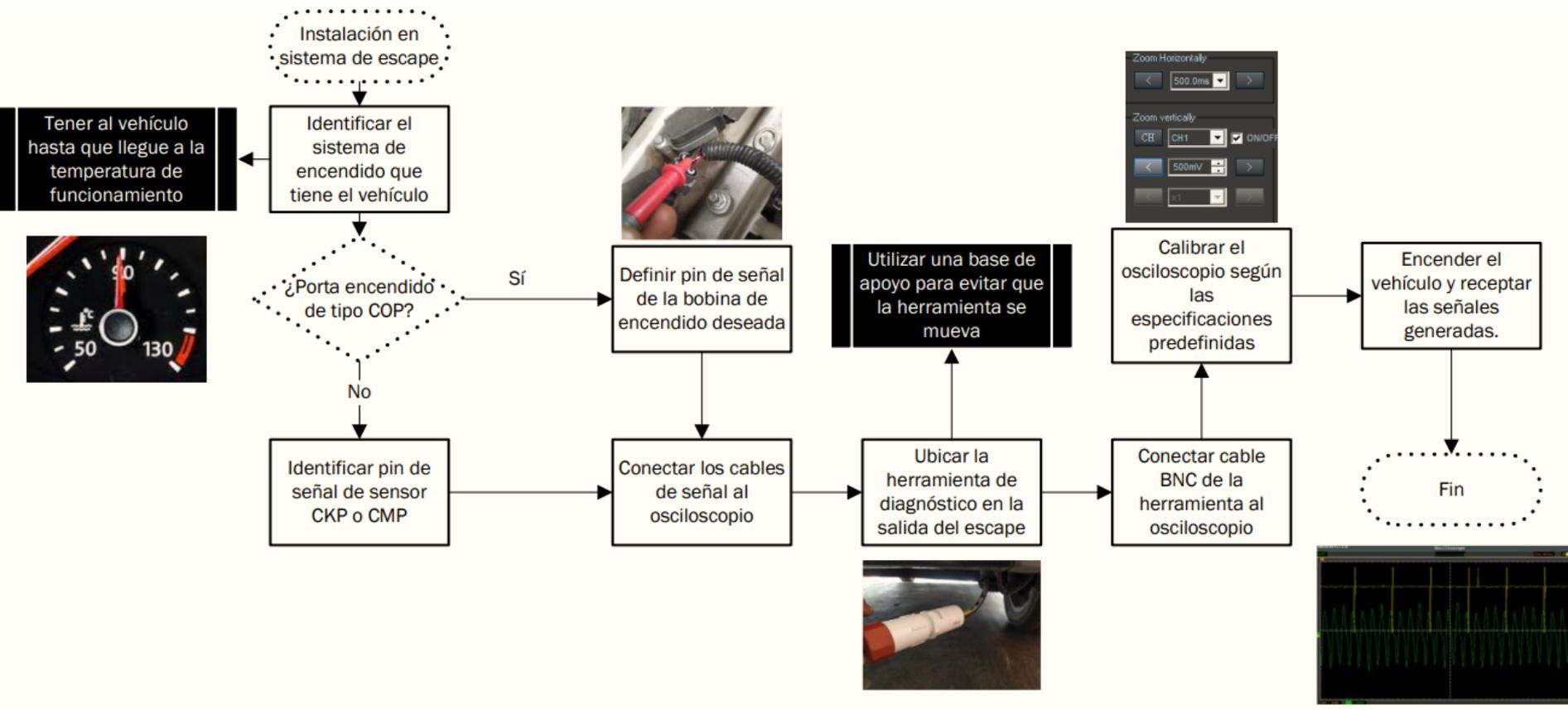
Acople de elementos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

