



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“DETECCIÓN DE FALLAS A TRAVÉS DEL MODELO FUZZY LOGIC O DECISIÓN POR UMBRALES EN SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE VEHÍCULOS CON COMUNICACIÓN CAN”

CRISTIAN GERMAN SANTIANA ESPIN

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Postgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de Magíster en:

**MAGISTER EN SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL**

Riobamba - Ecuador

Junio 2018

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad **Proyectos de Investigación y Desarrollo**, denominado **“DETECCIÓN DE FALLAS A TRAVES DEL MODELO FUZZY LOGIC O DECISIÓN POR UMBRALES EN SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE VEHICULOS CON COMUNICACIÓN CAN”**, de responsabilidad del Sr. Cristian Germán Santiana Espín ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Dr. Fredy Proaño Ph.D
PRESIDENTE

FIRMA

MSc. Miguel Pérez
DIRECTOR

FIRMA

MSc. Juan Carlos Castelo
MIEMBRO

FIRMA

MSc. Henry Vallejo
MIEMBRO

FIRMA

Riobamba, junio 2018

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Cristian Germán Santiana Espín, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Cristian Germán Santiana Espín
180406630-4

©2018, Cristian Germán Santiana Espín

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Cristian Germán Santiana Espín, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, 12 de junio de 2018

Cristian Germán Santiana Espín
180406630-4

DEDICATORIA

A mi familia en especial a mis hijas Gissel y Jeaslyn por ser el motor que impulsa a plantearse retos de superación académica, para mejorar la calidad de vida de la familia.

Espero que esto sea un ejemplo de superación y entrega a las cosas que uno se plantea y le gusta.

Cristian.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la salud y la perseverancia, a mi familia por el empuje y la paciencia, a mis docentes por darme la formación y a los tutores por el tiempo dedicado para poder culminar con el trabajo. Recalco mi agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas para mi desarrollo profesional.

Cristian.

CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
CAPITULO I	
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Sistematización del problema	3
1.4 Justificación de la investigación	3
1.5 Objetivos de la investigación.....	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos	4
1.6 Hipótesis	5
CAPITULO II	
2 MARCO REFERENCIAL.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Sistemas de Inyección Electrónica	6
2.2.1 Gestión Electrónica en el Vehículo	7
2.2.2 Sistemas en la Inyección Electrónica	8
2.2.2.1 Suministro de Aire.....	8
2.2.2.2 Suministro de Combustible	8
2.2.2.3 Parte Electrónica	9
2.2.3 Tipos de sistemas de inyección electrónica de combustible	9
2.2.3.1 Por la ubicación del Inyector	9
2.2.3.2 Por el número de inyectores	9
2.2.3.3 Por el sincronismo de la inyección	10
2.2.3.4 Por el sistema de control y accionamiento de los inyectores	11
2.2.4 Elementos que intervienen en los sistemas de inyección electrónica	12
2.2.4.1 Sensores.....	12
2.2.4.2 Actuadores.....	19

2.3	Sistemas Automotrices CAN	32
2.3.1	Tipos de configuraciones de una red CAN	33
2.3.2	Características del protocolo CAN	33
2.3.3	Elementos del sistema Can-Bus	34
2.3.3.1	Cables.....	34
2.3.3.2	Elemento de Cierre o Terminador.	35
2.3.3.3	Controlador	36
2.3.3.4	Transmisor / Receptor	36
2.3.4	Proceso de Transferencia y Recepción de Datos	37
2.3.4.1	Suministro del Dato.....	37
2.3.4.2	Envío del Dato	37
2.3.4.3	Recepción del Dato	38
2.3.4.4	Comprobación del Dato	38
2.3.4.5	Aceptación de Datos.....	38
2.3.5	Conector del sistema CAN	39
2.3.5.1	Descripción de los Pines	39
2.3.6	Parámetros de identificación de componentes PID	40
2.3.6.1	PID´s primarios:	40
2.3.6.2	PID´s secundarios:	41
2.4	Inteligencia artificial	43
2.4.1	Modelos usados para la Detección de Fallas	43
2.4.1.1	Estimación de Parámetros.....	44
2.4.1.2	Relación de Paridad.....	45
2.4.1.3	Observadores	46
2.4.1.4	Redes Neuronales.....	48
2.4.1.5	Fuzzy Logic.....	49
2.4.2	Fuzzificación	50
2.4.2.1	Bloque de Inferencia	52
2.4.3	Defuzzificación	53

CAPITULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION	57
3.1 Diseño de la Investigación	57
<i>3.1.1 Tipo de Diseño de Investigación</i>	57
<i>3.1.2 Métodos de Investigación</i>	57
<i>3.1.3 Enfoque de la Investigación</i>	57
<i>3.1.4 Alcance de la Investigación</i>	58
<i>3.1.5 Unidad de Análisis</i>	58
3.2 Procedimientos para el cumplimiento de los objetivos	58
<i>3.2.1 Adquisición de Datos bajo la comunicación CAN</i>	60
<i>3.2.2 Análisis de los datos obtenidos para determinar los umbrales</i>	63
<i>3.2.3 Determinación del modelo para detectar fallas en el sistema de inyección del vehículo</i>	64
<i>3.2.4 Diseño del Sistema de detección de fallas</i>	67
<i>3.2.5 Diseño de la interfaz</i>	69
4 ANALISIS DE RESULTADOS	71
4.1 Adquisición de Datos de la ECU por comunicación CAN	71
4.2 Clasificación de los datos obtenidos de la adquisición y definición de rangos	74
4.3 Definición de reglas y validación según el manual y los datos obtenidos	74
4.4 Interfaz del Sistema de Detección de Fallas en Labview	77
4.5 Validación de resultados en la detección de fallas	81

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1 Conclusiones	83
5.2 Recomendaciones	85

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: PIDs Primarios de Vehículo	40
Tabla 2-2: PID Secundarios del Vehículo	41
Tabla 3-3 Valores Lingüísticos para las Variables	66
Tabla 4-3 Fallas comunes del vehículo	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2 Gestión electrónica del vehículo.....	8
Figura 2-2. Sistemas de inyección por el número de inyectores.....	10
Figura 3-2. Comparación de los sistemas de inyección, según los inyectores.	11
Figura 4-2. Estructura interna de un TPS tipo potenciómetro.	14
Figura 5-2. Conexión eléctrica de un sensor Engine Cooland Temperature	16
Figura 6-2. Sensor MAF.....	18
Figura 7-2. Constitución Física de un sensor de Oxígeno.....	19
Figura 8-2. Bobina de encendido.....	20
Figura 9-2. Pulso en la Bobina	21
Figura 10-2. Bobina DIS con transistor incorporado.....	22
Figura 11-2. Transistor IGBT para la activación de los inyectores	23
Figura 12-2. Bobina que se encuentra sobre el cilindro.....	24
Figura 13-2. Esquema de la Bobina.....	24
Figura 14-2. Bobina COP con transistor incorporado.....	25
Figura 15-2. Esquema eléctrico Bobina COP.....	26
Figura 16-2. Esquema eléctrico de las bobinas de los Inyectores.....	27
Figura 17-2. Bobina COP con modulo Incorporado	28
Figura 18-2. Esquema Eléctrico Bobina COP con modulo Incorporado	28
Figura 19-2. Circuito IGF - Ignition Generation Circuit.	29
Figura 20-2. Característica para generar la señal IGF.....	30
Figura 21-2. Ondas de Comportamiento de Corrientes.....	31
Figura 22-2. Secuencia de Activación de Inyectores.....	31
Figura 23-2. Red CAN agrupando los módulos del vehículo.....	32
Figura 24-2. Elemento CAN – Bus - Cables.	35
Figura 25-2. Elementos de Cierre o terminadores	35
Figura 26-2. Controladores.....	36
Figura 27-2. Transmisor – Receptor.	37
Figura 28-2. Aceptación de datos	38
Figura 29-2. Conector OBD II.....	39
Figura 30-2 Proceso del Sistema Fuzzy	49
Figura 31-2 Ejemplo de Funciones de membresía triangular y trapezoidal	51
Figura 32-2 Ejemplos de campanas de Gauss	52

Figura 33-2 Ejemplos de funciones sigmoideas – S y -Z.....	52
Figura 34-2 Ejemplo de centroide	54
Figura 35-2 Ejemplo de la altura del centro de área.	54
Figura 36-2 Ejemplo del centro máximo.....	55
Figura 37-2 Ejemplo del primer máximo	55
Figura 38-2 Ejemplo del promedio máximo	56
Figura 1-3 Diagrama de Flujo del Sistema.....	59
Figura 2-3. Tarjeta y Adaptador USB utilizado para la adquisición de Datos	60
Figura 3-3. Bloque de la Aplicación Automotive Diagnostic	60
Figura 4-3. Funciones Generales de Automotive Diagnostic.....	61
Figura 5-3. Bloques utilizados para la Adquisición de Datos	61
Figura 6-3. Flujograma para la lectura de Datos	62
Figura 7-3. Programación para generar los archivos de las mediciones	62
Figura 8-3 Programación para la aplicación de las fórmulas de los PID	63
Figura 9-3 Programación para la Detección por Umbrales	64
Figura 10-3 Bloque de configuración de la Función de comparación	65
Figura 11-3 SubVI de Comparación	65
Figura 12-3 Pantalla de las Funciones de Membresía de las entradas y Salidas	67
Figura 13-3 Condiciones de Prueba en estado Estático	68
Figura 14-3 Condiciones de Prueba en estado Dinámico.....	68
Figura 1-4 Pantalla de la Programación lectura de PID´s	72
Figura 2-4 Pantalla para Identificar los PID Existentes	72
Figura 3-4 Programación de tendencias y monitoreo	73
Figura 4-4 Programación de tendencias y monitoreo	73
Figura 5-4 Programación del Diagnóstico en estado Estático y Dinámico	74
Figura 6-4 Regla Programada.....	75
Figura 7-4 Validación de la Regla	76
Figura 8-4 Test de una regla en la forma grafica	76
Figura 9-4 Test de una regla en la forma grafica	77
Figura 10-4 Pantalla de PID´s	78
Figura 11-4 Pantalla de PID´s deshabilitado el check	78
Figura 12-4 Pantalla de Monitoreo por Tendencias.....	79
Figura 13-4 Pantalla de Monitoreo por Tendencias.....	79
Figura 14-4 Pantalla de Diagnostico Estático.....	80

Figura 15-4 Pantalla de Diagnostico Dinámico.....	80
Figura 16-4 Pantalla de Diagnostico Dinámico.....	81

RESUMEN

Con el fin de aportar en el diagnóstico automotriz se pretende facilitar un sistema de detección de fallas en el sistema de inyección electrónica de vehículos comunicados con el protocolo CAN, que ayude de forma eficiente reduciendo el riesgo y la complejidad que presenta, para lo cual se utilizó una tarjeta de adquisición de datos DAQ dedicada a este protocolo con el software LabView 2016 para tomar los parámetros de identificación PID's que posee el vehículo y posteriormente identificar los rangos de operación para establecer los límites que se utilizó en la detección de umbrales de cada señal de igual manera para determinar los rangos de las variables lingüísticas que se tiene en las funciones de membresía de entrada del modelo Fuzzy Logic, el mismo que se encargara de detectar fallas en los diferentes sistemas que involucra la inyección electrónica del vehículo por medio de combinaciones programadas en reglas según la experiencia del técnico automotriz y un manual de taller de Hyundai, estas fallas fueron registradas en pruebas estática y dinámica. La evaluación de fallas se realizó en un automóvil KIA Sportage 2013, durante las pruebas antes mencionadas las fallas se presentan eventualmente por lo que fue necesario registrar la frecuencia con la que presentan las fallas y de esta manera identificar las fallas que con mayor frecuencia se presenta en cada sistema del vehículo al momento de sacar el reporte final. De esta manera el sistema es útil para el fin planificado permitiendo realizar un monitoreo en tiempo real del vehículo permitiendo posteriormente a identificar fallas que no solo se presenten eventualmente, para el análisis se debe considerar o determinar inicialmente cuales son los PID's existentes en el vehículo para tener un buen rendimiento, es importante continuar el estudio de detección de fallas con otros modelos de inteligencia artificial.

Palabras clave: <DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ>, <DETECCIÓN DE FALLAS>, >FUZZY LOGIC>, <TARJETA DE ADQUISICIÓN DAQ>, <INYECCIÓN ELECTRÓNICA>, <COMUNICACIÓN CAN>.

ABSTRACT

In order to contribute to automotive diagnostics, it is intended to provide a system for detecting faults in the electronic injection system of vehicles communicated with the CAN protocol, which will help efficiently reducing the risk and complexity it presents, for which; a DAQ data acquisition card dedicated to this protocol was used with LabView 2016 software to take the identification parameters PIDs that the vehicle owns and later identify the operating ranges to establish the limits that were used in the detection of thresholds of each signal in the same way to determine the ranges of the linguistic variables that are in the functions of entrance membership of the Fuzzy Logic model, which will be in charge of detecting faults in the different systems that involve the electronic injection of the vehicle by means of combinations programmed in rules according to the expertise of the automotive technician and a workshop manual of Hyundai, these failures were recorded in static and dynamic tests. The evaluation of faults was made in a KIA Sportage 2013 car, during the aforementioned tests the faults are presented eventually, so it was necessary to record the frequency with which they present the faults and in this way identify the faults that occur most frequently in each vehicle system at the time of the final report. In this way the system is useful for the planned purpose allowing real-time monitoring of the vehicle, allowing subsequently to identify faults that not only occur eventually, for the analysis must be considered or initially determine which are the PID's in the vehicle to have a good performance, it is important to continue the fault detection study with other models of artificial intelligence.

Keywords: <AUTOMOTIVE DIAGNOSTICS>, <FAULT DETECTION>, <FUZZY LOGIC>, <DAQ ACQUISITION CARD>, <ELECTRONIC INJECTION>, <CAN COMMUNICATION>.

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Desde el año 1986 ha incursionado la tecnología de la información en los vehículos con el protocolo CAN (Controller Area Network) con la firma de Bosch GmbH, lanzado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE. Desde entonces se cuenta con muchos equipos de diagnóstico de averías en los sistemas automotrices bajo este protocolo, sin dejar de lado los protocolos asociados a la interfaz OBD II.

En la actualidad entre los diferentes equipos de diagnóstico se encuentran los Scanner Automotrices, que permite hacer la revisión de los sistemas del vehículo por medio de códigos de fallas. Sin embargo, para contar con la solución de la avería es necesario la revisión de los factores que hacen que reporten la falla, permitiendo al técnico realizar un cambio de piezas con la técnica de prueba y error. Para lo cual es necesario que técnicos especialistas automotrices interpreten los componentes que se encuentran adheridos al evento de falla que indica el equipo de diagnóstico.

Existe en la actualidad equipos de diagnóstico automotriz con un alto índice de confiabilidad y con interfaces graficas poderosas para interactuar entre el ingeniero automotriz y el vehículo, sin embargo para acceder a estos equipos involucra una inversión elevada para la adquisición y un conocimiento profundo del sistema de inyección asociada al vehículo que se encuentra en análisis, además del riesgo que existe durante el diagnostico al tener que el encargado del diagnóstico estar en contacto directo con el motor en marcha.

Los eventos de falla en los vehículos por lo general son analizados luego de haberse presentado y haber provocado algún daño, esto involucra una para en el vehículo que lleva consigo a un mantenimiento correctivo del automotor para que pueda volver a entrar en funcionamiento. Si fuera el caso de que estas fallas se encuentren en los vehículos de transporte público estaríamos pensando en pérdidas económicas para los propietarios.

El uso de técnicas de inteligencia artificial para la detección y clasificación de fallas han dado resultados satisfactorios en grupos electrógenos (Benigno & Barrios, 2013), líneas de transmisión de sistemas eléctricos de potencia (Calderón, 2008) y con análisis realizados para detectar fallas en los sensores (Georg, 2014), el análisis de fallas en una planta compresora (Arteaga & Carabobo, 2003) y de un generador de vapor (Cely, Estupiñan, & Rivera, 2015).

A nivel de América Latina aún no se encuentran compañías desarrolladoras de nuevas tecnologías para la detección de fallas únicamente se cuenta con empresas que se dedican a ensamblar autos, excepto México que han desarrollado algoritmos para detección de fallas en los vehículos. Dando paso a la industria Asiática y Europea a monopolizar el mercado automotor. (Acosta, Pablo, & Gonz, 2014)

En el Ecuador sucede algo peor, las mecánicas automotrices al contar con técnicos empíricos, mientras avanza la tecnología el diagnóstico de averías en el vehículo se vuelve más complejo que antes convirtiéndose en un diagnóstico de prueba y error, necesitando cada vez una continua actualización y requiriendo del ingeniero automotriz con todos los equipos de diagnóstico convencionales. Sin embargo, una alternativa para ayudar al diagnóstico se ve conveniente que varios equipos ayuden o permitan realizar diagnóstico general y mostrar con certeza la falla del vehículo.

De manera principal en la ciudad de Riobamba la detección de fallas en los vehículos se realiza con diagnóstico de prueba y error hasta determinar las fallas de forma acertada, sin embargo, es importante mencionar que en algunos centros de mecánica automotriz tienen la presencia permanente del ingeniero automotriz con los equipos de diagnóstico convencionales que logran disminuir el tiempo de diagnóstico.

Con estos antecedentes se pretende brindar una solución a la detección de fallas del sistema de inyección electrónica, aplicando modelos de control inteligente poder realizar un sistema que permita conocer los eventos de fallas sin necesidad de ser un experto en el área automotriz ni de muchos equipos.

1.2 Formulación del problema

¿Los sistemas expertos con inteligencia artificial son de gran ayuda y facilitan las detecciones de eventos de fallas, en los sistemas de inyección?

¿Los equipos de diagnóstico convencionales están en la capacidad de entregar las fallas exactas del sistema de inyección del vehículo?

1.3 Sistematización del problema

- a. ¿Cuáles son las señales que poseen de comunicación CAN con la ECU asociada a un sensor o actuador existentes en el sistema de inyección electrónica?
- b. ¿Cuál es el modelo adecuado para cada realizar la detección de fallas en cada uno de los sensores?
- c. ¿Cuál es el mejor modelo para la verificación y la validación en el sistema de detección de falla en los vehículos?
- d. ¿Los modelos seleccionados son los adecuados para poder analizar fallas en el sistema de inyección de un vehículo con comunicación CAN?

1.4 Justificación de la investigación

Apegados a los objetivos gubernamentales de “Impulsar la matriz productiva, en el lineamiento de fortalecer un valor agregado a los prestadores de servicios”, en este caso del servicio de mantenimiento automotriz, requiere crear sistemas inteligentes capaces de detectar fallas en el sistema de inyección del automóvil, de manera tal que facilite y mejore el tiempo de diagnóstico de fallas que presente dichos vehículos, permitiendo la fácil, rápida y efectiva respuesta de las fallas encontradas del vehículo en el sistema de inyección.

Además, con el fin de “Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica”, con el propósito de que a futuro el sistema que se desarrolle sea mejorado y de ser posible llevado a una plataforma móvil, para facilitar el acceso a una alternativa tecnológica para los técnicos que desarrollan el diagnóstico automotriz.

En tal virtud como primer paso es la revisión bibliográfica de aplicaciones de fuzzy logic y detección de fallas por umbrales para la detección de fallas, y determinar las reglas adecuadas para el sistema de inyección de combustible del automóvil, el mismo que permitirá tomar una decisión acertada en los problemas que se presenten durante el diagnóstico.

Dentro de los beneficiarios directos del proyecto tenemos a los talleres mecánicos específicamente al personal que se encuentra encargado del diagnóstico y detección de fallas e indirectamente se benefician los clientes o usuarios de automóviles disminuyendo tiempos de diagnóstico y por ende en la reparación de averías de su vehículo.

De esta manera se contribuye con la ciencia en temas de detección de fallas para vehículos utilizando modelos de fuzzy logic y detección de umbrales, cuando ya se conoce los diferentes comportamientos de los sensores asociados a la red CAN del automóvil. Facilitando a hacer uso del sistema en el ámbito automotriz como un aporte o una contribución de la inteligencia artificial en este campo.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Facilitar un sistema de detección de fallas en el sistema de inyección electrónica de vehículos comunicados con el protocolo Controller Area Network (CAN), que ayude de forma eficiente reduciendo el riesgo y la complejidad que presenta el diagnóstico automotriz.

1.5.2 Objetivos específicos

- ✓ Extraer las señales en tiempo real de los sensores y actuadores que se encuentren enlazados con la unidad de control del motor (ECU) del vehículo.
- ✓ Realizar el pre procesamiento de los datos obtenidos del vehículo para ser validados y clasificados de acuerdo a los parámetros que indica el manual de mantenimiento.
- ✓ Definir las reglas para la detección de fallas en cada uno de los sensores y con la combinación de parámetros del sistema de inyección electrónica del motor.
- ✓ Implementar una interfaz amigable de detección de fallas para el sistema de inyección de los vehículos con comunicación CAN.
- ✓ Validar el sistema de detección de fallas con vehículos que presenten problemas en su sistema de inyección.

1.6 Hipótesis

El uso del modelo Fuzzy Logic y detección por umbrales permitirá detectar fallas en un sistema de inyección electrónica de un vehículo con comunicación CAN.

CAPITULO II

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

(Acosta et al., 2014) menciona que para realizar en detección de fallas con el método basado en Maquina de Soporte de Vectores Multiclase, para la dinámica lateral de un automóvil es necesario contar con bases de datos en operación normal y una base de datos con fallas en su operación. Tomando este antecedente para la utilización en nuestro caso de estudio resulta deberías tomar varias bases de datos con reemplazando a los sensores que se encuentra en perfectas condiciones por sensores con fallas.

(Cely et al., 2015) menciona una aplicación realizada con lógica difusa para un generador de vapor, simulado en simulink de Matlab, para lo cual manifiesta que es necesario realizar con datos históricos del proceso y además con la experiencia del experto que permita identificar las posibles fallas que puedan presentarse.

(Hurtado-cortés, Villarreal-lópez, & Villarreal-lópez, 2016) realizan un estado del arte de técnicas de detección de fallas utilizando varias técnicas de sistemas expertos dentro de ellos detallando algunos ejemplos con diferentes técnicas de diagnóstico e identificación de fallas en casos de estudio tanto en la industria.

(Arteaga & Carabobo, 2003) En el diseño de un sistema de detección de fallas para una planta compresora presenta el procedimiento y una validación del modelo de lógica difusa para encontrar fallas en los diferentes subprocesos de la planta, asegurando que muestra una confiabilidad para realizar la detección por medio de comparaciones.

2.2 Sistemas de Inyección Electrónica

La inyección electrónica surgió como consecuencia de la necesidad de disminuir el consumo de combustible y tener una mejor distribución de la mezcla para poder desarrollar mayores potencias en los diferentes motores a gasolina, no obstante, la inyección electrónica está ligada directamente

con las regulaciones ambientales, así como también con diferentes normativas favorables al ambiente. Reemplazando a sistemas convencionales de inyección como es el carburador (Parera, 1990)

La inyección electrónica antes de ser utilizada en los motores de vehículos fue probada en aviones, se tiene registro de que la primera vez que se utilizó un sistema de inyección de combustible fue en Indianápolis de las 500 millas teniendo un sistema de inyección continua en el año de 1949. (RUEDA SANTANDER, 2006)

Para el año de 1957 Chevrolet introdujo su primer motor con inyección de combustible dando paso a la producción de autos en serie, para los años posteriores se tenían ya instalados sistemas de carburadores electrónicos y como evolución a ello sistemas de inyección mono punto. Este fue el inicio para que muchos fabricantes de autos vean como alternativa de innovación la inyección electrónica. (RUEDA SANTANDER, 2006)

(RUEDA SANTANDER, 2006) Manifiesta que para el proceso de combustión es necesario que se cumpla una proporción estequiometría entre aire y oxígeno, acotando que la proporción ideal teórica es de una parte de gasolina por 14.7 partes de aire.

2.2.1 Gestión Electrónica en el Vehículo

El modelo de gestión electrónica consiste en recopilar información de los sensores para acondicionar en datos que sea reconocido por el microprocesador de la ECU, para la toma de decisiones y respuesta por el accionamiento de los actuadores de los diferentes sistemas que intervienen en el vehículo.

Una parte básica del equipo de gestión del motor es la Unidad Electrónica de Control (ECU), ya que recibe todas las informaciones de los captadores y sondas, y se encarga de su tratamiento para dar órdenes precisas para una correcta dosificación de la mezcla. Como se representa a continuación.(Flórez, 2007)

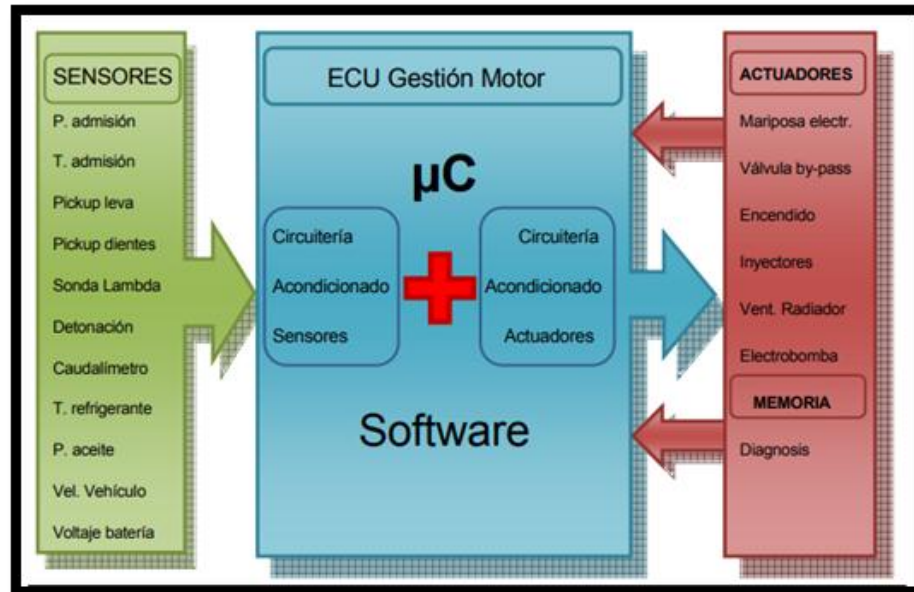


Figura 1-2 Gestión electrónica del vehículo
Fuente: Flores, 2017, pag18

2.2.2 *Sistemas en la Inyección Electrónica*

Para tener una dosificación eficiente de combustible – aire como lo indica la proporción estequiométrica es importante revisar los tres sistemas principales de la inyección electrónica.

2.2.2.1 *Suministro de Aire*

El aire ingresa a un ducto, en donde se controla por una válvula mariposa al accionar el pedal del acelerador dosificando la entrada de aire más no el combustible, por medio de un sistema eléctrico que permite el paso de aire para el funcionamiento de la marcha mínima.

2.2.2.2 *Suministro de Combustible*

La bomba sumergida en el tanque envía combustible hacia los inyectores, manteniendo la presión constante en el riel de inyectores y el residuo retorna al tanque. Estos inyectores son válvulas eléctricas que pulverizan y dosifican el combustible a la cámara de combustión.

2.2.2.3 Parte Electrónica

La computadora conocida también como ECU, es la encargada de dosificar el combustible controlando los tiempos de apertura de los inyectores según la temperatura del motor, velocidad del motor, carga y la posición de la válvula mariposa, variables que son captadas por sensores.

2.2.3 Tipos de sistemas de inyección electrónica de combustible

La clasificación de los sistemas de inyección electrónica se puede clasificar por el número de inyectores, por la ubicación del inyector, por el sincronismo de la inyección y por el sistema de control y accionamiento de los inyectores. (RUEDA SANTANDER, 2006)

2.2.3.1 Por la ubicación del Inyector

- Directa en el cilindro, este tipo se encuentra en contacto con la cámara de combustión y lanza el combustible al interior de esta. Es muy poco utilizado debido al corto tiempo para realizarse la mezcla y por los problemas tecnológicos del inyector al estar expuesto a altas presiones y temperaturas. (RUEDA SANTANDER, 2006)
- Indirecta en el colector de admisión, se encuentra situado muy cerca de la válvula de admisión, en el colector de admisión.

2.2.3.2 Por el número de inyectores

Por el número de inyectores tenemos sistemas de inyección tenemos los sistemas de inyección electrónica mono punto y multipunto.

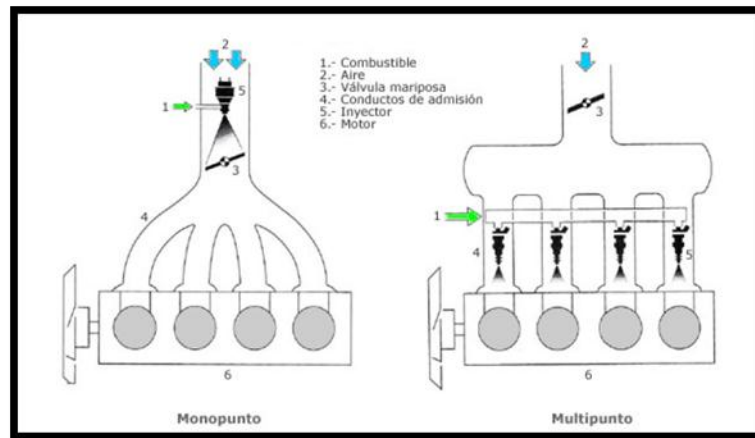


Figura 2-2. Sistemas de inyección por el número de inyectores
Fuente: www.mecanicavirtual.org/inyecci-gasoli-intro.htm

2.2.3.3 Por el sincronismo de la inyección

- Simultanea: debe ser indirecta y se basa en inyectar el combustible simultáneamente en todos los inyectores a cierta frecuencia que no necesariamente coinciden con la apertura de la válvula del cilindro, acumulándose el combustible en el colector de la admisión, cuando la válvula esté cerrada. Cuando se abre ingresa la mezcla acumulada, esto cíclicamente.
- Semisecuencia: inyecta combustible de abriendo y cerrando los inyectores de dos en dos.
- Secuencial: La inyección se produce únicamente cuando se abre la válvula de admisión.

