



- Michael Schumacher -

*“Siempre creí que nunca debes rendirte y siempre debes seguir luchando incluso cuando solamente hay una pequeña oportunidad”.*



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

**“Diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina mediante el monitoreo electrónico a través del uso IoT-Blynk”**

**Autores:**

Chela Manobanda, Jefferson Wladimir

Viracocha Salazar, Edwin Alexander

**Director:**

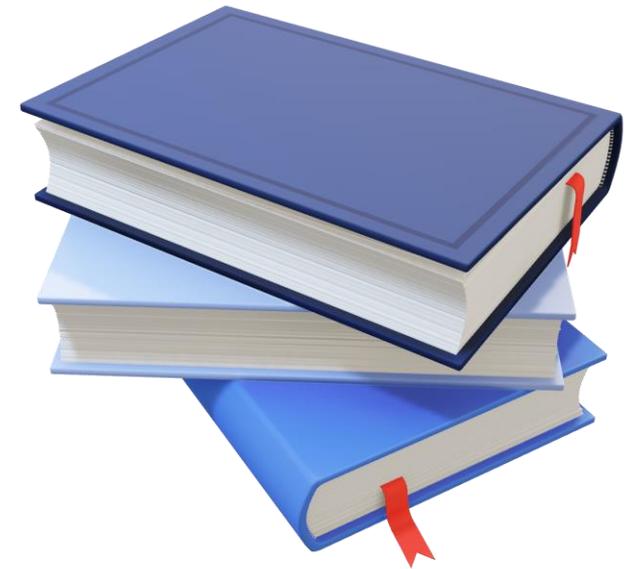
Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

**Latacunga, agosto de 2022**



# ÍNDICE DE CONTENIDO

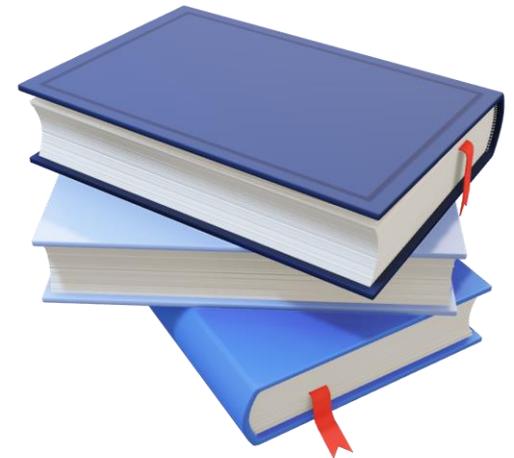
- **Antecedentes**
- **Planteamiento del problema**
- **Descripción resumida del proyecto**
- **Justificación e importancia**
- **Objetivos del proyecto**
  - *Objetivo General*
  - *Objetivos Específicos*
- **Metas**
- **Hipótesis**



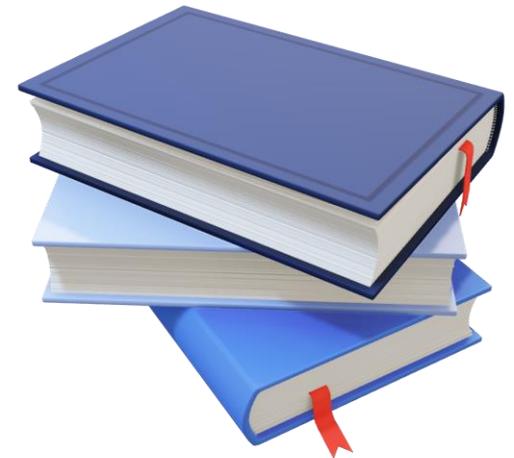
- **Marco teórico**
  - **Internet de las cosas**
  - **Sensores y PID's**
  - **Sistema OBD-II**
  - **Ubicación del conector DLC**
  - **Vacío en el motor de combustión interna**
  - **Análisis de zonas**
  - **Inteligencia artificial computacional**
- **Diseño y construcción**
  - **Requerimientos necesarios**



- **Diseño y construcción**
  - **Selección de componentes eléctricos electrónicos**
  - **Selección de plataformas de programación**
  - **Elección de tiempo para la extracción de datos**
  - **Diseño eléctrico - electrónico**
  - **Diagrama de conexión del módulo genérico**
  - **Extracción de datos**
  - **Entrenamiento del módulo genérico**
  - **Construcción del módulo genérico**
  - **Diseño de interfaz gráfica y app web**
  - **Proceso de funcionamiento**



- **Pruebas y análisis de resultados**
  - **Análisis de mediciones**
  - **Pruebas de funcionamiento**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



# MARCO METODOLÓGICO



# ANTECEDENTES

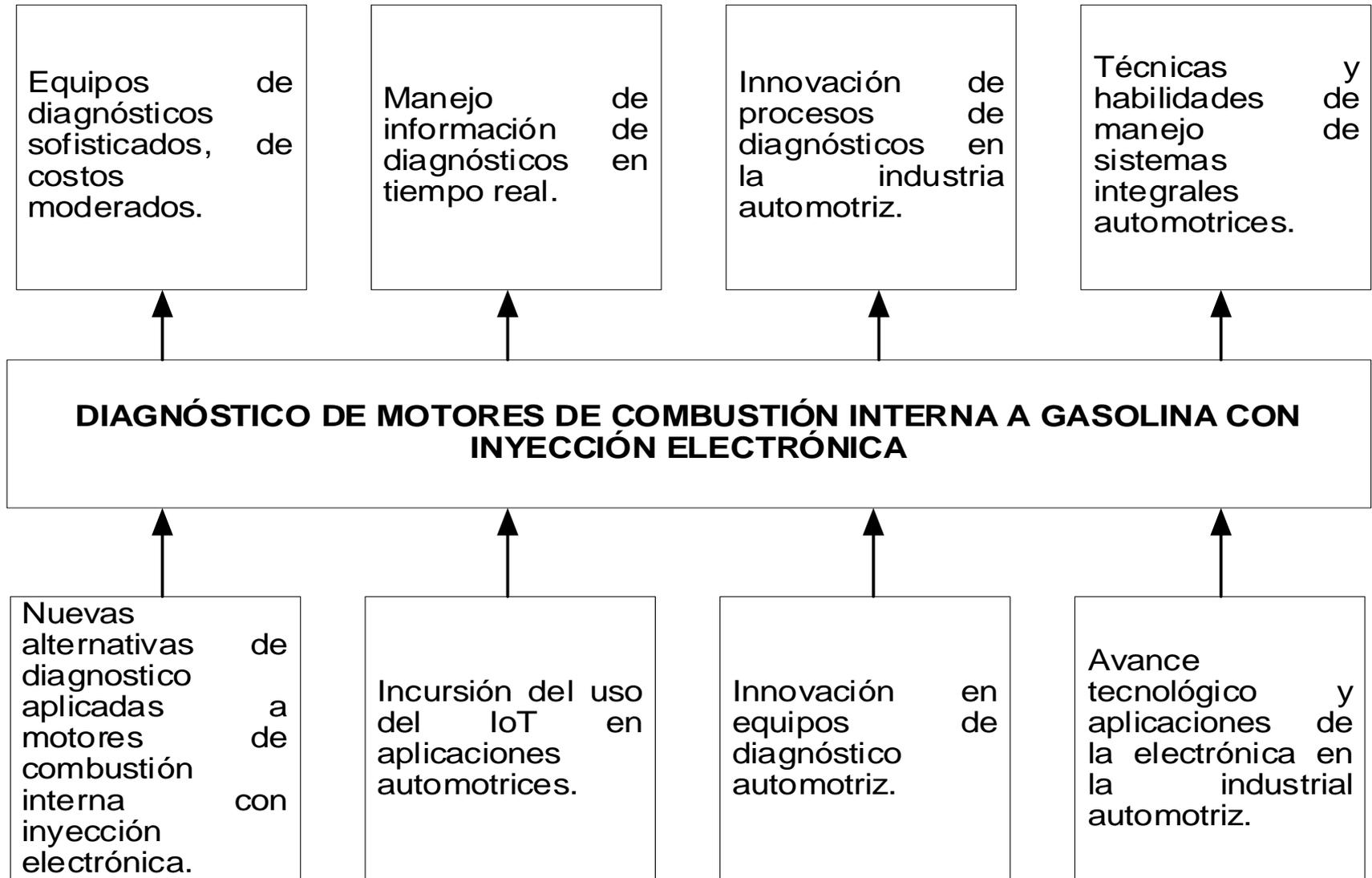


Según (Rose et al., 2015) menciona que la IoT representa la convergencia de una variedad de tendencias en las áreas de la computación y la conectividad que se vienen dando desde hace muchas décadas. En la actualidad, una amplia gama de sectores de la industria, entre ellos el sector automotriz, la salud, la manufactura, la electrónica de consumo y para el hogar, están analizando el potencial de incorporar la tecnología de la IoT en sus productos, servicios y operaciones. (p. 15).

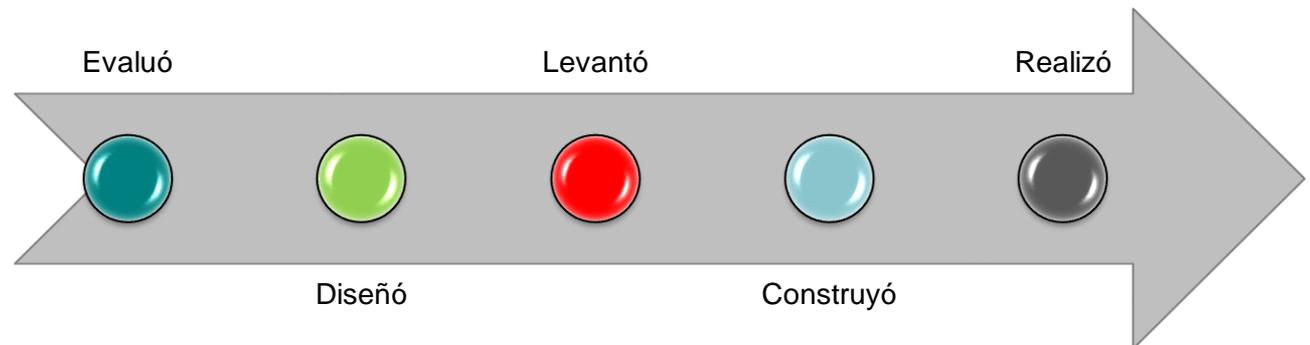
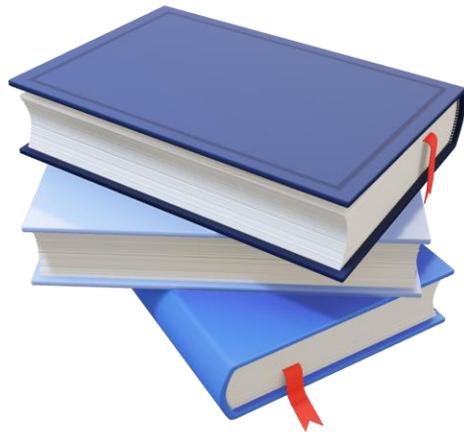
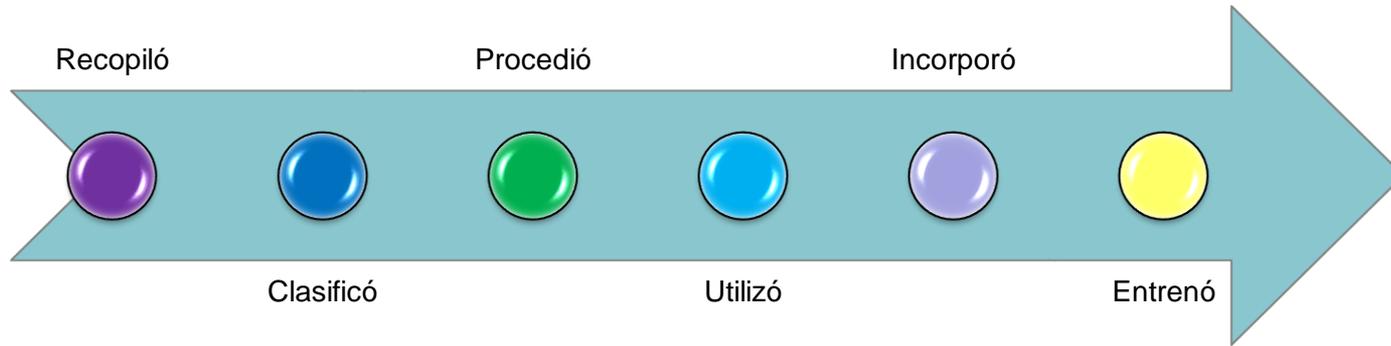
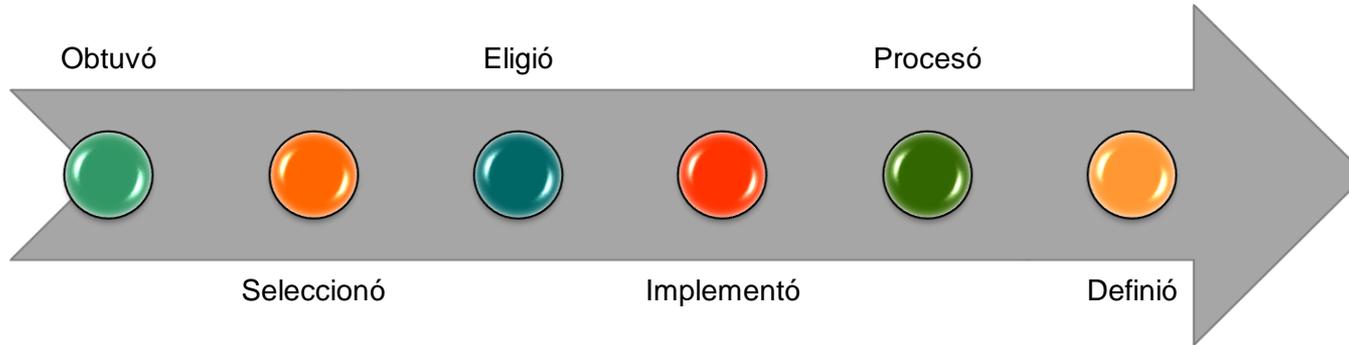
Según (Riosulense, 2019) manifiesta que hoy en día, es posible conectar el vehículo a otros dispositivos, la premisa básica del internet de las cosas, sin embargo, uno de los principales impactos de esa conectividad es la cantidad de datos que pueden ser generadas en tiempo real. Pues es ahí que la industria automotriz entra, porque tiene la oportunidad de aprovechar esas informaciones para hacer cambios revolucionarios en sus procesos y productos.



