

Universidad Internacional del Ecuador

Escuela de Ingeniería Automotriz



Título del proyecto:

**Análisis Comparativo de Sensores Originales Ante Alternos del
Sistema de Inyección Electrónica de un Vehículo Tucson Usando
un Osciloscopio**

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Pozo Bazurto Vidal Valentín

Director:

Ing. Alex Llerena Mena; MSc

Guayaquil-Ecuador

Mayo 2022

Universidad Internacional del Ecuador**Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado****Ing. Alex Llerena Mena; MSc**

Certifica

Que el trabajo titulado “Análisis Comparativo de Sensores Originales Ante Alternos del Sistema de Inyección Electrónica de un Vehículo Tucson Usando un Osciloscopio.”, realizado por el estudiante: Vidal Valentín Pozo Bazurto, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza al señor Vidal Valentín Pozo Bazurto, que lo entregue a la biblioteca de la Escuela, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, mayo 2022

Ing. Alex Llerena Mena; MSc

Director de Proyecto

Universidad Internacional del Ecuador**Facultad de Ingeniería Automotriz****Certificado y Acuerdo de Confidencialidad**

Yo, Vidal Valentín Pozo Bazurto, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Vidal Valentín Pozo Bazurto

Cedula: 0952241990

Resumen

Sabemos que la tecnología avanza a pasos agigantados, provocando que el parque automotor también vaya creciendo, actualmente, los vehículos vienen cada vez más equipados con sistemas de control, por ende, más sensores, ya sea con la finalidad de reducir las emisiones de gases contaminantes, o, para dar mayor seguridad y confort para los ocupantes del vehículo; por lo cual, es común en la actualidad encontrar diversas marcas de sensores genéricos en el mercado para los diferentes vehículos, esto, con la finalidad de poder brindar al consumidor una opción más económica que los sensores originales, sin embargo, la aplicación de cada uno de estos sensores no siempre funciona de la misma manera que un sensor original, puesto que, requiere de estudios previos para su correcto funcionamiento. El objetivo de este análisis es buscar de manera comparativa las posibles diferencias existentes entre un sensor original y un sensor genérico, usando un osciloscopio automotriz y otras diversas herramientas. Los sensores son los principales componentes de estudio, por lo que la investigación se basa en valores prácticos de estos elementos. Se harán pruebas en diferentes condiciones de trabajo según sea el sensor a medir. Se puede concluir, que, a través de las diferentes pruebas realizadas en ambas marcas en distintas condiciones de funcionamiento del vehículo de estudio, no todos los sensores alternos funcionan de manera incorrecta, esto dependerá mayormente la calidad que la marca del sensor puede llegar a ofrecer.

Palabras claves: Voltaje, frecuencia, sensores, escáner.

Abstract

As we know, automobile technology is developing very fast, this causes that the number of vehicles are also increasing, nowadays, vehicles are increasingly equipped with control systems, therefore, more sensors, either in order to reduce emissions of polluting gases, or, to provide greater safety and comfort for the occupants of the vehicle; therefore, it is common today to find various brands of generic sensors on the market for different vehicles, this is to be able to offer the consumer a cheaper option than the original sensors, however, the application of each of these sensors does not always work in the same way as an original sensor, since it requires previous studies for their correct operation. The objective of this analysis is to search and compare the possible differences between an original sensor and a generic sensor using an automotive oscilloscope and various other tools. Sensors are the main study components of this research, so this study is based on practical values of these elements. Tests were carried out in different working conditions of the sensors measured. Finally, the study concludes that, through the different tests carried out on both types of sensors in different conditions in a vehicle used for this test, not all alternate sensors work incorrectly, the better performance will depend on the quality that the sensor brands can offer.

Keywords: Voltage, frequency, sensors.

Índice General

Certificado	iii
Certificado y Acuerdo de Confidencialidad	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema	1
1.2.1 Planteamiento del Problema	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	1
1.2.3 Sistematización del Problema	2
1.3 Objetivos de la Investigación	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación	2
1.4.1 Justificación Teórica.....	3
1.4.2 Justificación Metodológica.....	3
1.4.3 Justificación Practica.....	3
1.4.4 Delimitación Temporal.....	3
1.4.5 Delimitación Geográfica.....	3
1.4.6 Delimitación de Contenido.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.5.1 Variables de Hipótesis	4

2. Marco Referencial.....	5
2.1 Sistema de Inyección Multipunto	5
2.1.1 Conector de Diagnostico.....	6
2.1.2 Lámpara de Verificación de Fallas	8
2.1.3 Interpretación de Códigos de Fallas con Escáner	9
2.2 Componentes del Sistema MPI.....	11
2.2.1 Módulo de Control Electrónica	11
2.2.2 Sensor de Control Electronico del Acelerador	14
2.2.3 Sensor Diferencia Presión del Colector.....	15
2.2.4 Sensor de Temperatura de Admisión.....	16
2.2.5 Sensor de Temperatura de Refrigerante del Motor	17
2.2.6 Sensor de Posición del Cigüeñal	19
2.2.7 Sensor Árbol de Levas CMP	20
2.2.8 Sensor de Detonación.....	21
2.2.9 Sensor de Oxígeno.....	22
2.2.10 Sensor de Posición del Acelerador.....	24
3. Metodología para el Diagnóstico de los Sensores.....	26
3.1 Equipos Automotrices para el Diagnóstico de Sensores.....	26
3.1.1 Osciloscopio OTC-3840f.....	26
3.1.2 Escáner G-scan 2.....	27
3.2 Parámetros de Evaluación Según los Tipos de Sensores	27

3.3 Ubicación de los Sensores en el Vehículo	28
3.4 Diagnóstico de los Sensores en el Vehículo	30
3.4.1 Sensor Control Electronico del Acelerador	30
3.4.2 Sensor de Presión Absoluta en el Múltiple	32
3.4.3 Sensor de Temperatura de Admisión.....	33
3.4.4 Sensor de Temperatura de Refrigerante del Motor	33
3.4.5 Sensor de Posición de Cigüeñal	34
3.4.6 Sensor Árbol de Levas	35
3.4.7 Sensor de Detonación.....	35
3.4.8 Sensor de Oxígeno.....	36
3.4.9 Sensor de Posición del Acelerador.....	37
3.4.10 Proceso de pruebas	38
4. Análisis Comparativo de Sensores Originales vs Alternos	40
4.1 Comparación de Sensor Control Electrónico del Acelerador.....	40
4.2 Comparación de Sensor Diferencial de Presión en el Múltiple	42
4.3 Comparación del Sensor de Temperatura de Admisión	44
4.4Comparación del Sensor de Temperatura de Refrigerante Motor	45
4.5 Comparación de Sensores de Posición de Cigüeñal.....	46
4.6 Comparación de Sensores de Árbol de Levas	48
4.7 Comparación del Sensor Detonación	50
4.8 Comparación del Sensor de oxigeno	52

4.8.1 Comparación del Sensor de Posición del Acelerador	54
Conclusiones	57
Bibliografía	59

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación del Conector de Diagnóstico (DLC)</i>	7
Figura 2 <i>Descripción del DLC</i>	7
Figura 3 <i>Check Engine</i>	8
Figura 4 <i>Diagrama Eléctrico Check Engine</i>	9
Figura 5 <i>Descripción de Códigos</i>	10
Figura 7 <i>Conectores de la ECU</i>	12
Figura 8 <i>Ubicación ETC</i>	14
Figura 9 <i>Diagrama Eléctrico ETC</i>	15
Figura 10 <i>Ubicación MAP</i>	16
Figura 11 <i>Diagrama de Sensor MAP</i>	16
Figura 12 <i>Ubicación Sensor de Temperatura de Aire</i>	17
Figura 13 <i>Diagrama Eléctrico del Sensor de Temperatura de Aire</i>	17
Figura 14 <i>Ubicación del Sensor de Temperatura de Agua</i>	18
Figura 15 <i>Diagrama del Sensor de Temperatura de Agua</i>	18
Figura 16 <i>Ubicación Sensor CKP</i>	19
Figura 17 <i>Diagrama Eléctrico CKP</i>	19
Figura 18 <i>Ubicación de los CMP</i>	20
Figura 19 <i>Diagrama Eléctrico de los Sensores CMP</i>	21
Figura 20 <i>Ubicación KS</i>	22
Figura 21 <i>Diagrama Eléctrico del KS</i>	22

Figura 22 <i>Ubicación de Sensor de Oxígeno 1</i>	23
Figura 23 <i>Ubicación de Sensor de Oxígeno 2</i>	23
Figura 24 <i>Diagrama de los Sensores de Oxígeno</i>	24
Figura 25 <i>Ubicación del APS</i>	25
Figura 26 <i>Diagrama del APS</i>	25
Figura 27 <i>Ubicación de los Elementos Electrónicos en el Vehículo</i>	29
Figura 28 <i>Grafica Sensor ETC</i>	31
Figura 29 <i>Grafica Sensor MAP</i>	32
Figura 30 <i>Grafica del Sensor de Cigüeñal en Ralentí</i>	34
Figura 31 <i>Grafica de Referencia Sensor de Árbol de Levas.</i>	35
Figura 32 <i>Grafica del Sensor de Detonación.</i>	36
Figura 33 <i>Grafica Referencial APS</i>	38
Figura 34 <i>Pruebas a sensores</i>	38
Figura 35 <i>Proceso de Pruebas</i>	39
Figura 36 <i>Resultados Obtenidos del Sensor ETC</i>	40
Figura 37 <i>Resultados Obtenidos del sensor MAP</i>	42
Figura 38 <i>Resultados Obtenidos del Sensor IAT</i>	44
Figura 39 <i>Resultados Obtenidos del Sensor ECT</i>	45
Figura 40 <i>Resultados Obtenidos del Sensor CKP</i>	47
Figura 41 <i>Resultados Obtenidos del Sensor CMP</i>	48
Figura 42 <i>Resultados Obtenidos del Sensor KS</i>	51

Figura 43 *Resultados Obtenidos de los Sensores de Oxigeno*52

Figura 44 *Resultado del Sensor APS*55

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Pinout C100-MA</i>	12
Tabla 2 <i>Pinout C100 MK</i>	13
Tabla 3 <i>Condiciones para la Evaluación de los Distintos Sensores.</i>	28
Tabla 4 <i>Descripción de los Elementos Electrónicos Tucson</i>	29
Tabla 5 <i>Cruce de Códigos Originales y Genéricos</i>	30
Tabla 6 <i>Valores Referenciales ETC</i>	31
Tabla 7 <i>Valores Referenciales Sensor MAP</i>	32
Tabla 8 <i>Valores Referenciales Sensor IAT</i>	33
Tabla 9 <i>Valores Referenciales Sensor ECT</i>	33
Tabla 10 <i>Valores Referenciales CKP</i>	34
Tabla 11 <i>Valores de Referencia Sensor KS</i>	35
Tabla 12 <i>Valores de Referencia O2 – Sensor 1</i>	36
Tabla 13 <i>Valores de Referencia O2 - sensor 2</i>	37
Tabla 14 <i>Valores Referenciales del Sensor APS</i>	37
Tabla 15 <i>Pulso de Inyección Obtenido con el Escáner</i>	42
Tabla 16 <i>Ancho de Pulso Obtenido con el Escáner</i>	43
Tabla 17 <i>Ancho de Pulso Obtenido con el Escáner</i>	45
Tabla 18 <i>Ancho de Pulso Obtenido con el Escáner</i>	46
Tabla 19 <i>Grados de Cigüeñal Obtenido con el Escáner</i>	48
Tabla 20 <i>Grados de Árbol de Levas Obtenidos con el Escáner</i>	50

Tabla 21 <i>Ancho de Pulso Obtenido con el Escáner</i>	54
---	-----------

Capítulo I

1. Introducción

1.1 Tema de Investigación

Análisis comparativo de sensores originales ante alternos del sistema de inyección electrónica de un vehículo Tucson usando un osciloscopio.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

Actualmente el sector automotriz se convirtió en una rama de investigación bastante amplia por lo que los fabricantes se han propuesto como misión principal disminuir las emisiones de gases contaminantes en los vehículos, esta es la razón de implementación de nuevas tecnologías. Para optimizar el funcionamiento del automóvil estas nuevas tecnologías nos obligan a actualizarnos y capacitarnos día a día en materias de electrónica del automóvil y herramientas o equipos de diagnósticos con el fin de poder desempeñarnos de forma eficiente en el sector de diagnóstico y corrección de fallas del automóvil.

1.2.1 Planteamiento del Problema

El problema se sitúa en la necesidad de comparar el desempeño que tiene cada sensor original del vehículo Hyundai Tucson TL ante sensores alternos de diferente fabricante con el uso de algunas herramientas de diagnóstico osciloscopio “OTC-3840F” y un multímetro, el cual ayudará a realizar algunas pruebas en los sensores y comparar los comportamientos de los valores en sus diferentes etapas de funcionamiento.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Es viable la aplicación de estos equipos de diagnósticos para analizar los sensores originales ante alternos del sistema de inyección electrónica de un vehículo Tucson TL usando un osciloscopio?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿De qué manera beneficiara el desarrollo de este trabajo a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz en la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil?
- ¿Qué instrumento de diagnóstico electrónico y mecánico se utilizará para el desarrollo del trabajo?
- ¿Cuál es el funcionamiento del equipo de diagnóstico?
- ¿Cómo se desarrollará el proceso de diagnóstico en el vehículo?
- ¿Cómo realizar el procedimiento de diagnósticos para los sensores del vehículo?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Analizar las señales de los sensores originales ante alternos del sistema de inyección electrónica de un vehículo Tucson usando un osciloscopio.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Mapear los sensores que intervienen en la gestión electrónica del vehículo Hyundai Tucson 2.0L.
- Realizar pruebas con los sensores en condiciones de funcionamiento normal usando el equipo Osciloscopio OTC-3840F.
- Cotejar los resultados obtenidos para diferenciar las curvas características de los sensores originales y genéricos.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

Definidos los objetivos de la investigación se responde la pregunta de porque se investiga a esta interrogante. Se puede dar respuesta desde la perspectiva teórica, metodológica y práctica.

1.4.1 Justificación Teórica

Está fundamentada en temas relacionados al uso del equipo de diagnóstico OTC, multímetro y los componentes electrónicos de los vehículos. Esto se debe a que muchos lectores desconocerán de términos relacionados a la mecánica automotriz. Los conceptos serán claramente explicados mediante esquemas e imágenes durante el desarrollo del proyecto para que llegue a ser entendido por lectores este o no ligado al área automotriz.

1.4.2 Justificación Metodológica

Es necesario emplear técnicas de investigación por ejemplo la observación, pruebas experimentales, comparación de datos; con el fin de juntar la mayor cantidad de información acerca de las pruebas que se van a realizar.

1.4.3 Justificación Practica

Usar el escáner para evaluar el funcionamiento de los diversos sensores del vehículo, así como los diferentes valores obtenidos por cada uno de ellos, para poder determinar su desempeño, Se usará el osciloscopio con el fin de obtener las diferentes graficas de cada sensor, se utilizará el multímetro para realizar una medición de valores de resistencia de cada sensor en buen estado, luego de este análisis se determinará si estos sensores funcionan de manera adecuada, necesitan medida correctiva o ser reemplazados.

1.4.4 Delimitación Temporal

Este proyecto se desarrollará desde el mes de septiembre del 2021, hasta abril del 2022, este lapso permite realizar la investigación y también realizar las diferentes pruebas y comparación de los resultados.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El proyecto se realiza en la ciudad de Guayaquil, en el taller “casa del inyector” en la calle Capitán Nájera y Nicolás Segovia.

1.4.6 Delimitación de Contenido

La información detallada en el presente trabajo está constituida en base a manuales, entre otros; este proyecto se desarrollará de acuerdo con unas pruebas de diagnóstico y analizando y comparando los mismo.

1.5 Hipótesis

¿Mediante el uso del osciloscopio se podrá analizar las señales eléctricas de los sensores originales ante los sensores alternos para compararlos entre sí?

1.5.1 Variables de Hipótesis

1.5.1.1 Variables Independientes

- Sensores del motor.

1.5.1.2 Variables Dependientes

- Rendimiento de sensores.
- Información técnica.
- Escáner Automotriz.

Capítulo II

2. Marco Referencial

En este capítulo detallara información del sistema de inyección electrónica del vehículo Hyundai Tucson TL 2.0l, donde se podrán observar voltajes, graficas eléctricas y posibles fallas en función a una comparativa entre los sensores originales y alternos.

