



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado

Caisa Fajardo, Roxanna de los Ángeles y Pachacama Fiallos, Marco Nicolás

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

23 de febrero del 2023

Latacunga



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación de contenidos

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

**UIQ DIAGNÓSTICO AVANZADO
SEÑALES SENSORES Y
ACTUADORES_CAISA_PACHACAMA**

7% Similitudes

Tecto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas
< 1% idioma no reconocido

Nombre del documento: UIQ DIAGNÓSTICO AVANZADO SEÑALES SENSORES Y ACTUADORES_CAISA_PACHACAMA.docx
ID del documento: d907269a06dff7849f573783b5f5cde6d6c585
Tamaño del documento original: 13.9 Mb

Depositante: LEONIDAS ANTONIO QUIROZ ERAZO
Fecha de depósito: 23/2/2023
Tipo de carga: sin interface
Fecha de fin de análisis: 23/2/2023

Número de palabras: 27.166
Número de caracteres: 171.050

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	UIQ Arteaga Venegas.docx UIQ Arteaga Venegas #2108r El documento proviene de la biblioteca de referencias 24 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (923 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec Investigación de la regeneración de convertidores catalíticos... http://repositorio.espe.edu.ec/8085/460/tema/210000434447-#5291-AMA-0702.pdf/01	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (166 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec Implementación de un banco de pruebas para el diagnóstico... http://repositorio.espe.edu.ec/8085/460/tema/2100024853444-#5291-AMA-0702.pdf/01	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (152 palabras)
4	repositorio.espe.edu.ec Análisis del proceso de reducción catalítica selectiva como... http://repositorio.espe.edu.ec/8085/460/tema/2100025298447-#5291-AMA-0702.pdf/01	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (141 palabras)
5	Documento de otro usuario #51879 El documento proviene de otro grupo 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (68 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	dSPACE-ups.edu.ec Propuesta de un sistema de homologación para vehículos de tr... http://dSPACE-ups.edu.ec/biblioteca/123456/89/2965/1/UPS-C100191.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
2	www.gicoauto.com Inyectores: multipunto (tensión) https://www.gicoauto.com/tes/forary/automotive-guide/tes/inyectores-multipunto-tension/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
3	autoscope.eu Características Autoscope https://autoscope.eu/features/parámetros	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
4	codigodiscoches.com P0107 - ENTRADA BAJA EN EL CIRCUITO DE PRESIÓN BAROMÉTRICA... https://codigodiscoches.com/0107-entrada-baja-en-el-circuito-de-presion-barometrica-presion-abso...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
5	dSPACE.espol.edu.ec Elaboración de un plan de capacitación virtual sobre inyección... http://dSPACE.espol.edu.ec/forar/tema/23456789/97293/8570134.pdf/01	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <http://autoscope.eu/application/4de-air-control-valve/>
- <https://autoscope.eu/products/usb-autoscope-iv/>
- <https://www.directindustry.es/prod/kane-international/product-16865-1279925.html>
- <https://www.chevrolet.com.ec/content/dam/chevrolet/south-america/ecuador/espanol/index/cars/park-gt23-pdfs/park-gt-ficha-tecnica.pdf>
- <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2349.pdf>

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

C.C. 0502509995




Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado”** fue realizado por los señores **Caisa Fajardo, Roxanna de los Ángeles y Pachacama Fiallos, Marco Nicolás**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de febrero del 2023


.....
Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

C.C. 0502509995



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Caisa Fajardo, Roxanna de los Ángeles y Pachacama Fiallos, Marco Nicolás** con cédulas de ciudadanía N° **172659658-6** y **172553952-0** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de febrero del 2023

Caisa Fajardo, Roxanna de los
Ángeles

C.C.: 172659658-6

Pachacama Fiallos, Marco Nicolás

C.C.: 172553952-0



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Yo/ nosotros **Caisa Fajardo, Roxanna de los Ángeles y Pachacama Fiallos, Marco Nicolás** con cédulas de ciudadanía N° **172659658-6** y **172553952-0**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular **“Investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero del 2023

**Caisa Fajardo, Roxanna de los
Ángeles**

C.C.: 172659658-6

Pachacama Fiallos, Marco Nicolás

C.C.: 172553952-0

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi madre, Margarita de los Ángeles Fiallos Díaz, quien siempre supo comprenderme y brindarme su apoyo y amor incondicional en las diferentes etapas de mi vida.

A lo largo de mis estudios universitarios, fue el pilar fundamental que me aconsejó, motivó y ayudó en los momentos que más necesité; y a pesar de que ya no está a mi lado, sé que en todo momento estará cuidándome. Su recuerdo vivirá eternamente en mi corazón.

A mi hermana, Lucía, quien es un ejemplo de perseverancia para mí, ha estado conmigo en las buenas y en las malas, y siempre que ha podido me ha prestado su ayuda.

A mi padre, Marco Pachacama, quien constantemente me ha guiado y aconsejado; y me ha entregado todo su apoyo para poder culminar mis estudios.

Al resto de mi familia, quienes me han impartido consejos oportunos y palabras de aliento cuando lo he necesitado.

PACHACAMA FIALLOS, MARCO NICOLÁS

Dedicatoria

Dedico este proyecto primero a Dios por ser una guía en mi camino y por darme la fuerza para afrontar todas las cosas que pasaron en mi proceso académico.

A mis Padres Jorge Caisa y Katia Fajardo que, gracias al apoyo y los consejos que en su momento me supieron brindar, me ayudaron a que hoy esté a un escalón de cumplir una fase de mi vida profesional.

A mis hermanas Diana Caisa y Verónica Caisa que, gracias a sus locuras, a su forma de subirme el ánimo y a su apoyo incondicional me alentaron a seguir adelante en mi etapa académica.

CAISA FAJARDO, ROXANNA DE LOS ÁNGELES

Agradecimiento

A mi madre, por enseñarme a nunca desistir ni perder la fe, no importa qué tan adversa sea la situación en la que me encuentre. Por inculcarme valores, como la responsabilidad, los cuales fueron vitales para terminar mis estudios; impartirme su sabiduría durante los días que estuvo a mi lado y demostrarme que una persona debe ser valiente y decidida y no temer en asumir riesgos.

A mi padre, por infundir de igual forma valores que me sirvieron y me servirán a lo largo de mi vida, darme su apoyo durante todos estos años de estudio y compartirme sus experiencias y conocimiento para guiar mis decisiones.

A mi hermana, por sus palabras de aliento cada vez que las he necesitado, brindarme su apoyo en momentos difíciles y demostrarme que con perseverancia puedo alcanzar cualquier meta que me plantee.

A Roxi, por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de todos estos semestres, escucharme y aconsejarme cuando he tenido problemas, confiar en mí, animarme en los momentos tristes y compartir los felices.

A la familia de Roxi, por abrirme las puertas de su hogar para poder culminar este proyecto.

A los docentes de la Universidad de las fuerzas Armadas, por impartir sus conocimientos y prestarnos el equipo necesario para el desarrollo de esta investigación.

PACHACAMA FIALLOS, MARCO NICOLÁS

Agradecimiento

A mi Padre, por su apoyo incondicional, por sus consejos cuando sin decirle que me pasaba él sabía darme las palabras correctas, por los valores transmitidos a lo largo de mi vida, por confiar en mí, por prestarme el vehículo a pesar de ser su medio de movilización para poder realizar el trabajo de integración curricular, por siempre decirme que sin importar lo que llegue alcanzar nunca me olvide Dios y de siempre ser humilde.

A mi Madre, por ser un pilar fundamental en la familia, gracias a ella todos nosotros hemos podido cumplir nuestras metas con sus consejos, palabras de aliento y enseñándonos los valores del respeto, honestidad, puntual, etc; por siempre ponerme en sus oraciones, por escucharme y darme consejos, por contestar mis llamadas cuando sentía que no podía y por darme ánimos diciéndome “ya te falta poquita hijita, no te rindas”.

A mi hermana Diana, o como nosotras nos decimos mi media mitad, por ser mi compañía en mis noches de desvelo, por siempre incluirme en sus actividades y planes, por sacarme una sonrisa incluso cuando ella no estaba bien.

A mi última hermana, Verito, quien con su locura supo sacarnos sonrisas, y apoyarnos en cada actividad que hacíamos, por cambiar sus planes para poder estar para nosotras, por ser aquella luz en mi vida y por defenderme sin importarle la persona que sea.

A Nicolás, quien es mi compañero de tesis, con quien he pasado buenos y malos momentos, por tenderme su brazo cuando las cosas no me salían como yo esperaba, por la paciencia, por sus consejos y sus palabras de aliento; y a pesar de que la vida lo ha golpeado de la peor forma, siempre supo estar para mi apoyándome y sacándome sonrisas.

A mi primo Daniel Acosta y su familia quienes me apoyaron en este proceso académico con sus consejos, escuchándome y prestándome su garaje para poder realizar las prácticas hasta

altas horas, gracias a ellos nunca nos faltó un plato de comida, y por siempre brindarnos las palabras correctas para seguir adelante.

A Byron León y Cesar Herrera, con quienes aprendí muchas cosas relacionadas a mi carrera, son aquellas personas a las cuales un día les pedí que me dieran la oportunidad de hacer pasantías, y gracias a su confianza nos volvimos colegas de trabajo porque semana tras semana me daban la oportunidad de realizar trabajos sin su ayuda, y por no desampararme cuando necesitaba alguna cosa relacionado en lo académico.

A mis abuelitos y mi familia, por acompañarme afectivamente en ese proceso académico y por siempre tenderme en cuenta en sus oraciones.

A mis angelitos que me cuidan desde el Cielo, mi querido Tío Víctor, quien al inicio de mi carrera me esperaba hasta altas horas de la noche en la parada del bus para acompañarme a la casa y asegurarse que llegué con bien, mi tía Carmita quien me solía invitar a su casa para conversar y que no me sienta sola por el hecho de estar lejos de mi familia; y como no nombrar a mi mejor amigo, Rikardo Puruncajas, quien nunca se olvidó de mí, a pesar de que no siempre podíamos hablar. Él siempre me mandaba su mensaje de “buenos días todo saldrá bien” y así como los mensajes de buen inicio de mes, por llamarme para preguntar cómo estaba y por venir de Quito a Latacunga a verme, solo porque tuve un día malo para subirme el ánimo y decirme que nunca me rinda y no deje de sonreír.

A mi tutor de tesis Ingeniero Leonidas Quiroz por el apoyo en este proceso para poder cumplir con los objetivos propuestos en el planteamiento de este proyecto, a su hermano, el ingeniero José Quiroz, y a su tío, el ingeniero German Erazo, por los consejos y por saberme guiar con paciencia cuando no entendía alguna cosa, y también al director de carrera, el ingeniero Danilo Zambrano, que siempre buscaba la manera de ayudar a todos sus alumnos.

CAISA FAJARDO, ROXANNA DE LOS ÁNGELES

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	8
Índice de contenido	11
Índice de figuras	17
Índice de tablas.....	21
Resumen.....	24
Abstract	25
Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación.....	26
Antecedentes.....	26
Planteamiento del problema.....	27
Descripción del proyecto.....	28
Justificación e importancia	30
Objetivos del proyecto	31
<i>Objetivo General</i>.....	31
<i>Objetivos Específicos</i>.....	31

Hipótesis	32
VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	32
<i>VARIABLES DEPENDIENTES</i>	32
<i>VARIABLES INDEPENDIENTES</i>	32
Capítulo II: Fundamentación Teórica.....	33
Vehículo de prueba - VP.....	33
Productos de la combustión MEP.....	33
Inyección Electrónica de Gasolina.....	35
<i>Funcionamiento</i>	35
<i>Componentes del sistema de inyección electrónica</i>	35
Sistema de control electrónico.....	36
<i>Sensores</i>	36
<i>Actuadores</i>	53
<i>Unidad de control electrónica (ECU)</i>	65
Equipos de medición	66
<i>USB Autoscope IV</i>	66
<i>KANE AUTOPLUS 4-2</i>	69
Normas Técnicas.....	70
<i>NTE INEN 2204:2017</i>	70
<i>NTE INEN 2349:2003</i>	71

Capítulo III: Desarrollo de la propuesta de análisis, visualización y grabación de las señales

del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación.....	72
Puesta a punto del vehículo de pruebas.....	72
<i>Afinación del motor</i>	<i>74</i>
<i>Puesta a punto del sistema eléctrico</i>	<i>75</i>
<i>Puesta a punto del sistema electrónico</i>	<i>76</i>
Uso del analizador de gases Kane Auto plus.....	77
Condiciones ambientales para la medición de gases.....	79
Límites de emisiones establecidos por la normativa	79
Protocolo para uso inicial del USB Autoscope	80
Protocolos para la grabación de las señales de sensores y actuadores con el USB Autoscope IV	81
<i>Grabación de la Señal del sensor de oxígeno</i>	<i>81</i>
<i>Grabación de la señal del inyector</i>	<i>83</i>
<i>Grabación de la señal del sensor MAP.....</i>	<i>85</i>
<i>Grabación de la señal de la válvula IAC.....</i>	<i>86</i>
<i>Grabación del sensor CKP (inductivo).....</i>	<i>88</i>
<i>Grabación señal sensor CMP (Efecto HALL).....</i>	<i>90</i>
<i>Grabación de la señal del sensor TPS.....</i>	<i>92</i>
<i>Grabación de la señal del sensor IAT.....</i>	<i>94</i>
<i>Grabación de la Señal del Sensor ECT.....</i>	<i>96</i>

<i>Grabación de la señal del circuito primario de la bobina</i>	99
<i>Grabación de la señal del secundario de la bobina</i>	100
Ejecución de protocolos	101
<i>Grabación de señales durante funcionamiento en condiciones normales</i>	101
<i>Grabación de señales durante mal funcionamiento de uno o más sensores o actuadores del sistema de inyección</i>	103
Capítulo IV: Análisis de las señales del sistema de inyección electrónica en motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado	108
Oscilogramas en condiciones normales	108
<i>Sensor ECT</i>	108
<i>Sensor TPS</i>	109
<i>Sensor de oxígeno</i>	110
<i>Sensor IAT</i>	112
<i>Sensor MAP</i>	113
<i>Válvula IAC</i>	114
<i>Sensor CKP</i>	116
<i>Onda del sensor CMP</i>	117
<i>Solenoides de purga de cánister</i>	118
<i>Señal del circuito primario de la bobina</i>	120
<i>Señal del Inyector</i>	121
<i>Análisis de gases del VP en CN</i>	123
Pruebas durante mal funcionamiento de uno o más sensores y/o actuadores	124

<i>Falla del sensor ECT</i>	124
<i>Falla del sensor IAT</i>	125
<i>Falla del sensor de oxígeno</i>	126
<i>Falla del sensor TPS</i>	127
<i>Falla del Inyector</i>	130
<i>Falla del sensor ECT-O2</i>	131
<i>Falla del sensor ECT-inyector</i>	132
<i>Falla del sensor MAP-IAC</i>	133
<i>Falla del inyector y sensor MAP</i>	134
<i>Falla del inyector- sensor de O2</i>	136
<i>Falla de los sensores ECT-TPS-IAT</i>	137
<i>Falla del inyector-IAC- MAP</i>	138
<i>Falla del inyector-MAP- ECT</i>	139
<i>Falla de los sensores ECT-TPS-MAP-IAT</i>	140
Diagnóstico Avanzado	145
Capítulo V Marco administrativo	152
Recursos humanos	152
Recursos tecnológicos	152
Recursos materiales	153
Presupuesto	154
Financiamiento	155

Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones	156
Conclusiones.....	156
Recomendaciones.....	159
Bibliografía	161
Anexos.....	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Productos de la combustión completa e incompleta</i>	33
Figura 2. Sistema de control electrónico.....	36
Figura 3. Sensor TPS del vehículo de prueba	37
Figura 4. Diagrama eléctrico del sensor TPS	37
Figura 5. Forma de onda del sensor TPS.....	39
Figura 6. Señal defectuosa del TPS	40
Figura 7. <i>Sensor CKP del vehículo de pruebas</i>	40
Figura 8. Diagrama eléctrico del sensor CKP del vehículo de pruebas	41
Figura 9. Sensor CMP del vehículo de pruebas	42
Figura 10. Diagrama eléctrico del sensor CMP del vehículo de pruebas.	42
Figura 11. Forma de onda del sensor CKP y CMP	44
Figura 12. Señales de un sensor CKP inductivo y CMP de efecto Hall.....	44
Figura 13. Sensor de MAP del vehículo de pruebas.....	45
Figura 14. Señal del sensor MAP.....	46
Figura 15. Efectos de la altura del sensor MAP	46
Figura 16. Diagrama eléctrico del sensor MAP del vehículo de pruebas	47
Figura 17. Sensor de Oxígeno y socket de conexión del vehículo de pruebas	48
Figura 18. Forma de onda del sensor de oxígeno de Zirconio.....	49
Figura 19. Diagrama eléctrico del sensor de oxígeno del vehículo de pruebas.....	49
Figura 20 Sensor ECT del vehículo de pruebas	50
Figura 21. Diagrama eléctrico del sensor ECT del vehículo de pruebas.....	51
Figura 22. Sensor IAT del vehículo de pruebas.....	52
Figura 23. Diagrama eléctrico del sensor IAT del vehículo de pruebas	53
Figura 24. Flujo de aire en ralentí.....	54

Figura 25. Válvula del IAC del vehículo de pruebas	55
Figura 26. Forma de onda de una válvula IAC	55
Figura 27. <i>Diagrama eléctrico de la válvula IAC del vehículo de pruebas</i>	56
Figura 28. Inyector y socket de conexión de los inyectores del vehículo de pruebas	57
Figura 29. Forma de onda del inyector Multi-punto	57
Figura 30. Diagrama eléctrico de los inyectores del vehículo de pruebas.....	58
Figura 31. Primario de la bobina del vehículo de pruebas	60
Figura 32. Diagrama del sistema de chispa perdida	60
Figura 33. Forma de onda del primario.....	61
Figura 34. Diagrama eléctrico del circuito primario de la bobina del vehículo de pruebas	62
Figura 35. Forma de onda del secundario	63
Figura 36. Válvula EVAP del vehículo de pruebas	64
Figura 37. <i>Diagrama eléctrico de la válvula EVAP del vehículo de pruebas</i>	64
Figura 38 Panel frontal del USB Autoscope IV	66
Figura 39. Pines de las entradas analógicas 1 a 6	68
Figura 40. Panel Trasero del USB Autoscope IV.....	68
Figura 41. Analizador de KANE AUTOPLUS IV	69
Figura 42. <i>Protocolo para evaluación del estado del vehículo</i>	72
Figura 43. <i>Protocolo para afinación del motor</i>	74
Figura 44. <i>Protocolo para puesta a punto del sistema eléctrico</i>	75
Figura 45. Puesta a punto sistema electrónico.....	76
Figura 46. <i>Protocolo para el uso del analizador Kane Auto plus</i>	77
Figura 47. Interfaz del programa USB Oscilloscope	80
Figura 48. <i>Señal del sensor de oxígeno</i>	82
Figura 49. Señal del inyector.....	83
Figura 50. Señal del sensor MAP.....	85

Figura 51. Señal de la válvula IAC	87
Figura 52. Señal del sensor CKP inductivo	89
Figura 53. Señal del sensor CMP inductivo	91
Figura 54. Señal del sensor TPS.....	93
Figura 55. Señal del sensor IAT	95
Figura 56. Señal del sensor ECT.....	96
Figura 57. Señal de la válvula EVAP.....	98
Figura 58. Señal del primario de la bobina	99
Figura 59. Señal del secundario de la bobina.....	100
Figura 60. Comprobante del mantenimiento respectivo antes de la ejecución de la investigación.	101
Figura 61. Medición de gases en condiciones normales	102
Figura 62. Sonda de pruebas en los sensores MAP e IAT	103
Figura 63. Medición de gases antes de la prueba de mal funcionamiento.....	104
Figura 64. Sensor MAP y TPS desconectados.....	104
Figura 65. Tensión de señal del sensor MAP desconectado	105
Figura 66. Sondas conectadas durante una prueba de mal funcionamiento.....	106
Figura 67. Códigos registrados por la ECU durante una prueba de mal funcionamiento.	106
Figura 68. Medición de gases durante una prueba mal funcionamiento.	107
Figura 69. Onda del sensor ECT en CN.....	109
Figura 70. Onda del sensor TPS en CN	110
Figura 71. Onda del sensor de oxígeno en CN.....	111
Figura 72. Onda del sensor IAT en CN.....	112
Figura 73. Onda del sensor MAP en CN	113
Figura 74. Onda de los 4 canales de la válvula IAC en CN	114
Figura 75. <i>Análisis de la onda de la válvula IAC en CN</i>	115

Figura 76. <i>Onda del sensor CKP en CN</i>	116
Figura 77. Onda del sensor CMP en CN	117
Figura 78. Correlación del sensor CKP y CMP.....	118
Figura 79. Onda de la válvula EVAP en CN	119
Figura 80. Onda del primario de la bobina en CN.....	120
Figura 81. Onda del inyector en CN	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pines del sensor TPS	37
Tabla 2. Lecturas típicas TPS	38
Tabla 3. Pines del sensor CKP	41
Tabla 4. Pines del sensor CMP	43
Tabla 5. Pines del sensor MAP	47
Tabla 6. Pines del sensor de oxígeno del vehículo de pruebas	50
Tabla 7. Pines del sensor ECT	51
Tabla 8. Pines del sensor IAT	53
Tabla 9. Pines de la válvula IAC	56
Tabla 10. Pines del socket de Inyectores.....	59
Tabla 11. Pines del circuito primario de la bobina	62
Tabla 12. Pines de la válvula EVAP.....	65
Tabla 13. Descripción elementos del panel frontal.....	67
Tabla 14. Descripción elementos del panel trasero.....	68
Tabla 15. Rango de mediciones del analizador Kane Autoplus	70
Tabla 16. Comparación de las condiciones ambientales de la normativa y el lugar donde se realizó las pruebas	79
Tabla 17. Límites de emisiones para vehículos con motor a gasolina.....	80
Tabla 18. Valores de tensión del sensor de oxígeno durante funcionamiento normal.....	82
Tabla 19. Frecuencia de trabajo del sensor de oxígeno.....	82
Tabla 20. Valores de tensión del inyector en funcionamiento normal.....	84
Tabla 21. Tiempo de inyección durante la operación normal del motor	84
Tabla 22. Valores de tensión del sensor MAP durante funcionamiento normal.....	86
Tabla 23. <i>Valores registrados de la válvula IAC</i>	87

Tabla 24. Valores de tensión del sensor CKP durante ralentí	89
Tabla 25. Valores de tensión del sensor CKP durante aceleración.....	90
Tabla 26. Valores de tensión del sensor CMP durante ralentí	91
Tabla 27. Valores de tensión del sensor CMP durante aceleración	92
Tabla 28. Valores de tensión del sensor TPS durante funcionamiento normal.....	94
Tabla 29. Valores de tensión del sensor de IAT.....	95
Tabla 30. Valores de tensión del sensor ECT durante condición normal	97
Tabla 31. Valores de tensión de la válvula EVAP	98
Tabla 32 Medición de gases en CN.....	123
Tabla 33 Falla del sensor ECT	124
Tabla 34. Falla sensor IAT.....	125
Tabla 35. Falla sensor de oxígeno.....	126
Tabla 36. Falla del sensor TPS.....	127
Tabla 37 Falla sensor MAP.....	128
Tabla 38 Falla de la válvula IAC	129
Tabla 39 Falla inyector	130
Tabla 40 Falla del ECT-O2	131
Tabla 41. Falla del ECT-inyector	132
Tabla 42. Falla del MAP-IAC	133
Tabla 43. Falla del inyector – MAP	134
Tabla 44. Falla del inyector – O2.....	136
Tabla 45. Falla del ECT- TPS-IAT	137
Tabla 46. Falla del inyector-IAC-MAP.....	138
Tabla 47. Falla del inyector-ECT-MAP.....	139
Tabla 48. Falla de ECT-TPS-MAP-IAT	140
Tabla 49. Falla de ECT-TPS-IAT-inyector.....	142

Tabla 50. Falla del inyector-MAP-IAC-ECT.....	143
Tabla 51. Diagnóstico avanzado.....	145
Tabla 52. Recursos humanos.....	152
Tabla 53. Recursos tecnológicos.....	153
Tabla 54. Recursos de materiales.....	154
Tabla 55. Recursos de materiales.....	154

Resumen

El trabajo de la Unidad de Integración Curricular realizó la investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado, a través del uso de equipos de diagnóstico por flujo de datos e imágenes de alta tecnología como son: el osciloscopio "USB Autoscope" y el analizador de gases KANE Autoplus, en condiciones de funcionamiento normal y mal funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema de inyección de gasolina de un vehículo de ensayo. Se obtuvo datos de gestión electrónica del sistema de inyección, estableciendo la incidencia de los sensores MAP, ECT, TPS, IAT, O2, así como, de actuadores: inyector, EVAP y válvula IAC; generando de esta manera una visión cualitativa y cuantitativa de las acciones de la Unidad de Control Electrónica (ECU), la misma que realiza correcciones de forma inmediata como el ajuste de combustible o registrando una señal de mal funcionamiento de la inyección electrónica de combustible, lo que produce variaciones, tanto en la composición de las emisiones de gases como en las señales del resto de sensores y/o actuadores. La falla en simultáneo más crítica que se pudo grabar y visualizar fue la del sensor MAP, inyector, válvula IAC y sensor ECT. En esta condición, el motor fue incapaz de mantener el ralentí y el tiempo de inyección sufrió un incremento considerable.

Palabras clave: sensores automotrices, actuadores automotrices, emisiones de gases, osciloscopio

Abstract

The project of the Curricular Integration Unit carried out the investigation of the visualization, recording and analysis of the signals of the last generation gasoline electronic injection system of internal combustion engines through advanced diagnosis, using high-tech diagnostic equipment that process data and images such as the “USB Autoscope” oscilloscope and the KANE Autoplus gas analyzer under normal operating conditions and malfunctions of the sensors and actuators of the gasoline injection system of a test vehicle. Electronic management data of the injection system was obtained, establishing the incidence of MAP, ECT, TPS, IAT, O2 sensors, as well as actuators: injector, EVAP and IAC valve; generating in this way a qualitative and quantitative vision of the actions of the Electronic Control Unit (ECU), the same one that makes corrections immediately such as fuel adjustment or registering a signal of malfunction of the electronic fuel injection, which produces variations, both in the composition of the gas emissions and in the signals from the rest of the sensors and/or actuators. The most critical simultaneous failure that could be recorded and displayed was the MAP sensor, injector, IAC valve and ECT sensor. In this condition, the engine was unable to maintain idle speed and the injection time suffered a considerable increase.

Keywords: automotive sensors, automotive actuators, gas emissions, oscilloscope

Capítulo I

Planteamiento del problema de investigación

Antecedentes

Los equipos de alta tecnología permiten crear nuevas técnicas de diagnóstico, lo que ha facilitado el desarrollo de competencias y capacidades de técnicos, ingenieros y personas vinculadas al mantenimiento automotriz, dotando de una mejor capacidad de análisis del estado de los sistemas complementarios de los motores de combustión interna, en particular de sensores y actuadores del sistema complementario de inyección electrónico de gasolina. El uso eficiente de hardware y software permite la captura continua de datos, lo que amplía en gran medida la funcionalidad de la visualización, grabación y análisis de las señales de dichos sensores y actuadores, para el procesamiento a través de técnicas BATCH para lotes de grandes volúmenes de datos y procesamiento en STREAM por modelo de flujo de datos coligados a hechos que fluyen continuamente a través de una red de transformación que componen el sistema vehicular (AUTOSCOPE, 2023).

El uso eficiente de información en tiempo real asegura un diagnóstico eficiente sobre el estado y operación de los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos del vehículo, lo que permite realizar el diagnóstico rápido y óptimo de los motores de ciclo Otto y Diésel.

El diagnóstico adecuado del sistema de inyección electrónico se lo realiza con herramientas tales como el escáner u osciloscopio. La computadora central del sistema de inyección está constantemente procesando las señales de los diversos captadores (sensores) y los compara con los parámetros registrados en su memoria, este proceso facilita la detección de fallas. Sin embargo, cuando se presenta síntomas sin códigos de falla, es imprescindible analizar correctamente los parámetros de identificación de datos (PIDS) para efectuar una rápida y precisa reparación (Casa & León, 2011).

Planteamiento del problema

Los avances tecnológicos de los sistemas vehiculares, acompañados del crecimiento del parque automotor mundial, crean una demanda de servicio postventa vinculado al mantenimiento del automóvil; es así que se busca optimizar los procesos de diagnóstico a través de técnicas que garanticen la fiabilidad del diagnóstico de averías con altos grados de eficiencia y optimización de tiempos. El uso eficiente de equipos utilizados en el diagnóstico avanzado ayuda al desarrollo de alternativas nuevas técnicas de diagnóstico que cumplan las exigencias del mundo actual.

De tal manera que se expone posibles medidas y soluciones a la problemática planteada, se propone la investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales en sistemas complementarios de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado.

Los sensores y actuadores cumplen un papel fundamental en el correcto funcionamiento del sistema complementario de inyección electrónica de gasolina, el cual, a su vez, mantiene al motor trabajando en óptimas condiciones. Si uno de estos elementos no funciona correctamente, traerá graves consecuencias en el motor; por ejemplo:

- Una falla del sensor MAP provocará detonación, pérdida de potencia, incremento del consumo de combustible, ralentí inestable, posible calentamiento del catalizador, etc.
- Mal funcionamiento del TPS traerá consigo un arranque difícil, ahogamiento durante la desaceleración, bajo rendimiento, etc (Fernandez & Inga, 2017).
- Si falla el sensor IAT tendremos bajo rendimiento del motor, problemas de arranque en frío, incremento de emisiones contaminantes, etc.
- Un sensor ECT defectuoso provocará alto consumo de combustible, pérdida de potencia, recalentamiento del motor, dificultades de arranque en frío y en caliente, etc.

En cuanto a los actuadores, un incorrecto funcionamiento de los inyectores traerá consigo golpeteo de cilindros, sobrecalentamiento del motor, pérdida de potencia, aumento del consumo de combustible, etc (Fernandez & Inga, 2017).

Por las razones antes mencionada, es imprescindible un diagnóstico adecuado de estos elementos del sistema de inyección de gasolina, lo cual se conseguirá con la investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales en este sistema complementario.

Descripción del proyecto

El presente trabajo de integración curricular de la “Investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado”, considera lo siguiente:

Se realizó una investigación bibliográfica del sistema de inyección electrónica de gasolina en lo que concierne a sensores y actuadores, que fundamente el principio de operación y señales que estos proporcionan a la unidad de control electrónico, para el control de la inyección de combustible, en base a fuentes confiables, proyectos con la misma problemática mediante sustento de bases digitales, normativas, manuales y artículos que se relacionen con el tema.

Se estableció el uso eficiente de equipos de medición y diagnóstico automotriz para la visualización de señales del sistema inyección electrónica en motores de combustión interna a gasolina controlados electrónicamente.

Se desarrolló un protocolo para la obtención de datos de sensores y actuadores de este sistema de inyección electrónica en relación al método de referencia EPA CTM 34. 40 CFR, 1999, ISO 15031-5 / SAE J1979 (OBD), SAE J2012: se refiere al procedimiento para definir códigos de diagnóstico, en referencia a SAE J2012DA que contiene todos los elementos de

datos estandarizados como DTC – FTB y ISO 8178 para pruebas para medición de vehículos equipados con motores de combustión interna.

Se determinó los fallos de mayor importancia en el sistema electrónico de inyección de gasolina, considerando el protocolo de comunicación SAE: J2205 expandidos de diagnóstico para herramientas de escaneo y J2300 de procedimientos de cumplimiento de pruebas de herramientas de diagnósticos; así como, ISO: 14229 de Servicios de diagnóstico unificado en vehículos terrestres, 14230 de los sistemas de diagnóstico, 27145: Implementación del diagnóstico armonizado mundial buscando una sola regulación (World Wide Harmonized On board Diagnostics WWH-OBD) de Conexión entre el vehículo y equipos de prueba en tiempo real y flujo de datos.

Se tabuló información de las señales y parámetros de operación y funcionamiento del sistema de inyección electrónica a través de técnicas BATCH y STREAM de lotes de grandes de datos de PID'S y procesamiento por modelo de flujo de datos coligados a DTC'S en condición de normal y fallo de tal manera de desarrollar una metodología en varias condiciones de mal funcionamiento del sistema.

Se ejecutó la grabación y almacenamiento de grandes volúmenes de datos del sistema de inyección electrónica gasolina de manera continua, el flujo de datos digitalizados se almacenó directamente en el disco duro de la PC en tiempo real como medio de estudio de sensores y actuadores.

Se desarrolló una alternativa sostenible por interpretación avanzada con flujos de datos en tiempo real, acorde a las necesidades de diagnóstico del sistema de inyección electrónico de gasolina, que permitirá al ingeniero automotriz, técnico y personas vinculadas al mantenimiento del automóvil realizar diagnóstico de componentes y sistemas automotrices, identificando los componentes con fallo, a través de habilidades de pensamiento crítico/lógico y la comprensión de los diversos procesos.

Justificación e importancia

El sistema de inyección electrónica constituye una mejora para los modelos con carburador ya que permite un control más preciso de la cantidad de combustible que entra a la cámara de combustión (Donaire, 2021). Esto se traduce en un consumo de combustible menor, acompañado de otras ventajas como mayor adaptabilidad a las condiciones de trabajo, ahorro de elementos mecánicos, etc. Los elementos electrónicos que hacen posible esto son los sensores y actuadores.

El presente proyecto se enfocó en la investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema complementario de inyección electrónica de gasolina, mediante el diagnóstico avanzado, ya que el avance tecnológico en el área automotriz y la creciente demanda de los servicios de mantenimiento generan la necesidad de desarrollar procedimientos de diagnóstico que sean fiables, eficientes y optimicen tiempos.

Este trabajo buscó crear protocolos de diagnóstico como los antes mencionados, a través del uso eficiente de equipos de última generación, como lo es el osciloscopio “USB Autoscope”, el correcto procesamiento de datos usando las técnicas BATCH y STREAM; y una adecuada interpretación de los mismos.

La importancia del proyecto en el diagnóstico avanzado automotriz radica en la obtención, análisis y comparación de parámetros de funcionamiento del motor de combustión interna y a su vez, el análisis de las señales del sistema de inyección electrónico de gasolina, realizando pruebas de funcionamiento de sensores y actuadores de dicho sistema.

El alcance del trabajo se basa en vehículos modernos gasolina y la electrónica aplicada al automóvil como propósito principal de identificar fallos en una variedad de sistemas electrónicos del vehículo, en los sistemas complementarios del motor, mediante pensamiento

lógico que proporciona una mayor frecuencia de muestreo de la señal, con alcance a circuitos digitales.

Objetivos del proyecto

Objetivo General

Investigar la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado.

Objetivos Específicos

Desarrollar metodologías de visualización, grabación y análisis de las señales de sensores de los sistemas de inyección electrónica gasolina de última generación.

Desarrollar un protocolo para la obtención de datos de sensores del sistema de inyección electrónico de gasolina y establecer el uso eficiente de equipos de medición y diagnóstico automotriz para la visualización de señales de sensores del sistema complementario de inyección electrónica de gasolina.

Tabular información de las señales y parámetros de operación y funcionamiento del sistema de inyección electrónica de datos de PID'S y DTC'S en condición de normal y fallo.

Determinar fallos de mayor importancia en el sistema electrónico de inyección de gasolina, considerando el protocolo de comunicación SAE – ISO considerando la conexión entre el vehículo y equipos de prueba en tiempo real y flujo de datos.

Grabar y almacenar datos del sistema de inyección electrónica gasolina de manera continua mediante la digitalización de datos y flujo de datos en tiempo real como medio de estudio de sensores y actuadores.

Desarrollar métodos de análisis rápido de los motores de combustión interna utilizando informes de diagnosis, a través de equipos de medición y diagnóstico avanzado en tiempo real con la combinación del hardware y el software.

Desarrollar alternativas sostenibles de interpretación avanzada de datos en tiempo real, acorde a las necesidades de diagnóstico del sistema de inyección electrónico de gasolina por pensamiento crítico/lógico.

Hipótesis

Las metodologías de visualización, grabación y análisis de las señales de sensores – actuadores del sistema de inyección electrónico de gasolina permiten generar un diagnóstico avanzando con una eficiencia del 90% mediante reportes de PID'S y DTC'S.

Variables de investigación

Se establecerán variables dependientes e independientes para la elaboración del presente proyecto.

Variables dependientes

Visualización, grabación y análisis de las señales en el sistema complementario de inyección electrónico de gasolina.

Variables independientes

PID'S – DTC'S del sistema de inyección electrónica de última generación.

Capítulo II

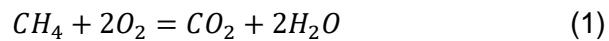
Fundamentación Teórica

Vehículo de prueba - VP

El vehículo cuenta con un sistema secuencial de inyección electrónica multipunto (MPFI por sus siglas en inglés). Este sistema posee los siguientes sensores: TPS, CKP, CMP, MAP, sensor de oxígeno, ECT e IAT. En cuanto a actuadores, cuenta con: inyectores, válvula IAC y válvula EVAP.

Productos de la combustión MEP

La fórmula química correspondiente una combustión completa es la siguiente:



Donde:

C = Carbono

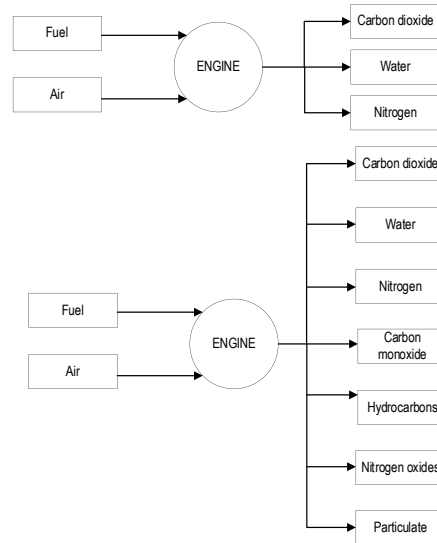
O = Oxígeno

H = Hidrógeno

Se aprecia que hidrocarburo más oxígeno, idealmente debería resultar en dióxido de carbono más agua.

Figura 1

Productos de la combustión completa e incompleta



Nota. En la parte superior, se indica que los productos de una combustión ideal son: dióxido de carbono, agua y nitrógeno; mientras que los de una incompleta (parte inferior) además de los mencionados, también se encuentran: monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos nitrosos y partículas. Tomado de (Denton, Automobile mechanical and electrical systems, 2018).

La proporción ideal de aire combustible es aproximadamente 14.1: 1. Esta es la cantidad teórica requerida para quemar completamente el combustible. El valor de lambda (λ) debe ser igual a 1.

Lambda se describe mediante la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{\text{cantidad de aire actual}}{\text{cantidad de aire teórica}} \quad (2)$$

La proporción de aire combustible varía en las siguientes condiciones:

- Arranque en frío: Una mezcla más rica es necesaria para compensar la condensación de combustible.

- Aceleración: Es necesaria una mezcla más rica para mejorar el rendimiento.
- Crucero o cargas ligeras: La mezcla debe ser más pobre para economía de combustible.

Inyección Electrónica de Gasolina

Funcionamiento

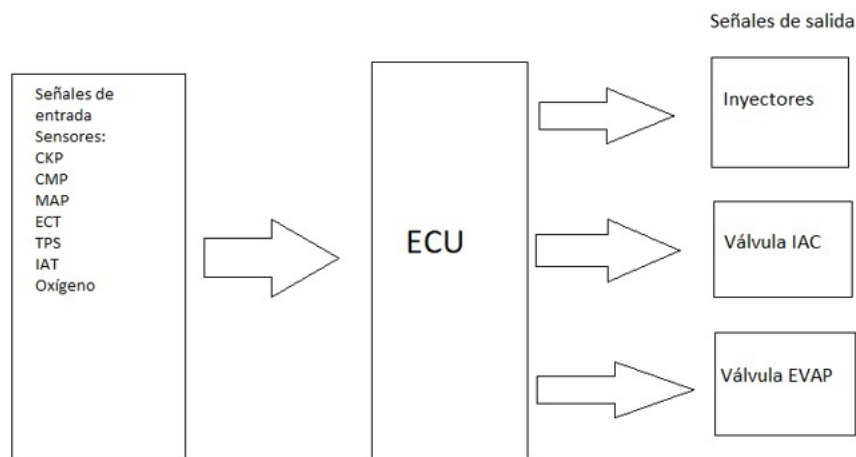
Todos los motores controlados por computador, funcionan usando este proceso de cuatro pasos:

- Acumulación de información, proveniente de los sensores del motor, en la ECU.
- Derivar el estado del motor a partir de la temperatura del motor, velocidad, carga, temperatura del aire de admisión y otros parámetros importantes.
- Determinar y programar la siguiente acción o acciones para controlar el tiempo de quemado y el suministro de combustible.
- Traducir las señales de salida de la computadora en señales eléctricas que controlan directamente los actuadores (inyectores, controlador de bobina, aire de ralentí control de derivación, bomba de combustible, etc.).

Componentes del sistema de inyección electrónica

Los componentes de cualquier sistema electrónico de inyección de combustible se pueden dividir en tres grupos:

- Sistema de control electrónico (ECU, sensores y actuadores)
- Componentes de suministro de aire
- Componentes de suministro de combustible.

Figura 2.*Sistema de control electrónico*

Nota. En la figura, se representa de forma resumida la composición del sistema de control electrónico del VP.

Sistema de control electrónico

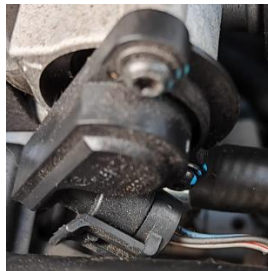
Sensores

Los sensores asignan una tensión o frecuencia eléctrica según el estado de los sistemas o eventos externos, como un cambio en la temperatura de la culata. La tensión de un sensor a menudo se convierte de una magnitud física analógica a un número digital discreto mediante circuitos AC/DC y se pone a disposición en la memoria de acceso aleatorio para su procesamiento (Halderman, 2012).

Sensor de Posición del Acelerador (TPS). Este sensor o potenciómetro puede indicar a la ECU la cantidad exacta de apertura del acelerador debido a su salida lineal. Está ubicado en el eje de la mariposa del acelerador. El TPS es un dispositivo de tres hilos que tiene un suministro de 5 V, una conexión a tierra y una salida variable desde el pin central.

Figura 3.

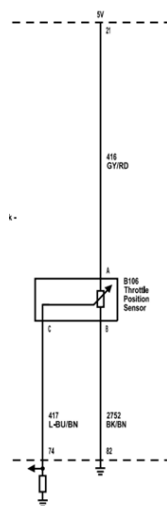
Sensor TPS del vehículo de prueba



Nota. El sensor TPS está ubicado en la parte inferior del cuerpo de aceleración.

Figura 4.

Diagrama eléctrico del sensor TPS



Nota. En la presente figura, se observa los circuitos del sensor TPS. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla1.

Pines del sensor TPS

Color Cable	Pin	Bornes
Azul-café	Señal	A
Negro-café	Masa	B
Rojo-gris	Referencia	C

Nota: En la tabla, se identifica la señal corresponde para cada cable del sensor.

En la siguiente tabla, se presenta las tensiones típicas del sensor TPS de diferentes marcas de vehículos:

Tabla 2.

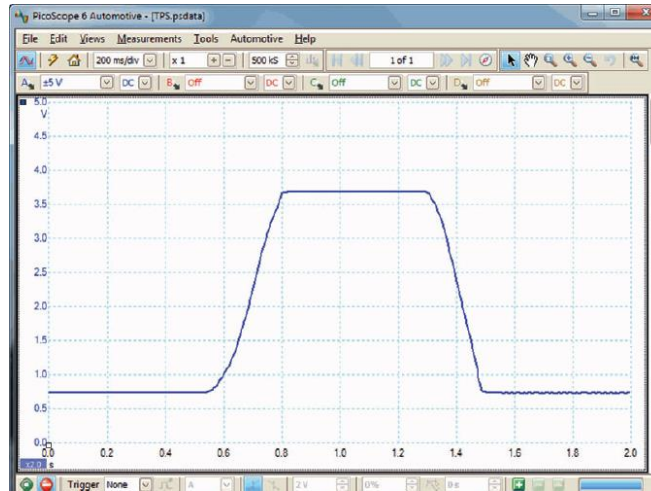
Lecturas típicas TPS

Llave en contacto/ Motor apagado	Ralentí (V)	Acelerador abierto completamente (V)
General Motors	0,5	4,5
Chrysler	0,6	3,5 – 4,5
Ford	0,7- 1,1	4,6
Jeep	0,6 – 0,9	3,5 – 4,1
Honda	0,5	4,8
Nissan	0,4 – 0,5	4,2
Toyota	0,5	4,2

Nota. Se detalla los valores del sensor TPS de diferentes marcas de vehículos, tanto en ralentí como con el acelerador completamente abierto. Información obtenida de (Concepcion, 2011)

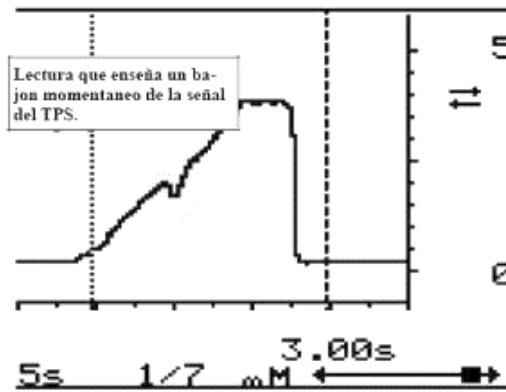
Figura 5.

Forma de onda del sensor TPS



Nota. En la figura, se visualiza un aumento gradual de la tensión del sensor TPS conforme se abre la mariposa del acelerador. Tomado de (Denton, Advanced Automotive Fault Diagnosis, 2017)

Cuando se realice una prueba del sensor TPS usando el osciloscopio, no debe haber repentinos bajones de señal. Las fallas suelen presentarse como lecturas llanas o planas y no son fáciles de detectar. En este caso, es mejor seleccionar un tiempo más corto en el osciloscopio para poder detectar imperfecciones pequeñas. Se debe asegurar que la señal llegue a su máximo durante una apertura completa del acelerador ya que existe la posibilidad de que el sensor esté fallando en su recorrido superior, lo cual ocasionaría pérdida de fuerza durante una aceleración brusca (Ribbens, 2017).

Figura 6.*Señal defectuosa del TPS*

Nota. Un bajón repentino de la señal del sensor indica un mal funcionamiento del mismo.

Información obtenida de (Concepcion, 2011)

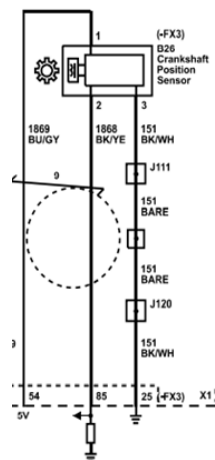
Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP). Los sensores CKP informan la velocidad instantánea del motor. Actualmente, se colocan estos sensores sobre el volante del motor o sobre la polea del cigüeñal. La función de este sensor es enviar una señal eléctrica a la computadora en forma de pulsos para que defina los tiempos de encendido y de inyección de combustible. Esta señal varía en función de las RPM del motor y la posición del cigüeñal.

Figura 7.*Sensor CKP del vehículo de pruebas*

Nota. El sensor CKP está ubicado cerca de las mangueras de refrigeración, en la parte frontal del monoblock.

Figura 8.

Diagrama eléctrico del sensor CKP del vehículo de pruebas



Nota. En la figura, se detallan las conexiones del sensor CKP. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 3.

Pines del sensor CKP

Color-cable	Pin	Bornes
Azul claro-gris	Referencia	1
Negro-amarillo	Señal	2
Negro-blanco	Masa	3

Nota. El sensor cuenta con tres cables y produce una onda de corriente alterna.

Sensor de Posición del Árbol de levas (CMP). El sensor CMP envía una señal eléctrica a la computadora referente a la velocidad y posición del árbol de levas, específicamente, esta señal indica el punto muerto superior (PMS) y RPM del cilindro número 1

(Denton, Automobile mechanical and electrical systems, 2018). La relación entre las señales del CKP y CMP es de vital importancia para el funcionamiento del motor ya que; si la ECU detecta alguna discrepancia entre las señales de estos dos sensores, interpretará como una ruptura en la correa de distribución y evitará que el motor arranque.

Figura 9.

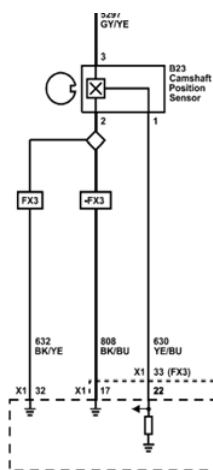
Sensor CMP del vehículo de pruebas



Nota. El sensor CMP está ubicada a un extremo del cabezote.

Figura 10.

Diagrama eléctrico del sensor CMP del vehículo de pruebas.



Nota. Se aprecia las conexiones del sensor CMP Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 4.*Pines del sensor CMP*

Color cable	Pin	Bornes
Gris-amarillo	Referencia	3
Amarillo-azul	Señal	1
Negro-azul	Masa	2

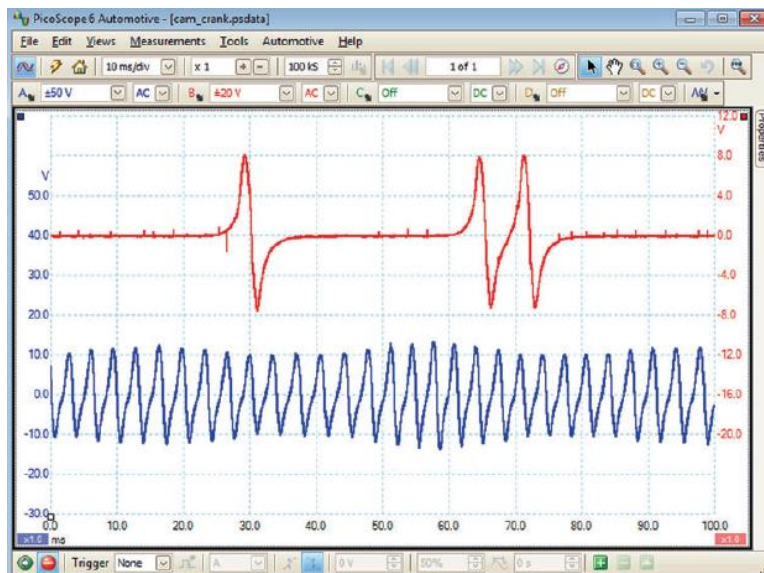
Nota. En la tabla, se detallan los colores de cable correspondientes para cada señal del sensor CMP.

Sensores CKP y CMP inductivos. Los sensores de CKP y CMP de tipo inductivo funcionan de la misma manera, acoplan una bobina de alambre con un imán. Un solo diente, o rueda dentada, induce una tensión en un devanado del sensor. La tensión producida por el sensor del árbol de levas está determinada por varios factores, siendo estos: la velocidad del motor, la proximidad al reluctor y la fuerza del campo magnético que ofrece el sensor.

Las características de una buena forma de onda del sensor CMP inductivo es una onda sinusoidal que aumenta en magnitud a medida que aumenta la velocidad del motor y, por lo general, proporciona una señal por cada 720° de rotación del cigüeñal (360° de rotación del árbol de levas).

Figura 11.

Forma de onda del sensor CKP y CMP

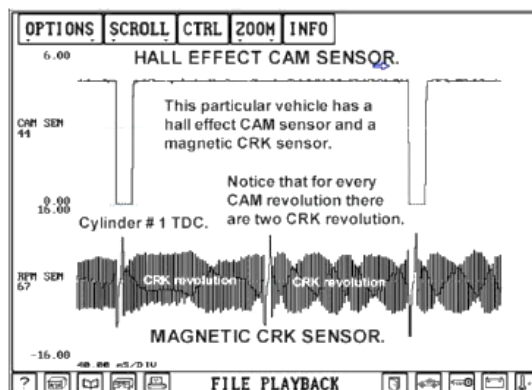


Nota. Se observa una onda sinusoidal proporcionada por el sensor CKP (parte inferior) y el sensor CMP (parte superior). Recuperado de (Denton, Advanced Automotive Fault Diagnosis, 2017)

Sensores CKP y CMP de efecto Hall. Un sensor de efecto Hall utiliza un chip semiconductor para producir una señal de encendido y apagado cuando se expone a un campo magnético. Estos sensores normalmente tienen tres cables, los cuales son: tierra, señal de salida y tensión de referencia (5 o 12 V). Cuando un imán se mueve muy cerca del sensor de efecto Hall, la tensión de salida del sensor salta repentinamente a escala completa. Por el contrario, si se elimina el campo magnético, la tensión cae abruptamente a cero. De esta forma, se genera una onda cuadrada

Figura 12.

Señales de un sensor CKP inductivo y CMP de efecto Hall



Nota. Se produce un pulso del sensor CMP durante dos revoluciones del cigüeñal, las cuales están registradas por el sensor CKP. Recuperado de (Concepcion, 2011)

Sensor de Presión Absoluta del Múltiple (MAP). La presión del múltiple de admisión varía al cambiar las posiciones del acelerador. Con el acelerador completamente abierto, la presión del múltiple es casi la misma que la presión atmosférica. En desaceleración o al ralentí, la presión del colector está por debajo de la presión atmosférica, creando así un vacío. Un sensor de presión absoluta del múltiple (MAP) se usa en muchos motores para que el PCM determine la carga en el motor

La tensión típica del sensor MAP de General Motors varía de 0,88 V a 1,62 V con el motor en ralentí. Por lo tanto, una buena lectura debe ser de aproximadamente 1,0 V del sensor en un motor a velocidad de ralentí.

Figura 13.

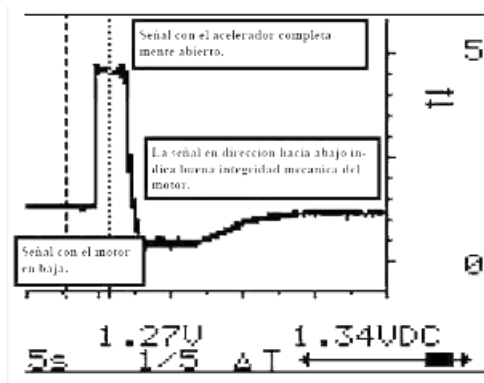
Sensor de MAP del vehículo de pruebas



Nota. El sensor MAP está ubicado luego del cuerpo de aceleración, en el múltiple de admisión.

Figura 14.

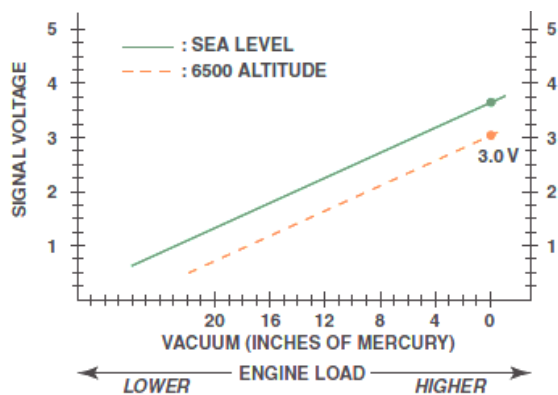
Señal del sensor MAP



Nota. La señal se mantiene estable con el motor en ralentí y sufre un incremento con el acelerador completamente abierto. Tomado de (Concepcion, 2011).

Figura 15.

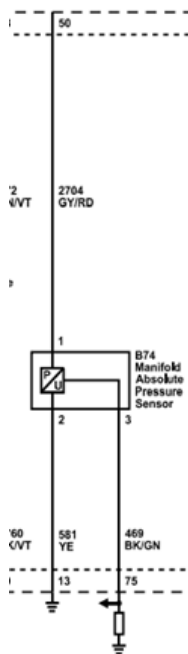
Efectos de la altura del sensor MAP



Nota. A una altura de 1981 m, la tensión de señal corresponde a 3V cuando el vacío del motor es cercano a 0 Pa. Información obtenida de (Halderman, 2012).

Figura 16.

Diagrama eléctrico del sensor MAP del vehículo de pruebas



Nota. En la figura, se representa el diagrama del sensor MAP. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 5.

Pines del sensor MAP

Color cable	Pin	Bornes
Negro-verde	Señal	3
Amarillo	Masa	2
Rojo-gris	Referencia	1

Nota. En la presente tabla, se identifican los colores de cable correspondientes a cada señal del sensor MAP.

Sensor de Oxígeno. La aplicación del vehículo para un sensor de oxígeno es proporcionar un sistema de retroalimentación de lazo cerrado para el control de la relación aire/combustible de la gestión del motor.

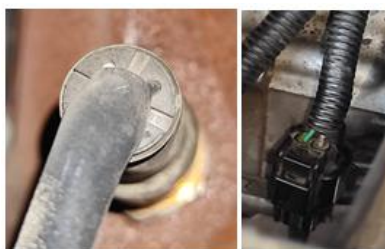
Los sensores de oxígeno de gases de escape (EGO por sus siglas en inglés) se colocan en el tubo de escape cerca del múltiple de escape para garantizar un calentamiento adecuado. En algunos casos, se incorpora un elemento calefactor para lograr que esta temperatura se alcance rápidamente. Este tipo de sensor se conoce como sensor de oxígeno de gases de escape calentado (HEGO por sus siglas en inglés).

El principal componente activo de la mayoría de los tipos de sensores de oxígeno es el dióxido de circonio (ZrO_2). El principio de funcionamiento es que, a temperaturas superiores a $300\text{ }^\circ\text{C}$, el ZrO_2 conducirá los iones de oxígeno negativos.

Sensor de oxígeno de Zirconio. El sensor tendrá diferentes conexiones eléctricas y puede tener hasta cuatro cables.

Figura 17.

Sensor de Oxígeno y socket de conexión del vehículo de pruebas



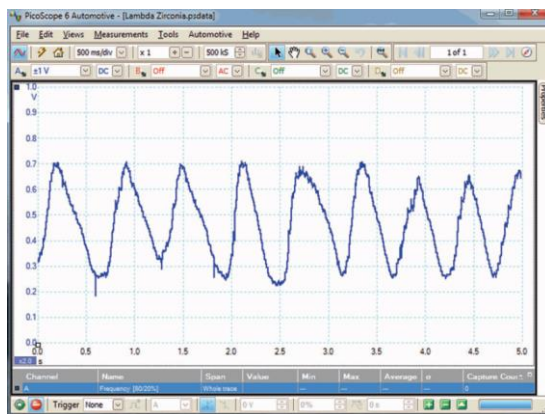
Nota. El sensor de oxígeno se encuentra cerca del múltiple de escape.

El rango de tensión variará, en la mayoría de los casos, entre $0,1\text{ V}$ y $0,9\text{ V}$. La tensión de $0,1\text{ V}$ indica una mezcla pobre y de $0,9\text{ V}$ muestra una mezcla más rica. El valor de tensión donde un sensor de oxígeno de zirconio cambia de rico a pobre o de pobre a rico es $0,45\text{ V}$ (450 mV). El fabricante General Motors usa los 0.45 V como señal de diagnóstico, es decir, si la

computadora lee este valor de forma fija, interpretará que un cable está roto dentro del sistema o que el sensor ha perdido tierra.

Figura 18.

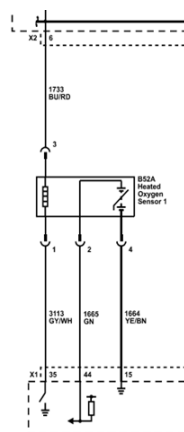
Forma de onda del sensor de oxígeno de Zirconio



Nota. En la figura, se aprecia que los valores del sensor varían de 0,2V a 0,8V. Recuperado de (Denton, Advanced Automotive Fault Diagnosis, 2017).

Figura 19.

Diagrama eléctrico del sensor de oxígeno del vehículo de pruebas



Nota. El sensor del VP presenta un elemento calefactor para aumentar su temperatura. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 6.

Pines del sensor de oxígeno del vehículo de pruebas

Color-cable	Pin	Bornes
Azul-Rojo	Positivo del calefactor	3
Gris-blanco	Tierra del calefactor	1
Verde	Señal del sensor	2
Amarillo-café	Tierra del sensor	4

Nota. Este sensor posee cuatro cables: dos corresponden al elemento calefactor y el resto a la señal y tierra del sensor.

Sensor de Temperatura del Refrigerante (ECT). La información de este sensor es importante ya que cuando el motor está frío, la mezcla de combustible debe ser más rica para evitar que el motor se cale. Cuando el motor está caliente, la mezcla de combustible puede ser más pobre para proporcionar la máxima economía de combustible con las emisiones de escape más bajas posibles. Es un termistor de coeficiente de temperatura negativo (NTC), el cual disminuyen su resistencia conforme aumenta la temperatura.

El ECT puede encontrarse en el punto más caliente de la culata, normalmente cerca del termostato, o en un conducto de refrigeración de la culata. Los conectores del sensor son: conector positivo y señal, conector de masa.

Figura 20

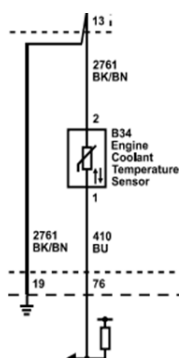
Sensor ECT del vehículo de pruebas



Nota. El sensor ECT está ubicado debajo de la bobina de encendido.

Figura 21.

Diagrama eléctrico del sensor ECT del vehículo de pruebas



Nota. Se visualiza las conexiones del sensor ECT. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 7.

Pines del sensor ECT

Color cable	Pin	Bornes
Azul oscuro	Señal	1
Negro-café	Masa	2

Nota. En la tabla, se identifican los colores de cable correspondientes a cada señal del sensor ECT.

Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT). El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) es un termistor de coeficiente de temperatura negativo (NTC) cuya resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura del sensor. Este sensor puede tener 3 ubicaciones: en el filtro de aire, en la manguera de conexión (entre el filtro y el cuerpo de aceleración), en el múltiple de admisión o puede estar integrado en el sensor MAF.

Figura 22.

Sensor IAT del vehículo de pruebas

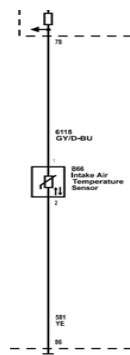


Nota. El sensor IAT está ubicado en la manguera de conexión entre el filtro y el cuerpo de aceleración.

La ECU utiliza el sensor IAT como respaldo en caso de que se determine que el sensor ECT no funciona. Este sensor posee dos terminales, uno positivo y el otro negativo o masa. El sensor cuenta con unas ventanas para que el aire entre en contacto con el termistor, la lectura con el motor caliente varía ente 1,3V a 3,7V.

Figura 23.

Diagrama eléctrico del sensor IAT del vehículo de pruebas



Nota. En la figura, se representa el diagrama de conexión del sensor IAT. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 8.

Pines del sensor IAT

Color cable	Pin	Bornes
Gris-azul oscuro	Señal	1
Amarillo	Masa	2

Nota. Se detallan los colores de cable correspondientes a cada señal del sensor IAT.

Actuadores

En general, un actuador es un dispositivo que recibe una entrada eléctrica (p. ej., del controlador del motor) y produce una salida de una forma física diferente (p. ej., mecánica, térmica u otra). Los ejemplos de actuadores incluyen varios tipos de motores eléctricos, solenoides y generadores de fuerza piezoeléctricos.

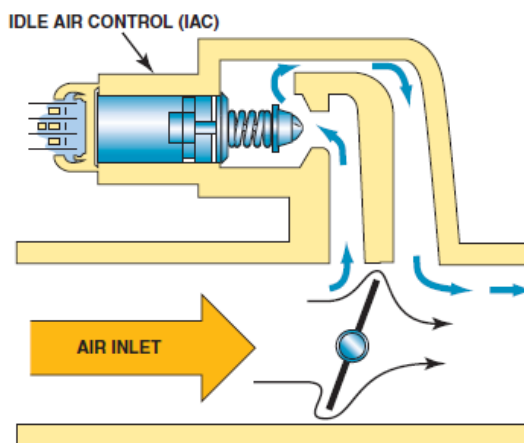
En los sistemas electrónicos automotrices, el solenoide es un dispositivo muy utilizado debido a que es relativamente simple y económico.

Válvula de control de aire de ralentí (IAC). Los sistemas de inyección electrónica usan una derivación de aire auxiliar para controlar la velocidad de ralentí. Lo hacen abriendo un pasaje de aire de admisión para permitir que entre más aire en el motor. El sistema está calibrado para mantener la velocidad de ralentí del motor en un valor especificado, independientemente de la temperatura del motor.

El IAC está controlado por la computadora y es una válvula accionada por un motor paso a paso que regula el flujo de aire alrededor del acelerador. Cuando el motor se detiene, la mayoría de las unidades IAC se retraen para prepararse para el próximo arranque del motor.

Figura 24.

Flujo de aire en ralentí



Nota. Las flechas pequeñas indican el aire que se desvía de la mariposa de aceleración cuando el acelerador está cerrado. Este aire se llama aire mínimo. Información obtenida de (Halderman, 2012)

Figura 25.

Válvula del IAC del vehículo de pruebas

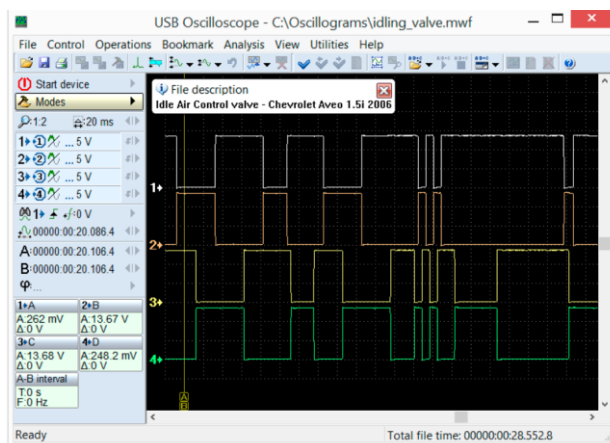


Nota. La válvula IAC está ubicada en el cuerpo de aceleración.

Cuando se utiliza un motor paso a paso controlado por el PCM, es muy fácil para el mismo realizar un seguimiento de la posición del motor paso a paso. Al contar el número de pasos que se han enviado al motor, el PCM puede determinar su posición relativa. Si bien el PCM en realidad no recibe una señal de retroalimentación, sí sabe cuántos pasos hacia adelante o hacia atrás debe haberse movido el motor.

Figura 26.

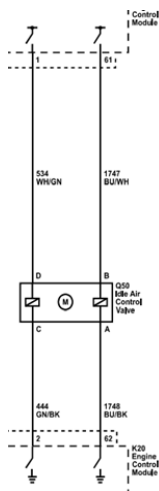
Forma de onda de una válvula IAC



Nota. Señal proporcionada por la ECU a una válvula IAC de un Vehículo Chevrolet Aveo 1.5i, 2006. Recuperado el 20 de diciembre de 2022 de <http://autoscope.eu/application/idle-air-control-valve/>

Figura 27.

Diagrama eléctrico de la válvula IAC del vehículo de pruebas



Nota: En la presente figura, se observa las conexiones de la válvula IAC del VP. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 9.

Pines de la válvula IAC

Color cable	Pin
Azul-blanco	B
Azul-negro	A
Blanco-verde	D
Verde-negro	C

Nota. Se identifican los colores de cable y sus bornes de cada bobina de la válvula IAC.

Inyector Multi punto. Es un dispositivo electromecánico que se alimenta con una fuente de 12 V. El tiempo que se mantiene abierto el inyector dependerá de las señales de entrada recibidas por la ECU desde los diversos sensores del motor. La duración del tiempo abierto o 'duración del inyector' variará para compensar los períodos de arranque y calentamiento del motor en frío. El tiempo de duración también se expandirá bajo aceleración. Cuando se quita la conexión a tierra, se induce una tensión en el inyector y se registra un pico cercano a los 60 V.

Figura 28.

Inyector y socket de conexión de los inyectores del vehículo de pruebas

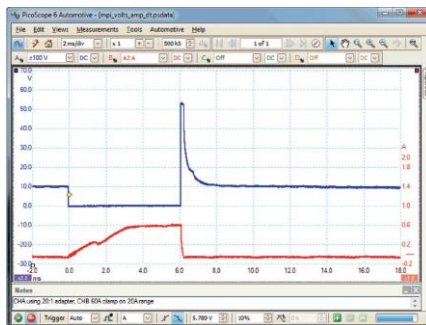


Nota. Los inyectores se encuentran en el riel de inyección, los cables de color celeste y blanco corresponden a la señal de 12V.

El monitoreo de la forma de onda del inyector utilizando tanto tensión como intensidad de corriente, permite mostrar el tiempo correcto en que el inyector está físicamente abierto.

Figura 29.

Forma de onda del inyector Multi-punto

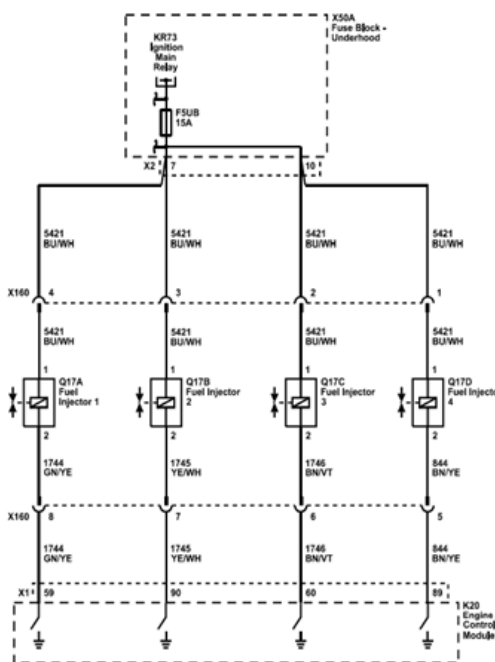


Nota. La onda de color azul corresponde a la tensión y la de color rojo a la intensidad corriente. Información obtenida de (Denton, Advanced Automotive Fault Diagnosis, 2017)

La onda correspondiente a la intensidad corriente está dividida en dos áreas definidas. La primera parte es el tiempo que necesita la fuerza electromagnética para levantar el pivote; en este ejemplo, el tiempo necesario es de aproximadamente 1,5 ms; esto a menudo se conoce como el tiempo de reacción del solenoide. Los 2 ms restantes son el tiempo real en que el inyector está completamente abierto.

Figura 30.

Diagrama eléctrico de los inyectores del vehículo de pruebas



Nota. En la figura, se observa los circuitos de los cuatro inyectores. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 10.

Pines del socket de Inyectores

Color del cable de control de masa	# Inyector
Verde-amarillo	1
Amarillo-blanco	2
Café-violeta	3
Café-amarillo	4

Nota. Se identifican los colores de cable correspondientes a cada inyector.

Bobina de encendido. El vehículo de pruebas cuenta con un sistema de encendido por chispa perdida (DIS). La distribución de la chispa se logra mediante el uso de dos bobinas de dos extremos, que la ECU dispara alternativamente. La sincronización se determina a partir de un sensor de posición y velocidad del cigüeñal (CKP), así como un sensor de carga (MAP) y otras correcciones, como la temperatura del motor (Denton, Advanced Automotive Fault Diagnosis, 2017).

Cuando se enciende una de las bobinas, se envía una chispa a dos cilindros del motor, ya sea 1 y 4 o 2 y 3. La chispa enviada al cilindro en la carrera de compresión enciende la mezcla. La chispa producida en el otro cilindro no tendrá efecto, ya que este cilindro estará acabando su carrera de escape.

Figura 31.

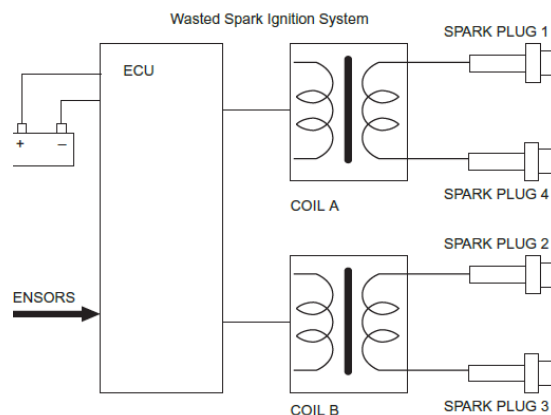
Primario de la bobina del vehículo de pruebas



Nota. El primario de la bobina está ubicado sobre el termostato.

Figura 32.

Diagrama del sistema de chispa perdida



Nota. La ECU controla el circuito del primario de las bobinas A y B. A energiza a las bujías de los cilindros 1 y 4. B energiza a las bujías de los cilindros 2 y 3. Tomado de (Denton, Advanced Automotive Fault Diagnosis, 2017)

Forma de onda del circuito primario. En la forma de onda de la siguiente figura, la línea de tensión horizontal en el centro del osciloscopio tiene una tensión constante de aproximadamente 30 V a 40 V, que luego cae bruscamente a lo que se conoce como oscilación de la bobina. La longitud de la línea de tensión horizontal es la "duración de la chispa" o "tiempo de quemado". El período de oscilación de la bobina debe mostrar un mínimo de tres a

cuatro picos (tanto superior como inferior). Una pérdida de picos indicaría un problema en la bobina.

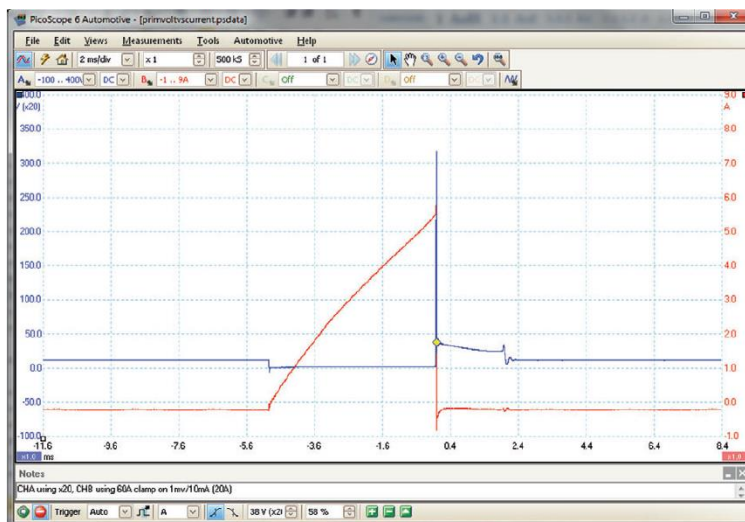
No hay intensidad corriente en el circuito primario de la bobina hasta el período Dwell. Este comienza cuando la bobina está conectada a tierra y la tensión cae a cero. El período Dwell es controlado por la ECU y su duración está determinada por el tiempo que tarda en acumularse hasta aproximadamente 6 A.

Cuando se alcanza esta intensidad corriente predeterminada, el amplificador deja de aumentarla y es mantenida hasta que se quite la tierra de la bobina. La línea vertical en el centro de la onda supera los 300 V, esta se denomina " tensión inducida".

El período Dwell aumentará a medida que aumenten las revoluciones del motor para mantener un tiempo de saturación constante de la bobina.

Figura 33.

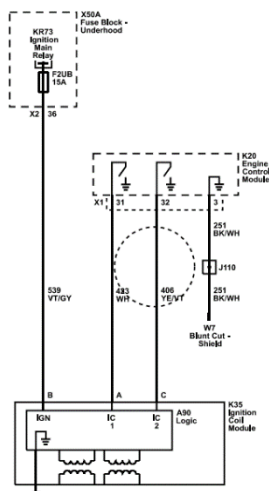
Forma de onda del primario



Nota. La onda de color azul corresponde a la tensión y la de color rojo a la intensidad corriente.
Recuperado de (Denton, Advanced Automotive Fault Diagnosis, 2017).

Figura 34.

Diagrama eléctrico del circuito primario de la bobina del vehículo de pruebas



Nota. En la figura, se visualiza que la ECU proporciona la masa del circuito primario. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 11.

Pines del circuito primario de la bobina

Color cable	Pin	Bornes
Violeta-gris	Batería	B
Blanco	Control de masa de la bobina de encendido 1	A
Amarillo-violeta	Control de masa de la bobina de encendido 2	C

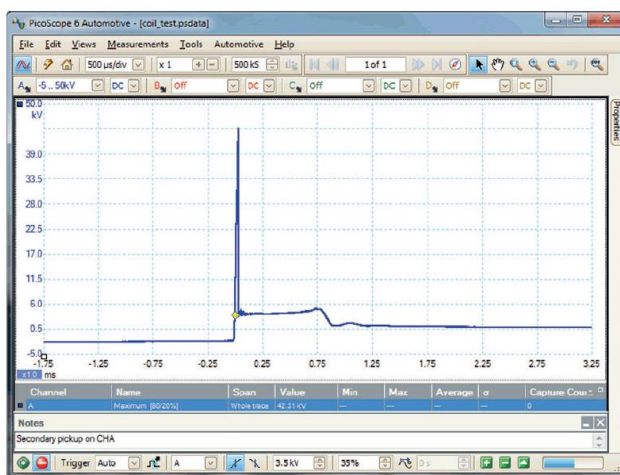
Nota. En la presente tabla, se reconocen los colores de cable correspondientes a cada señal del primario de la bobina.

Forma de onda del circuito secundario. La forma de onda del secundario muestra la cantidad de tiempo que la alta tensión fluye a través del electrodo de la bujía después de su tensión inicial. Este tiempo se conoce como el "tiempo de quemado" o la "duración de la chispa". En la siguiente figura, se puede ver que la línea de tensión horizontal en el centro del osciloscopio muestra una tensión constante de aproximadamente 4 o 5 kV, la cual es proporcional a la resistencia dentro del circuito secundario y puede durar aproximadamente 2 ms, que luego cae bruscamente en el período de "oscilación de la bobina".

El período entre la oscilación de la bobina y el siguiente "descenso" es cuando la bobina está en reposo y no hay tensión en el circuito secundario. La tensión de disparo es la tensión requerida para saltar la brecha de los electrodos de la bujía. Cuando esta tensión se registra en un sistema de encendido sin distribuidor (DIS), la onda debe estar en "posición vertical". Si el trazo está invertido, sugeriría que se seleccionó la polaridad incorrecta, en el caso de DIS, se eligió el cable inadecuado.

Figura 35.

Forma de onda del secundario



Nota. La tensión de disparo es de aproximadamente 45 kV. Recuperado de (Denton, Advanced Automotive Fault Diagnosis, 2017)

Válvula de Purga de Cánister. El propósito del sistema de control de emisiones evaporativas (EVAP) es atrapar y retener los vapores de gasolina, también llamados compuestos orgánicos volátiles (COV). Este sistema incluye el cánister, las mangueras y las válvulas.

La válvula de purga de cánister, también llamada solenoide de purga de cánister (CANP), normalmente está cerrada y el PCM la pulsa para abrirla durante la purga. Esta válvula está conectada al vacío del colector de admisión mediante una manguera de goma para aspirar los vapores de gasolina hacia el motor cuando se ordena su apertura. La mayoría de las válvulas de purga se activan y desactivan para controlar mejor la cantidad de humos que ingresan al colector de admisión (Halderman, 2012).

Figura 36.

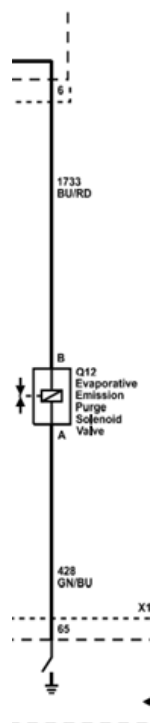
Válvula EVAP del vehículo de pruebas



Nota. La válvula EVAP está conectada al vacío del colector de admisión mediante una manguera de goma.

Figura 37.

Diagrama eléctrico de la válvula EVAP del vehículo de pruebas



Nota. En la figura, se visualiza que la ECU proporciona la masa para el funcionamiento del solenoide de purga de cánister. Fuente: Manual del Chevrolet Spark GT, General Motors.

Tabla 12.

Pines de la válvula EVAP

Color cable	Pin	Bornes
Azul-rojo	Positivo Batería	B
Verde-azul	Control masa	A

Nota. Se los colores de cable correspondientes a cada señal de la válvula EVAP.

Unidad de control electrónica (ECU)

Una computadora es un dispositivo electrónico que almacena y procesa datos y es capaz de operar otros dispositivos. El funcionamiento de la computadora se divide en cuatro

funciones básicas: entrada, donde recibe una señal de tensión por parte de los sensores, procesamiento, en la que los circuitos lógicos cambian las señales de entrada en señales de salida o comandos, almacenamiento, que consiste en guardar las instrucciones del programa en la memoria electrónica; y salida, que se basa en enviar las señales de salida o comandos a los diferentes actuadores (Halderman, 2012).

Equipos de medición

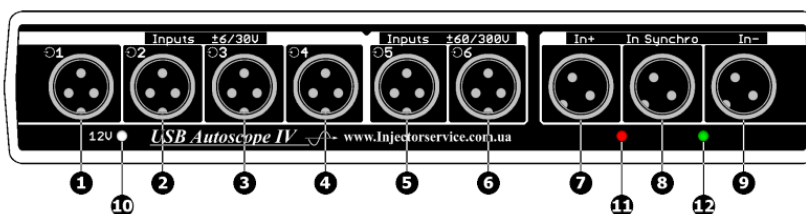
USB Autoscope IV

El USB Autoscope es una nueva generación de osciloscopios de diagnóstico automotriz y analizador de motores. El dispositivo está diseñado para visualizar, registrar y analizar señales de la mayoría de los sistemas del vehículo, como:

- Sensores y actuadores;
- Sistemas de encendido;
- Sistemas de suministro de combustible;
- Sistemas de admisión y escape;
- Mecánica de motores;
- Alternadores, baterías, etc.

Figura 38

Panel frontal del USB Autoscope IV



Nota. Elementos del Panel Frontal del USB Autoscope IV. Recuperado el 26 de diciembre de 2022 de <https://usbautoscope.eu/products/usb-autoscope-iv/>

Tabla 13.

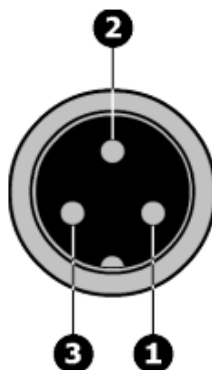
Descripción elementos del panel frontal

Número	Descripción
1 a 4	Conexiones para entradas analógicas. Rango de tensión de entrada $\pm 6 / 30$ V.
5 y 6	Conexiones para entradas analógicas. Rango de tensión de entrada $\pm 60 / 300$ V.
7, 9	Las conexiones "In+" e "In-" se utilizan para la conexión de sondas de alta tensión. Las señales de las sondas de alta tensión se suman inversamente y van a la entrada marcada 8. Esto funciona sólo cuando la entrada de 12 V es alimentada.
8	La conexión "In Synchro" se usa para el transductor de sincronización que se usa para detectar la chispa de encendido. La señal del transductor va a la entrada analógica 7 a través de un detector de pico. Funciona con la entrada de 12 v alimentada.
10	Indicador de potencia de los transductores. Funciona solo cuando la entrada "12V" está alimentada.
11, 12	Indicador de polaridad de pulso del transductor de sincronización.

Nota. Recuperado el 26 de diciembre de 2022 de <https://usbautoscope.eu/products/usb-autoscope-iv/>

Figura 39.

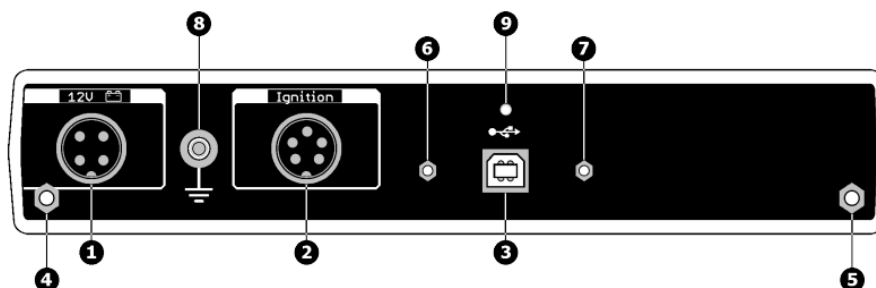
Pines de las entradas analógicas 1 a 6



Nota. El número 1 corresponde a la entrada analógica, 2 a la tierra del dispositivo y 3 a +12 v cuando sean suministrados. Recuperado el 26 de diciembre de 2022 de <https://usbautoscope.eu/products/usb-autoscope-iv/>

Figura 40.

Panel Trasero del USB Autoscope IV



Nota. Elementos del Panel Trasero del USB Autoscope IV. Recuperado el 26 de diciembre de 2022 de <https://usbautoscope.eu/products/usb-autoscope-iv/>

Tabla 14.

Descripción elementos del panel trasero

Número	Descripción
1	Conexión de 12 V. Se utiliza para alimentar ciertos transductores que están conectados a las entradas. Se conecta a la batería del vehículo diagnosticado a través del cable de alimentación.
2	Conexión de encendido. Entradas analógicas 7, 8.
3	Conexión USB. Se utiliza para la conexión del USB Autoscope IV al puerto USB 2.0 480 Mbit/s (HI-SPEED) de una computadora portátil o PC. La conexión utiliza un cable USB 2.0 tipo A-B.
4, 5	Espaciador para sujetar el soporte del dispositivo.
6, 7	Espaciador para sujetar el colgador de cable USB.
8	Terminal de Tierra del dispositivo.
9	Indicador del estado USB

Nota. Recuperado el 26 de diciembre de 2022 de <https://usbautoscope.eu/products/usb-autoscope-iv/>

KANE AUTOPLUS 4-2

El analizador de gases de escape Kane AUTOplus 4-2 mide cuatro gases, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos, oxígeno y lambda. Es ideal para diagnóstico de emisiones, ajuste, pruebas de cumplimiento de servicio. Se puede utilizar en vehículos de gasolina/gasolina, GLP, GNC y diésel. (AUTOplus, 2013)

Figura 41.

Analizador de KANE AUTOPLUS IV



Nota: Recuperado de Directindustry el 26 de diciembre Analizador de gases de escape - AUTOplus 4-2 - Kane International - de oxígeno / de dióxido de carbono / de monóxido de carbono, de <https://www.directindustry.es/prod/kane-international/product-16865-1279925.html>

Tabla 15.

Rango de mediciones del analizador Kane Autoplus

RANGO DE MEDICIÓN		
CO	0-10%	Sistema infrarrojo
CO ₂	0-10%	Sistema infrarrojo
HC	0-5000 ppm	Sistema infrarrojo
O ₂	0-10%	Celda electro-química
λ	0-10%	Calculado

Nota. En la presente tabla se presenta los rangos de CO, CO₂, HC, O₂, NOX, λ que puede medir el Kane Autoplus.

Normas Técnicas

NTE INEN 2204:2017

Esta norma decreta los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores, cuyo combustible sea gasolina (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017).

Para el desarrollo de esta investigación, se tomará los valores máximos de monóxido de carbono e hidrocarburos que se establecen en esta norma; con el fin de determinar si el vehículo de pruebas cumple con los mismos durante las pruebas en condiciones de operación normal y falla.

NTE INEN 2349:2003

Esta norma establece los procedimientos que se deben seguir y el equipamiento con el que debe contar los Centros de Revisión y Control Vehicular, para realizar la revisión técnica vehicular (RTV) obligatoria (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2003).

Con ayuda de esta norma, se puede conocer las condiciones ambientales para realizar las mediciones con el analizador de gases.

Capítulo III

Desarrollo de la propuesta de análisis, visualización y grabación de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación

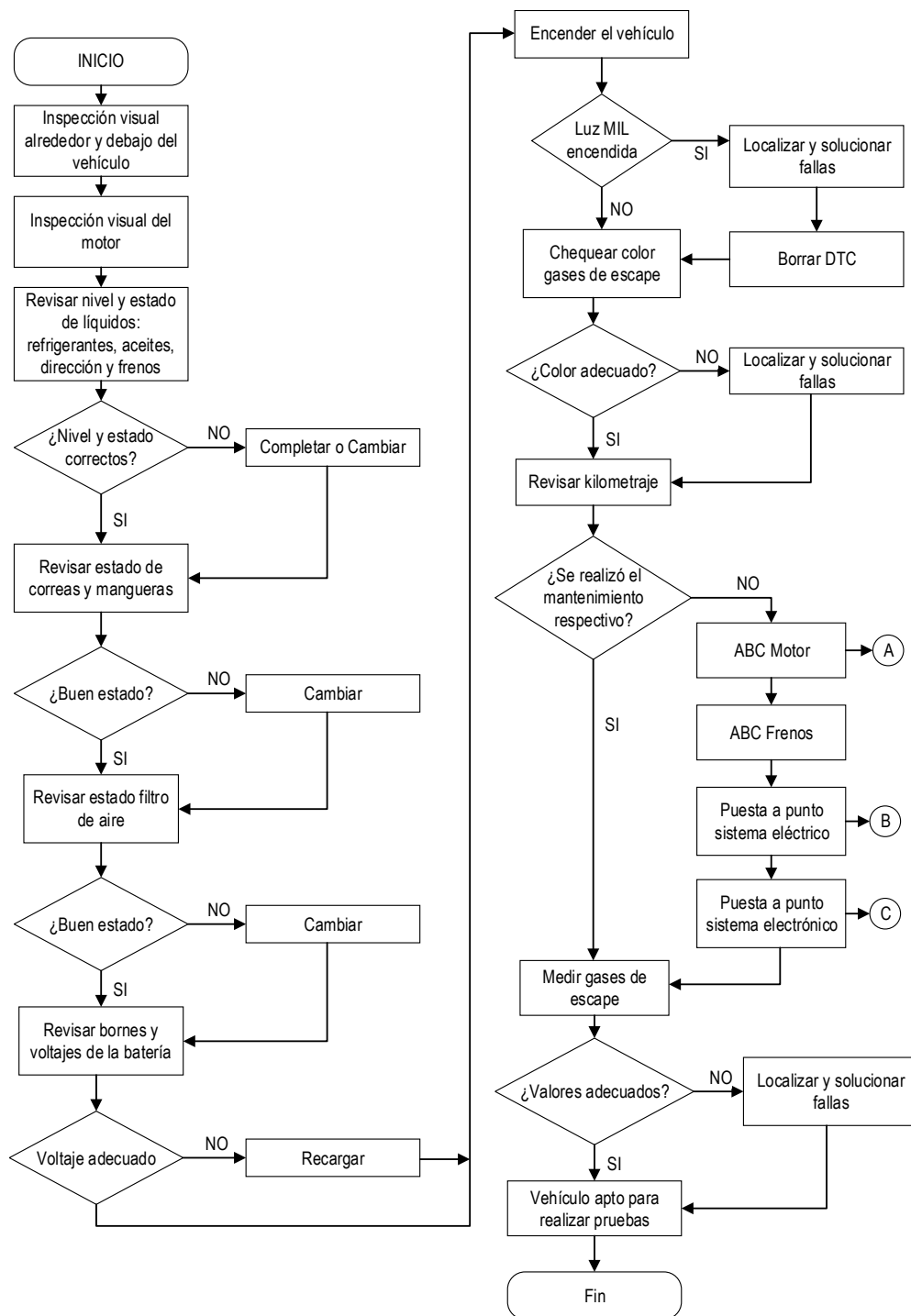
Previo a la obtención de las señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección, es necesario que el vehículo se encuentre en óptimas condiciones para evitar encontrar anomalías en los datos.

Puesta a punto del vehículo de pruebas

Primero, se detalla el procedimiento a seguir con el fin de determinar si el vehículo se encuentra apto para realizar las respectivas pruebas. Esto consiste en revisar niveles de líquidos, estado de mangueras y cables de conexión, chequear si la luz MIL se encuentra encendida y finalmente, verificar si se realizó el respectivo mantenimiento acorde al kilometraje del vehículo.

Figura 42.

Protocolo para evaluación del estado del vehículo



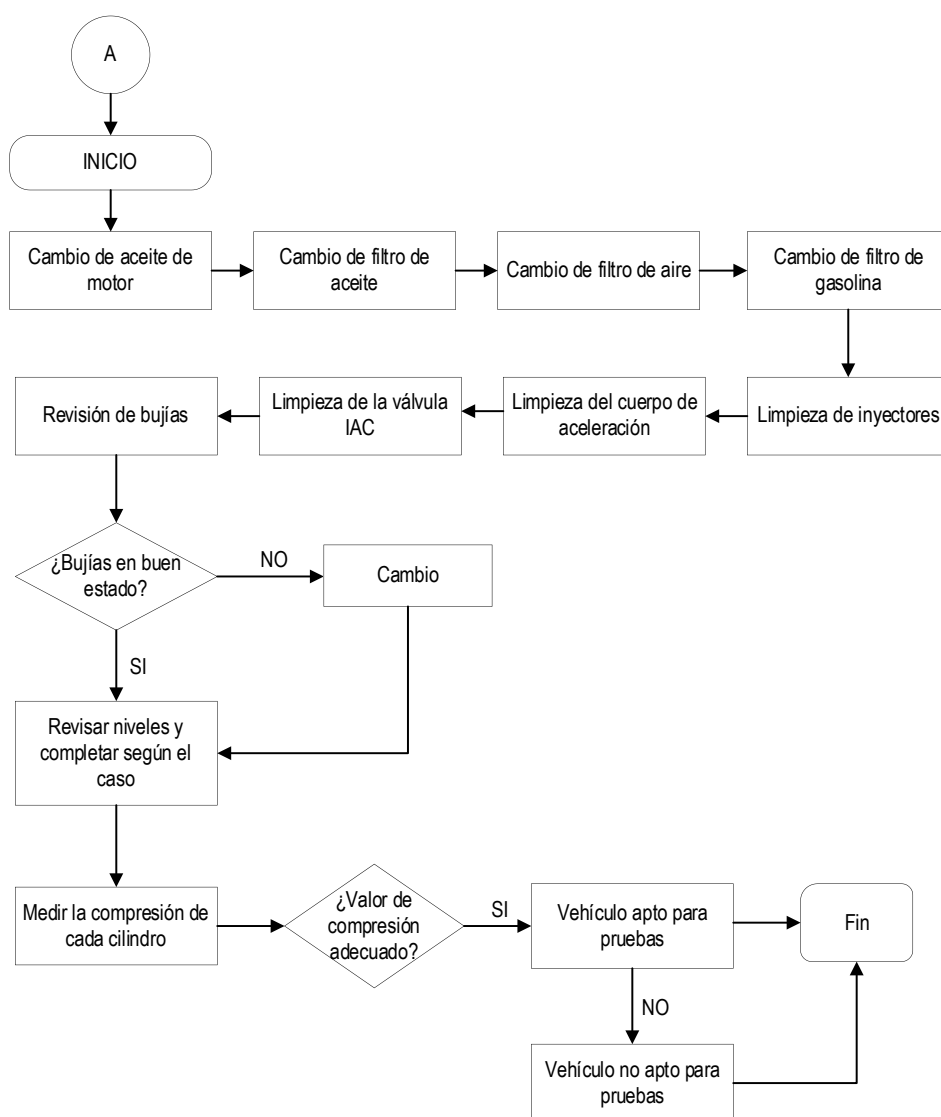
Nota. Se indican las consideraciones a tomar en cuenta para determinar si el vehículo se encuentra apto para realizar la grabación de señales de sensores y actuadores del sistema de inyección.

Afinación del motor

Este proceso abarca el cambio de los diferentes filtros del motor, la revisión de bujías, limpieza de inyectores y cuerpo de aceleración, y la medición de la compresión para descartar cualquier falla mecánica. En el caso de que el valor de compresión no sea el adecuado, el vehículo se catalogará como no apto para pruebas.

Figura 43.

Protocolo para afinación del motor



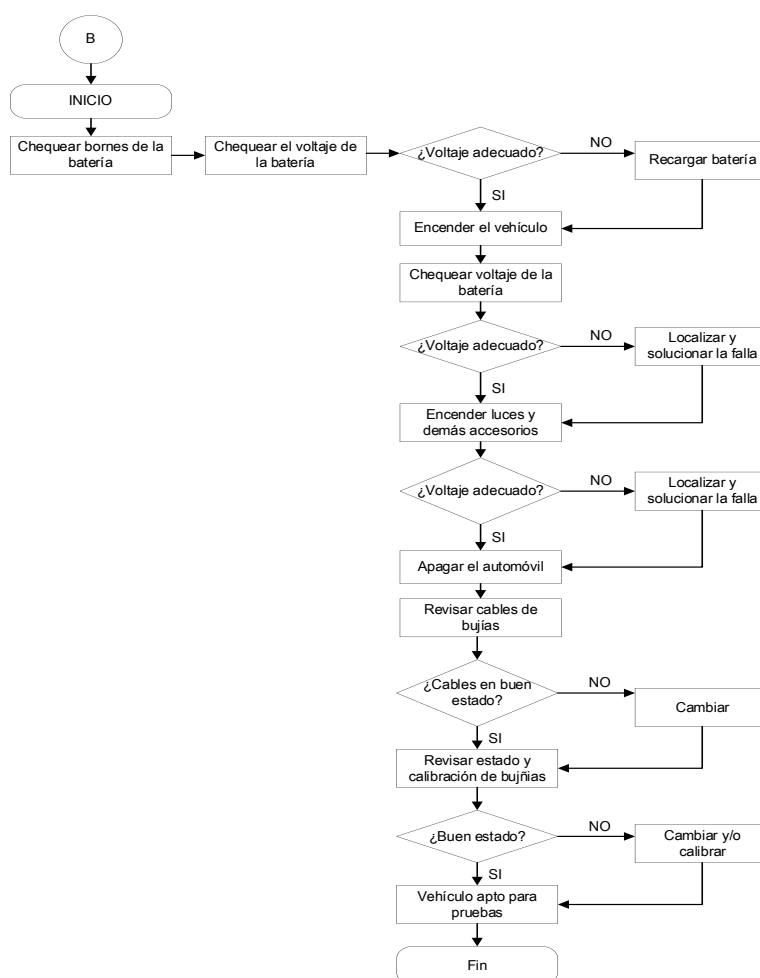
Nota. Se detallan los pasos a seguir para realizar la afinación de motor.

Puesta a punto del sistema eléctrico

Es importante que el sistema eléctrico esté en buenas condiciones ya que la batería es la que alimenta a la ECU, la cual posteriormente enviará una tensión de referencia para los diferentes sensores; así como también a los actuadores del sistema de inyección electrónico. La puesta a punto del sistema eléctrico abarca las verificaciones que se deben realizar para determinar el estado de la batería y el alternador.

Figura 44.

Protocolo para puesta a punto del sistema eléctrico



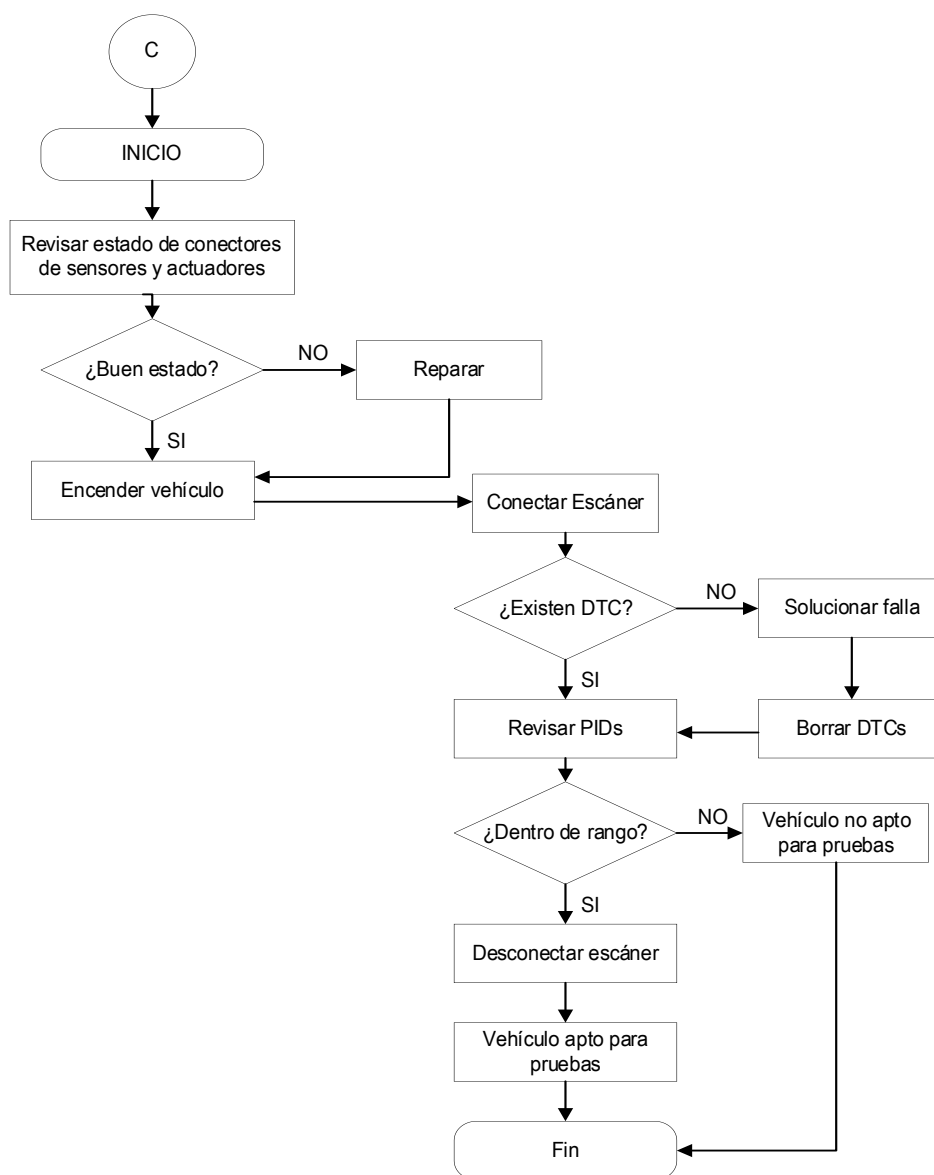
Nota. Se explica el procedimiento a seguir para realizar la puesta a punto del sistema eléctrico.

Puesta a punto del sistema electrónico

Este procedimiento se basa en la revisión de los cables de conexión de los sensores y actuadores del sistema de inyección, monitoreo de PIDs y comprobación de códigos de falla almacenados en la ECU.

Figura 45.

Puesta a punto sistema electrónico



Nota. Se detalla los pasos a seguir para realizar la puesta a punto del sistema electrónico.

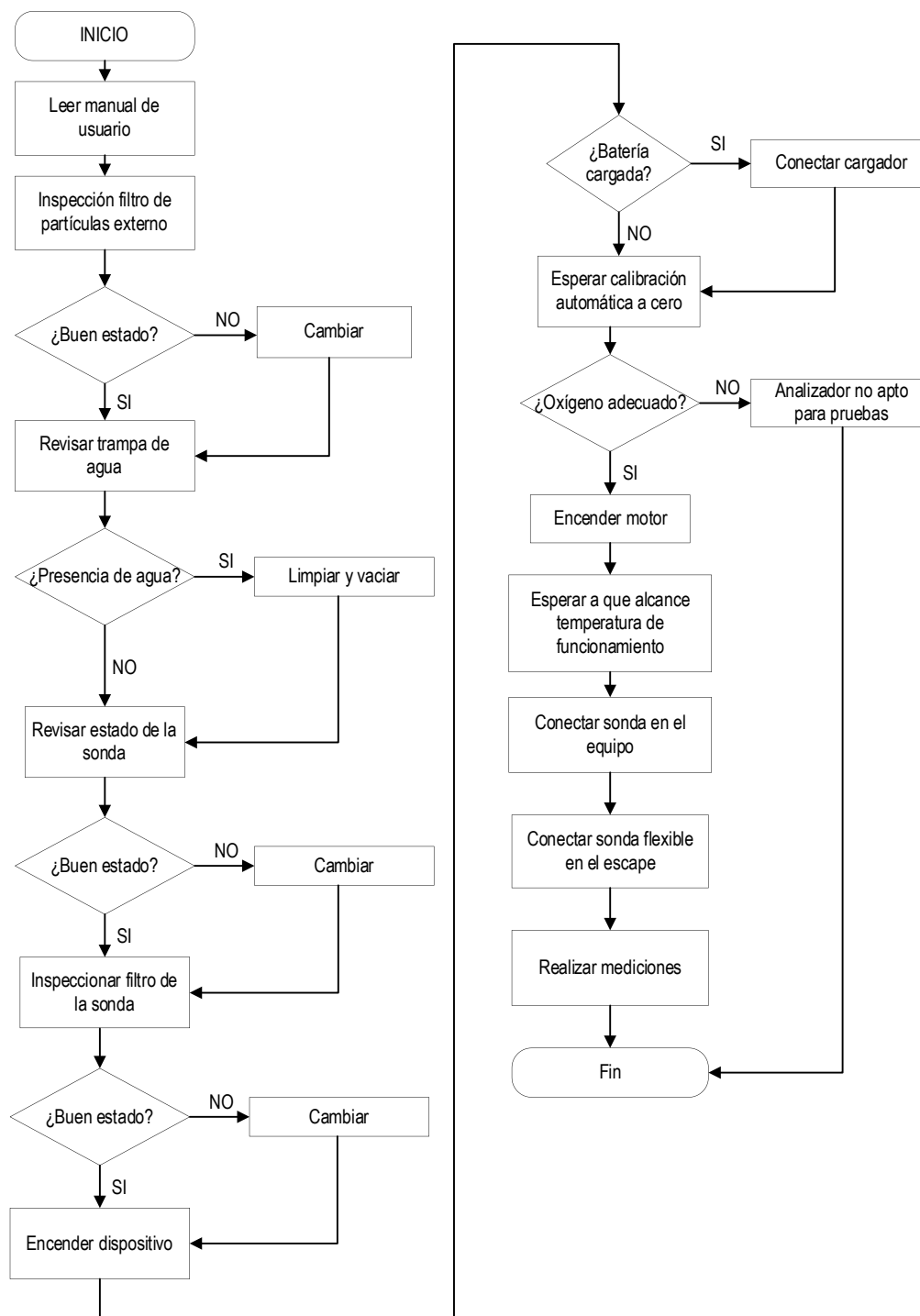
Uso del analizador de gases Kane Auto plus

Es importante medir los productos residuales (gases) originados por el proceso de combustión del motor, ya a que gracias a esto se puede comprobar si el vehículo tiene un funcionamiento óptimo o no. Para el caso específico de esta investigación, la medición de gases indicará el impacto que genera en la combustión, el mal funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica.

Por las razones expuestas, se detalla en la siguiente figura el protocolo para utilizar correctamente el equipo analizador de gases:

Figura 46.

Protocolo para el uso del analizador Kane Auto plus



Nota. El buen estado de los filtros se determina si es que no existen partículas de agua o carbón. Cuando se realice las mediciones, se debe percatar que no se encuentren las palabras “Cero Requerido” en la pantalla; caso contrario, se debe calibrar nuevamente.

Condiciones ambientales para la medición de gases

La norma NTE INEN 2349 establece las condiciones ambientales con las que debe funcionar el analizador de gases, para que no se presente ninguna alteración en los datos obtenidos.

Tabla 16.

Comparación de las condiciones ambientales de la normativa y el lugar donde se realizó las pruebas

Parámetro	Valores normativa	Valores Latacunga	Valores Quito
Temperatura	5-40 °C	8-20°C	7-21°C
Humedad Relativa	0-90%	73%	70%
Altitud	Hasta 3000 msnm	2860 msnm	2850 msnm
Presión	500- 760 mmHg	541 mmHg	540 mmHg

Nota. Entre los parámetros a considerar se encuentran: temperatura, humedad relativa, altitud y presión. Información obtenida de (Pogodi, 2023).

En la tabla, se comparó las condiciones ambientales expuestas en la normativa con aquellas presentes en las dos ciudades en las que se realizaron las pruebas (Quito y Latacunga) y se verificó que los parámetros ambientales de dichas ciudades se encuentran dentro de los rangos permitidos.

Límites de emisiones establecidos por la normativa

La norma NTE INEN 2204 indica los límites máximos, en porcentaje de monóxido de carbono y partes por millón de hidrocarburos, que pueden producir los motores de los vehículos de más de 3 ruedas que circulan en el país.

Tabla 17.

Límites de emisiones para vehículos con motor a gasolina

Año modelo	%CO ^a		ppmHC ^a	
	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200

a volumen

b Altitud= metros sobre el nivel del mar (msnm)

Nota. Estos valores corresponden a pruebas estáticas realizadas en marcha mínima o ralentí.

Tomado de (Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma 2204,2017)

Protocolo para uso inicial del USB Autoscope

1. Ubicar sensor o actuador en el vehículo e identificar las señales correspondientes para cada pin.
2. Conectar cable USB del Autoscope al computador.
3. Iniciar programa “USB Oscilloscope” y verificar que el computador reconozca al equipo.
4. Dar clic en iniciar dispositivo.

Figura 47.

Interfaz del programa USB Oscilloscope



Nota. El programa del USB Autoscope cuenta con diferentes modos. Algunos de ellos son: inyector, lambda, MAF, MAP, potenciómetro, CSS, EIPower, etc.

5. Conectar cables de alimentación a la batería del vehículo, el cable negativo siempre debe conectarse; en caso de necesitar la luz proporcionada por la sonda, se conecta el cable positivo.

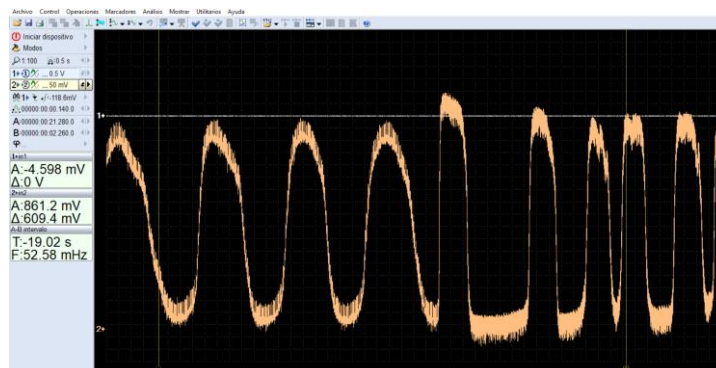
Protocolos para la grabación de las señales de sensores y actuadores con el USB

Autoscope IV

Grabación de la Señal del sensor de oxígeno

Se debe considerar que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal del sensor de oxígeno:

1. Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del USB Autoscope.
2. Conectar la sonda de prueba en cualquiera de las primeras cuatro entradas del USB Autoscope, las entradas 5 y 6 también pueden ser utilizadas, pero están diseñadas para tolerar tensiones más altas.
3. Conectar punta de sonda al cable de señal.
4. Configurar las escalas de tensión y tiempo a 200 mV y 1 s por división, respectivamente.
5. Calentar el motor y el O2 de 2 a 3 minutos a 2500 rpm y dejar en ralentí por 20 segundos.
6. Revolucionar el motor rápidamente y desacelerar de golpe.
7. Grabar la forma de onda obtenida para su respectiva revisión. Chequear que el valor máximo no sea mayor a 1V y el mínimo se encuentre entre 25 a 175 mV. El tiempo de respuesta es de alrededor 100 ms.

Figura 48.*Señal del sensor de oxígeno*

Nota. Se visualiza la señal del sensor de oxígeno en el programa “USB Oscilloscope”.

Tabla 18.

Valores de tensión del sensor de oxígeno durante funcionamiento normal.

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	0,974
Mínima	0,01
Promedio	0,482

Nota. En la presente tabla, se presentan los valores máximos y mínimos del sensor de oxígeno.

Tabla 19.

Frecuencia de trabajo del sensor de oxígeno

Frecuencia	
Ralentí (mHz)	298,3
Aceleración (Hz)	1,812

Nota. Las revoluciones en ralentí son de 671 rpm y en aceleración de 4500 rpm.

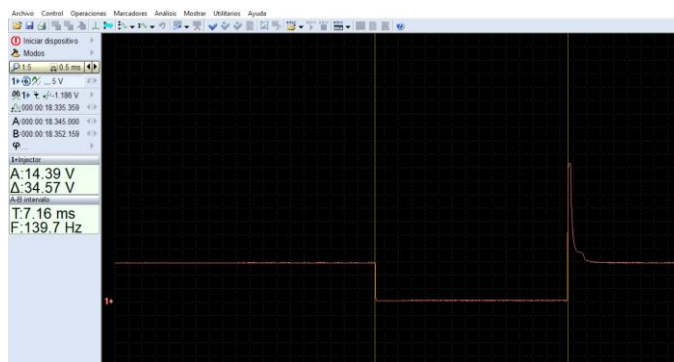
Grabación de la señal del inyector

Se debe tomar en cuenta que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal del inyector:

1. Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del USB Autoscope.
2. Conectar la sonda de prueba en las entradas 5 o 6. En caso de utilizar las entradas 1 a 4, se requiere de un atenuador.
3. Conectar punta de sonda al cable de control de masa.
4. Configurar las escalas de tensión y tiempo a 10 V y 2 ms por división, respectivamente.
5. Encender el motor.
6. Seleccionar el trigger en modo AUTO. Si la señal está inestable pasar a modo manual y llevar el TRIGGER a un valor sobre los 12 V.
7. Grabar la señal en ralentí y aceleración para después analizar el ancho de pulso.

Figura 49.

Señal del inyector



Nota. Se observa la señal del sensor del inyector, captada con el USB Autoscope.

Tabla 20.

Valores de tensión del inyector en funcionamiento normal

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	51,53
Mínima	0,265
Promedio	25,8975

Nota. Se detalla la tensión máxima, mínima y promedio del inyector.

Tabla 21.

Tiempo de inyección durante la operación normal del motor

Tiempo inyección (ms)	
Ralentí (671 rpm)	1,936
Aceleración (3500 rpm)	11,24

Nota. En la presente tabla, se indican los tiempos de inyección tanto en ralentí como en aceleración.

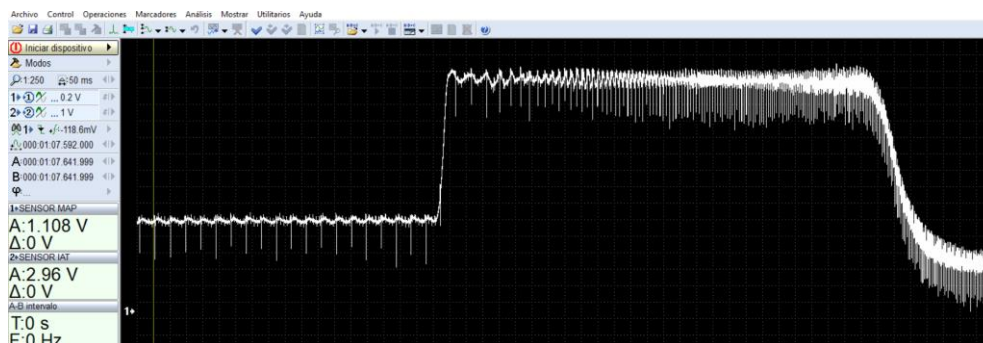
Grabación de la señal del sensor MAP

Se debe tener presente que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal del sensor MAP:

1. Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del USB Autoscope.
2. Conectar la sonda de prueba en cualquiera de las primeras cuatro entradas del USB Autoscope, las entradas 5 y 6 también pueden ser utilizadas, pero están diseñadas para tolerar tensiones más altas.
3. Conectar punta de sonda al cable de señal.
4. Configurar las escalas de tensión y tiempo a 1V y 500 ms por división, respectivamente.
5. Comprobar el valor de la tensión con la llave en contacto (según la altura en la cual se está tomando la medida).
6. Evaluar con motor prendido. Dejar 2 segundos en ralentí y realizar una aceleración y desaceleración brusca.
7. Grabar la forma de onda obtenida para su respectiva revisión. Chequear valor de tensión en mínima aproximadamente 1,1 V. En la condición de WOT, la tensión debe ser menor a 5V y al desacelerar de forma brusca debe ser muy cercano a 0V.

Figura 50.

Señal del sensor MAP



Nota. Se visualiza la señal del sensor MAP en el programa “USB Oscilloscope”.

Tabla 22.

Valores de tensión del sensor MAP durante funcionamiento normal

Parámetros	Tensión (V)
Ralentí (671 rpm)	1,05
Máximo (4500 rpm)	3,013
Mínimo	0,471
Promedio	1,511

Nota. Se presenta los valores de tensión del sensor en ralentí, aceleración brusca y desaceleración.

Grabación de la señal de la válvula IAC

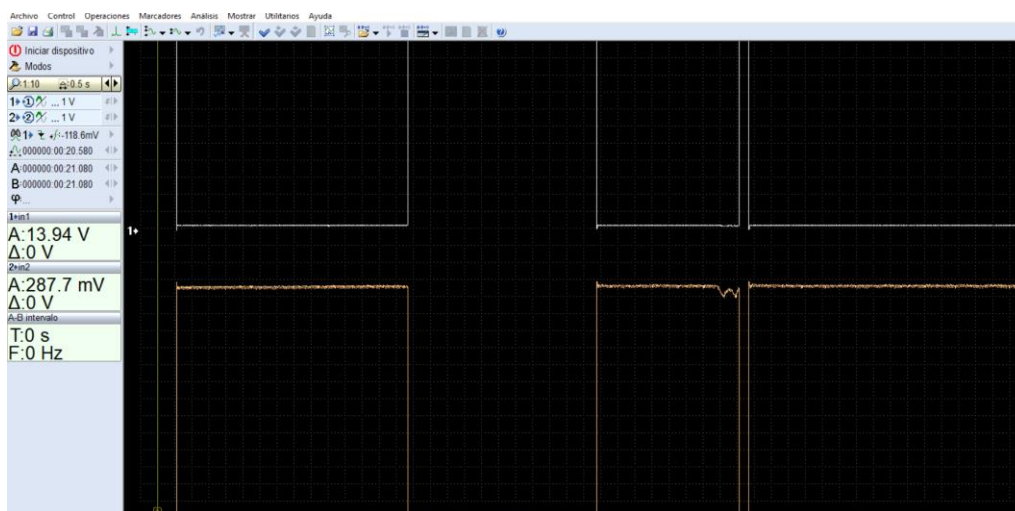
Se debe tomar en consideración que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal de la válvula IAC:

1. Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del USB Autoscope.

2. Conectar la sonda de prueba en cualquiera de las primeras cuatro entradas del USB Autoscope, las entradas 5 y 6 también pueden ser utilizadas, pero están diseñadas para tolerar tensiones más elevadas.
3. Dependiendo del modelo de esta válvula se tendrá en cuenta los canales a utilizar para evaluar la misma. En el caso del VP, se necesita cuatro canales.
4. Configurar las escalas de tensión y tiempo a 5V y 5ms por división, respectivamente.
5. Evaluar el trabajo al poner y quitar contacto y en la condición de ralentí.
6. Grabar la señal para su posterior revisión. Se debe chequear la amplitud de la onda, ancho de pulso y forma de onda.

Figura 51.

Señal de la válvula IAC



Nota. Se observa la señal de la válvula IAC, grabada con el USB Autoscope.

Tabla 23.

Valores registrados de la válvula IAC

Parámetros	Tensión (V)
Máximo	13,98
Mínima	0,317
Promedio	7,1485

Nota. En la presente tabla, se indican los valores de tensión máxima y mínima de la válvula IAC.

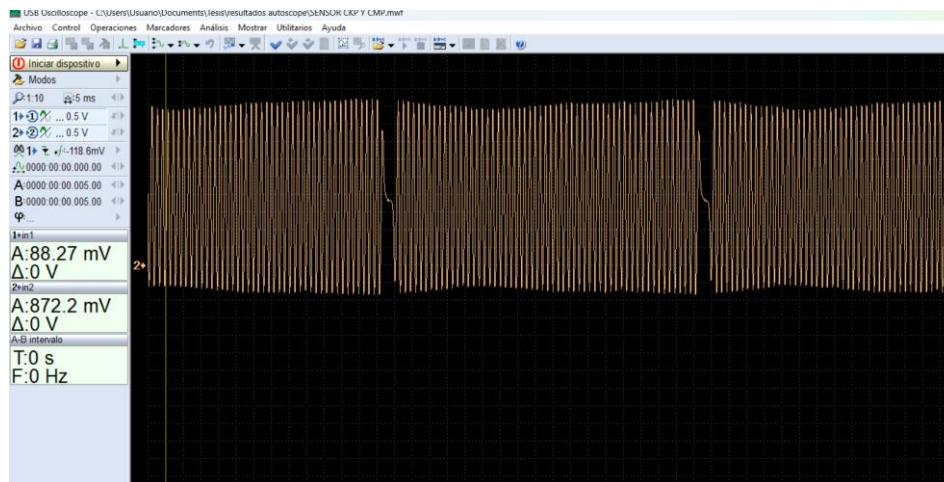
Grabación del sensor CKP (inductivo)

Se debe prestar atención de que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal del sensor CKP:

1. Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del USB Autoscope.
2. Conectar la sonda de prueba en cualquiera de las primeras cuatro entradas del USB Autoscope, las entradas 5 y 6 también pueden ser utilizadas, pero están diseñadas para tolerar tensiones más altas.
3. Conectar punta de sonda al cable de señal.
4. Configurar las escalas de tensión y tiempo a 1V y 50 ms por división, respectivamente.
5. Encender el motor.
6. Mantener en ralentí y acelerar.
7. Grabar la señal para su posterior análisis. Verificar la amplitud de la onda que se va a incrementar al aumentar las revoluciones del motor, al igual que la frecuencia.

Figura 52.

Señal del sensor CKP inductivo



Nota. Se aprecia la señal del sensor CKP, captada mediante el USB Autoscope.

Tabla 24.

Valores de tensión del sensor CKP durante ralentí

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	4,63
Mínima	-4,63
Promedio	0
Período (ms)	1,48
Frecuencia (HZ)	675,7

Nota. Se detalla la tensión máxima y mínima, así como la frecuencia y el período del sensor CKP en ralentí (671 rpm).

Tabla 25.

Valores de tensión del sensor CKP durante aceleración

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	13,25
Mínima	-8,267
Promedio	2,492
Período (ms)	0,166
Frecuencia (kHz)	6,01

Nota. Se indica la tensión máxima y mínima, así como la frecuencia y el período del sensor CKP en aceleración (5000 rpm).

Grabación señal sensor CMP (Efecto HALL)

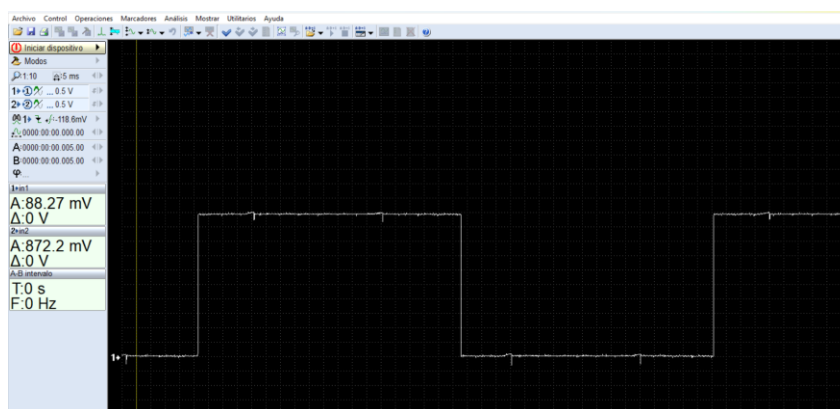
Se debe considerar que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal del sensor CMP:

1. Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del USB Autoscope.
2. Conectar la sonda de prueba en cualquiera de las primeras cuatro entradas del USB Autoscope, las entradas 5 y 6 también pueden ser utilizadas, pero están diseñadas para tolerar tensiones más elevadas.
3. Conectar punta de sonda al cable de señal.
4. Configurar las escalas de tensión y tiempo a 1V y 50 ms por división, respectivamente.
5. Encender el motor.

6. Mantener en ralentí y acelerar.
7. Grabar la señal para su posterior análisis. Verificar la amplitud de la onda, la forma de onda y su frecuencia.

Figura 53.

Señal del sensor CMP inductivo



Nota. Se visualiza la señal del sensor CMP en el programa “USB Oscilloscope”.

Tabla 26.

Valores de tensión del sensor CMP durante ralentí

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	5,098
Mínima	0,06
Promedio	2,579
Período (ms)	91,4
Frecuencia (HZ)	10,94

Nota. Se presenta la tensión máxima y mínima, así como la frecuencia y el período del sensor CMP en ralentí (671 rpm).

Tabla 27.

Valores de tensión del sensor CMP durante aceleración

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	5,058
Mínima	0,078
Promedio	2,568
Período (ms)	22,6
Frecuencia (HZ)	44,25

Nota. Se detalla la tensión máxima y mínima, así como la frecuencia y el período del sensor CMP en aceleración (5000 rpm).

Grabación de la señal del sensor TPS

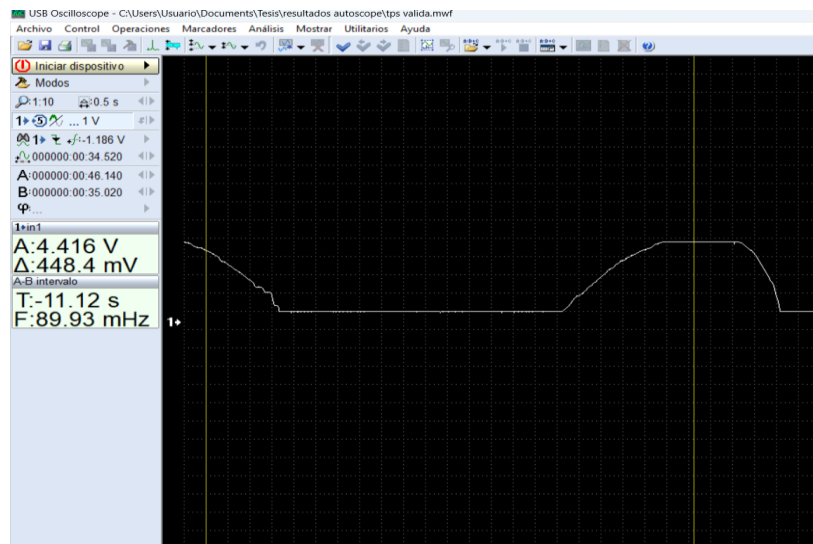
Se debe tener presente que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal del sensor TPS:

1. Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del Autoscope.
2. Conectar la sonda de prueba en cualquiera de las primeras cuatro entradas del USB Autoscope, las entradas 5 y 6 también pueden ser utilizadas, pero están diseñadas para tolerar tensiones más altas.

3. Conectar punta de sonda al cable de señal.
4. Configurar las escalas de tensión y tiempo a 1V y 500 ms por división, respectivamente.
5. Colocar en contacto el motor.
6. Realizar un movimiento suave del pedal del acelerador hasta la máxima posición y quitar suavemente.
7. Grabar la señal para su posterior análisis. No debería haber interrupciones, picos a tierras o caídas en la forma de onda.

Figura 54.

Señal del sensor TPS



Nota. Se observa la señal del sensor TPS, grabada a través del USB Autoscope.

Tabla 28.

Valores de tensión del sensor TPS durante funcionamiento normal

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	4,416
Mínima	0,600
Promedio	2,5115

Nota. La presenta tabla contiene los valores de tensión máxima y mínima durante las pruebas en condiciones de operación normal.

Grabación de la señal del sensor IAT

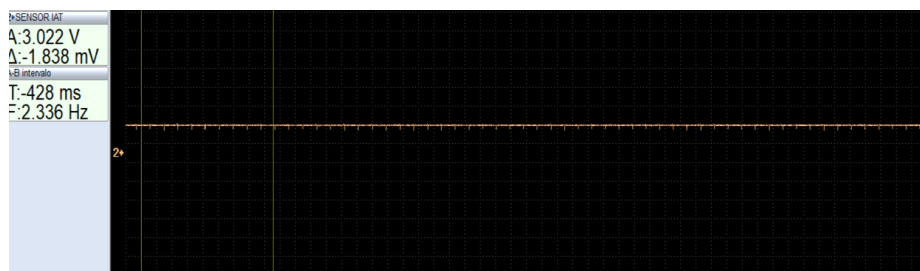
Se debe tomar en cuenta que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal del sensor IAT:

- 1 Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del Autoscope.
- 2 Conectar la sonda de prueba en cualquiera de las primeras cuatro entradas del USB Autoscope, las entradas 5 y 6 también pueden ser utilizadas, pero están diseñadas para tolerar tensiones más elevadas.
- 3 Conectar punta de sonda al cable de señal.
- 4 Configurar las escalas de tensión y tiempo a 1V y 5 s por división, respectivamente.
- 5 Colocar en contacto el motor.

- 6 Revisar tensión de la onda debe de estar aproximadamente entre 3 V (depende de las condiciones climáticas).
- 7 Encender el motor y revisar la tensión.
- 8 Grabar la señal para su posterior análisis. Para observar la respuesta del sensor, es necesario ingresar aire caliente en los conductos de entrada de aire.

Figura 55.

Señal del sensor IAT



Nota. Se aprecia la señal del sensor IAT en el programa “USB Oscilloscope”.

Tabla 29.

Valores de tensión del sensor de IAT

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	3,61
Mínima	2,977
Promedio	3,2935

Nota: Las tensiones máximas y mínimas son 3,61V y 2,977V respectivamente, esta tensión depende de la temperatura del aire de entrada.

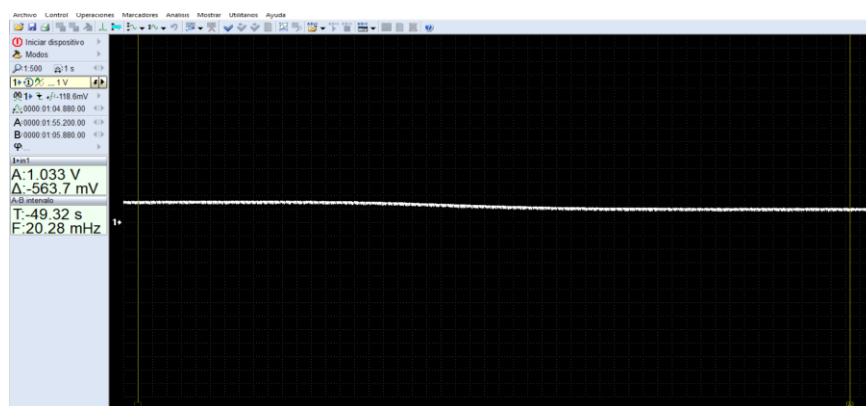
Grabación de la Señal del Sensor ECT

Se debe tomar en consideración que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal del sensor ECT:

- 1 Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del Autoscope.
- 2 Conectar la sonda de prueba en cualquiera de las primeras cuatro entradas del USB Autoscope, las entradas 5 y 6 también pueden ser utilizadas, pero están diseñadas para tolerar tensiones más altas.
- 3 Conectar punta de sonda al cable de señal.
- 4 Configurar las escalas de tensión y tiempo a 1V y 5 s por división, respectivamente.
- 5 Encender el motor y revisar la tensión en la condición de ralentí.
- 6 Grabar la señal para su posterior análisis.

Figura 56.

Señal del sensor ECT



Nota. Se observa la señal del sensor ECT, captada a través del USB Autoscope.

Tabla 30.

Valores de tensión del sensor ECT durante condición normal

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	1,6
Mínima	1,001
Promedio	1,3005

Nota. La tensión máxima registrada es de 1,6 V y la mínima de 1,001 V.

Grabación de la señal del solenoide de purga de canister

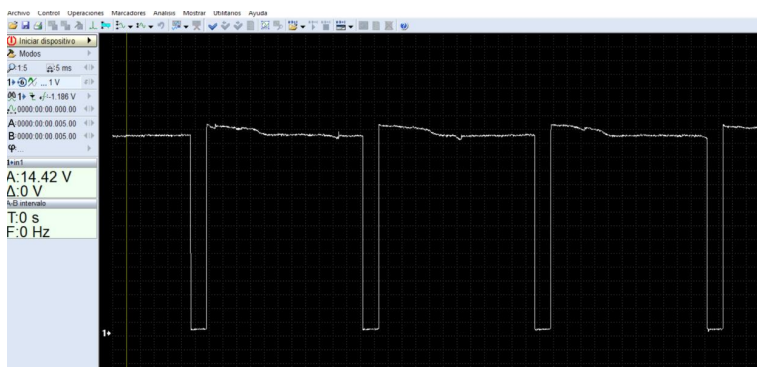
Se debe tener presente que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación de la señal del solenoide de purga de canister:

1. Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del Autoscope.
2. Conectar la sonda de prueba en cualquiera de las primeras cuatro entradas del USB Autoscope, las entradas 5 y 6 también pueden ser utilizadas, pero están diseñadas para tolerar tensiones más elevadas.
3. Configurar la escala de tensión y tiempo a 5V y 20ms por división, respectivamente.

4. Prender el motor y mantener las revoluciones a 2500 por 2 -3 minutos hasta que el mismo entre en modo de ciclo cerrado. Verificar esta acción observando el valor del sensor de oxígeno.
5. Evaluar la señal en ralentí y aceleración.
6. Grabar la señal para su posterior análisis. Verificar que las dimensiones de la amplitud, frecuencia, forma y ancho de pulso sean las correctas y repetitivas.

Figura 57.

Señal de la válvula EVAP



Nota. Se visualiza la señal del solenoide de purga de cánister en el programa “USB Oscilloscope”.

Tabla 31.

Valores de tensión de la válvula EVAP

Parámetros	Tensión (V)
Máxima	14,9
Mínima	0,339
Promedio	7,6195

Nota. Se detallan la tensión máxima, mínima y promedio del solenoide de purga de canister.

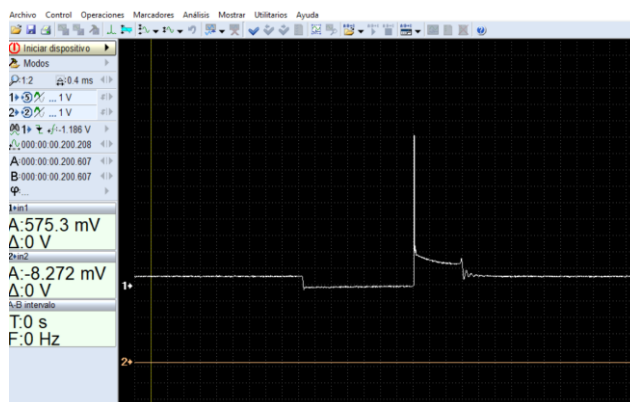
Grabación de la señal del circuito primario de la bobina

Se debe tomar en consideración que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación del primario de la bobina. Para realizar esto, es necesario el uso de un atenuador.

- Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del Autoscope.
- Conectar un atenuador de 20:1 en las entradas 5 o 6.
- Conectar el adaptador de 3 pines a bnc al atenuador y después las puntas de osciloscopio.
- Configurar la escala de tensión y tiempo a 1V y 1ms por división, respectivamente.
- Conectar la masa del osciloscopio al chasis y la punta de prueba al cable de la señal del circuito primario.
- Evaluar la señal en ralentí y aceleración.
- Grabar la señal para su posterior análisis. Verificar la línea de disparo, tensión de quemado, línea de quemado y oscilaciones de la bobina.

Figura 58.

Señal del primario de la bobina



Nota. Se aprecia la señal del primario de la bobina, grabada a través del USB Autoscope.

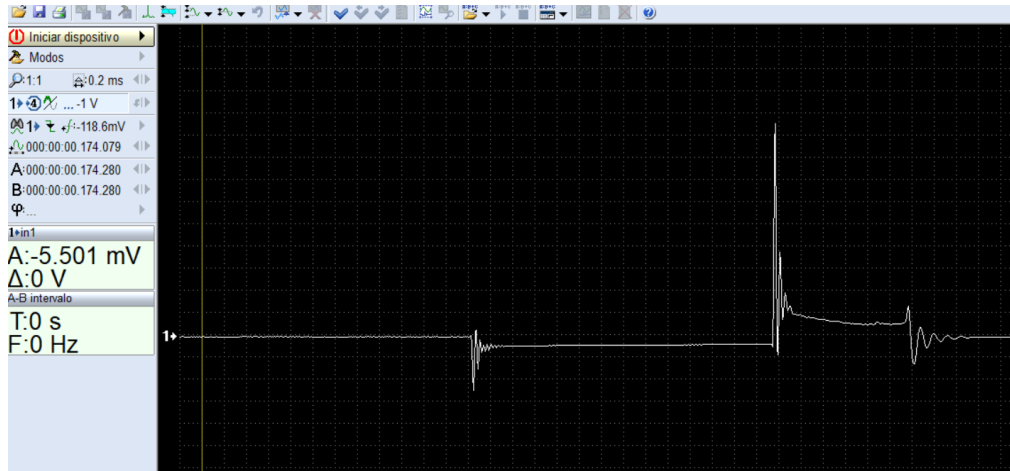
Grabación de la señal del secundario de la bobina

Se debe tener presente que las entradas del equipo sean las adecuadas, así como la configuración de tensión y tiempo para una correcta grabación del secundario de la bobina. El uso de un sensor CKP inductivo facilitará la grabación de esta señal.

1. Seguir los pasos del protocolo para uso inicial del Autoscope.
2. Conectar el adaptador de 3 pines a bnc y después las puntas de osciloscopio. Se puede utilizar cualquiera de las entradas de la 1 a la 6. Tomar en cuenta que las entradas 5 y 6 están diseñadas para tensiones más elevadas.
3. Conectar puntas de osciloscopio a los cables de conexión de un sensor CKP.
4. Conectar el cable de alimentación negativo al negativo de la batería.
5. Configurar la escala de tensión y tiempo a 1V y 1ms por división, respectivamente.
6. Colocar el sensor CKP sobre cualquiera de los cables de bujía.
7. Evaluar la señal en ralentí y aceleración.
8. Grabar la señal para su posterior análisis. Verificar la línea de disparo, tensión de quemado, línea de quemado y oscilaciones de la bobina.

Figura 59.

Señal del secundario de la bobina



Nota. Se observa la señal del secundario de la bobina en el programa “USB Oscilloscope”.

Ejecución de protocolos

Grabación de señales durante funcionamiento en condiciones normales

Para realizar la grabación de las señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección en condiciones normales, primero se debe ejecutar el protocolo para evaluar el estado del vehículo y determinar si se encuentra apto para realizar la investigación.

La siguiente figura evidencia que se realizó el mantenimiento respectivo de acuerdo a su kilometraje (41308 km), antes de efectuar el estudio.

Figura 60.

Comprobante del mantenimiento respectivo antes de la ejecución de la investigación.

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cant.	Descripción
88863938	R	1.00	LIMPIADOR PARTES Y FRENOS
1125422	R	2.00	ACEITE DE TRANSMISION 75W90
2721869	R	1.00	FILTRO DE ACEITE
1127797	R	4.00	ACEITE 10W30
9095714140	R	1.00	RODELA TAPON CARTER
42517127	R	1.00	PASTILLAS DE FRENO
ECVAC	R	4.00	ECOVALOR ACEITE
E0200	SE	1.00	BALANCEAR RUEDAS
E2010	SE	1.00	ALINEACION DE RUEDAS
J0020	SI	1.00	CAMBIAR ACEITE/ FILTRO MOTOR / INSP. MULTIPUNTO
INSL	SI	1.00	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS POR INSUMOS
K2010	SI	1.00	CAMBIAR ACEITE CAJA MANUAL
PM-1999	SI	1.00	LIMPIAR REVISAR Y REGULAR FRENOS ROTAR Y REVISAR
H0042	SI	1.00	CAMBIO PASTILLAS DE FRENO

Nota. Se especifica las acciones realizadas durante el último mantenimiento del vehículo.

Posteriormente, se debe medir gases de acuerdo al protocolo de uso del analizador “Kane Autoplus”. Previo a realizar esto, se debe verificar que las condiciones ambientales sean las adecuadas.

Figura 61.

Medición de gases en condiciones normales

ANALIZADOR GASES		TACOMETRO	
Modelo	AGS-688	Modelo	
Número de Serie	: 102513000564	Número de Serie	
Número de Homologación	: DMX0202EST0060NET	Número de Homologación	
Fecha vencimiento calibración	: 12/01/2023	Fecha vencimiento calibración	
DATOS TALLER			
NOMBRE			
ADDRESS			
TELEPHONE			
ZIP-CITY			
FAX-EMAIL			
DATOS DEL VEHICULO			
Marca	: FORD	No. Chasis	: 23348971R0706
Modelo	: CHEVROLET	No. Serie de Esvape	: 1
Medio	: SPARK GT	2 Tiempos 1.4 Tiempos	: 4
Año de Construcción	: 2018	Odómetro	: 38278
Combustible	: GASOLINA		
LIMITES PRESCRITOS			
Temperatura Motor	: 88 [°C]	Régimen Motor en Aceleración	: 2400-2800 [1/min]
Régimen Motor al Mínimo	: 500-1200 [1/min]	CO	: 1.0 [100%]
CO2	: 5.0 [100%]	HC	: 300 [ppm]
VALORES MEDIDOS			
PRUEBA AL MINIMO		PRUEBA EN ACCELERACION	
Temperatura Motor	: 88 [°C]	Temperatura Motor	: 88 [°C]
PM10	: 450 [1/min]	PM10	: 2400 [1/min]
CO	: 0.88 [100%]	CO	: 0.83 [100%]
CO2	: 14.9 [100%]	CO2	: 15.1 [100%]
CO	: 1.48 [100%]	CO	: 0.89 [100%]
HC	: 1 [ppm]	HC	: 3 [ppm]
Lumina	: 1.099 [1]	Lumina	: 1.022 [1]
RESULTADO DEL TEST			
: APROBADO SIN FALTAS			
Fecha y hora de inicio prueba : 18/11/2022 11:42:56			
Fecha y hora de término prueba : 18/11/2022 11:45:21			
Examinador : CARBONCARRAS GONZALEZ			



Nota. En la parte izquierda de la figura se aprecia el resultado del test oficial, a la derecha se visualiza la pantalla del analizador con las mediciones de los distintos gases.

Finalmente, se coloca la sonda de pruebas del USB Autoscope en los diferentes componentes que conforman el sistema de inyección electrónica. Se debe seguir las indicaciones que se encuentran en los protocolos para la grabación de las señales de sensores y actuadores, las cuales fueron detalladas con anterioridad.

Figura 62.

Sonda de pruebas en los sensores MAP e IAT



Nota. En la presente imagen, se observa las sondas de prueba del USB Autoscope colocadas en los cables de señal, tanto del sensor MAP como del sensor IAT.

Grabación de señales durante mal funcionamiento de uno o más sensores o actuadores del sistema de inyección

Primero, se mide los gases aplicando el protocolo de uso del analizador “KANE Autoplus” para comprobar que el motor esté funcionando correctamente.

Figura 63.

Medición de gases antes de la prueba de mal funcionamiento.



Nota. En la figura, se observa los valores de dióxido de carbono, monóxido de carbono, oxígeno e hidrocarburos, previo a la prueba de mal funcionamiento los sensores y actuadores del sistema de inyección.

Después, se apaga el motor y se desconectan los sensores y/o actuadores que se van a registrar en mal funcionamiento durante la prueba.

Figura 64.

Sensor MAP y TPS desconectados



Nota. En la imagen, se aprecia los sockets de los sensores MAP y TPS desconectados para realizar la prueba de mal funcionamiento de los mismos.

Se coloca la llave en posición de “ON” y se mide las tensiones de los sensores y/o actuadores desconectados.

Figura 65.

Tensión de señal del sensor MAP desconectado



Nota. Con la ayuda de un multímetro, se registran las tensiones de señal o control de masa de los sensores y/o actuadores que se van a desconectar. En este caso, la tensión de señal del sensor MAP es de 0.005 V.

Se coloca la sonda de pruebas en el resto de sensores y actuadores de los cuales se necesite grabar la señal. De igual forma, se debe seguir los protocolos de grabación de señales de sensores y actuadores.

Figura 66.

Sondas conectadas durante una prueba de mal funcionamiento



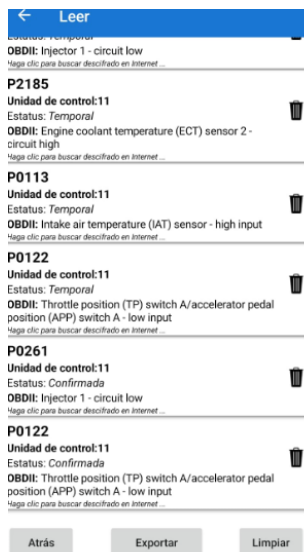
Nota. Se observa sondas de prueba colocadas en la válvula IAC, EVAP y socket de inyectores.

Se enciende el vehículo y se procede a grabar las señales. En algunos casos, es necesario acelerar el motor para que pueda mantener el ralentí.

Se verifica los códigos de error que genera la ECU con la ayuda de un escáner o una interfaz OBD II. En la siguiente figura, se visualiza la captura de pantalla de los DTC's registrados durante una prueba de mal funcionamiento.

Figura 67.

Códigos registrados por la ECU durante una prueba de mal funcionamiento.



Nota. En la presente figura, se aprecia los códigos registrados por la ECU visualizados con la ayuda de una interfaz OBD II.

Finalmente, se registra el valor de los gases de escape tanto en ralentí como en aceleración mediante el analizador “KANE Autoplus”.

Figura 68.

Medición de gases durante una prueba mal funcionamiento.



Nota. En la imagen, se observa la pantalla del analizador “KANE Autoplus” durante una prueba de mal funcionamiento. Los valores de CO y HC son demasiado altos.

Capítulo IV

Análisis de las señales del sistema de inyección electrónica en motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado

El análisis de las señales sistema de inyección electrónica del VP se realizó en condiciones de funcionamiento normal (CN) y durante fallo de uno o más sensores y/o actuadores. En condiciones normales, se analizó los oscilogramas de cada elemento para verificar si la forma de onda era la adecuada y si sus valores característicos (tensión, frecuencia, etc.) se encontraban dentro de los rangos establecido en el capítulo III.

Durante condición de fallo, se tabuló los datos del resto de sensores y/o actuadores; así como los resultados del analizador de gases, para calcular la variación con respecto a condiciones normales y determinar qué sensor y/o actuador tuvo mayor incidencia.

Oscilogramas en condiciones normales

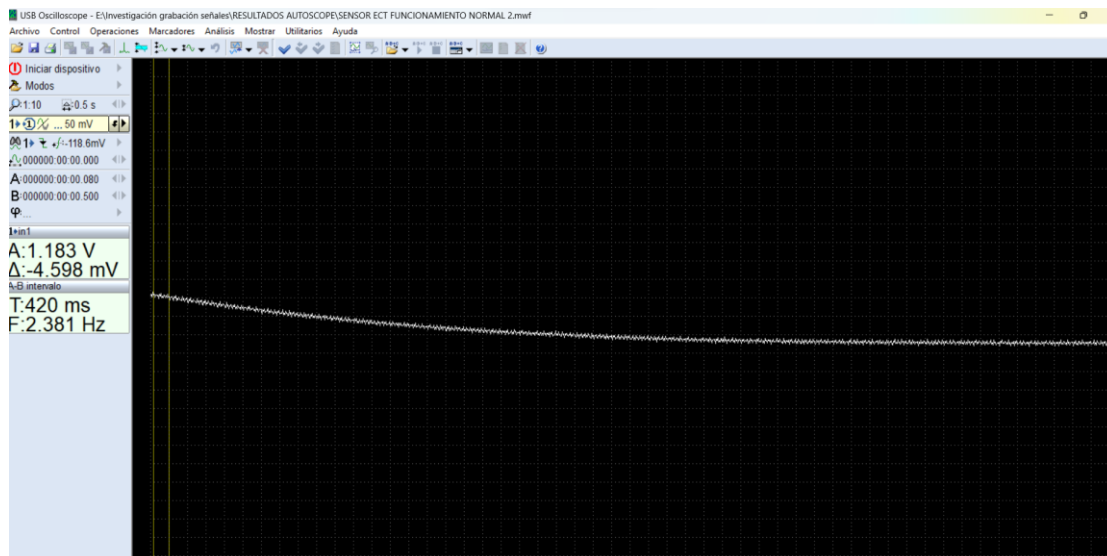
Un oscilograma es una representación gráfica de la forma de una onda que indica sus características (como amplitud o frecuencia). La onda se grafica en función del tiempo y puede ser tanto sinusoidal como cuadrada, dependiendo del tipo de señal que reciba el osciloscopio (digital o análoga).

Sensor ECT

Los rangos de tensión de este sensor se encuentran entre 1,001V a 1,6V; al no ser una onda repetitiva no cuenta con una frecuencia o periodos definidos.

Figura 69.

Onda del sensor ECT en CN



Nota. En la figura, el eje X corresponde al desplazamiento en el tiempo y el eje Y al desplazamiento en tensión.

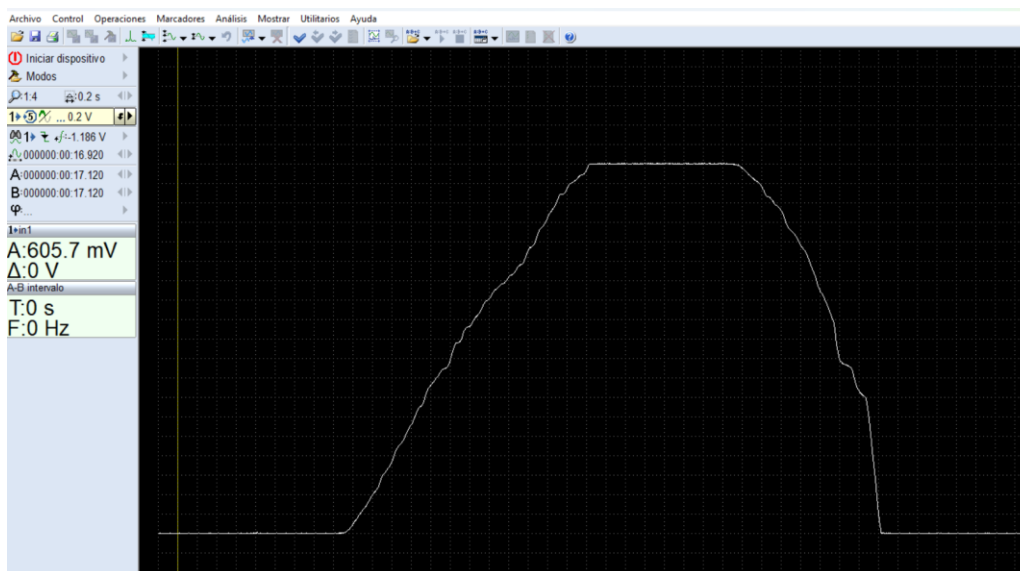
La tensión inicial de la figura fue de 1,201 V y disminuyó hasta 1,071 V. La tensión máxima se encuentra 0,4V (25%) por debajo del límite superior y la mínima 0,07V (4,3%) por encima del límite inferior; se observa que la onda es continua y no existe la presencia de picos, lo que prueba que el sensor está en buen estado.

Sensor TPS

La tensión de este sensor varía entre 0,6V y 4,416V en función de la apertura de la mariposa de aceleración. No posee una frecuencia o periodo definidos ya que no es una onda repetitiva.

Figura 70.

Onda del sensor TPS en CN



Nota. El eje X (horizontal) representa el tiempo y el eje Y (vertical) a la tensión. Se aprecia que la tensión se incrementa a medida que se abre la mariposa del acelerador.

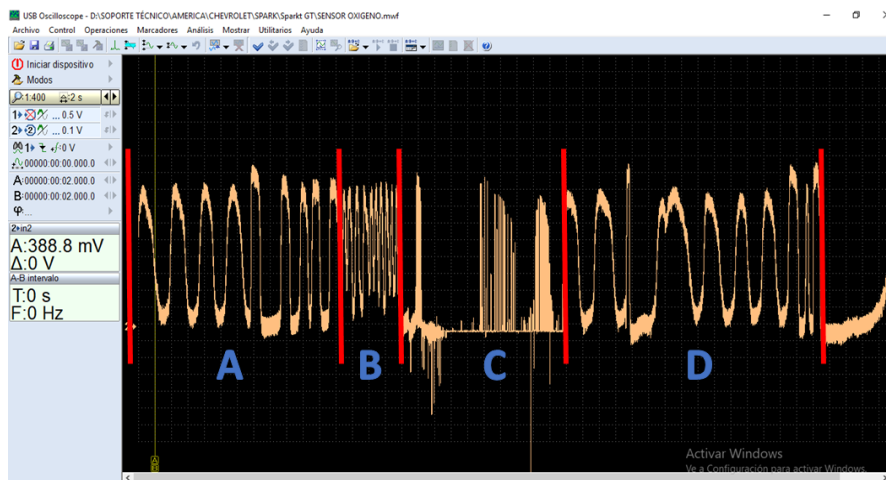
Se observa que la onda del sensor TPS no presenta interrupciones o caídas a tierra, lo que demuestra que el sensor se encuentra en buen estado. La tensión mínima es de 0,605 V, la cual se encuentra 0,005V (0,13%) encima del límite inferior y llega hasta un máximo de 4,407 V, 0,009V (0,24%) por debajo del límite superior; por ende, está dentro del rango establecido lo que quiere decir que la resistencia interna es la adecuada, así como la tensión de referencia.

Sensor de oxígeno

La tensión mínima de este sensor es 0,01V y puede llegar hasta un valor cercano a 1V. En ralentí, la frecuencia es de 0,298 Hz y durante una aceleración brusca puede llegar a los 1,812 Hz.

Figura 71.

Onda del sensor de oxígeno en CN



Nota. En la presente figura, se observa la señal del sensor de oxígeno en condición de ralentí y aceleración brusca del motor. El eje X corresponde al desplazamiento en el tiempo y el eje Y al desplazamiento en tensión.

Es conveniente dividir esta onda en distintas etapas:

A- Se observa un trabajo normal del sensor. Su frecuencia es de 0,297 Hz (0,001 Hz por debajo del límite inferior). El principal aspecto a tener en cuenta es la amplitud de la onda, con valores que oscilan de 0,035V (0,025V por encima del límite inferior) a 0,85V (0,15V por debajo del límite superior). Estos valores son comunes a temperatura de trabajo (80 °C).

B- En este caso, se aprecia que la frecuencia aumenta a 1,65 Hz (0,162Hz por debajo del límite superior), debido a una aceleración brusca. Es normal este aumento de frecuencia ya que denota que el sensor tiene una respuesta rápida ante cualquier evento.

C- Se observa una línea recta con valores bajos de 0,026V (0,016V por encima del límite inferior), lo cual indica una mezcla pobre durante la combustión. Esta forma de onda es

debido a que después de una aceleración brusca la ECU hace un corte en la inyección y deja de suministrar combustible al interior de los cilindros.

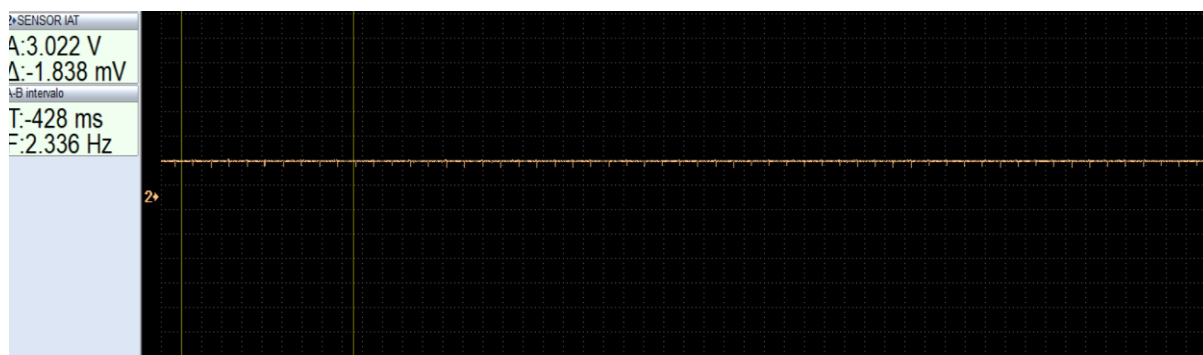
D- Se observa la recuperación del nivel de rpm en el vehículo. La señal presenta las mismas características que la etapa "A", con una frecuencia de 0,261 Hz (0,037 Hz por debajo del límite inferior).

Sensor IAT

La tensión de este sensor varía de 2,977V a 3,61 V; debido a que no es una onda repetitiva no cuenta con una frecuencia o periodo definidos.

Figura 72.

Onda del sensor IAT en CN.



Nota. En la figura, el eje X (horizontal) corresponde al tiempo y el eje Y (vertical) a la tensión.

El cambio de temperatura es mínimo durante la grabación.

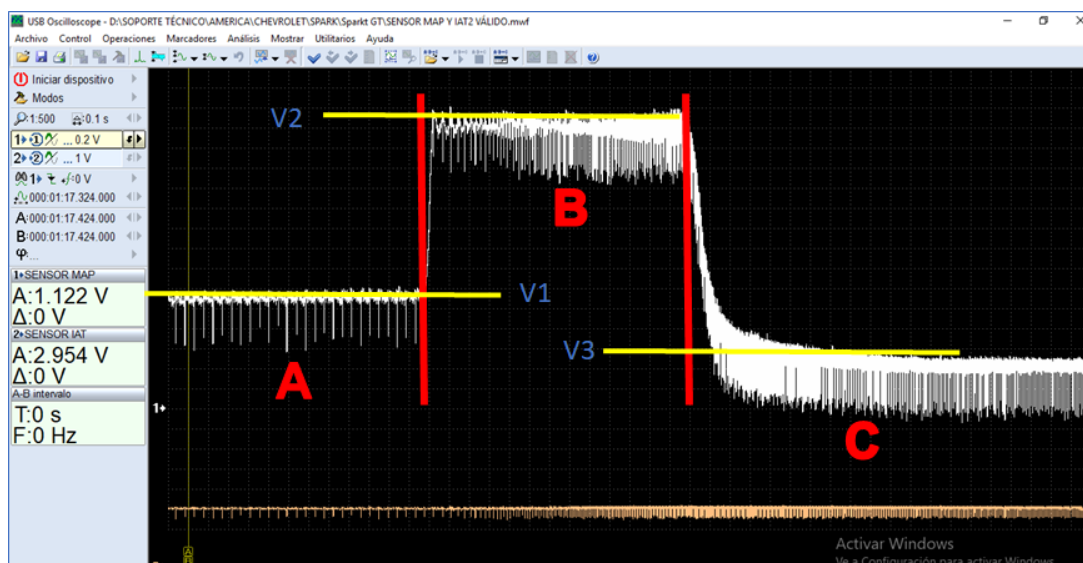
La señal del sensor es estable, no se presentan picos. La tensión varía en función de la temperatura ambiente del aire, razón por la cual no se registra un cambio brusco de la señal. La tensión registrada es de 3,022V, la cual se encuentra 0,045V por encima del límite inferior.

Sensor MAP

La tensión de este sensor durante ralentí es de 1,05V, en una aceleración brusca puede llegar a los 3,013V y llegar hasta un mínimo de 0,471V. Esta onda no cuenta con una frecuencia o periodo definidos debido a que no se repite constantemente.

Figura 73.

Onda del sensor MAP en CN



Nota. Se visualiza la señal del sensor MAP durante ralentí y una aceleración brusca. El eje X corresponde al desplazamiento en el tiempo y el eje Y al desplazamiento en tensión.

Es conveniente dividir esta onda en distintas etapas:

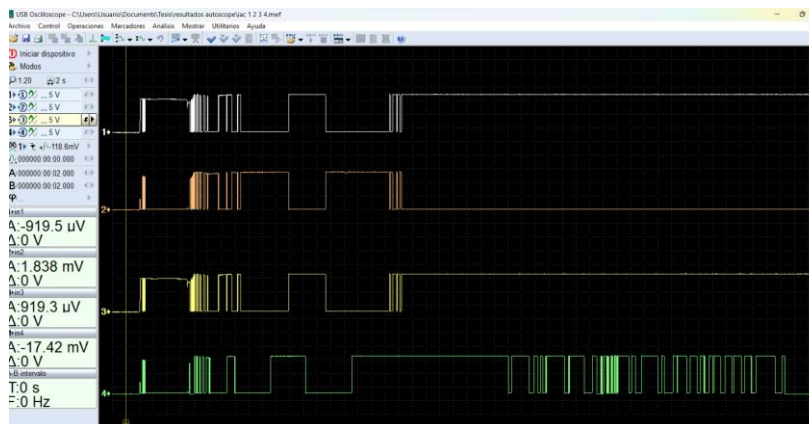
- A. Etapa de ralentí: Se obtiene un valor de tensión de 1,122 V (V1), que se encuentra 0,072V sobre el límite inferior, debido al valor de presión atmosférica del lugar donde se midió la señal, la sierra cuenta con una presión de 72 kPa y la costa de 101,3 kPa. Esa tensión es normal en ralentí y a mayor presión mayor tensión. El vacío en el múltiple de admisión ocasiona este valor de tensión.
- B. Etapa de aceleración brusca: La mariposa de aceleración está completamente abierta (WOT), alcanzando su valor de tensión máximo. En este caso, se registra un valor de 3,013 V, el cual se encuentra justo en el límite superior.
- C. Etapa de cierre brusco de la mariposa de aceleración: El motor sigue revolucionado por lo que con la aleta cerrada va a succionar más cantidad de aire, disminuyendo la tensión a 0,501V, 0,03V encima del límite inferior. Es una acción normal que nos indica que no existen fugas en el sistema de admisión.

Válvula IAC

La tensión máxima de esta válvula es de 13,98V y la mínima de 0,317V. La frecuencia y el periodo cambian constantemente en función de los pulsos de la ECU.

Figura 74.

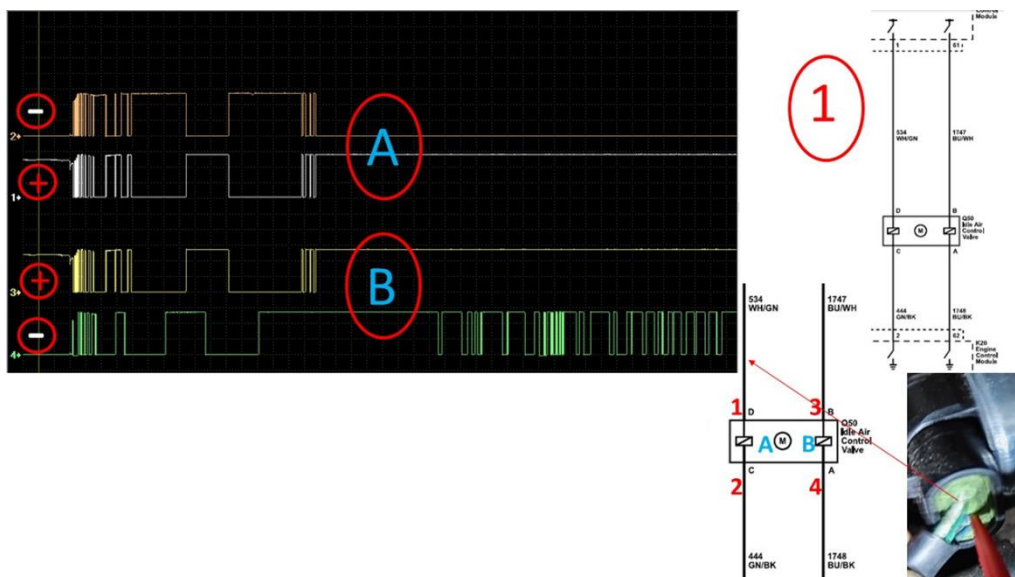
Onda de los 4 canales de la válvula IAC en CN



Nota. En la figura, se observa la señal de los 4 canales de la válvula IAC. El tiempo se encuentra en el eje X y la tensión en el eje Y.

Figura 75.

Análisis de la onda de la válvula IAC en CN



Nota. En la figura, se presenta un análisis de las señales en función del diagrama eléctrico de la válvula IAC.

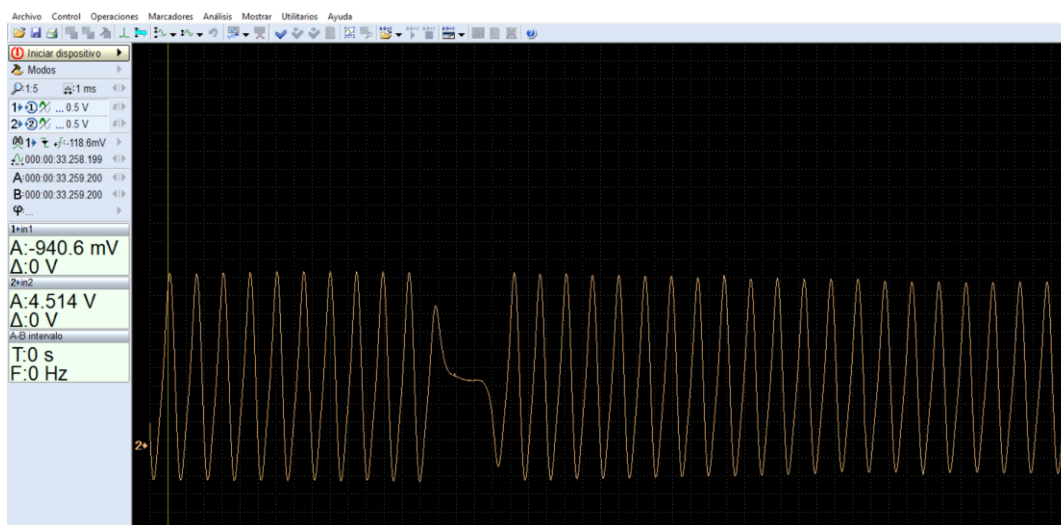
La forma de onda de la válvula IAC es la de un motor de paso de 4 vías. En el tramo final de la gráfica, se observa que en la bobina "A" cuando el canal 1 es máximo (13,98V) el 2 es mínimo (0,339V), obteniendo cero movimientos dentro de la misma. En cuanto a la bobina "B", el canal 3 se va quedar polarizada con 13,98 V, mientras que el canal 4 va a estar brindando pulsos para hacer correcciones en el ralentí. El diagrama 1 muestra las conexiones de esta válvula con la ECU, facilitando la comprensión de su funcionamiento.

Sensor CKP

La señal del sensor CKP es una onda sinusoidal cuya amplitud y frecuencia aumenta a medida que aumentan las revoluciones del motor. En ralentí, los rangos de tensión varían de - 4,63V a 4,63V con una frecuencia de 676Hz; y en aceleración (5500 rpm), de 13,25V a - 8,267V, con una frecuencia de 6010 Hz

Figura 76.

Onda del sensor CKP en CN



Nota. Se observa la forma de onda durante ralentí del sensor CKP. El desplazamiento en el tiempo corresponde al eje X y en tensión al eje Y.

Durante la grabación en CN, la tensión máxima alcanzó los 4.63 V y la frecuencia 675 Hz, estos valores están justo en límite superior; mientras que en aceleración la tensión aumentó a 13.25 V y la frecuencia a 6010 Hz. La onda es repetitiva y no presenta variación en ningún tramo, lo que indica que los dientes de la rueda dentada se encuentran en buen estado. En la figura, se aprecia una discontinuidad en la onda, que corresponde a la porción de la

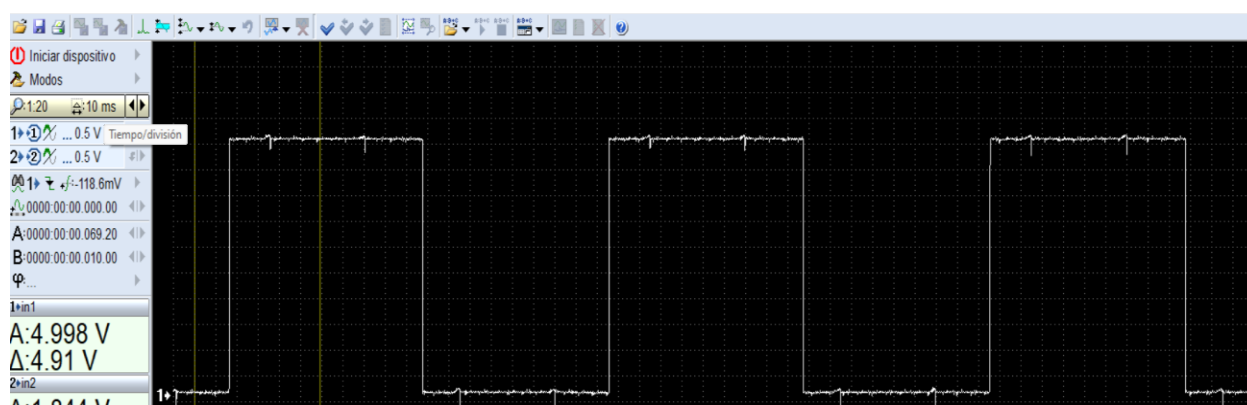
rueda dentada con dientes faltantes. Esta discontinuidad indica que el cilindro número uno se encuentra en el punto muerto superior.

Onda del sensor CMP

La señal del sensor CMP es una onda cuadrada. La tensión máxima es de 5,098V y la mínima de 0,06V, la frecuencia puede variar de 10,94 Hz a 44,25 Hz.

Figura 77.

Onda del sensor CMP en CN

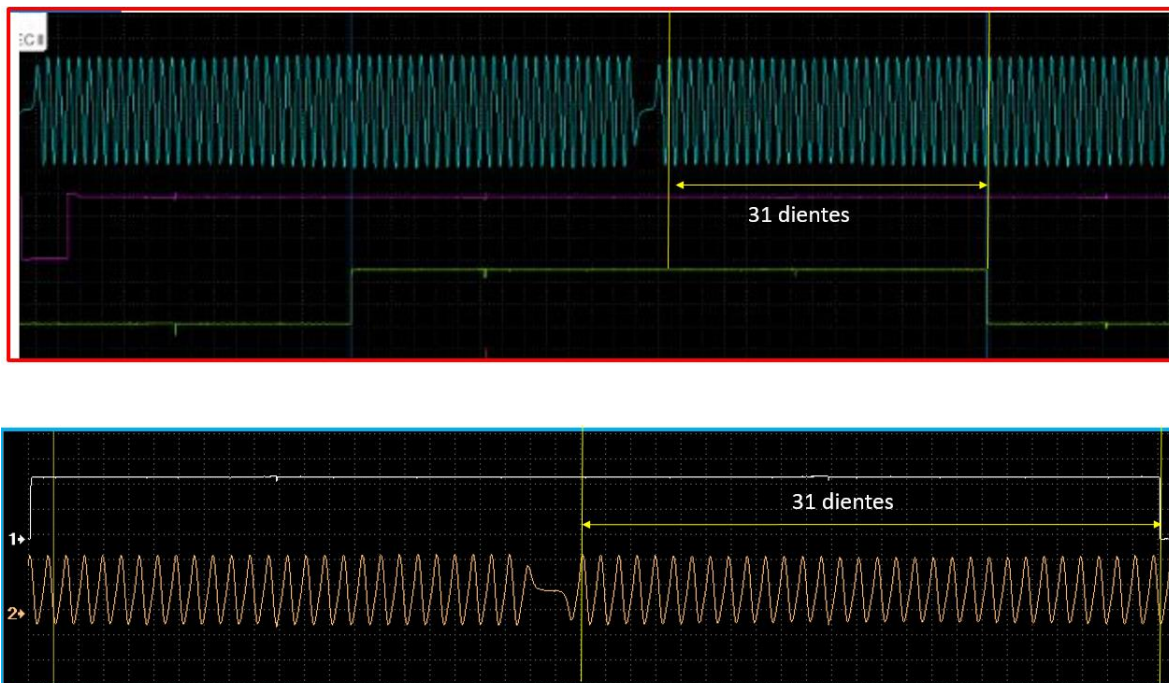


Nota. En la figura, se aprecia la forma de onda durante ralenti del sensor CMP. El eje X corresponde al tiempo y el eje Y a la tensión.

La señal de la figura es repetitiva, lo que indica que los dientes de la rueda dentada se encuentran en buenas condiciones. La tensión registrada es de 4,998V, 0,1V debajo del valor máximo. En ralenti, la frecuencia es de 10,92 Hz (0,02 Hz por debajo del valor máximo), mientras que en aceleración es de 44.20 Hz (0,05 Hz por debajo de límite máximo).

Figura 78.

Correlación del sensor CKP y CMP



Nota. En la presente figura, se compara la correlación del sensor CKP y CMP del vehículo de pruebas con una gráfica patrón.

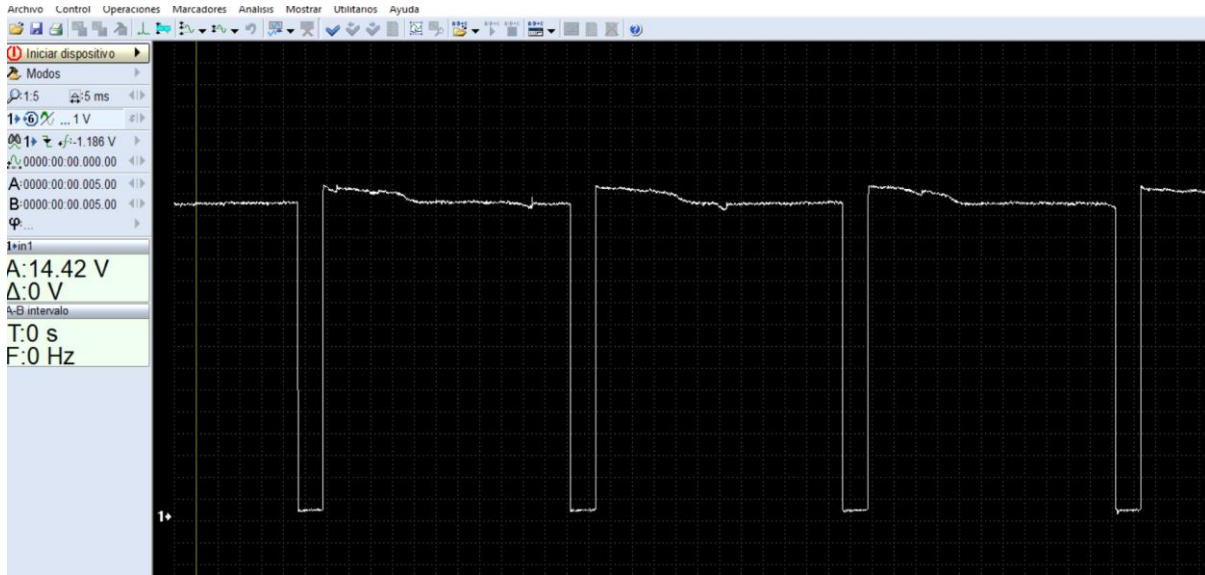
Para determinar si la correlación entre el sensor CKP y CMP es la adecuada, se debe comparar la onda obtenida con una onda patrón. En la figura, se aprecia que el número de dientes desde la discontinuidad de la onda del sensor CKP hasta el final del pulso del sensor CMP es el mismo que el de la onda patrón (31 dientes). Por tanto, el tiempo del motor es el adecuado.

Solenoide de purga de cánister

La tensión máxima llega a 14,9V y la mínima a 0,339. La frecuencia y periodo cambian constantemente en función de los pulsos proporcionados por la ECU.

Figura 79.

Onda de la válvula EVAP en CN



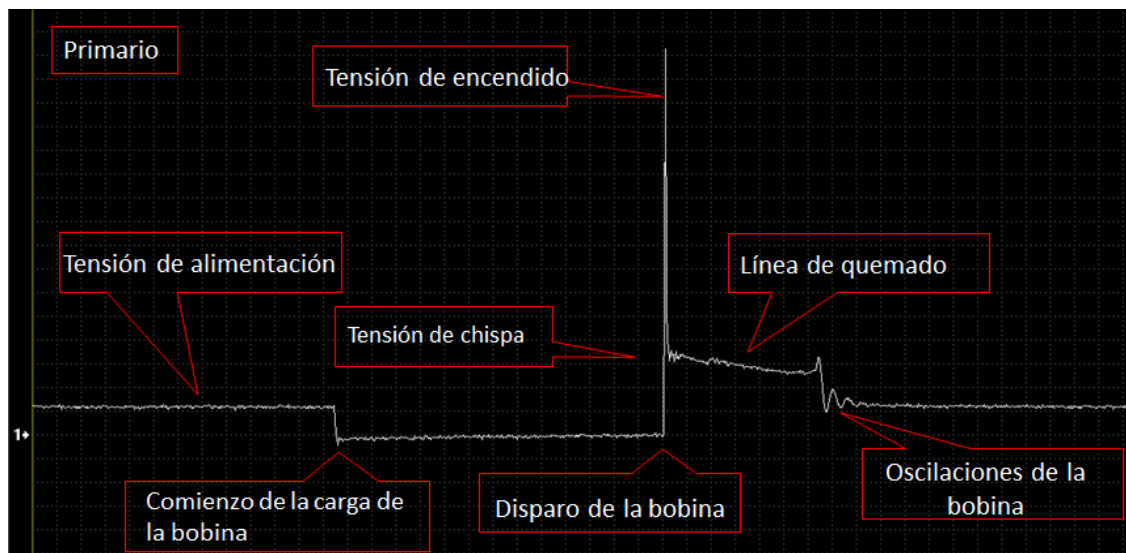
Nota. En la figura, se visualiza los pulsos proporcionados por la ECU para controlar la apertura de la válvula. El eje X indica el desplazamiento en el tiempo y el eje Y en tensión.

La onda del solenoide de purga de cánister es una onda cuadrada debido a que recibe una tensión positiva de forma constante, y la ECU es encargada de proporcionar los pulsos negativos para que funcione la válvula. Se aprecia una tensión de 14,42 V (0,48V por debajo del rango superior).

Señal del circuito primario de la bobina

Figura 80.

Onda del primario de la bobina en CN



Nota. En la figura, se observan las distintas partes de la onda del circuito primario de la bobina. El eje X corresponde al tiempo y el eje Y a la tensión.

Esta onda se encuentra conformada por las siguientes partes:

Tensión de chispa (35V): Debe ser un trazo constante, lo que indica un buen funcionamiento de la bujía. Así como también, la calidad de la mezcla aire/combustible. Mezcla demasiado pobre corresponde a una tensión alta. Mezcla demasiado rica corresponde a una tensión baja.

Línea de quemado (1,12 ms): El trazo debe estar limpio, sin ruidos. Mucho ruido significa fallas en el sistema. Bujías defectuosas, encendido adelantado o inyector defectuoso.

Tensión de alimentación (12,4V): Esta tensión debe mantenerse relativamente constante hasta la caída de la misma.

Período Dwell (2,7 ms): Empieza cuando la tensión cae a cero y la bobina comienza a cargarse. Finaliza con el disparo de la bobina.

Tensión de encendido (200V): Se manifiesta producto de la ruptura del campo magnético. Una tensión muy alta indica una resistencia alta en el secundario en el caso contrario sería una resistencia baja (fuga de corriente).

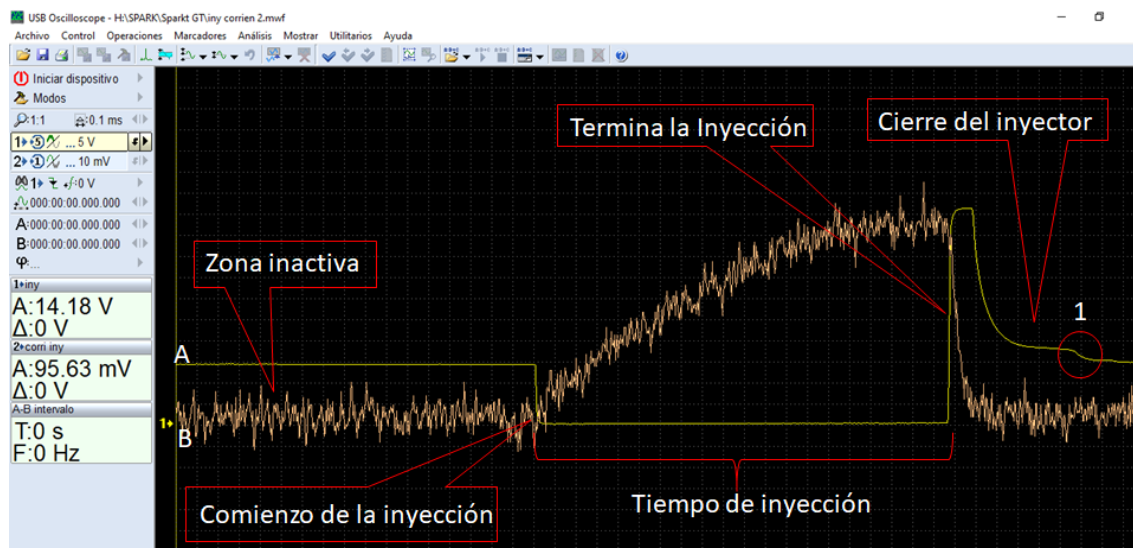
Oscilaciones de la bobina (4): Debemos esperar al menos 3 oscilaciones indicando el buen estado de la bobina.

Señal del Inyector

La tensión inducida puede llegar a un valor de 51,53V, y el tiempo de inyección tanto en ralentí como en aceleración es de 1,94 ms y 11,24 ms, respectivamente. La intensidad de corriente máxima de este componente es de 1 A.

Figura 81.

Onda del inyector en CN



Nota. En la figura, se aprecia la forma onda de tensión (A) y de intensidad corriente (B). El desplazamiento en el tiempo se encuentra en el eje X y en tensión en el eje Y.

El análisis del inyector se debe hacer utilizando dos formas de onda, la una es para los valores de tensión (Canal A) y la otra de intensidad corriente (Canal B).

Zona Inactiva: En esta parte el inyector no está trabajando por lo tanto se observa una línea recta con un valor de tensión de 14,2 V y consumo de corriente de 0 A. En esta parte es importante observar que se tienen los 14,2 V que vienen del sistema de alimentación.

Comienzo de la inyección: En este punto la ECU le envía un pulso negativo o masa al inyector, de esta manera cierra el circuito y comienza la apertura del inyector. La curva de intensidad de corriente (B) comienza a subir gradualmente su valor debido al trabajo mecánico del mecanismo del inyector. El valor de la intensidad de corriente llega hasta un valor de 0,94 A (0,06A por debajo del rango superior).

Tiempo de inyección: Es el tiempo que se mantiene el inyector abierto. Se registró un valor en ralentí de 1,92ms (0,02ms por debajo del rango superior). Durante aceleración brusca, este tiempo se incrementó a 11ms (0,2 ms por debajo del límite superior) para poder asimilar la cantidad de aire que está entrando en ese instante. Al soltar el acelerador, después de una aceleración brusca, el inyector deja de trabajar hasta que alcance la condición de ralentí.

Final de la etapa de inyección: La ECU deja de activar el inyector. En este momento se produce una ruptura del campo magnético que rodea la bobina por lo cual se induce un valor de tensión elevado, produciendo un pico de 51V, 0,53V por debajo del límite superior. Se alcanza el valor máximo de intensidad corriente, que cae rápidamente al dejar de trabajar el inyector

Cierre del inyector: La aguja del mismo va en camino a cerrarse a través de la bobina provocando una tensión de inducción que se refleja en la curva. En el punto 1 es el momento en que el inyector ha cerrado completamente.

Análisis de gases del VP en CN

Tabla 32

Medición de gases en CN

Condiciones normales			
Gases ralentí		Gases 3500 rpm	
CO ₂	13,90%	CO ₂	14,60%
CO	0,03%	CO	0,16%
O ₂	1,90%	O ₂	0,44%
HC	20 ppm	HC	35 ppm

Nota. En la presente tabla, se indican valores en condiciones normales del analizador de gases.

Los valores de dióxido de carbono tanto en ralentí como en aceleración, son altos (13.9% y 14.6%, respectivamente), lo que indica que la combustión se realiza de forma adecuada. Una combustión perfecta sólo tendrá como productos dióxido de carbono y agua. Los valores de monóxido de carbono e hidrocarburos son bajos en ambas condiciones, evidencia de que la mezcla no es rica. Finalmente, los valores de oxígeno en ralentí y aceleración no son elevados (1.9% y 0.44%, respectivamente), lo cual demuestra que la mezcla tampoco es pobre y se encuentra en una proporción adecuada.

Pruebas durante mal funcionamiento de uno o más sensores y/o actuadores.

Falla del sensor ECT

Tabla 33

Falla del sensor ECT

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0118	ECT	5,077	5,077					
Entrada alta del circuito del sensor de temperatura del refrigerante del motor	TPS	0,62	4,32	CO2	13,60%		14,6%	
	MAP	1,022	1,951	CO	0,01%		0,4%	
	IAT	3,6	3,6			671 RPM		3000 RPM
	O2	0,04	0,843	O2	2,39%		0,4%	
	EVAP	14,6	14,6					
	IAC	14,1	14,1					
	Inyector	1,8	11,4	HC	18 ppm		33 ppm	

Nota. Se detallan las tensiones de los sensores y actuadores del sistema de inyección, así como el tiempo de inyección durante falla el sensor ECT.

El sensor ECT envía una señal alta de 5V debido a que está desconectado. Las tensiones de los sensores: TPS, MAP, IAT y oxígeno se encuentran dentro del rango de valores de CN. Las válvulas IAC y EVAP tienen una tensión de alrededor 14 V y el inyector posee un tiempo de inyección mínimo de 1,8 ms y máximo de 11,4 ms; valores similares a CN. Respecto a gases, los valores de CO2, CO, O2 y HC se encuentran dentro de los rangos establecidos tanto en ralentí como en aceleración. La principal indicación de falla de este sensor es la activación del electro ventilador.

Falla del sensor IAT**Tabla 34.**

Falla sensor IAT

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0113 Circuito del sensor IAT entrada alta	ECT	1,33	1,33	CO2	13,62%	671 RPM	13,50%	3000 RPM
	TPS	0,62	4,32					
	MAP	1,046	2,61	CO	0,01%			
	IAT	5,03	5,03					
	O2	0,08	0,884	O2	2,38%			
	EVAP	14.57	14.57					
	IAC	14	14	HC	17 ppm			
Inyector	2	10,4						

Nota. Se indican las señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección cuando falla el sensor IAT.

Se registra una señal alta del sensor IAT (5V). Las señales del resto de sensores (ECT, TPS, MAP, O2) así como de los actuadores (IAC, EVAP, inyector), se encuentran dentro del rango de valores registrado en CN. Con relación a gases, los valores de CO2, CO, O2 y HC no sufren un incremento excesivo ni en ralentí ni en aceleración. No se enciende la luz MIL de forma inmediata ya que la ECU recibe información concerniente a la temperatura del sensor ECT.

Falla del sensor de oxígeno**Tabla 35.***Falla sensor de oxígeno*

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gas es	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0031	ECT	1,374	1,374	CO2	13,70 %		13,40%	
Sensor de oxígeno calentado (ho2s) 1, banco 1, control del calefactor-circuito bajo	TPS	0,62	4,32					
	MAP	1,015	2,777	CO	0,21%		0,19%	
	IAT	3,33	3,33	O2	1,52%	673 RPM	1,33%	3000 RPM
	O2	0,005	0,005					
	EVAP	14,8	14,8	HC	56 ppm		93 ppm	
	IAC	14,1	14,1					
	Inyector	2	10					

Nota. Se muestran las tensiones de los sensores y actuadores, así como el tiempo de inyección durante la falla el sensor O2.

La Unidad de control electrónico asigna un valor de 0,45V constante para el sensor de oxígeno cuando detecta la ausencia de señal del mismo; este valor indica una mezcla estequiométrica. Las señales del resto de sensores y actuadores no presentan ninguna variación significativa con respecto a CN. Referente a gases, los valores de CO2, CO, O2 y HC se encuentran dentro de los rangos establecidos tanto en ralentí como en aceleración. La luz MIL no se enciende de forma inmediata al momento de desconectar el sensor.

Falla del sensor TPS**Tabla 36.***Falla del sensor TPS*

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0122	ECT	1,31	1,21	CO2	13,60%	600 RPM	13,90%	3000 RPM
Sensor de posición de la mariposa entrada baja del circuito	TPS	0	0					
	MAP	1,07	2,9	CO	0,08%	600 RPM	0,07%	3000 RPM
	IAT	3,23	3,21					
	O2	0,02	0,930	O2	1,03%	600 RPM	1,39%	3000 RPM
	EVAP	14,6	14,6					
	IAC	14,1	14,1	HC	63	600 RPM	60 ppm	3000 RPM
	Inyector	1,82	11,2					

Nota. Se detallan las tensiones de los sensores y actuadores, así como el tiempo de inyección cuando falla el sensor TPS.

El sensor TPS envía una señal baja cercana a los 0V debido a que no se encuentra conectado. Los sensores ECT, MAP, IAT, O2 presenta valores similares a CN, así como la válvula IAC, EVAP e inyector. En cuanto a gases, los valores de CO2, CO, O2 y HC no sufren ningún cambio significativo. La luz MIL se enciende de forma inmediata cuando detecta una señal baja del sensor.

Falla del sensor MAP

Tabla 37

Falla sensor MAP

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0107 Entrada baja en el circuito de presión absoluta del múltiple	ECT	1,31	1,31	CO2	10,70%	710 RPM	12,40%	3000 RPM
	TPS	0,62	4,32					
	MAP	0	0	CO	4,66%		2,62%	
	IAT	3,21	3,21					
	O2	0,913	0,926	O2	1,75%		0,78%	
	EVAP	14,6	14,6					
	IAC	14,1	14,1	HC	498 ppm		282 ppm	
Inyector	2,24	8,8						

Nota. Se indican las señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección cuando falla el sensor MAP.

La señal del sensor MAP es baja (0V) debido a su desconexión. Las tensiones del sensor ECT, TPS e IAT son similares a CN. El sensor de oxígeno envía una tensión mayor a 0,45V, lo que indica una mezcla rica. Las válvulas IAC y EVAP cuentan con la misma tensión que en CN (alrededor de 14V) y el inyector presenta un tiempo de inyección mínimo de 2,24 ms y máximo 8,8 ms; la mayor variación se evidencia en ralentí donde el tiempo se incrementó en 0,3 ms. Respecto a gases, los valores de CO se incrementaron en 4,63% en ralentí y 2,46% en aceleración, los HC 478 ppm en ralentí y 247 ppm en aceleración. Esto confirma la presencia de una mezcla rica. La ECU trata de corregir esta condición aumentando las revoluciones en ralentí (710 rpm) y encendiendo la luz MIL.

Falla de la válvula IAC

Tabla 38

Falla de la válvula IAC

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gas es	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0511 Circuit o de control de aire inactiv o	ECT	1,21	1,01	CO2	13,60	600 RPM	13,90%	3000 RPM
	TPS	0,62	4,32		%			
	MAP	1,08	2,1	CO	0,08%			
	IAT	3,31	3,31	O2	1,03%			
	O2	0,04	0,93	O2	1,03%			
	EVAP	14,7	14,7	HC	63 ppm		60 ppm	
	IAC	0	0					
Inyector	3,62	11,2						

Nota. Se muestran las tensiones de los sensores y actuadores, así como el tiempo de inyección durante la falla de la válvula IAC.

Las revoluciones durante ralentí son más bajas (600 rpm) porque la ECU no puede controlar al motor paso a paso de la válvula IAC. Las tensiones del sensor ECT, MAP, IAT, TPS y oxígeno son parecidas a CN. La válvula EVAP presenta la misma tensión que en CN (alrededor de 14V). El tiempo de inyección mínimo del inyector es de 3,62 ms y máximo de 11,2 ms; la mayor variación se encuentra en ralentí donde el tiempo de inyección se incrementó en 1,68 ms.

Referente a gases, los valores de CO2, CO, O2 y HC no superan los rangos establecidos ni en ralentí ni en aceleración. Esto se debe a que la ECU realiza correcciones para mantener estable el ralentí con la información del resto de sensores. La luz MIL se enciende de forma inmediata.

Falla del Inyector**Tabla 39***Falla inyector*

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gas es	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0261 Circuit o bajo en el inyecto r 1	ECT	1,21	1,11	CO2	8,40%	685 RPM	8,50%	3500 RPM
	TPS	0,618	4,21					
	MAP	1,327	2,743	CO	0,19%			
	IAT	3,41	3,32					
	O2	0,375	0,375	O2	9,21%		9,15%	
	EVAP	14,9	14,9	HC	163 ppm		167 ppm	
	IAC	14,15	14,15					
Inyector	3,12	11,2						

Nota. Se detallan las señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección cuando falla un inyector.

Se registra un incremento de las revoluciones en ralentí (685 rpm) para compensar la pérdida de trabajo de un cilindro. Las tensiones del sensor ECT, IAT y TPS se encuentran dentro del rango de valores de CN. El sensor MAP incrementó su tensión en ralentí en 0,277 V, debido a que la válvula IAC permitió el ingreso de más aire para incrementar las revoluciones. El sensor de oxígeno se mantiene en valores por debajo de 0,45V, evidencia de una mezcla pobre. Esto se debe al oxígeno extra, proporcionado por el cilindro que no está trabajando. Con respecto a los actuadores, la válvula EVAP presenta una tensión parecida a CN (alrededor de 14V) y el inyector posee un tiempo de inyección mínimo de 3,12 ms y máximo 11,2 ms; la mayor variación se encuentra en ralentí donde el tiempo de inyección se incrementó en 1,18 ms.

En relación a gases, el dióxido de carbono disminuyó 5,5% en ralentí y 6,1% en aceleración. Esto indica que la combustión no es adecuada. El monóxido de carbono y los hidrocarburos se mantienen por debajo de los límites establecidos; el oxígeno se incrementó 7,31% en ralentí y 8,71% en aceleración, lo que confirma la presencia de mezcla pobre. La luz MIL indica de forma instantánea la falla de este actuador.

Falla del sensor ECT-O2

Tabla 40

Falla del ECT-O2

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0118	ECT	5,02	5,02	CO	13,70			
Entrada alta del circuito del sensor de temperatura del refrigerante del motor	TPS	0,6	4,18	2	%		10,90%	
	MAP	1,078	2,698					
	IAT	3,32	3,32	CO	0,13%		0,32%	
P0031	O2	0,005	0,005			671 RPM		
Sensor de oxígeno calentado (ho2s) 1, banco 1, control del calefactor - circuito bajo	EVAP	14,1	14,26	O2	2,43%		4,50%	3000 RPM
	IAC	13,88	13,82					
	INYECTOR	2,2 ms	10,6 ms	HC	33 ppm		144 ppm	

Nota. Se indican las tensiones de los sensores y actuadores, así como el tiempo de inyección mientras fallan los componentes ECT-O2.

Se establece una tensión constante de 0,45V para el sensor de oxígeno por parte de la ECU, misma que indica una mezcla estequiometría. Las tensiones de los sensores TPS, MAP e IAT no sufren variaciones considerables en relación a CN. El sensor ECT proporciona una señal de tensión alta (5,02V). Las válvulas IAC y EVAP registran una misma tensión que en CN (alrededor de 14V) y el inyector presenta un tiempo de inyección mínimo de 2,2 ms y máximo de 10,6 ms; la variación en ralentí es de 0,26 ms.

Referente a gases, los valores de CO₂, CO, O₂ y HC se encuentran dentro de los rangos establecidos tanto en ralentí como en aceleración. La luz MIL no se enciende de forma inmediata durante esta prueba.

Falla del sensor ECT-inyector

Tabla 41.

Falla del ECT-inyector

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0261	ECT	5,03	5,03					
Circuito bajo en el inyector 1	TPS	0,618	2,15	CO ₂	8,30%		8,60%	
	MAP	1,305	2,81					
	IAT	3,561	3,581	CO	0,16%		0,82%	
P0118	O ₂	0,05	0,1					
Entrada alta del circuito del sensor de temperatura del refrigerante del motor	EVAP	14,39	14,39	O ₂	9,25%		8,61%	
	IAC	13,7	13,7			690 RPM		3000 RPM
	Inyector	3,2	10,4	HC	148 ppm		170 ppm	

Nota. Se muestran las señales de los sensores y actuadores durante la falla del ECT e inyector.

Se incrementa las revoluciones en ralentí (690 rpm) para compensar la pérdida de trabajo de un cilindro. Las tensiones del sensor IAT y TPS no superan los rangos establecidos en CN. El sensor MAP incrementa su tensión en ralentí en 0,255 V, debido a que la válvula IAC permite el ingreso de más aire para incrementar las revoluciones. La señal del sensor de oxígeno se encuentra por debajo de los 0,45V, evidencia de una mezcla pobre. El sensor ECT proporciona una señal alta (5,03V). Las válvulas EVAP e IAC tienen una tensión cercana a 14V y el inyector presenta un tiempo de inyección mínimo de 3,2 ms y máximo 10,4 ms; la mayor variación se encuentra en ralentí donde el tiempo de inyección se incrementó en 1,26 ms.

El dióxido de carbono disminuyó 5,6% en ralentí y 6% en aceleración. Esto indica que la combustión no es adecuada. El monóxido de carbono y los hidrocarburos se mantienen por debajo de los límites establecidos. El oxígeno, se incrementó 7,35% en ralentí y 8,17% en aceleración, lo que confirma la presencia de mezcla pobre. La luz MIL y el electro ventilador se encienden de forma instantánea y el motor vibra durante su funcionamiento.

Falla del sensor MAP-IAC

Tabla 42.

Falla del MAP-IAC

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0511	ECT	1,44	1,31	CO2	10,50%	900 RPM	11,13%	3000 RPM
Circuito de control de aire inactivo	TPS	0,6	3,7					
P0107	MAP	0	0	CO	4,97%	900 RPM	2,52%	3000 RPM
	Entrada baja en el circuito de presión absoluta del multiple	IAT	3,27					
P0107	O2	0,720	0,74	O2	1,94%	900 RPM	2,16%	3000 RPM
	Entrada baja en el circuito de presión absoluta del multiple	EVAP	14,2					
P0107	IAC	0	0	HC	910 ppm	900 RPM	1200 ppm	3000 RPM
	del multiple	Inyector	5					

Nota. Se detallan las tensiones de los sensores y actuadores cuando fallan los componentes MAP-IAC.

El sensor MAP envía una señal baja, cercana a los 0V, debido a que está desconectado. Las tensiones del sensor ECT, TPS e IAT se encuentran dentro del rango de valores establecidos en CN. El sensor de oxígeno envía una tensión mayor 0,45V, lo que indica una mezcla rica. Con respecto a los actuadores, la válvula EVAP presenta la misma tensión que en CN (alrededor de 14v) y el inyector posee un tiempo de inyección mínimo de 5 ms y máximo de 24,24 ms; en ralentí, el tiempo se incrementó 3,06 ms y en aceleración 13,04 ms. Este incremento se debe a que es necesario acelerar el motor a 900 rpm para mantenerlo encendido.

Con relación a gases, los valores de CO₂ disminuyeron en 3,4% y 3,47%, en ralentí y aceleración respectivamente, lo cual indica una combustión inadecuada. Los valores de CO se incrementan en 4,94% en ralentí y 2,36% en aceleración. Los HC se incrementaron 890 ppm en ralentí y 1165 ppm en aceleración. Esto confirma la presencia de una mezcla excesivamente rica. La luz MIL se enciende de forma inmediata y el motor vibra excesivamente durante su funcionamiento.

Falla del inyector y sensor MAP

Tabla 43.

Falla del inyector – MAP

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor - Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM - Ralentí	Aceleración	RPM - Aceleración
P0107	ECT	1,2	1,3					
Entrada baja en el circuito de presión absoluta múltiple	TPS	0,6	3,1	CO2	9,20%		7,60%	
	MAP	0	0					
	IAT	3,18	3,2	CO	1,51%	720 RPM	3,02%	2100 RPM
P0261	O2	0,870	0,898	O2	6,97%		7,82%	
Circuito bajo en el inyector 1	EVAP	14,1	14,1					
	IAC	14,03	14,03	HC	151 ppm		1053 ppm	
	INYECTOR	3,76	8					

Nota. Se indican las señales de los sensores y actuadores mientras fallan los componentes inyector- MAP.

Las tensiones de los sensores ECT, TPS e IAT presentan valores parecidos a CN. La señal del sensor de oxígeno es superior a los 0,45V, evidencia de una mezcla rica. La señal del sensor MAP es baja (0V). Las válvulas EVAP e IAC presentan una tensión cercana a 14V, y el inyector posee un tiempo de inyección mínimo de 3,76 ms y máximo de 8 ms; en ralentí, el tiempo se incrementó 1,82 ms.

Referente a gases, los valores de CO2 disminuyeron 4,7% y 7%, tanto en ralentí como en aceleración, respectivamente; en base a esto, la combustión no es adecuada. Los valores de CO se incrementaron 1,48% en ralentí y 2,86% en aceleración; los HC varían 131 ppm en ralentí y 1018 ppm en aceleración. Esto confirma la presencia de una mezcla excesivamente rica. El oxígeno también presenta un incremento de 5,07% en ralentí y 7,38% en aceleración; sin embargo, estos valores son menores a los presentados cuando únicamente falla el inyector.

Las correcciones que realiza la ECU proporcionan una mezcla rica en el resto de cilindros; a pesar de eso, el oxígeno aportado por el cilindro que no trabaja sigue siendo alto. El motor vibra en exceso y la luz MIL se enciende durante esta condición.

Falla del inyector- sensor de O2**Tabla 44.***Falla del inyector – O2*

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyector (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM - Ralentí	Aceleración	RPM - Aceleración
P0130 Mal funcionamiento del circuito del sensor de oxígeno (o2) (banco 1 sensor 1)	ECT	1,43	1,43	CO2	7,50%	720 RPM	9,90%	3000 RPM
	TPS	0,65	3,2					
	MAP	1,27	2,5	CO	0,03%	0,07%		
	IAT	3,25	3,23					
P0261 Circuito bajo en el inyector 1	O2	0,001	0,001	O2	10,61%	7,40%		
	EVAP	14,1	14,4	HC	87 ppm	128 ppm		
	IAC	14,03	14,03					
	INYECTOR	2,88	11,4					

Nota. Se muestran las tensiones de los sensores y actuadores, así como el tiempo de inyección, durante la falla de los componentes inyector-sensor O2.

La ECU incrementa las revoluciones en ralentí (720 rpm) para compensar la pérdida de trabajo de uno de los cilindros y establece un valor constante de 0,45V para el sensor de oxígeno. Las tensiones de los sensores IAT, ECT y TPS son parecidas a CN. El sensor MAP incrementó su tensión en ralentí 0,22 V, debido a que la válvula IAC permitió el ingreso de más aire. En lo que corresponde a los actuadores, las válvulas EVAP e IAC tienen la misma tensión que en CN (alrededor de 14V) y el inyector presenta un tiempo de inyección mínimo de 2,88 ms y máximo 11,4 ms; en ralentí el tiempo de inyección se incrementó 0,94 ms.

Con relación a gases, el dióxido de carbono disminuyó 6,4% en ralentí y 4,7% en aceleración. Esto demuestra una combustión inadecuada. El monóxido de carbono y los hidrocarburos se mantienen por debajo de los límites establecidos; el oxígeno, se incrementó

8,71% en ralentí y 6,96% en aceleración, lo que confirma la presencia de mezcla pobre. El motor vibra y la luz MIL se enciende.

Falla de los sensores ECT-TPS-IAT

Tabla 45.

Falla del ECT- TPS-IAT

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases					
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración	
P0113	Circuito del sensor entrada alta del IAT	ECT	5,02	5,02	CO ₂	13,90%	14,9%		
		TPS	0	0					
		MAP	1,093	2,9	CO	0,03%	0,07%		
P0118	Entrada alta del circuito del sensor de temperatura del refrigerante del motor	IAT	5,04	5,04	O ₂	1,89%	671 RPM	0,41%	3000 RPM
		O ₂	0,065	0,843					
		EVAP	14,1	14,1					
P0122	Sensor de posición de la mariposa entrada baja del circuito	IAC	13,5	13,5	HC	12 ppm	20 ppm		
		INYECTOR	2	10					

Nota. Se detallan las señales de los sensores y actuadores mientras fallan los componentes ECT- TPS- IAT.

La tensión del sensor de oxígeno se encuentra dentro del rango de valores de CN. El sensor TPS envía una señal baja, cercana a los 0V. Los sensores ECT e IAT registran una tensión alta (5V). Las tensiones de las válvulas IAC y EVAP son similares a CN (alrededor de 14V) y el inyector posee un tiempo de inyección mínimo de 2 ms y máximo de 10 ms; no varía respecto a CN.

En cuanto a gases, los valores de CO₂, CO, O₂ y HC se encuentran dentro de los rangos establecidos tanto en ralentí como en aceleración. La ECU únicamente enciende el electroventilador y la luz MIL en esta condición.

Falla del inyector-IAC- MAP

Tabla 46.

Falla del inyector-IAC-MAP

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0261	ECT	1,23	1,12					
Circuito bajo en el inyector 1	TPS	0,6	4,2	CO ₂	6,70%		10,20%	
	MAP	0	0					
P0511	IAT	3,22	3,13	CO	0,31%		3,96%	
Circuito de control de aire inactivo	O ₂	0,01	0,985		12,17%	710 PM	3,78%	3500 RPM
	EVAP	14,1	14,1	O ₂				
P0107	IAC	0	0					
Entrada baja en el circuito de presión absoluta del múltiple	Inyector (ms)	2,8	14,16	HC	14 ppm		131 ppm	

Nota. Se indican las tensiones de los sensores y actuadores, así como el tiempo de inyección cuando fallan los componentes inyector-IAC-MAP.

El sensor de oxígeno envía una tensión menor a 0,45V durante ralentí y mayor a 0,45V en aceleración. Se registra una tensión baja del sensor MAP (0V). Los sensores ECT, TPS e IAT presentan tensiones parecidas a las pruebas de CN.

En lo que respecta a los actuadores, la válvula EVAP tienen una tensión de 14,1V y el inyector posee un tiempo de inyección mínimo de 2,8 ms y máximo de 14,16 ms; en ralentí, el tiempo se incrementó 0,86 ms y en aceleración 2,92 ms.

Los valores de CO₂ disminuyeron 7,2% y 4,4%, en ralentí y aceleración respectivamente, evidencia de que la combustión no es la adecuada. En ralentí, los valores de CO y HC se mantienen dentro de los rangos establecido, pero el oxígeno se incrementa 10,27%; mientras que, en aceleración, el CO se incrementa 3,8% y los HC 96 ppm. El oxígeno se incrementa 3,34%, aunque en comparación con otras pruebas del inyector en falla, no es un valor tan elevado.

La luz MIL se enciende rápidamente y el motor vibra excesivamente durante esta prueba. Los datos expuestos con anterioridad demuestran que la ECU no realiza correcciones precisas, porque en ralentí se evidencia una mezcla demasiado pobre y en aceleración lo contrario.

Falla del inyector-MAP- ECT

Tabla 47.

Falla del inyector-ECT-MAP

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor - Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM - Ralentí	Aceleración	RPM - Aceleración
P0261	ECT	5,03	5,03	CO ₂	10,80%		11,40%	
Circuito bajo en el inyector 1	TPS	0,6	3,1					
P0118	MAP	0	0	CO	2,98%		4,25%	
Entrada alta del circuito del sensor de temperatura del refrigerante del motor	IAT	3,23	3,19					
P0107	O ₂	0,087	0,096	O ₂	3,59%	900 PM	1,57%	3300 RPM
Entrada baja en el circuito de presión absoluta del múltiple	EVAP	14,1	14,1					
	IAC	13,93	14,07	HC	230 ppm		748 ppm	
	Inyector	3,84	14,8					

Nota. Se muestran las señales de los sensores y actuadores durante la falla de los componentes inyector-ECT-MAP.

La válvula IAC debe realizar algunas correcciones para incrementar de forma significativa las revoluciones en ralentí (900 rpm). Las tensiones de los sensores IAT y TPS no sufren variaciones significativas con respecto a CN. El sensor MAP envía una señal de tensión baja, cercana a 0V. La señal del sensor de oxígeno es superior a 0,45V, evidencia de una mezcla rica.

El inyector posee un tiempo de inyección mínimo de 3,84 ms y máximo 14,8 ms; la variación en ralentí es de 1,9 ms y en aceleración de 3,56 ms. Las válvulas EVAP e IAC tienen una tensión parecida a CN (14V).

El dióxido de carbono disminuyó 3,1% en ralentí y 3,2% en aceleración, la combustión es inadecuada. Los valores de CO se incrementan en 2,95% en ralentí y 4,09% en aceleración. Los HC se incrementaron 210 ppm en ralentí y 713 ppm en aceleración. Esto confirma la presencia de una mezcla excesivamente rica. El oxígeno también presenta un incremento de 1,69% en ralentí y 1,13% en aceleración; sin embargo, estos valores no son excesivos.

La computadora incrementa la inyección de combustible y enciende la luz MIL. En el transcurso de esta prueba, el motor vibra en exceso.

Falla de los sensores ECT-TPS-MAP-IAT

Tabla 48.

Falla de ECT-TPS-MAP-IAT

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor - Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM - Ralentí	Aceleración	RPM - Aceleración
P0113	ECT	5,03	5,03					
Circuito del sensor IAT entrada alta	TPS	0	0	CO2	8,00%		4,8%	
P0122	MAP	0	0					
Sensor de posición de la mariposa entrada baja del circuito	IAT	5,04	5,04	CO	7,88%		11,18%	
P0118	O2	0,805	0,852			800 RPM		2000 rpm
Entrada alta del circuito del sensor de temperatura del refrigerante del motor	EVAP	14,1	14,1	O2	2,24%		1,76%	
P0107	IAC	13,95	13,95					
Entrada baja en el circuito de presión absoluta del múltiple	Inyector	3,12	11,6	HC	886 ppm		3700 ppm	

Nota. Se detallan las tensiones de los sensores y actuadores, así como el tiempo de inyección cuando fallan los componentes ECT-TPS-MAP-IAT.

Se registra una señal baja por parte de los sensores TPS y MAP porque están desconectados. Las tensiones del sensor ECT e IAT son altas (5,03 V). El sensor de oxígeno envía una tensión mayor a 0,45V, indicio de una mezcla rica. La tensión tanto de la válvula IAC como EVAP no sufre una variación significativa con respecto a CN (alrededor de 14V) y el inyector posee un tiempo de inyección mínimo de 3,12 ms y máximo 11,6 ms; la mayor variación se evidencia en ralentí donde el tiempo se incrementó en 1,18 ms.

Los valores de CO se incrementan en 7,85% en ralentí y 11,02% en aceleración; los HC se incrementan 866 ppm en ralentí y 3665 ppm en aceleración. Esto confirma la presencia de una mezcla excesivamente rica. El porcentaje de oxígeno no es excesivo en ningún régimen de

revoluciones. Se aceleró a 800 rpm para mantener el motor funcionando. En esta condición, se enciende el electro ventilador y la luz MIL.

Falla de los sensores ECT-TPS-IAT-INYECTOR

Tabla 49.

Falla de ECT-TPS-IAT-inyector

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM Ralentí	Aceleración	RPM Aceleración
P0113	ECT	5,03	5,03					
Circuito del sensor entrada alta	IAT TPS	0	0	CO2	7,20%		7,2%	
P0122	MAP	1,29	2,71					
Sensor de posición de la mariposa entrada baja del circuito	IAT	5,04	5,04	CO	0,06%		0,25%	
P0118	O2	0,01	0,023			715 rpm		2500 rpm
Entrada alta del circuito del sensor de temperatura del refrigerante del motor	EVAP	14,1	14,1	O2	10,83%		9,99%	
P0261	IAC	13,9	13,9					
Circuito bajo en el inyector 1	INYECTOR	2,8	8	HC	123 rpm		204 ppm	

Nota. Se indican las señales de los sensores y actuadores mientras fallan los componentes ECT-TPS-IAT- inyector.

Las revoluciones en ralentí (715 rpm) son incrementadas por la ECU a causa de la pérdida de trabajo de ese cilindro. La tensión del sensor TPS es cercana a 0V. El sensor MAP incrementó su tensión en ralentí 0,24V, debido al ingreso de más aire gracias al trabajo de la válvula IAC. El sensor de oxígeno se mantiene en valores por debajo de los 0,45V, evidencia

de una mezcla pobre; el cilindro que no trabaja continúa aportando oxígeno y causa esto. El sensor ECT e IAT proporcionan una señal alta (5,04V). Con relación a los actuadores, las válvulas EVAP e IAC tienen una tensión similar a CN (14V) y el inyector presenta un tiempo de inyección mínimo de 2,8 ms y máximo 8 ms; el mayor incremento ocurre en ralentí donde el tiempo de inyección varió 0,86 ms.

Referente a gases, el dióxido de carbono disminuyó 6,7% en ralentí y 7,4% en aceleración. Esto indica que la combustión no es adecuada. El monóxido de carbono y los hidrocarburos se mantienen por debajo de los límites establecidos; el oxígeno, se incrementó 8,93% en ralentí y 9,55% en aceleración, lo que confirma la presencia de mezcla pobre. El motor vibra durante esta condición y la ECU activa tanto la luz MIL como el electroventilador

Tabla 50.

Falla del inyector-MAP-IAC-ECT

Código	Parámetro (Tensión (V), tiempo inyección (ms))			Valores del analizador de gases				
	Sensor - Actuador	Ralentí	Aceleración	Gases	Ralentí	RPM - Ralentí	Aceleración	RPM - Aceleración
P0261	ECT	5,03	5,03					
Circuito bajo en el inyector 1	TPS	0,6	3,1	CO2	6,10%		9,60%	
P0107	MAP	0	0					
Entrada baja en el circuito de Presión absoluta del múltiple	IAT	3,35	3,41	CO	6,94%		4,95%	
P0511	O2	0,672	0,871			900 RPM		2000 RPM
Circuito de control de aire inactivo	EVAP	14,1	14,1	O2	7,68%		2,19%	
P0118	IAC	0	0					
Entrada alta del circuito del sensor de temperatura refrigerante del motor	Inyector	11,6	33,2	HC	5000 ppm		1800 ppm	

Nota. Se muestran las tensiones de los sensores y actuadores, así como el tiempo de inyección durante la falla del inyector-MAP-IAC-ECT.

El motor tiende a apagarse en ralentí debido a que un cilindro no está trabajando y la ECU no cuenta con la información del sensor MAP, así como tampoco del ECT; adicional a esto, es incapaz de compensar esta condición con la válvula IAC ya que se encuentra desconectada. Por esta razón, debe mantenerse acelerado al motor a 900 rpm para que conserve su funcionamiento. Las tensiones del sensor IAT y TPS se encuentran dentro del rango de valores establecido durante CN. El sensor MAP envía una señal de tensión baja, cercana a 0V y el ECT una señal alta (5,03 V). La tensión del sensor de oxígeno es superior a 0,45V, indicio de una mezcla rica.

En lo que respecta a los actuadores, la válvula EVAP tiene la misma tensión que en CN (alrededor de 14V) y el inyector posee un tiempo de inyección mínimo de 11,6 ms y máximo 33,2 ms; la variación en ralentí es de 9,7 ms y en aceleración de 21,96 ms.

En cuanto a gases, el dióxido de carbono disminuyó 7,5% en ralentí y 5% en aceleración, la combustión es inadecuada. Los valores de CO se incrementan 6,91% en ralentí y 4,79% en aceleración; los HC subieron a 4980 ppm en ralentí y 1765 ppm en aceleración. Esto confirma la presencia de una mezcla excesivamente rica. El oxígeno también presenta un aumento de 5,78% en ralentí y 1,13% en aceleración; esto es consecuencia del aporte de oxígeno del cilindro que no trabaja.

La luz MIL se enciende de forma instantánea al detectar esta falla y el motor vibra durante su funcionamiento. Los datos descritos anteriormente muestran que la ECU realiza cambios en la cantidad de combustible inyectado de forma brusca.

Diagnóstico Avanzado

Tabla 51.

Diagnóstico avanzado

CONDICIONES NORMALES								
COMPONENTE	PARÁMETROS	Tensión (V)	COMPONENTE	PARÁMETROS	Tensión (V)	GASES RALENTÍ		
						GASES 3500 RPM		
O2	Voltaje máximo	0,974	TPS	Voltaje máximo	4,416	CO2	13,90%	14,60%
	Voltaje mínimo	0,024		Voltaje mínimo	0,607			
	Voltaje promedio	0,499		Voltaje promedio	2,5115			
	RALENTÍ (mHz)	298,3		RPM MAX.	4500			
CMP	ACELERACIÓN (Hz)	1,812	CKP	RPM MIN.	680	CO	0,03%	0,16%
	RPM 680			RPM 680				
	Voltaje máximo	5,098		Voltaje máximo	4,63			
	Voltaje mínimo	0,06		Voltaje mínimo	-4,63			
	Voltaje promedio	2,579		Voltaje promedio	0,000			
	Período (ms)	91,400		Período (ms)	1,480			
	Frecuencia (HZ)	10,940		Frecuencia (HZ)	675,700			
	RPM 4500			RPM 4500				
	Voltaje máximo	5,058		Voltaje máximo	13,79			
	Voltaje mínimo	0,078		Voltaje mínimo	-8,267			
Voltaje promedio	2,568	Voltaje promedio	2,762					
Período (ms)	22,600	Período (ms)	0,166					
Frecuencia (HZ)	44,250	Frecuencia (kHz)	6,010					
EVAP	Voltaje máximo	14,9	MAP	Voltaje Ralentí	1,104	O2	1,90%	0,44%
	Voltaje mínimo	0,339		Voltaje máximo	3,013			
	Voltaje promedio	7,6195		Voltaje mínimo	0,471			
IAC	Voltaje máximo	13,98	IAT	Voltaje promedio	1,529	HC (ppm)	20	35
	Voltaje mínimo	0,317		RPM RALENTÍ	680			
	Voltaje promedio	7,1485		RPM MAX.	4500			
INYECTOR	ACELERACIÓN (ms)	11,24	IAT	Voltaje máximo	3,003	HC (ppm)	20	35
	Voltaje promedio	6,588		Voltaje mínimo	2,977			
	Voltaje máximo	1,6		Voltaje promedio	2,99			
ECT	Voltaje mínimo	1,001						
	Voltaje promedio	1,3005						

Valores desconectando un sensor-actuador																																																																																																																																													
Componente	Variación en ralentí (V)	Variación en aceleración (V)	Variación en ralentí de gases		Variación en aceleración de gases	Diagnóstico																																																																																																																																							
ECT	3,477	4,076	CO2	0,30%	0,00%	Posible falla del sensor ECT																																																																																																																																							
TPS	0,013	0,096					MAP	0,028	1,062	CO	0,02%	0,24%	IAT	0,01	0,01	O2	0,03074	0,131	O2	0,49%	0,02%	EVAP	0,3	0,3	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	2	2	INYECTOR	0,136	0,16	ECT	0,29	0,309	CO2	3,20%	2,20%	Posible falla del sensor MAP	TPS	0,013	0,096	MAP	1,05	3,013	CO	4,63%	2,46%	IAT	0,4	0,4	O2	0,903	0,048	O2	0,15%	0,34%	EVAP	0,3	0,3	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	478	247	INYECTOR	0,304	2,44	ECT	0,27	0,329	CO2	0,28%	1,10%	Posible falla del sensor IAT	TPS	0,013	0,096	MAP	0,004	0,403	CO	0,02%	0,27%	IAT	-1,42	-1,42	O2	0,07	0,09	O2	0,48%	0,04%	EVAP	0,33	0,33	IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3	INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%	IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%	EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58
MAP	0,028	1,062	CO	0,02%	0,24%																																																																																																																																								
IAT	0,01	0,01					O2	0,03074	0,131	O2	0,49%	0,02%	EVAP	0,3	0,3	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	2	2	INYECTOR	0,136	0,16	ECT	0,29	0,309	CO2	3,20%	2,20%	Posible falla del sensor MAP	TPS	0,013	0,096	MAP	1,05	3,013	CO	4,63%		2,46%	IAT	0,4	0,4	O2	0,903	0,048	O2	0,15%	0,34%	EVAP	0,3	0,3	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	478	247	INYECTOR	0,304	2,44	ECT	0,27	0,329	CO2	0,28%	1,10%	Posible falla del sensor IAT	TPS	0,013	0,096	MAP	0,004	0,403	CO		0,02%	0,27%	IAT	-1,42	-1,42	O2	0,07	0,09	O2	0,48%	0,04%	EVAP	0,33	0,33	IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3	INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236		CO	0,18%	0,03%	IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%	EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58	INYECTOR	0,064	1,24			
O2	0,03074	0,131	O2	0,49%	0,02%																																																																																																																																								
EVAP	0,3	0,3					IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	2	2	INYECTOR	0,136	0,16	ECT	0,29	0,309	CO2	3,20%	2,20%	Posible falla del sensor MAP	TPS	0,013	0,096	MAP	1,05	3,013	CO	4,63%		2,46%	IAT	0,4	0,4	O2	0,903	0,048	O2		0,15%	0,34%	EVAP	0,3	0,3	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	478	247	INYECTOR	0,304	2,44	ECT	0,27	0,329	CO2	0,28%	1,10%	Posible falla del sensor IAT	TPS	0,013	0,096	MAP	0,004	0,403	CO		0,02%	0,27%	IAT	-1,42	-1,42	O2	0,07		0,09	O2	0,48%	0,04%	EVAP	0,33	0,33	IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3	INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236		CO	0,18%	0,03%	IAT	0,28	0,28		O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%	EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58	INYECTOR	0,064	1,24									
IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	2	2																																																																																																																																								
INYECTOR	0,136	0,16					ECT	0,29	0,309	CO2	3,20%	2,20%	Posible falla del sensor MAP	TPS	0,013	0,096	MAP	1,05	3,013	CO	4,63%		2,46%	IAT	0,4	0,4	O2	0,903	0,048	O2		0,15%	0,34%	EVAP	0,3	0,3	IAC	0,12	0,12		HC (ppm)	478	247	INYECTOR	0,304	2,44	ECT	0,27	0,329	CO2	0,28%	1,10%	Posible falla del sensor IAT	TPS	0,013	0,096	MAP	0,004	0,403	CO		0,02%	0,27%	IAT	-1,42	-1,42	O2	0,07		0,09	O2	0,48%	0,04%	EVAP	0,33	0,33		IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3	INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236		CO	0,18%	0,03%	IAT	0,28	0,28		O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58	INYECTOR	0,064	1,24															
ECT	0,29	0,309	CO2	3,20%	2,20%	Posible falla del sensor MAP																																																																																																																																							
TPS	0,013	0,096					MAP	1,05	3,013	CO	4,63%	2,46%		IAT	0,4	0,4	O2	0,903	0,048	O2	0,15%		0,34%	EVAP	0,3	0,3	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)		478	247	INYECTOR	0,304	2,44	ECT	0,27	0,329	CO2	0,28%	1,10%	Posible falla del sensor IAT	TPS	0,013	0,096	MAP	0,004	0,403	CO	0,02%	0,27%		IAT	-1,42	-1,42	O2	0,07	0,09	O2		0,48%	0,04%	EVAP	0,33	0,33	IAC	0,02		0,02	HC (ppm)	3	3	INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%		IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969		O2	0,38%	0,89%	EVAP	0,1	0,1		IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58	INYECTOR	0,064	1,24																									
MAP	1,05	3,013	CO	4,63%	2,46%																																																																																																																																								
IAT	0,4	0,4					O2	0,903	0,048	O2	0,15%	0,34%		EVAP	0,3	0,3	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	478		247	INYECTOR	0,304	2,44	ECT	0,27	0,329	CO2	0,28%	1,10%	Posible falla del sensor IAT	TPS	0,013	0,096	MAP	0,004	0,403	CO	0,02%	0,27%		IAT	-1,42	-1,42	O2	0,07	0,09	O2	0,48%	0,04%		EVAP	0,33	0,33	IAC	0,02	0,02	HC (ppm)		3	3	INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%		IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12		HC (ppm)	36	58	INYECTOR	0,064	1,24																																			
O2	0,903	0,048	O2	0,15%	0,34%																																																																																																																																								
EVAP	0,3	0,3					IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	478	247		INYECTOR	0,304	2,44	ECT	0,27	0,329	CO2	0,28%	1,10%	Posible falla del sensor IAT	TPS	0,013	0,096	MAP	0,004	0,403	CO	0,02%	0,27%		IAT	-1,42	-1,42	O2	0,07	0,09	O2	0,48%	0,04%		EVAP	0,33	0,33	IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3		INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%		IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58		INYECTOR	0,064	1,24																																													
IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	478	247																																																																																																																																								
INYECTOR	0,304	2,44					ECT	0,27	0,329	CO2	0,28%	1,10%	Posible falla del sensor IAT	TPS	0,013	0,096	MAP	0,004	0,403	CO	0,02%	0,27%		IAT	-1,42	-1,42	O2	0,07	0,09	O2	0,48%	0,04%		EVAP	0,33	0,33	IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3		INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%		IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58		INYECTOR	0,064	1,24																																																							
ECT	0,27	0,329	CO2	0,28%	1,10%	Posible falla del sensor IAT																																																																																																																																							
TPS	0,013	0,096					MAP	0,004	0,403	CO	0,02%	0,27%		IAT	-1,42	-1,42	O2	0,07	0,09	O2	0,48%	0,04%		EVAP	0,33	0,33	IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3		INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%		IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58		INYECTOR	0,064	1,24																																																																	
MAP	0,004	0,403	CO	0,02%	0,27%																																																																																																																																								
IAT	-1,42	-1,42					O2	0,07	0,09	O2	0,48%	0,04%		EVAP	0,33	0,33	IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3		INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%		IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58		INYECTOR	0,064	1,24																																																																											
O2	0,07	0,09	O2	0,48%	0,04%																																																																																																																																								
EVAP	0,33	0,33					IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3		INYECTOR	0,064	0,84	ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%		IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58		INYECTOR	0,064	1,24																																																																																					
IAC	0,02	0,02	HC (ppm)	3	3																																																																																																																																								
INYECTOR	0,064	0,84					ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2	TPS	0,013	0,096	MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%		IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58		INYECTOR	0,064	1,24																																																																																															
ECT	0,226	0,373	CO2	0,20%	1,20%	Posible falla del sensor O2																																																																																																																																							
TPS	0,013	0,096					MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%		IAT	0,28	0,28	O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58		INYECTOR	0,064	1,24																																																																																																									
MAP	0,035	0,236	CO	0,18%	0,03%																																																																																																																																								
IAT	0,28	0,28					O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%		EVAP	0,1	0,1	IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58		INYECTOR	0,064	1,24																																																																																																																			
O2	0,005	0,969	O2	0,38%	0,89%																																																																																																																																								
EVAP	0,1	0,1					IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58		INYECTOR	0,064	1,24																																																																																																																													
IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	36	58																																																																																																																																								
INYECTOR	0,064	1,24																																																																																																																																											

Valores desconectando un sensor-actuador						
Component	Variación en ralentí (V)	Variación en aceleración (V)	Variación en ralentí de gases		Variación en aceleración de gases	Diagnóstico
ECT	0,39	0,009	CO2	0,30%	0,70%	Posible falla del sensor IAC
TPS	0,013	0,096				
MAP	0,03	0,913	CO	0,05%	0,09%	
IAT	0,3	0,3				
O2	0,03	0,044	O2	0,87%	0,95%	
EVAP	0,2	0,2				
IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	43	25	
INYECTOR	1,684	0,04				
ECT	0,39	0,109	CO2	5,50%	6,10%	Posible falla del Inyector
TPS	0,011	0,206				
MAP	0,277	0,27	CO	0,16%	0,01%	
IAT	0,2	0,29				
O2	0,365	0,599	O2	7,31%	8,71%	
EVAP	0	0				
IAC	0,17	0,17	HC (ppm)	143	132	
INYECTOR	1,184	0,04				
ECT	0,29	0,209	CO2	0,30%	0,70%	Posible falla del sensor TPS
TPS	0,607	4,416				
MAP	0,02	0,113	CO	0,05%	0,09%	
IAT	0,38	0,4				
O2	0,01	0,044	O2	0,87%	0,95%	
EVAP	0,3	0,3				
IAC	0,12	0,12	HC (ppm)	43	25	
INYECTOR	0,116	0,04				
Valores desconectando dos sensores-actuadores						
Componentes desconectados	Variación en ralentí (V)	Variación en aceleración (V)	Variación en ralentí de gases		Variación en aceleración de gases	Diagnóstico
ECT	0,4	0,299	CO2	4,70%	7,00%	Posible falla del sensor MAP - INYECTOR
TPS	0,007	1,316				
MAP	1,05	3,013	CO	1,48%	2,86%	
IAT	0,43	0,41				
O2	0,86	0,076	O2	5,07%	7,38%	
EVAP	0,8	0,8				
IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	131	1018	
INYECTOR	1,824	3,24				

Valores desconectando dos sensores-actuadores																																																																																																																																													
Componentes desconectados	Variación en ralentí (V)	Variación en aceleración (V)	Variación en ralentí de gases		Variación en aceleración de gases	Diagnóstico																																																																																																																																							
ECT	3,42	4,019	CO2	0,20%	3,70%	Posible falla de los sensores ECT-O2																																																																																																																																							
TPS	0,007	0,236					MAP	0,028	0,315	CO	0,10%	0,16%	IAT	0,29	0,29	O2	0,005	0,969	O2	0,53%	4,06%	EVAP	0,8	0,64	IAC	0,1	0,16	HC (ppm)	13	109	INYECTOR	0,264	0,64	ECT	3,43	4,029	CO2	5,60%	6,00%	Posible falla de los sensores ECT-INYECTOR	TPS	0,011	2,266	MAP	0,255	0,203	CO	0,13%	0,66%	IAT	0,05	0,03	O2	0,04	0,874	O2	7,35%	8,17%	EVAP	0,51	0,51	IAC	0,28	0,28	HC (ppm)	128	135	INYECTOR	1,264	0,84	ECT	0,16	0,309	CO2	3,40%	3,47%	Posible falla de los sensores MAP-IAC	TPS	0,007	0,716	MAP	1,05	3,013	CO	4,94%	2,36%	IAT	0,34	0,34	O2	0,71	0,234	O2	0,04%	1,72%	EVAP	0,7	0,5	IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165	INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%	IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%	EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93
MAP	0,028	0,315	CO	0,10%	0,16%																																																																																																																																								
IAT	0,29	0,29					O2	0,005	0,969	O2	0,53%	4,06%	EVAP	0,8	0,64	IAC	0,1	0,16	HC (ppm)	13	109	INYECTOR	0,264	0,64	ECT	3,43	4,029	CO2	5,60%	6,00%	Posible falla de los sensores ECT-INYECTOR	TPS	0,011	2,266	MAP	0,255	0,203	CO	0,13%		0,66%	IAT	0,05	0,03	O2	0,04	0,874	O2	7,35%	8,17%	EVAP	0,51	0,51	IAC	0,28	0,28	HC (ppm)	128	135	INYECTOR	1,264	0,84	ECT	0,16	0,309	CO2	3,40%	3,47%	Posible falla de los sensores MAP-IAC	TPS	0,007	0,716	MAP	1,05	3,013	CO		4,94%	2,36%	IAT	0,34	0,34	O2	0,71	0,234	O2	0,04%	1,72%	EVAP	0,7	0,5	IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165	INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513		CO	0,00%	0,09%	IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%	EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93	INYECTOR	0,944	0,16			
O2	0,005	0,969	O2	0,53%	4,06%																																																																																																																																								
EVAP	0,8	0,64					IAC	0,1	0,16	HC (ppm)	13	109	INYECTOR	0,264	0,64	ECT	3,43	4,029	CO2	5,60%	6,00%	Posible falla de los sensores ECT-INYECTOR	TPS	0,011	2,266	MAP	0,255	0,203	CO	0,13%		0,66%	IAT	0,05	0,03	O2	0,04	0,874	O2		7,35%	8,17%	EVAP	0,51	0,51	IAC	0,28	0,28	HC (ppm)	128	135	INYECTOR	1,264	0,84	ECT	0,16	0,309	CO2	3,40%	3,47%	Posible falla de los sensores MAP-IAC	TPS	0,007	0,716	MAP	1,05	3,013	CO		4,94%	2,36%	IAT	0,34	0,34	O2	0,71		0,234	O2	0,04%	1,72%	EVAP	0,7	0,5	IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165	INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513		CO	0,00%	0,09%	IAT	0,36	0,38		O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%	EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93	INYECTOR	0,944	0,16									
IAC	0,1	0,16	HC (ppm)	13	109																																																																																																																																								
INYECTOR	0,264	0,64					ECT	3,43	4,029	CO2	5,60%	6,00%	Posible falla de los sensores ECT-INYECTOR	TPS	0,011	2,266	MAP	0,255	0,203	CO	0,13%		0,66%	IAT	0,05	0,03	O2	0,04	0,874	O2		7,35%	8,17%	EVAP	0,51	0,51	IAC	0,28	0,28		HC (ppm)	128	135	INYECTOR	1,264	0,84	ECT	0,16	0,309	CO2	3,40%	3,47%	Posible falla de los sensores MAP-IAC	TPS	0,007	0,716	MAP	1,05	3,013	CO		4,94%	2,36%	IAT	0,34	0,34	O2	0,71		0,234	O2	0,04%	1,72%	EVAP	0,7	0,5		IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165	INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513		CO	0,00%	0,09%	IAT	0,36	0,38		O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93	INYECTOR	0,944	0,16															
ECT	3,43	4,029	CO2	5,60%	6,00%	Posible falla de los sensores ECT-INYECTOR																																																																																																																																							
TPS	0,011	2,266					MAP	0,255	0,203	CO	0,13%	0,66%		IAT	0,05	0,03	O2	0,04	0,874	O2	7,35%		8,17%	EVAP	0,51	0,51	IAC	0,28	0,28	HC (ppm)		128	135	INYECTOR	1,264	0,84	ECT	0,16	0,309	CO2	3,40%	3,47%	Posible falla de los sensores MAP-IAC	TPS	0,007	0,716	MAP	1,05	3,013	CO	4,94%	2,36%		IAT	0,34	0,34	O2	0,71	0,234	O2		0,04%	1,72%	EVAP	0,7	0,5	IAC	13,98		13,98	HC (ppm)	890	1165	INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%		IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973		O2	8,71%	6,96%	EVAP	0,8	0,5		IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93	INYECTOR	0,944	0,16																									
MAP	0,255	0,203	CO	0,13%	0,66%																																																																																																																																								
IAT	0,05	0,03					O2	0,04	0,874	O2	7,35%	8,17%		EVAP	0,51	0,51	IAC	0,28	0,28	HC (ppm)	128		135	INYECTOR	1,264	0,84	ECT	0,16	0,309	CO2	3,40%	3,47%	Posible falla de los sensores MAP-IAC	TPS	0,007	0,716	MAP	1,05	3,013	CO	4,94%	2,36%		IAT	0,34	0,34	O2	0,71	0,234	O2	0,04%	1,72%		EVAP	0,7	0,5	IAC	13,98	13,98	HC (ppm)		890	1165	INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%		IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05		HC (ppm)	67	93	INYECTOR	0,944	0,16																																			
O2	0,04	0,874	O2	7,35%	8,17%																																																																																																																																								
EVAP	0,51	0,51					IAC	0,28	0,28	HC (ppm)	128	135		INYECTOR	1,264	0,84	ECT	0,16	0,309	CO2	3,40%	3,47%	Posible falla de los sensores MAP-IAC	TPS	0,007	0,716	MAP	1,05	3,013	CO	4,94%	2,36%		IAT	0,34	0,34	O2	0,71	0,234	O2	0,04%	1,72%		EVAP	0,7	0,5	IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165		INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%		IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93		INYECTOR	0,944	0,16																																													
IAC	0,28	0,28	HC (ppm)	128	135																																																																																																																																								
INYECTOR	1,264	0,84					ECT	0,16	0,309	CO2	3,40%	3,47%	Posible falla de los sensores MAP-IAC	TPS	0,007	0,716	MAP	1,05	3,013	CO	4,94%	2,36%		IAT	0,34	0,34	O2	0,71	0,234	O2	0,04%	1,72%		EVAP	0,7	0,5	IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165		INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%		IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93		INYECTOR	0,944	0,16																																																							
ECT	0,16	0,309	CO2	3,40%	3,47%	Posible falla de los sensores MAP-IAC																																																																																																																																							
TPS	0,007	0,716					MAP	1,05	3,013	CO	4,94%	2,36%		IAT	0,34	0,34	O2	0,71	0,234	O2	0,04%	1,72%		EVAP	0,7	0,5	IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165		INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%		IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93		INYECTOR	0,944	0,16																																																																	
MAP	1,05	3,013	CO	4,94%	2,36%																																																																																																																																								
IAT	0,34	0,34					O2	0,71	0,234	O2	0,04%	1,72%		EVAP	0,7	0,5	IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165		INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%		IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93		INYECTOR	0,944	0,16																																																																											
O2	0,71	0,234	O2	0,04%	1,72%																																																																																																																																								
EVAP	0,7	0,5					IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165		INYECTOR	3,064	13	ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%		IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93		INYECTOR	0,944	0,16																																																																																					
IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	890	1165																																																																																																																																								
INYECTOR	3,064	13					ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2	TPS	0,043	1,216	MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%		IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93		INYECTOR	0,944	0,16																																																																																															
ECT	0,17	0,429	CO2	6,40%	4,70%	Posible falla del INYECTOR-O2																																																																																																																																							
TPS	0,043	1,216					MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%		IAT	0,36	0,38	O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93		INYECTOR	0,944	0,16																																																																																																									
MAP	0,22	0,513	CO	0,00%	0,09%																																																																																																																																								
IAT	0,36	0,38					O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%		EVAP	0,8	0,5	IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93		INYECTOR	0,944	0,16																																																																																																																			
O2	0,009	0,973	O2	8,71%	6,96%																																																																																																																																								
EVAP	0,8	0,5					IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93		INYECTOR	0,944	0,16																																																																																																																													
IAC	0,05	0,05	HC (ppm)	67	93																																																																																																																																								
INYECTOR	0,944	0,16																																																																																																																																											

Valores desconectando tres sensores-actuadores						
Componentes desconectados	Variación en ralentí (V)	Variación en aceleración (V)	Variación en ralentí de gases		Variación en aceleración de gases	Diagnóstico
ECT	3,42	4,019	CO2	0,00%	3,70%	Posible falla del ECT-TPS-IAT
TPS	0,607	4,416				
MAP	0,043	0,113	CO	0,00%	0,16%	
IAT	1,43	1,43				
O2	0,0554	0,131	O2	0,01%	2,06%	
EVAP	0,8	0,8				
IAC	0,48	0,48	HC (ppm)	8	39	
INYECTOR	0,064	1,24				
ECT	0,37	0,119	CO2	7,20%	4,40%	Posible falla del INYECTOR-IAC-MAP
TPS	0,007	0,216				
MAP	1,05	3,013	CO	0,28%	3,80%	
IAT	0,39	0,48				
O2	0	-0,011	O2	10,27%	3,34%	
EVAP	0,8	0,8				
IAC	13,98	13,98	HC (ppm)	6	96	
INYECTOR	0,864	2,92				
ECT	3,43	4,029	CO2	2,20%	4,20%	Posible falla del INYECTOR-IAC-MAP
TPS	0,293	0,916				
MAP	0,15	1,093	CO	0,09%	1,62%	
IAT	-0,41	-0,51				
O2	0,39	0,574	O2	5,58%	3,23%	
EVAP	0,7	0,7				
IAC	1,98	1,98	HC (ppm)	227	1146	
INYECTOR	0,564	1,96				
ECT	3,43	4,029	CO2	3,10%	3,20%	Posible falla del INYECTOR-ECT-MAP
TPS	0,007	1,316				
MAP	1,05	3,013	CO	2,95%	4,09%	
IAT	0,38	0,42				
O2	0,077	0,878	O2	1,69%	1,13%	
EVAP	0,8	0,8				
IAC	0,05	0,09	HC (ppm)	210	713	
INYECTOR	1,904	3,56				

Valores desconectando cuatro sensores-actuadores						
Componentes desconectados	Variación en ralentí (V)	Variación en aceleración (V)	Variación en ralentí de gases		Variación en aceleración de gases	Diagnóstico
ECT	3,43	4,029	CO2	5,90%	9,80%	Posible falla de los sensores ECT -TPS - MAP-IAT
TPS	0,607	4,416				
MAP	1,05	3,013	CO	7,85%	11,02%	
IAT	1,43	1,43				
O2	0,795	0,122	O2	0,34%	1,32%	
EVAP	0,8	0,8				
IAC	0,48	0,03	HC (ppm)	866	3665	
INYECTOR	1,184	0,36				
ECT	3,43	4,029	CO2	6,70%	7,40%	Posible falla de los sensores ECT -TPS -IAT- INYECTOR
TPS	0,607	4,416				
MAP	0,24	0,303	CO	0,03%	0,09%	
IAT	1,43	1,43				
O2	0	0,951	O2	8,93%	9,55%	
EVAP	0,8	0,8				
IAC	13,98	0,08	HC (ppm)	103	169	
INYECTOR	0,864	3,24				
ECT	3,43	4,029	CO2	7,80%	5,00%	Posible falla del INYECTOR- MAP-IAC-ECT
TPS	0,007	1,316				
MAP	1,05	3,013	CO	6,91%	4,79%	
IAT	0,26	0,2				
O2	0,662	0,103	O2	5,78%	1,75%	
EVAP	0,8	0,7				
IAC	1,98	13,98	HC (ppm)	4980	1765	
INYECTOR	9,664	21,96				

Nota. Las unidades de las variaciones de cada sensor y actuador son los voltios (V), con excepción del inyector cuya unidad de medida son los milisegundos (ms) ya que, para el caso de este actuador, el parámetro que se necesita registrar es el tiempo de inyección. En lo que respecta al sensor de oxígeno, las variaciones se calcularon en función de la tensión mínima y máxima medidas debido a que su señal varía constantemente.

Basándose en la tabla de diagnóstico avanzado, se determinó que los sensores y actuadores con menos incidencia en el sistema de inyección electrónico son: ECT, TPS, IAT,

sensor de oxígeno y válvula EVAP, puesto que al ser desconectados no provocaron variaciones significativas en la señal del resto de componentes ni en los gases de escape.

Por otro lado, los sensores y actuadores con mayor incidencia son: MAP, IAC e inyector ya que, al ser desconectados, produjeron variaciones significativas tanto en gases como en las señales del resto de componentes; teniendo así la falla más crítica, que fue la desconexión en simultáneo del inyector-MAP-IAC-ECT, durante la cual las variaciones en tiempo de inyección fueron de 9,66 ms en ralentí y 21,96 ms en aceleración, superando por mucho a los rangos establecidos durante condiciones normales.

La tabla de diagnóstico avanzado permitió detectar de manera correcta el fallo de los sensores y actuadores en 18 de las 19 pruebas realizadas y de esta manera se comprobó que su efectividad fue del 94,74%. La falla del inyector-sensor de oxígeno no se pudo diagnosticar de manera adecuada, ya que la señal baja del sensor de oxígeno puede justificarse en un principio por la presencia de mezcla pobre a causa del inyector defectuoso y no por fallo del sensor como tal.

Capítulo V

Marco administrativo

El presente trabajo de la Unidad de Integración Curricular se realizó gracias a diferentes recursos, humanos, tecnológicos, materiales, presupuesto y financiamiento para el desarrollo del tema “Investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado”.

Recursos humanos

En recursos humanos, se puede encontrar a las personas que colaboraron en la ejecución de la investigación.

Tabla 52.

Recursos humanos

Orden	Personal	Función
1	Caisa Fajardo Roxanna de los Ángeles	Investigador
2	Pachacama Fiallos Marco Nicolás	investigador
3	Ing. Quiroz Erazo Leonidas Antonio	Colaborador científico Especialista emisiones

Recursos tecnológicos

Para el estudio de las señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección electrónico, se utilizó recursos tecnológicos, mismos que cumplieron un papel vital para el desarrollo del mismo. Estos recursos provinieron de los investigadores y del laboratorio de autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”.

Tabla 53.*Recursos tecnológicos*

Orden	Nombre
1	Laptops (HP/ACER)
2	ELM 327 OBD II
3	USB Autoscope IV
4	Analizador de gases "BrainBee AGS-688"
5	Multímetro Allosun EM135
6	Analizador de gases" KANE Autoplus"
7	Software "USB Oscilloscope"
8	Internet
9	Dispositivos móviles

Nota. Los nombres de los recursos tecnológicos empleados en el estudio se detallan en la presente tabla.

Recursos materiales

Se utilizó diversas herramientas para facilitar el acceso a los cables de señal y control de masa de los sensores y actuadores del sistema de inyección, así como para su desconexión; también fue necesario el uso de filtros para proteger los componentes electrónicos del analizador de gases de las impurezas.

Tabla 54.*Recursos de materiales*

Orden	Nombre
1	Filtros
2	Caja de herramientas
3	Franela - Waipe
4	Linterna

Presupuesto

El presupuesto es un factor particularmente importante porque ignorar ciertos gastos puede retrasar significativamente la investigación. En este caso, el presupuesto abarcó la adquisición del "USB Autoscope", sus accesorio, filtros y combustible del VP.

Tabla 55.*Recursos de materiales*

Material	Valor	%
Autoscope VI	\$ 650	73,51
Accesorios	\$126.12	14,26
Filtros	\$38	4,29
Combustible	\$70	7,91
Total	\$884.12	100

Nota. Se detalla el presupuesto utilizado en el estudio, mismo fue dividido en: combustible, filtros, Autoscope y accesorios.

Financiamiento

El financiamiento de la investigación fue otorgado por los investigadores del proyecto de “Investigación de la visualización, grabación y análisis de las señales del sistema de inyección electrónica gasolina de última generación de los motores de combustión interna mediante diagnóstico avanzado”

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se desarrolló protocolos para la obtención de datos de sensores y actuadores del sistema de inyección electrónico de gasolina mediante el uso eficiente del osciloscopio “USB Autoscope”.
- Se determinó que los fallos de mayor importancia en el sistema electrónico de inyección de gasolina del vehículo de pruebas, son los del inyector, sensor MAP y válvula IAC; ya que las variaciones, tanto en las señales de los sensores y actuadores como en los gases de escape, se producen de forma inmediata.
- Se tabuló información de las señales y parámetros de operación y funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema de inyección electrónico tanto en condición normal como en fallo.
- Se concluyó que la grabación de las señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección electrónico, facilita el análisis del comportamiento de estos elementos durante diferentes condiciones de operación del motor.
- Cuando únicamente falla el sensor MAP, se determinó que la revoluciones en ralentí se incrementan (710 rpm), la tensión del sensor de oxígeno es superior a los 0,45V, lo cual indica una mezcla rica, y el tiempo de inyección varía 2,24ms en ralentí. El porcentaje de dióxido de carbono disminuye (10,70% en ralentí y 12,40% en aceleración), el porcentaje de monóxido de carbono aumenta (4,66% en ralentí y 2,62% en aceleración) así como también los hidrocarburos (498 ppm en ralentí y 282 ppm en aceleración). Esto es evidencia de un aumento en el consumo de combustible.

- Durante la prueba de falla de la válvula IAC, se concluyó que los principales síntomas se presentan durante el ralentí ya que se evidenció una disminución de las revoluciones (600 rpm) y un incremento del tiempo de inyección (3,62ms). Las correcciones realizadas por la ECU evitaron variaciones en los gases de escape.
- En el caso de falla del inyector, se determinó que la tensión del sensor MAP aumenta a 1,32V en ralentí, la señal del sensor de oxígeno se mantiene por debajo de los 0,450V (mezcla pobre) y el tiempo de inyección del resto de inyectores se incrementa a 3,12 ms en ralentí. Las revoluciones también se incrementan ligeramente (685 rpm). En lo referente a gases, el porcentaje de dióxido de carbono disminuye (8,40% en ralentí y 8,50% en aceleración) y el porcentaje de oxígeno aumenta (9,21% en ralentí y 9,15% en aceleración); como consecuencia del oxígeno extra aportado por el cilindro que no está trabajando. El monóxido de carbono e hidrocarburos se mantienen por debajo de los límites establecidos.
- Cuando se realizó la prueba de fallo del sensor ECT e inyector, se registró datos similares a la prueba de fallo del inyector, la única diferencia fue la señal alta del sensor ECT y la activación del electro ventilador. De tal forma, se evidenció que las revoluciones en ralentí se incrementaron (690 rpm), la tensión del sensor MAP subió a 1,30V en ralentí, la señal del sensor de oxígeno fue inferior a los 0,450 V (mezcla pobre) y el tiempo de inyección se incrementó a 3,2ms en ralentí. El porcentaje de dióxido de carbono disminuyó (8,30% en ralentí y 8,60% en aceleración) y el porcentaje de oxígeno aumentó (9,25% en ralentí y 8,61% en aceleración); como consecuencia del oxígeno extra aportado por el cilindro que no está trabajando. El monóxido de carbono e hidrocarburos se mantienen por debajo de los límites establecidos.
- Durante la prueba de falla del inyector y el sensor de oxígeno, se concluyó que los síntomas son similares a cuando falla únicamente el inyector, con la diferencia de que la ECU trabaja con un valor predeterminado de 0,450V para el sensor de oxígeno, lo que dificulta determinar si la mezcla es rica o pobre. En consecuencia, se registró que las revoluciones se

incrementaron (720 rpm), la tensión del sensor MAP subió a 1,27V y el tiempo de inyección se incrementó a 2,88ms, todo esto en ralentí. El porcentaje de dióxido de carbono disminuyó (7,50% en ralentí y 9,90% en aceleración) y el porcentaje de oxígeno aumentó (10,61% en ralentí y 7,40% en aceleración); como consecuencia del oxígeno extra aportado por el cilindro que no está trabajando. El monóxido de carbono e hidrocarburos se mantienen por debajo de los límites establecidos.

- La falla en conjunto del sensor MAP y la válvula IAC se determinó como crítica ya que durante esta prueba el motor fue incapaz de mantener el ralentí y se registraron datos muy superiores a los medidos durante una condición de funcionamiento normal. Así pues, la tensión del sensor de oxígeno fue superior a 0,45V (mezcla rica) y el tiempo de inyección se incrementó a 5 ms en ralentí y 24,24 ms en aceleración. El porcentaje de dióxido de carbono disminuyó (10,50% en ralentí y 11,13% en aceleración), el porcentaje de monóxido de carbono aumentó (4,97% en ralentí y 2,52% en aceleración) así como también los hidrocarburos (910 ppm en ralentí y 1200 ppm en aceleración).

- Se determinó que los síntomas del fallo en conjunto del inyector con el sensor MAP son los siguientes: tensión del sensor de oxígeno superior a 0,450V, incremento durante ralentí del tiempo de inyección (3,76 ms) y revoluciones (720 rpm). En lo referente a gases, el porcentaje de dióxido de carbono disminuyó (9,20% en ralentí y 7,60% en aceleración) y el porcentaje de oxígeno aumentó (6,97% en ralentí y 7,82% en aceleración); como consecuencia del oxígeno extra aportado por el cilindro que no está trabajando. El monóxido de carbono también se incrementó (1,51% en ralentí y 3,02% en aceleración) así como los hidrocarburos (151 ppm en ralentí y 1053 ppm en aceleración).

- Se concluyó que la falla en conjunto de los sensores ECT, TPS e IAT no provoca variación en la señal del resto sensores y actuadores a corto plazo. Así mismo, los gases de escape no se ven alterados.

- Se concluyó que la falla en conjunto del inyector, válvula IAC y sensor MAP es crítica ya que la señal del sensor de oxígeno se mantiene por debajo de los 0,450V (mezcla pobre) en ralentí y por encima de los 0,450V (mezcla rica) en aceleración, el tiempo de inyección se incrementa a 2,8 ms en ralentí y 14,16 ms durante aceleración. En ralentí, el oxígeno aumenta de forma considerable (12,17%) y el dióxido de carbono disminuye (6,70%); mientras que, en aceleración, el monóxido de carbono se incrementa (3,96%) así como también los hidrocarburos (131 ppm). El dióxido de carbono registra un porcentaje de 10,20%.
- Se determinó que la falla en conjunto del inyector, sensor MAP y sensor ECT presenta los siguientes síntomas: tensión del sensor de oxígeno superior a 0,450V (mezcla rica), aumento de revoluciones durante ralentí (900 rpm), incremento del tiempo de inyección (3,84 ms en ralentí y 14,8 ms en aceleración). Con respecto a gases, el dióxido de carbono disminuyó (10,8% en ralentí y 11,40% en aceleración), monóxido de carbono aumentó (2,98% en ralentí y 4,25% en aceleración) y los hidrocarburos también aumentaron (230 ppm en ralentí y 748 ppm en aceleración).

Recomendaciones

- Realizar el estudio en un vehículo con válvula EGR ya que, en caso de fallo de la misma, aumentará la producción de gases nocivos y el consumo y potencia del motor se modificarán; algo que influirá directamente en las señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección.
- Evaluar la eficiencia del motor con el script CSS durante la falla de inyector y las fallas combinadas con este elemento, para cuantificar la efectividad de las correcciones realizadas por la ECU.
- Ejecutar la investigación en un vehículo que cuente con dos sensores de oxígeno, para analizar las correcciones que realiza la ECU en el tiempo de inyección, así como la variación en los gases de escape, cuando se presente falla en cualquiera de los dos

sensores o en ambos, y comparar esos datos con los obtenidos durante el desarrollo del presente proyecto.

- Realizar el estudio en un vehículo con acelerador electrónico para examinar las correcciones que realiza la ECU sobre este elemento y el impacto que provoca en la inyección, durante la falla de uno o más sensores de alta autoridad.
- Efectuar la investigación en un vehículo que posea un sensor de golpeteo para determinar la variación de la señal de este componente, en el transcurso de las fallas que provocan mayor vibración en el motor.
- Realizar la grabación y análisis de las señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección de un vehículo Diésel, para establecer las diferencias en condiciones normales y de fallo con respecto a un vehículo de gasolina.
- Ejecutar el estudio en condiciones de fallo diferentes a las expuestas en este trabajo, por ejemplo: inyector obstruido, señal baja del sensor, válvula IAC remordida, etc.

Bibliografía

- AUTOplus. (Agosto de 2013). Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/kane-international/product-16865-1279925.html>
- Casa, E., & León, E. (2011). *ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE INFORMACIÓN DE DIAGNÓSTICOS PIDS Y AJUSTES DE COMBUSTIBLE LFT-SFT MEDIANTE EL USO DEL ESCÁNER EN VEHÍCULOS DE MARCA CHEVROLET DMAX*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Chevrolet . (agosto de 2019). *Chevrolet Ecuador*. Obtenido de Fichas técnicas: <https://www.chevrolet.com.ec/content/dam/chevrolet/south-america/ecuador/espanol/index/cars/spark-gt/03-pdfs/spark-gt-ficha-tecnica.pdf>
- Denton, T. (2011). *Automotive Technology: Vehicle Maintenance and Repair*. Oxford: ELSEVIER.
- Denton, T. (2017). *Advanced Automotive Fault Diagnosis*. New York: Routledge.
- Denton, T. (2018). *Automobile mechanical and electrical systems*. New York: Routledge.
- Donaire, D. (27 de Octubre de 2021). *Sistema de inyección electrónica: funcionamiento y partes*. Obtenido de Actualidad motor: <https://www.actualidadmotor.com/funcionamiento-basico-de-la-inyeccion-elctrica/#:~:text=El%20sistema%20de%20inyecci%C3%B3n%20electr%C3%B3nica,los%20antiguos%20motores%20por%20carburaci%C3%B3n.>
- Fernandez, I., & Inga, H. (2017). *Análisis de modos de falla del sistema de inyección electrónica de combustible multitec Delphi*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
- Halderman, J. (2012). *Automotive Technology Principles, Diagnosis and Service*. New Jersey: Prentice Hall.

Hartma, J. (2013). *How to Tune and Modify Automotive Engine Management Systems*. New York: Motorbooks.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2003). *NTE INEN 2349:2003*. Obtenido de Revisión Técnica Vehicular. Procedimientos.: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2349.pdf>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (Enero de 2017). *NTE INEN 2204*. Obtenido de Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres que Emplean Gasolina.: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf

Moncayo Vivas, F. E. (2020). *MANUAL DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ*. Bogotá: INATCO-PEDAGOGÍA.

Ribbens, W. B. (2017). *Understanding Automotive Electronics*. Michigan: Butterworth-Heinemann.

Anexos