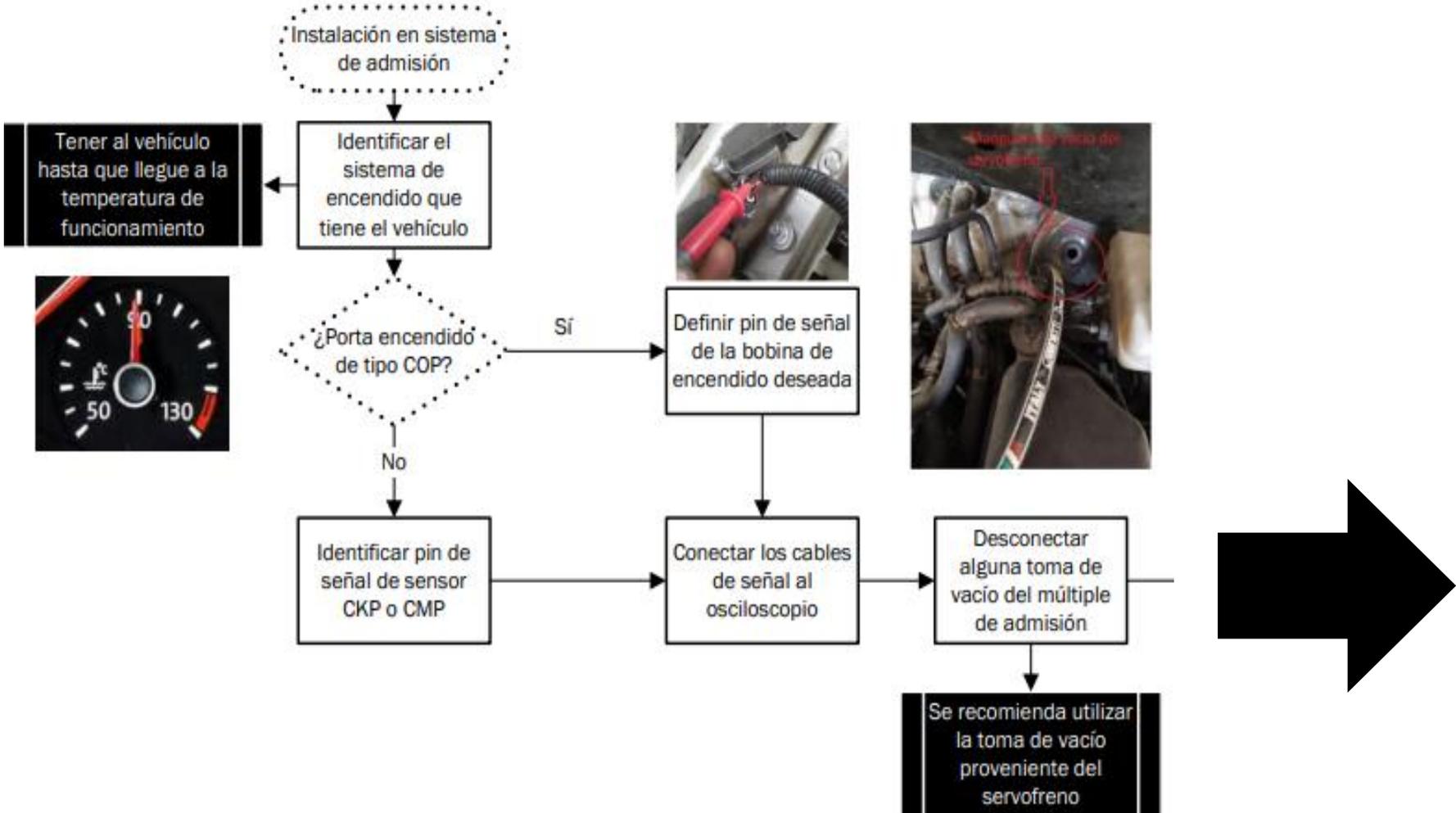
Conexión de first look

Sistema de escape

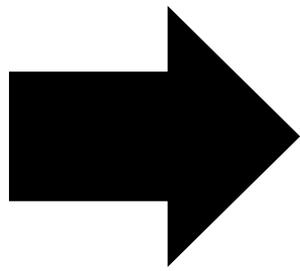


Conexión de first look

Sistema de admisión

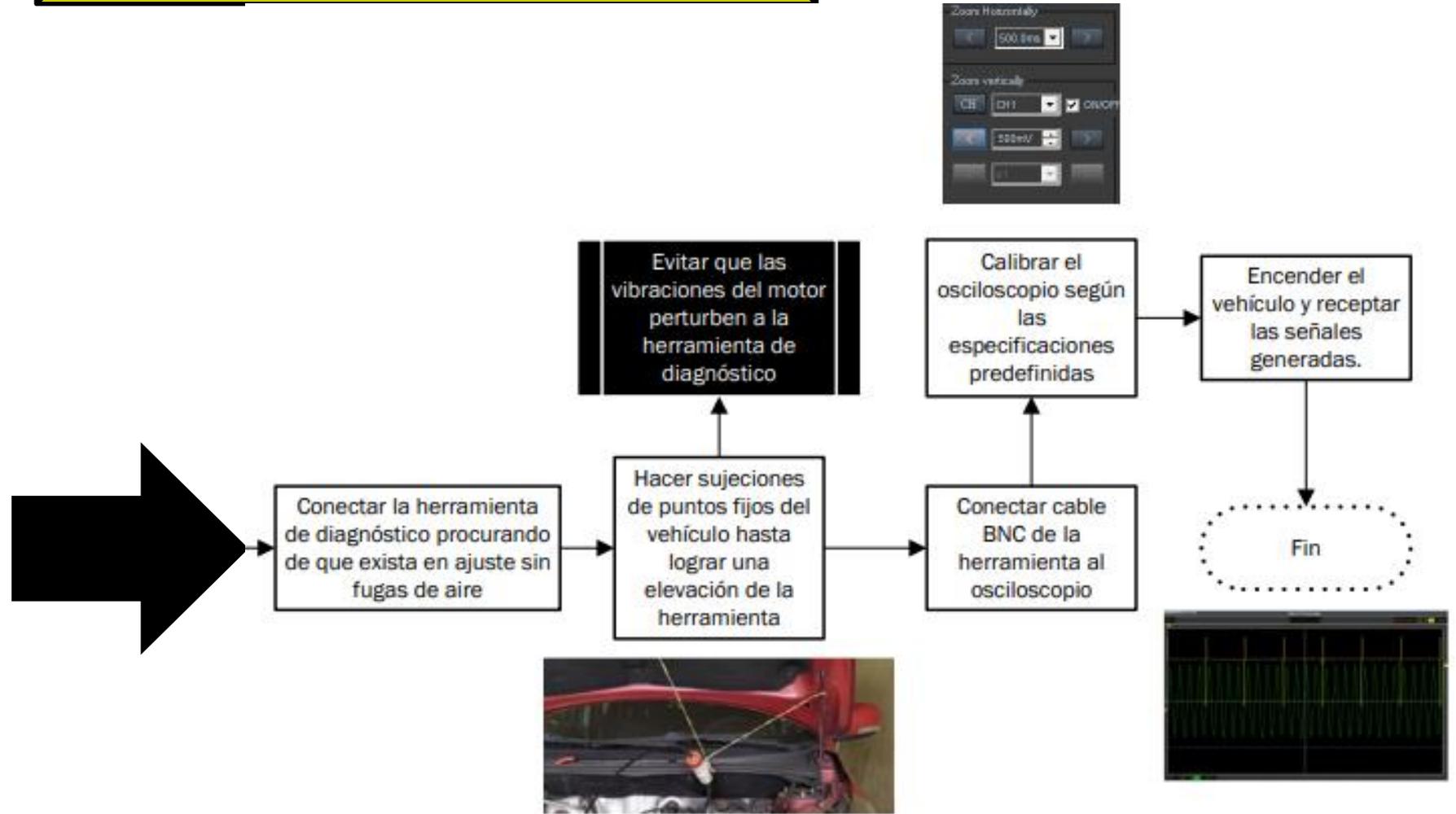


Tener al vehículo hasta que llegue a la temperatura de funcionamiento