El inyector regula la cantidad de combustible que ingresa de acuerdo al tiempo que permanece abierto, mientras que el régimen de giro del motor controla la frecuencia de apertura. (RUEDA SANTANDER, 2006)

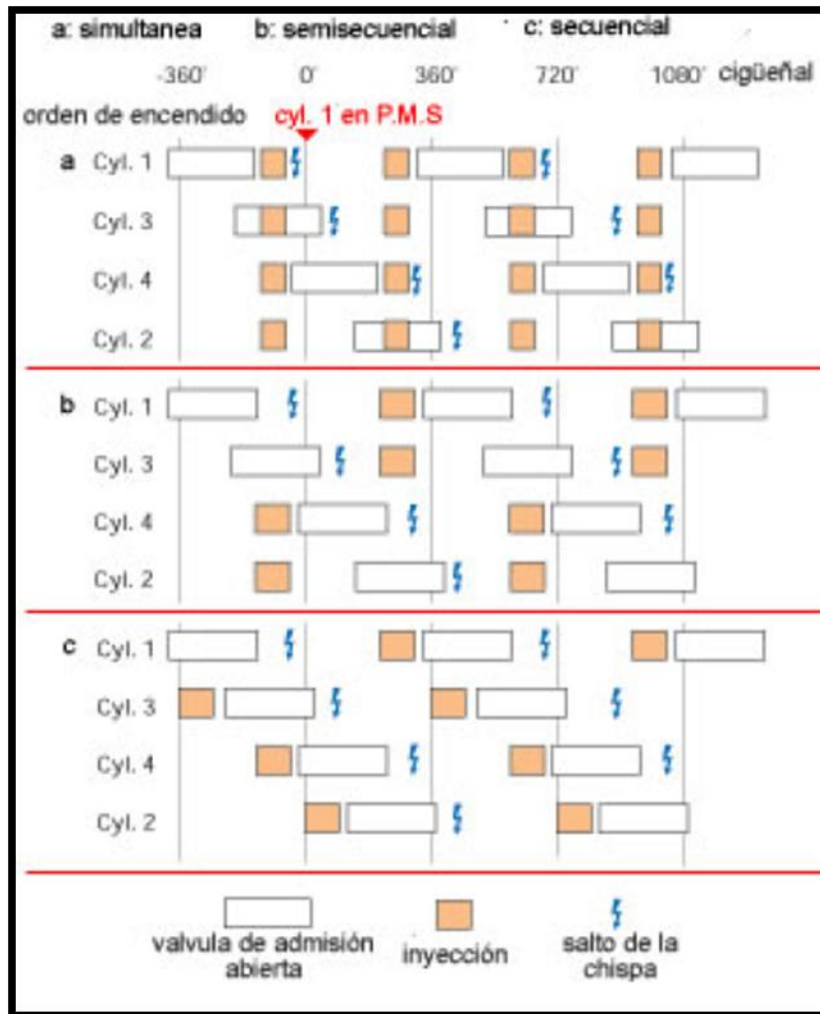


Figura 3-2. Comparación de los sistemas de inyección, según los inyectores.
Fuente: www.mecanicavirtual.org/inyecci-gasoli-intro.htm

2.2.3.4 Por el sistema de control y accionamiento de los inyectores

- Mecánica: control y accionamiento mecánico de los inyectores (K-Jetronic)
- Electromecánica: control electrónico y accionamiento mecánico de los inyectores (KE-Jetronic)
- Electrónica: control y accionamiento electrónico de los inyectores (L-Jetronic, LE-Jetronic, Motronic, Digifant)

Las combinaciones más usuales en los sistemas de inyección son las siguientes:

- Inyección directa, multipunto y secuencial
- Inyección indirecta, multipunto y secuencial

- Inyección indirecta, multipunto y simultánea.
- Inyección indirecta, mono punto y simultánea.

Sin embargo, es importante mencionar que en la actualidad se puede inyectar combustible según la necesidad, gracias al control y accionamiento electrónico.

Para el vehículo en análisis tenemos una inyección indirecta, multipunto y secuencial.

2.2.4 Elementos que intervienen en los sistemas de inyección electrónica

Entre los elementos generales y principales que se encuentran en los sistemas de inyección tenemos: sensores, actuadores y la unidad de control ECU.

2.2.4.1 Sensores.

Dentro de los diferentes sensores que tenemos en los sistemas de inyección electrónica detallamos sensores de fase, de posición, de temperatura, de apertura de aceleración, de golpeteo, entre otros que se detallarán a continuación.

- **Sensor CKP y CMP**

CKP sus siglas en inglés hacen referencia a Crankshaft Position. Este es un sensor de fase, ya que transmite información a la ECU a cerca de la fase en la que se encuentra el giro del cigüeñal, por otro lado tenemos el sensor CMP que en inglés significan Camshaft Position, por su parte este sensor es utilizado por la gestión electrónica como un sensor de posición, generalmente es encargado de la sincronización de inyección, tanto el CKP como el CMP pueden ser de algunos tipos, la teoría de operación variará siempre de un tipo de sensor a otro, recalando que mantendrá constante el principio que persigue medir dicho sensor, los diferentes tipos de estos sensor son: Tipo Inductivo, Tipo de Efecto Hall, Tipo óptico y en la actualidad se encuentran sensores denominados sensores activos por su principio de funcionamiento.

- **Sensor Inductivo**

Este tipo de sensor se lo conoce también con el nombre de reluctancia variable, es un sensor por lo general de dos cables, dentro de sus características principales es que este sensor genera su propio voltaje en función de los dientes de la rueda fónica que se encuentra enfrente hacia él. La señal

eléctrica de este tipo de sensor es senoidal, por lo que es conveniente expresar que genera voltaje de corriente alterna.

Dentro de las características principales de este tipo de sensores se encuentran que posee una resistencia alrededor de 200 hasta 2500 ohmios, un voltaje de 0,5 a 2 VAC cuando se encuentra en arranque, mientras que su señal cuando se encuentra en ralentí su voltaje está entre 1 y 4 VAC.

El valor de voltaje alterno depende fundamentalmente del número de dientes que posee la rueda fónica, el número de revoluciones y la separación que existe entre el sensor y los dientes de la rueda fónica.

- **Sensor de Efecto Hall**

Este tipo de sensor tiene la peculiaridad de entregar una señal digital, muy diferente a la que genera un sensor inductivo, dependiendo del número de dientes de la rueda fónica va a generar el mismo número de señales digitales que se establecen en una amplitud de cero a cinco voltios.

Los vamos a encontrar con tres cables en su conector, un cable será de alimentación que puede ser de 12 o 5 VDC, teniendo excepciones en algunos modelos de autos en los cuales funciona con 7.5 VDC, un segundo cable de tierra del sensor y finalmente la señal de 5 voltios.

- **Sensor óptico**

Usado primordialmente como sensor CMP, se encuentra ubicado en el interior de los distribuidores de los diferentes sistemas en los cuales está montado, su característica principal es que genera una señal digital igual al de un sensor por efecto hall con la amplitud de 0 a 5 VDC.

- **Sensor TPS**

El sensor TPS tiene su significado en inglés que es Throttle Position Sensor, que no es más que un sensor de posición de la aleta de aceleración, también conocida como mariposa de aceleración, este tipo de sensor siempre lo vamos a encontrar montado en el cuerpo de aceleración solidario al eje de la mariposa o lengüeta de aceleración, tenemos cuatro tipos de sensores TPS los cuales detallamos a continuación.

- **TPS tipo potenciómetro**

Este tipo de sensor es igual a un potenciómetro que no es más que un elemento eléctrico, su característica principal es que se trata de una resistencia variable con un cursor deslizable que a medida que se encuentra en cierta posición específica la resistencia será también específica, el

cursor deslizable recorre una pista resistiva para dar diferentes valores de resistencia a diferentes posiciones, este sensor posee tres cables, el uno será de alimentación de 5 voltios, un segundo cable de tierra y finalmente el cable de la señal.

A continuación, se puede apreciar la estructura interna de este tipo de sensores.

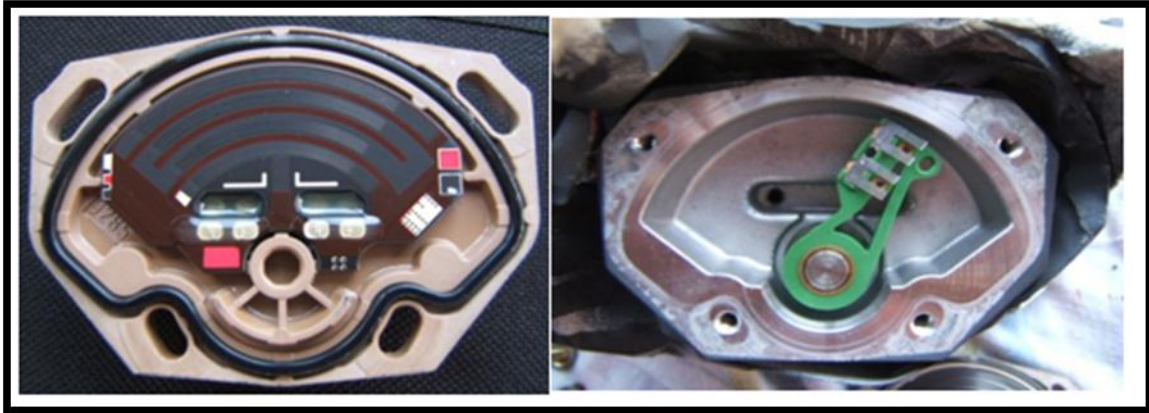


Figura 4-2. Estructura interna de un TPS tipo potenciómetro.

Realizado por: Santiana, Cristian, 2017.

- **TPS tipo interruptor**

Se trata de un sensor el cual tiene contactos internos que comunican generalmente tres posiciones de aceleración que son: Ralentí, media carga o aceleración al 50% y finalmente envía una señal cuando se encuentra en WOT, es un sensor básico y que en la actualidad ya no se lo utiliza porque ha sido desplazado por el sensor TPS tipo potenciómetro.

- **TPS mixto**

Se trata de una combinación de un sensor TPS tipo potenciómetro y un sensor de contactos, por lo cual este tipo de sensores puede llegar a tener de 4 a 5 cables, especificando que tres cables serán para la parte del potenciómetro del sensor y dos cables adicionales para la parte del contacto utilizado para controlar ralentí del motor.

- **TPS de efecto Hall**

Generalmente utilizados en aceleradores electrónicos en sensores de pedal del acelerador, se los conoce como APP, más adelante detallaremos este tipo de sensores y que función específicamente cumplen.

- **Sensores de temperatura.**

Entre los sensores de temperatura que interfieren en el sistema de inyección electrónica común tenemos los denominados ECT y el IAT, el primero se traduce en Engine Coolant Temperature, que no es más que el sensor que comunica a la ECU la temperatura a la que se encuentra el líquido refrigerante del motor para tener una referencia de temperatura de motor, esto es importante para poder establecer ancho del pulso de inyección en función de la temperatura de funcionamiento del motor y también es imprescindible para que la ECU controle la activación y desactivación del electro ventilador para que se refrigere adecuadamente el motor.

Por otra parte, el sensor de temperatura del aire o conocido como IAT que sus siglas en ingles significan Intake Air Temperature, es fundamental conocer la temperatura de aire a la entrada de la admisión puesto que dependerá de la temperatura del aire el valor de su densidad y como consecuencia el algoritmo de programación intrínseco en el módulo de control establecerá el ancho del pulso de inyección en función de la cantidad de oxígeno que pueda tener el aire.

Este tipo de sensores son de dos cables, teniendo una tierra en uno de los cables y la señal en su segundo cable, es importante especificar que se trata de un sensor que varía su resistencia en función de la temperatura, teniendo diferentes valores de resistencia a diferentes temperaturas, depende mucho del fabricante y del vehículo en el que se encuentre montado el sensor para poder establecer la resistencia que deberá tener el sensor así como también el valor de voltaje que deberá enviar a la ECU.

Estos sensores se los conoce como NTC que se refiere a un termistor de coeficiente negativo, tienen una conexión especial ya que internamente en la ECU se encuentra un divisor de tensión que alimenta de 5 voltios al sensor, cable por el cual se puede evidenciar ese valor de alimentación cuando no se encuentra conectado el sensor, pero cuando se encuentra conectado el sensor esa alimentación gracias al divisor de tensión interno de la ECU se convierte en la señal que emite el sensor hacia el módulo electrónico de control para su respectivo procesamiento.

A continuación, se puede visualizar un esquema de la conexión eléctrica de este tipo de sensores.

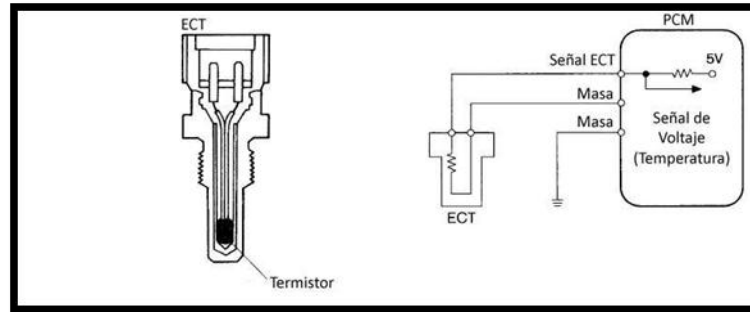


Figura 5-2. Conexión eléctrica de un sensor Engine Coolant Temperature
Fuente: Cise Electronics,2018, pág. 3.

- **Sensores de Presión**

Dentro de los sensores de presión tenemos los conocidos como MAP y el BPS, el sensor MAP es un sensor de presión de colector del múltiple, sus siglas en inglés representan Manifold Absolute Pressure, se encuentra dispuesto en el múltiple de admisión siempre en un lugar en donde exista vacío es decir luego de la mariposa de estrangulación, si no se encuentra montado directamente al múltiple, lo encontramos conectado a través de una manguera o conducto de vacío.

Tiene como finalidad enviar una señal eléctrica que represente la presión absoluta que se encuentra en el múltiple para que la ECU tenga una referencia de la cantidad de aire que está ingresando al motor y así poder ajustar el pulso de inyección para que la mezcla sea la más ideal posible en función de los diferentes regímenes de funcionamiento del motor.

Posee tres cables, uno de alimentación del sensor de 5 voltios, un segundo cable de tierra y finalmente la señal en el tercer cable, existen casos en los cuales tenemos 4 cables en el sensor MAP caso en el cual el cuarto cable será de la señal de la temperatura de aire ya que en estos casos se encuentran fusionados los dos sensores, tanto el de temperatura del aire como el de presión absoluta del colector.

Por otra parte, el sensor BPS no poseen todos los sistemas de inyección puesto que se trata de un sensor de presión barométrica, sus siglas manifiestan Barometric Pressure Sensor, se trata del mismo principio con la peculiaridad que se encuentra montado en cualquier parte del vano motor despejada su entrada para poder medir la presión barométrica sin complicaciones o interrupciones.

Estos tipos de sensores en su interior tienen un diafragma que en función de la cantidad de presión ejercida en uno de los lados el diafragma causa su deflexión, por lo que va a generar un efecto piezo resistivo.

- **Sensores de flujo**

Es importante que la unidad de control electrónico tenga la referencia de la cantidad de aire que está aspirando el motor para así poder establecer adecuada y oportunamente el ancho de pulso de inyección con la finalidad de llegar a una mezcla lo más estequiométrica posible. Por lo tanto, se hace necesario la utilización de sensores que midan la cantidad de aire que ingresa al motor por medio del flujo del mismo.

Este tipo de sensores se los conoce como sensores MAF o AFS, las siglas de MAF significan Mass Air Flow o en español se traduce en sensor de flujo de masa de aire, mientras que AFS se refiere a Air Flow Sensor, que traducido significa Sensor de Flujo de Aire.

Este tipo de sensores los encontramos de tres tipos con su principio de funcionamiento diferente, es así que tenemos sensores MAF analógicos, digitales de baja frecuencia y digitales de alta frecuencia.

Dentro de los sensores analógicos tenemos el sensor con el principio de funcionamiento de hilo caliente, que no es más que la aplicación del principio del puente de Wheatstong y también los tenemos del tipo potenciómetro.

A continuación, se puede apreciar tanto un esquema de conexión como la estructura física del sensor, con tres cables para su funcionamiento, es decir, un cable de alimentación, uno de tierra y el tercero de señal, podemos tener adicionalmente casos en los cuales este sensor posee 4, 5, 6 o 7 cables que dependiendo del número de sensores que se encuentren fusionados corresponderá cada cable en su conector. Es importante recalcar que este sensor siempre lo vamos a encontrar en la toma de aire antes de la lengüeta de estrangulación y después del depurador.

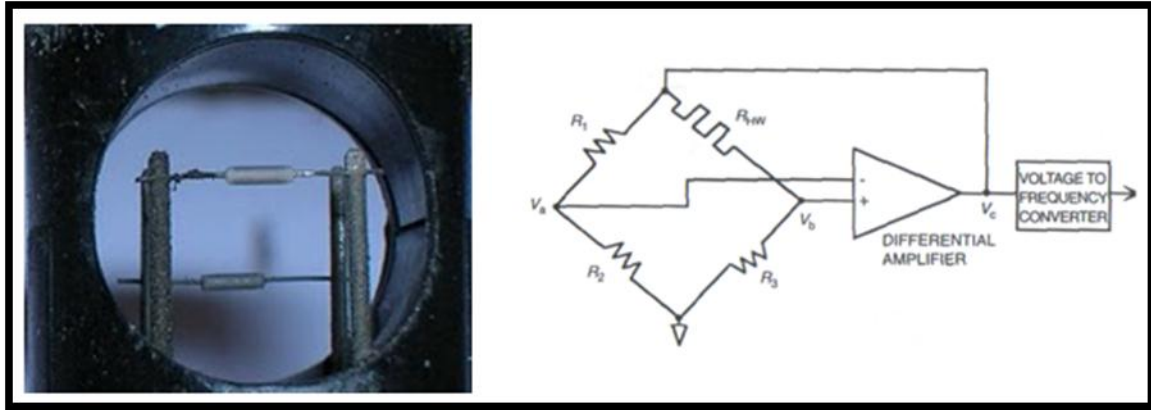


Figura 6-2. Sensor MAF

Realizado por: Santiana, Cristian, 2017

- **Sensores de Velocidad del Vehículo**

En cuanto a los sensores que transmiten la referencia de la velocidad del vehículo los tenemos de diferentes tipos entre los que se pueden mencionar están los sensores del tipo inductivo, de efecto hall y de interruptores.

Se encuentran ubicados por lo general en el eje, pero también se los encuentra en el diferencial, en algunos sistemas toma esta información del sensor del ABS de una de las ruedas delanteras.

- **Sensores de Oxígeno**

Los sensores de oxígeno son utilizados para una retroalimentación del sistema de inyección, por lo que son ubicados en el tubo de escape del motor en el cual mide la cantidad de oxígeno que poseen los gases combustionados para retroalimentar al sistema y establecer un adecuado pulso de inyección en función de la información de dicho sensor, ya que según la cantidad de oxígeno que se encuentran en los gases combustionados se puede determinar si la mezcla que se quemó estuvo rica o pobre.

Existen de tres tipos, teniendo entre los más conocidos el sensor de dióxido de zirconio, el cual trabaja con un voltaje de señal entre 0 y 1 voltio en teoría, el sensor HEGO de dióxido de titanio y en la actualidad existen sensores de banda ancha.

Son conocidos también como sensores HEGO que significa Heated Exhaust Gas Oxygen Sensor, que significa sensor de gases de escape.

Dentro de las características especiales del sensor de oxígeno de dióxido de zirconio tenemos que empieza a funcionar a una temperatura alrededor de 300 °C, se caracteriza por enviar una señal oscilada entre 0 y 1 voltio, si la señal se encuentra por debajo de 0,5 voltios se procesa como una mezcla pobre, mientras que si se encuentra por encima de 0,5 voltios se traduce en una mezcla rica.

La retroalimentación que cumple este sensor en el sistema de inyección es importante para las correcciones de combustible a corto y largo plazo. Es fundamental citar que este sensor genera su propio voltaje en función de la cantidad de oxígeno que crea una diferencia de potencial con el material cerámico que constituye dicho sensor. Es así que de este tipo de sensores los encontramos de 1, 2, 3 y de 4 cables, siendo los sensores de 3 y 4 cables sensores con aire acondicionado, los cuales tienen un calefactor interno para que de esta manera llegue en menos tiempo a su temperatura normal de funcionamiento y se pueda corregir rápidamente la relación estequiométrica entrando el sensor en lazo cerrado en menor tiempo.



Figura 7-2. Constitución Física de un sensor de Oxígeno
Fuente: <http://www.mecanicabasicacr.com/auto/funcion-del-sensor-de-oxigeno.html>

2.2.4.2 Actuadores

- **Bobina de encendido**

Existen en los nuevos modelos de vehículos sistemas de encendido, en los cuales se reemplaza el viejo distribuidor. Estos dispositivos se llaman de encendido estático, dentro de estos sistemas encontramos los DIS y COP principalmente.

- **Sistemas DIS.**

La bobina del tipo DIS, es lo que se llama un transformador puro, en esta bobina se presenta una activación del primario y en el secundario se tiene un circuito que pasa por dos cilindros al mismo tiempo.

En la siguiente figura se presenta el esquema eléctrico de un sistema DIS:

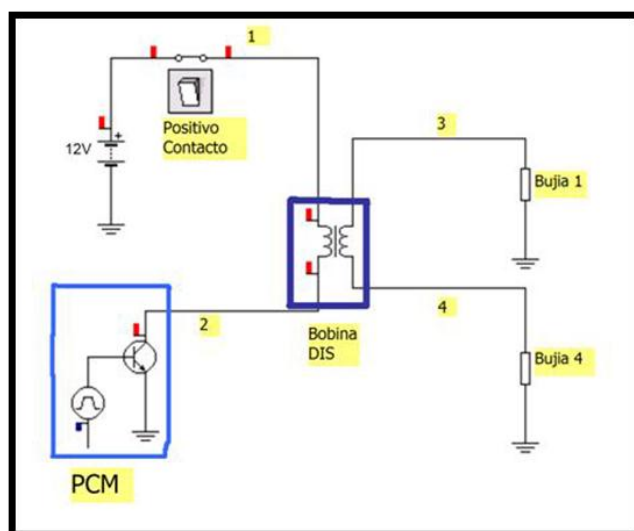


Figura 8-2. Bobina de encendido

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 5

En el esquema se puede interpretar que la bobina es un transformador el cual tiene un devanado primario y un devanado secundario, el primario es en el cual se encuentra el positivo de contacto y la activación del PCM, y en el secundario tenemos los cables de alta tensión hasta las bujías.

La alimentación de este componente es directa del sistema de carga, y es parte fundamental para un buen funcionamiento que este se encuentre siempre en valores adecuados.

La gestión electrónica que permite calcular el momento exacto para generar el pulso de masa al primario de la bobina, estará dada por la respectiva posición del CKP y el CMP. La duración y avance de este pulso dependen de la respectiva carga del motor y las condiciones de operación.

El pulso a masa en el primario de la bobina es el conocido ángulo DWELL, este tiempo que demora la masa en el primario de la bobina logra saturar el devanado primario y una vez que el PCM, suelta esta masa se genera la inducción al circuito secundario.

Si se analiza el punto 2 del esquema con un osciloscopio, encontraremos que cuando no se tiene pulso a masa se encuentra una línea positiva que debe tener el voltaje del sistema de carga, como se muestra en la figura 9-2.

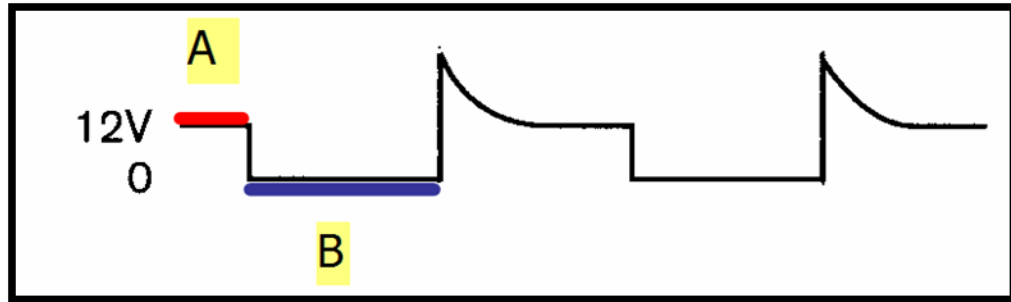


Figura 9-2. Pulso en la Bobina
Fuente: CISE electronics, 2018, pág.

En la parte A (sombreado rojo) se puede apreciar el voltaje positivo, este positivo que se registra pasa a través del devanado primario. Una vez que el PCM determina que es necesario colocar masa, o sea realizar la saturación de la bobina, esta línea baja a un estado de 0 (masa).

El tiempo que la bobina se encuentre a masa en su primario se muestra con la línea azul y la letra B, este se llama saturación.

La saturación es muy importante porque determina que tan bien va a quedar “cargada” la bobina y cambia de acuerdo a cada nivel de revoluciones del motor.

Esta saturación se ve sacrificada en altas revoluciones, por lo cual el sistema está diseñado para que en alto régimen se tenga una correcta saturación. Esto se da cuando se carga completamente la bobina, ahora como en bajas revoluciones se cuenta con mucho más tiempo para esta operación es necesario acortar esta saturación. Por eso en algunos casos se encuentran limitaciones de corrientes en bajas revoluciones.

Bobinas DIS transistor incorporado

En la siguiente imagen se muestra el arreglo interno que presenta este tipo de bobinas en las cuales a su interior se encuentran los transistores de potencia.

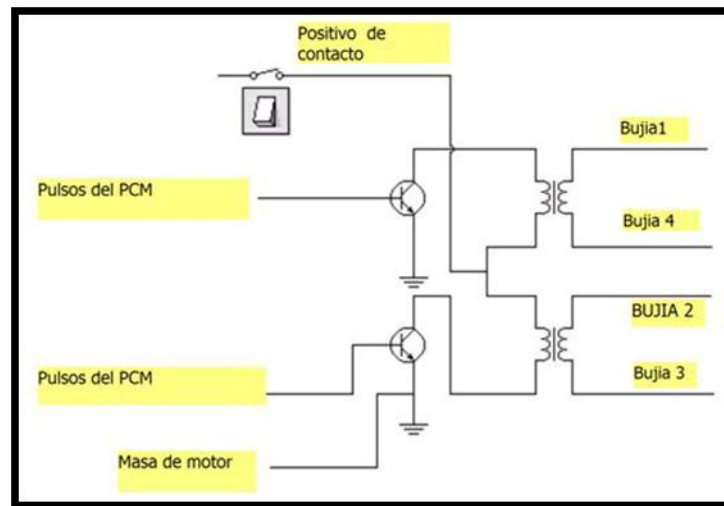


Figura 10-2. Bobina DIS con transistor incorporado
Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 7.

Ahora toda la bobina se ve como la figura, en este caso saldrán 4 cables hacia el PCM, donde encontramos dos cosas fijas que son la alimentación y la masa, y los otros dos conductores son las respectivas señales para cada uno de los transistores de potencia.

En este tipo de bobina encontramos una serie de pulsos desde el PCM hacia la bobina, los transistores que tenemos para esta función son de fabricación especial llamados compuerta Aislada, es decir no existe ninguna relación eléctrica entre la base y el emisor como en los antiguos BJT o Darlington. En este caso solo necesitan un pequeño pulso de aproximadamente 4 voltios, el tiempo que dure este pulso corresponde al respectivo tiempo de saturación de la bobina, la gran ventaja de este sistema es que el PCM ya no tiene que manejar grandes cargas, solamente el pulso que en la mayoría de los casos se trabaja con características digitales (Corriente muy baja).

Este tipo de transistores operan de una manera muy especial, usando una pequeña señal digital por parte de la activación y transportando gran cantidad de corriente entre base y colector.