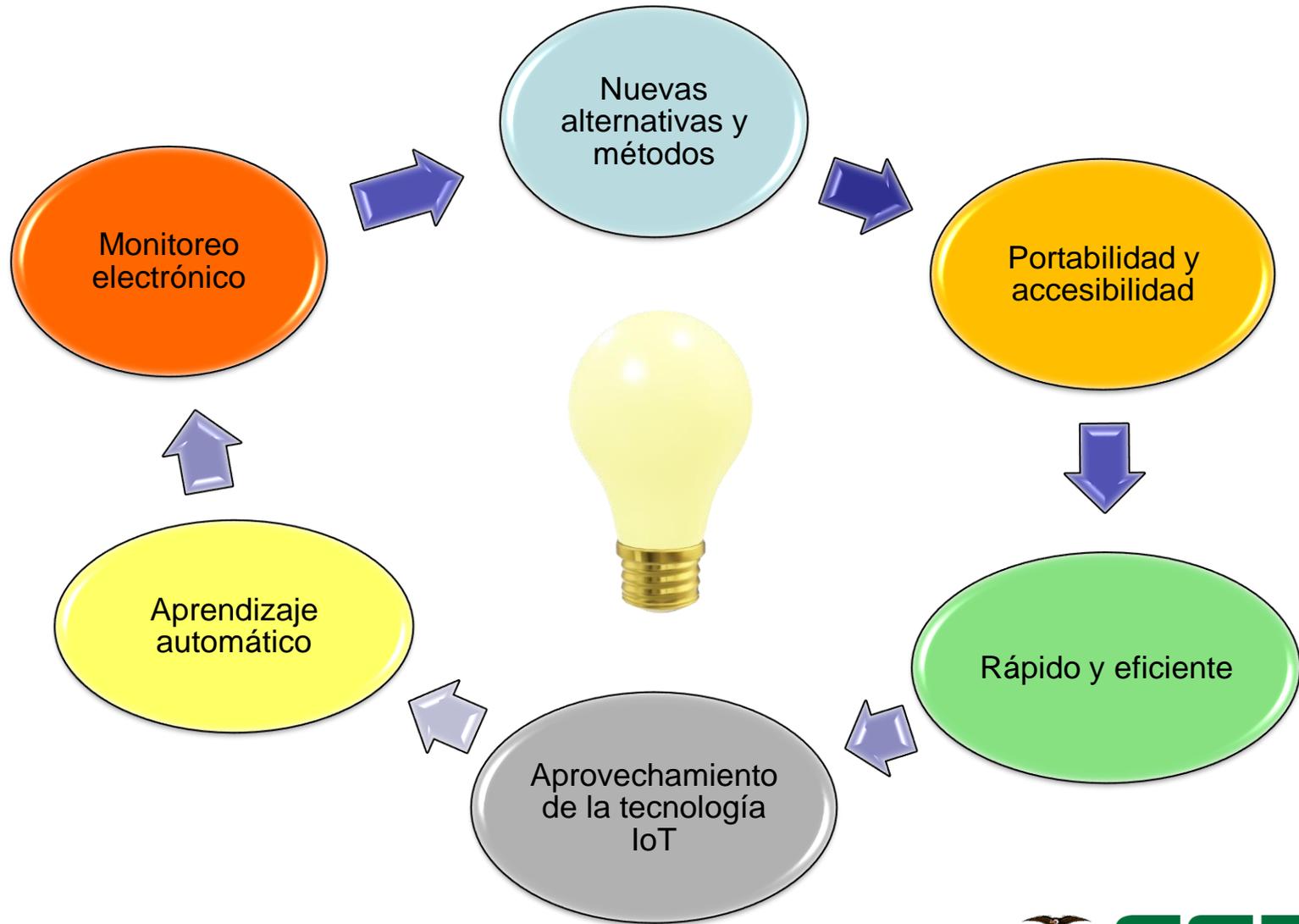
# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



# DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO



# JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



## OBJETIVO GENERAL

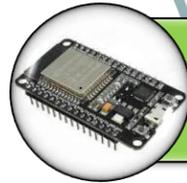
Diagnosticar motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica mediante el monitoreo en tiempo real a través del uso IoT – Blynk Espel, para notificar el estado del M.C.I en el dispositivo móvil u ordenador.



## OBJETIVOS ESPECIFICOS



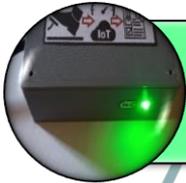
Obtener información sobre la tecnología de comunicación IoT, ESP32 DEVKIT V1, plataforma de programación Matlab versión educativa y Arduino IDE, adaptador OBD-II UART V1 (para arduino), diagnóstico automotriz mediante vacuómetro, a partir de fuentes bibliográficas confiables.



Seleccionar los elementos eléctricos y electrónicos para el desarrollo de la aplicación referente al proceso de obtención de datos de diagnóstico.



Utilizar plataformas de programación Arduino IDE, aplicación web y Matlab versión educativa para el diseño de la interfaz gráfica del módulo genérico de diagnóstico.

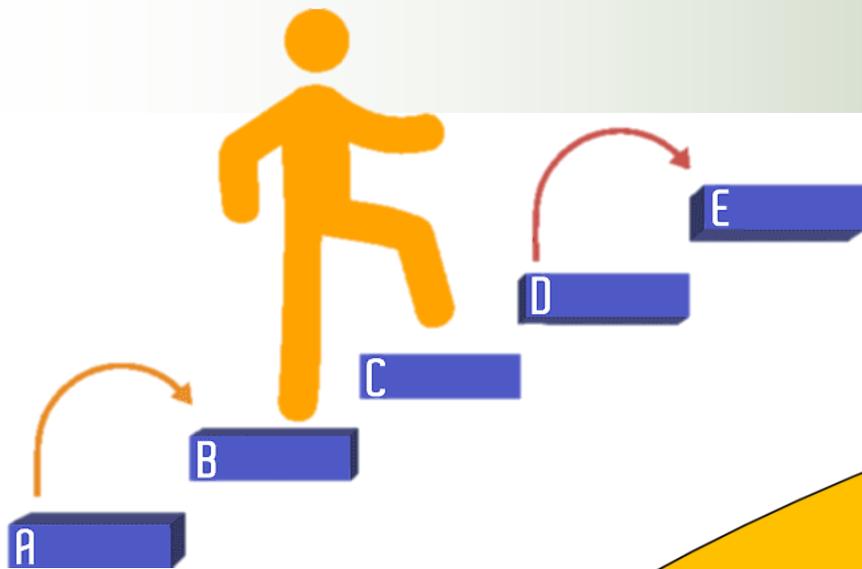


Construir un módulo genérico de diagnóstico para motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica.



Realizar pruebas y validación de datos para determinar el diagnóstico del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica mediante una notificación de su estado.





Obtener el módulo

Analizar los datos

Seleccionar el método

Diseñar una aplicación web

Recopilar información y realizar una base de datos





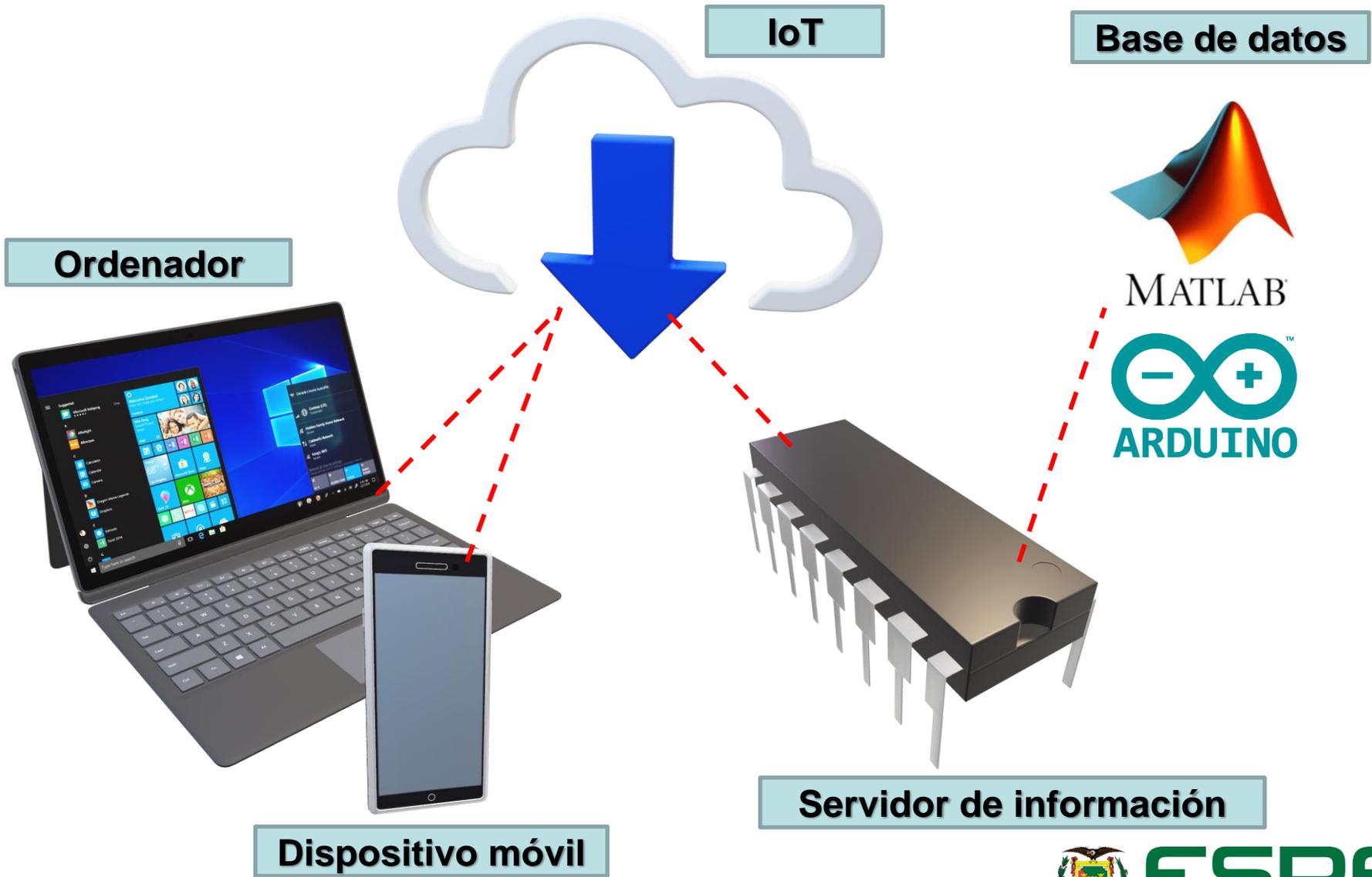
¿Es posible optimizar el diagnóstico automotriz mediante la implementación de la tecnología de comunicación IoT?