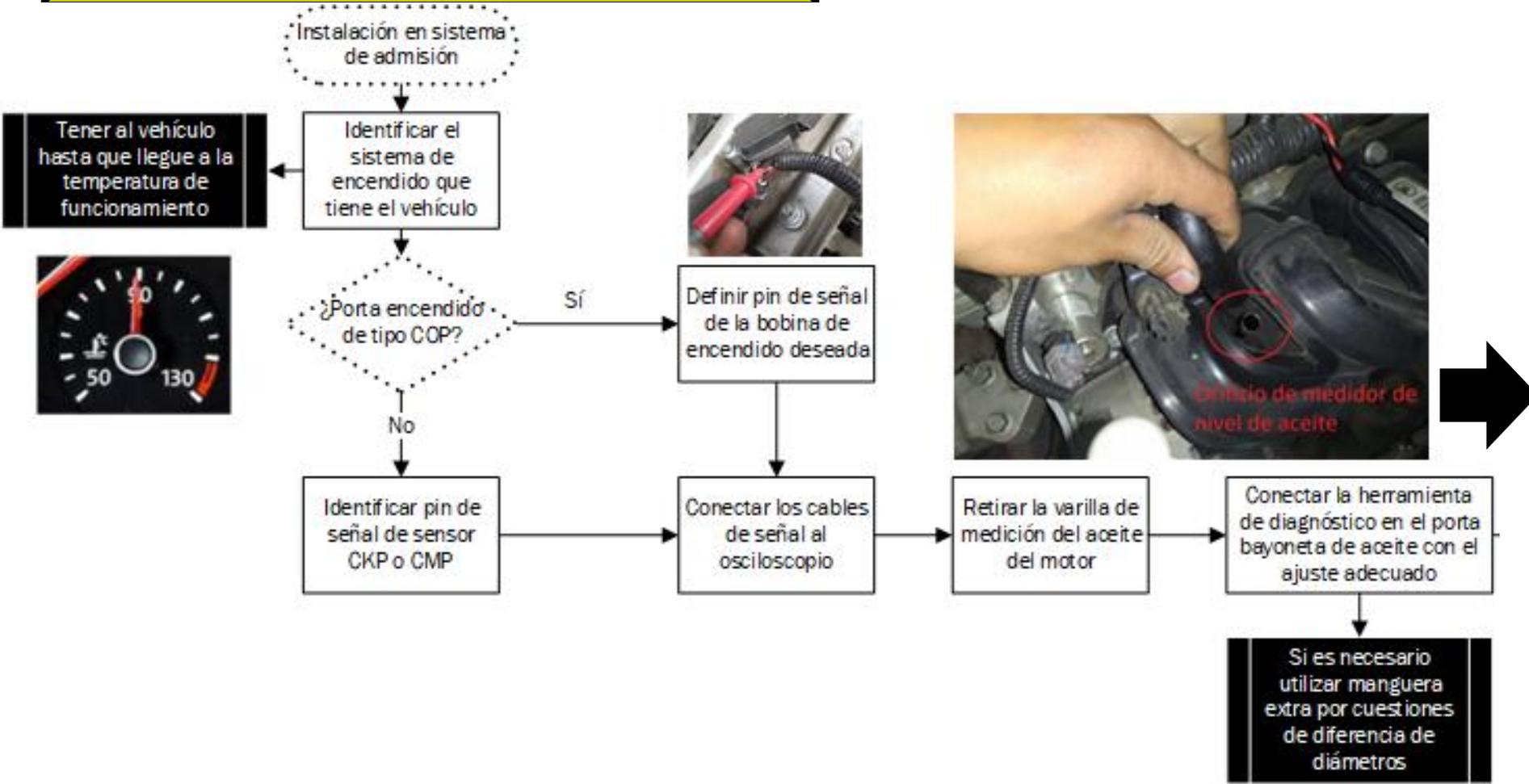
Conexión de first look

Sistema de admisión



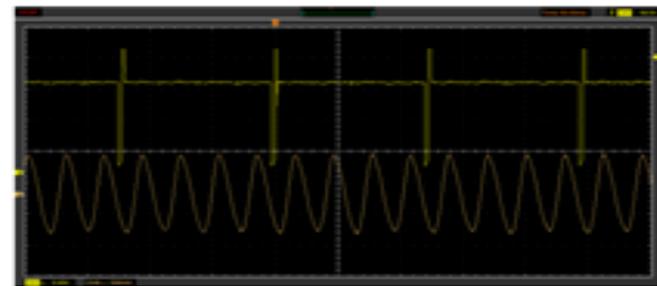
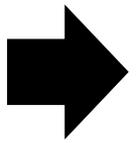
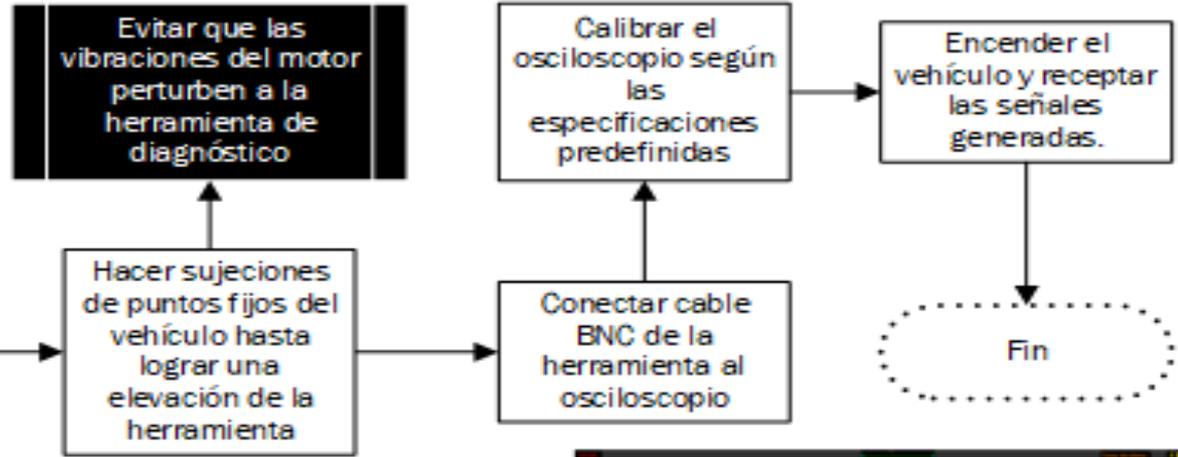
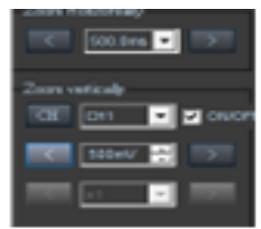
Conexión de first look