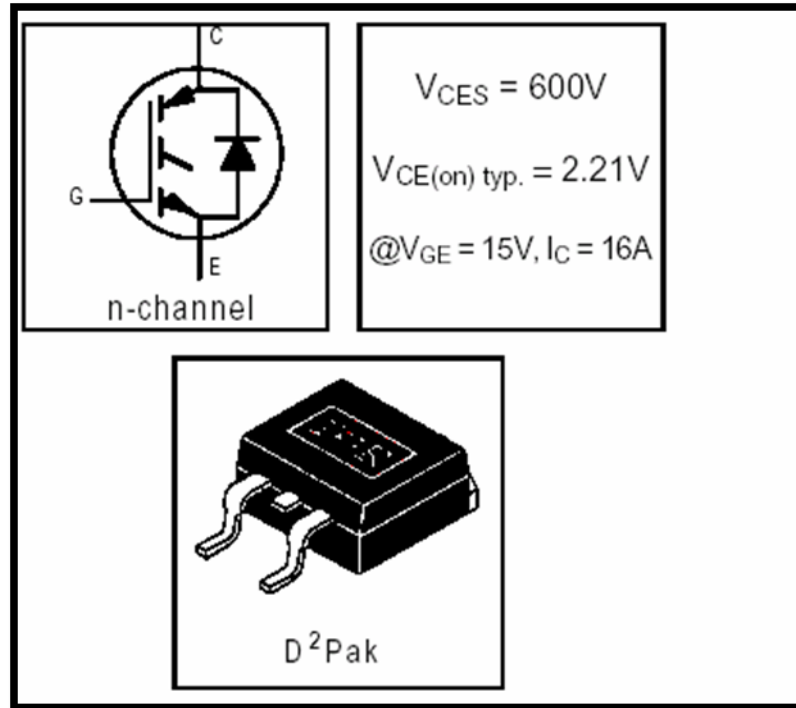


Figura 11-2. Transistor IGBT para la activación de los inyectores

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 8.

Una de las diferencias es que la base, se denomina como Gate en el cuadro de la derecha se puede observar que podría transportar hasta 600 V y una corriente de 16 A.

Ahora se muestra la imagen tomada con el osciloscopio para verificar los pulsos en las bobinas.

Con esta ubicación de un canal del osciloscopio, se ubica las escalas del osciloscopio de tal forma como se presentan a continuación.

Cada uno de estos pulsos va al transistor que se encuentra dentro de la bobina y genera la saturación de la bobina.

Ahora si bien, este tipo de bobinas dificulta el proceso de medición del tiempo de quemado por el circuito primario se puede realizar una prueba de sus condiciones de quemado, pero por el circuito secundario, para esto se ubica el osciloscopio con una pinza especial para esta operación en cada uno de los cables de alta que se quieren analizar.

Esta disposición también permite ubicar el pico inductivo, la saturación y el tiempo de quemado, solo que la escala es ahora en Kilovoltios.

Bobinas COP (Bobina sobre cilindro).

Este tipo de bobinas dispone una configuración muy diferente a las demás, esta particularidad, es que no disponen de cables de alta tensión, es decir van ubicadas justo arriba de cada bujía, con lo cual se simplifica resistencia a la alta tensión y se mejora la eficiencia del quemado.

La configuración más sencilla de este tipo de bobinas es en la cual tiene dos pines de conexión, en este caso tenemos un transformador sencillo, en donde se tiene un devanado primario y uno secundario alrededor de un núcleo de hierro, en el gráfico se muestra una bobina de este tipo.



Figura 12-2. Bobina que se encuentra sobre el cilindro

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 13.

La configuración eléctrica de este tipo de bobinas permite un arreglo en el cual se cuenta con un positivo de contacto, una masa del PCM, y una salida de alta tensión hacia la respectiva bujía.

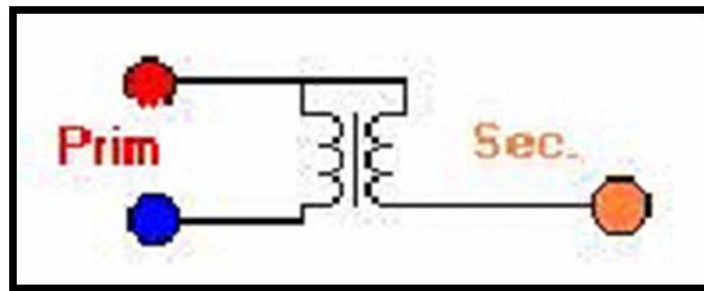


Figura 13-2. Esquema de la Bobina

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 13.

El pin rojo corresponde a un positivo de contacto y el azul a masa. El secundario comparte positivo con el primario, por lo tanto, cualquier descarga de secundario se va a realizar buscando al final electrodo de masa de la bujía, si se quiere realizar una efectiva comprobación solo se tiene que

colocar el osciloscopio en el primario de la misma forma que se ha trabajado en las bujías de configuración convencional, o los sistemas DIS, y la interpretación del oscilograma nos brindara un efectivo diagnóstico.

Es efectivo recordar que unas especificaciones antes explicadas para una correcta operación de un primario de encendido son las siguientes:

- Angulo Dwell, muy bien fijado a masa.
- Positivo con caída inferior a 1 V
- Pico inductivo entre 300 – 450 V
- Tiempo de quemado a 3000 RPM de 1 a 1.7 ms
- Oscilaciones luego del tiempo de quemado.

Bobinas COP con transistor de potencia incorporado.

Este tipo de bobinas incorpora un transistor de los mencionados anteriormente en la sección de bobinas DIS, por lo tanto, el comando de ellas va a estar dado por el PCM a través de pulsos, pero a diferencia de las bobinas DIS, encontramos una bobina por cilindro este tipo de bobinas esta conexas por medio de tres pines.



Figura 14-2. Bobina COP con transistor incorporado

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 15.

Si analizamos el esquema eléctrico de esta bobina vamos a encontrar que debe tener una masa, un positivo y una señal (Pulsos provenientes del PCM).

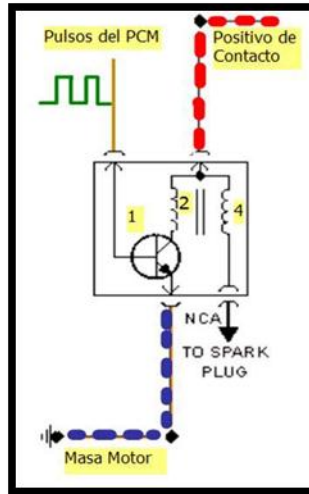


Figura 15-2. Esquema eléctrico Bobina COP

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 16.

En este esquema se puede apreciar que la bobina tiene 3 conectores, en los cuales se pueden encontrar un positivo de contacto o ignición sombreado con rojo una masa de motor sombreada con azul y una serie de pulsos provenientes del PCM, cada uno de estos pulsos logra excitar la base del transistor y de esta forma lograr unir el colector con el emisor el cual está anclado a masa, de esta manera se satura la bobina y se genera la chispa.

Con 1 encontramos el transistor de potencia y en 2 se tiene el devanado primario el cual sería imposible de analizar con un osciloscopio, en 4 se tiene el secundario el cual termina con un circuito a masa a través de la bujía.

En este tipo de bobina se puede analizar con el osciloscopio los pulsos a la bobina, y la relación que existe entre los pulsos de la bobina, el positivo y la masa respectivamente.

Siguiendo el ejemplo que se dio en las bobinas DIS con transistor incorporado se aprecia esta prueba.

En la siguiente grafica se puede apreciar este conjunto de bobinas las cuales se encuentran en un motor V6.

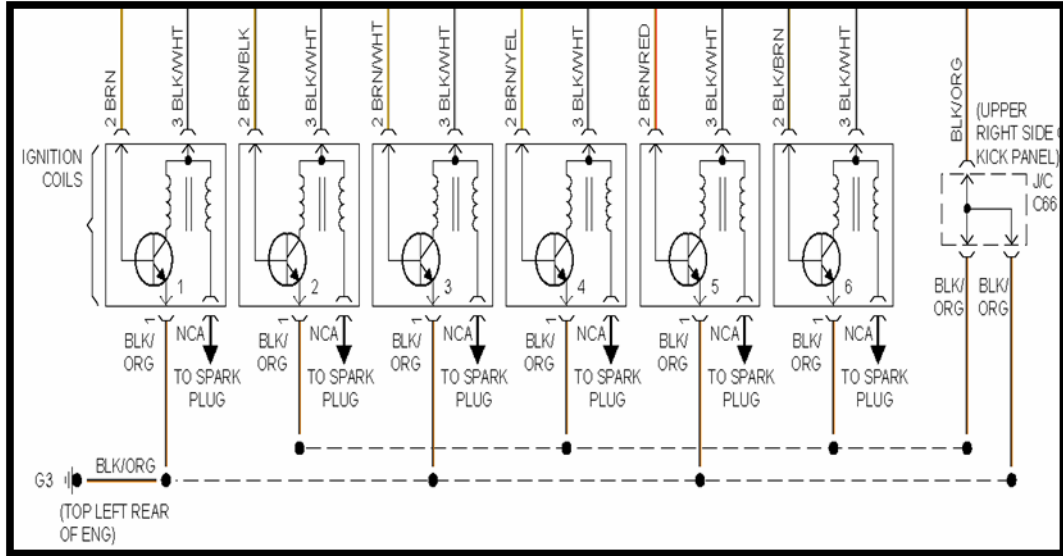


Figura 16-2. Esquema eléctrico de las bobinas de los Inyectores

Fuente: Micheel Ondeman, 2012

En este esquema se puede apreciar que todas comparten la masa, el positivo proviene de contacto a través de un relevador generalmente. Por lo tanto, estas condiciones tienen que estar en óptimo estado.

El control del PCM proviene de un cable completamente independiente, con lo que gestiona el avance, saturación y limitaciones aumentando o disminuyendo el ángulo DWELL.

Bobina COP con módulo incorporado.

En los nuevos modelos de vehículo se ha incorporado un tipo de bobina independiente COP la cual contiene integrado un módulo que genera una señal de retroalimentación al PCM, cada vez que se genera una correcta inducción en el primario.

Para esto se dispone de un circuito especial que logra generar una señal hacia el PCM cada vez que el PCM coloca pulso al transistor de potencia y ocurre correctamente la inducción.

En la siguiente imagen se muestra una de estas bobinas, una característica de ella es que contiene 4 cables en su disposición de conexión.



Figura 17-2. Bobina COP con modulo Incorporado

Fuente: Cristian Santiana, 2017

Para analizar el funcionamiento de esta bobina, lo primero que se debe tener claro es que la forma que se utiliza para generar la chispa es exactamente igual al explicado en las bobinas con 3 cables (Explicada en el ejemplo anterior), con lo cual lo único que las diferencia es que la de 4 pines envía una señal al PCM cada vez que se genera una inducción en el primario.

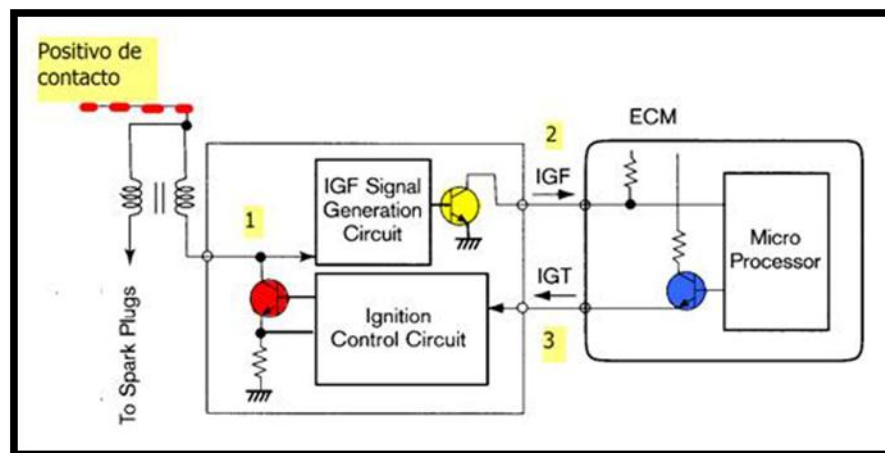


Figura 18-2. Esquema Eléctrico Bobina COP con modulo Incorporado

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 18.

Lo que se aprecia dentro de la figura es el modulo que tiene incorporado cada una de las bobinas y su conexión con el PCM.

Para comenzar la explicación analicemos lo que sucede cada vez que el PCM decide colocar pulso al transistor de la bobina.

Internamente el PCM, contiene un circuito el cual puede ser como en este caso sombreado con azul un transistor NPN, donde su salida es un positivo.

Este transistor NPN está conectado directamente al MICROPROCESADOR, este pulso positivo sale del PCM a la bobina y se conoce como IGT (Ignition Timing) y en otras marcas como SPOUT (Spark Out). Este pulso llega hasta el modulo dentro de la bobina llamado en el esquema IGNITION CONTROL CIRCUIT, básicamente este pulso activa la base del transistor ROJO. Este transistor está conectado con su emisor a masa y es el encargado de colocar masa al primario de la bobina, o sea que el pulso positivo en la salida del PCM es igual a ángulo DWELL en el primario de la bobina.

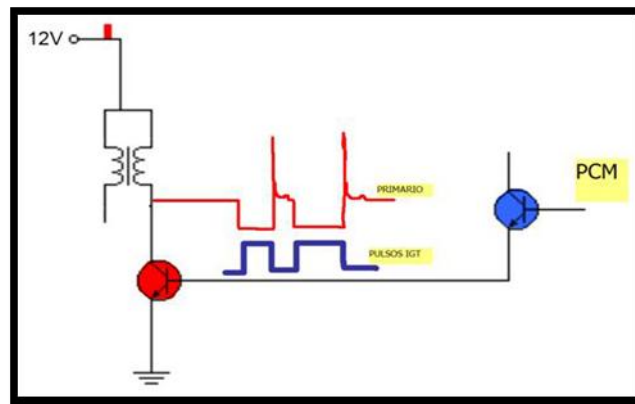


Figura 19-2. Circuito IGF - Ignition Generation Circuit.

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 19.

Este circuito toma la señal del primario, y cada vez que se produce un correcto proceso de inducción, hacia el secundario el circuito IGF, coloca un pulso al transistor amarillo del gráfico superior, o sea que este pulso por parte del IGF es una comprobación que el primario de la bobina realizó la inducción, este pulso al transistor amarillo en la imagen coloca a masa un voltaje de referencia que el PCM mantiene en el cable IGF

Realmente lo que mide el IGF CIRCUIT, no es el pico inductivo como tal, sino la corriente que existe en el primario de la bobina, las inductancias tienen una característica respecto a la corriente eléctrica, que a medida que aumenta el tiempo de flujo eléctrico, aumenta la cantidad de corriente que las atraviesa. Por esta razón la característica que mide el IGF, es que se genere la corriente esperada y luego de eso, aterriza el voltaje de referencia un tiempo siempre igual.

En la siguiente grafica se muestra esta característica para generar la señal IGF.

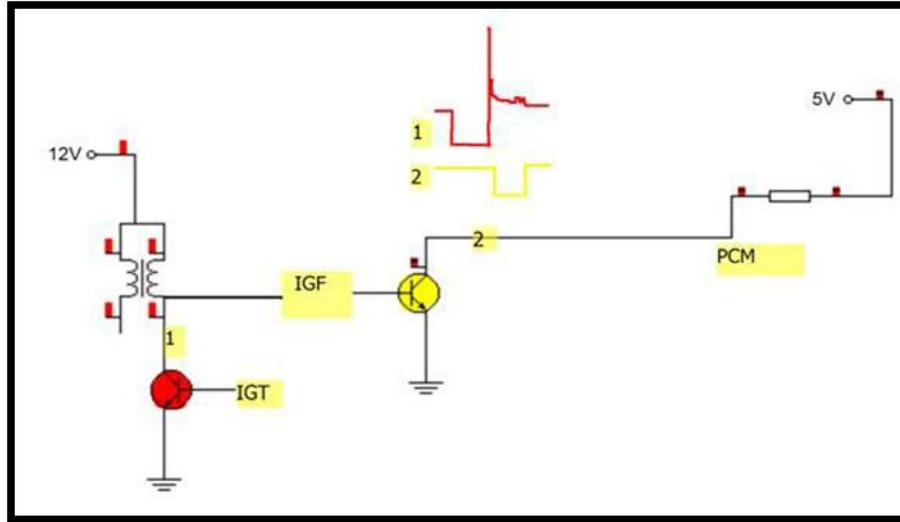


Figura 20-2. Característica para generar la señal IGF

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 20.

Ahora si se analiza con detenimiento lo que sucede en los puntos 1 y 2 en el interior de la bobina se tiene que cada vez que ocurre un evento de inducción dentro de unos parámetros considerados como aceptables por el módulo IGF, este módulo excita el transistor amarillo para que coloque el voltaje de 5 voltios a masa en la línea marcada con 2, en el gráfico se aprecia la relación entre una inducción y el envío a masa de la tensión colocada por el PCM.

Estrategia para la señal IGF:

En el gráfico 20 se muestra el evento en el cual el PCM, recibe la señal IGF. En la línea roja encontramos el pulso IGT por parte del PCM, una vez que se presenta este pulso observamos debajo de esta grafica un gráfico de la corriente eléctrica que atraviesa la bobina. Esta empieza de 0 (Punto violeta inferior I1) y va a un máximo 1A punto violeta superior.

Si se analiza el gráfico verde inferior se aprecia que, durante la saturación de la bobina, la señal se encuentra arriba (IGF) o sea que los 5V que coloca el PCM no son aterrizados.

Solo cuando el módulo IGF dentro de la bobina detecta que se llegó a un nivel de corriente 1A, coloca los 5 V a masa y el tiempo que esta señal permanece en masa será hasta que nuevamente se comience a dar otra saturación, o sea que la corriente vaya a 0 volts y nuevamente se eleve hasta el punto I1. En conclusión, la señal IGF tendrá la siguiente disposición de acuerdo a la corriente.

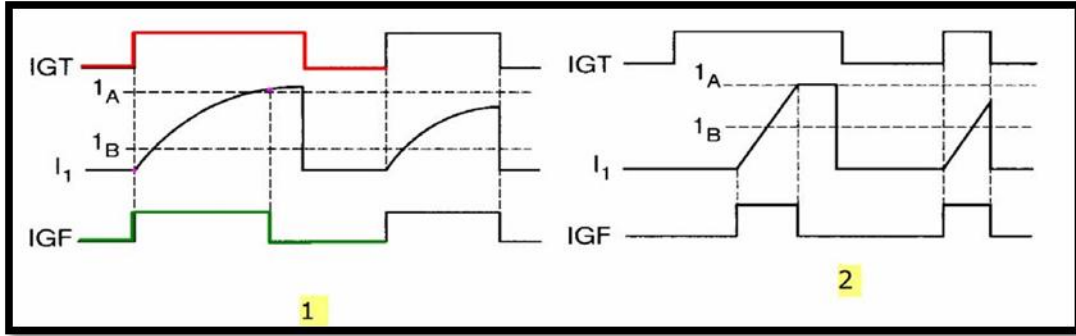


Figura 21-2. Ondas de Comportamiento de Corrientes

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 21.

El IGF puede tener dos formas de recibir esta señal por parte del PCM, una puede ser con una conexión directa de cada bobina al PCM (de esta forma cada vez que ella coloque la excitación para un cilindro debe recibir una señal de respuesta) y la otra forma es que todas las señales IGF, lleguen a un punto y estas lleguen al PCM en un pin, de esta manera, cada vez que el PCM comande una bobina, en este pin recibirá una señal de correcta ejecución IGF.

Las señales IGF de cada cilindro son esperadas por el PCM con una referencia específica de acuerdo al pulso de activación respectivo.

En el siguiente gráfico se muestra un ejemplo para un motor de 6 cilindros, con un solo cable de respuesta, para las múltiples bobinas.

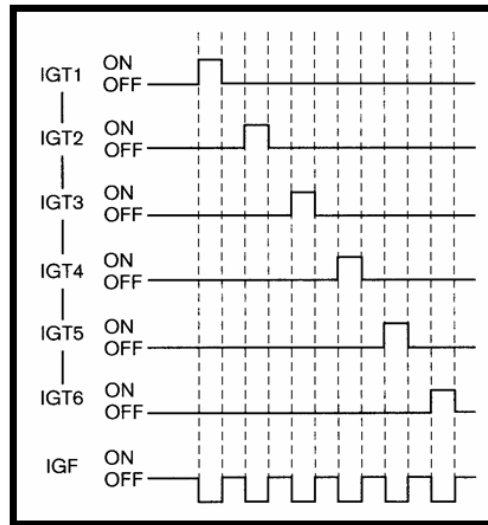


Figura 22-2. Secuencia de Activación de Inyectores

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 22.

Los sensores detectan el estado de funcionamiento del motor y sus características en forma de señales eléctricas o por comunicación a la unidad de central de control ECU, para realizar las siguientes operaciones, según las señales recibidas:

- a) Determinar exactamente la cantidad de combustible necesario para cada momento del funcionamiento del motor.
- b) Gobernar con precisión el instante y la duración en que permanezcan abierto los inyectores (uno por cada cilindro).
- c) El inyector esta alimentado con gasolina bajo presión constante y el tiempo en que permanece abierto (milisegundos) es proporcional a la cantidad que precisa.

2.3 Sistemas Automotrices CAN

Con el fin de eliminar el número excesivo de cables en los sistemas automotrices, se da paso a un sistema de comunicación que agrupe a los subsistemas y señales de los sensores y actuadores del vehículo, formando una red.

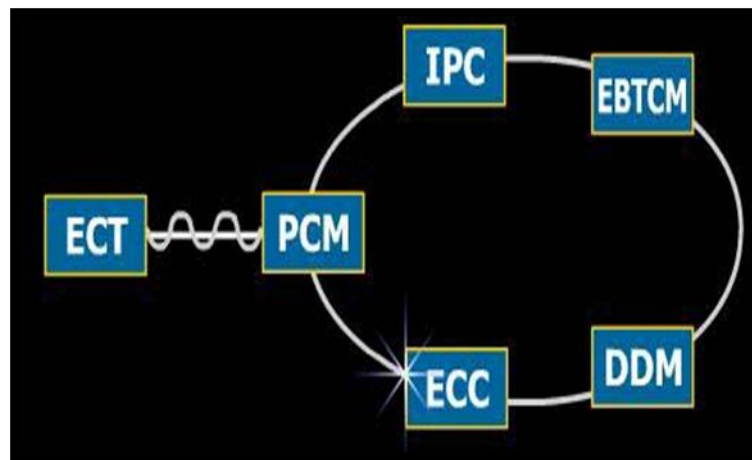


Figura 23-2. Red CAN agrupando los módulos del vehículo

Fuente: CISE electronics, 2018, pág. 25.

Donde:

PCM: Modulo de control del motor y transmisión.

IPC: Modulo de control del tablero de instrumentos.

EBTCM: Modulo de control del sistema de frenado (ABS).

DDM: Modulo de control de puertas y ventanas puerta lado del conductor.

ECC: Modulo de control del sistema de Aire acondicionado.

2.3.1 Tipos de configuraciones de una red CAN.

Los sistemas CAN tienen configuraciones o topologías similares a las redes de datos de información o a las redes industriales, entre estas tenemos:

- Configuración punto a punto.
- Configuración anillo.
- Configuración estrella
- Configuración lineal.
- Configuración DAYSY CHAIN (Dos Cables).
- Configuración MAESTRO ESCLAVO.
- Configuración utilizando una compuerta o GATEWAY
- Configuración para MODO DE ENERGÍA.

2.3.2 Características del protocolo CAN.

La información que circula entre las unidades de mando a través de los dos cables (bus) son paquetes de 0 y 1 (bit) con una longitud limitada y con una estructura definida de campos que conforman el mensaje.

Uno de esos campos actúa de identificador del tipo de dato que se transporta, de la unidad de mando que lo trasmite y de la prioridad para transmitirlo respecto a otros. El mensaje no va direccionado a ninguna unidad de mando en concreto, cada una de ellas reconocerá mediante este identificador si el mensaje le interesa o no.

Todas las unidades de mando pueden ser transmisoras y receptoras, y la cantidad de las mismas abonadas al sistema puede ser variable (dentro de unos límites).

Si la situación lo exige, una unidad de mando puede solicitar a otra una determinada información mediante uno de los campos del mensaje (trama remota o RDR).

Cualquier unidad de mando introduce un mensaje en el bus con la condición de que esté libre, si otra lo intenta al mismo tiempo el conflicto se resuelve por la prioridad del mensaje indicado por el identificador del mismo.

El sistema está dotado de una serie de mecanismos que aseguran que el mensaje es transmitido y recibido correctamente. Cuando un mensaje presenta un error, es anulado y vuelto a transmitir de forma correcta, de la misma forma una unidad de mando con problemas avisa a las demás mediante el propio mensaje, si la situación es irreversible, dicha unidad de mando queda fuera de servicio, pero el sistema sigue funcionando. (Morales & Valverde, 2010)

2.3.3 Elementos del sistema Can-Bus.

2.3.3.1 Cables

La información circula por dos cables trenzados que unen todas las unidades de control que forman el sistema. Esta información se transmite por diferencia de tensión entre los dos cables, de forma que un valor alto de tensión representa un 1 y un valor bajo de tensión representa un 0. La combinación adecuada de unos y ceros conforman el mensaje a transmitir.

En un cable los valores de tensión oscilan entre 0V y 2.25V, por lo que se denomina cable L (Low) y en el otro, el cable H (High) lo hacen entre 2.75V. y 5V. En caso de que se interrumpa la línea H o que se derive a masa, el sistema trabajará con la señal de Low con respecto a masa, en el caso de que se interrumpa la línea L, ocurrirá lo contrario. Esta situación permite que el sistema siga trabajando con uno de los cables cortados o comunicados a masa, incluso con ambos comunicados también sería posible el funcionamiento, quedando fuera de servicio solamente cuando ambos cables se cortan.

Es importante tener en cuenta que el trenzado entre ambas líneas sirve para anular los campos magnéticos, por lo que no se debe modificar en ningún caso ni el paso ni la longitud de dichos cables.

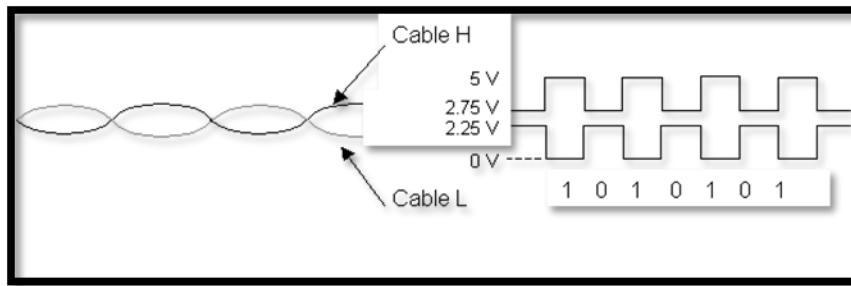


Figura 24-2. Elemento CAN – Bus - Cables.

Fuente: Morales y Valverde, 2010

2.3.3.2 Elemento de Cierre o Terminador.

Son resistencias conectadas a los extremos de los cables H y L. Sus valores se obtienen de forma empírica y permiten adecuar el funcionamiento del sistema a diferentes longitudes de cables y número de unidades de control abonadas, ya que impiden fenómenos de reflexión que pueden perturbar el mensaje.

Estas resistencias están alojadas en el interior de algunas de las unidades de control del sistema por cuestiones de economía y seguridad de funcionamiento, o a su vez al final del bus de datos, eliminando cualquier ruido que quedase en la red.

Estas resistencias tienen un valor para cada modelo y se encuentran entre 120 y 450 ohmios y son llamados resistencias de CUT-OFF.

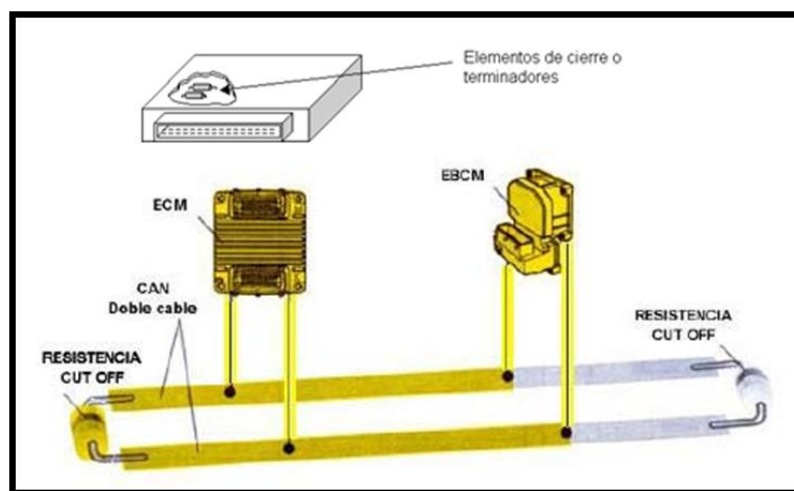


Figura 25-2. Elementos de Cierre o terminadores

Fuente: Morales y Valverde, 2010

2.3.3.3 Controlador

Es el elemento encargado de la comunicación entre el microprocesador de la unidad de control y el transmisor-receptor. Trabaja acondicionando la información que entra y sale entre ambos componentes.

El controlador está situado en la unidad de control, por lo que existen tantos como unidades estén conectados al sistema. Este elemento trabaja con niveles de tensión muy bajos y es el que determina la velocidad de transmisión de los mensajes, que será más o menos elevada según el compromiso del sistema. Así, en la línea de Can-Bus del motor-frenos-cambio automático es de 500 K baudios, y en los sistemas de confort de 62.5 K baudios. Este elemento también interviene en la necesaria sincronización entre las diferentes unidades de mando para la correcta emisión y recepción de los mensajes.

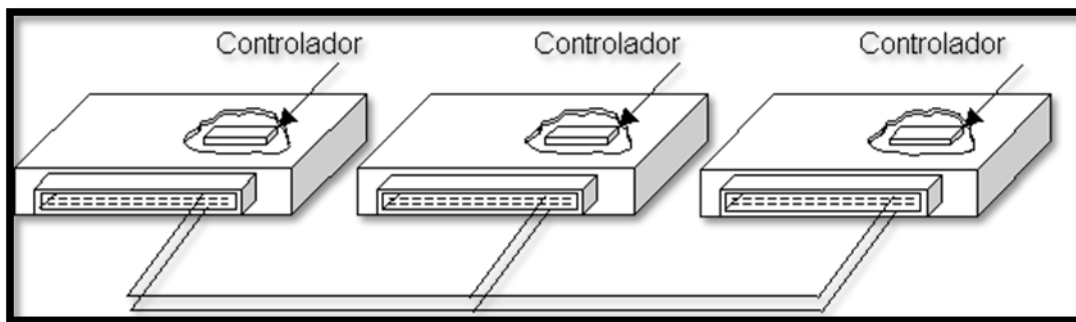


Figura 26-2. Controladores
Fuente: Morales y Valverde, 2010

2.3.3.4 Transmisor / Receptor

El transmisor-receptor es el elemento que tiene la misión de recibir y de transmitir los datos, además de acondicionar y preparar la información para que pueda ser utilizada por los controladores. Esta preparación consiste en situar los niveles de tensión de forma adecuada, amplificando la señal cuando la información se vuelca en la línea y reduciéndola cuando es recogida de la misma y suministrada al controlador.

“El transmisor-receptor es básicamente un circuito integrado que está situado en cada una de las unidades de control abonadas al sistema, trabaja con intensidades próximas a 0.5 A y en ningún

caso interviene modificando el contenido del mensaje. Funcionalmente está situado entre los cables que forman la línea Can-Bus y el controlador”.

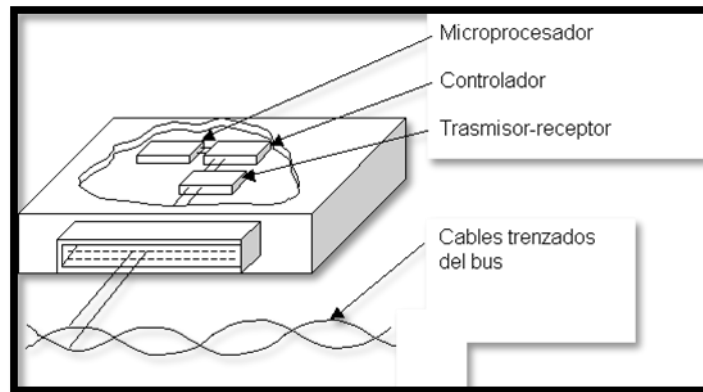


Figura 27-2. Transmisor – Receptor.
Fuente: Morales y Valverde, 2010

2.3.4 *Proceso de Transferencia y Recepción de Datos*

Cada vez que se quieren comunicar los diferentes módulos existen unos pasos que cada uno de ellos realiza se puede tener que para generar la emisión y recepción de mensajes se requieren las siguientes funciones.

2.3.4.1 *Suministro del Dato*

Cada unidad de control a través de su procesador emite el mensaje de transferencia de datos CAN a su respectivo transmisor al interior del módulo, es decir, una unidad de mando recibe información de los sensores que tiene asociados (r.p.m. del motor, velocidad, temperatura del motor, puerta abierta, etc.). Su microprocesador pasa la información al controlador donde es gestionada y acondicionada para a su vez ser pasada al transmisor-receptor donde se transforma en señales eléctricas.

2.3.4.2 *Envío del Dato*

El transmisor CAN se encarga de transmitir mediante los pulsos eléctricos los datos que el microprocesador al interior del PCM quiere enviar es así como este transmisor colocara en la red la respectiva información.

2.3.4.3 Recepción del Dato

Del mismo modo que se envía a los módulos de control correspondiente entran a recibir la información que encontraron disponible en la red esta es posible que les interese o no les interese.

2.3.4.4 Comprobación del Dato

Una vez recibido el dato por parte del módulo, éste analiza si le es útil o si no le es útil, es decir hay mensajes que pueden ser recibidos, pero si no los requiere no los procesa, como por ejemplo un PCM puede recibir el mensaje o dato de la temperatura de la cabina, pero si no requiere para sus funciones esta información simplemente no la procesa.

2.3.4.5 Aceptación de Datos.

Si el mensaje que fue recibido es uno que estaba esperando el PCM simplemente lo toma y lo procesa como información, en algunos casos el módulo que toma el dato como útil coloca en la red el mensaje de recibido como una manera de diagnosticar la misma.

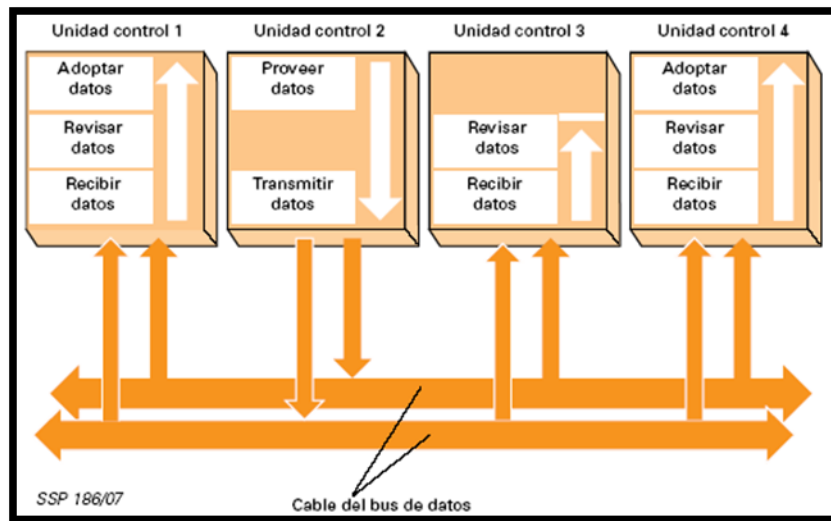


Figura 28-2. Aceptación de datos
Fuente: Morales y Valverde, 2010

2.3.5 Conector del sistema CAN.

El sistema CAN (Control Area Network), se puede dar con una configuración de tipo lineal o Daisy Chain de doble cable.

En el caso de conector doble cable se presenta con dos cables trenzados entre sí que siempre y que finalizan en el conector de diagnóstico.

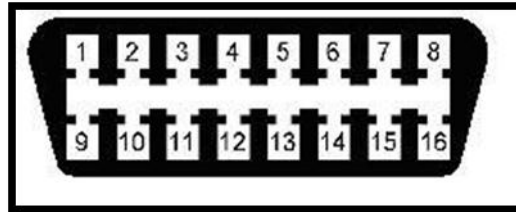


Figura 29-2. Conector OBD II
Fuente: Morales y Valverde, 2010

2.3.5.1 Descripción de los Pines

- 2 - Comunicación SAE VPW/PWM, SAE J1850
- 4 - Masa Vehículo
- 5 - Masa Señal
- 6 - CAN, línea alta, SAE J2284.
- 7 - Comunicación ISO 9141-2 (Línea K)
- 10 - Comunicación PWM, SAE J1850
- 14 - CAN, línea baja, SAE J2284.
- 15 - Comunicación ISO 9141-2 (Línea L)
- 16 - Positivo Batería.

La velocidad de transmisión de este sistema oscila entre 500 Kb/s y 1 Mb/s lo que brinda una muy buena tasa de transferencia, incluso para sistemas de seguridad como **ABS** y **Airbag**. Este tipo de red puede aplicarse en sistemas de comunicación de datos, como por ejemplo una red aislada en un vehículo o como red de información y diagnóstico, que es la más usada en donde no solo comunica internamente módulos, sino que también sirve de enlace con el scanner a través del DLC. En este caso el scanner hace parte de la red y se conecta en paralelo por dos pines del conector (6 y 14).

2.3.6 Parámetros de identificación de componentes PID.

El PID (Parámetro de identificación de datos) es el nombre técnico que utiliza la Ford Motor Company, para el FLUJO DE DATOS o “Datastream”. Esencialmente, el PID Data (o la información del Datastream), es información requerida por el técnico, que va desde el PCM hacia el scanner.

Cuando se diagnostica un problema relacionado con el desempeño del motor, el PID Data puede ser un modo rápido y confiable para adquirir información. Se accede a ella a través del Data Link Connector (DCL) ubicado bajo el panel del instrumental.

Los síntomas sin códigos de fallas son los más difíciles de diagnosticar. Es aquí cuando un análisis de la información de los PID’s puede ayudar para efectuar una rápida y precisa reparación.

Existen más de cien PID’s posibles, disponibles para ayudar al técnico en el proceso de diagnóstico. En muchos casos, se necesitan tan solo 25 PID’s para resolver un problema de desempeño del motor.

Si se analiza un problema del motor se pueden clasificar dos tipos, unos primarios y otros secundarios los cuales se listan a continuación.

2.3.6.1 PID’s primarios:

Tabla 1-2: PIDs Primarios de Vehículo

PID	Unidad	Definición	Funcionamiento
MAF	(volts)	Flujo de la masa de aire	Marcha lenta 0.6 a 0.9 volts. Sube con RPM 3.5 a 4.2 volts con el acelerador a fondo.
RPM	RPM	Revoluciones por minuto del motor	700 - 900 en marcha lenta. RPM máximo varían según el motor. En condiciones normales de motor son de 4000 RPM máximo
O211	(v)	Sensores de oxígeno anteriores al catalizador	Cambiano el voltaje DC entre 0 volts y 1 volts con 0.5 volts indicando una mezcla balanceada de combustible. El índice de cambio de los sensores debe seguir a las RPM. Con acelerador a fondo, el voltaje debe ir aproximadamente a 0.9 volts y mantenerse sin fluctuación durante la aceleración.
O221	(v)	Sensores de oxígeno anteriores al catalizador	

			El voltaje común oscila entre 0.2 a 0.8 volts.
SFT1	%	Short Fuel Trim correction = Corrección del ajuste de combustible corto (SFT)	Esta señal es la causante del cambio de rico a pobre, de los sensores de oxígeno. En muchos casos, el SFT estará entre + o - 10 %. Cuando ocurre un cambio de carga extrema (fuerte aceleración), es común tener un ajuste de corta duración de + o - 25 %. Durante una aceleración a fondo, el SFT se ira a 0 % mientras que el sistema de combustible está en lazo abierto.
SFT2	%		
FPW1	ms	Ancho de pulso del inyector de combustible para cilindros de motor del banco 1 y 2	El valor normal en marcha lenta es de aproximadamente 3-5 ms. Durante la aceleración a fondo, el ancho de pulso del combustible se va a 18 - 24 ms.
FPW2	ms		
TP	(v)	Posición del acelerador	Indica la demanda del conductor. Por lo general está entre 0.7 a 1.1 volts en marcha lenta. Acelerando a fondo puede llegar hasta los 4.6 volts.

Realizado por: *Cristian Santiana, 2017*

2.3.6.2 PID's secundarios:

Tabla 2-2: PID Secundarios del Vehículo

PID	Unidad	Definición	Funcionamiento
ECT	(v)	Sensor de temperatura del refrigerante del motor	Refleja la temperatura del motor. Un típico motor caliente debe estar alrededor de los 0.6 volts. Las lecturas en un motor frío, variaran dependiendo de la temperatura ambiente. Entre 3.5 volts a 32° F (0° C) y 2.5 volts a 90° F (32° C).
LFT1	%	Correcciones del ajuste de combustible de largo alcance	Indica cuanto ha corregido el PCM, al calculado ancho de pulso del combustible. La corrección permitida es de + o - un 20 %. Pero los valores típicos oscilan entre + o - un 12 %. Los valores del LFT son un indicador que el PCM está percibiendo un problema en desarrollo (marcha lenta pobre o alta presión
LFT2	%		

			de combustible)
TR	Posición	Registro de transmisión	También llamado DTR Registro de transmisión digital. Indica que cambio ha seleccionado el conductor.
SAP	Grados (APMS)	Avance de encendido	Indica lo que el PCM ha solicitado para un avance de encendido.
IAC	(%)	Control de aire de marcha lenta	Indica en que porcentaje de tiempo, el PCM ha ordenado a la válvula IAC a controlar las RPM de marcha lenta. Por lo general, un 35 a 40 % en marcha lenta, con un motor normal. A medida que el voltaje TP aumenta, el IAC % debe aumentar también para compensar el cierre del acelerador en la desaceleración (efecto “dashpot”).
EGRR	(%)	Regulador de vacío del EGR	Indica en que porcentaje de tiempo, el PCM ha ordenado al regulador del EGR controlar el flujo al EGR. Debe ser de 0 % en marcha lenta, e ir aumentando a medida que aumentan las RPM. Se requiere que el flujo del EGR controle las emisiones exhaustivas.
DPFE	(v)	Señal del sensor de presión diferencial	Indica cuanto flujo del EGR hay. Debe ser aproximadamente de 0.3 volts a 0.6 volts en marcha lenta y tan alto como 4 volts a velocidad crucero de autopista.
FSYS	Closed - Open	Sistema de combustible	Indica el combustible en lazo abierto o cerrado para el PCM. “Loop” (lazo) es el término usado para determinar si el PCM está usando los sensores de oxígeno para ayudar al control de la mezcla de combustible. Durante el arranque, el PCM está en lazo abierto y controla el ancho de pulso del combustible basado en la temperatura y las situaciones de carga. Cuando los sensores de oxígeno se calientan (30- 40 segundos), el PCM pasa luego a lazo cerrado y ajusta la mezcla de combustible con señales que vienen de los sensores de oxígeno calefaccionados.

			Durante una aceleración fuerte, el PCM cambia a lazo abierto.
O212	(v)	Sensores de oxígeno posteriores al catalizador	Estos sensores indican lo bien que los convertidores catalíticos están funcionando. Por lo general, los sensores de oxígeno posteriores al catalizador operan entre 0.6 y 0.8 volts con un cambio muy pequeño excepto en eventos de larga aceleración o desaceleración. Observado los valores, también se puede indicar una mezcla de combustible rica o pobre.
O222	(v)		
FLVL	(%)	Nivel de combustible	Es un indicador de cuanto combustible hay en el tanque. Para pruebas de monitoreo de emisiones evaporarías, FLVL necesita estar entre 15 % y 85 %.
FTPT	(v)	Sensor de presión del tanque de combustible	Indica la presión ambiente en el tanque de combustible para pruebas sobre emisiones evaporarías. Valores típicos son 0.2 a 0.6 volts.
EVM	(%)	Válvula de control de vapor de emisiones evaporarías	Usada para inyectar vapor de combustible al motor desde el cánister. Por lo general opera entre 0 % y 100 %.

Realizado por: *Cristian Santiana, 2017*

2.4 Inteligencia artificial

La Inteligencia Artificial (IA) es un área del conocimiento compuesta por un conjunto de técnicas que se basan en imitar computacionalmente las distintas habilidades relacionadas con la inteligencia del ser humano, como, por ejemplo: reconocimiento de patrones, diagnóstico, clasificación, detección de fallas entre otros. (Cortina Januchs, 2012)

2.4.1 Modelos usados para la Detección de Fallas

A continuación, se presenta los modelos frecuentemente utilizados para los diagnósticos de fallas en sistemas de control o procesos productivos.

2.4.1.1 Estimación de Parámetros

Este modelo puede ser tomado en base a mediciones de parámetros de entrada y salida o con una estimación muy cercana de parámetros.

$$y(k) = \Psi^T \theta$$

Donde Ψ es el vector regreso, $\Psi = [-y(k-1), \dots, -y(k-m), u(k), \dots, u(k-n)]^T$, y es el vector de parámetros de entrada, $\theta = [a_1, \dots, a_m, b_0, \dots, b_n]^T$. Asumiendo que los datos del vector θ son mediciones físicas, la tarea consiste en detectar fallas en un sistema por mediciones de entradas $u(k)$ y de salidas $y(k)$, obteniendo los parámetros estimados del modelo θ' . Si la falla es modelado con la falla f actuando en el vector de los parámetros del sistema.

$$\Delta\theta = \theta_{nom} + f$$

Donde θ_{nom} representa al vector de parámetros sin falla, mientras que θ' son los parámetros estimados, entonces tendremos la siguiente expresión:

$$\Delta\theta = \theta - \theta'$$

La toma de decisiones para la detección de fallos conduce a comprobar si el valor del cambio de parámetros es mayor que un valor de umbral predefinido. Por lo tanto, el problema implica en la estimación de parámetros en línea, que puede resolverse con varios algoritmos recursivos, como el método de mínimos cuadrados recursivos, el enfoque de variables instrumentales o el enfoque de error delimitado.

El principal inconveniente de este enfoque es que los parámetros del modelo deben tener un significado físico, es decir, deben corresponder a los parámetros del sistema. En tales situaciones, la detección y el aislamiento de fallas son muy sencillo. Si este no es el caso, por lo general es difícil distinguir un fallo de un cambio en el vector de parámetros θ que resulta de las propiedades variables en el tiempo del sistema. Además, el proceso de aislamiento de fallas puede resultar extremadamente difícil debido a que los parámetros del modelo no se corresponden únicamente con los del sistema. También debe señalarse que la detección de fallos en sensores y actuadores es

posible pero bastante complicada. Sin embargo, la estimación de parámetros también se puede aplicar a procesos no lineales. (Patan, n.d, pp 12)

2.4.1.2 Relación de Paridad

Considerando la siguiente función de transferencia lineal

$$Gp(s) = \frac{Bp(s)}{Ap(s)}$$

Si la estructura del proceso tiene los parámetros de la función de transferencia conocidos, el modelo estaría representado

$$Gm(s) = \frac{Bm(s)}{Am(s)}$$

Asumiendo que en las funciones de entrada y salida $f_u(t)$ y $f_y(t)$ respectivamente y $Gm(s) = Gp(s)$, entonces el error estará representado por:

$$e'(s) = y(s) - GMu(s) = GP(s)f_u(s) + f_y(s)$$

Las fallas que influyen en la entrada o salida del proceso dan lugar a cambios del residuo $e'(t)$ con transitorios diferentes. Los polinomios de GM (s) también pueden ser utilizados para formar un error polinomial:

$$e(s) = AM(s)y(s) - BM(s)u(s) = Ap(s)f_y(s) + Bp(s)f_u(s)$$

Entonces a las ecuaciones de los errores se conoce como las ecuaciones de paridad, esta relación puede también ser representado como un espacio de estados, ofrecen más libertad en el diseño de las relaciones de paridad. Entonces la estrategia de aislamiento de fallas puede realizarse con relativa facilidad para fallas de sensor.

De hecho, utilizando la idea general del esquema dedicado de aislamiento de fallas, es posible diseñar la relación de paridad con el i -ésimo, $i = 1, \dots, m$, sensor. Por lo tanto, suponiendo que todos los actuadores están libres de fallos, el i -ésimo generador residual es sensible a la única falla del

sensor i -ésimo. Esta forma de relaciones de paridad se denomina relación de paridad de sensor único.

Desafortunadamente, la estrategia de diseño para fallas de actuador no es tan sencilla como la de fallas de sensor. Naturalmente, puede realizarse de una manera muy similar pero el aislamiento de fallos de actuador no siempre es posible en el denominado esquema de relación de paridad de actuador único.

Las relaciones de paridad para una clase más general de sistemas no lineales fueron introducidas por Krishnaswami y Rizzoni. (Patan, n.d., pp 13)

2.4.1.3 Observadores

Asumiendo que un sistema tiene las siguientes ecuaciones de estados:

$$\begin{aligned}\mathbf{x}(k + 1) &= \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k), \\ \mathbf{y}(k) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(k),\end{aligned}$$

Donde \mathbf{A} es la matriz de transición de estado, \mathbf{B} es la matriz de entrada, \mathbf{C} es la matriz de salida, \mathbf{x} es el vector de estado, \mathbf{u} y \mathbf{y} son los vectores de entrada y salida, respectivamente. La idea básica subyacente en los enfoques basados en el observador para la detección de fallas es obtener las estimaciones de ciertas señales medidas y / o no medidas.

Entonces las señales estimadas de las medidas son comparadas con las originales y la diferencia entre la señal original y su estimación se utiliza para formar un residuo en la forma:

$$\mathbf{r}(k) = \mathbf{y}(k) - \mathbf{C}\hat{\mathbf{x}}(k)$$

Para abordar este problema, pueden emplearse muchos observadores diferentes (o filtros) p.ej. Observadores de Luenberger o filtros de Kalman. Está claro entonces que el objetivo principal es la estimación de las salidas del sistema mientras que la estimación de todo el vector de estado es innecesaria. Puesto que pueden emplearse observadores de orden reducido, la estimación del estado facilita significativamente la metodología. Por otra parte, para proporcionar una libertad

adicional para lograr el rendimiento del diagnóstico requerido, la orden del observador es generalmente mayor que la mínima posible.

La admiración por los esquemas de detección de fallos basados en observadores es causada por la creciente popularidad de los modelos de espacio de estados, así como por el amplio uso de los observadores en la teoría y las aplicaciones modernas de control. Debido a estas condiciones, la teoría de los observadores (o filtros) parece estar bien desarrollada (especialmente para los sistemas lineales).

Esto ha servido de base para el desarrollo de esquemas de FDI basados en el observador.

Las fallas f y las perturbaciones d pueden modelarse en ecuaciones de estado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(k+1) &= \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k) + \mathbf{E}d(k) + \mathbf{F}f(k), \\ \mathbf{y}(k) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(k) + \Delta\mathbf{y}, \end{aligned}$$

Donde \mathbf{E} es la matriz de entrada de perturbación, \mathbf{F} es la matriz de fallo y $\Delta\mathbf{y}$ denota fallas en las mediciones. La estructura presentada es conocida en la literatura como el Observador de Entrada Desconocida (UIO - Unknown Input Observer).

La linealización de modelos es una manera directa de extender la aplicabilidad de técnicas lineales a sistemas no lineales. Por otra parte, es bien sabido que tales enfoques funcionan bien cuando no existe un gran desajuste entre el modelo linealizado y el sistema no lineal. Se pueden distinguir dos tipos de linealización, es decir, linealización alrededor del estado constante y linealización alrededor de la estimación del estado actual. Es obvio que el segundo tipo de linealización suele producir mejores resultados. Desafortunadamente, durante esta linealización la influencia de términos lineales más altos que es generalmente desatendida (como en el caso del observador de Luenberger extendido y el filtro extendido de Kalman). Una forma de salir de este problema es mejorar el rendimiento de los observadores basados en la linealización. Otra forma es utilizar aproximaciones sin linealización. Desafortunadamente, la aplicación de tales observadores se limita a ciertas clases de sistemas no lineales. (Patan, n.d., pp 15)

2.4.1.4 *Redes Neuronales*

(Patan, n.d., pp 15) manifiesta que as redes neuronales artificiales han sido intensamente estudiadas durante las últimas dos décadas y aplicadas con éxito al modelado dinámico de sistemas, así como a la detección y diagnóstico de fallas.

Las redes neuronales ofrecen una alternativa interesante y valiosa a los métodos clásicos, ya que pueden tratar con las situaciones más complejas que no están suficientemente definidas para que los algoritmos determinísticos puedan ejecutarse. Son especialmente útiles en situaciones en las que no hay un modelo matemático del proceso considerado, por lo que los enfoques clásicos como observadores o métodos de estimación de parámetros no pueden aplicarse. Las redes neuronales proporcionan una excelente herramienta matemática para hacer frente a problemas no lineales.

Tienen una propiedad importante según la cual cualquier función no lineal puede ser aproximada con exactitud usando una red neuronal con una arquitectura adecuada y parámetros de peso. Las redes neuronales son herramientas paralelas de procesamiento de datos capaces de aprender las dependencias funcionales de los datos. Esta característica es extremadamente útil cuando se resuelven diferentes problemas de reconocimiento de patrones. Su otra característica atractiva es la capacidad de autoaprendizaje. Una red neuronal puede extraer las características del sistema de datos históricos de entrenamiento usando el algoritmo de aprendizaje, requiriendo poco o ningún conocimiento a priori sobre el proceso.

Esto proporciona el modelado de sistemas no lineales con una gran flexibilidad. Estas características permiten diseñar sistemas de controles adaptativo para procesos dinámicos complejos, desconocidos y no lineales. Las redes neuronales también son robustas con respecto a datos incorrectos o faltantes. La retransmisión de protección basada en redes neuronales artificiales no se ve afectada por un cambio en las condiciones de funcionamiento del sistema. Las redes neuronales también tienen altas tasas de cómputo, gran tolerancia de error de entrada y capacidad de adaptación. En general, las redes neuronales artificiales pueden aplicarse al diagnóstico de fallas para resolver tanto problemas de modelado como de clasificación. Hasta la fecha, se han desarrollado muchas estructuras neuronales con características dinámicas. Estas estructuras se caracterizan por una buena efectividad en el modelado de procesos no lineales. Entre muchos, se puede distinguir un perceptron multicapa con líneas de retardo con derivación, redes recurrentes o

redes del tipo GMDH (Group Method and Data Handling). Existiendo muchos tipos de redes neuronales es importante tomar el adecuado para la aplicación prevista.

2.4.1.5 Fuzzy Logic

Los modelos analíticos de los sistemas son a menudo desconocidos, y el conocimiento sobre el sistema diagnosticado es inexacto. Es formulado por expertos y tiene la forma de reglas if-then que contienen la evaluación lingüística de las variables del proceso. En tales casos, los modelos difusos se pueden aplicar con éxito al diagnóstico de fallas. Estos modelos se basan en los denominados conjuntos difusos definidos de la siguiente manera:

$$A = \{_{\mu A(x), x}, \forall x \in X,$$

Donde $\mu_A(x)$ es una función de membresía del conjunto difuso A, mientras que $\mu_A(x) \in [0, 1]$. La función de membresía realiza la asignación del espacio numérico X de una variable al rango [0, 1]. Una estructura de modelo difuso contiene tres bloques: el bloque de fuzzyfication, el bloque de inferencia y el bloque defuzzyfication.



Figura 30-2 Proceso del Sistema Fuzzy

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Los valores de las señales de entrada se introducen en el bloque de fuzzyfication. Este bloque define el grado de pertenencia de la señal de entrada a un conjunto difuso particular de la siguiente manera:

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0, 1].$$

Los conjuntos difusos se asignan a cada entrada y salida, y los valores lingüísticos, por ejemplo, *pequeños*, *medianos*, *grandes*, se atribuyen a un determinado conjunto difuso. Dentro del bloque de inferencia, el conocimiento sobre el sistema se describe en forma de reglas que pueden tener la forma.

$$R_i : \text{if } (x_1 = A_{1j}) \text{ and } (x_2 = A_{2k}) \text{ and } \dots \text{ then } (y = B_l),$$

Donde x_n es la entrada n-ésima, A_{nk} es el k-ésimo conjunto difuso de la entrada n-ésima, y representa la salida, y B_l denota el l-ésimo conjunto difuso de la salida. El conjunto de todas las reglas difusas constituye la base de decisiones. Sobre la base de la función de membresía resultante de la salida, se calcula un valor preciso (nítido) de la salida en el bloque de defuzzyfication. El conocimiento del experto se puede utilizar para diseñar el modelo. Desafortunadamente, el enfoque directo a las construcciones modelo tiene serias desventajas. Si el conocimiento del experto es incompleto o defectuoso, se puede obtener un modelo incorrecto. Al diseñar un modelo uno también debe utilizar los datos de medición. Por lo tanto, es aconsejable combinar el conocimiento del experto con los datos disponibles al diseñar un modelo difuso. El conocimiento del experto es útil para definir la estructura y los parámetros iniciales del modelo, mientras que los datos son útiles para el ajuste del modelo. Tal concepción se ha aplicado a las llamadas redes neuronales difusas. Son herramientas de modelado convenientes para la generación residual ya que permiten combinar la técnica de modelado difuso con algoritmos de entrenamiento neural.

2.4.2 Fuzzificación

Sea $x \in X$ una variable lingüística y $T(x)$ un conjunto difuso con un valor lingüístico T . La conversión de un valor físico (numérico) de x en el correspondiente valor lingüístico a través de la asociación de un grado de membresía, $x \rightarrow \mu_{T_i}(x)$, se llama fuzzification (fuzzificación). Estas funciones serán ingresadas en las funciones de membresía de cualquier tipo, de entre las cuales tenemos la triangular, trapezoidal, Gaussiana y funciones Sigmoidal Z- y S-. (Hung T. Nguyen, 2003)

Funciones Triangulares y Trapezoidales.- estas son formadas por funciones lineales, por partes para formar el triángulo o trapecio. Estas funciones las más utilizadas comúnmente en aplicaciones de control y detección de fallas.

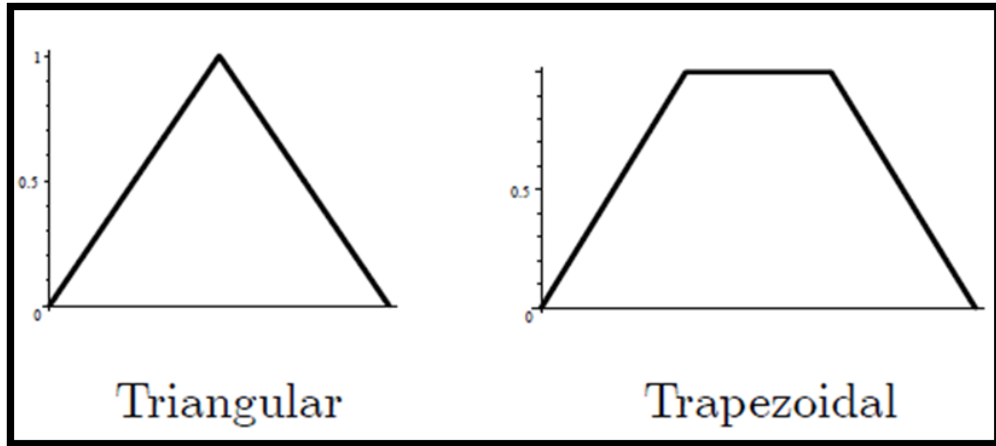


Figura 31-2 Ejemplo de Funciones de membresía triangular y trapezoidal
Fuente: Hung T. Nguyen, 2003

La función triangular está definida con puntos iniciales y finales $(a,0)$ y $(b, 0)$ y un punto alto (c,α) , de la siguiente manera:

$$A(x) = \begin{cases} \alpha \left(\frac{x-a}{c-a} \right) & \text{if } a \leq x \leq c \\ \alpha \left(\frac{x-b}{c-b} \right) & \text{if } c \leq x \leq b \\ 0 & \text{en otros casos} \end{cases}$$

Mientras que para la función trapezoidal de igual manera se tiene puntos iniciales y finales $(a,0)$ y $(b, 0)$ y puntos altos (c,α) y (d,α) , está definida por:

$$A(x) = \begin{cases} \alpha \left(\frac{x-a}{c-a} \right) & \text{if } a \leq x \leq c \\ \alpha & \text{if } c \leq x \leq d \\ \alpha \left(\frac{x-b}{d-b} \right) & \text{if } d \leq x \leq b \\ 0 & \text{en otros casos} \end{cases}$$

La función *Gaussiana* o conocida como la campana de Gauss, está definida por:

$$A(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}$$

Como ejemplo indicamos las siguientes campanas, para su interpretación:

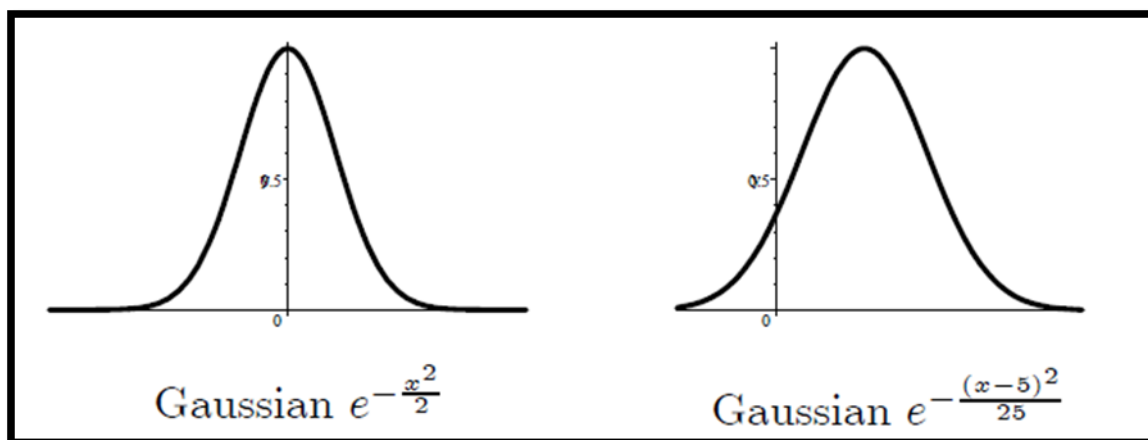


Figura 32-2 Ejemplos de campanas de Gauss

Fuente: Hung T. Nguyen, 2003 (pág., 89)

Las funciones sigmoideas de tipo –S y –Z, está definida por:

$$A(x) = \frac{1}{1 + e^{-(x-m)\sigma}}$$

Que representada gráficamente queda de la siguiente manera:

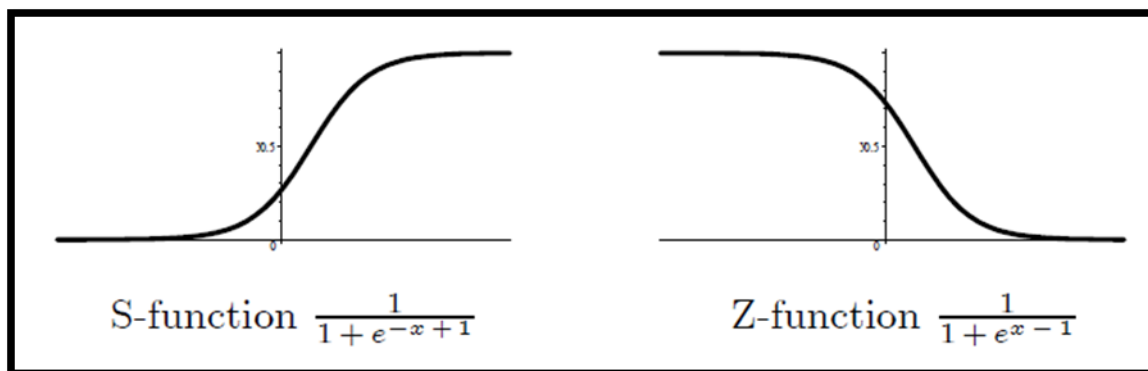


Figura 33-2 Ejemplos de funciones sigmoideas – S y -Z

Fuente: Hung T. Nguyen, 2003 (pág., 90)

2.4.2.1 Bloque de Inferencia

Para establecer las reglas se cuenta con modelos y normas en donde relaciona a la conjunción, entre estos los modelos de *Mamdani* y *Larsen*.

$$R(x, y) = \bigvee_{i=1}^n (A_i(x) \wedge B_i(y))$$

En el caso el uso de *Takagi Sugeno* que relaciona a todas las funciones de membresía con sus variables lingüísticas, por medio de una suma de productos obteniendo una función combinada.

$$R(\mathbf{x}) = \frac{A_1(\mathbf{x}) f_1(\mathbf{x}) + A_2(\mathbf{x}) f_2(\mathbf{x}) + \cdots + A_n(\mathbf{x}) f_n(\mathbf{x})}{A_1(\mathbf{x}) + A_2(\mathbf{x}) + \cdots + A_n(\mathbf{x})}$$

Mientras el modelo *Tsukamoto* por medio de la siguiente función presenta una respuesta decreciente.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n C_i^{-1} A_i(x)}{\sum_{i=1}^n A_i(x)}$$

2.4.3 Defuzzificación

De igual manera como se da una codificación se debe tener una decodificación, es así como esta respuesta numérica debe ser el resultado de la inferencia que se tenga en el bloque que contiene las reglas del experto. Para esto se tiene los siguientes métodos para realizar la defuzzificación.

El centro de área o centroide, calcula el centro del área bajo la curva definida en el conjunto difuso y selecciona el primer componente. Si C es el conjunto difuso y es integrable entonces el valor de defuzzificación es:

$$z_0 = \frac{\int_a^b z C(z) dz}{\int_a^b C(z) dz}$$

Como ejemplo del método que ha sido uno de los más utilizados en varias aplicaciones:

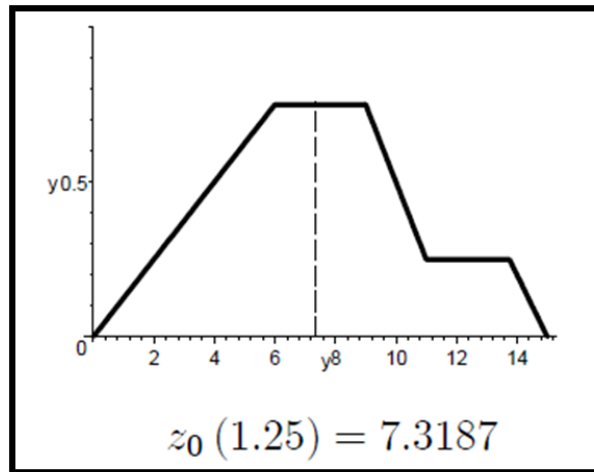


Figura 34-2 Ejemplo de centroide

Fuente: Hung T. Nguyen, 2003 (pág., 121)

El método de la altura del centro de área, ignora algunos valores de las reglas entre algún nivel, usa el resultado del centro del área, pero también la curva, ejemplo.

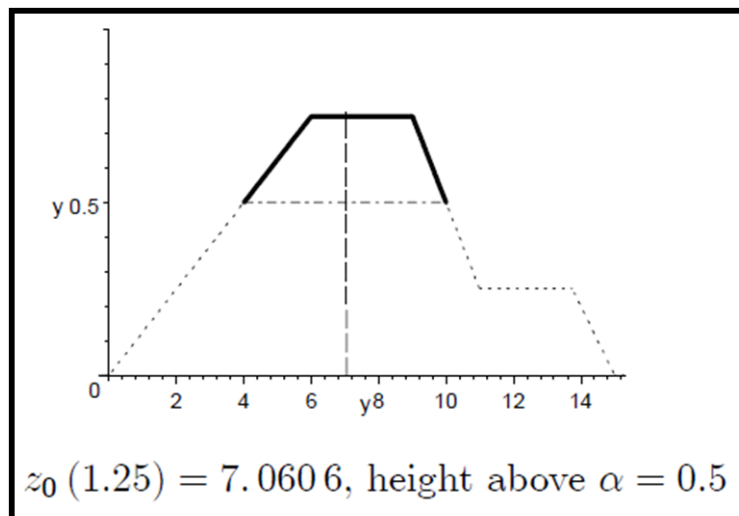


Figura 35-2 Ejemplo de la altura del centro de área.

Fuente: Hung T. Nguyen, 2003 (pág., 122)

El método de centro máximo, escoge un valor arbitrario de la regla en el dominio que se mantiene en sus valores máximos.

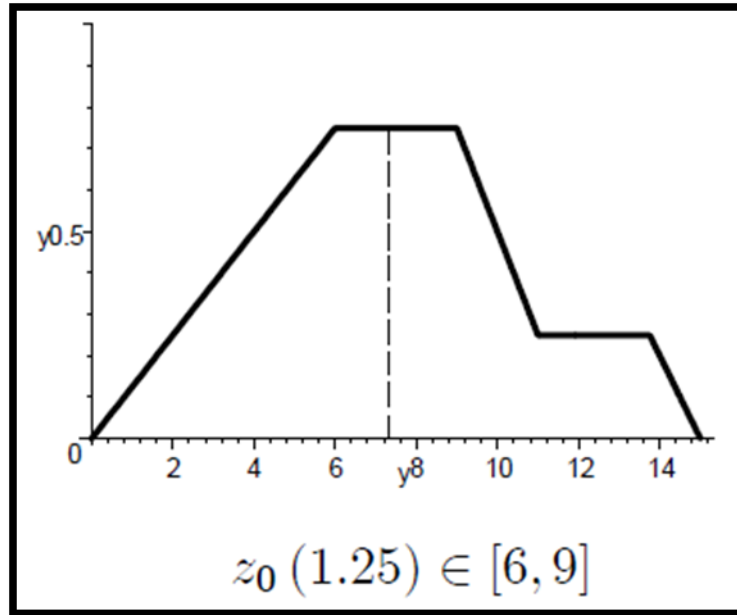


Figura 36-2 Ejemplo del centro máximo

Fuente: Hung T. Nguyen, 2003 (pág., 122)

Método del primer máximo, toma el primer valor en donde se presenta la máxima señal.

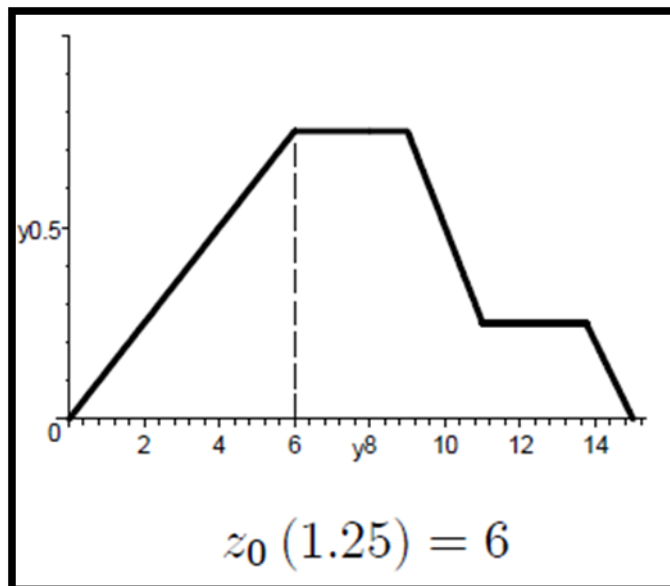


Figura 37-2 Ejemplo del primer máximo

Fuente: Hung T. Nguyen, 2003 (pág., 123)

El método del promedio máximo, consiste en tomar el punto medio o promedio del dominio en donde se encuentra los valores máximos.

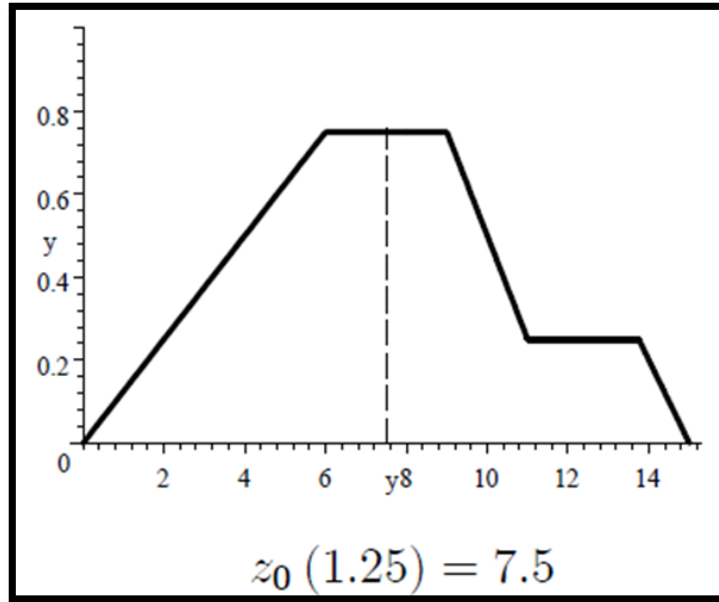


Figura 38-2 Ejemplo del promedio máximo
 Fuente: Hung T. Nguyen, 2003 (pág., 124)

CAPITULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1 Diseño de la Investigación

3.1.1 Tipo de Diseño de Investigación

Al tratarse de un problema poco desarrollado tenemos una investigación exploratoria con el fin de conocer y determinar las fallas del sistema de inyección electrónica.

Además, en la presente investigación se utilizó el diseño experimental con el fin de obtener la óptima forma para la detección de fallas del sistema de inyección, según las mediciones realizadas al vehículo con comunicación CAN.

3.1.2 Métodos de Investigación

Para la adquisición de datos se utilizó el método de medición directa de las magnitudes que entregan los sensores que se encuentran en el sistema de inyección electrónica del vehículo.

Mientras que para el análisis se aplicó el método deductivo partiendo de un todo que es el sistema de inyección a detallar cada uno de sus componentes, según los parámetros óptimos de funcionamiento de cada sensor para que el vehículo realice la dosificación adecuada en la combustión, manteniendo márgenes ambientales.

3.1.3 Enfoque de la Investigación

En esta investigación se realizó un análisis mixto, es decir; que al momento de la toma de datos es una investigación cuantitativa de las variables del sistema de inyección electrónica, mientras que para determinar el correcto funcionamiento y desempeño de cada uno de los sensores se realiza un análisis cualitativo que permitirá conocer si un sensor se encuentra o no se encuentra en condiciones de funcionamiento.

3.1.4 Alcance de la Investigación

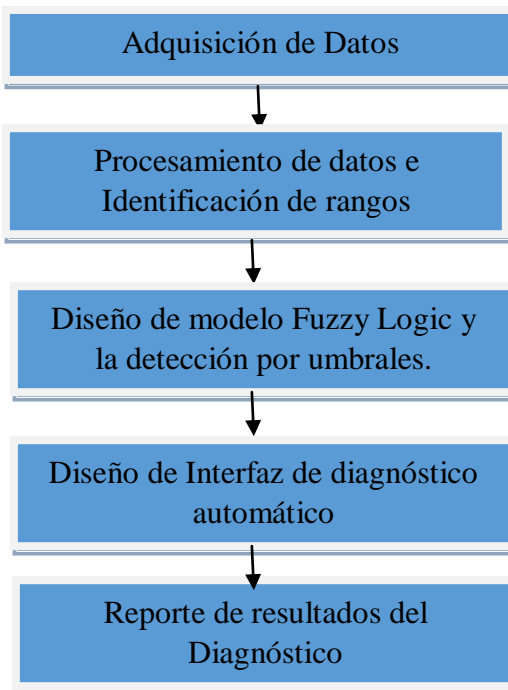
El presente trabajo se llevó con un vehículo marca KIA, modelo Sportage Active en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba, que se encuentra a una altura aproximada de 2800 msnm, con una temperatura que oscila entre los 9 °C a 22 °C y una presión atmosférica de 73 KPa.

3.1.5 Unidad de Análisis

La unidad específica de análisis se realizará en el sistema de inyección incorporada a la ECU del automóvil, que puede entregar por medio del protocolo de comunicación CAN que se encuentra instalada en el automóvil.

3.2 Procedimientos para el cumplimiento de los objetivos

El sistema debe cumplir un procedimiento que permita contar con todos los requisitos para realizar la detección de fallas, por cual es necesario adquirir datos que serán procesados para luego hacer una interpretación y posterior la identificación de fallas con una interfaz amigable con el usuario.



Para el cumplimiento de todos los objetivos y tener un sistema con todas las funcionalidades, para detectar fallas en los diferentes sistemas automotrices.

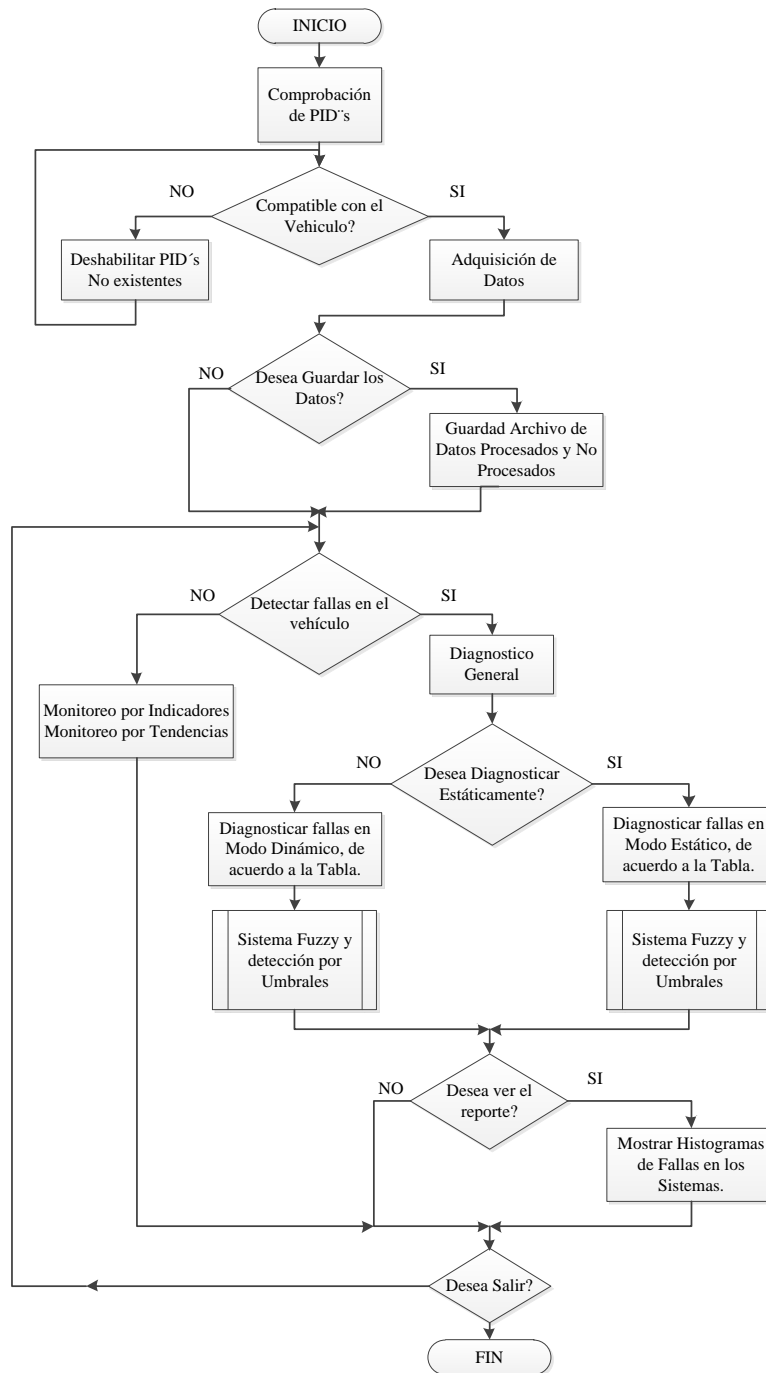


Figura 39-3 Diagrama de Flujo del Sistema
 Fuente: Cristian Santiana, 2017

3.2.1 Adquisición de Datos bajo la comunicación CAN

Para la toma de datos se utilizó la tarjeta NI 9862 y el adaptador para USB cDAQ-9171, bajo el protocolo de comunicación CAN, que es llevado a un archivo de datos organizados por su variable de medición de cada sensor en datos interpretados.



Figura 40-3. Tarjeta y Adaptador USB utilizado para la adquisición de Datos

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Para establecer comunicación mediante la tarjeta con LabView se utiliza el módulo Automotive Diagnostic, que es una aplicación adicional para establecer comunicación.

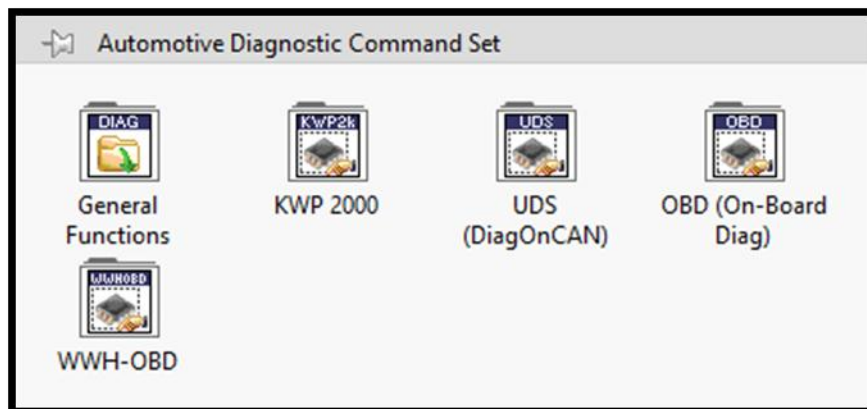


Figura 41-3. Bloque de la Aplicación Automotive Diagnostic

Fuente: Automotive Diagnostic de Labview, 2017

De estos bloques se utilizó las funciones de General Función.

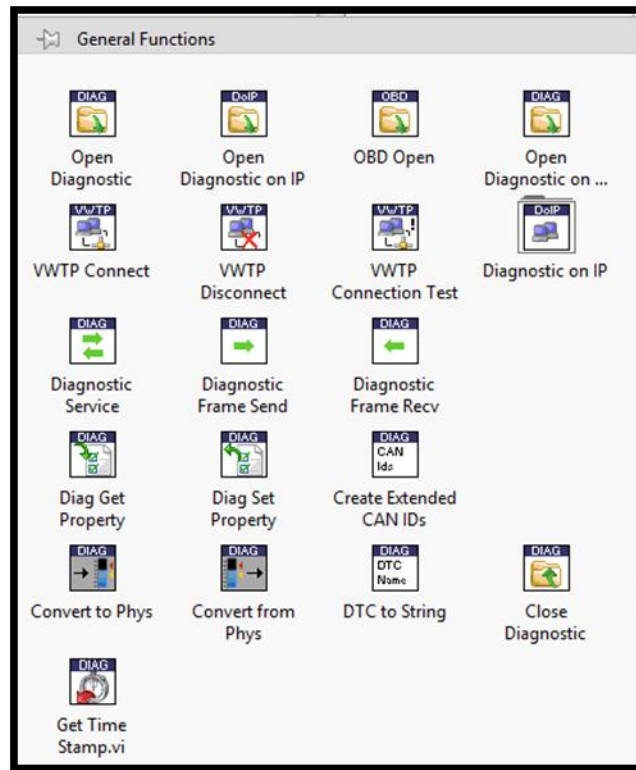


Figura 42-3. Funciones Generales de Automotive Diagnostic
Fuente: Automotive Diagnostic de Labview, 2017

Utilizando las funciones mostradas entre ellos los de Abrir Diagnostico y Leer los datos PID del OBD, de acuerdo a la nomenclatura definida en la norma SAE J1939, como se muestra en el Anexo A.

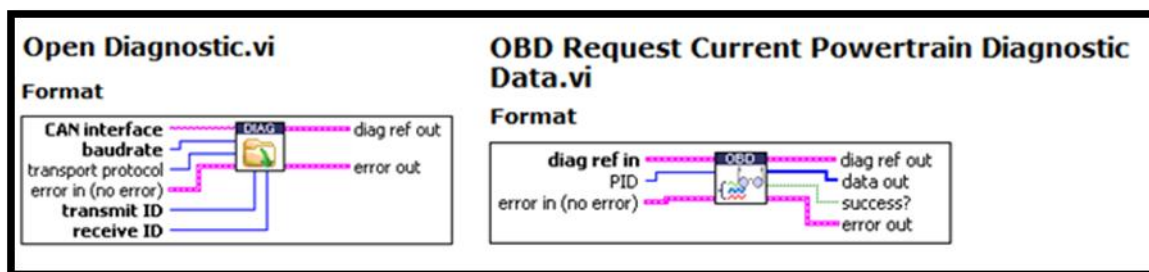


Figura 43-3. Bloques utilizados para la Adquisición de Datos
Fuente: Automotive Diagnostic de Labview, 2017

Previo a la adquisición de datos del vehículo es importante conocer cuáles son los PID que posee cada uno de los vehículos, por lo que fue necesario realizar un algoritmo para identificar cuáles de los PID es posible a leer de la ECU del automóvil en estudio, en vista que no todos los vehículos poseen todos los PID que indica la norma SAE J1939.

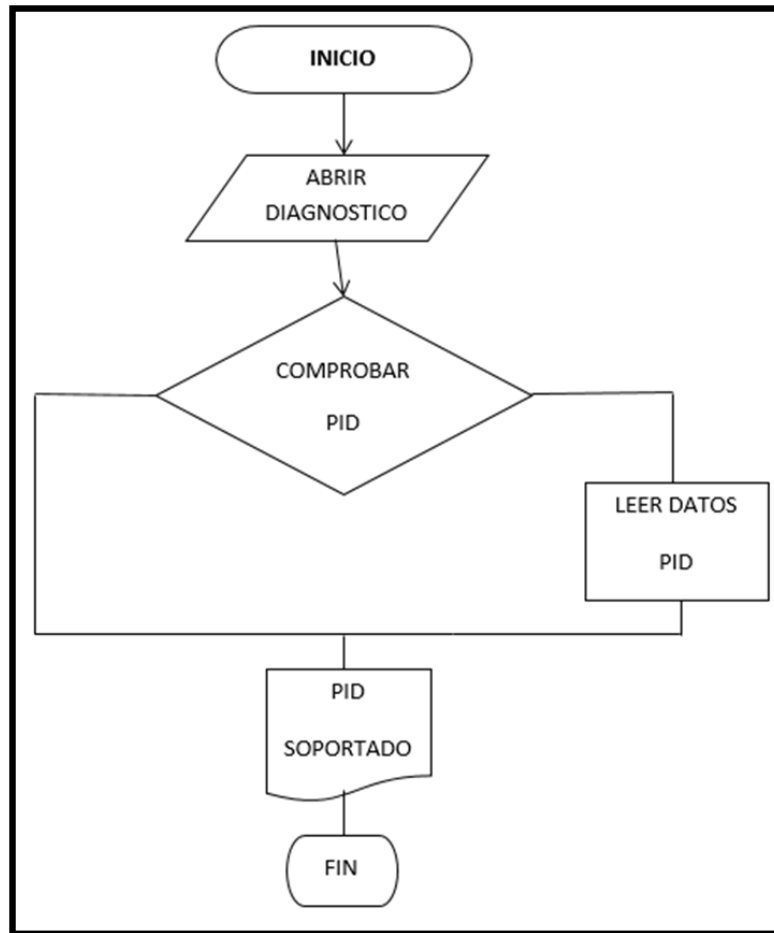


Figura 44-3. Flujograma para la lectura de Datos
 Fuente: Santiana Cristian, 2017

Una vez identificado fue conveniente realizar la programación para poder guardar estos datos en un archivo o generar una base datos de las mediciones realizadas con el fin de obtener los rangos dentro de las cuales se encuentra cada variable que será analizada.

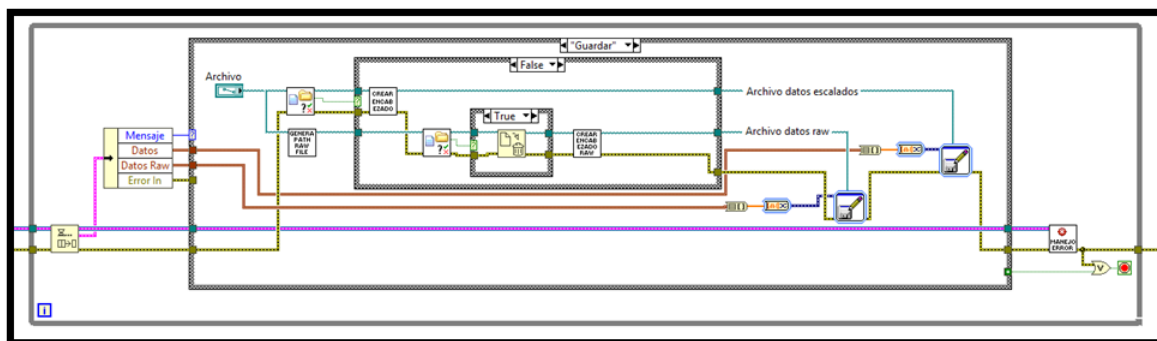


Figura 45-3. Programación para generar los archivos de las mediciones
 Fuente: Santiana Cristian, 2017

Sin embargo para obtener el dato de la variable que será analizada es necesario operar con las fórmulas que cada PID propone para las variables, como se muestra en el ejemplo de la lectura de los RPM, cuya fórmula es la siguiente $RPM = (256A + B)/4$ lo que significa que el PID 0C que indica las RPM entrega dos datos en la palabra hexadecimal; el dato A y el dato B, lo que significa que al aplicar la formula con estos dos datos encontraremos las RPM del vehículo. Para eso es importante separar los datos del PID entregado como se muestra a continuación.

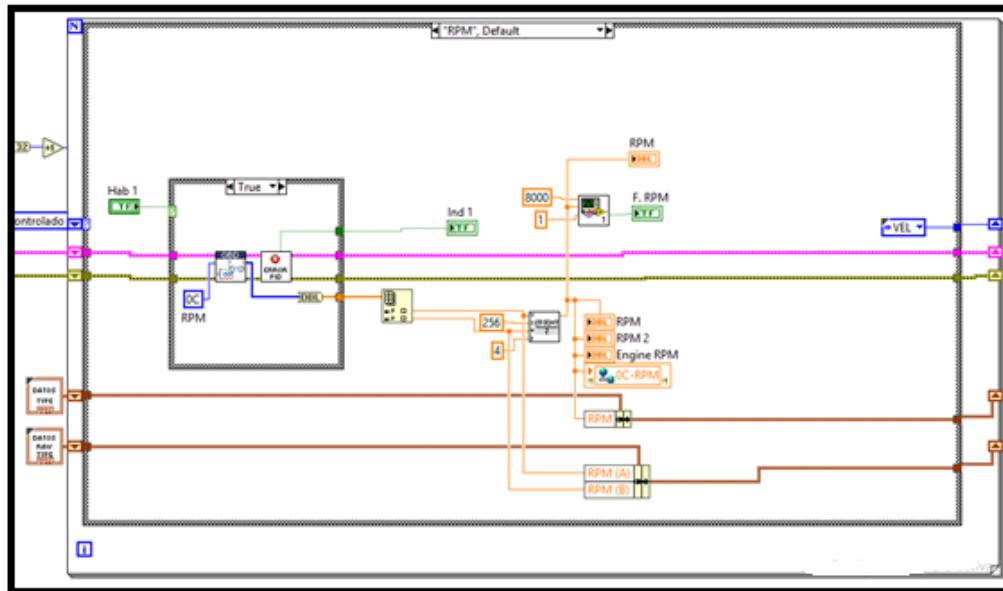


Figura 46-3 Programación para la aplicación de las fórmulas de los PID
Fuente: Santiana Cristian, 2017

De esta manera se tiene en la Estructura de Labview un caso para cada variable que estamos midiendo en el automóvil y que llega hasta la ECU del vehículo.

3.2.2 *Análisis de los datos obtenidos para determinar los umbrales*

Con el programa de adquisición de datos y con la tabla de los rangos definidos que se encuentra en la tabla de los PID, nos da la perspectiva amplia para poder determinar los umbrales mínimos y máximos de cada una de las variables.

Fue de gran importancia y utilidad el uso de los datos obtenidos para ver el comportamiento de las variables en dos estados de adquisición, la primera estando el vehículo estático (ralentí) y la segunda definiendo un ciclo de conducción normal y otro en carretera, para esto es necesario realizar las gráficas de los datos adquiridos.

Esta prueba ayudó a definir posteriormente los umbrales mínimos y máximos de las señales. Además, las funciones de membresía para cada una de las señales.

3.2.3 *Determinación del modelo para detectar fallas en el sistema de inyección del vehículo.*

Acogiendo a los rangos presentados por la norma SAE J1939 y ayudados por los datos obtenidos en la prueba de adquisición de datos de las variables que intervienen en el vehículo por medio de la comunicación CAN, se procede a definir los mínimos y máximos de las variables.

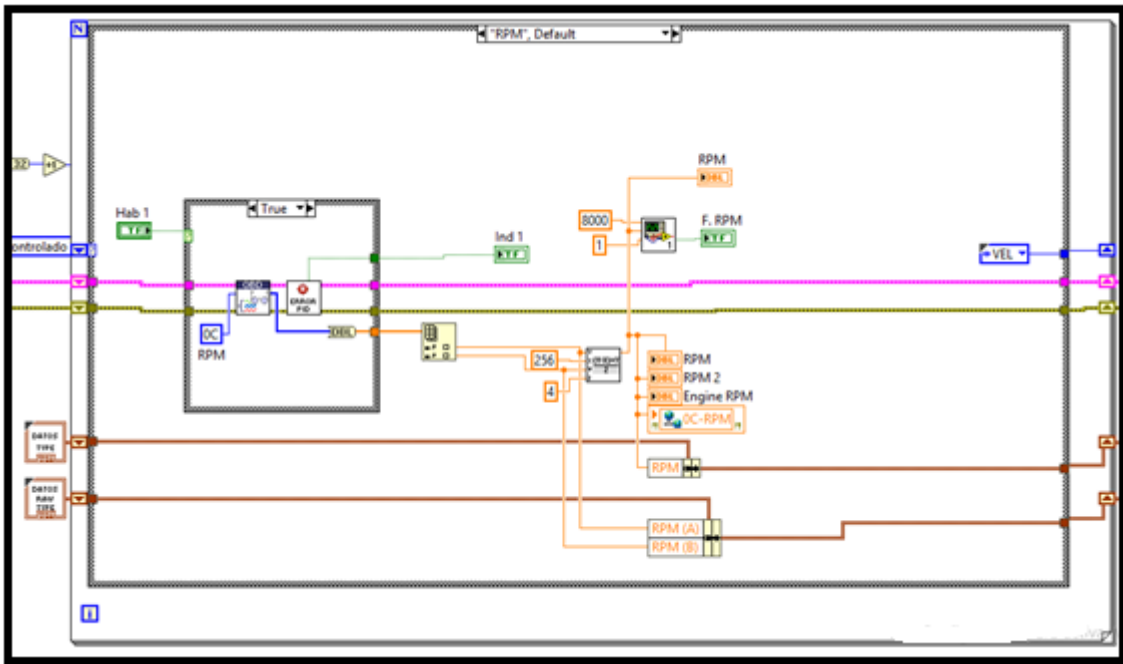


Figura 47-3 Programación para la Detección por Umbrales

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Para esto se buscó las funciones necesarias en LabView para organizar esta programación en primera instancia se probó con la función de comparación, que permite comparar si lo que estamos midiendo es igual al dato patrón o de ejemplo.

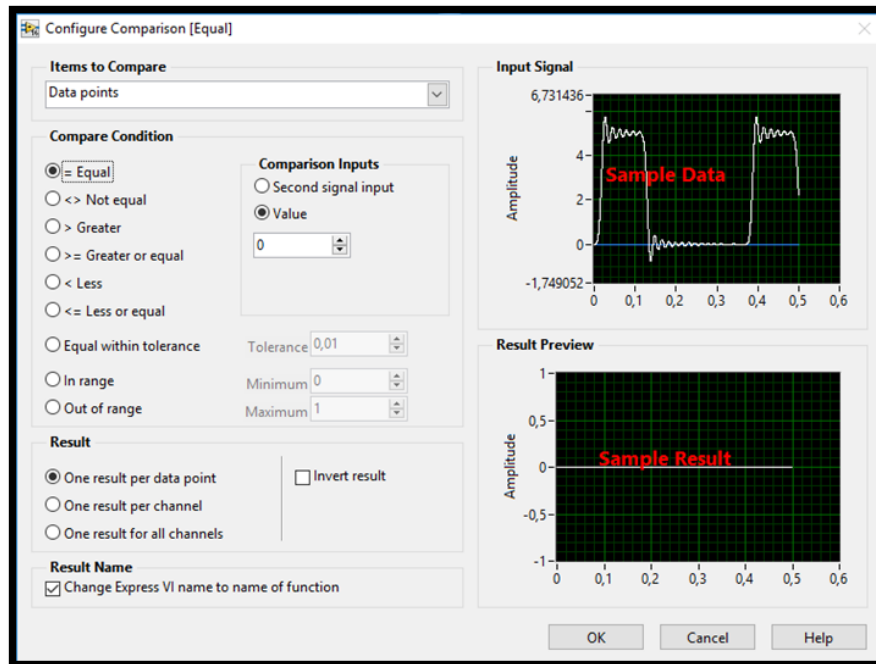


Figura 48-3 Bloque de configuración de la Función de comparación
Fuente: Santiana Cristian, 2017

Otra forma de realizar lo mismo fue realizando un SubVI que permita la comparación entre el valor de la señal y además indique si la señal está por debajo del rango o si la señal está por arriba del rango, permitiendo obtener más información del sensor.

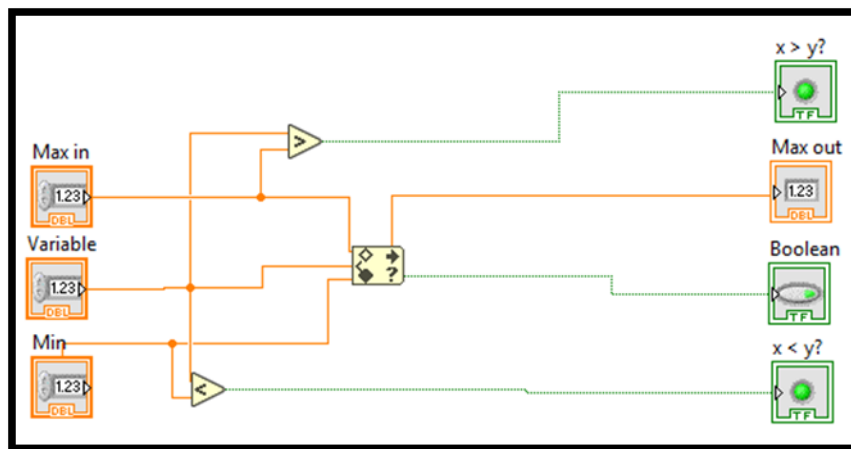


Figura 49-3 SubVI de Comparación
Fuente: Santiana Cristian, 2017

Luego de haber definido el mínimo y máximo de cada una de las variables, se procede a dar una ponderación a todo el rango de la señal, definiendo los valores lingüísticos de cada variable y para no hacer muy tedioso queda señalado de la siguiente manera.

Tabla 3-3 Valores Lingüísticos para las Variables

Valor Lingüístico	Detalle
MB	Muy Bajo
B	Bajo
N	Normal
A	Alto
MA	Muy Alto

Realizado por: *Cristian Santiana, 2017*

Para esto de acuerdo a la tabla que presenta el estándar de SAE se define los rangos correspondientes para tanto para las variables de entrada como para la salida mostradas en las tablas de los Anexos B y C esto servirá para la realizar las funciones de membresía.

Luego de haber definido los valores lingüísticos para la fuzzificación, los mismos que servirán para definir las funciones de membresía de las señales de entrada leídas por la tarjeta de adquisición de datos.

Mientras que para la defuzzificación de igual manera se define los valores lingüísticos y se deja detallados como numero de fallas que al final luego que se determina las reglas, en el sistema cada falla tendrá una correspondencia a un sensor o a un componente del vehículo según la experticia del técnico automotriz.

Para ello se debe ingresar las funciones de membresía tanto de las entradas y salidas del Sistema Fuzzy MIMO (Múltiples Entradas y Múltiples Salidas), en la aplicación Fuzzy System Designer de LabView, como se indica en la figura.

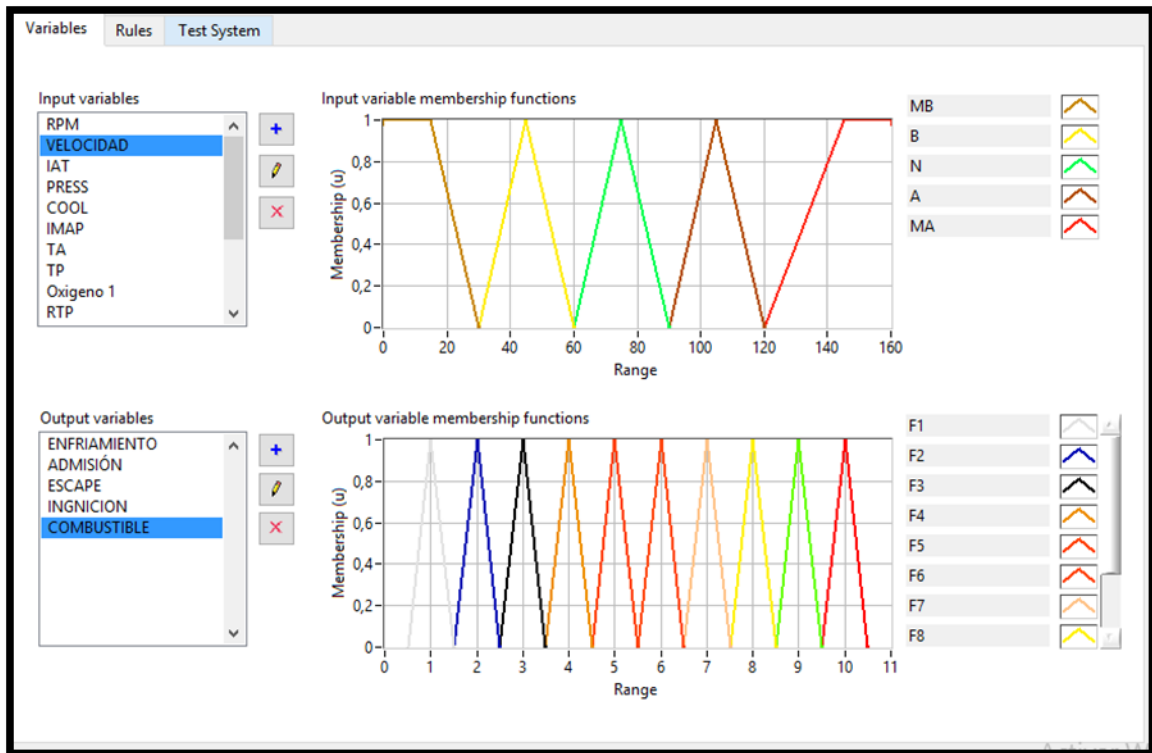


Figura 50-3 Pantalla de las Funciones de Membresía de las entradas y Salidas

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Para definir las funciones de membresía en la mayoría de las variables se divide para 5 con el fin de obtener rangos iguales para cada valor lingüístico, considerando que en ciertas variables como es el caso de las RPM el rango que viene marcado en la norma SAE es muy elevado, se definió los rangos de acuerdo a la primera adquisición de datos, así es como se muestra en los anexos B y C, los rangos para las funciones de membresía tanto de entrada como de salida.

3.2.4 *Diseño del Sistema de detección de fallas*

Para proceder a detectar el comportamiento en estado óptimo del vehículo se define las condiciones de diagnóstico en el cual vamos a obtener datos del vehículo en buen estado con el fin de definir parámetros de funcionamiento normales y posteriormente a comprender que sucede si no tenemos estos parámetros a las condiciones de diagnóstico.

Para esto definimos en un estado estático las siguientes condiciones de diagnóstico.

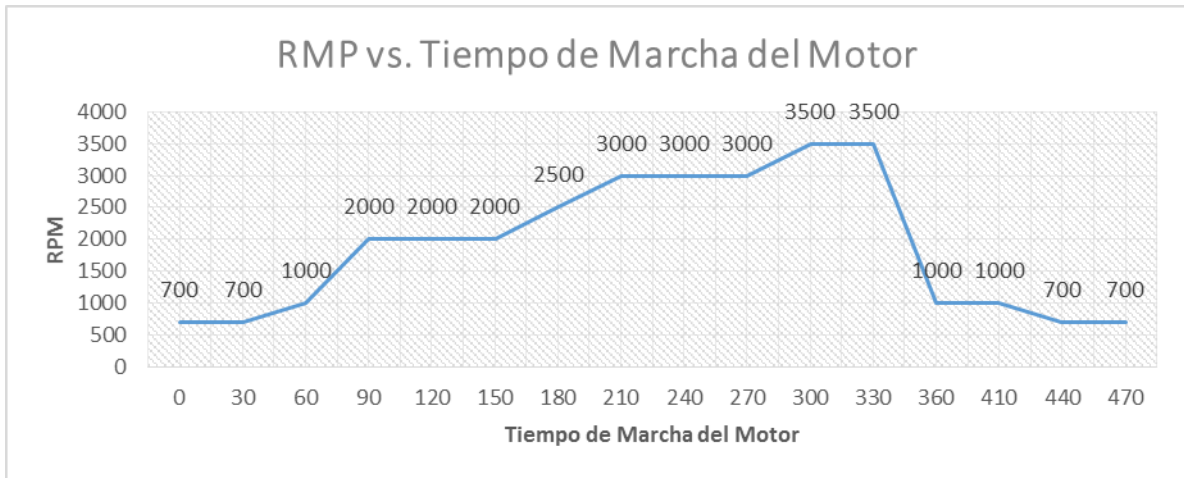


Figura 51-3 Condiciones de Prueba en estado Estático

Fuente: Santiana Cristian, 2017

De la misma manera es necesario definir condiciones para un diagnostico dinámico de vehículo en este caso puede ser entre tiempo de marcha del motor y la velocidad del vehículo.

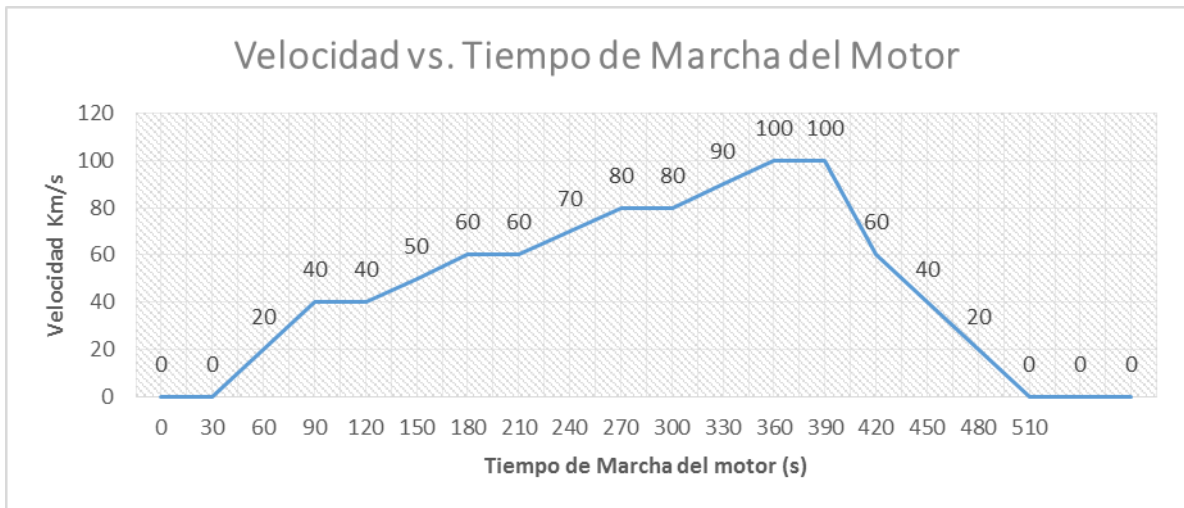


Figura 52-3 Condiciones de Prueba en estado Dinámico

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Esto nos servirá para poder ingresar las reglas del sistema fuzzy para la detección de fallas, sin embargo, sustentamos estas reglas con el estado de detección de fallas DTC del manual de taller. (Hiunday, 2005).

De acuerdo a las reglas ingresadas se realiza posteriormente el test que permite el toolkit de Fuzzy System Designer de Labview. Para posteriormente probar las reglas ingresada definiendo a cada código de falla, una falla específica en cada sistema.

Tabla 4-3 Fallas comunes del vehículo

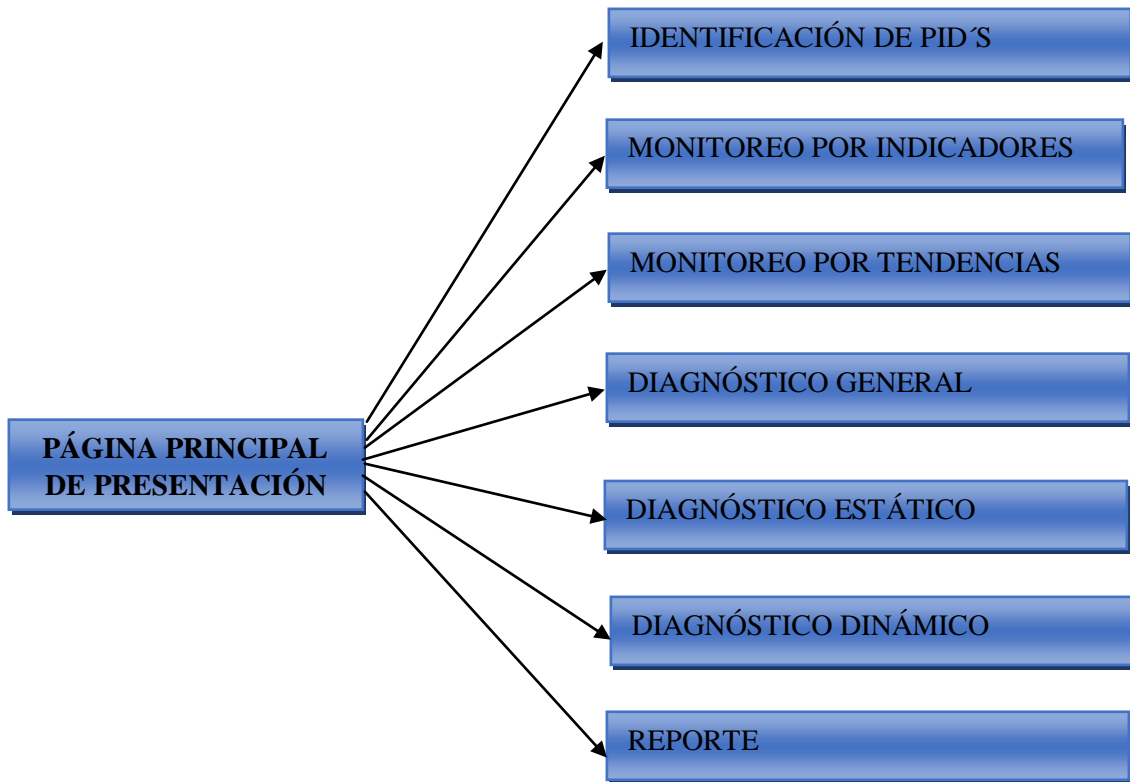
Código de Falla	Sistema de Enfriamiento	Sistema de Admisión de Aire	Sistema de Escape de Gases	Sistema de Ignición	Sistema de Combustión
F1	Radiador Tapado	Filtro de Aire Colapsado	Escape Tapado	Inyector defectuoso	Inyectores Abiertos
F2	Remordimiento del Termostato	Falla del Vacío del Motor	Catalizador Colapsado	Sistema Demasiado Pobre	Bobinas Defectuosa
F3	Resistencia Inadecuada del Sensor	Falla del Sincronización del Sistema de Distribución.	Inyectores Abiertos	Sistema Demasiado Rico	TPS defectuoso
F4	Sin Refrigerante	Falla en las válvulas de admisión	Falla del MAP	No Enciende los cilindros	Bujías Defectuosas
F5	Cañería Tapada	Falla del Sensor TPS	Bujías Defectuosas	Falla del PCM	Bomba Defectuoso
F6	Empaque del Cabezote dañado.	Fuga o taponamiento en la admisión de aire	Cables de Alta Tensión defectuosos	Sistema de Carga de Energía	CMO Defectuoso
F7	Tapa del Radiador Averiada.		Falla del sensor CMP		Sin Combustible
F8		Falla del Sensor IATS	Falla del Sensor de Oxígeno 1		Presión de combustible baja
F9	Falla del sensor de temperatura del Refrigerante	Falla del Sensor MAP	Falla del Sensor de Oxígeno 2		
F10	Trabajo Normal	Trabajo Normal	Trabajo Normal	Trabajo Normal	Trabajo Normal

Realizado por: Santiana Cristian, 2018

3.2.5 *Diseño de la interfaz*

Para el diseño de la interfaz fue analizar todas las necesidades de diagnóstico con el técnico automotriz, con el fin de satisfacer necesidades de monitoreo en tiempo real, diagnóstico en tiempo real y rápido, de igual manera un diagnóstico cuando el vehículo se encuentra en modo estático y también en estado dinámico, para finalmente emitir un reporte de resultados, con las fallas que comúnmente se encuentra en el vehículo por cada sistema.

De ahí se propone el siguiente menú para realizar el monitoreo, diagnóstico, análisis y reportes con una pantalla de presentación.



CAPÍTULO IV

4 ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Adquisición de Datos de la ECU por comunicación CAN.

En lo que corresponde a la adquisición de datos la Tarjeta NI 9862 y el adaptador para USB cDAQ - 9171 son los encargados en extraer los datos en tiempo real desde la ECU del automóvil y traducir a un lenguaje decimal la información que los sensores entregan por medio de la comunicación CAN, permitiendo realizar un monitoreo de lo que sucede en el sistema de inyección.

En este caso de estudio realizado en un automóvil KIA Sportage Active, modelo 2013 se evidencia que no se puede leer todos los PID que menciona SAE en su norma J1939, entre ellos los PID de aceleración electrónica, mientras que en otros modelos de vehículos si lo tienen, por lo tanto, se ha programado para adquirir la mayoría de datos que nos entregue la red con la discriminación de que si no encuentra el PID este sea deshabilitado su lectura.

En la figura se indica la ubicación de un check junto al indicador con el fin evitar que nuestro sistema se ponga lento en la adquisición de datos, dado que el bloque OBD Diagnostic pasaría buscando la señal redundando y generando error en la lectura, error que es monitoreado cuando el indicador booleano (led) se pinta de color rojo.

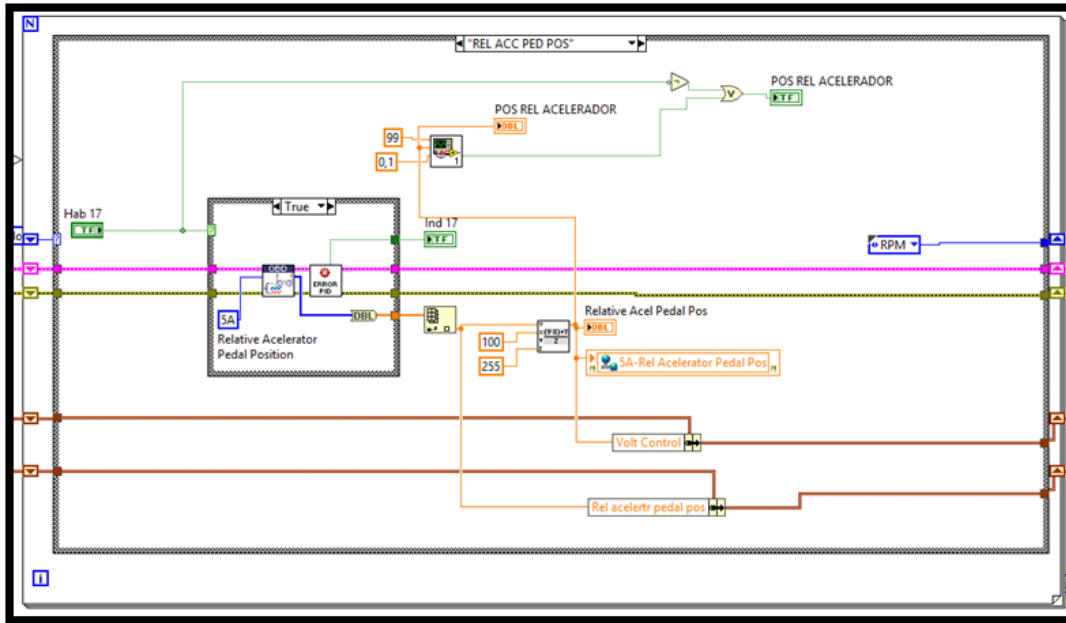


Figura 53-4 Pantalla de la Programación lectura de PID´s
 Fuente: Santiana Cristian, 2017

Además, es importante mencionar que para iniciar a identificar cuáles de los PID existen en el vehículo para poder según aquello programar, se realizó la extracción completa de los PID existentes en el vehículo con el siguiente control e indicador.

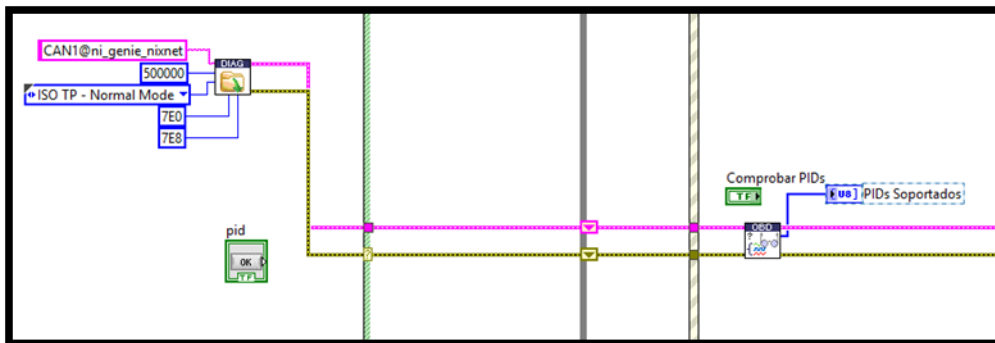


Figura 54-4 Pantalla para Identificar los PID Existentes
 Fuente: Santiana Cristian, 2017

Esto es el inicio para poder obtener los datos de los diferentes PID que podemos leer, con estos datos está claro que podemos tener pantallas de monitoreo por tendencias o con indicadores amigables para el usuario, como se muestran en las siguientes figuras.

Procesando estos datos y observando el comportamiento permite definir las reglas y con el manual de fallas permite definir los valores umbrales, para la detección de fallas cuando en el sensor van a los límites ya sea superior e inferior.

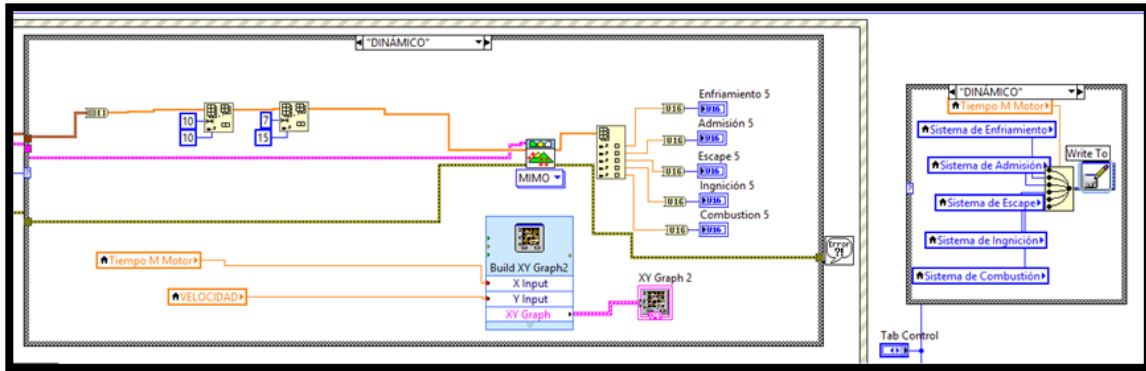


Figura 57-4 Programación del Diagnóstico en estado Estático y Dinámico

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Los resultados obtenidos de acuerdo a las condiciones planteadas para el caso cuando el vehículo se encuentra en modo estático, es decir; en ralentí de acuerdo a la curva de RPM vs. Tiempo de Marcha del Motor. De igual manera para el caso dinámico con el vehículo en movimiento para monitorear el funcionamiento del sistema según la curva de Velocidad vs. Tiempo de Marcha del Motor.

4.2 Clasificación de los datos obtenidos de la adquisición y definición de rangos

Una vez obtenido los datos y procesados los mismos de acuerdo a las fórmulas que indica la norma SAE, se puede evidenciar el comportamiento de cada una de las señales. Permitiendo definir a cada una de las variables con una relación lingüística que indique el comportamiento de la variable las mismas que luego servirá para determinar las reglas que identificarán las fallas en uno o varios sistemas dependiendo de la combinación de señales obtenidas.

Este procesamiento y determinación de rangos se encuentra definido en los Anexo A y B.

4.3 Definición de reglas y validación según el manual y los datos obtenidos

Luego de procesar los datos con las funciones de membresía, se definió las reglas para la detección de fallas de acuerdo al comportamiento de las señales y el cumplimiento de las reglas ingresadas en el Toolkit de Labview, en esta parte de la investigación es muy importante el aporte del experto

para definir los comportamientos, es este caso nos hemos ayudado del manual de taller en donde muestra las fallas que se presentan de acuerdo al comportamiento de una o varias señales.

Como demostración del procesamiento que realiza Labview en su toolkit muestro a continuación una simulación de una regla y el cumplimiento de la defuzzificación por el método del centroide. Para lo cual validamos la regla que se encuentra ingresada con el test para verificar el cumplimiento.

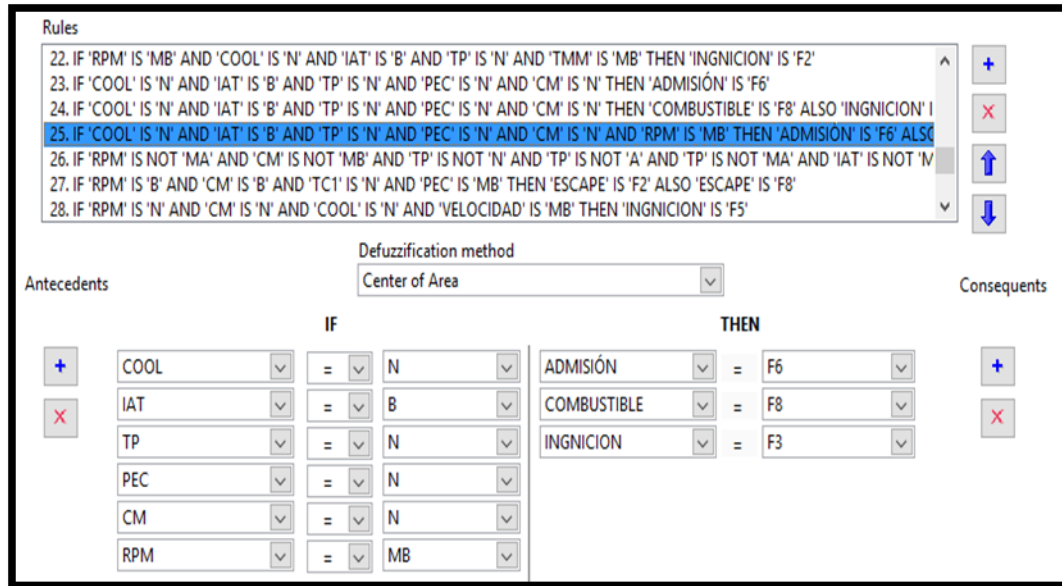


Figura 58-4 Regla Programada

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Interpretando las condiciones de la regla vemos que cuando se la variable de enfriamiento COOL tenga valores normales, la admisión del aire IAT es bajo, la posición del acelerador TP es normal, la purga automática PEC es normal, la carga del motor CM en normal y las revoluciones del motor RPM sean muy bajas. Entonces el sistema de Admisión tendrá la falla 6, el sistema de Combustible tendrá la falla 8 y el sistema de Ignición tendrá la falla 3.

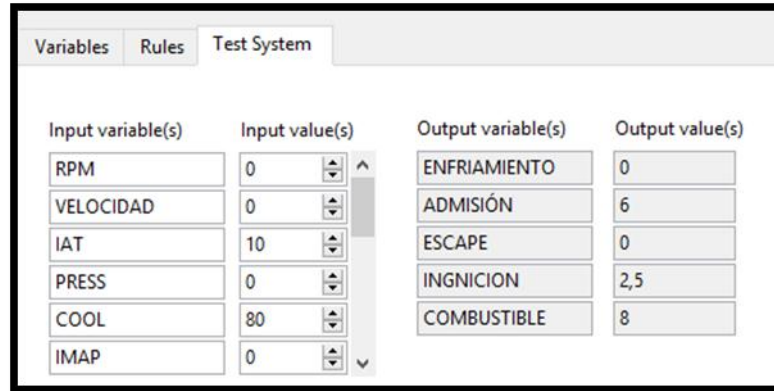


Figura 59-4 Validación de la Regla

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Por tanto, podemos observar que la regla programada y al dar los valores correspondientes a cada una de las señales de entrada, se cumple a la salida la falla 6 en el sistema de Admisión, la falla 6 en el sistema de Admisión y para el sistema de Ignición tiene un valor de 2.5 que al redondeo cumple con la falla 3 que se encuentra programada en la regla.

A continuación, se presenta la validación de una regla de dos variables de entrada y una de salida de forma gráfica.

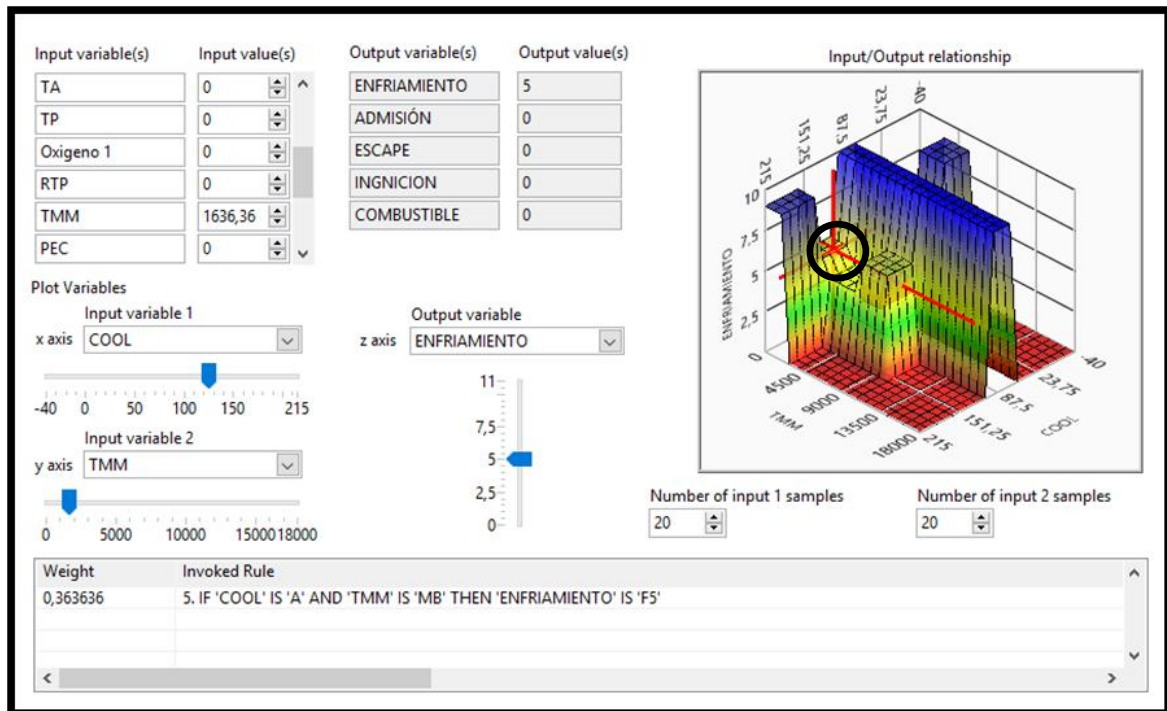


Figura 60-4 Test de una regla en la forma grafica

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Se puede observar que de acuerdo a los parámetros que tengan las variables de entrada se posicionara en un valor específico de la variable de salida en este caso, cuando la variable de

temperatura del refrigerante COOL y si el tiempo de marcha del motor TMM es muy bajo, entonces se tiene la falla 5 en el sistema de enfriamiento que quiere decir que la cañería se encuentra tapada. Como se puede ver en el grafico tridimensional y el de los cursores de y en la leyenda que relaciona la regla.

4.4 Interfaz del Sistema de Detección de Fallas en Labview

Para tomar un orden en la interfaz con el usuario ubicamos pantallas que permita tener una relación en tiempo real con las variables presentes en el automóvil, con el fin de que el usuario tenga una visión real. Además, se encuentran pantallas de diagnóstico automático en las cuales el usuario solo debe cumplir con la ruta de diagnóstico establecida y esta guarda la información de la prueba.

Para iniciar con la interfaz se tiene una pantalla de presentación que permitirá informarnos de lo que podremos encontrar en el sistema si exploramos cada una de las pantallas.

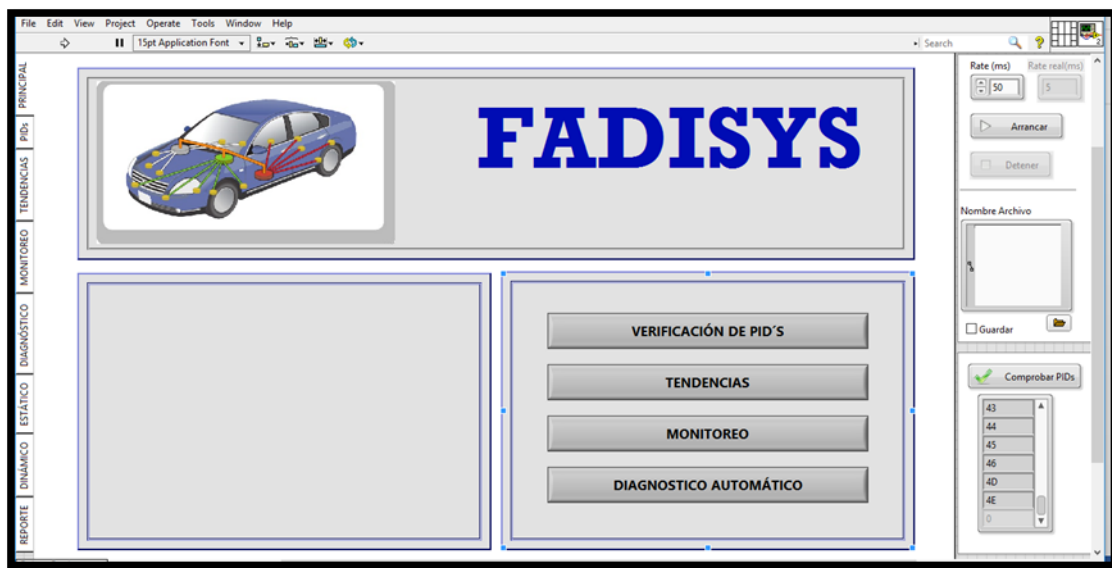


Figura 61-4 Test de una regla en la forma grafica

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Por un menú que se encuentra en la parte izquierda de la pantalla principal podremos acceder al resto de las pantallas, en la segunda pantalla tenemos todos los PID's que podemos extraer del sistema pero como el sistema fue planificado para diferentes modelos de vehículos, por lo tal razón no tenemos todas las señales para todos los vehículos, entonces es necesario descartar las señales que no dispone el vehículo que se encuentra en el análisis, para no tener problemas de retardos en la ejecución del programa.



Figura 62-4 Pantalla de PID's
 Fuente: Santiana Cristian, 2017

Pero cuando este check se encuentra deshabilitado el led se pinta de color verde evadiendo el error y permitiendo que el sistema continúe de forma normal. Permitiendo al sistema continuar con total normalidad.



Figura 63-4 Pantalla de PID's deshabilitado el check
 Fuente: Santiana Cristian, 2017

Luego de la definición de los PID's que existe en cada vehículo, en nuestra interfaz podemos monitorear el comportamiento de las señales y el comportamiento con indicadores según el tipo de

parámetro físico que se está midiendo, entre ellos termómetros, velocímetros, etc. Con el fin de tener un comportamiento real de cada una de las señales.

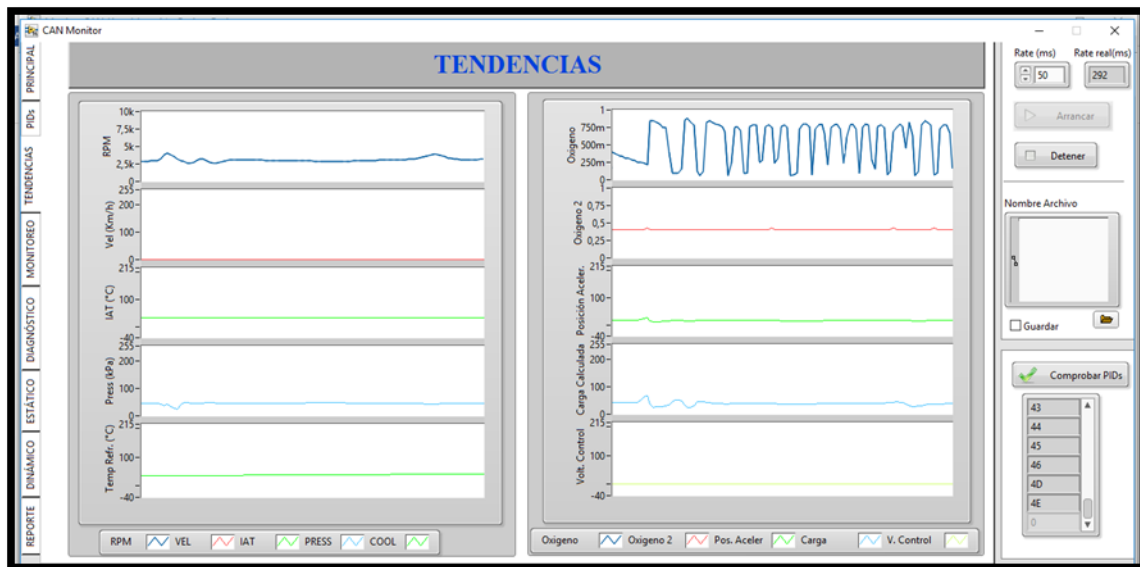


Figura 64-4 Pantalla de Monitoreo por Tendencias

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Estas pantallas amigables servirán para validar la adquisición de datos y que el análisis pueda ser asertivo en la detección de fallas, o para la identificación rápida si el sensor falla o está entregando datos erróneos.

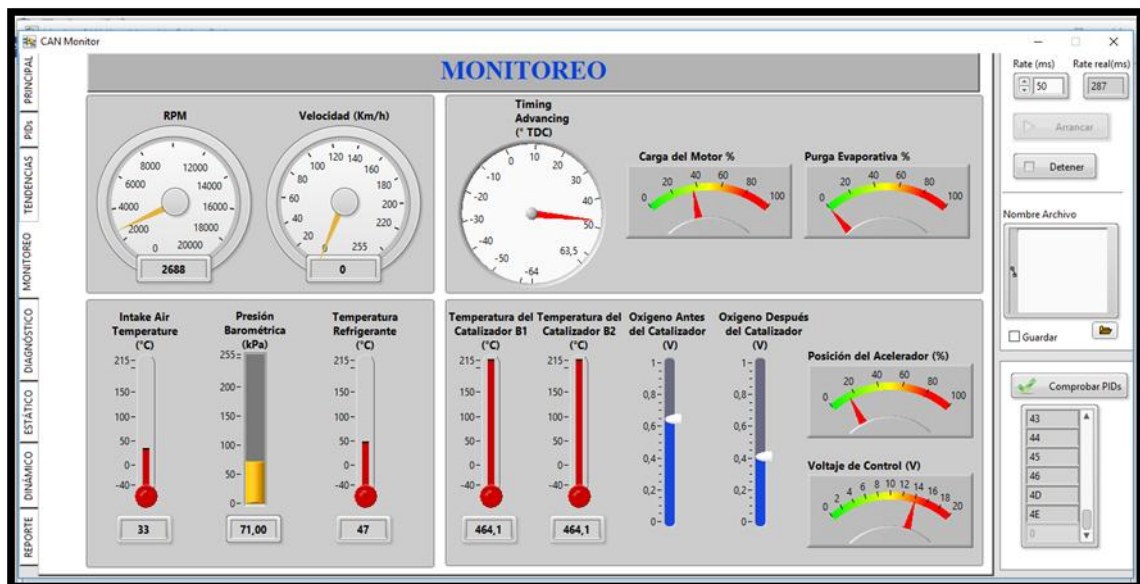


Figura 65-4 Pantalla de Monitoreo por Tendencias

Fuente: Santiana Cristian, 2017

Con el fin de cumplir con el objetivo principal del trabajo que es la detección de fallas, tenemos pantallas de diagnóstico general para realizar la detección de fallas, de igual manera se tiene pantallas para el diagnóstico del vehículo en estado estático y en estado dinámico, en estas pantallas se registra las fallas que se vayan presentando en cada uno de los diagnósticos.

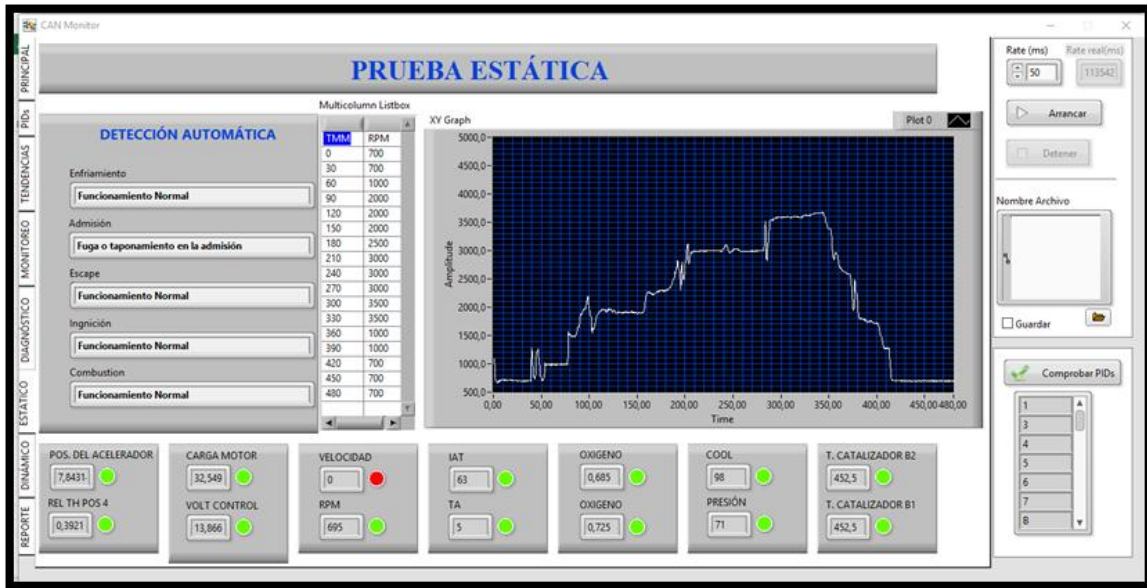


Figura 66-4 Pantalla de Diagnostico Estático
Fuente: Santiana Cristian, 2017

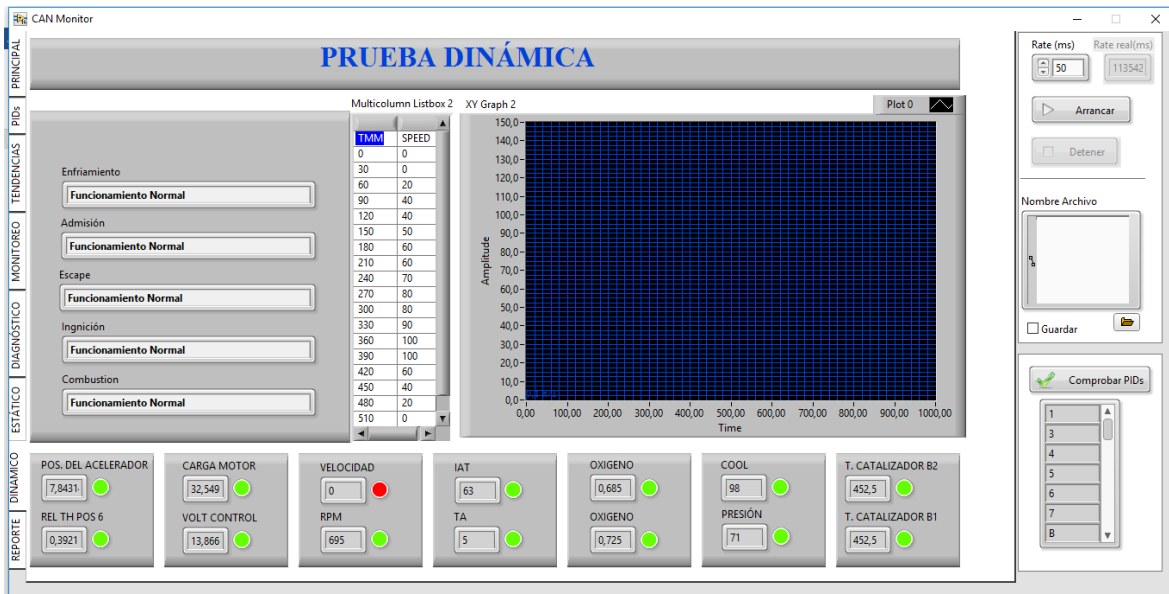


Figura 67-4 Pantalla de Diagnostico Dinámico
Fuente: Santiana Cristian, 2017

Por último, se cuenta con una pantalla en donde llamamos a los archivos guardados en las pantallas anteriores de diagnóstico estático y dinámico, para sacar un reporte o resumen del comportamiento del vehículo durante las pruebas, por medio de historiales, de estos se extrae las fallas que se presenten en mayor cantidad durante el diagnóstico.

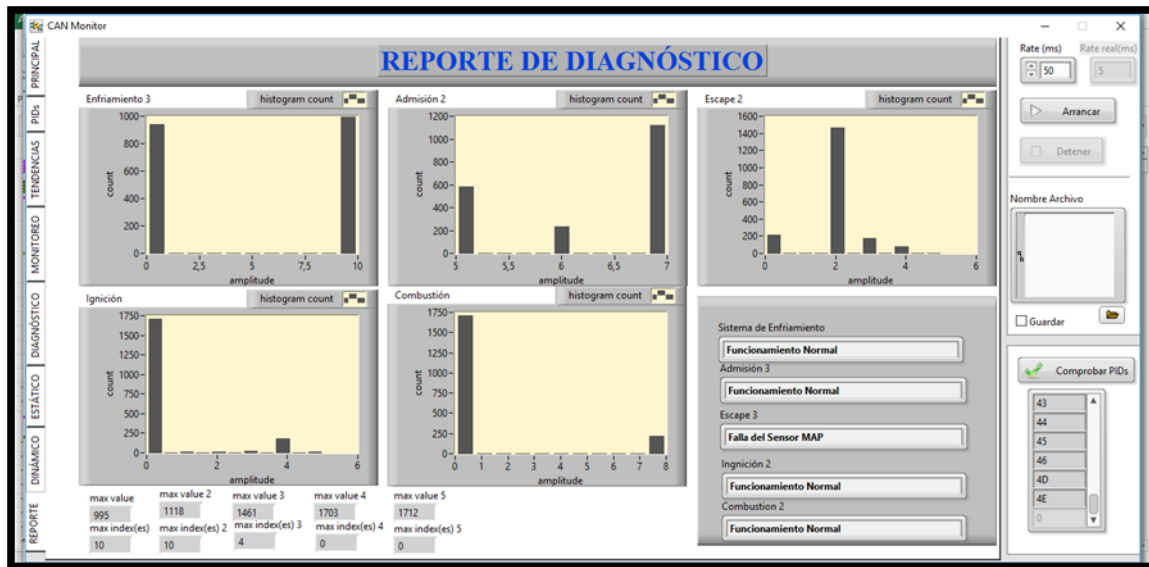


Figura 68-4 Pantalla de Diagnostico Dinámico

Fuente: Santiana Cristian, 2017

4.5 Validación de resultados en la detección de fallas.

Luego de un análisis en tiempo real arroja varias fallas de los diferentes sistemas del vehículo bajo las condiciones establecidas en un recorrido en carretera con el clima de Riobamba que se encuentra a 2800 msnm, con una temperatura que oscila entre los 9 ~ 22 °C y una presión atmosférica de 73 KPa.

Bajo estas condiciones, durante la prueba se ha presentado eventualmente varias fallas en el sistema que, al ser validados, con el especialista automotriz demuestra que son fallas falsas durante el proceso de validación del sistema. Para solucionar este inconveniente ha sido necesario realizar un proceso estadístico para la toma de decisiones de las fallas que se presentan.

En la pantalla de reporte se puede conseguir una validación estadística de la presencia de fallas en cada sistema, esto lo realizo sacando un histograma de las fallas presentadas durante el análisis, siendo las fallas que debemos dar mayor importancia a las que se presenten en mayor cantidad, en

vista que existen fallas que se presentan una o muy pocas veces durante el tiempo que se realice el diagnóstico.

Luego de extraer el archivo y sacar el histograma, se toma la falla que tiene el mayor número de eventualidades durante el análisis y muestra la falla que se debe dar un tratamiento o verificar las condiciones por la cual se presenta esta falla.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Con respecto a la adquisición de datos se evidencia que no todos los autos poseen las mismas señales, mucho varia en cuanto a la cantidad de datos que se puede extraer por comunicación CAN, para eso se debe hacer una comprobación o validación de PID's que tiene el vehículo previo al análisis.
- Con la extracción de datos se procede a dar los rangos respectivos para formar las funciones de membresía, en este espacio se puede indicar que en muchos casos las señales que entrega son muy amplios con respecto al rango que usualmente se puede utilizar, como es el caso de las RPM presenta un rango de 0 – 16 383.75 cuando en realidad y en el mejor de los casos el máximo que alcanzará es de 0-7500 RPM.
- Esta definición de rangos ayuda a establecer los umbrales de funcionamiento apegados a la realidad de los parámetros o señales de medición del automóvil, porque si nos remitimos a los valores que se encuentran normados por la SAE J1939 están fuera de la realidad del vehículo, esto ayuda a definir las fallas en los sensores por detección de umbrales; es decir si se encuentra al mínimo o al máximo del rango establecido detectará como falla del sensor.
- En la definición de reglas para la detección de fallas por fuzzy logic, es necesario la ayuda de un experto en el área automotriz, pero un repositorio del manual de taller ayudó mucho para establecer las reglas de reconocimiento de las fallas que se presenta en el automóvil, según los parámetros que se pueda medir.
- Para detectar fallas es necesario establecer rutas o condiciones en las cuales puedan presentarse en su mayoría las condiciones de funcionamiento del motor, para eso se realizó estrategias de diagnóstico en estado estático relacionando las RPM con el tiempo de marcha del Motor y un estado dinámico relacionando la velocidad del vehículo con el tiempo de marcha del motor.
- La toma de registros de fallas se realiza en tiempo real tanto para el modo estático y dinámico, mientras que para el procesamiento y reporte de las fallas es necesario realizar estadística descriptiva para identificar la frecuencia que se presenta las fallas por medio de histogramas,

en cada uno de los sistemas para presentar como fallas representativa a la que mayor veces se presentó durante el análisis, en vista puede presentarse alguna falla eventualmente por alguna maniobra o condición que se presentó en el diagnóstico.

5.2 Recomendaciones

- En la extracción de datos es importante conocer al menos las posibles señales que tiene el vehículo que vamos a diagnosticar para identificar que señales se puede extraer, sin embargo, si no conocemos el sistema cuenta con una ventana para comprobar los PID's que existe en el vehículo al cual está conectado la tarjeta.
- Una vez que se realice la conexión adecuada entre la PC y el Automóvil, es necesario desactivar los PID's que no existe en el vehículo para que el procesamiento del sistema no sea lento tratando de encontrar señales que no se tiene para el análisis.
- Una vez ya identificados las señales que vamos a utilizar, se recomienda realizar los dos análisis tanto el estático como el dinámico para que las detecciones de fallas sean más detallistas, de manera que se presente la mayoría de condiciones posibles para el cumplimiento de reglas que tiene el sistema difuso.
- Luego de realizar el diagnostico se recomienda sacar el reporte para poder conocer con precisión la falla que tienen cada uno de los sistemas y no tomar decisiones por la presencia de fallas durante el diagnóstico eventual, en vista que pueden ser fallas eventuales únicamente.
- Finalmente recomiendo como continuación con este trabajo realizar la expansión y estudio para todas las marcas de vehículos existentes en el mercado, además probar con otros modelos de inteligencia artificial.
- Recomiendo realizar el estudio para incrementar utilidades en el sistema, con el fin que se pueda realizar una auto reparación o autocorrección de fallas, además que brinde la posibilidad de implementar opciones de parametrización de la ECU.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, A. N., Jimenes, P., & Gonz, N.** (2014). *Detección y diagnóstico de fallas para la dinámica lateral de un automóvil utilizando máquinas de soporte vectorial multiclase*, 73, 167–179.
- Arteaga, F. J., & Carabobo, D.** (2003). *Diseño de sistema para la detección de fallas en planta compresora con mantenimiento centrado en confiabilidad usando lógica difusa* *System design for fault isolation in compression plant with reliability centred maintenance using fuzzy logic*, 10(1).
- Benigno, L., & Barrios, C.** (2013). *Aplicaciones industriales. Clasificación de fallas con redes neuronales para grupos electrógenos* *Faults classification with neuronal networks for electrogen groups*, XXXIV(2), 137–150.
- Calderón, J. A.** (2008). *Neural Network for fault classification in transmission lines based on oscilopertubography records*, 99–107.
- Cely, M. H., Estupiñan, A. S., & Rivera, F. V.** (2015). *Sistema difuso para la detección y diagnóstico de falla en la generación a vapor*, 20(1), 4–9.
- Flórez, J. A. Á.** (2007). *Ingeniero Industrial. Sistema de control , inyección y encendido , para motores térmicos y alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW™ Resúmen*.
- Georg, J.** (2014). *Assessing neural networks for sensor fault detection*.
- Hung T. Nguyen, N. R. P.** (2003). *A first course in fuzzy and neural control*. (Chapman & Hall/CRC, Ed.). Boca Raton New York.
- Hurtado-cortés, L. L., Villarreal-lópez, E., & Villarreal-lópez, L.** (2016). *Fault detection and diagnosis through artificial intelligence techniques , a state of art. Detección y diagnóstico de fallas mediante técnicas de inteligencia artificial , un estado del arte*, 83(December), 19–28.
- Morales, C., & Valverde, U.** (2010). *Scanner Automotriz interface PC*. Instituto Politecnico Nacional.
- Patan, K.** (n.d.). *Artificial Neural Networks for the modelling and fault diagnosis of Technical Processes*. Recuperado de: <http://doi.org/10.1007/978-3-540-79872-9>

Rueda Santander, J. (2006). *Manual técnico de Fuel Injection*. Guayaquil - Ecuador: Diseli Editores.

ANEXOS

Anexo A: PID`s según la Norma SAE J1939

OBD-II PID

De Wikipedia, la enciclopedia libre

OBD-II PID, (**O**n **B**oard **D**iagnostics, **O**BD, **P**arameter **I**D, **P**ID), son códigos para comunicarse con el sistema de diagnóstico a bordo de un vehículo.¹

Índice
1 Modos
2 PIDs estándar
2.1 Modo 01

2.1.1 Modo 01 PID 01

2.1.2 Modo 01 PID 03

2.2 Modo 02

2.3 Modo 03

2.4 Modo 04

3 Referencias

4 Enlaces externos

Modos

El estándar OBD-II SAE J1979 define diez modos de operación:^{2 3}

Modo	Descripción
01	Muestra los parámetros disponibles
02	Muestra los datos almacenados por evento
03	Muestra los códigos de fallas de diagnóstico (Diagnostic Trouble Codes, DTC)
04	Borra los datos almacenados, incluyendo los códigos de fallas (DTC)
05	Resultados de la prueba de monitoreo de sensores de oxígeno (solo aplica a vehículos sin comunicación Controller Area Network, CAN)
06	Resultados de la prueba de monitoreo de componentes/sistema (resultados de la prueba de monitoreo de sensores de oxígeno en vehículos con comunicación CAN)
07	Muestra los códigos de fallas (DTC) detectados durante el último ciclo de manejo o el actual
08	Operación de control de los componentes/sistema a bordo
09	Solicitud de información del vehículo
0A	Códigos de fallas (DTC) permanentes (borrados)

PIDs estándar

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) definió códigos PID para cada modo de operación bajo el estándar J1939. El fabricante del vehículo no está obligado a implementar todos los modos de operación o códigos, y tiene la libertad de añadir sus propios.

El técnico automotriz usa un dispositivo, escáner, para comunicarse con el sistema OBD-II, lo cual le permite obtener información o borrar los códigos de falla. Algunos escáneres tienen interfaces “amigables al humano”, con descripciones y gráficos. Otros dan acceso básico al sistema usando números binarios o hexadecimales. Este último tipo de comunicación es el que se describe a continuación.

Los bytes de respuesta se representan con las letras A, B, C, etc. A es el byte más significativo. Los bits de cada byte se representan del más significativo al menos con los números del 7 al 0:

A								B								C								D							
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Modo 01

PID (hex)	Bytes de respuesta	Descripción	Valor mínimo	Valor máximo	Unidad	Fórmula
00	4	PIDs implementados [01 - 20]				Cada bit indica si los siguientes 32 PID están implementados (1) o no (0): [A7..D0] == (PID 01 - 20)
01	4	Estado de los monitores de diagnóstico desde que se borraron los códigos de fallas DTC; incluye el estado de la luz indicadora de fallas, MIL, y la cantidad de códigos de fallas DTC				Codificación en bits. Ver abajo.
02	2	Almacena los códigos de fallas de diagnóstico DTC de un evento				
03	2	Estado del sistema de combustible				Codificación en bits. Ver abajo.
04	1	Carga calculada del motor	0	100	%	A/2.55
05	1	Temperatura del líquido de enfriamiento del motor	-40	215	°C	A-40
06	1	Ajuste de combustible a corto plazo—Banco 1	-100 (Reducción de combustible: muy rico)	99.2 (Aumento de combustible: muy pobre)	%	A/1.28-100
07	1	Ajuste de combustible a largo plazo—Banco 1				
08	1	Ajuste de combustible a corto plazo—Banco 2				
09	1	Ajuste de combustible a largo plazo—Banco 2				
0A	1	Presión del combustible	0	765	kPa	3A
0B	1	Presión absoluta del colector de admisión	0	255	kPa	A
0C	2	RPM del motor	0	16,383.75	rpm	(256A+B)/4
0D	1	Velocidad del vehículo	0	255	km/h	A
0E	1	Avance del tiempo	-64	63.5	° antes	A/2-64
0F	1	Temperatura del aire del colector de admisión	-40	215	°C	A-40
10	2	Velocidad del flujo del aire MAF	0	655.35	gr/sec	(256A+B)/100
11	1	Posición del acelerador	0	100	%	A/2.55
12	1	Estado del aire secundario controlado				Codificación en bits
13	1	Presencia de sensores de oxígeno (en 2 bancos)				[A0..A3] == Banco 1, sensores 1-4. [A4..A7] == Banco 2
14	2	Sensor de oxígeno 1 A: Voltaje	0	1.275	voltios	A: A/200
15	2	Sensor de oxígeno 2 A: Voltaje	-100	99.2	%	B: B/1.28-100
16	2	Sensor de oxígeno 3 A: Voltaje				(Si B==FF, entonces el sensor no se usa en el cálculo del ajuste)
17	2	Sensor de oxígeno 4 A: Voltaje				
18	2	Sensor de oxígeno 5 A: Voltaje				
19	2	Sensor de oxígeno 6 A: Voltaje				
1A	2	Sensor de oxígeno 7 A: Voltaje				

1B	2	Sensor de oxígeno 8
		A: Voltaje

https://es.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PID

		B: Ajuste de combustible a corto plazo				
1C	1	Estándar OBD implementado en este vehículo				Codificación en bits
1D	1	Sensores de oxígenos presentes en el banco 4				Similar a PID 13, pero [A0..A7] == [B1S1, B1S2, B2S1, B2S2, B3S1, B3S2, B4S1, B4S2]
1E	1	Estado de las entradas auxiliares				A0 == Estado de Power Take Off, PTO (1 == activo) [A1..A7] sin uso
1F	2	Tiempo desde que se puso en marcha el motor	0	65,535	sec	256A+B
20	4	PID implementados [21 - 40]				Cada bit indica si los siguientes 32 PID están implementados (1) o no (0): [A7..D0] == [PID 21..40]
21	2	Distancia recorrida con la luz indicadora de falla (Malfunction Indicator Lamp, MIL) encendida	0	65,535	km	256A+B
22	2	Presión del tren de combustible, relativa al colector de vacío	0	5177.265	kPa	0.079(256A+B)
23	2	Presión del medidor del tren de combustible (Diesel Injection Pressure, DIP)	0	655,350	kPa	10(256A+B)
24	4	Sensor de oxígeno 1 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
25	4	Sensor de oxígeno 2 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
26	4	Sensor de oxígeno 3 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
27	4	Sensor de oxígeno 4 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
28	4	Sensor de oxígeno 5 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
29	4	Sensor de oxígeno 6 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
2A	4	Sensor de oxígeno 7 AB: Relación equivalente de combustible - aire	0	< 2	prop. V	A, B: (256A+B)/32768
2B	4	Sensor de oxígeno 8 AB: Relación equivalente de combustible - aire	0	< 8		C, D: (256C+D)/8192
2C	1	EGR comandado	0	100	%	A/2.55
2D	1	falla EGR	-100	99.2	%	A/1.28-100
2E	1	Purga evaporativa comandada	0	100	%	A/2.55
2F	1	Nivel de entrada del tanque de combustible	0	100	%	A/2.55
30	1	Cantidad de calentamientos desde que se borraron los fallas	0	255	cuenta	A
31	2	Distancia recorrida desde que se borraron los fallas	0	65,535	km	256A+B
32	2	Presión de vapor del sistema evaporativo	-8,192	8191.75	Pa	(256A + B) / 4 - 8192
33	1	Presión barométrica absoluta	0	255	kPa	A

34	4	Sensor de oxígeno 1	0	< 2	prop. mA	A, B: (256A+B)/32768
		AB: Relación equivalente de combustible - aire	-128	<128		C, D: C+D/256-128

35	4	Sensor de oxígeno 2 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
36	4	Sensor de oxígeno 3 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
37	4	Sensor de oxígeno 4 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
38	4	Sensor de oxígeno 5 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
39	4	Sensor de oxígeno 6 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
3A	4	Sensor de oxígeno 7 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
3B	4	Sensor de oxígeno 8 AB: Relación equivalente de combustible - aire				
3C	2	Temperatura del catalizador: Banco 1, Sensor 1				
3D	2	Temperatura del catalizador: Banco 1, Sensor 1				
3E	2	Temperatura del catalizador: Banco 1, Sensor 2	-40	6,513.5	°C	(256A+B)/10-40
3F	2	Temperatura del catalizador: Banco 2, Sensor 2				
40	4	PID implementados [41 - 60]				Cada bit indica si los siguientes 32 PID están implementados (1) o no (0): [A7..D0] == [PID 41 - 60]
41	4	Estado de los monitores en este ciclo de manejo				Codificación en bits
42	2	Voltaje del módulo de control	0	65.535	V	(256A+B)/1000
43	2	Valor absoluta de carga	0	25,700	%	(256A+B)/2.55
44	2	Relación equivalente comandada de combustible - aire	0	< 2	prop.	(256A+B)/32768
45	1	Posición relativa del acelerador	0	100	%	A/2.55
46	1	Temperatura del aire ambiental	-40	215	°C	A-40
47	1	Posición absoluta del acelerador B				
48	1	Posición absoluta del acelerador C				
49	1	Posición del pedal acelerador D				
4A	1	Posición del pedal acelerador E				
4B	1	Posición del pedal acelerador F	0	100	%	A/2.55
4C	1	Actuador comandando del acelerador				
4D	2	Tiempo transcurrido con MIL encendido				
4E	2	Tiempo transcurrido desde que se borraron los códigos de fallas	0	65,535	min	256A+B
4F	4	Valor máximo de la relación de equivalencia de combustible - aire, voltaje del sensor de oxígenos, corriente del sensor de oxígenos y presión absoluta del colector de entrada	0, 0, 0, 0	255, 255, 255 2550	prop., V, mA, kPa	A, B, C, D*10
50	4	Valor máximo de la velocidad de flujo de aire del sensor de flujo de aire masivo	0	2550	g/s	A*10, B, C, y D están reservados para uso futuro
51	1	Tipo de combustible				Ver tabla
52	1	Porcentaje de combustible Ethanol	0	100	%	A/2.55
53	2	Presión absoluta del vapor del sistema de	0	327.675	kPa	(256A+B)/200

		evaporación				
54	2	Presión del vapor del sistema de evaporación	-32,767	32,768	Pa	256A+B-32767
55	2	Ajuste del sensor de oxígeno secundario de plazo corto. A: banco 1. B: banco 3				
56	2	Ajuste del sensor de oxígeno secundario de plazo largo. A: banco 1. B: banco 3				
57	2	Ajuste del sensor de oxígeno secundario de plazo corto. A: banco 2. B: banco 4				A: A/1.28-100
58	2	Ajuste del sensor de oxígeno secundario de plazo largo. A: banco 2. B: banco 4	-100	99.2	%	B: B/1.28-100
59	2	Presión absoluta del tren de combustible	0	655,350	kPa	10(256A+B
5A	1	Posición relativa del pedal del acelerador	0	100	%	A/2.55
5B	1	Tiempo de vida del banco de baterías híbridas	0	100	%	A/2.55
5C	1	Temperatura del aceite del motor	-40	210	°C	A-40
5D	2	Sincronización de la inyección de combustible	-210.00	301.992	°	(256A+B)/128)-210
5E	2	Velocidad del combustible del motor	0	3276.75	L/h	(256A+B)/20
5F	1	Requisitos de emisiones para los que el vehículo fue diseñado				Codificación en bits
60	4	PID implementados [61 - 80]				Cada bit indica si los siguientes 32 PID están implementados (1) o no (0): [A7..D0] == [PID 61 80]
61	1	Porcentaje de torque solicitado por el conductor	-125	125	%	A-125
62	1	Porcentaje de torque actual del motor	-125	125	%	A-125
63	2	Torque de referencia del motor	0	65,535	Nm	256A+B
64	5	Datos del porcentaje de torque del motor	-125	125	%	A-125 Ocioso B-125 Motor punto 1 C-125 Motor punto 2
65	2	Entrada / salida auxiliar implementada				Codificación en bits
66	5	Sensor de flujo de aire masivo				
67	3	Temperatura del enfriador del motor				
68	7	Sensor de temperatura de aire de entrada				
69	7	EGR comandado y falla de EGR				
6A	5	Control comandado del flujo de aire de entrada de Diesel y posición relativa de la entrada del flujo de aire				
6B	5	Temperatura de recirculación del gas del escape				
6C	5	Control comandado del actuador del acelerador y posición relativa del acelerador				
6D	6	Sistema de control de presión del combustible				
6E	5	Sistema de control de presión de inyección				
6F	3	Presión de entrada del compresor del turbocargador				
70	9	Control de presión de aumento				
71	5	Control del turbo de geometría variable (Variable Geometry Turbo - VGT)				
72	5	Control de la compuerta de desperdicio				
73	5	Presión del escape				
74	5	RPM del turbocargador				
75	7	Temperatura del turbocargador				
76	7	Temperatura del turbocargador				

77	5	Temperatura del enfriador del aire de carga					
----	---	---	--	--	--	--	--

		(Temperatura del gas del escape (Exhaust Gas Temperature, EGT) - Range 1)				
78	9	Temperatura del gas del escape (Exhaust Gas Temperature, EGT) - Range 1				PID especial
79	9	Temperatura del gas del escape (Exhaust Gas Temperature, EGT) - Range 2				PID especial
7A	7	Filtro de partículas Diesel (Diesel Particulate Filter, DPF)				
7B	7	Filtro de partículas Diesel (Diesel Particulate Filter, DPF)				
7C	9	Temperatura del filtro de partículas Diesel (Diesel Particulate Filter, DPF) - Range 1				
7D	1	Estado del área de control NOx NTE				
7E	1	Estado del área de control PM NTE				
7F	13	Tiempo que el motor ha estado en marcha				
80	4	PID implementados [81 - A0]				Cada bit indica si los siguientes 32 PID están implementados (1) o no (0): [A7..D0] == [PID 81 - A0]
81	21	Tiempo de marcha del motor para el dispositivo auxiliar de control de emisiones (Auxiliary Emissions Control Device, AECD)				
82	21	Tiempo de marcha del motor para el dispositivo auxiliar de control de emisiones (Auxiliary Emissions Control Device, AECD)				
83	5	Sensor de NOx				
84		Temperatura de superficie del colector				
85		Sistema reactivo NOx				
86		Sensor de partículas (Particulate Matter, PM)				
87		Presión absoluta del colector de admisión				
A0	4	PID implementados [A1 - C0]				Cada bit indica si los siguientes 32 PID están implementados (1) o no (0): [A7..D0] == [PID A1 - C0]
C0	4	PID implementados [C1 - E0]				Cada bit indica si los siguientes 32 PID están implementados (1) o no (0): [A7..D0] == [PID C1 - E0]
C3	?	?	?	?	?	Muestra datos, incluye ID de la condición del motor y su velocidad
C4	?	?	?	?	?	B5: Solicitud de poner el motor en estado ocioso B6: Solicitud de detener el motor

Modo 01 PID 01

La respuesta de este PID consiste en cuatro bytes: A, B, C y D.

Interpretación de los bytes A y B:

Bit	Nombre	Definición
A7	MIL	1 = falla MIL
A6 - A0	DTC_CNT	Cantidad de códigos de falla de diagnóstico (DTC) almacenados
B7	RESERVED	0, reservado
B3	SIN NOMBRE	0 = Configurado para monitores de ignición de chispa 1 = Configurado para monitores de ignición por compresión

Sistema de diagnóstico	1 = Prueba disponible 0 = Prueba no disponible	1 = Prueba incompleta 0 = Prueba completada
Sistema de detección de condiciones inadecuadas de ignición en cilindros	B0	B4
Sistema de combustible	B1	B5
Sistema de componentes integrales	B2	B6

Interpretación de los bytes C y D para monitores de ignición de chispa:

Sistema de diagnóstico	1 = Prueba disponible 0 = Prueba no disponible	! 1 = Prueba incompleta 0 = Prueba completada
Sistema de eficiencia del convertidor catalítico	C0	D0
Sistema de calentamiento de convertidor catalítico	C1	D1
Sistema evaporativo	C2	D2
Sistema secundario de aire	C3	D3
Sistema de fugas de aire acondicionado	C4	D4
Sistema de sensores de oxígeno	C5	D5
Sistema de calentamiento del sensor de oxígeno	C6	D6
Sistema de recirculación de los gases de escape (Exhaust Gas Recirculation, EGR)	C7	D7

Interpretación de los bytes C y D para monitores de ignición por compresión:

Sistema de diagnóstico	1 = Prueba disponible 0 = Prueba no disponible	! 1 = Prueba incompleta 0 = Prueba completada
Sistema de catalizador NMHC	C0	D0
Sistema monitor de NOx/SCR	C1	D1
Sistema de presión de impulso	C3	D3
Sistema del sensor de gases de escape	C5	D5
Sistema de monitor del filtro de partículas (Particular Matter, PM)	C6	D6
Sistema de recirculación de gases de escape (Exhaust Gas Recirculation, EGR)	C7	D7

Modo 01 PID 03

La respuesta de este PID consiste en dos bytes: A y B.

El byte A describe el sistema de combustible #1. El byte B describe el sistema de combustible #2, si existe.

Los bytes A o B solo pueden tener uno de los siguientes valores; cualquier otro es inválido:

Valor	Descripción
1	Bucle abierto debido a temperatura baja del motor
2	Bucle cerrado; uso de sensor de oxígeno para determinar la mezcla de combustible
4	Bucle abierto debido a carga del motor o corte de combustible por desaceleración
8	Bucle abierto debido a falla del sistema
16	Bucle cerrado usando por lo menos un sensor de oxígeno; pero hay una falla en el sistema de retroalimentación

Modo 02

El modo 02 acepta los mismos PID que el modo 01. Tienen el mismo significado, pero muestran la información de un evento almacenado. Hay que enviar el número del evento en la sección de datos del mensaje.

PID (hex)	Data bytes returned	Description	Nota
02	2	Código de falla DTC que generó que el evento se almacenara	Codificación en formato BCD

Modo 03

PID (hex)	Bytes de respuesta	Descripción	Nota
N/A	n*6	Solicita los códigos de falla	3 códigos por bloque de mensaje

Modo 04

PID (hex)	Bytes de respuesta	Descripción
N/A	0	Borra todos los códigos de fallas y apaga la luz indicadora de falla (Malfunction Indicator Lamp, MIL)

Referencias

1. «Basic Information | On-Board Diagnostics (OBD)» (<http://www.epa.gov/obd/basic.htm>). US EPA. 16 de marzo de 2015. Consultado el 24 de junio de 2015.
2. «j1979| SAE J1979» (http://standards.sae.org/j1979_201408/). SAE. August 2014.
3. «obd-ii-pids | OBD-II PID» (<http://obdcon.sourceforge.net/2010/06/obd-ii-pids/>). OBD-II Resource.

Enlaces externos

▪

OBD-II PID Resources
(<http://obdcon.sourceforge.net/2010/06/obd-ii-pids/>) (en inglés)

Obtenido de

«[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=OBD-II_PID&oldid=984](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=OBD-II_PID&oldid=98457711)

57711» Categoría: Electrónica del automóvil

- Se editó esta página por última vez el 18 abr 2017 a las 18:12.
- El texto está disponible bajo la Licencia Creative Commons Atribución Compartir Igual 3.0; pueden aplicarse cláusulas adicionales. Al usar este sitio, usted acepta nuestros términos de uso y nuestra política de privacidad.

Wikipedia® es una marca registrada de la Fundación Wikimedia, Inc., una organización sin ánimo de lucro.

Anexos B: Rangos para las funciones de membresía de entrada

	MUY BAJO			BAJO			NORMAL			ALTO			MUY ALTO			OBSERVACIONES
VARIABLE	MB			B			N			A			MA			
RPM	0	800	1600	1600	2400	3200	3200	4000	4800	4800	5600	6400	6400	7200	8000	Revoluciones del Motor
VELOCIDAD	0	15	30	30	45	60	60	75	90	90	105	120	120	135	160	Velocidad del Automóvil
IAT	-40	-15	5	5	30	55	55	80	105	105	130	155	155	180	215	Temperatura del Aire de Admisión
PRESS	0	25	50	50	75	100	100	125	150	150	175	200	200	125	255	Presión Barométrica Absoluta
COOL	-40	-15	5	5	30	55	55	80	105	105	130	155	155	180	215	Temperatura del Enfriamiento
IMAP	0	25	50	50	75	100	100	125	150	150	175	200	200	125	255	Presión del manifold
TA	-64	-52	-40	-40	-25	-10	-10	5	20	20	35	50	50	58	63,5	Timing Advanced
PEC	0	10	20	20	30	40	40	50	60	60	70	80	80	90	100	Purga Evaporativa Comanda
TC S1	-40	615	1270	1270	1925	2580	2580	3235	3890	3890	4545	5200	5855	6510	6513	Temperatura del catalizador S1
TC S2	-40	615	1270	1270	1925	2580	2580	3235	3890	3890	4545	5200	5855	6510	6513	Temperatura del catalizador S2
CARGA MOTOR	0	10	20	20	30	40	40	50	60	60	70	80	80	90	100	Carga Calculada del Motor
TP	0	10	20	20	30	40	40	50	60	60	70	80	80	90	100	Posición del Acelerador
OXIGENO 1	0	0,1275	0,255	0,255	0,3825	0,51	0,51	0,6375	0,765	0,765	0,8925	1,02	1,02	1,1475	1,275	Sensor de Oxigeno 1
OXIGENO 2	0	0,1275	0,255	0,255	0,3825	0,51	0,51	0,6375	0,765	0,765	0,8925	1,02	1,02	1,1475	1,275	Sensor de Oxigeno 2
RTP	0	10	20	20	30	40	40	50	60	60	70	80	80	90	100	Posición Relativa del Acelerador
CTA	0	10	20	20	30	40	40	50	60	60	70	80	80	90	100	Actuador comandado del acelerador
MAF	0	65,535	131,07	131,07	196,605	262,14	262,14	327,68	393,21	393,21	458,745	524,28	524,28	589,815	655,35	Velocidad del Flujo del Aire
COMBUSTIBLE CP	-100	-80,08	-60,16	-60,16	-40,24	-20,32	-20,32	-0,4	19,52	19,52	39,44	59,36	59,36	79,28	99,2	Combustible Corto Plazo
COMBUSTIBLE B2	-100	-80,08	-60,16	-60,16	-40,24	-20,32	-20,32	-0,4	19,52	19,52	39,44	59,36	59,36	79,28	99,2	Combustible Largo Plazo
VOLT CONTROL	0	6553,5	13107	13107	19660,5	26214	26214	32768	39321	39321	45874,5	52428	52428	58981,5	65535	Voltaje del Módulo de Control
TMM	0	1000	2000	2000	4000	6000	6000	8000	10000	10000	12000	14000	14000	16000	18000	Tiempo de Marcha del Motor

Anexo C: Rangos para las funciones de membresía de salida

																									OBSERVACIONES						
VARIABLE	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7			F8				F9			F10		
ENFRIAMIENTO	0,5	1	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4,5	4,5	5	5,5	5,5	6	6,5	6,5	7	7,5	7,5	8	8,5	8,5	9	9,5	9,5	10	10,5	Sistema de Enfriamiento del Motor
ADMISIÓN	0,5	1	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4,5	4,5	5	5,5	5,5	6	6,5	6,5	7	7,5	7,5	8	8,5	8,5	9	9,5	9,5	10	10,5	Sistema de Entrada de Aire
INGNICIÓN	0,5	1	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4,5	4,5	5	5,5	5,5	6	6,5	6,5	7	7,5	7,5	8	8,5	8,5	9	9,5	9,5	10	10,5	Sistema de Ignición de Chispa
COMBUSTIBLE	0,5	1	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4,5	4,5	5	5,5	5,5	6	6,5	6,5	7	7,5	7,5	8	8,5	8,5	9	9,5	9,5	10	10,5	Sistema de Alimentación de Combustible
ESCAPE	0,5	1	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4,5	4,5	5	5,5	5,5	6	6,5	6,5	7	7,5	7,5	8	8,5	8,5	9	9,5	9,5	10	10,5	Sistema de Escape de Gases