2.1 Sistema de Inyección Multipunto

El sistema de control del motor tiene como función principal ajustar el torque deseado por el conductor del automóvil, la finalidad de este sistema es tratar de siempre conseguir el mejor consumo de combustible y a la vez generara la menor cantidad de emisiones contaminantes al medio ambiente. El sistema del vehículo Hyundai Tucson 2.0l cuenta con un cuerpo de acelerador electrónico ETC cuya función principal es ajustar apertura de la lengüeta con el fin de dejar pasar la cantidad de aire correcto para generar el torque necesario a través de una unidad de control. En el sistema de carga parcial, la inyección de combustible es controlada por medio de una masa oportuna de combustible, y el sistema parcial de encendido se ajusta con el fin de generar un encendido exacto, igual que la energía de encendido necesaria. Además, este sistema de control de motor funciona conjuntamente con otros sistemas electrónicos encontrados en el vehículo, cuya finalidad es poder entregar un óptimo confort en la marcha y la mayor seguridad activa posible para los usuarios. Por ejemplo, si el sistema ABS (Antilock Braking System) necesita un torque en específico del motor para poder garantizar una tracción completa del automóvil, en este caso el sistema busca ajustarse a la necesidad de los otros sistemas. (BOSCH)

Este sistema de inyección electrónica nos permite registrar una cantidad de datos en cualquier lugar del automóvil para posteriormente convertirlo en señales eléctricas, mediante componentes denominados sensores o captadores. Estas señales emitidas por los diferentes sensores llegan a una unidad de control electrónica denominada ECU, para posteriormente las

señales eléctricas sean procesadas y lograr conseguir un caudal justo de combustible a inyectar dentro del motor, este caudal de combustible dependerá de la duración de la inyección cuya unidad de medida es en milisegundos (ms). (Arias-Paz, 2006)

2.1.1 Conector de Diagnostico

Para un procedimiento que consista en la comprobación del sistema de inyección electrónica o de la red existe un conector físico también denominado DLC (Data Link Connector). El estándar J1962 define que la ubicación de este conector sea de preferencia ubicado debajo del tablero o panel de instrumentos cercano al asiento del conductor o hasta 300 mm de distancia de la consola central del vehículo, la ubicación debe cumplir con facilidad de acceso para la conexión respectiva del equipo de diagnóstico, pero fuera de la visualización de los ocupantes del vehículo. En ciertos vehículos este DLC no esté ubicado bajo el tablero como se indica, para estos casos debe existir una etiqueta autoadhesiva donde indique la ubicación real del conector, en algunos vehículos el DLC se encuentra ubicado en la Guanterera, cenicero o en el descansabrazo.

En algunos vehículos para saber si es compatible con OBD-II, por debajo del capo o en un pilar de las puertas se encuentra una etiqueta o placa que menciona “compatibles con OBD II” o “OBD II Certified”, además el conector general de OBD-II comúnmente cuenta con 16 pines. (Luis Sanchez, 2016)

En la figura 1 se muestra la ubicación del conector DLC del vehículo Hyundai Tucson TL que se encuentra etiquetado para su rápida localización con las siglas OBD (On board diagnostics). (Guartambel, 2013)

Figura 1

Ubicación del Conector de Diagnóstico (DLC)



Fuente: (Hyundai)

El conector de diagnóstico (DLC) también denominado como “terminal físico J1962”, basado en las especificaciones de la norma SAE. Esta norma define que los vehículos que tenga a disposición un sistema de diagnóstico a bordo II utilicen el mismo DLC, es decir, que sea compatible con todos los vehículos, sean europeos, asiáticos o norteamericanos, en el caso de los dos primeros con los tipos de protocolos (ISO 9141-2 y J1850) respectivamente. (Guartambel, 2013)

En la figura 2 se observó el conector del vehículo Hyundai Tucson con su respectiva descripción de cada Pin del DLC

Figura 2

Descripción del DLC

M05	Data Link Connector	HMC P/No.	-
		Vender P/No.	51115-1611
		Vender P/Name	MLX_OBDII_16F

1. G/B	FLEX RAY (High) : [G4FJ] TCM [D4HA] ECM	10. -	-
2. -	-	11. O	C-CAN (Low)
3. G	C-CAN (High)	12. -	-
4. B	Signal Ground (GM01)	13. W	Body K-Line : BCM, Immobilizer Module, Auto Head Lamp Leveling Device Module
5. B	Chassis Ground (GM01)	14. O/B	FLEX RAY (Low) : [G4FJ] TCM [D4HA] ECM
6. -	-	15. -	-
7. -	-	16. Br/O	M-CAN (Low)
8. Br/W	M-CAN (High)		
9. L/B	Smart Junction Block (LCAD Fuse - F36)		

Fuente: (Hyundai)

2.1.2 Lámpara de Verificación de Fallas

Cuando el vehículo presenta algún problema o falla en el sistema de control de motor, existe un indicador o también denominada luz MIL (malfunction indicator Light) cuya función es iluminarse en el tablero o panel del instrumento. La principal función de este indicador o luz es que el conductor note que existe un problema en el sistema de control del vehículo y que es necesario realizar un diagnóstico al sistema con equipo de diagnóstico para garantizar su correcto funcionamiento (Castro, 2016).

En la figura 3 se muestra como está disponible este indicador en el automóvil Hyundai Tucson TL

Figura 3

Check Engine



Fuente: (Hyundai)

En ciertos vehículos esta luz “MIL” se encuentra de diferentes maneras con nombres como “Service Engine Soon”, “Check Engine” o simplemente “Check”

Este indicador se encuentra en tres tipos de presentación:

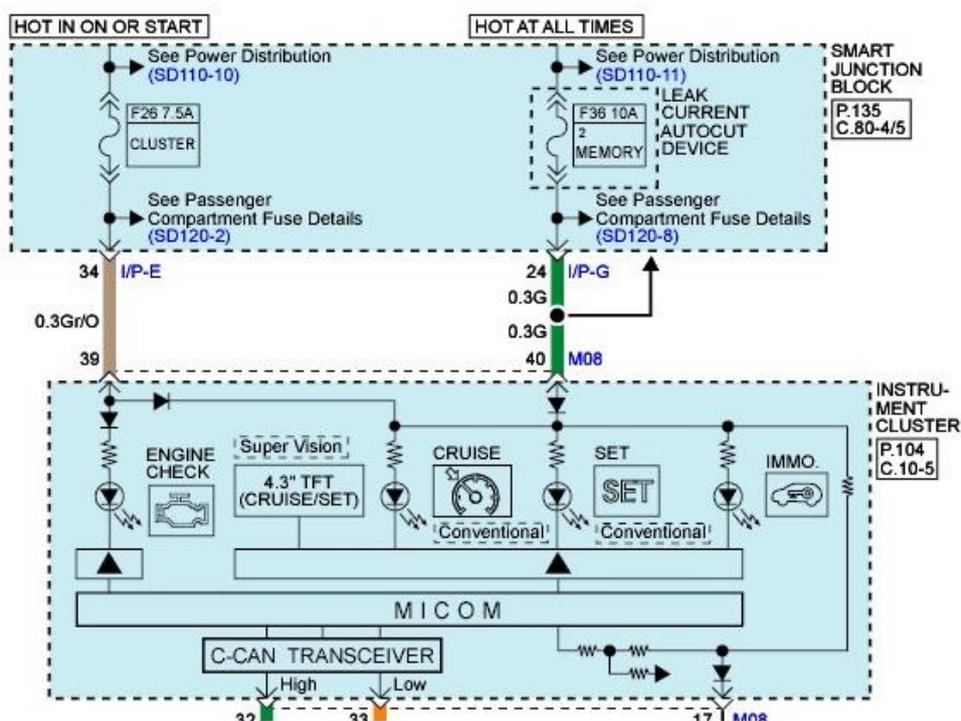
- Destellos ocasionales: Este tipo de presentación sucede cuando el defecto en el sistema de control de motor es momentáneo.
- Indicación de fallo grave: Para este tipo de presentación la luz MIL permanece activa mientras el vehículo esté funcionando.

- Destellos constantes: Este tipo de presentación sucede cuando existe un problema que puede afectar gravemente al motor. Se detiene un registro de las lecturas obtenidas por los sensores (freeze frame) para un mejor diagnóstico.

En la figura 4 se observó las conexiones eléctricas de este indicador

Figura 4

Diagrama Eléctrico Check Engine



Fuente: (Hyundai)

2.1.3 Interpretación de Códigos de Fallas con Escáner

Los DTC (Diagnostic Trouble Code) tienen la finalidad para que los técnicos automotrices puedan realizar los correctos procedimientos de servicios o reparación al vehículo. Los códigos de fallas (DTC) no en todas las ocasiones quieren decir que los componentes específicos estén averiados o dañados. La iluminación del Check engine o luz MIL está basada en el monitoreo constante de como el malfuncionamiento de un componente

o varios componentes y sistemas pueden llegar a afectar las emisiones contaminantes al medio ambiente. (Castro, 2016)

La SAE publico una norma denominada “J2012”, la finalidad de esta norma es estandarizar el formato en los códigos de falla para el diagnóstico. Este formato permite que los equipos de diagnóstico genéricos o universales puedan acceder a cualquier sistema de control de cualquier vehículo. Este formato estandariza códigos alfanuméricos de fallas y da una guía de mensajes uniformes asociados a estos códigos con la finalidad de facilitar lo que se conoce como un diagnóstico. Los códigos de fallas que no tienen un código asignado, puede que tenga una asignación otorgada por el mismo fabricante al que se denomina “código específico”, para poder saber que significan estos códigos específicos se debe dirigir directamente al manual del fabricante. (Castro, 2016).

En la figura 5 se muestra la descripción de códigos de Diagnóstico

Figura 5

Descripción de Códigos



Fuente: (Hyundai)

2.2 Componentes del Sistema MPI

2.2.1 Módulo de Control Electrónica

El módulo de control electrónica normalmente conocida como “ECU”, “PCM” o “ECM” tiene la función de realizar constantes monitoreos de toda la información recibida por parte de los sensores y de diferentes controles ubicados en algunos sitios del vehículo. El módulo de control usa esta información proporcionada por los sensores para realizar diferentes gestiones y modificar los parámetros de los actuadores del motor esto con la finalidad de conseguir el mejor desempeño del vehículo y evitar incrementar las emisiones contaminantes.

En la figura 6 se observó la ubicación de la unidad de control del Hyundai Tucson TL que se encuentra ubicado a un costado de la caja de fusibles

Figura 6

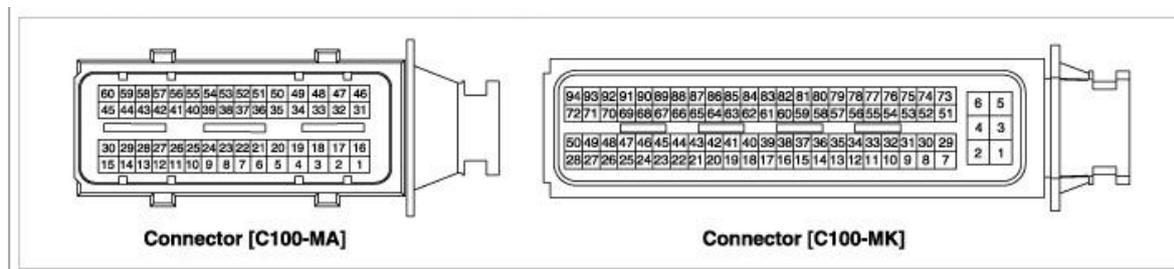
Ubicación de ECU



Fuente: (Hyundai)

Los pines de la unidad de control se dividen en dos grupos que cuenta con una cantidad 94 pines (conector C100-MK) y otro conector de 60 pines (conector C100-MA), cada pin tiene una función específica en la unidad de control.

En la figura 7, tablas 1 y 2 se observó la función de cada terminal de la ECU

Figura 7*Conectores de la ECU*

Fuente: (Hyundai)

Tabla 1*Pinout C100-MA*

Pin no.	Descripción
1	bobina #1 y bobina #4 – control de salida.
2	Inyector cilindro #1.
5	Calentador de sensor de oxígeno (bank 1/ sensor 2) control de salida.
6	Masa sensor calentador de sensor de oxígeno (bank 1/sensor 2).
7	Calentador de sensor de oxígeno (bank 1/ sensor 2) control de entrada.
8	Knock sensor (KS) señal de entrada.
9	Sensor de temperatura de aire (IAT) señal de entrada.
10	Start motor control switch.
11	Alternador.
12	Sensor de temperatura del refrigerante (ECT) señal de entrada.
13	Sensor de posición (TPS) 1 señal de entrada.
14	Sensor power (+5v) sensor de posición (TPS 1,2).
15	ETC motor (+) control de salida.
16	Bobina #3 y bobina #2 – control de salida.
17	Inyector #3 control de salida.
18	Solenoido válvula de control de purga (PCSV) control de salida.
19	Solenoido de admisión variable (VIS) válvula control de salida.
22	Masa del blindaje del sensor (KS).
23	Masa de sensor (KS).
24	Masa de sensor (MAP).
27	Masa de sensor (ECT).
28	Sensor de posición (TPS2) señal de entrada.
29	Masa de sensor (TPS1,2).
30	ETC motor (-) control de salida.
31	Bobina #4 y bobina #1 control de salida.
32	Inyector #4 control de salida.
33	CVVT control aceite (OCV) válvula (bank 1/intake) control de salida.
34	CVVT control aceite (OCV) válvula (bank 1/ exhaust) control de salida.
36	VG (virtual ground) calentador sensor de oxígeno (bank1/sensor1).
37	VIP (bomba de corriente) calentador sensor de oxígeno (bank1/sensor1).
38	VRC (ajuste de corriente) calentador sensor de oxígeno (bank1/sensor1).
39	Señal de entrada MAP.

41	Masa de sensor (CKP).
42	Masa de sensor (CMP) Bank 1/exhaust.
43	Masa de sensor (CMP) Bank 1/intake.
46	Bobina #2 y bobina #3 control de salida.
47	Inyector #2 control de salida.
50	Calentador sensor de oxígeno (bank1/sensor1) control de salida.
51	Masa de sensor (HO2S) bank1/sensor1.
52	VN (HO2S) bank1/sensor1.
53	sensor de oxígeno (bank1/sensor1) señal de entrada.
54	Alimentación sensor (+5v) MAP.
56	CKP señal de entrada.
57	CMP (bank1/exhaust) señal de entrada.
58	CMP (bank1/intake) señal de entrada.

Fuente: (Hyundai)

Tabla 2

Pinout C100 MK

PIN	Descripción
1	Masa (chasis).
2	Voltaje de batería (Main relay).
3	Masa (chasis).
4	Voltaje de batería (main relay).
5	Masa (chasis).
6	Voltaje de batería (main relay).
12	Velocidad del motor señal de entrada.
25	Sensor de nivel de combustible (FLS) señal de entrada.
45	Masa de sensor (A/C).
49	Masa de sensor (APS1).
50	Masa de sensor (APS2).
51	Voltaje de batería (ignition switch).
52	Start motor relay control de salida.
53	Relay deVentilador (high) control de salida.
54	Relay deVentilador (high) control de salida.
59	Masa de sensor (velocidad de rueda).
62	Interruptor de prueba de freno.
67	A/C señal de entrada.
69	Comunicación de inmovilizador.
70	Relay de bomba de combustible control de salida.
71	APS 1 señal de entrada.
72	APS 2 señal de entrada.
74	Relay principal control de salida.
77	C-CAN (High).
78	C-CAN (Low).
79	Interruptor embrague señal de entrada.
80	Sensor de velocidad del vehículo señal de entrada.
81	Sensor de velocidad de rueda señal de entrada.
84	Interruptor del indicador de freno señal de entrada.
88	Alimentación de sensor (+5v) A/C.
93	Alimentación de sensor (+5v) APS1.
94	Alimentación de sensor (+5v) APS2.