Cárter



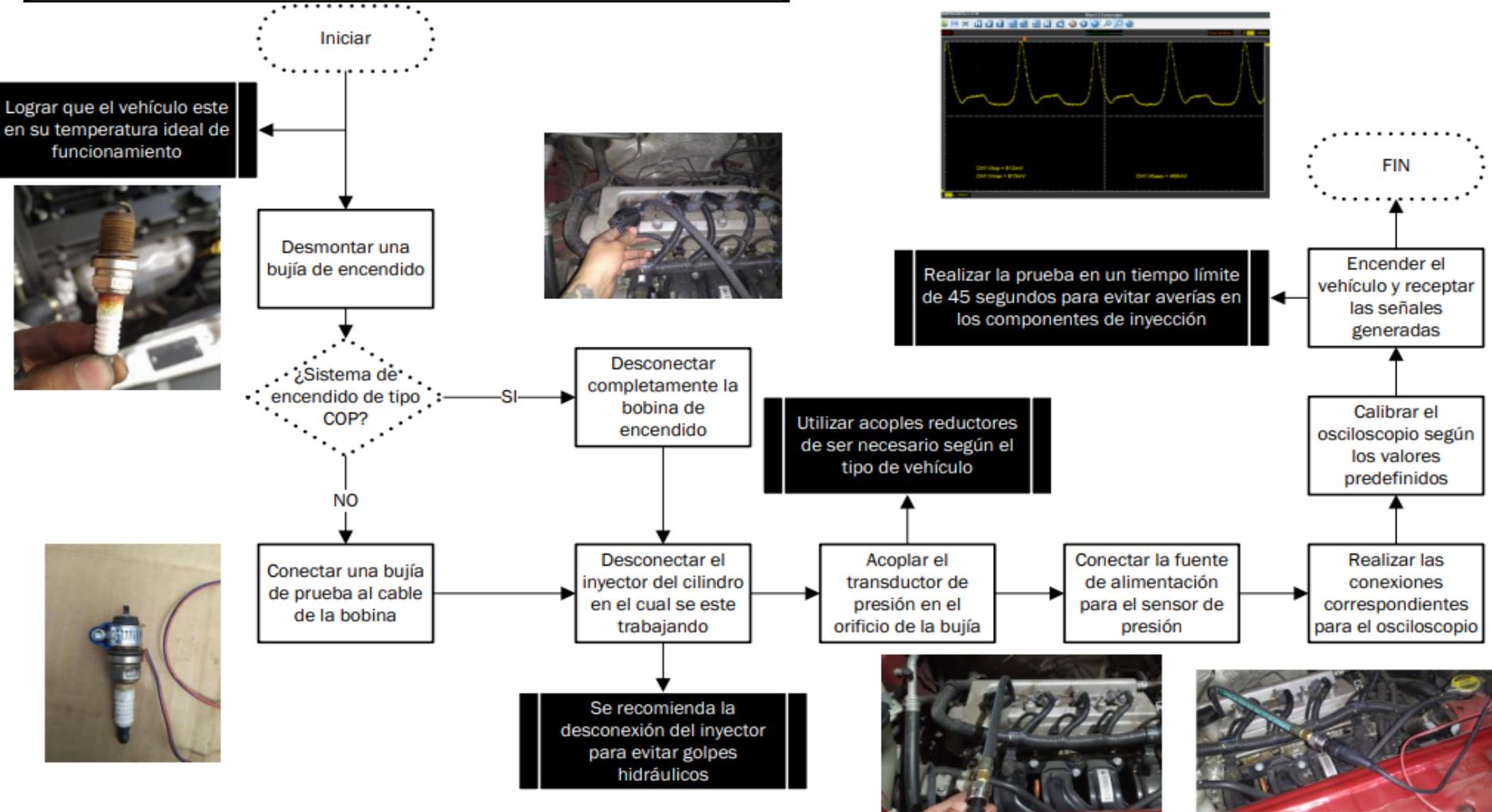
Conexión de first look

Cárter



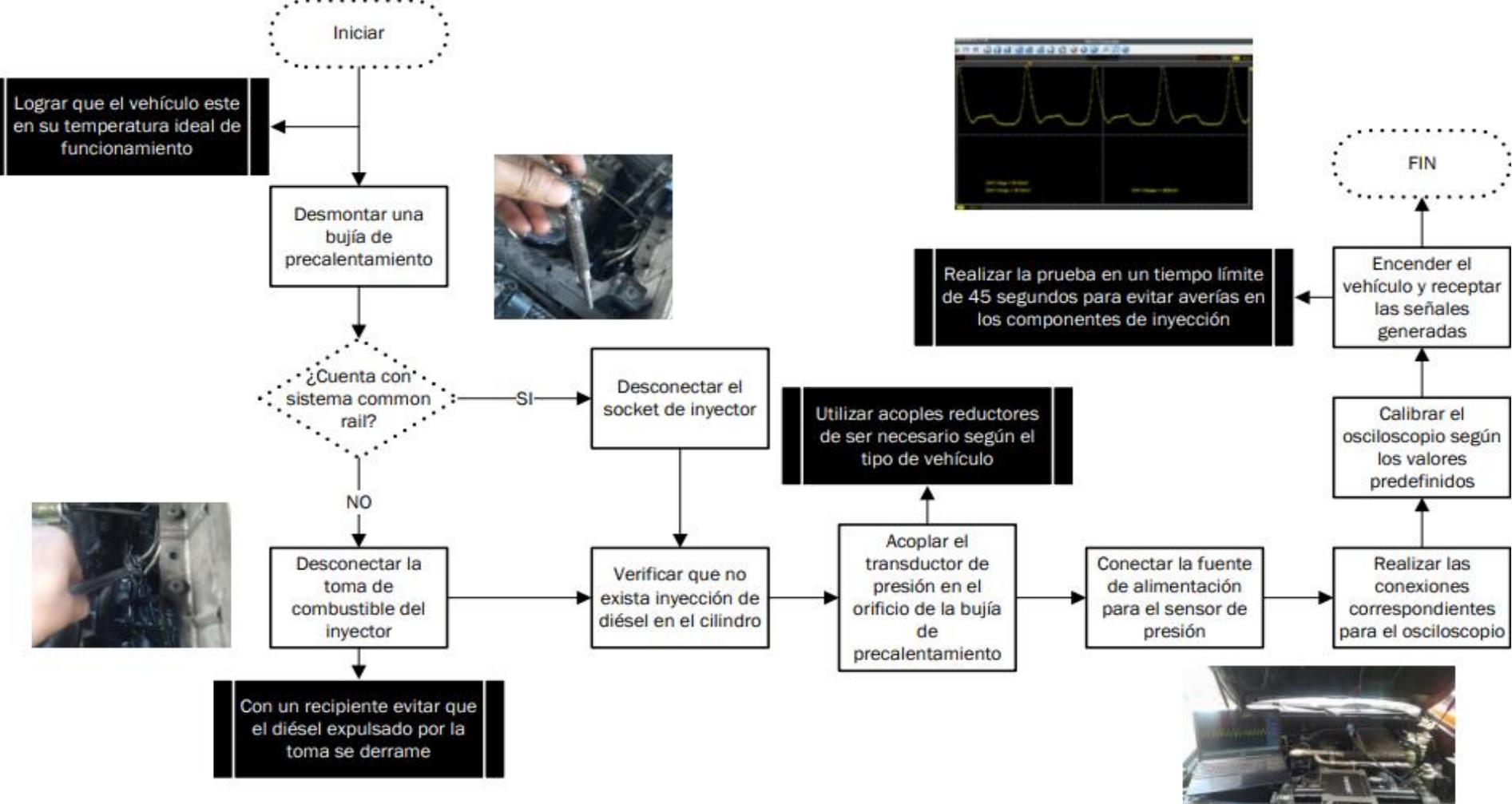
Conexión de transductor de presión

En motores gasolina

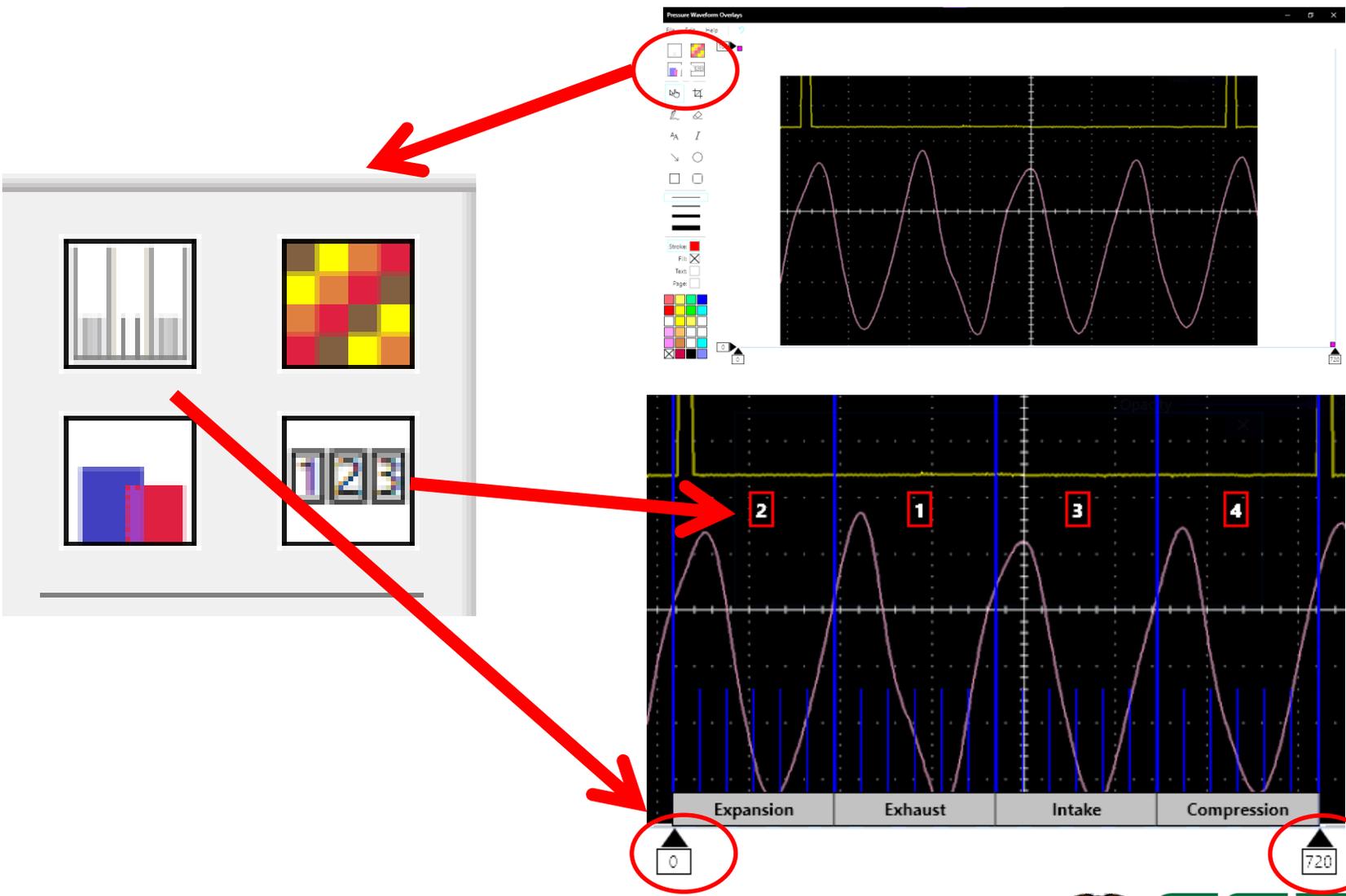