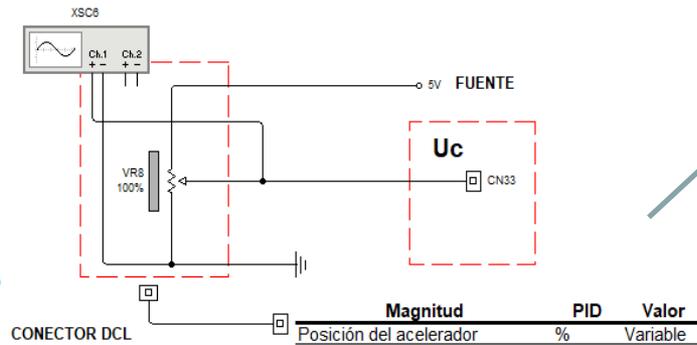
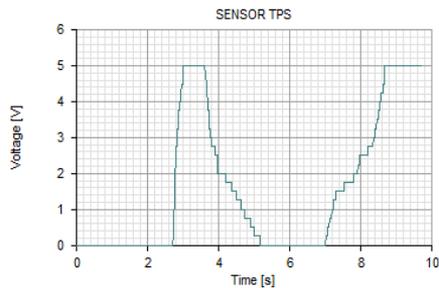
# MARCO TEÓRICO



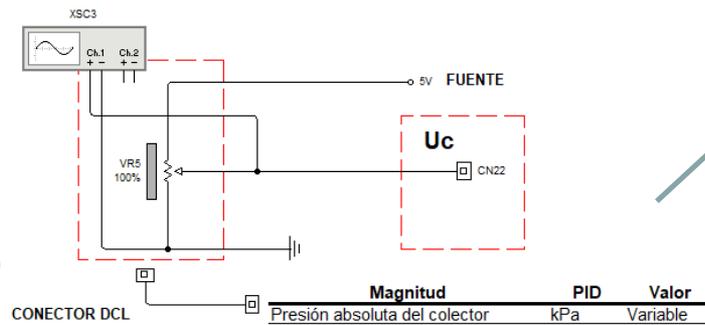
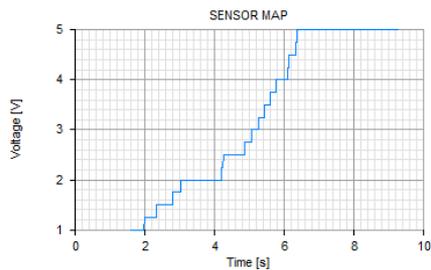
# INTERNET DE LAS COSAS



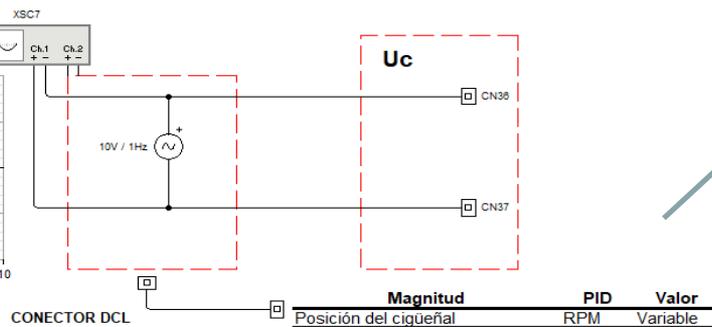
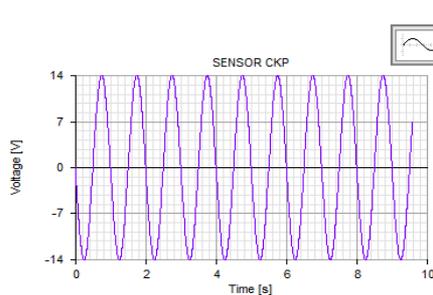
# SENSORES Y PID's



**Sensor TPS**



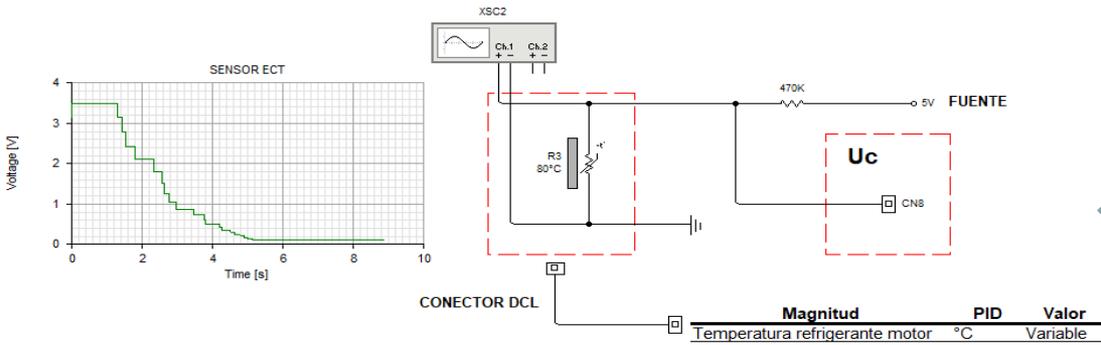
**Sensor MAP**



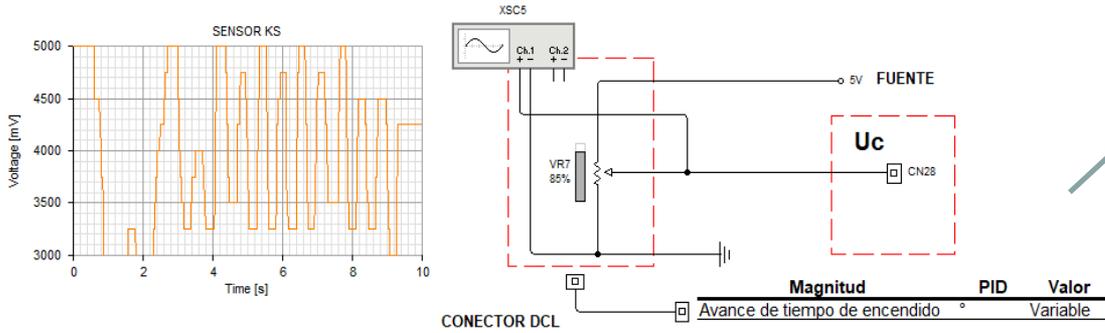
**Sensor CKP**



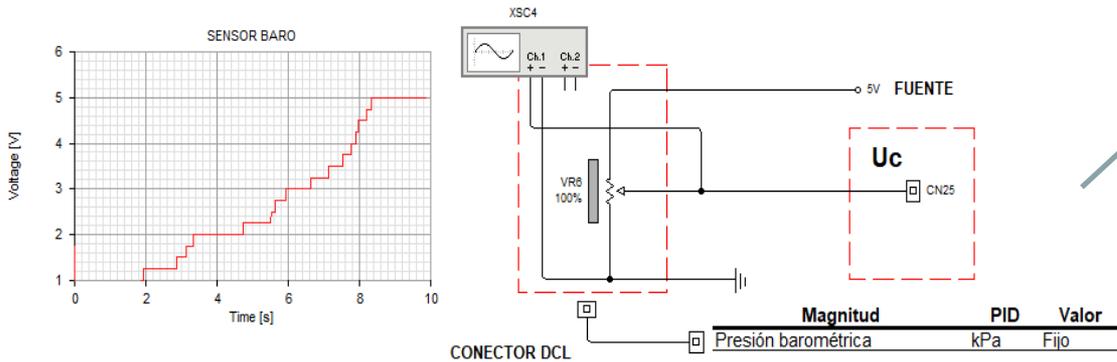
# SENSORES Y PID's



**Sensor ECT**



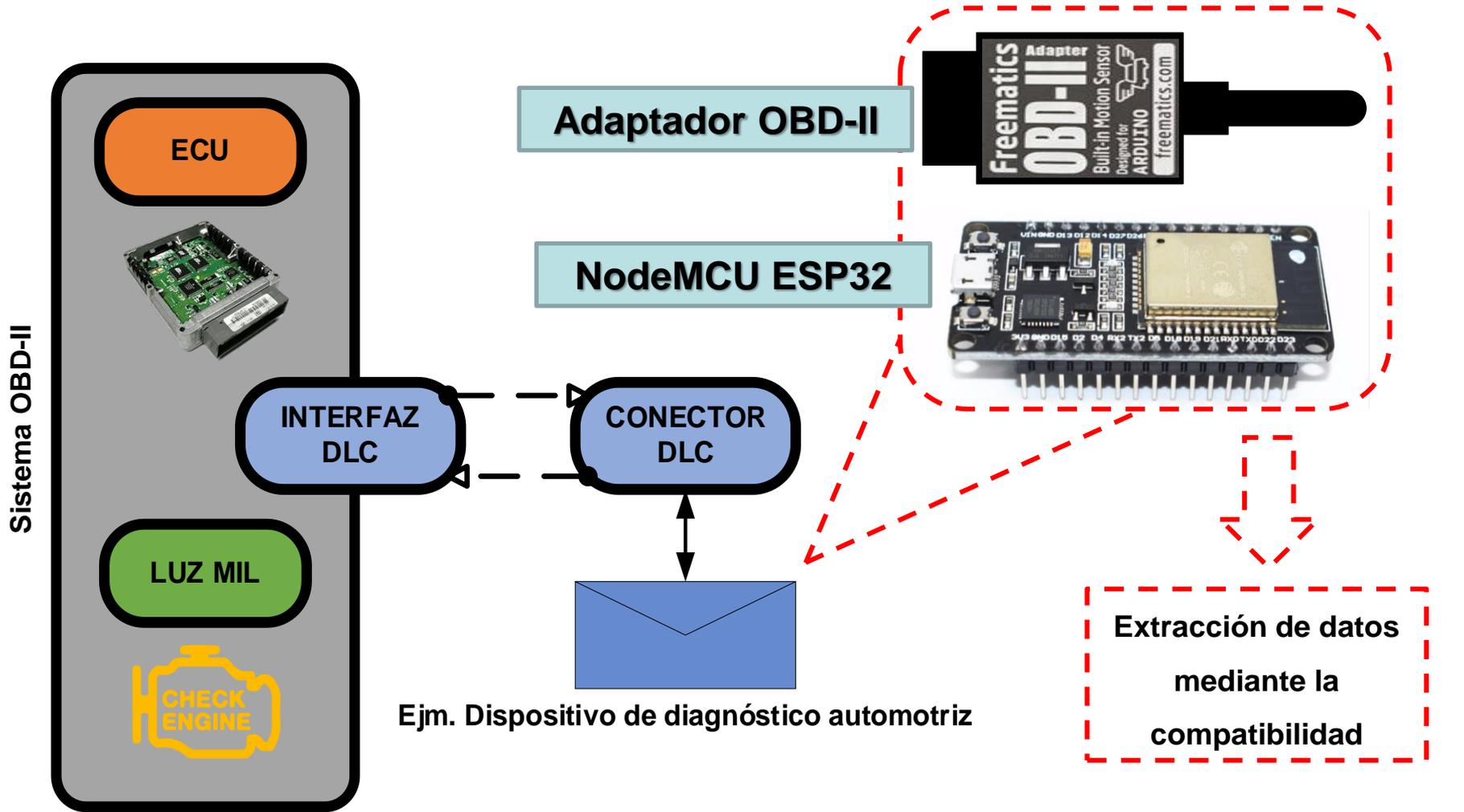
**Sensor KS**



**Sensor BARO**



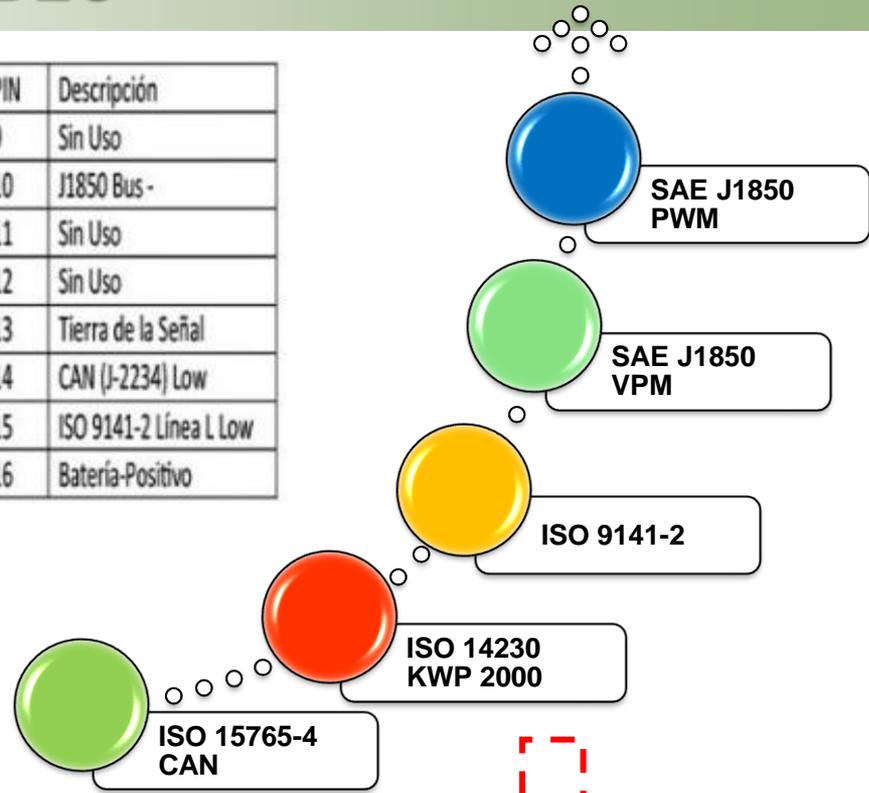
# SISTEMA OBD-II



# UBICACIÓN DEL CONECTOR DLC



PIN	Descripción	PIN	Descripción
1	Sin Uso	9	Sin Uso
2	J1850 Bus+	10	J1850 Bus-
3	Sin Uso	11	Sin Uso
4	Tierra del vehículo	12	Sin Uso
5	Tierra de la Señal	13	Tierra de la Señal
6	CAN (J-2234) High	14	CAN (J-2234) Low
7	ISO 9141-2 Línea K	15	ISO 9141-2 Línea L Low
8	Sin Uso	16	Batería-Positivo