Fuente: (Hyundai)

2.2.2 *Sensor de Control Electronico del Acelerador*

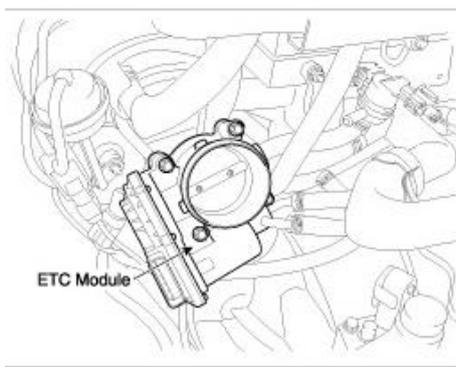
El sistema de control electrónico del acelerador (ETC) consiste en un cuerpo de acelerador con un motor de control integrado y un sensor de posición del acelerador (TPS). En lugar de usar el común o tradicional cable de acelerador del pedal al cuerpo de aceleración, este sistema usa un sensor de posición del acelerador (APS) para que el cuerpo de aceleración pueda recibir la orden del conductor en el momento de la aceleración. La unidad de control utiliza la señal del APS para poder calcular el ángulo objetivo del acelerador, la posición del acelerador se ajusta a través del control ECM del motor ETC. La señal del TPS es usada para proporcionar información sobre la posición del acelerador al ECM. Usando el ETC, es posible el control preciso de la posición del acelerador: se elimina la necesidad de módulos y cables de control externos. (Hyundai)

En la figura 8 se muestra la ubicación del cuerpo de aceleración en el automóvil

Hyundai Tucson

Figura 8

Ubicación ETC

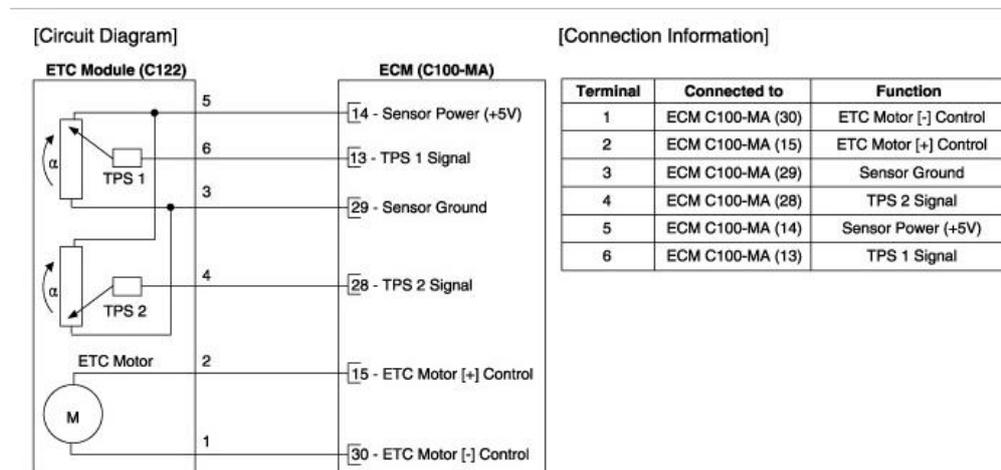


Fuente: (Hyundai)

En la figura 9 se muestra el diagrama eléctrico del ETC

Figura 9

Diagrama Eléctrico ETC



Fuente: (Hyundai)

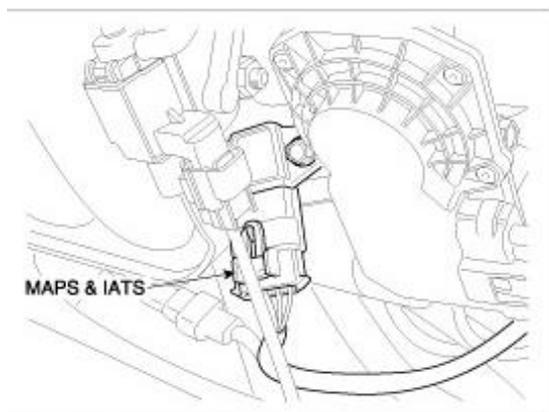
2.2.3 Sensor Diferencia Presión del Colector

Este sensor es tipo velocidad-densidad y se instala en el colector de admisión. La principal función es detectar la presión absoluta del colector de admisión y transfiere la señal analógica proporcional a la presión hacia la ECM. Al usar esta señal, el ECM calcula la cantidad de aire de admisión y la velocidad del motor. El sensor MAP consta de un elemento piezoeléctrico (genera una carga eléctrica bajo presión) y un IC híbrido que amplifica la señal de salida del elemento. El elemento es de tipo diafragma de silicio y se adapta al efecto de resistencia variable sensible a la presión del semiconductor. Dado que el 100% del vacío y la presión del colector se aplican a ambos lados del sensor respectivamente, este sensor puede emitir una señal analógica mediante el uso de la variación de silicio, proporcional al cambio de presión. (Hyundai)

En la figura 10 se muestra la ubicación del sensor de diferencia de presión del colector en el Hyundai Tucson TL

Figura 10

Ubicación MAP

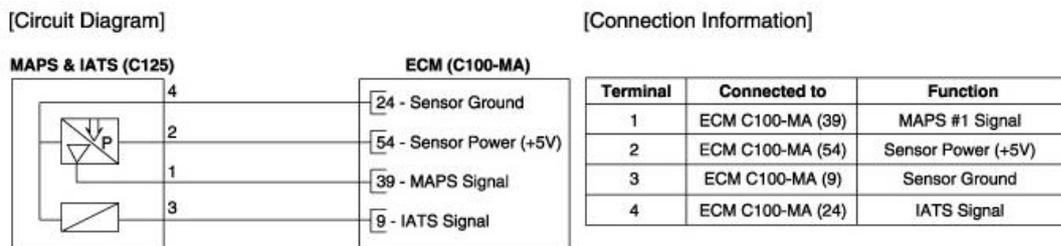


Fuente: (Hyundai)

En la figura 11 se observó el diagrama eléctrico del sensor MAP

Figura 11

Diagrama de Sensor MAP



Fuente: (Hyundai)

2.2.4 Sensor de Temperatura de Admisión

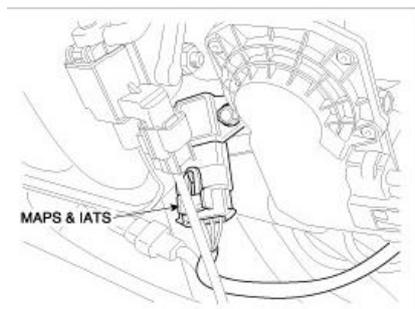
El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) está incluido dentro del sensor de presión absoluta del colector de admisión y este detecta o mide la temperatura del aire.

Para calcular la cantidad de aire precisa se necesita una corrección de la temperatura del aire porque la densidad del aire varía según la temperatura. Entonces, el ECM no solo usa la señal MAP sino también la señal IAT. Este sensor tiene un termistor de coeficiente de temperatura negativo (NTC) y su resistencia cambia en proporción inversa a la temperatura. (Hyundai)

En la figura 12 se observó la ubicación del sensor IAT

Figura 12

Ubicación Sensor de Temperatura de Aire

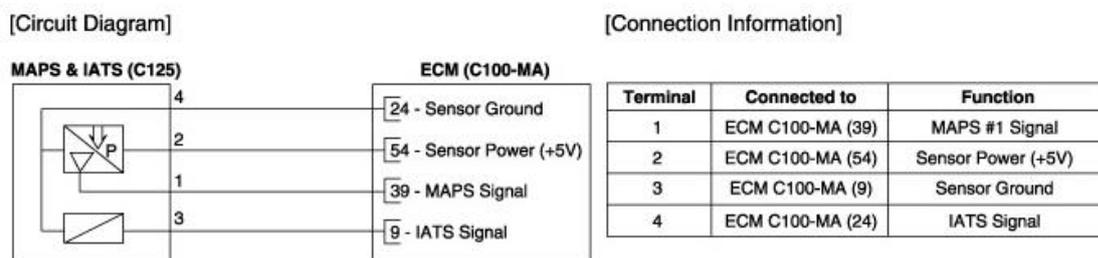


Fuente: (Hyundai)

En la figura 13 se muestra el diagrama eléctrico del sensor IAT

Figura 13

Diagrama Eléctrico del Sensor de Temperatura de Aire



Fuente: (Hyundai)

2.2.5 Sensor de Temperatura de Refrigerante del Motor

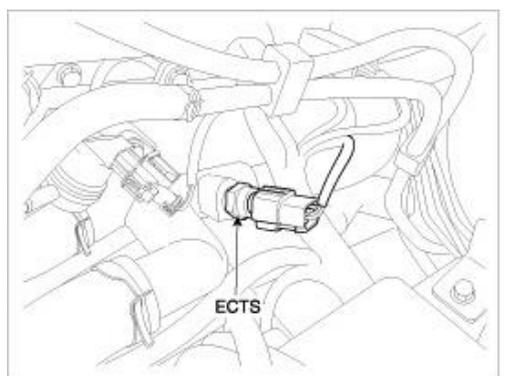
El sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT) está ubicado en el paso del refrigerante del motor de la culata de cilindros para detectar la temperatura del refrigerante del motor. El ECT utiliza un termistor cuya resistencia cambia de acuerdo a la temperatura. La resistencia eléctrica ECT disminuye a medida que aumenta la temperatura y aumenta a medida que la temperatura disminuye. La referencia +5V se suministra al ECT a través de una resistencia en el ECM. Es decir, la resistencia en el ECM y el termistor en ECT están

conectados en serie. Cuando el valor de resistencia del termistor en el ECT cambia de acuerdo con la temperatura del refrigerante del motor, la tensión de salida también cambia. Durante el funcionamiento del motor en frío, el ECM aumenta la duración de la inyección (ms) de combustible y controla el tiempo de encendido utilizando la información de la temperatura del refrigerante del motor para evitar que el motor se ahogue y mejorar la capacidad de conducción. (Hyundai)

En la figura 14 se observó la ubicación del sensor de temperatura del refrigerante del automóvil Hyundai Tucson TL

Figura 14

Ubicación del Sensor de Temperatura de Agua

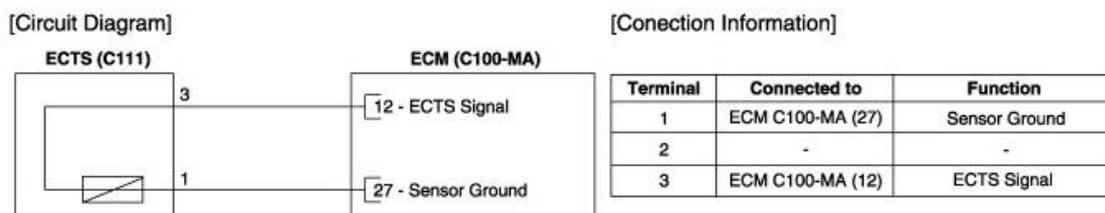


Fuente: (Hyundai)

En la figura 15 se muestra el diagrama eléctrico del sensor ECT

Figura 15

Diagrama del Sensor de Temperatura de Agua



Fuente: (Hyundai)

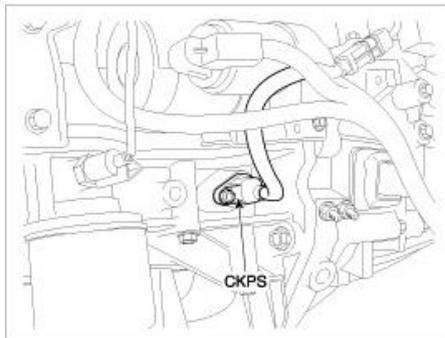
2.2.6 Sensor de Posición del Cigüeñal

Este sensor tiene la función de detectar la posición en la que se encuentra el cigüeñal y es uno de los sensores más importantes del sistema de control del motor. Si no hay señal del CKP (crankshaft position sensor), el motor puede detenerse y en muchas ocasiones no dar marcha. Este sensor está instalado en el bloque de cilindros o en la caja del transeje y genera una corriente alterna por un campo de flujo magnético. La rueda del volante consiste de 58 ranuras y 2 ranuras faltantes en 360 grados CA (ángulo de manivela). (Hyundai)

En la figura 16 se muestra la ubicación del sensor del cigüeñal (CKP)

Figura 16

Ubicación Sensor CKP

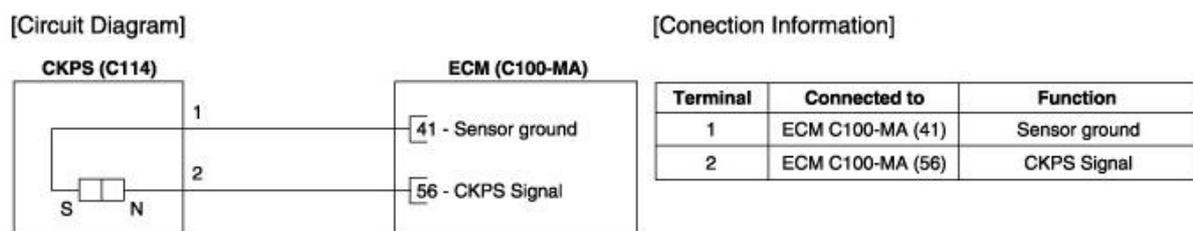


Fuente: (Hyundai)

En la figura 17 se muestra el diagrama eléctrico del sensor CKP

Figura 17

Diagrama Eléctrico CKP



Fuente: (Hyundai)

2.2.7 Sensor Árbol de Levas CMP

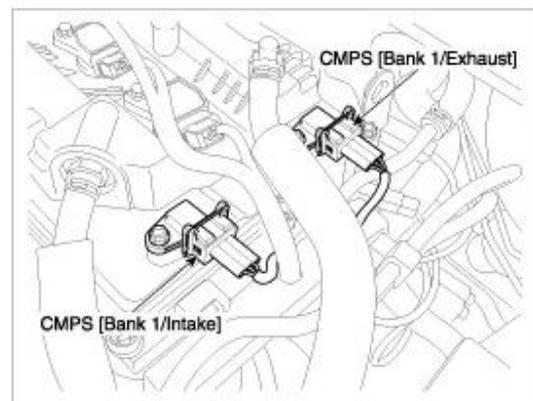
El sensor de árbol de levas (CMP) es un sensor tipo Hall y detecta la posición en la que se encuentra el árbol de levas mediante el uso de un elemento denominado hall. Este sensor trabaja en conjunto con el sensor de posición del cigüeñal (CKP) y detecta la posición del pistón de cada cilindro que el CKP no llega a detectar.

El CMP se instala en la tapa de la culata del motor y utiliza una rueda de destino instalada en el árbol de levas. A medida que la rueda del volante pasa por el sensor hall, el campo magnético cambia en el sensor, el sensor después envía una señal y crea una onda cuadrada. (Hyundai)

En la figura 18 se puede observar la ubicación del sensor de árbol de levas del automóvil Hyundai Tucson TL, para este vehículo cuenta con dos árboles de levas, por ende, cuenta con dos sensores CMP

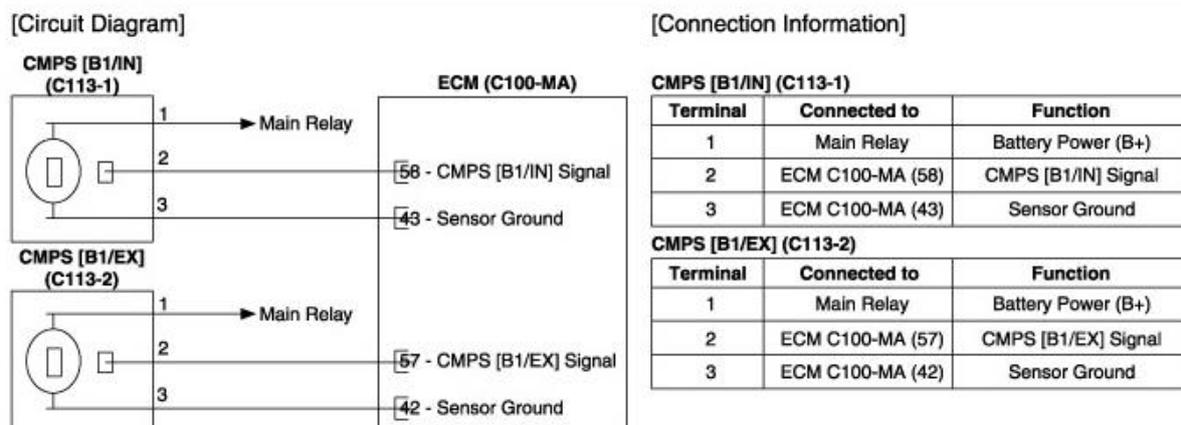
Figura 18

Ubicación de los CMP



Fuente: (Hyundai)

En la figura 19 se muestra el diagrama eléctrico de los sensores CMP

Figura 19*Diagrama Eléctrico de los Sensores CMP*

Fuente: (Hyundai)

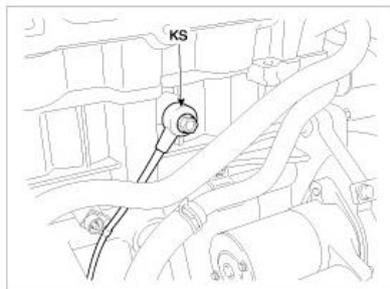
2.2.8 Sensor de Detonación

El sensor de detonación o sensor de golpeteo (KS) está ubicado en el bloque de cilindros y detecta las detonaciones del motor. Cuando ocurre un golpe, la vibración del bloque de cilindros se aplica como presión al elemento piezoeléctrico que dispone el sensor. Cuando ocurre un golpe, el sensor produce una señal de voltaje. El ECM retarda el encendido cuando ocurre un golpe. Si la detonación desaparece después de retardar la sincronización del encendido, el ECM avanzara la sincronización del encendido. Este control secuencial puede mejorar la potencia del motor, el par y el ahorro de combustible. (Hyundai)

En la figura 20 se puede observar la ubicación del sensor de detonación en el bloque de cilindros del vehículo Hyundai Tucson TL

Figura 20

Ubicación KS

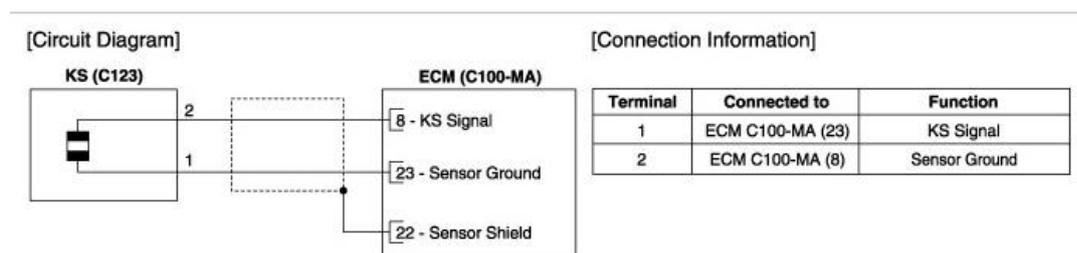


Fuente: (Hyundai)

En la figura 21 se observó el diagrama eléctrico del sensor de detonación

Figura 21

Diagrama Eléctrico del KS

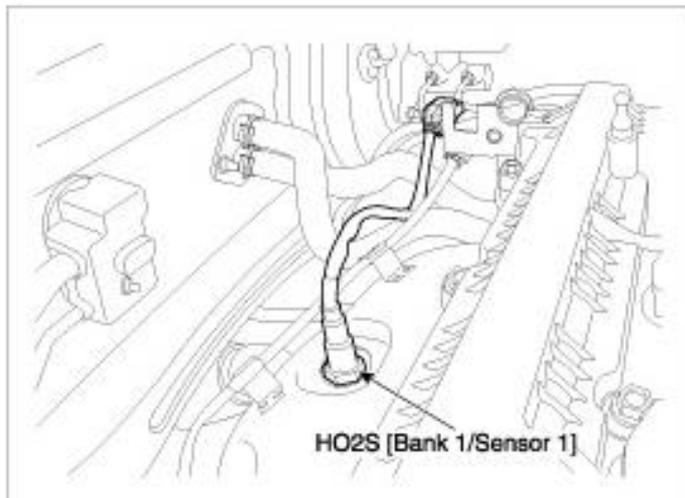


Fuente: (Hyundai)

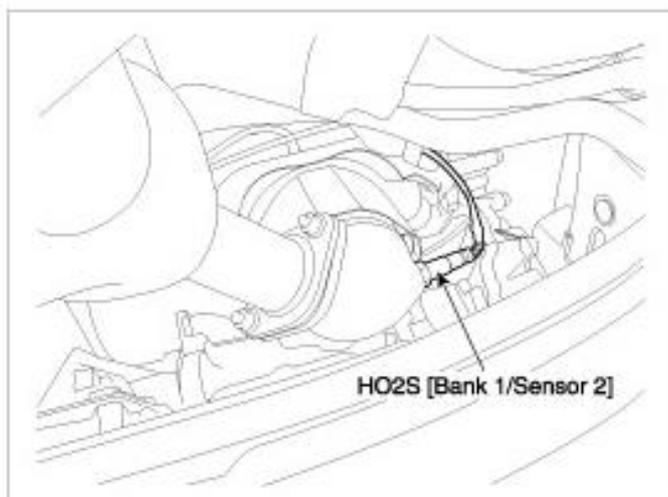
2.2.9 Sensor de Oxígeno

El sensor de oxígeno calentado o sensor de oxígeno (HO2S) consta de un material denominado circonio. Para mantenerlo caliente, el sensor tiene un calentador (resistencia) que es controlado por la ECM a través de una señal de ciclo de trabajo. Cuando la temperatura de los gases de escape es inferior el valor específico, el calentador calienta la punta del sensor, provocando que el sensor funcione de manera más rápida. (Hyundai)

En las figuras 22 y 23 se puede observar la ubicación de los sensores de oxígeno en el automóvil Hyundai Tucson TL

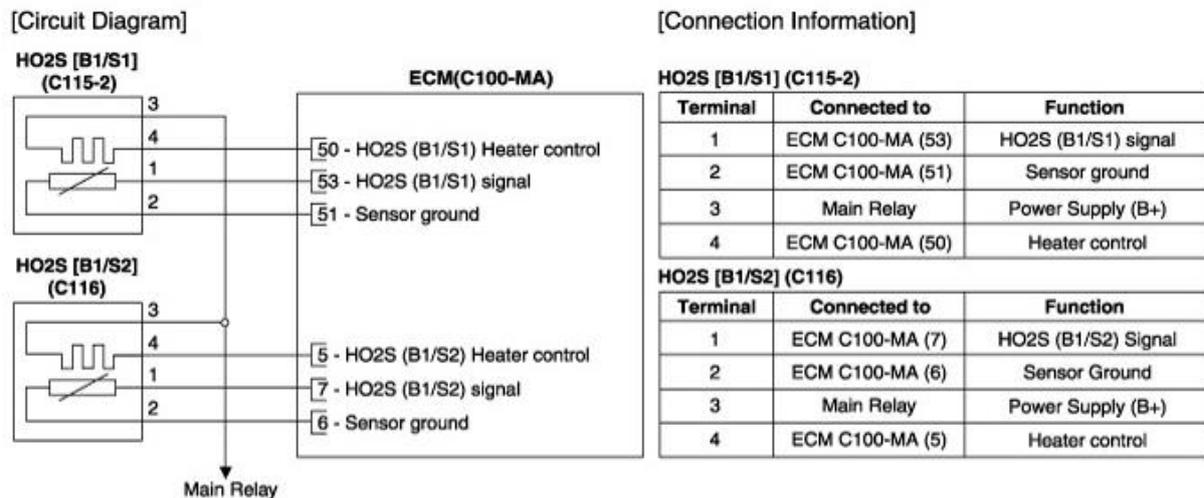
Figura 22*Ubicación de Sensor de Oxígeno 1*

Fuente: (Hyundai)

Figura 23*Ubicación de Sensor de Oxígeno 2*

Fuente: (Hyundai)

En la figura 24 se muestra el diagrama eléctrico de el sensor de oxígeno post-catalizador y el sensor de oxígeno pre-catalizador

Figura 24*Diagrama de los Sensores de Oxígeno*

Fuente: (Hyundai)

2.2.10 Sensor de Posición del Acelerador

El ECM calcula el flujo de inyección en función de una serie de parámetros, incluida la posición del pedal, que se mide con un potenciómetro. El sensor de pedal tiene dos potenciómetros. Los dos potenciómetros se alimentan de fuentes de energía diferentes, por lo que existe una gran abundancia de información que brinda información confiable sobre las solicitudes del conductor. Se genera un voltaje a través del potenciómetro en el sensor de posición de acelerador. Usando una curva característica, la posición del pedal se calcula a partir de este voltaje. (Hyundai)

En la figura 25 se puede observar la ubicación del sensor de posición del acelerador del vehículo Hyundai Tucson TL

Figura 25

Ubicación del APS

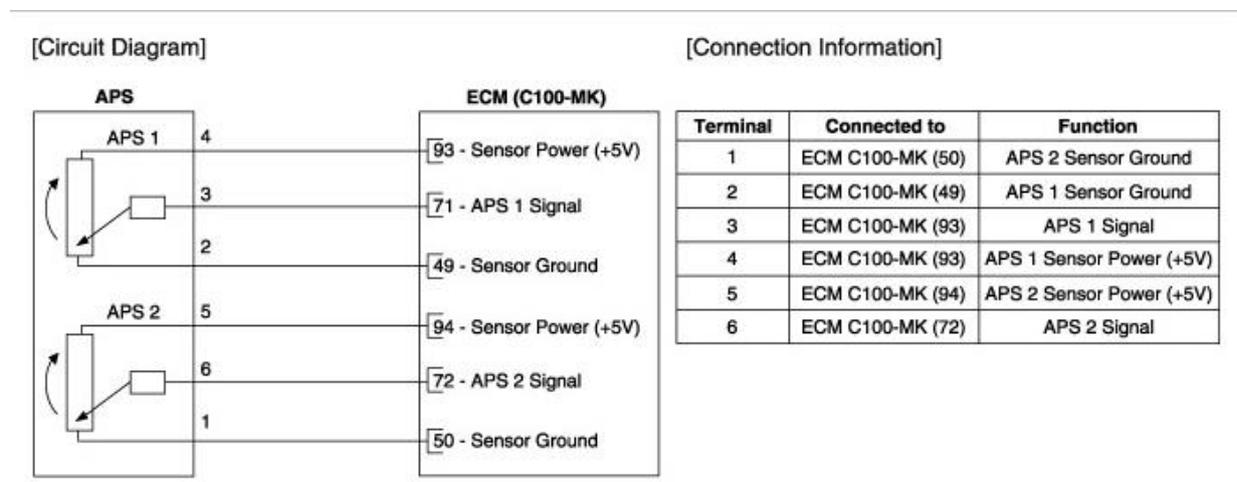


Fuente: (Hyundai)

En la figura 26 se muestra el diagrama eléctrico del Pedal del acelerador

Figura 26

Diagrama del APS



Fuente: (Hyundai)

Capítulo III

3. Metodología para el Diagnóstico de los Sensores

La información expuesta en el presente proyecto se basa en tres métodos de investigación.

El método experimental el cual consiste en la realización del estudio de un fenómeno, reiterado en situaciones particulares de estudio que interesan, agregando o suprimiendo algunas variables que puedan influir sobre él. En este caso se analizarán los sensores de un vehículo Hyundai Tucson TL.

El método bibliográfico es un conjunto de estrategias y técnicas que se usa para identificar, ubicar y permitir algunos documentos que contengan información importante o necesaria para la investigación, que nos permitirán conocer a detalles las características técnicas de cada uno de los sensores.

El método de campo se encarga de la recopilación de información nueva, de fuentes principales para un objetivo en específico, tales como las pruebas que se realizan en el vehículo en los distintos sensores.

3.1 Equipos Automotrices para el Diagnóstico de Sensores

Para este proyecto se usará un osciloscopio de la marca OTC-3840f por la facilidad de uso que brinda este equipo en comparación de otros osciloscopios para la medición de los sensores, y un escáner de la marca G-scan2 ya que al ser el escáner original de la marca del vehículo a utilizar nos brindará mayor información referente al estatus del motor.

3.1.1 *Osciloscopio OTC-3840f*

Es el equipo principal para obtener las gráficas de las señales eléctricas de los sensores. Es un equipo portátil digital de mano que cuenta con dos canales de trabajo y con un multímetro graficador, esta función permite trabajar con vehículos a carburador y también permite el uso

en vehículos con sistema de inyección electrónica e inclusive con sistemas de inyección a Diesel Common Rail.

Una de las ventajas que tiene este equipo para este proyecto es que contiene información integrada que hace referencia a las gráficas que comúnmente debemos encontrar de acuerdo al sensor a medir.

Este equipo cuenta con dos canales de medición, lo que permite realizar una comparativa de las gráficas en tiempo real de dos sensores si fuese el caso necesario.

3.1.2 Escáner G-scan 2

Es un equipo que permite observar si hay alguna alteración en los parámetros de funcionamiento del vehículo, ya que este instrumento de medición permite la lectura de datos en vivo de los sensores a través del conector de diagnóstico OBD del vehículo. Cabe destacar que este equipo automotriz, es el equipo oficial de las marcas Hyundai y Kia.

Una de las ventajas de este equipo es que permite graficar los datos en vivo para una mejor evaluación de los diferentes parámetros. Otra de las funciones especiales que tiene este dispositivo es la disponibilidad de un osciloscopio automotriz integrado, multímetro y simulador de sensores.

3.2 Parámetros de Evaluación Según los Tipos de Sensores

En la tabla 3 se muestra las condiciones en las que se evaluarán cada uno de los sensores de acuerdo con la naturaleza de cada uno de estos.

Tabla 3*Condiciones para la Evaluación de los Distintos Sensores.*

Sensor	KOER (motor en ralentí)	WOT (mariposa totalmente abierta)	2500 RPM (mariposa parcialmente abierta)	Temperatura
ETC	X		X	
MAP	X		X	
KS	X		X	
CMP	X		X	
CKP	X		X	
ECT				X
IAT				X
Oxigeno	X		X	
APS	X	X		

3.3 Ubicación de los Sensores en el Vehículo

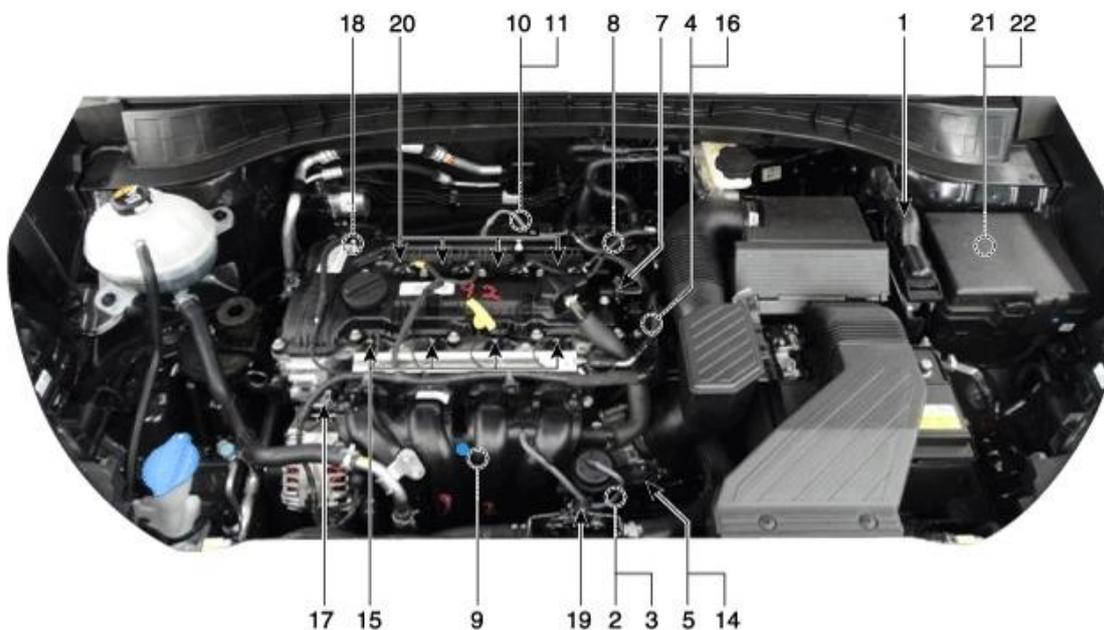
Los sensores del vehículo de estudio “Hyundai Tucson TL” se encuentran en el compartimiento del motor, distribuidos de forma que no existan ningún agente externo que pueda interrumpir su correcto funcionamiento u ocasione una lectura errónea.

En la figura 27 se puede observar la ubicación de los elementos electrónicos, incluyendo los sensores.

En la tabla 4 se muestra el nombre de cada uno de estos componentes que intervienen en el funcionamiento del motor del vehículo Hyundai Tucson.

Figura 27

Ubicación de los Elementos Electrónicos en el Vehículo Hyundai Tucson



Fuente: (Hyundai)

Tabla 4

Descripción de los Elementos Electrónicos en el Vehículo Hyundai Tucson

# Nombre	# Nombre
1 ECU	14 ETC
2 MAP	15 inyector
3 IAT	16 PCSV
4 ECT	17 CVVT INTAKE
5 TPS	18 CVVT EXHAUST
7-8 CMP	19 VIS
9 KS	20 Ignition Coil
10 HO2S 1	21 Main Relay
11 HO2S 2	22 Fuel PUMP RELAY

Fuente: (Hyundai)

3.4 Diagnóstico de los Sensores en el Vehículo

Normalmente a un costado del sensor dispone de un código o número de pieza para la fácil obtención de esta. En la tabla 5 se muestra los códigos de los sensores originales y las equivalencias con los códigos asignados por los fabricantes de los sensores alternos.