Conexión de transductor de presión

En motores Diésel



Uso de software Pressure Waveform Overlays

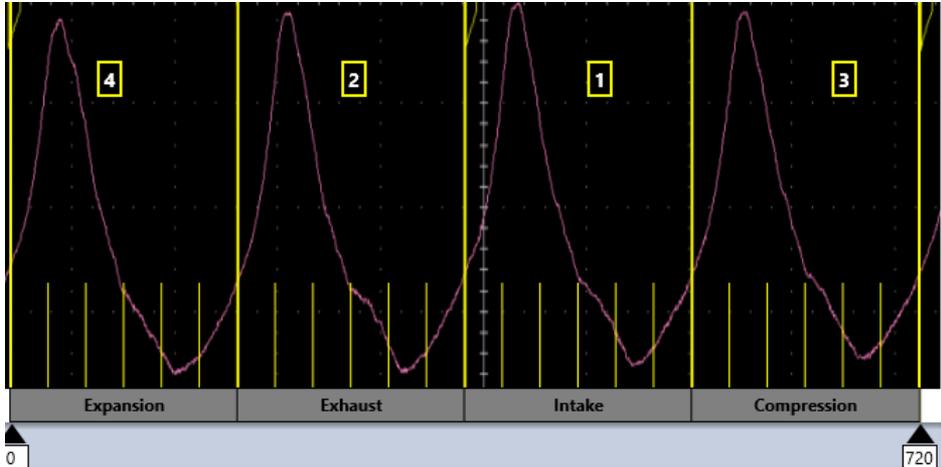
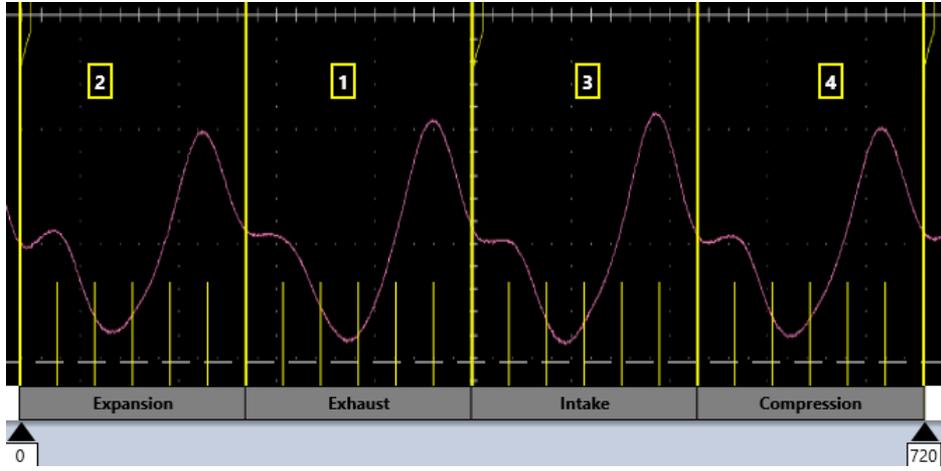
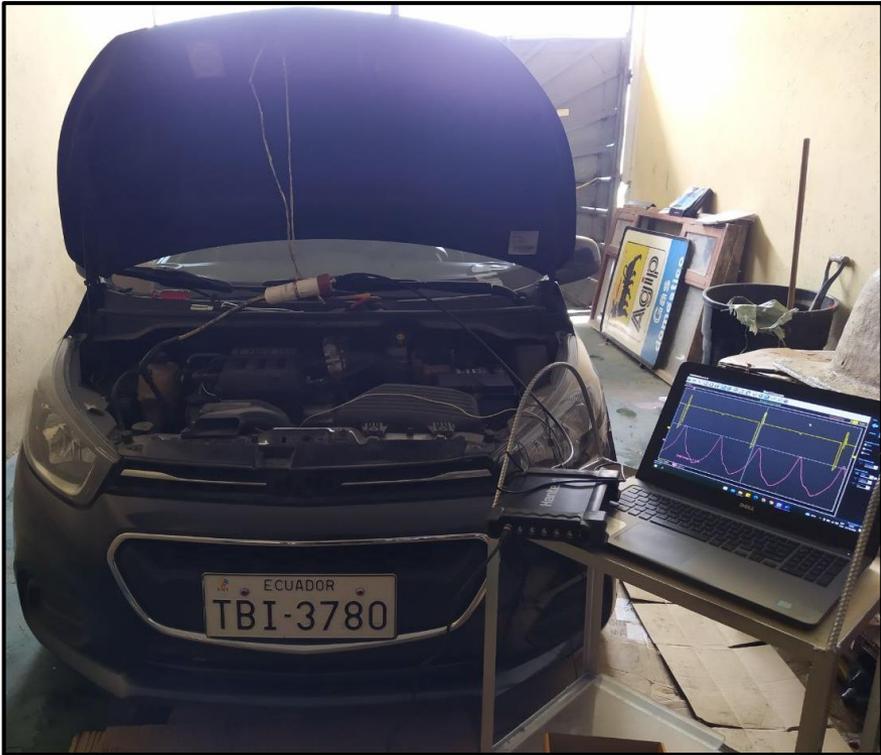


PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



Pruebas de ensayo

Chevrolet Spark GT 1.2 L

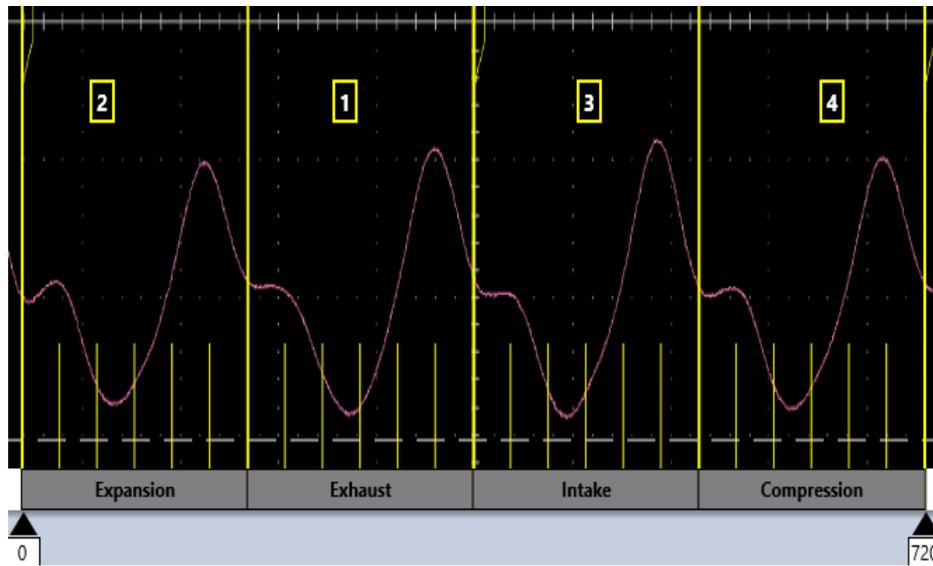


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis

Chevrolet Spark GT 1.2 L

Haval M4 1.5 L



Falla de encendido

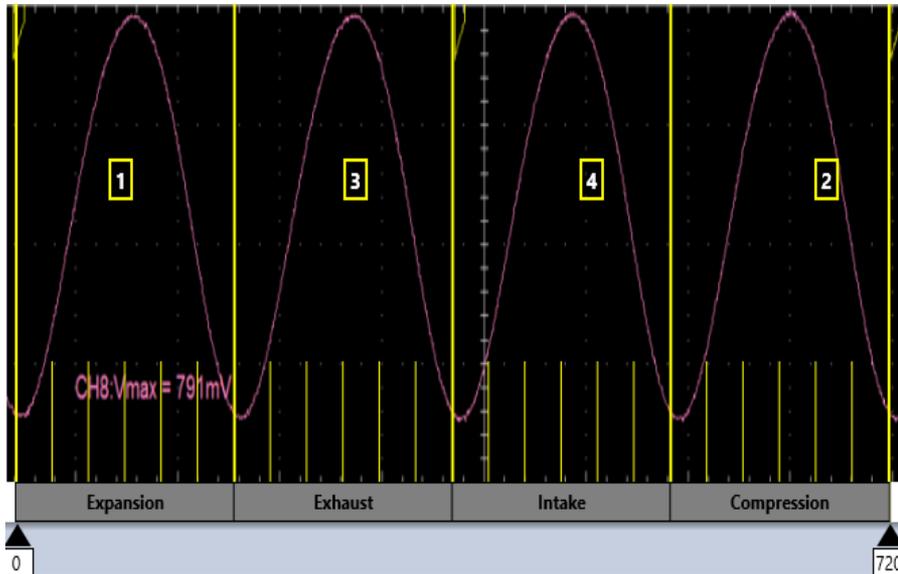


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

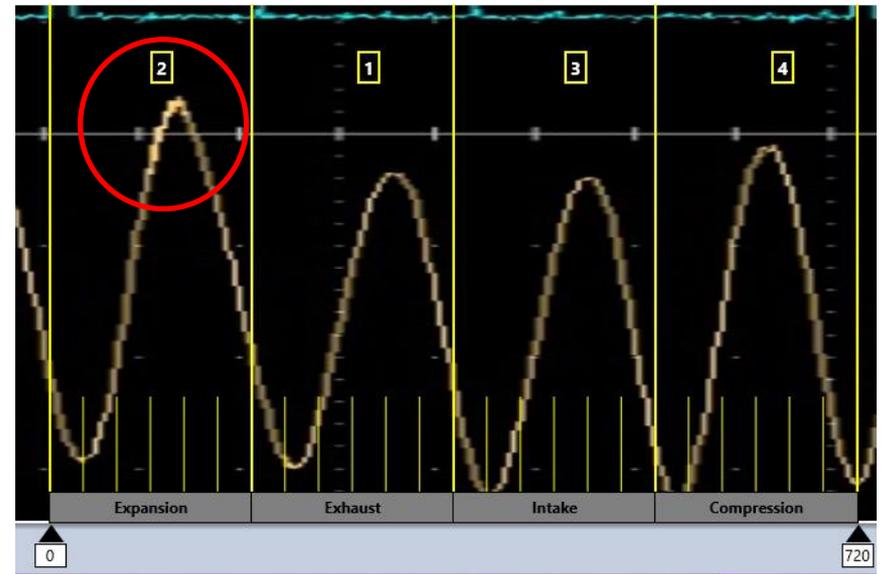


Análisis

Chevrolet Spark GT 1.2 L



Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L



**Falla en presiones de
cárter**



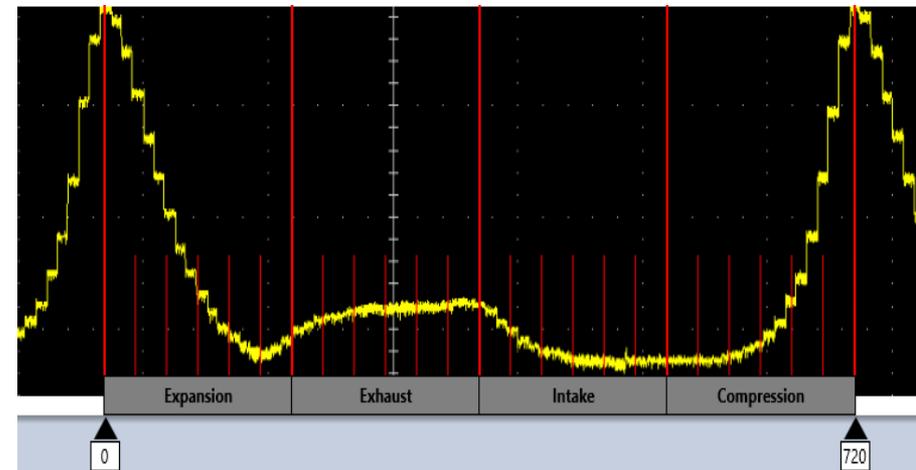
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Análisis

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión

Grados	Voltios	PSI
0°	0.790	47.561
90°	0.520	14.634
150°	0.470	8.537
180°	0.490	10.976
270°	0.515	14.024
360°	0.525	15.244
450°	0.475	9.146
540°	0.470	8.537
600°	0.475	9.146
720°	0.790	47.561



Análisis

Rangos de valores para la herramienta de diagnóstico first look en gasolina

DIFERENCIA DE VALORES

	Sistema de escape		Sistema de admisión		Cárter	
	Voltaje	Presión	Voltaje	Presión	Voltaje	Presión
Motor correcto	≤ 0.05 V	≤ 0.58 psi	≤ 0.08 V	≤ 1.09 psi	≤ 0.01 V	≤ 0.14 psi

Rangos de valores para la herramienta de diagnóstico first look en Diesel

DIFERENCIA DE VALORES

	Sistema de escape		Sistema de admisión		Cárter	
	Voltaje	Presión	Voltaje	Presión	Voltaje	Presión
Motor correcto	≤ 0.10 V	≤ 1.36 psi	N/A	N/A	≤ 0.005 V	≤ 0.068 psi



Análisis

Rangos de valores para la herramienta de diagnóstico transductor de presión gasolina

Presión [PSI]										
	0°	90°	150°	180°	270°	360°	450°	540°	600°	720°
Valor Máximo	60	14.7	8.5	11.6	14.7	15.9	9.5	8.5	9.8	60
Valor Mínimo	40	13.5	6.5	8.4	12.1	12.5	7.3	6.5	8.5	40

Rangos de valores para la herramienta de diagnóstico transductor de presión diésel

Presión [PSI]										
	0°	90°	150°	180°	270°	360°	450°	540°	600°	720°
Valor Máximo	145	70	35	40	65	63	33	33	43	145
Valor Mínimo	100	65	28	34	58	58	28	28	35	100



Análisis

Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L

Diagnóstico según el sistema

Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Misfire en los cilindros 1 y 3 debido a la chispa ineficiente	Válvula de admisión de los cilindros 1 y 2 quemadas	Pistón picado del cilindro 3



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Conclusiones

- Se diseñó y construyó un sistema de diagnóstico por transductor de presión-vibración electrónico first look para determinar el estado de motores de combustión gasolina-diesel.
- Se obtuvo información sobre sensores piezoeléctricos, herramientas de diagnóstico automotriz, analizador de motores, gráficas de onda de señal, sistema de escape, sistema de ingreso de aire y oscilaciones generadas por las vibraciones del motor.
- Se realizó un levantamiento de requerimientos para cada uno de los componentes considerando las capacidades de compresión de los motores de combustión interna.
- Se acopló los componentes seleccionados para obtener las señales generadas por los motores para su posterior análisis
- Se realizó pruebas experimentales de factibilidad en el uso del equipo para el diagnóstico de motores gasolina y diesel



Conclusiones

- Se determinó la factibilidad del uso de la herramienta de diagnóstico en base a los resultados obtenidos en las pruebas de campo.
- Se diseñó un acabado de producto terminado del equipo de diagnóstico mediante el uso de herramientas computacionales.
- El diagnóstico de motores de combustión interna gasolina y diesel se lo realizó de manera exitosa gracias a la interpretación de las gráficas generadas por la herramienta de diagnóstico.
- Los procedimientos establecidos para el uso de la herramienta de diagnóstico detallan a precisión los parámetros necesarios para la calibración del osciloscopio, así como la instalación del equipo
- El conjunto de dos equipos diseñado ayuda a generar un diagnóstico preciso, en poco tiempo y sin la necesidad de un método invasivo al motor de combustión.