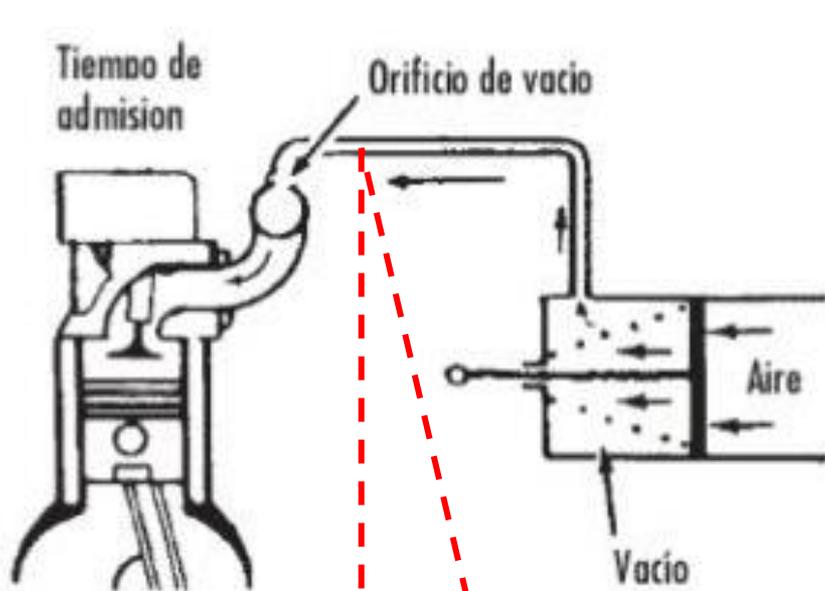


**Modos 1 – Obtención de datos actualizados**



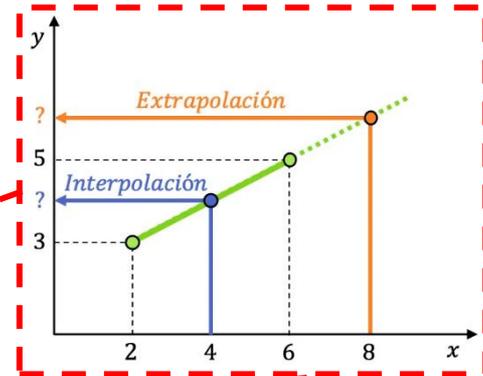
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# VACÍO EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA



2/3 presión atmosférica en la cámara de combustión

1/3 presión atmosférica en el colector de admisión



Ecuación 1

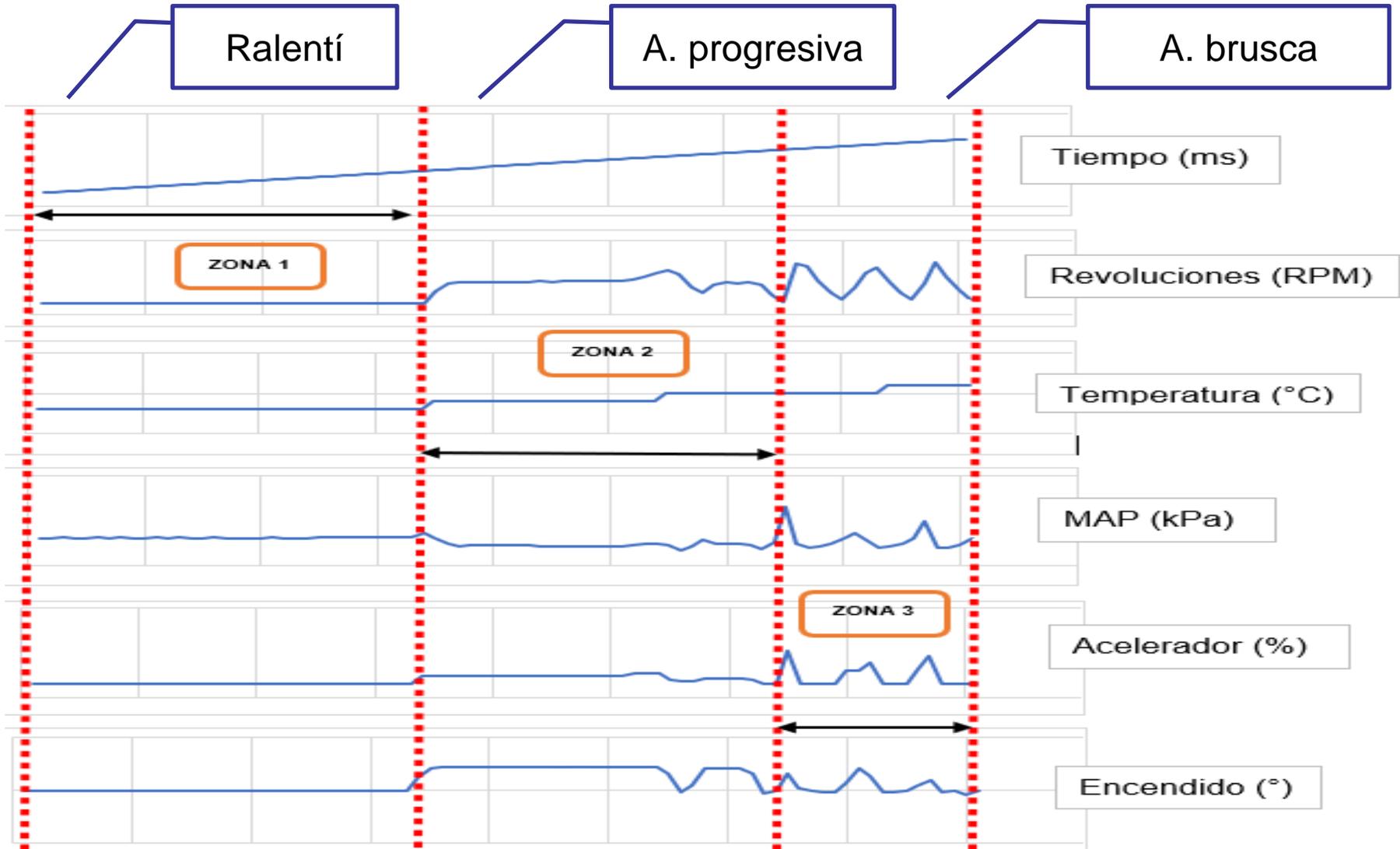
Valor del sensor MAP

$$\text{Presión}_{\text{atmosférica}} - \text{Valor}_{\text{vacío}} = \text{Valor}_{\text{sensor MAP}}$$



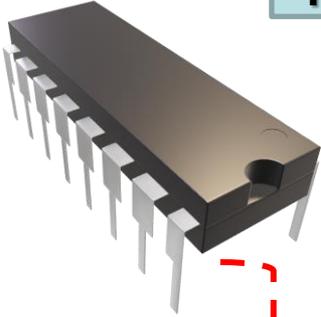
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# ANÁLISIS DE ZONAS

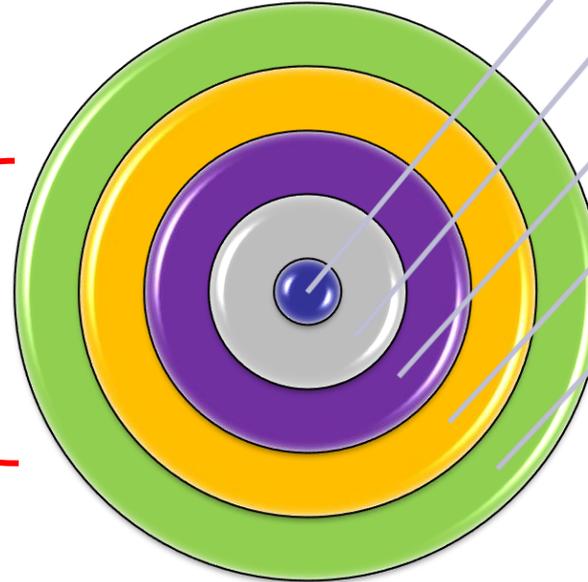


# INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMPUTACIONAL

Módulo genérico



Entrenamiento del algoritmo mediante aprendizaje automático



SVM

ANN

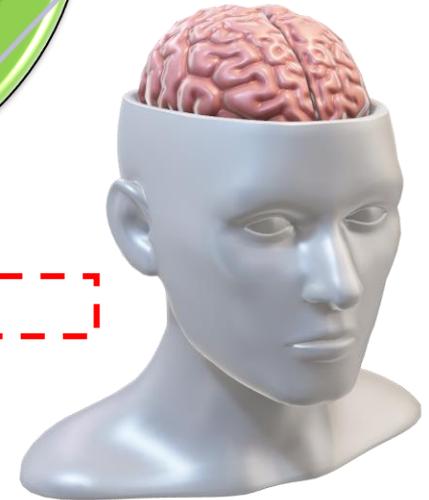
KN

KNN

LOOCV

Validación de certeza de datos

LOOCV



Ordenador



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



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN



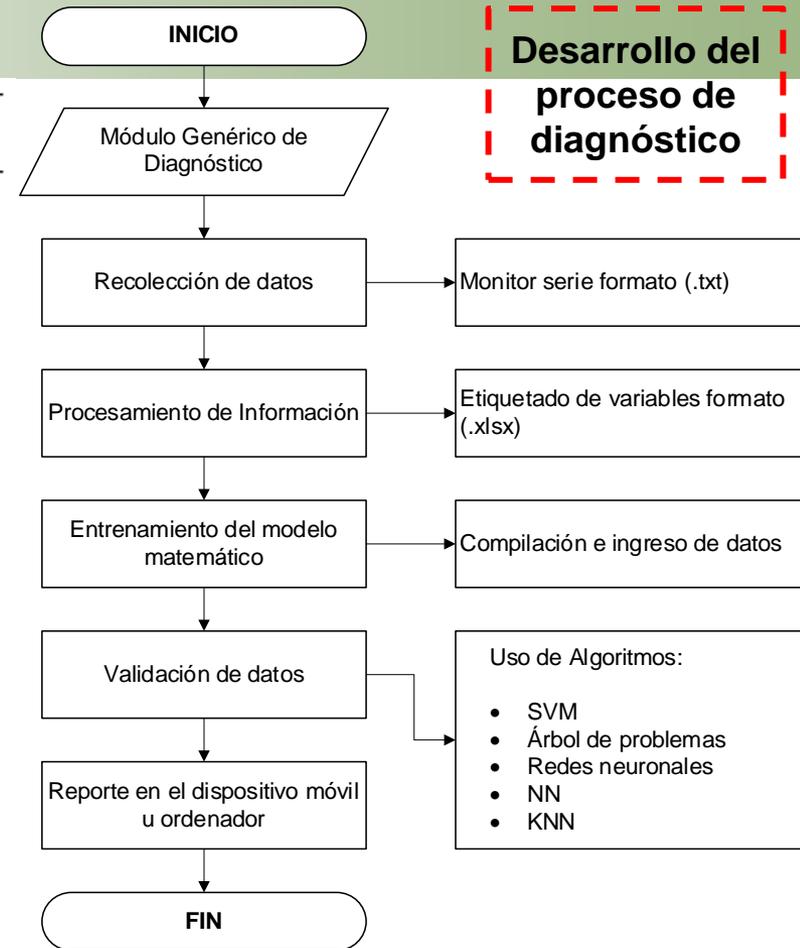
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Requerimientos necesarios

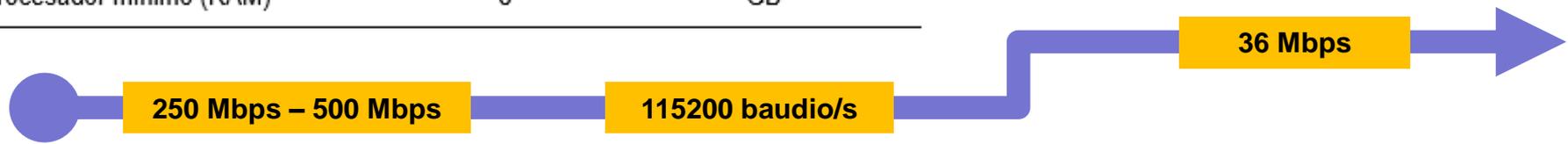
## Requerimientos para el diseño del módulo genérico de diagnóstico



Descripción	Valor	Unidades
Microcontrolador ESP32	3,3	Voltios
Adaptador OBD-II para arduino	5	Voltios
Luz piloto de funcionamiento	2,4	Voltios
Resistencia	10	Ohms
Velocidad de comunicación	115200	Baudios/s
Cable micro USB 2.0	5	Voltios
Despliegue de datos	250 – 500	Mbps
Transferencia de datos USB	36	Mbps
Procesador mínimo (RAM)	8	GB



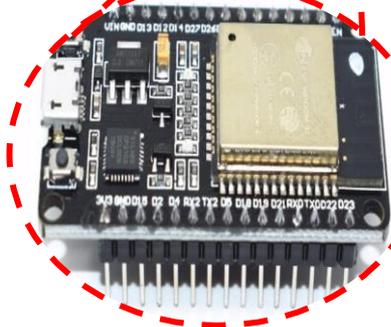
**Desarrollo del proceso de diagnóstico**



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

# Selección de componentes eléctricos-electrónicos

Microcontroladores  
NodeMCU ESP32



- Dispositivo de consumo de energía bajo
- Sistema de comunicación Wifi – Bluetooth, puertos serial.
- Diversas aplicaciones con IoT
- Voltaje de trabajo 3,3 – 5 V

Adaptadores OBD-II  
para arduino



- Disponible en el mercado
- Acceso a biblioteca proporcionada
- Voltaje de trabajo 5 V
- Soporta un voltaje de 12 V/ 5mA

Cable micro  
USB 2.0

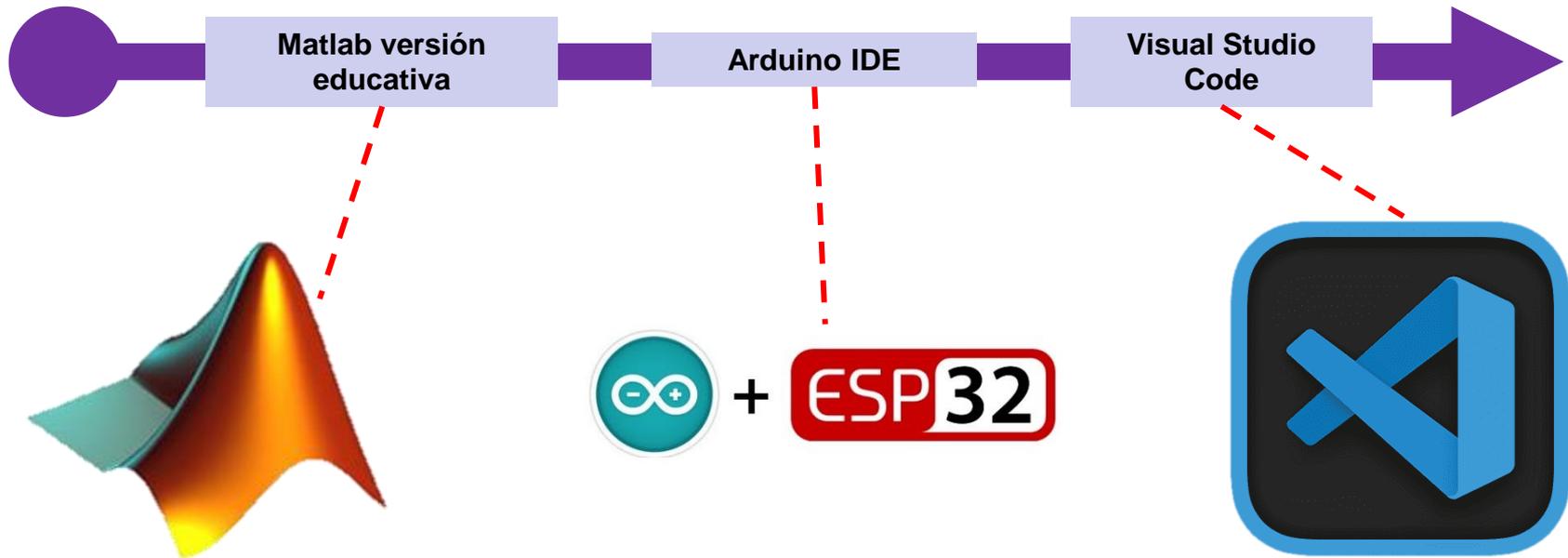


- Velocidad de transmisión de datos 36 Mbps
- Voltaje de trabajo 5 V



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

# Selección de plataformas de programación



- Aprendizaje automático
- Entrenamiento y desarrollo de algoritmos
- Creación de modelos matemáticos
- Panel gráfico para análisis

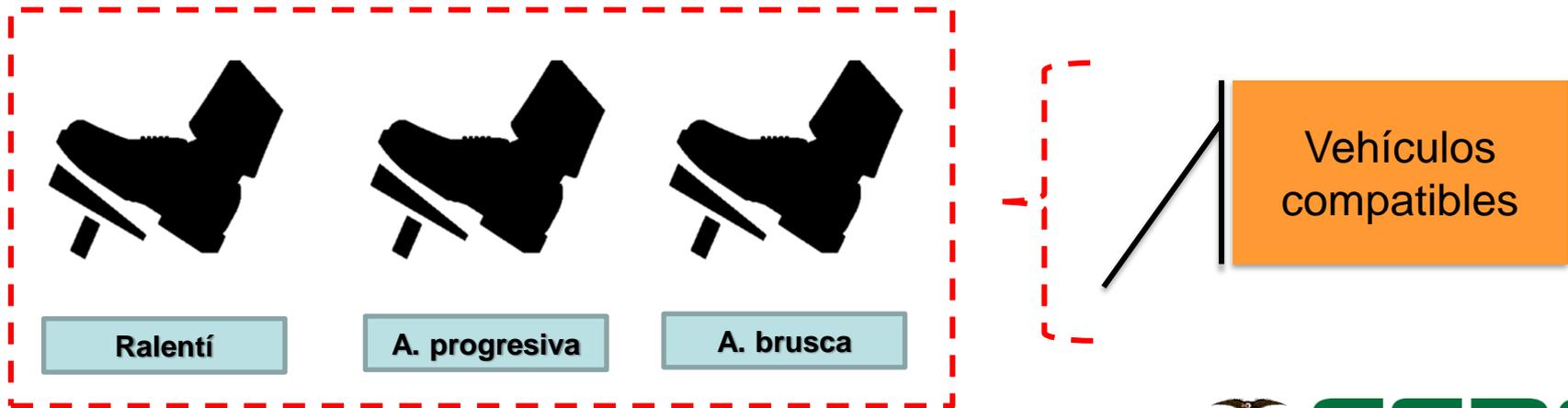
- Utilidad del monitor serie
- Generar emisión y recepción de datos
- Ajuste de velocidad de modulación de datos (baudio/s)

- Plataforma libre
- Disponible para todo sistema operativo
- Lenguaje de programación manipulable



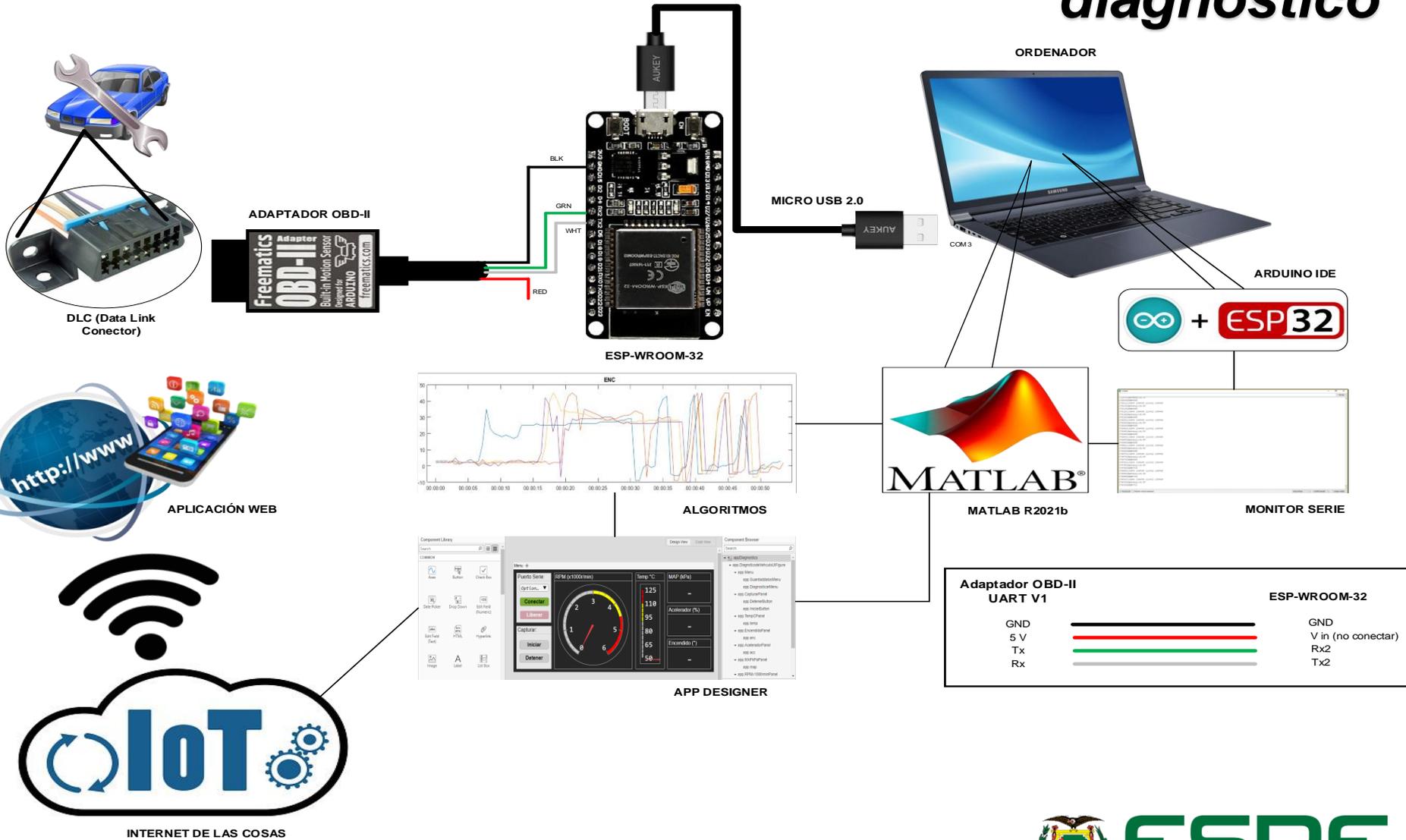
# Elección de tiempo para el procedimiento de extracción de datos

Transmisión de datos / tiempo	Definición de tiempos						
	Tiempo de espera (s)	Tiempo reacción módulo (s)	Tiempo prueba ralentí (s)	Tiempo prueba aceleración progresiva (s)	Tiempo prueba aceleración brusca (s)	Tiempo total (s)	Tiempo estimado (s)
Vehículos con velocidad de comunicación de datos baja	5	15	35	15	10	90	<b>60</b>
Vehículos con velocidad de comunicación de datos alta	5	15	30	10	5	75	<b>45</b>





# Diagrama de conexión del módulo genérico de diagnóstico



# EXTRACCIÓN DE DATOS

Ingreso de variables a extraer

Tabulación de datos en tiempo real

Selección de ejes de pares ordenados

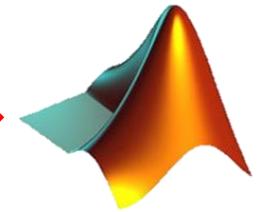
Desarrollo de gráficas de cada PID

KIA



ESP32

- PID\_RPM
- PID\_COOLANT\_TEMP
- PID\_INTAKE\_MAP
- PID\_THROTTLE
- PID\_TIMING\_ADVANCE



CHEVROLET



HYUNDAI



CHINOS



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

# ENTRENAMIENTO DEL MÓDULO GENÉRICO DE DIAGNÓSTICO



**GENERACIÓN DE DATOS**

**TABULACIÓN DE PID'S EXTRAÍDOS**



**INGRESO DE BASE DE DATOS**

**VARIABLES DE DIAGNÓSTICOS (RALENTÍ, A. PROGRESIVO, A. BRUSCO)**



**RECONOCIMIENTO**



**VALIDACIÓN CRUZADA DE DATOS LOOCV**

**MODELO MATEMÁTICO**



**CLASIFICACIÓN DE DATOS**



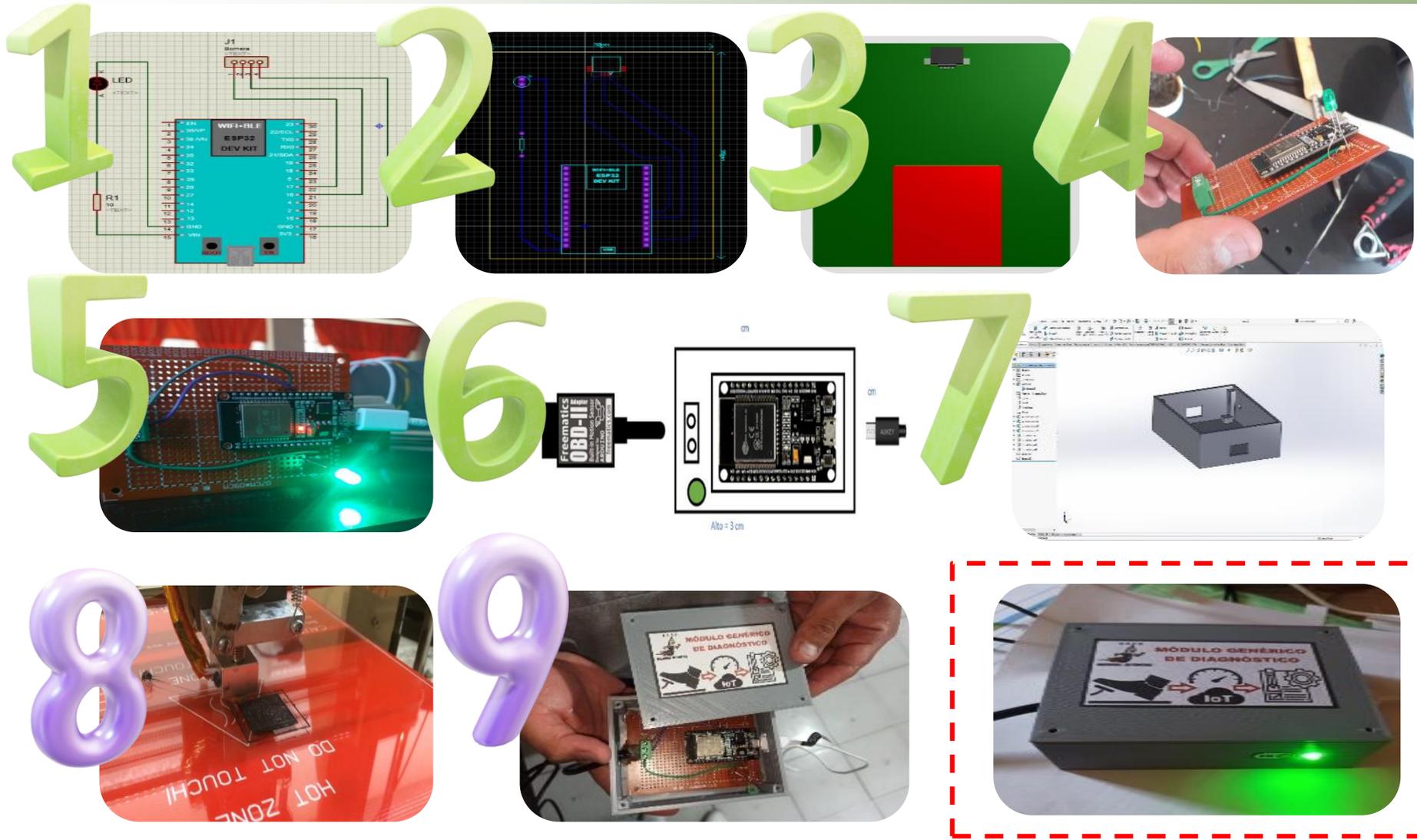
**NIVEL DE CERTEZA**



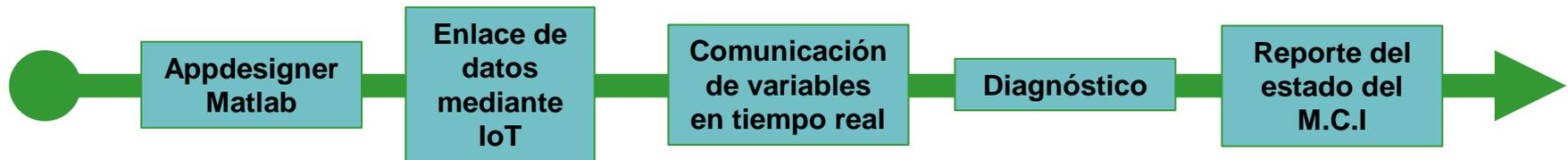
**GESTIÓN DE DIAGNÓSTICO**



# Construcción del módulo genérico de diagnóstico



# Diseño de Interfaz gráfica y aplicación web **BL YNK-ESPEL**



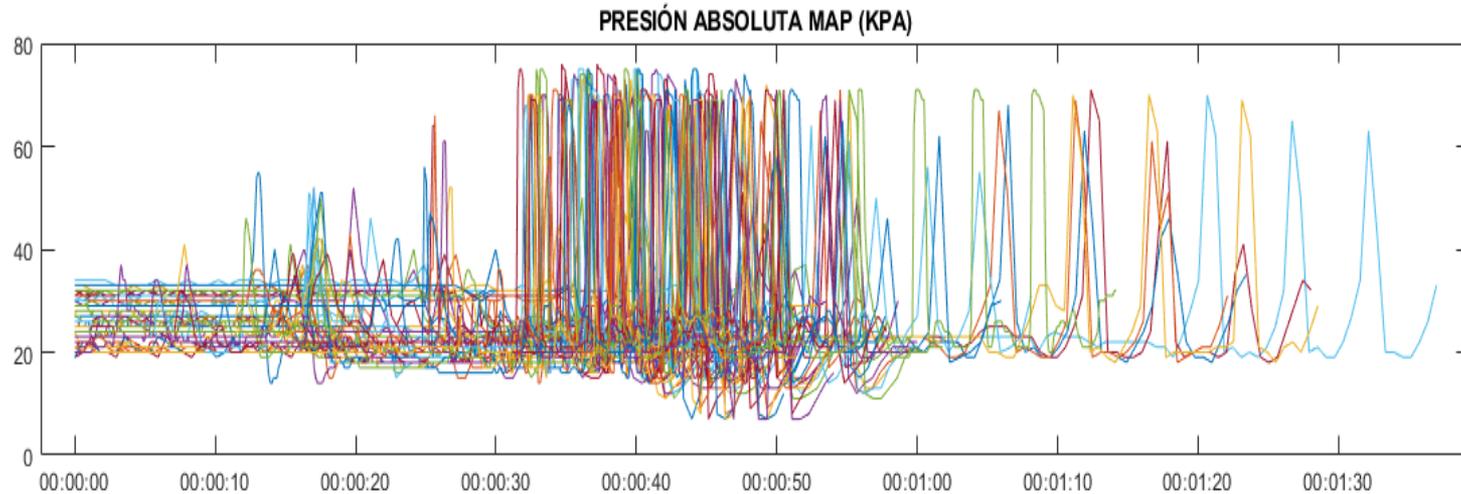
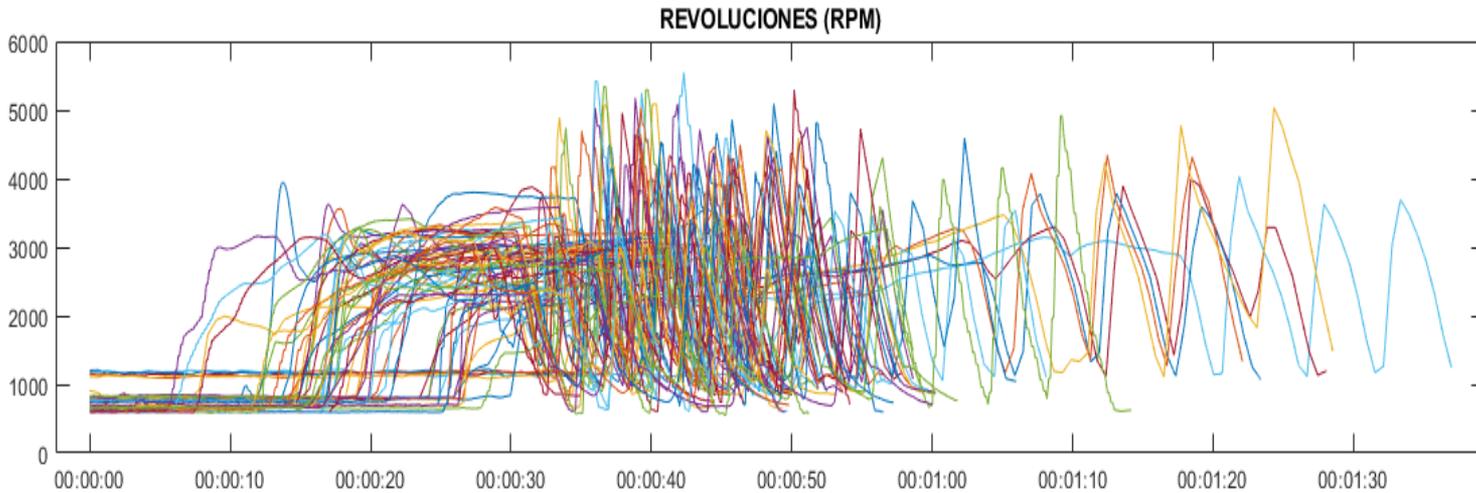
# Proceso de funcionamiento y uso del módulo genérico de diagnóstico



# PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



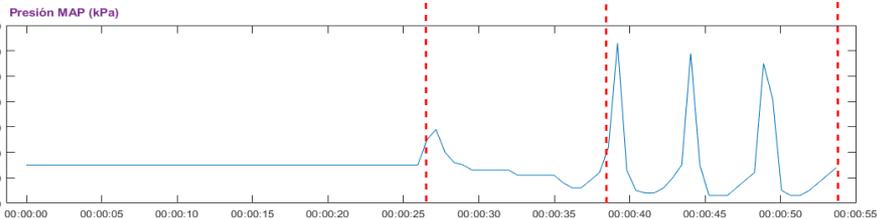
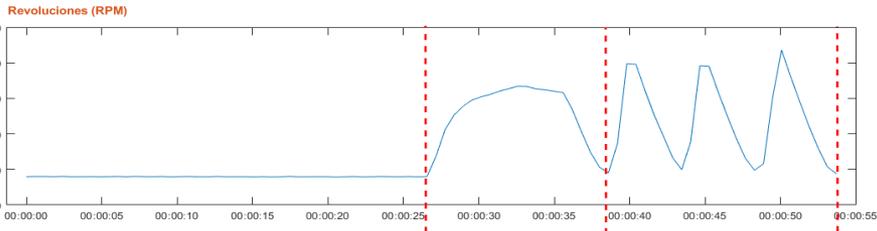
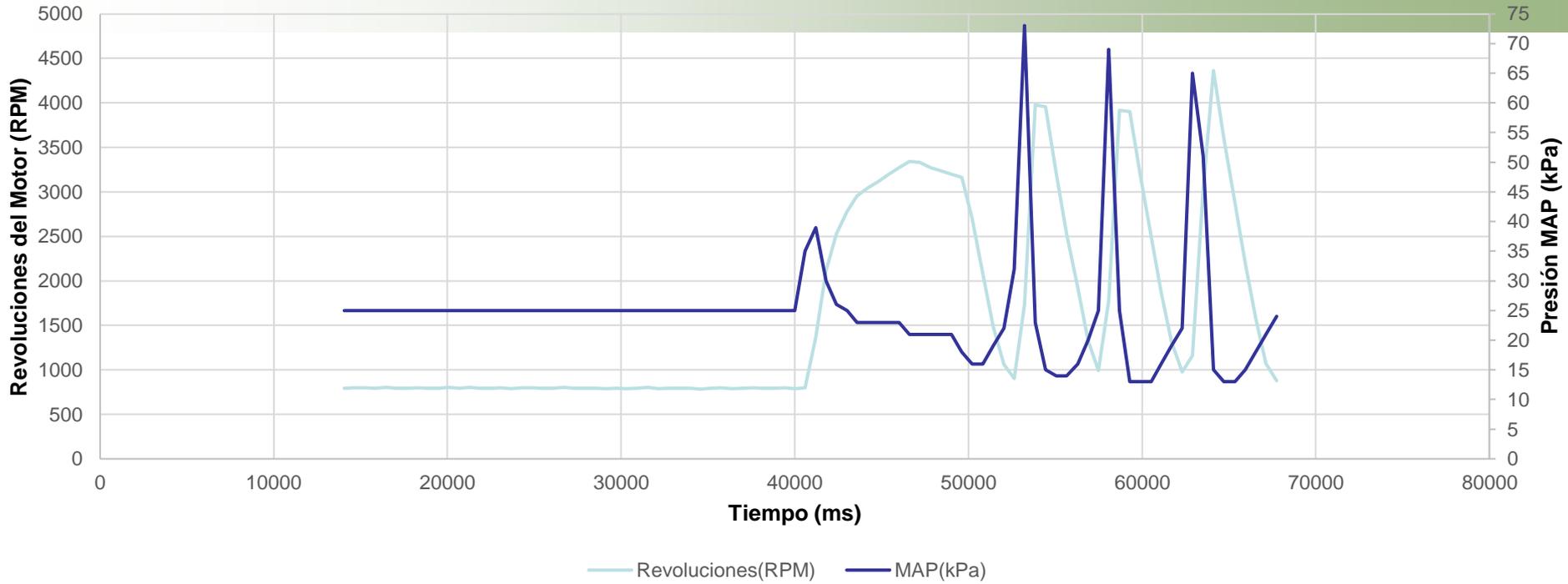
# ANÁLISIS DE MEDICIONES



Reconocimiento del módulo genérico de diagnóstico, de la recolección de datos de los 14 vehículos de prueba.



# CHEVROLET AVEO ACTIVO 1.4L



**Ralentí normal**

**Acelerado progresivo**

**Acelerado brusco**

**P1**

El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.

**P2**

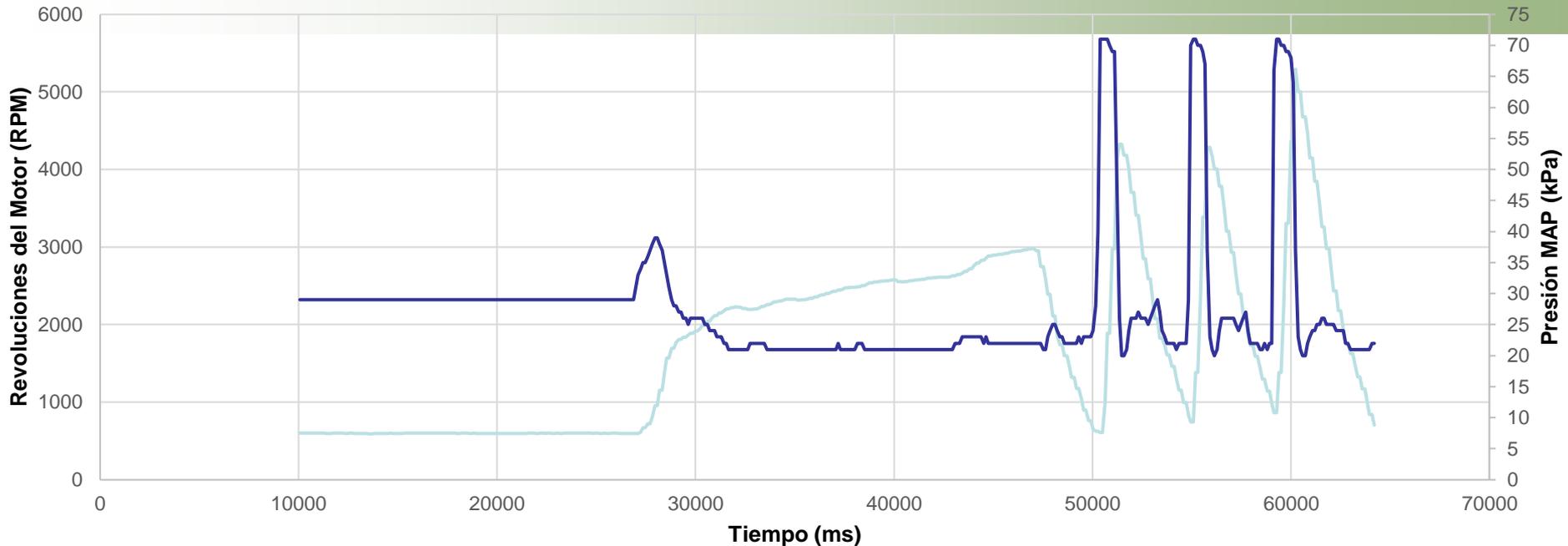
Motor aparentemente en buenas condiciones

**P3**

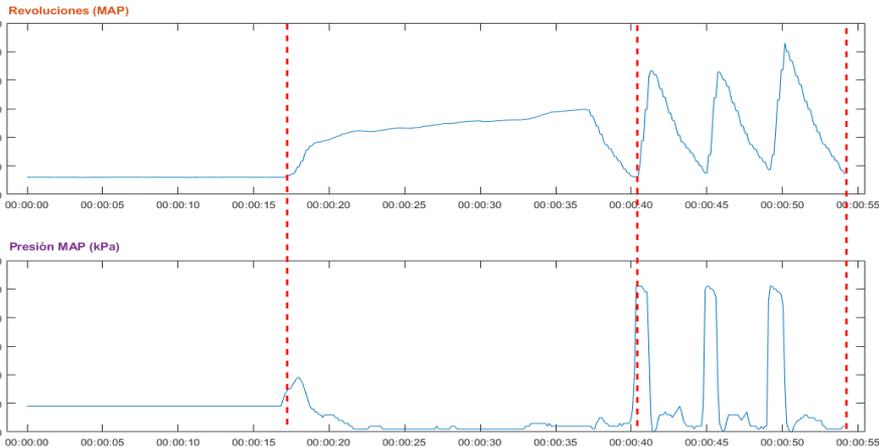
Motor está en buenas condiciones



# KIA RIO LX 1.4L



— Revoluciones(RPM) — MAP(kPa)



**Ralentí normal**

**Acelerado progresivo**

**Acelerado brusco**

**P1**

El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.

**P2**

Obstrucción en el escape, pérdida de potencia motor

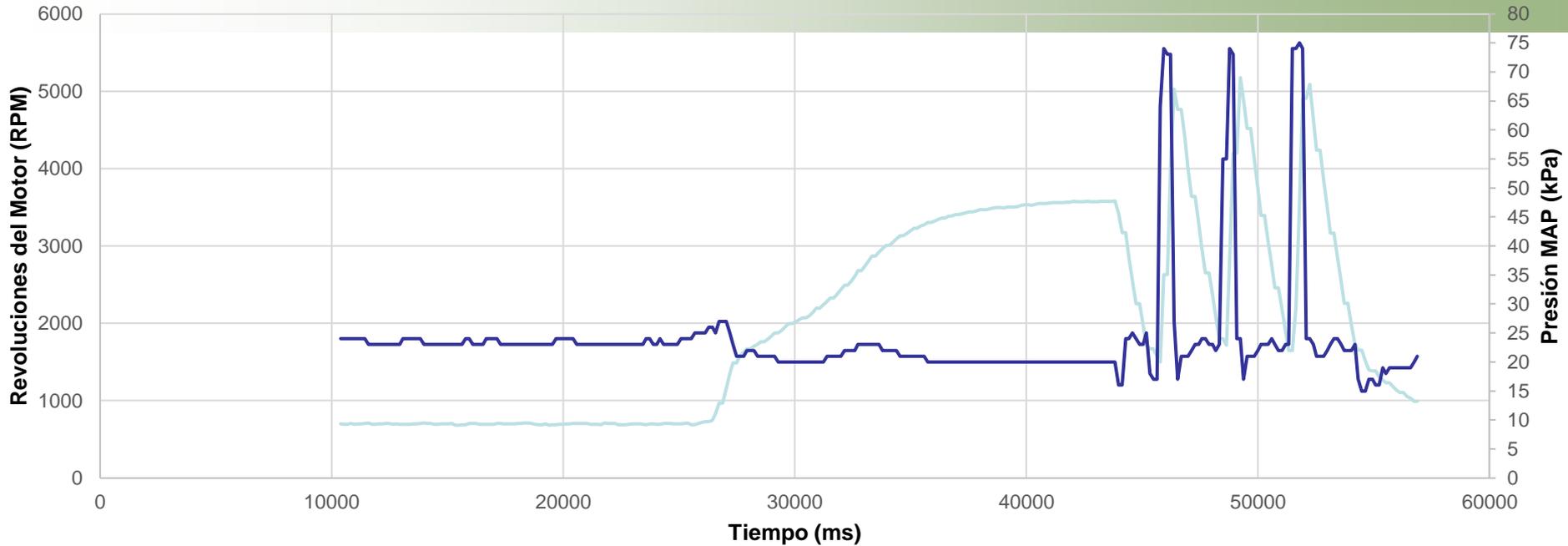
**P3**

Silenciador o catalizador bloqueado.

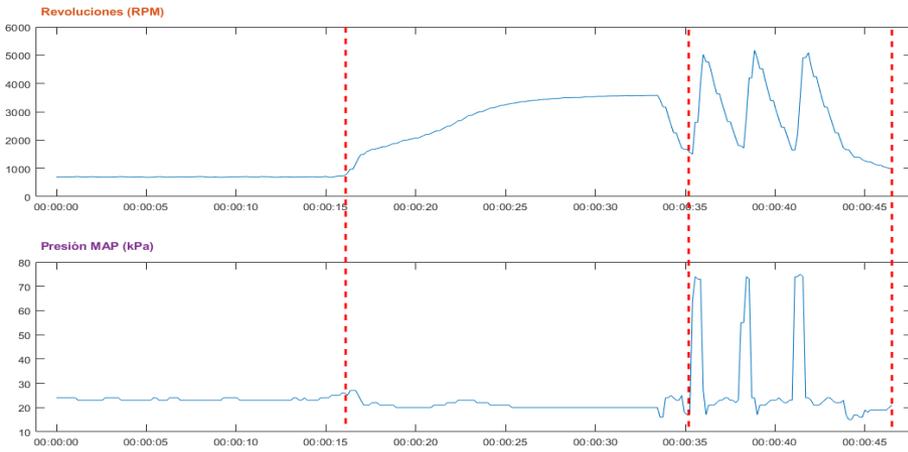


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# HYUNDAI i10 1.1L



— Revoluciones(RPM) — MAP(kPa)



**Ralenti normal**

**Acelerado progresivo**

**Acelerado brusco**

**P1** El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.

**P2** Válvulas quemadas, bajo rendimiento motor

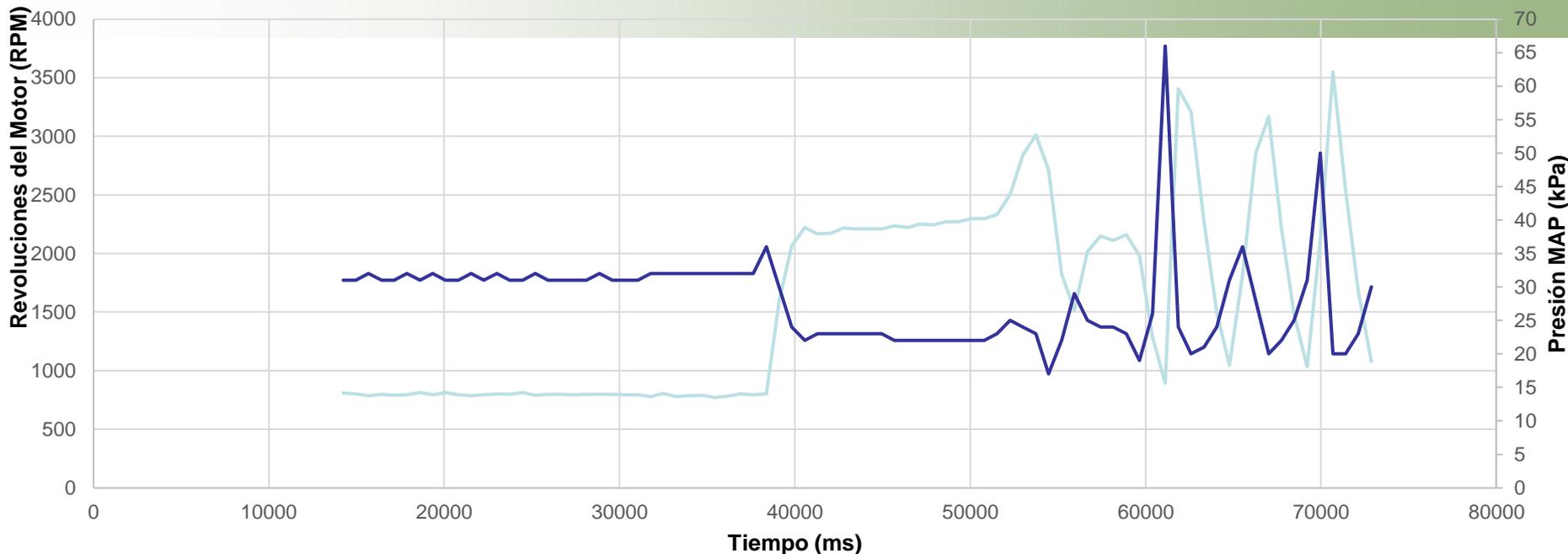
**P3** Confirma desgastes en aros, cilindros, etc.



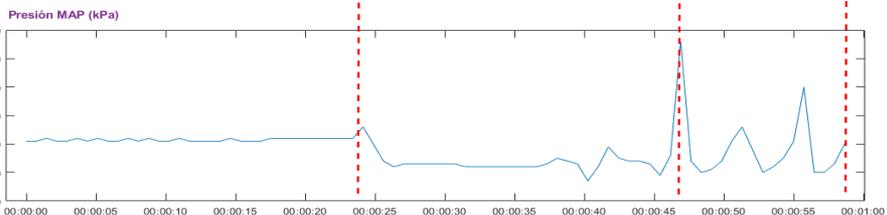
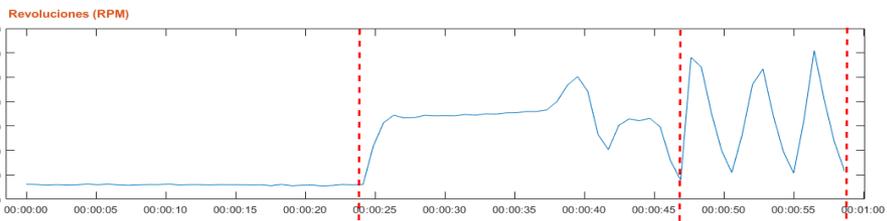
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# DFSK CITYVAN C37 1.4L



— Revoluciones(RPM) — MAP(kPa)

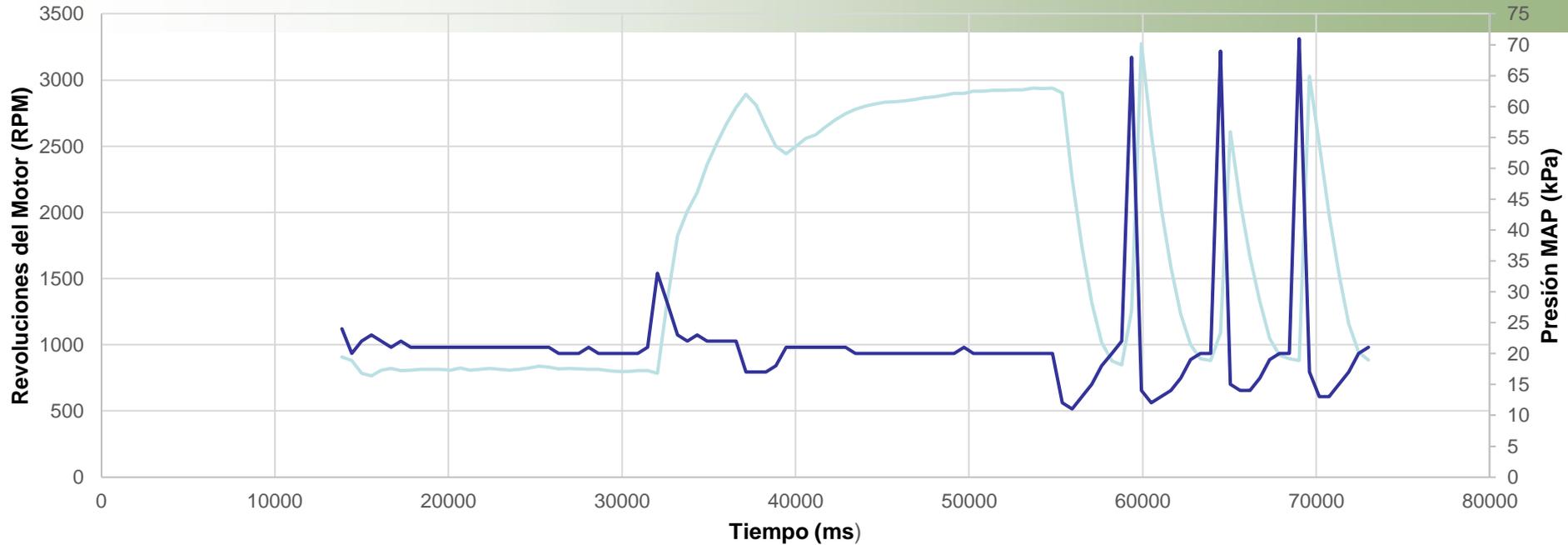


	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
<b>P1</b>	Aros, pistones o cilindros desgastados, llevar a cabo la próxima comprobación para asegurarse.		
<b>P2</b>		Resortes de válvulas débiles.	
<b>P3</b>			Confirma desgastes en aros, cilindros, etc.

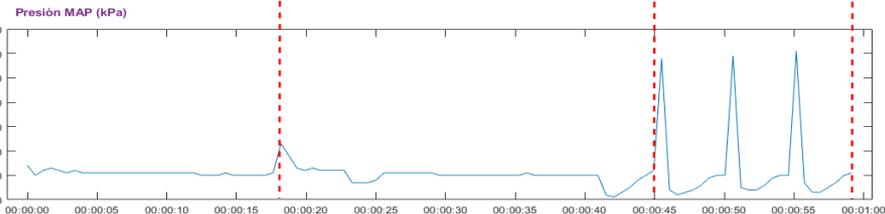
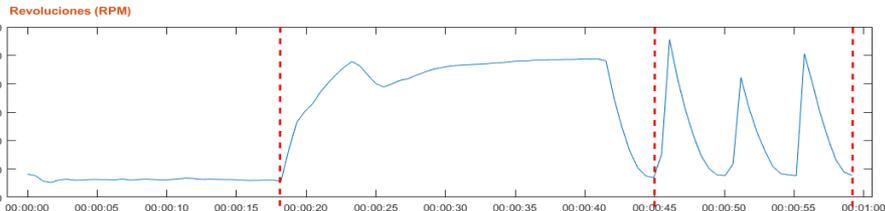


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# GREAT WALL WINGLE 2.4L



— Revoluciones(RPM) — MAP(kPa)



	Ralenti normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	Mala puesta a punto del encendido.	P2 Obstrucción en el escape, pérdida de potencia motor	P3 El motor está en buenas condiciones

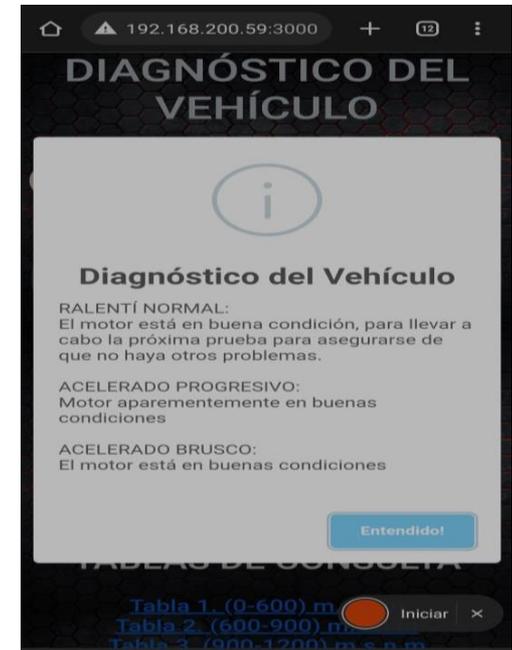


# PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



Vehículo de prueba

Kia Sportage LX 2.0L



Ralentí



A. progresiva



A. brusca

REPORTE DEL ESTADO DEL M.C.I CON INYECCIÓN ELECTRÓNICA



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

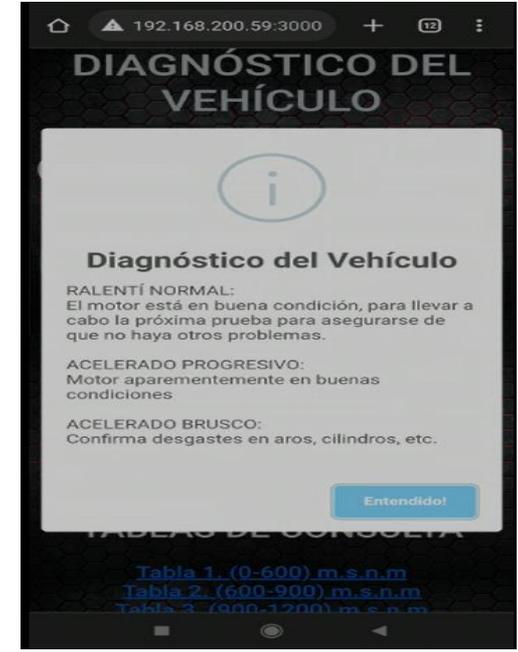


# PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



Vehículo de prueba

Hyundai Accent STD 1.6L



Ralentí



A. progresiva



A. brusca

REPORTE DEL ESTADO DEL M.C.I CON INYECCIÓN ELECTRÓNICA



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



# PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



Vehículo de prueba

Kia Rio R LX 1.4L



Ralentí



A. progresiva



A. brusca

REPORTE DEL ESTADO DEL M.C.I CON INYECCIÓN ELECTRÓNICA



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



- La selección de dispositivos eléctricos y electrónicos se encuentran disponibles en el mercado a precios accesibles, además, sus funciones son adaptables con la tecnología IoT.
- Se diagnosticó motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica de forma exitosa gracias a los tipos de protocolos de comunicación que fueron adaptables al OBD-II UART V1 para Arduino.
- La evaluación de validación de datos mediante el monitoreo electrónico es óptima para generar un reporte del estado del motor a través del modelo matemático LOOCV (validación cruzada de datos).
- El NodeMCU ESP32 y el adaptador OBD-II UART V1 cumplen con los requerimientos necesarios para establecer un sistema de comunicación con la tecnología IoT y la estructura fundamental de una base de datos.



- Con la ayuda de la plataforma de programación y cálculo numérico versión educativa se analizaron las gráficas del comportamiento de los PID's en las tres zonas, de manera que se observó puntos estables, fluctuantes, puntos crecientes y decrecientes.
- El uso de dispositivos electrónicos de tamaño reducido y plataformas de programación es una gran alternativa para la incursión de nuevos métodos de diagnóstico para motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica sin la necesidad de hacer uso de tecnología sofisticada.
- Mediante el uso de software aplicados de esquemas de circuitos eléctricos y electrónicos se diseñó el módulo genérico de diagnóstico portable y fácil de manipular.



- Se recolectó una muestra de catorce vehículos de las marcas más demandantes en el país como es el caso de Chevrolet, Kia, Hyundai, Great Wall y DFSK, de modo que cada fabricante utiliza su propio protocolo de comunicación y velocidad de transmisión de datos.
- Mediante la aplicación del modelo matemático en el proceso de validación de datos se obtuvo un nivel de certeza para las tres pruebas de diagnóstico por vacío, para la prueba a marcha mínima o ralentí se obtuvo un 94,1% de certeza, para la prueba de aceleración progresiva la certeza es de 86,7% y la certeza en la prueba de aceleración brusca es de 91,1%.
- Se estableció una relación directamente proporcional del valor del sensor MAP y la lectura del vacuómetro estableciendo un valor de 22kPa en marcha mínima con una velocidad de giro del cigüeñal de 800 a 900 RPM.



- Con los parámetros establecidos por el sensor MAP y la presión barométrica de 71 kPa se extrapolaron e interpolaron valores para la construcción de tablas de diagnóstico de consulta a diferentes intervalos de altitud con la finalidad de establecer un diagnóstico estandarizado para las cuatro regiones del país.
- Se diseñó una interfaz gráfica y una aplicación web accesible para todos los dispositivos móviles u ordenadores que se muestra de manera estética y didáctica de fácil uso y manipulación.



- Identificar el DLC del vehículo de prueba que tenga conexión a 16 pines.
- Los algoritmos aumentan su porcentaje de certeza de forma adaptiva, a medida que aumenta el número de muestras disponibles para el aprendizaje automático.
- Para aplicación de vacío se debe revisar el instrumento de medida que este en cero y los acopes estén en perfecto estado, además que las mangueras no estén obstruidas.
- Para que no exista errores en la extracción de datos, el módulo debe alojarse en un lugar adecuado o una superficie plana.
- Para el enlace de datos de la interfaz gráfica con la aplicación web se debe ingresar la misma dirección IP del ordenador o dispositivo móvil.
- Se recomienda seguir el procedimiento adecuado de 45 o 60 segundos para realizar el diagnóstico de las tres pruebas, caso contrario el reporte de motor entregará un resultado un diagnóstico erróneo.



- No trabajar con voltajes altos, ya que el adaptador OBD-II UART V1 trabaja con 5 voltios y el microcontrolador con 3,3 voltios.
- El cable de 5 voltios del adaptador OBD-II UART V1 no se conecta ya que cada dispositivo tiene fuente de alimentación propia.
- Para el uso de plataformas de programación y cálculo numérico versión educativa se debe contar con un procesador mínimo de 8GB de capacidad en su memoria RAM.
- Antes de usar el módulo genérico de diagnóstico se debe leer la guía de uso, donde se detalla el proceso de conexión e instalación.
- Revisar la tabla de vehículos compatibles con el adaptador OBD-II UART antes de ejecutar cualquier diagnóstico.





HAY QUE INTENTAR

**SER EL MEJOR**

PERO NUNCA

**CREERSE EL MEJOR**

- Juan Manuel Fangio



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