Tabla 5

Cruce de Códigos Originales y Genéricos

	Sensor original	Sensor Alterno
ETC	353100-2E000	353100-2E000 (Cowtotal)
MAP	39300-2B100	71077 (Thomson)
IAT	39300-2B100	71077 (Thomson)
ECT	38030	4162 (Thomson)
CMP	39350-23910	70317 (Thomson)
CKP	39180-2B000	39180-2B000 (Record)
O2	39210-2E151	39210-2E151 (Cowtotal)
APS	324144-00	324144-00 (China)

3.4.1 *Sensor Control Electronico del Acelerador*

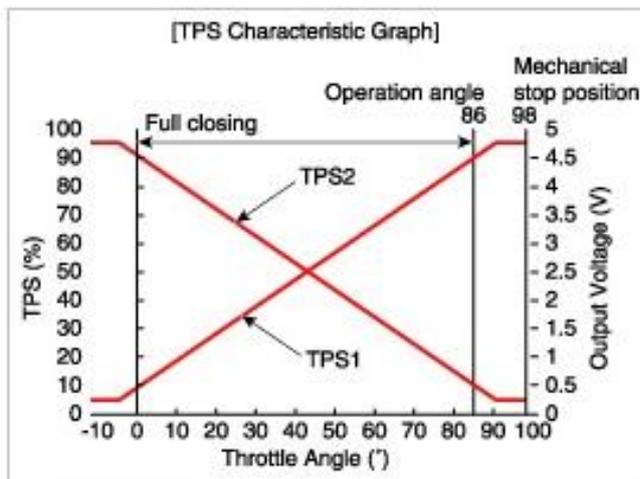
El ETC (Electronic Throttle Control) dispone de dos potenciómetros denominados TPS (Throttle Position Sensor). El ETC cuenta con dos de estos sensores de posición, en la tabla 6 se muestran los valores de voltaje de ambos de acuerdo al ángulo de trabajo. Estos datos de referencia son importantes para lograr a realizar una comparativa entre el sensor original y genérico.

Tabla 6*Valores Referenciales ETC*

THROTTLE ANGLE (°)	OUTPUT VOLTAGE (V)	
	TPS1	TPS2
0	0.5	4.50
10	0.96	4.05
20	1.41	3.59
30	1.87	3.14
40	2.32	2.68
50	2.78	2.23
60	3.23	1.77
70	3.69	1.32
80	4.14	0.86
90	4.6	0.41
98	4.65	0.35
C.T	0.5	4.5
W.O.T	4.41	0.59

Fuente: (Hyundai)

En la figura 28 se muestra de manera gráfica los dos TPS según el ángulo de trabajo

Figura 28*Grafica Sensor ETC*

Fuente: (Hyundai)

3.4.2 Sensor de Presión Absoluta en el Múltiple

En la tabla 7 se muestra los datos obtenidos directamente por el fabricante del vehículo acerca del voltaje encontrado en el sensor MAP (Manifold Absolute Pressure) de acuerdo a la presión que se encuentra en el colector de admisión.

Tabla 7

Valores Referenciales Sensor MAP

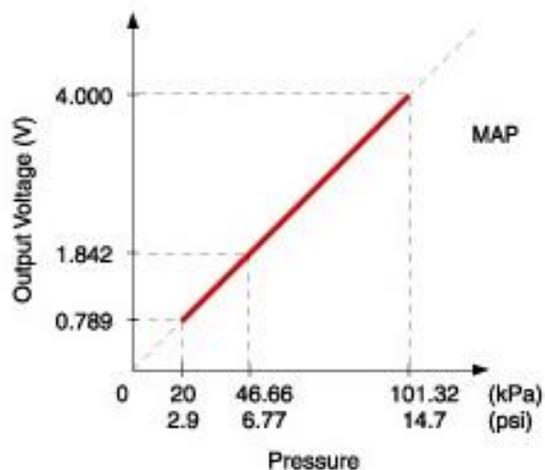
Presión [kPa (kgf/cm ² , psi)]	Voltaje (V)
20.0 (0.20, 2.9)	0.79
46.7 (0.47, 6.77)	1.84
101.3 (1.03, 14.7)	4.0

Fuente: (Hyundai)

En la figura 29 se muestra de manera gráfica el voltaje obtenido por el sensor MAP de acuerdo a la presión.

Figura 29

Grafica Sensor MAP



Fuente: (Hyundai)

3.4.3 Sensor de Temperatura de Admisión

Los datos de voltaje y resistencia obtenidos del sensor IAT (Intake air temperature) conforme el vehículo llega a su temperatura normal de trabajo se muestran en la tabla 8.

Tabla 8

Valores Referenciales Sensor IAT

Temperatura	Resistencia, Ω	Voltaje, V
0	4800 - 6600	4.00 – 4.50
10 °C	4000	3.75 – 4.00
20 °C	2200 - 2800	3.75 – 3.50
30 °C	1300	3.25 – 3.00
40 °C	1000 – 1200	2.50 – 3.00
50 °C	1000	2.50
60 °C	800	2.00 – 2.50
80 °C	270 - 380	1.00 – 1.30
110 °C		0.50

Fuente: (Air Temperature Sensor (ATS), s.f.)

3.4.4 Sensor de Temperatura de Refrigerante del Motor

Los datos de voltaje y resistencia obtenidos del sensor ECT (Engine Coolant Temperature) conforme el vehículo llega a su temperatura de trabajo se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Valores Referenciales Sensor ECT

Temperatura, °C	Resistencia, Ω	Voltaje, V
0	4800 - 6600	4.00 – 4.50
10	4000	3.75 – 4.00
20	2200 - 2800	3.75 – 3.50
30	1300	3.25 – 3.00
40	1000 – 1200	2.50 – 3.00
50	1000	2.50
60	800	2.00 – 2.50
80	270 - 380	1.00 – 1.30
110		0.50

Fuente: (Engine Coolant Temperature Sensor (ECT))

3.4.5 Sensor de Posición de Cigüeñal

En la tabla 10 se muestra los datos obtenidos directamente por el fabricante del sensor CKP (Crankshaft Position).

Tabla 10

Valores Referenciales CKP

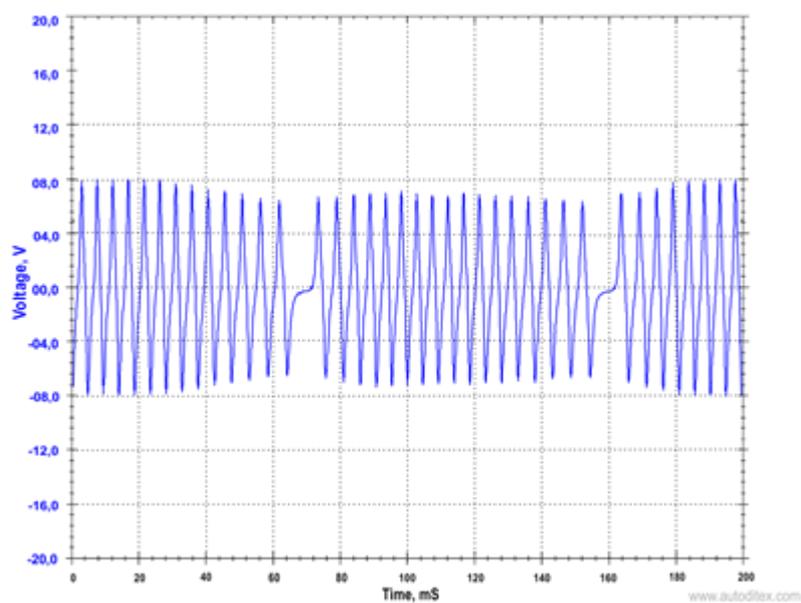
ITEM	Especificación
Resistencia de bobina (ohm)	774-946 (20°C)

Fuente: (Hyundai)

Este sensor es de tipo inductivo quiere decir que genera su propio voltaje, en la figura 30 se muestra la forma de la onda en relación del voltaje con el tiempo en una situación de ralentí.

Figura 30

Grafica del Sensor de Cigüeñal en Ralentí



Fuente: (Crankshaft Position Sensor (CKP), s.f.)

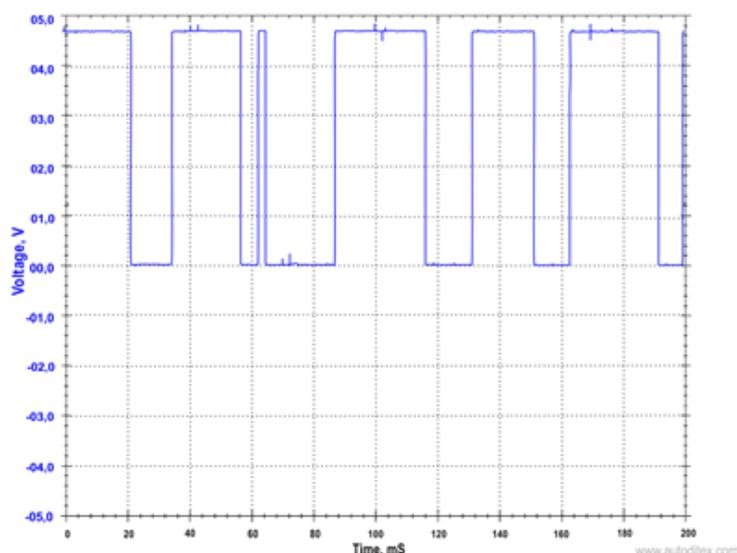
3.4.6 Sensor Árbol de Levas

El fabricante indica que el CMP (Camshaft Position) con el que trabaja este vehículo es un sensor tipo Hall, básicamente este tipo de sensor envía pulsos negativos y provoca que la gráfica de la señal del sensor forme una onda cuadrada.

En la figura 31 se muestra como es la onda de la señal de un sensor tipo hall, mostrada en un osciloscopio automotriz.

Figura 31

Grafica de Referencia Sensor de Árbol de Levas.



Fuente: (Automotive Sensors, s.f.)

3.4.7 Sensor de Detonación

En la tabla 11 se muestra los datos obtenidos directamente por el fabricante del KS (Knock Sensor).

Tabla 11

Valores de Referencia Sensor KS

Item	Especificaciones
Capacitancia (pF)	850-1150

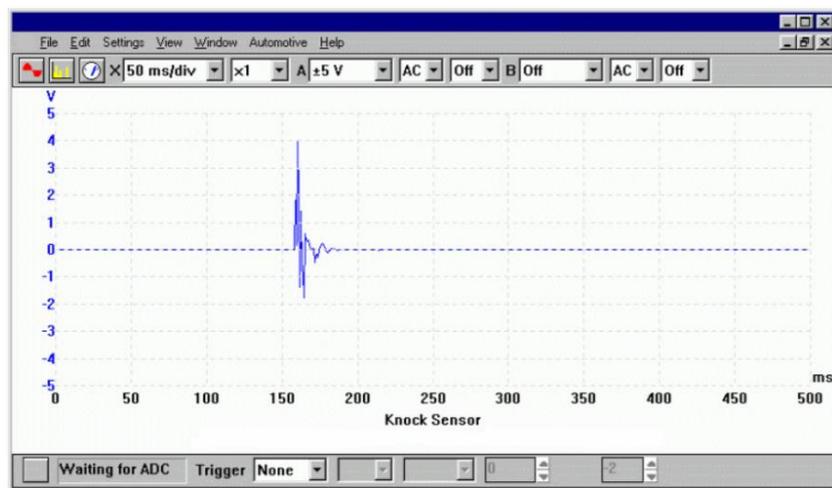
Fuente: (Hyundai)

El sensor de detonación tiene una frecuencia de pistoneo aproximadamente de 15Khz, el voltaje de funcionamiento de este sensor se debe encontrar en un rango entre 5v a -5v.

En la figura 32 se puede observar la gráfica obtenida con un osciloscopio automotriz

Figura 32

Grafica del Sensor de Detonación.



Fuente: (Sensor de detonación)

3.4.8 Sensor de Oxígeno

Este vehículo dispone de dos sensores de oxígeno, el sensor de oxígeno 1 ayuda al control de la mezcla aire/gasolina, por ende, su ubicación se encuentra en el pre-catalizador, En la tabla 12 se muestra los datos obtenidos directamente por el fabricante acerca del oxígeno 1. El sensor de oxígeno 2 ayuda al control del funcionamiento correcto del catalizador, por ende, su ubicación se encuentra en el post-catalizador, en la tabla 13 se muestran los datos obtenidos directamente por el fabricante acerca del sensor de oxígeno 2.

Tabla 12

Valores de Referencia O2 – Sensor 1

Aire/combustible	Salida de voltaje
Rico	0.6 – 1.0
Pobre	0 – 0.4

Fuente: (Hyundai)

Tabla 13*Valores de Referencia O2 - sensor 2*

Aire/combustible	Salida de voltaje
Rico	0.6 – 1.0
Pobre	0 – 0.4

Fuente: (Hyundai)

3.4.9 Sensor de Posición del Acelerador

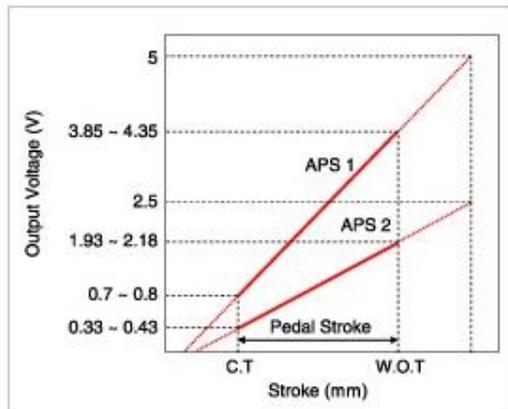
En la tabla 14 se muestra los datos obtenidos directamente por el fabricante acerca del voltaje encontrado en el sensor APS (Accelerator Position Sensor) que cuenta con dos potenciómetros, basándose a la presión que se ejerce sobre el pedal por el conductor, esto ayuda a realizar una comparativa entre el sensor original y el genérico.

Tabla 14*Valores Referenciales del Sensor APS*

Condiciones	Voltaje de salida (V)	
	APS 1	APS 2
Ralentí	0.7-0.8	0.33-0.43
Totalmente presionado	3.85-4.35	1.93-2.18

Fuente: (Hyundai)

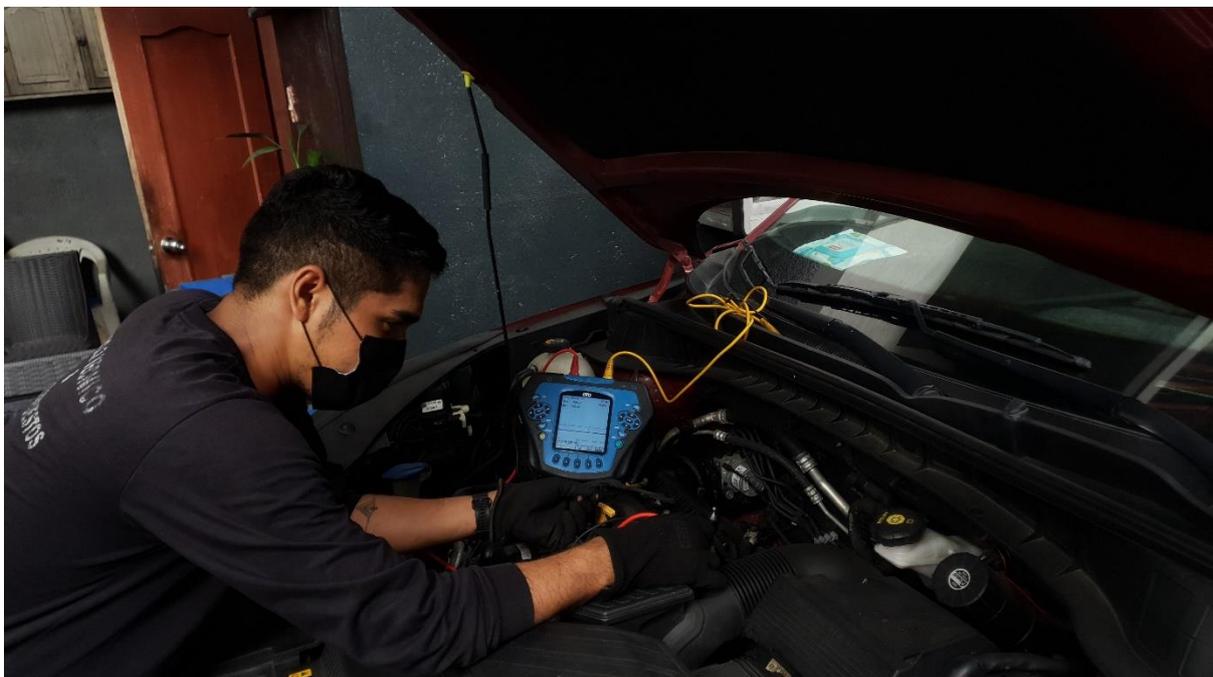
En la figura 33 se muestra los valores de voltaje de acuerdo al recorrido del pedal

Figura 33*Grafica Referencial APS*

Fuente: (Hyundai)

3.4.10 Proceso de pruebas

En la figura 34 se muestra el proceso de medición con el osciloscopio y el vehículo de estudio

Figura 34*Pruebas a sensores*

El proceso de las pruebas se muestra en la Figura 35 y se detalla a continuación.

- Identificar la línea de señal. La información técnica que proporciona el fabricante permite reconocer las conexiones eléctricas de los sensores, para poder extraer la señal del sensor hacia el escáner u osciloscopio.
- Ajustar el osciloscopio. Se configura el equipo de acuerdo con el sensor a medir para poder recopilar de manera adecuada las gráficas de la señal.
- Conectar el escáner. Permite obtener los datos en tiempo real de los diferentes sensores para tener un registro del funcionamiento del vehículo en las diferentes situaciones de prueba.
- Comparar las gráficas. Para verificar la existen variaciones entre el sensor original y el alterno. Finalmente, conectar el escáner para registrar que parámetros se ve afectado y que tipo de falla presenta el vehículo debido a las señales entregadas por estos sensores.

Figura 35
Proceso de Pruebas



Capítulo IV

4. Análisis Comparativo de Sensores Originales vs Alternos

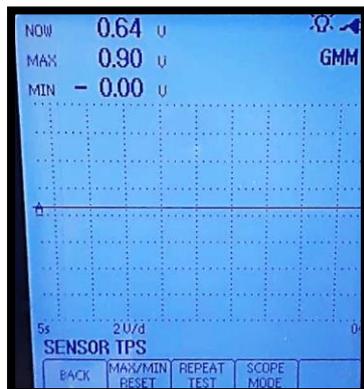
En este capítulo se analiza los resultados de las mediciones de los niveles de voltaje, formas de onda y demás parámetros eléctricos obtenidos mediante el uso del osciloscopio y scanner de los distintos sensores de interés de la investigación para compararlos entre sí y determinar si existe alguna diferencia significativa entre estos.

4.1 Comparación de Sensor Control Electrónico del Acelerador

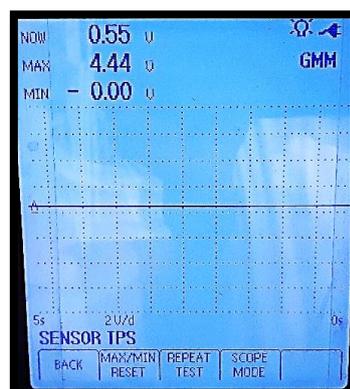
En la figura 36 se muestran las gráficas obtenidas con el osciloscopio de el sensor original y el sensor alternativo en diferentes situaciones del vehículo.

Figura 36

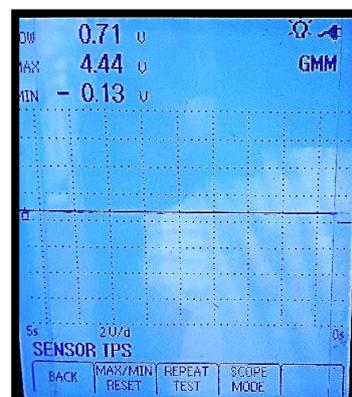
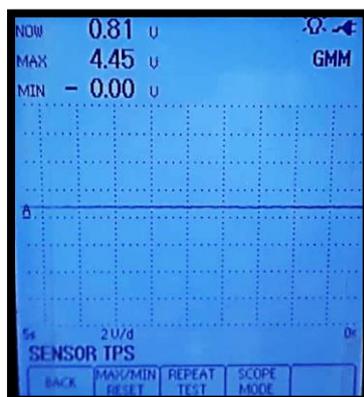
Resultados Obtenidos del Sensor ETC



KOER/TPS 1/Original



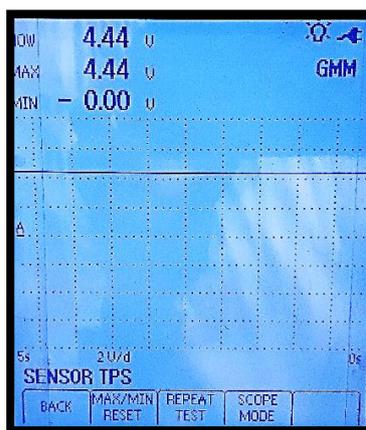
KOER/TPS 1/Alternativo



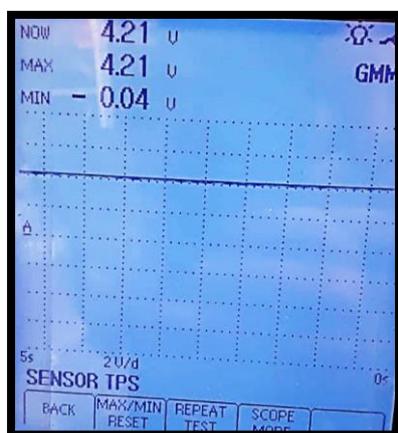
2500rpm/TPS 1/Original



2500rpm/TPS 1/Alterno



KOER/TPS 2/Original



KOER/TPS 2/Original



2500rpm/TPS 2/Original

2500rpm/TPS 2/Original

Las pruebas realizadas al sensor ETC original respecto al sensor ETC alterno de la marca "Cowtotal", se encuentra una gran alteración en los valores eléctricos de señal que provoca falla o defecto notable en el funcionamiento correcto del vehículo. El vehículo en ralentí funciona de manera correcta, pero al incrementar las revoluciones, este presenta problemas de jalones y la aceleración no se mantiene constante. Basándose en los valores de referencia de la tabla 6, los valores del TPS1 y TPS2 se encuentran dentro del rango de funcionamiento normal, sin embargo, en la gráfica del TPS1 alterno en la condición de 2500 rpm se puede observar una caída de voltaje, lo que provoca el inconveniente antes mencionado.

Con la ayuda de un escáner (GSCAN-2) se logró verificar diversos parámetros que tuvieran algún cambio con respecto al funcionamiento de este sensor.

En la tabla 15 se muestra el pulso de inyección obtenido a través de un escáner automotriz.

Tabla 15

Pulso de Inyección Obtenido con el Escáner

2500 r.p.m.	Pulso de inyección
Original	2.5 ms
Alternativo	0.8 ms – 2.5 ms

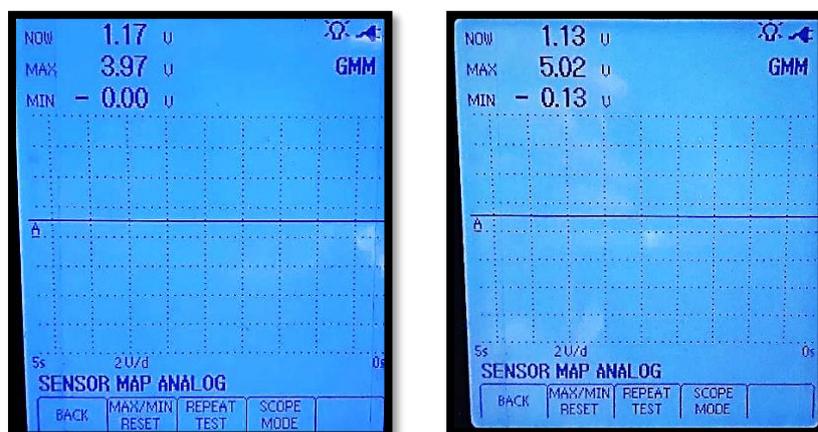
Como se puede apreciar en la tabla 15, cuando el vehículo se encuentra en una velocidad constante, en este caso con una aceleración constante de 2500 r.p.m., el ETC alternativo provoca una variación en el pulso de inyección, por consiguiente, produce problemas de jaloneos en el vehículo debido a la disminución del pase de combustible.

4.2 Comparación de Sensor Diferencial de Presión en el Múltiple

En la figura 37 se muestran las graficas obtenidas con el osciloscopio del sensor original y el sensor alternativo en diferentes situaciones del vehículo.

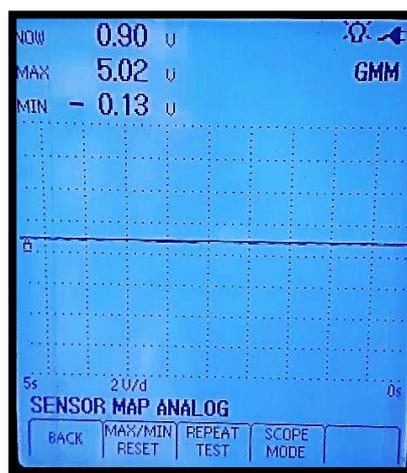
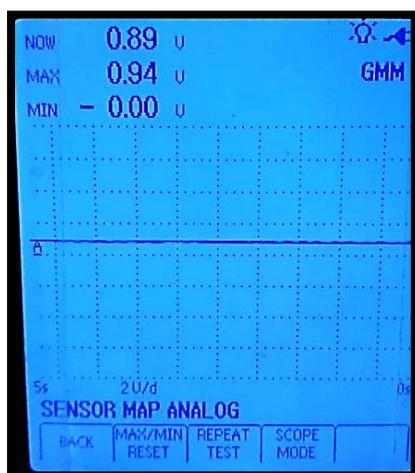
Figura 37

Resultados Obtenidos del sensor MAP



KOER/ 29.34kpa/Original

KOER/ 29.34kpa/Alterno



2500rpm/ 22.02kpa/Original

2500rpm/ 22.02kpa/Alterno

Las pruebas realizadas al sensor MAP original respecto al sensor MAP alterno de la marca “Thomson”, no se encuentra mayor alteración en los valores que podría provocar alguna falla o defecto notable en el funcionamiento correcto del vehículo. Basándose en los valores de referencia de la tabla 7, en una presión entre 20kpa a 46.7kpa representa un valor voltaje de 0.79v a 1.84v, lo que resulta un voltaje dentro de los rangos normales de funcionamiento. Con la ayuda de un escáner (GSCAN-2) se logró verificar diversos parámetros que tuvieran algún cambio con respecto al funcionamiento de este sensor.

En la tabla 16 se muestra el pulso de inyección obtenido a través de un escáner automotriz.

Tabla 16

Ancho de Pulso Obtenido con el Escáner

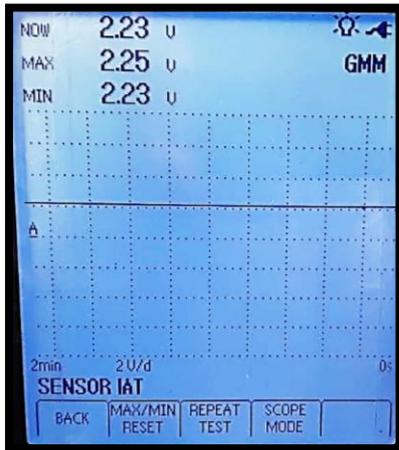
Ancho de pulso	Original	Alterno
Ralentí	2.5ms	2.5ms
2500 rpm	2.5ms	2.5ms

4.3 Comparación del Sensor de Temperatura de Admisión

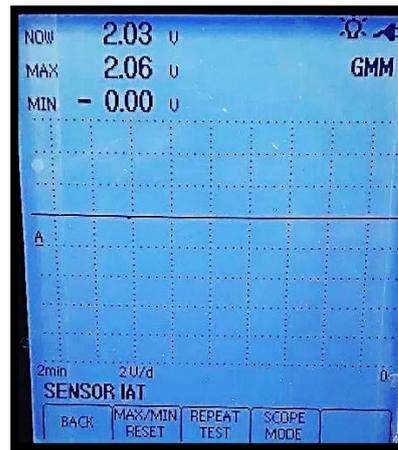
En la figura 38 se muestran las graficas obtenidas con el osciloscopio del sensor original y el sensor alterno en diferentes situaciones del vehículo.

Figura 38

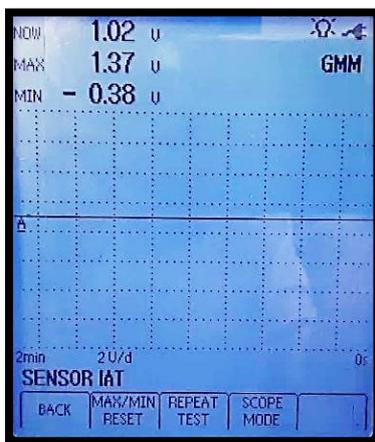
Resultados Obtenidos del Sensor IAT



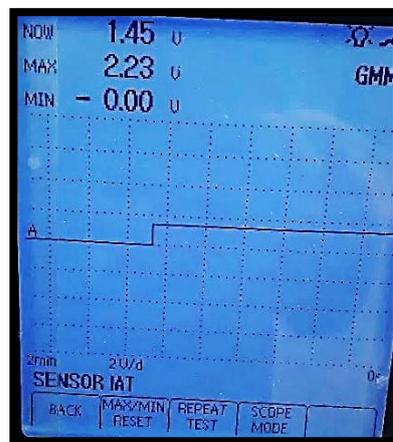
Temperatura Inicial 24.75°C/Original



Temperatura Inicial 24.75°C/Alterno



Temperatura Final 57.75°C/Original



Temperatura Final 57.75°C/Alterno

Las pruebas realizadas al sensor IAT original respecto al sensor IAT alterno de la marca “Thomson”, no se encontró mayor alteración en los valores que podría provocar alguna falla o defecto en el funcionamiento correcto del vehículo.

Con la ayuda de un escáner (GSCAN-2) se logró verificar diversos parámetros que se verían afectados por un mal funcionamiento del sensor IAT.

En la tabla 17 se muestra el pulso de inyección obtenido a través de un escáner automotriz.

Tabla 17

Ancho de Pulso Obtenido con el Escáner

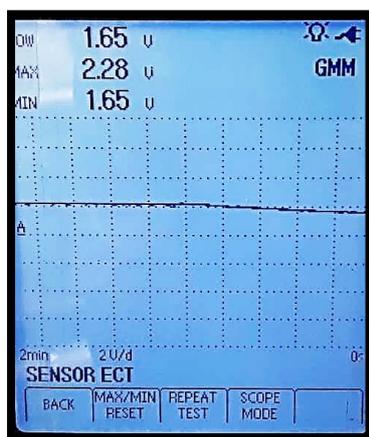
Ancho de pulso	Original	Alterno
KOE	18.8 ms	18.8 ms
KOER (temperatura de trabajo)	2.5 ms	2.5 ms

4.4 Comparación del Sensor de Temperatura de Refrigerante Motor

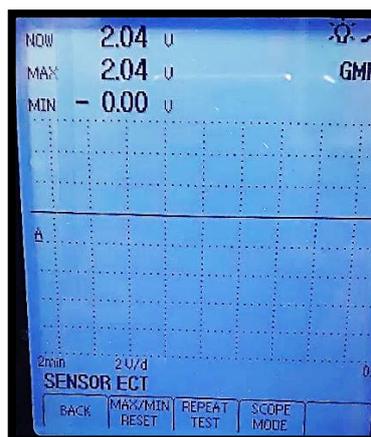
En la figura 39 se muestran las graficas obtenidas con el osciloscopio del sensor original y el sensor alternativo en diferentes situaciones del vehículo.

Figura 39

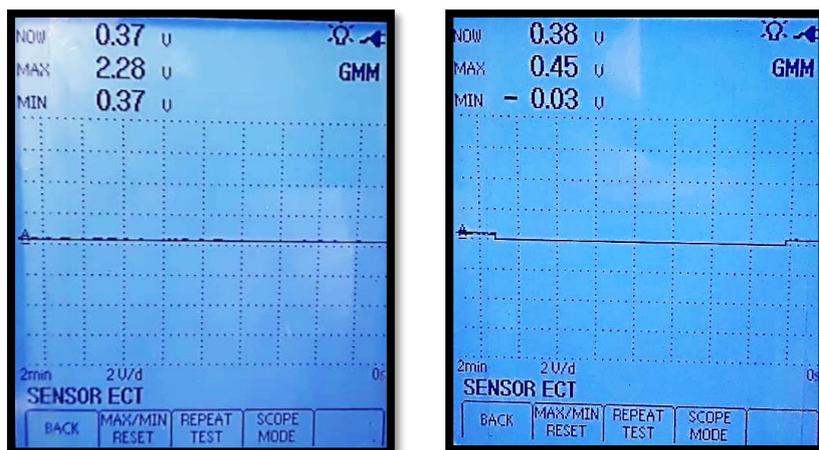
Resultados Obtenidos del Sensor ECT



Temperatura Inicial/Original



Temperatura Inicial/Alterno



Temperatura Final/Original

Temperatura Final/Alterno

Las pruebas realizadas al sensor ECT original respecto al sensor ECT alternativo de la marca “Thomson”, no se encontró mayor alteración en los valores que podría provocar alguna falla o defecto en el funcionamiento correcto del vehículo.

Con la ayuda de un escáner (GSCAN-2) se logró verificar diversos parámetros que se verían afectados por un mal funcionamiento del sensor ECT.

En la tabla 18 se muestra el pulso de inyección obtenido a través de un escáner automotriz.

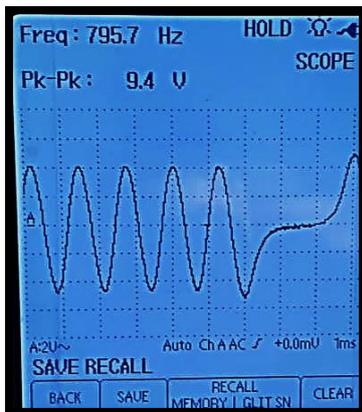
Tabla 18

Ancho de Pulso Obtenido con el Escáner

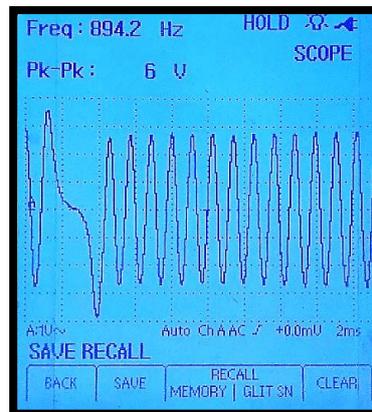
Ancho de pulso	Original	Alterno
KOE	18.8 ms	18.8 ms
KOER (temperatura de trabajo)	2.5 ms	2.5 ms

4.5 Comparación de Sensores de Posición de Cigüeñal

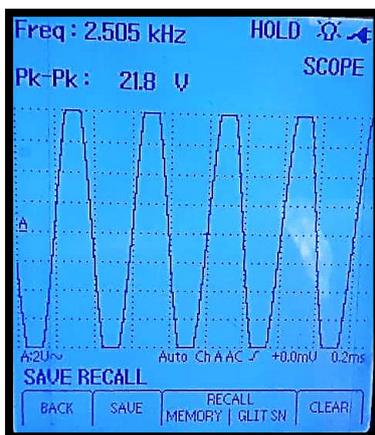
En la figura 40 se muestran las graficas obtenidas con el osciloscopio del sensor original y el sensor alternativo en diferentes situaciones del vehículo.

Figura 40*Resultados Obtenidos del Sensor CKP*

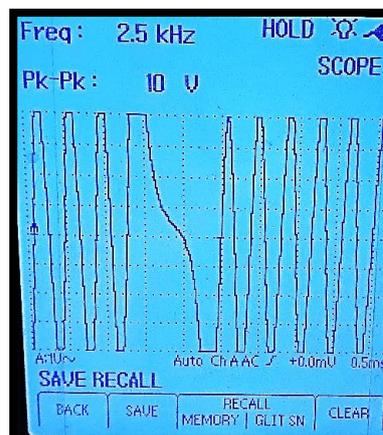
KOER/Original



KOER/Alterno



2500rpm/Original



2500rpm/Alterno

Las pruebas realizadas al sensor CKP original respecto al sensor CKP alternativo de la marca “Record”, se encontró una alteración en el rango de trabajo. En el caso del sensor original, el rango de voltaje en la condición KOER existe una oscilación de $9.4\text{v} \pm 0.4$, mientras que el sensor alternativo oscila en un rango de 5.75v a 7v. Esta diferencia de rangos de voltaje provoca una distinta lectura de grados del cigüeñal, sin embargo, esta variación de parámetros en el vehículo no presenta problemas de encendido, y en una aceleración constante los parámetros de trabajo del sensor alternativo se igualan a el del sensor original, por consecuente no

existen pérdidas de potencia. Basándose en la figura 29, se puede observar que genera la misma gráfica de referencia.

En la tabla 19 se muestra los grados del cigüeñal obtenido a través de un escáner automotriz.

Tabla 19

Grados de Cigüeñal Obtenido con el Escáner

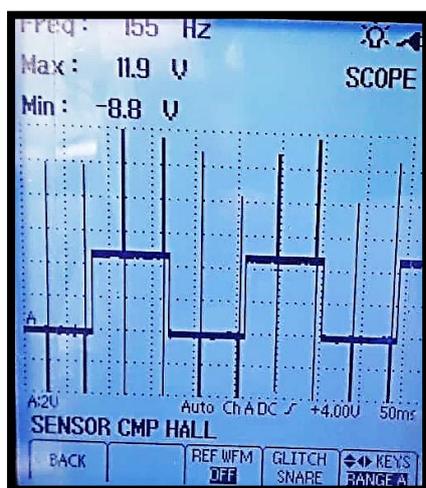
Pruebas	Original	Alternó
KOER	3.8° – 6.8°	1.5° – 4.5°
2500 r.p.m	28.5° – 41.3°	28.5° - 41.3°

4.6 Comparación de Sensores de Árbol de Levas

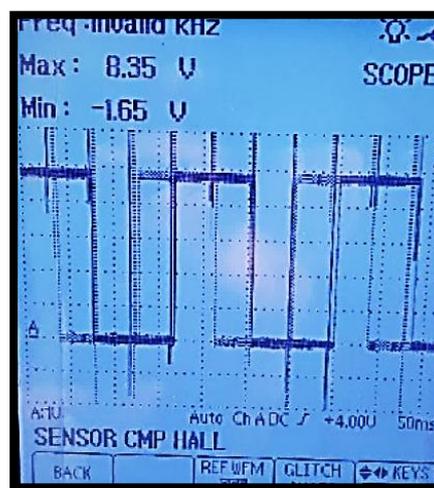
En la figura 41 se muestran las graficas obtenidas con el osciloscopio del sensor original y el sensor alternativo en diferentes situaciones del vehículo.

Figura 41

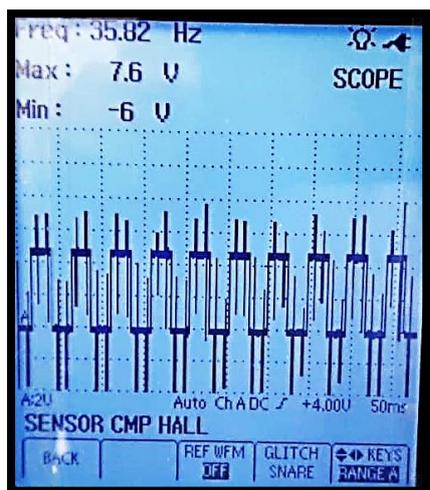
Resultados Obtenidos del Sensor CMP



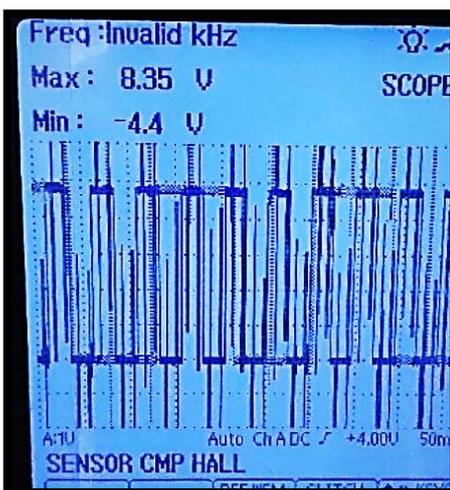
KOER/admisión CMP/Original



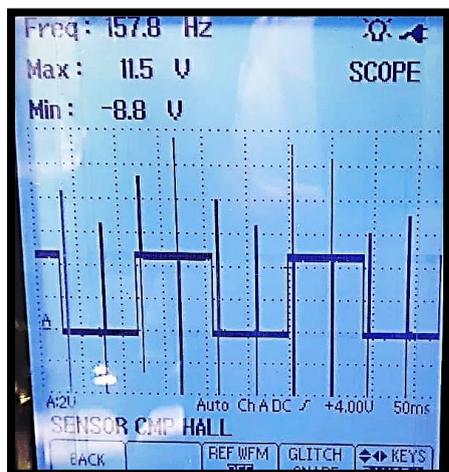
KOER/admisión CMP/Alternó



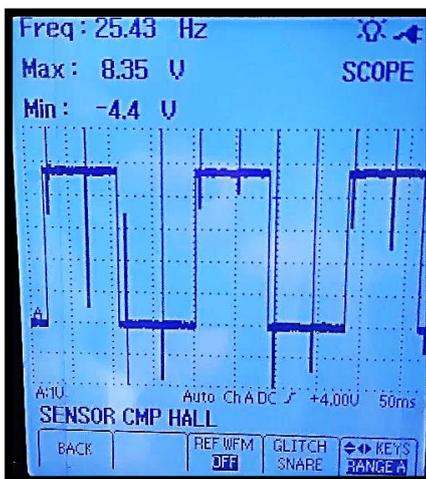
2500rpm/ Admisión CMP/Original



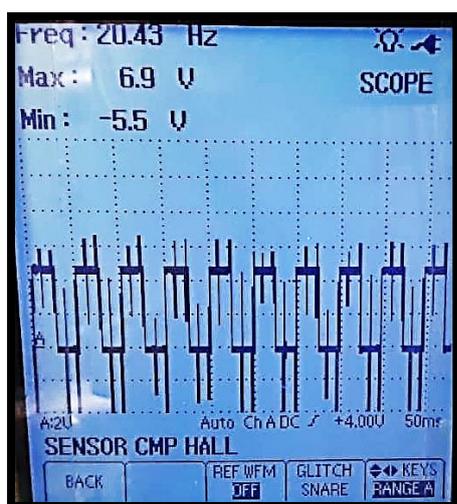
2500rpm/ Admisión CMP/Alterno



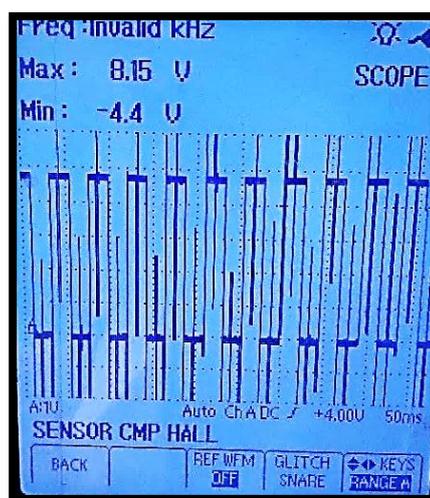
KOER/ Escape CMP/Original



KOER/ Escape CMP/Alterno



2500rpm/ Escape CMP/Original



2500rpm/ Escape CMP/Alterno

Las pruebas realizadas al sensor CMP original respecto al sensor CMP alternativo de la marca “Thomson”, se encuentra una alteración en el rango de trabajo. En el caso del sensor original, el rango de voltaje en la condición KOER existe una oscilación de -8.8v y 11.9v, mientras que el sensor alternativo oscila en un rango de -1.65v y 8.35v. Esta diferencia de rangos de voltaje provoca una variación de lectura de grados del árbol de levas, sin embargo, no produce algún defecto notorio en el funcionamiento normal del vehículo. Basándose en la figura 30, se puede observar que genera la misma gráfica de referencia.

En la siguiente tabla 20 se muestra los grados de los árboles de levas obtenido a través de un escáner automatizado en las diferentes situaciones.

Tabla 20

Grados de Árbol de Levas Obtenidos con el Escáner

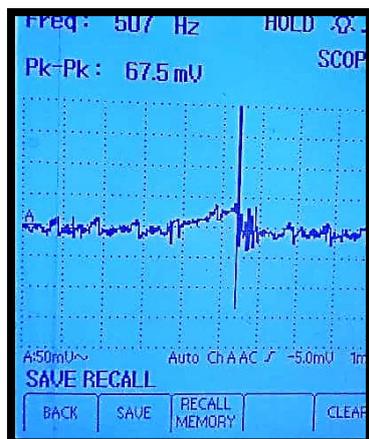
Condición	Medición	Original	Alternativo
Ralentí	Admisión	128.3°	126.8° -129°
	Escape	-114.6°	-114.6° -115°
2500 RPM	Admisión	128.6°±2°	127° -128°
	Escape	-114.6° -114.3°	-113.5° -114.3°

4.7 Comparación del Sensor Detonación

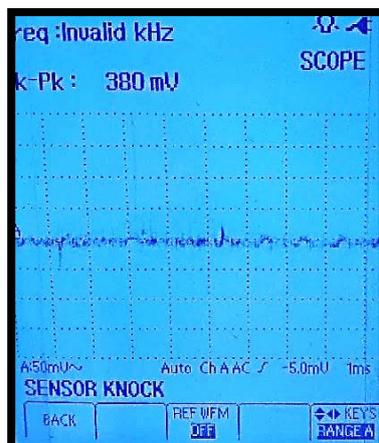
En la figura 42 se muestran las gráficas obtenidas del sensor de detonación o golpeteo (Ks) con el osciloscopio del sensor original y el sensor alternativo en diferentes situaciones del vehículo.

Figura 42

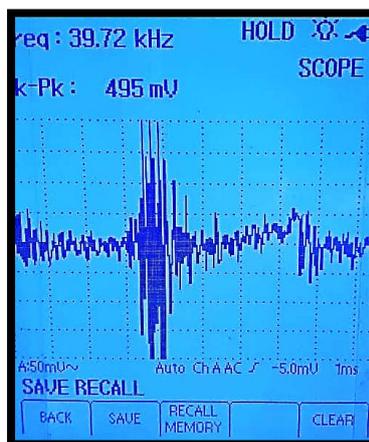
Resultados Obtenidos del Sensor KS



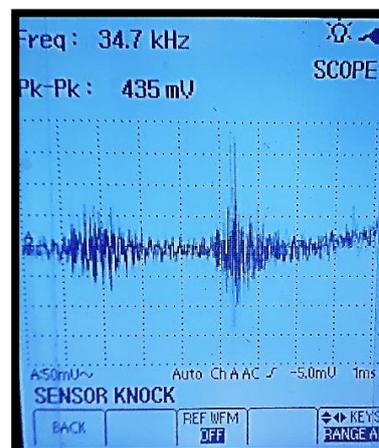
KOER/Original



KOER/Alterno



2500rpm/Original



2500rpm/Alterno

Se pudo apreciar que, en ralentí, y en bajo régimen de trabajo (desde 800 hasta 1500 rpm aprox.), el comportamiento de ambos sensores es parejo debido a que los valores de voltaje marcados coinciden, o en otros casos, se asimilan. Estos voltajes están en un rango de 67.5mv a 607mv.

Se determinó que en un rango de 2500 rpm (valor máximo al que fue sometido el motor al realizar las pruebas) la variación de voltaje es la misma, lo que indica claramente que los sensores trabajan de la misma manera. Estos voltajes están en un rango de 10mv a

700 mv. Basándose en la figura 32, se puede observar que genera la misma grafica de referencia.

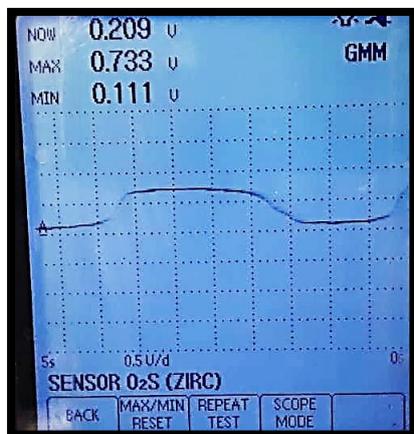
4.8 Comparación del Sensor de oxigeno

Este vehículo dispone de dos sensores de oxígeno de los cuales uno tiene la función de dar a conocer a la ECU el estatus de la mezcla de aire/combustible y el otro del estado del catalizador. Para poder distinción se denomina al sensor que se encuentra pre-catalizador como “Sensor de oxígeno 1” y al sensor que se encuentra post-catalizador como “Sensor de oxígeno 2”.

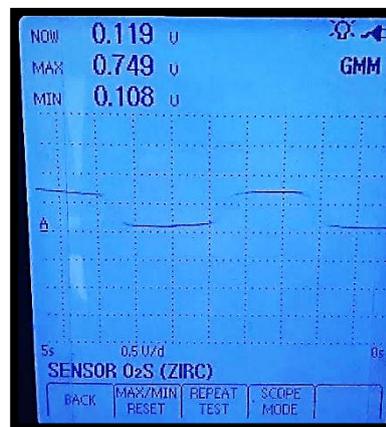
En la figura 43 se muestran las graficas obtenidas de los sensores oxigeno con el osciloscopio del sensor original y el sensor alterno en diferentes situaciones del vehículo.

Figura 43

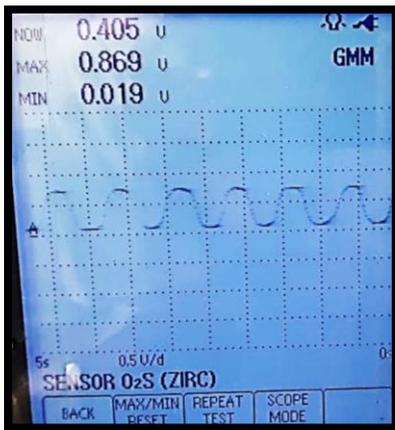
Resultados Obtenidos de los Sensores de Oxigeno



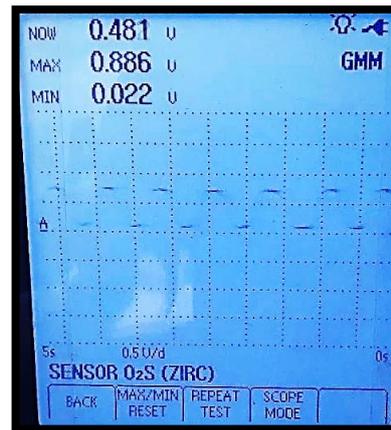
KOER/Sensor de Oxigeno Pre-catalizador/Original



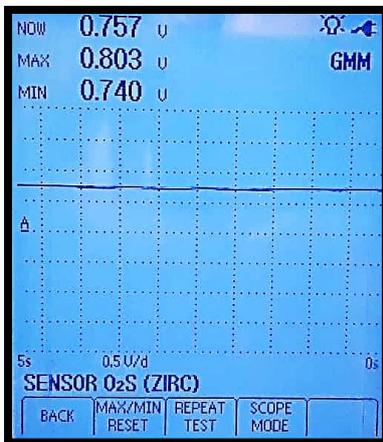
KOER/Sensor de Oxigeno Pre-catalizador/Alterno



2500rpm/ Sensor de Oxigeno Pre-catalizador/Original



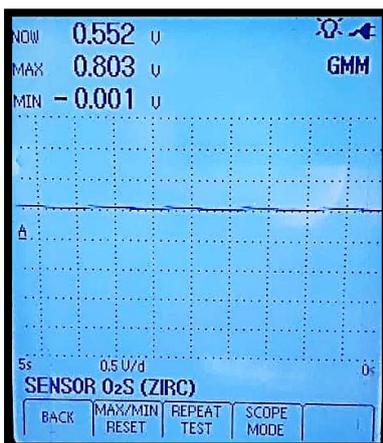
2500rpm/Sensor de oxígeno Pre-catalizador/Alterno



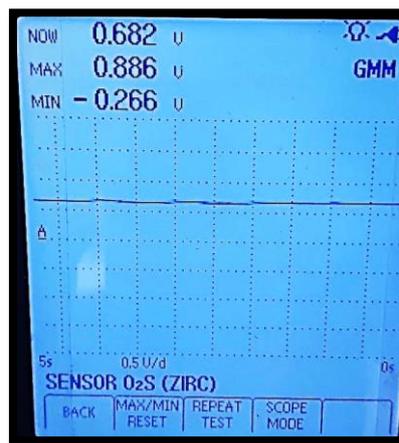
KOER/ Sensor de Oxigeno Post-catalizador/Original



KOER/ Sensor de Oxigeno Post-catalizador/Alterno



2500rpm/ Sensor de Oxigeno Post-catalizador/Original



2500rpm/ Sensor de Oxigeno Post-catalizador

Las pruebas realizadas al sensor de oxígeno original respecto al sensor oxígeno genérico de la marca “Thomson”, no se encontró mayor alteración en los valores que podría provocar

alguna falla o defecto notable en el funcionamiento correcto del vehículo. Según los valores de referencia de la tabla 12 y la tabla 13, los valores de voltaje deben tener una oscilación entre 0v a 1v, lo que resulta dentro de los rangos normales de funcionamiento.

Con la ayuda de un escáner (GSCAN-2) se logró verificar diversos parámetros que tuvieran algún cambio con respecto al funcionamiento de este sensor.

En la tabla 21 se muestra el pulso de inyección obtenido a través de un escáner automotriz.

Tabla 21

Ancho de Pulso Obtenido con el Escáner

Ancho de pulso	Original	Alternativo
Ralentí	2.5 ms	2.5 ms
2500 r.p.m	2.5 ms	2.5 ms
Lazo cerrado	Rico-pobre	Rico-pobre

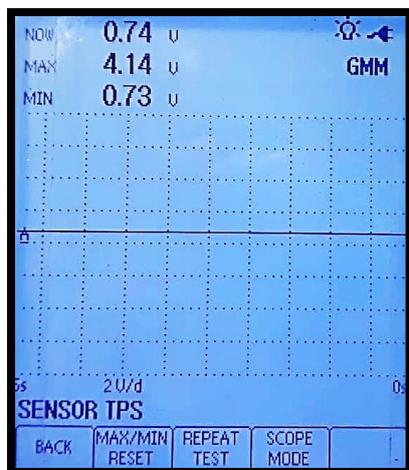
4.8.1 Comparación del Sensor de Posición del Acelerador

Este vehículo cuenta en el pedal del acelerador (APS) con dos potenciómetros dentro del mismo, por lo tanto, para poder distinguirlo se opta por denominarlos como “APS1” y “APS2”.

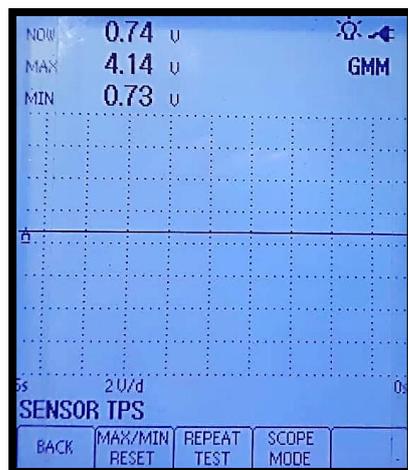
En la figura 44 se muestran las graficas obtenidas del sensor de posición del acelerador con el osciloscopio del sensor original y el sensor alternativo en diferentes situaciones del vehículo.

Figura 44

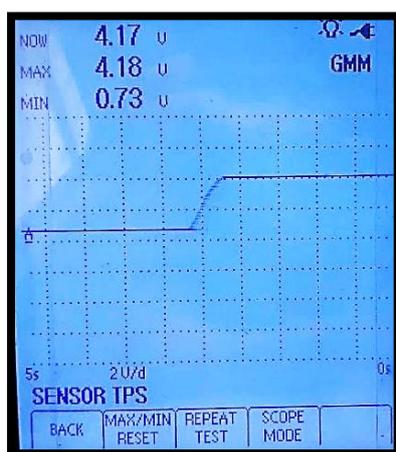
Resultado del Sensor APS



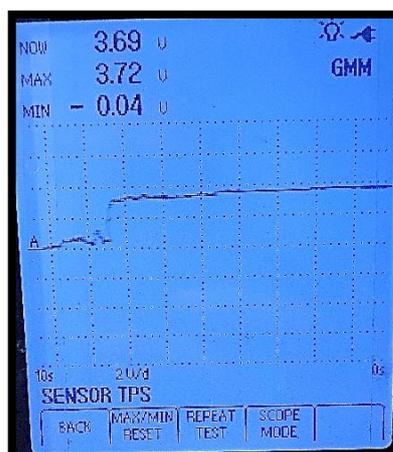
KOER/APS 1/Original



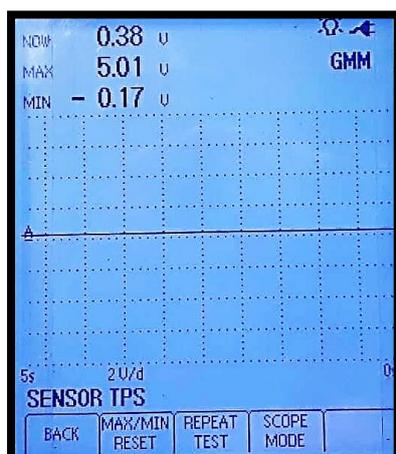
KOER/APS 1/Alterno



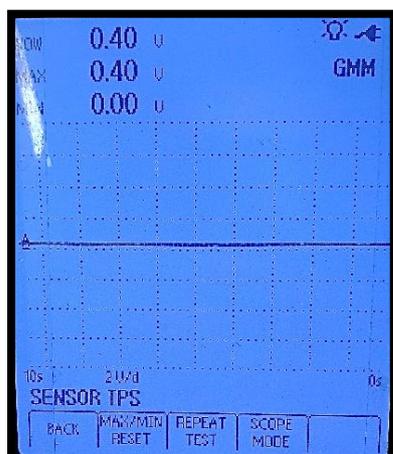
WOT/APS 1/Original



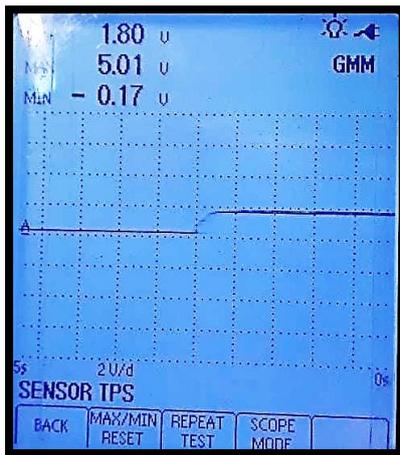
WOT/APS 1/Alterno



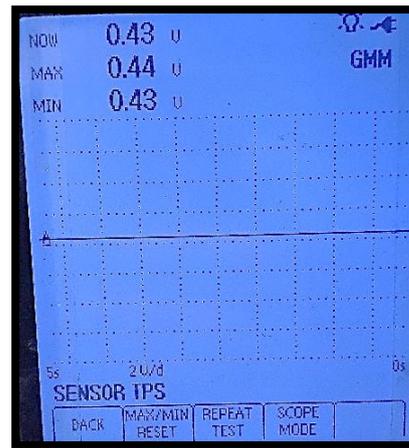
KOER/APS 2/Original



KOER/APS 2/Alterno



WOT/APS 2/Original



WOT/APS 2/Alterno

Las pruebas realizadas al sensor APS original respecto al APS del acelerador alternativo cuya marca utilizada es una imitación de “Hyundai china”, se encontró una alteración en el rango de voltaje, lo que provoca una lectura de los grados del pedal errónea, por ende, la computadora o ECU envía una información incorrecta al cuerpo de aceleración electrónico o “ETC” lo que provocó una apertura de la lengüeta errónea.

En la condición KOER basándose en los valores de referencia de la tabla 14, el APS1 debe estar entre un valor de voltaje de 0.7v a 0.8v y el APS2 debe existir un voltaje de 0.33v a 0.43v lo que resulta normal, ya que se encuentra dentro de ese rango. Sin embargo, en la condición WOT basándose los valores de referencia de la tabla 14, al encontrarse con el pedal del acelerador accionado en su totalidad, el APS1 debe estar entre 3.85v a 4.35v y el APS2 debe estar entre un voltaje de 1.93v a 2.18v, por ende, el sensor alternativo está funcionando de manera incorrecta, ya que se encuentra fuera de los rangos de voltaje.

Estos grados erróneos provocó la iluminación de la luz MIL y una limitaciones en las revoluciones del motor.

Conclusiones

Con un escáner y un osciloscopio se analizó las señales eléctricas de los diferentes sensores alternos y originales. De esta forma se logra realizar una recopilación de datos y gráficas con el fin de realizar una comparación entre sensores.

El vehículo de estudio dispone de nueve sensores en total distribuidos alrededor de toda la sección del motor que son los encargados del control motor en busca de reducir las emisiones contaminantes y mantener una óptima combustión.

El osciloscopio de modelo OTC-3840F brinda la facilidad de una calibración automática de acuerdo al sensor que se quiera medir, esto permite ejecutar las pruebas de una manera más eficaz en las diferentes condiciones de funcionamiento normal del vehículo.

A través de las diferentes pruebas echas a las diferentes marcas en las distintas condiciones de funcionamiento del vehículo de estudio, se determinó que ciertos sensores alternos no operan bajo los parámetros establecidos por el fabricante del vehículo, esto dependerá mayormente de la calidad que la marca del sensor puede llegar a ofrecer, como por ejemplo en el caso práctico, los sensores de la marca Thomson tuvieron un excelente comportamiento en las diferentes condiciones de prueba del vehículo a diferencia de las otras dos marcas utilizadas como es “Record” y “Cowtotal”.

Las marcas “Record” y “Cowtotal”, presentaron inconvenientes en los rangos de trabajo de los sensores usados, provocando inconvenientes notables en el funcionamiento habitual del vehículo.

Recomendaciones

Se recomienda usar sensores originales para evitar contratiempos o inconvenientes en futuros próximos, debido a que la calidad del repuesto es confiable. En el caso que exista la necesidad de utilizar marcas alternas o genéricas, tratar de usar marcas que tengan un buen historial de calidad, como es el caso de la marca “Thomson” que puede llegar a sustituir la opción de un repuesto original si se presentan inconvenientes en la obtención del mismo.

Es importante una vez colocado un repuesto genérico, verificar el correcto funcionamiento con diferentes pruebas en las situaciones más comunes en la que puede llegar a estar el vehículo, esto debido a que las fallas se pueden presentar de manera intermitente o en una situación en específica.

Es recomendable emplear la función de ajustes predeterminados por sensor que brinda el osciloscopio, ya que esto permite ajustar de manera automática los parámetros del instrumento para realizar una medición más eficiente y eficaz al sensor

Es fundamental entrar directamente por la marca y modelo del vehículo en el escáner, porque esto permite obtener más parámetros de funcionamiento o datos en vivo a diferencia de entrar por el modo OBDII.

Bibliografía

Arias-Paz, M. (2006). *Manual de automóviles*. Dossat Ediciones.

Autocosmos. (2020). *Hyundai Tucson*.

<https://www.autocosmos.com.ec/catalogo/vigente/hyundai/tucson>

Avance, A. (30.09.2017). *Osciloscopio Automotriz OTC 3840F - Equipos diagnostico*

Automotriz. <https://www.autoavance.co/equipos-diagnostico-automotriz/osciloscopio-automotriz-otc-3840f/>

Bosch. (2020). *Sistema de inyección electrónica*.

http://www.boschautopartes.com/media/la/aa_sites_la/products_and_services/automotive_parts/gasoline_1/download_5/HIRES_PDF_59963.pdf

Castro, L. A. (2016). *Aplicacion del protocolo de diagnostico e interpretacion de fallas de los motores de combustion interna con el uso del scanner Launch x431 GDS para los laboratorios de ingenieria mecanica*.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3236/MCagcala04.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Conauto. (s.f.). *Scanner Automotriz X431 Master Launch - Equipo Diagnostico*.

<https://www.autoavance.co/equipos-diagnostico-automotriz/scanner-automotriz-x-431-master-launch/>

Fenando Anibal, M. E. (Noviembre de 2010). *Implementacion de un sistema multipunto a un motor Daewoo G15SF y construccion de un banco didactico funcional para el laboratorio*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1531/13/UPS-CT002020.pdf>

Guartambel, C. P. (2013). *Manual de procedimientos para interactuar entre protocolos de comunicacion automotriz.*

<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2210/1/09672.pdf>

Hyundai. (2021). *Tucson*. <https://www.hyundai.com.ar/modelo/tucson/performance>

Hyundai. (s.f.). Global Diagnostic System. *Hyundai Tucson TL* .

Luis Sanchez, M. M. (2016). *Revision documental del protocolo CAN como herramienta de comunicacion y aplicacion en el vehiculos.*

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt474.pdf>

Motor16. (2021). *Hyundai tucson*. <https://www.motor16.com/coche/hyundai-tucson/>

X431 PRO GT - *fenixobd2com*. (s.f.). <http://www.fenixobd2.com/x431-pro-gt>

Auto avance. (2017, 30 septiembre). *Osciloscopio Automotriz OTC 3840F - Equipos*

Diagnostico Automotriz. Curso Automotriz - Curso Virtual Automotriz - Capacitación Automotriz. <https://www.autoavance.co/equipos-diagnostico-automotriz/osciloscopio-automotriz-otc-3840f/>

Capris. (s. f.). *OTC-3840f*, de <https://capris.cr/otc-3840f-analizador-electronico-osciloscopi.html>

Autoditex. (s.f.). *Crankshaft Position Sensor (CKP)*. <https://autoditex.com/page/crankshaft-position-sensor-ckp-11-1.html>

Autoditex. (s.f.). *Engine Coolant Temperature Sensor (ECT)*.

[https://autoditex.com/page/engine-coolant-temperature-sensor-ect-13-](https://autoditex.com/page/engine-coolant-temperature-sensor-ect-13-1.html#:~:text=The%20normal%20value%20of%20the,when%20the%20engine%20is%20warm.)

[1.html#:~:text=The%20normal%20value%20of%20the,when%20the%20engine%20is%20warm.](https://autoditex.com/page/engine-coolant-temperature-sensor-ect-13-1.html#:~:text=The%20normal%20value%20of%20the,when%20the%20engine%20is%20warm.)

Sensor de detonación. (s.f.).

https://equipoautomotrizjavaz.com/datos_tecnicos/sensor_detonacion.pdf

Autoditex. (s.f.). *Air Temperature Sensor (ATS)*. <https://autoditex.com/page/air-temperature-sensor-ats-10-1.html>