Conclusiones

- Para el sistema de escape en motores a gasolina se establece un rango de diferencia entre picos de $\leq 0.05 \text{ V} / \leq 0.58 \text{ psi}$, mientras que en motores diésel se especifica $\leq 0.10 \text{ V} / \leq 1.36 \text{ psi}$.
- En el sistema de admisión en motores a gasolina se establece el rango de diferencia entre picos de $\leq 0.08 \text{ V} / \leq 1.09 \text{ psi}$.
- En los motores diesel no se puede ejecutar el diagnóstico a través de la herramienta first look en el sistema de admisión ya que estas máquinas térmicas no generan su propia depresión y necesitan de una fuente auxiliar como una bomba de vacío.
- Para el diagnóstico a través de las presiones del cárter se establece un rango aceptable entre la diferencia de los picos de la gráfica, para los motores gasolina se encuentra en $\leq 0.01 \text{ V} / \leq 0.14 \text{ psi}$, mientras que para motores diesel está en $\leq 0.005 \text{ V} / \leq 0.068 \text{ psi}$



Conclusiones

- Con el prototipo final es posible determinar si existe fallas de encendido(misfire), válvulas quemadas, obstrucción en el sistema de escape, pérdida de compresión por pistón picado y empaque de cabezote en malas condiciones.
- Se elaboró una interfaz a través de macros en el software de Microsoft Excel la cual permite realizar la conversión de voltaje a psi de los resultados obtenidos de las herramientas de diagnóstico de manera rápida.



Recomendaciones

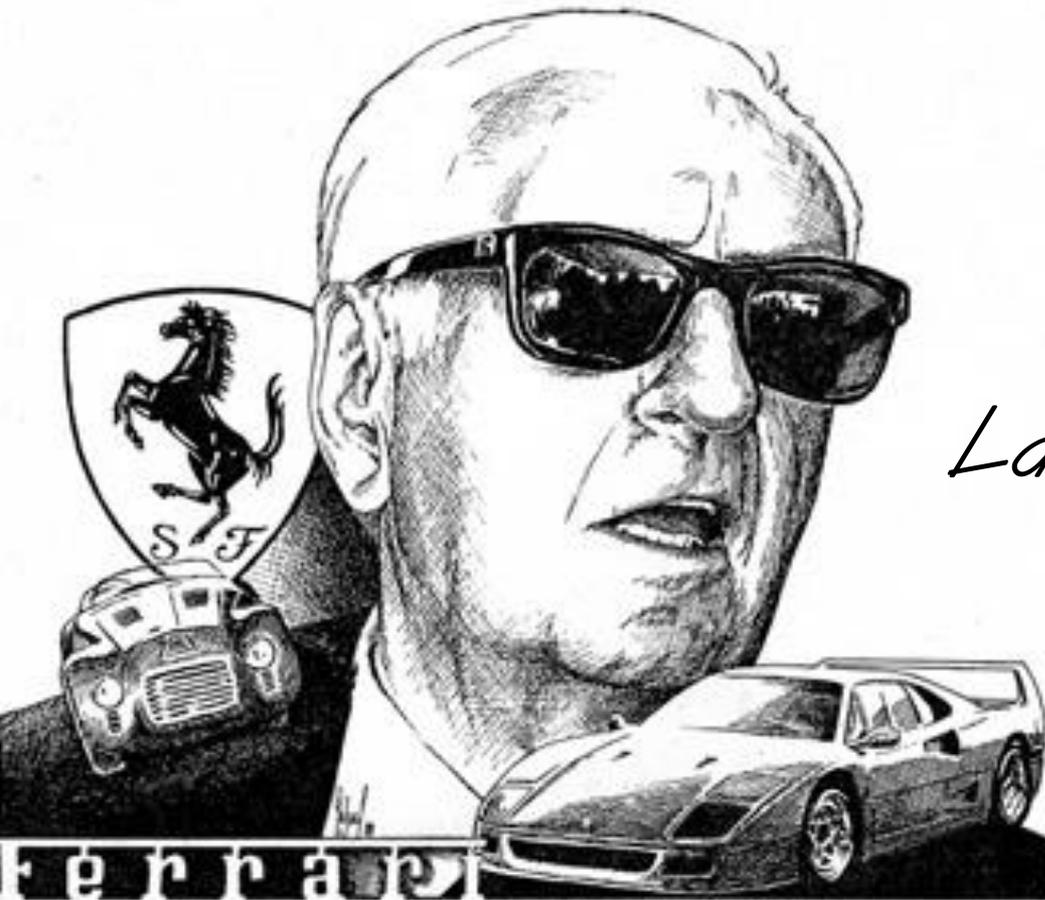
- Evitar fugas de presiones en los ensayos del sistema de admisión y cárter con la herramienta first look.
- Verificar que las escalas del osciloscopio se encuentren dentro del rango especificado para cada herramienta.
- Con la ayuda de cuerdas se recomienda sujetar a la herramienta de diagnóstico en un lugar en donde las vibraciones del motor no alteren de manera directa a la carcasa.
- Utilizar acoples o reductores según el tamaño y rosca de la bujía que disponga el vehículo.
- Comprobar la salida de voltaje de la fuente para el transductor de presión y evitar mediciones sin el voltaje necesario en la alimentación del sensor.
- Con acoples pequeños de manguera se recomienda hacer un ajuste preciso para las pruebas en el sistema de admisión y cárter.



Recomendaciones

- En el análisis de las gráficas se debe identificar el cilindro 1 según el sistema en el cual se esté realizando el diagnóstico.
- Para el diagnóstico con el transductor de presión, se recomienda desconectar el inyector con el fin de evitar golpes hidráulicos en la cámara de combustión.
- Si la señal de referencia se la toma del CKP o CMP, se debe considerar la posición de compresión del cilindro 1.
- De preferencia se debe seguir los procedimientos de instalación de la herramienta con el fin de evitar malas mediciones o averías del equipo.





*La victoria más bella es
siempre la próxima*

Enzo Ferrari



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA