



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA DIRECTA E INDIRECTA DE MOTORES DE ENCENDIDO
PROVOCADO**

AUTORES: CHAMORRO CHUQUIN WILLIAM RENATO

ORMAZA GUAGALANGO CRISTIAN DAVID

DIRECTOR: ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS MSc.

Ibarra, febrero de 2021

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

Certifico:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “Análisis comparativo del sistema de inyección electrónica directa e indirecta de motores de encendido provocado” presentado por los señores: Chamorro Chuquín William Renato con el número de cédula 100394754-4 y Ormaza Guagalango Cristian David con el número de cédula 100377662-0, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 04 días del mes febrero del 2021

Atentamente:



Firmado electrónicamente por:

IGNACIO BAYARDO
BENAVIDES CEVALLOS

Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	100394754-4		
APELLIDOS Y NOMBRES	Chamorro Chuquín William Renato		
DIRECCIÓN	Ibarra, San Antonio		
E-MAIL	wrchamorro@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO		TELÉFONO MÓVIL	0959099558
DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	100377662-0		
APELLIDOS Y NOMBRES	Ormaza Guagalango Cristian David		
DIRECCIÓN	Ibarra, Calle Luis Abel Tafur 12-27 y Gonzales de Saa		
E-MAIL	cdormazag@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	(02)653513	TELÉFONO MÓVIL	0997474903
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DIRECTA E INDIRECTA DE MOTORES DE ENCENDIDO PROVOCADO		
AUTORES	Chamorro Chuquín William Renato y Ormaza Guagalango Cristian David		
FECHA	04/02/2021		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA	Pregrado <input checked="" type="checkbox"/>	Postgrado <input type="checkbox"/>	
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Automotriz		
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.		

2. CONSTANCIA

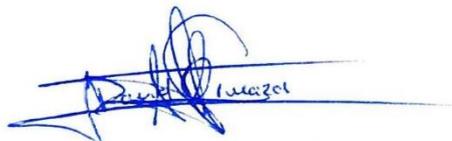
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de febrero del 2021.

Autores:



Chamorro Chuquin William Renato
100394754-4



Ormaza Guagalango Cristian David
100377662-0

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado de manera muy especial a mis padres, Carlos y María, quienes con su educación, consejos e incondicional apoyo han sido el soporte fundamental en toda mi vida académica y personal. A mis hermanas, Carolina y Milena, quienes con su amistad y alegría han iluminado mi vida y por quienes me motivo a salir adelante. A todos los familiares y amigos quienes han creído en mí y que siempre estuvieron ahí cuando más los necesite.

David Ormaza

El presente trabajo de grado lo dedico a Dios quien con su infinita bondad me ha permitido poder llegar a culminar mis estudios, a mis padres Edilberto y Rosa fuentes de mi inspiración quienes siempre con su infinito amor y paciencia me han apoyado e inculcado valores de humildad, esfuerzo, respeto y fe para poder sobrellevar cualquier problema que se presente en la vida diaria y profesional. A mis hermanas Nidia, Anita y Leticia, que más que hermanas han sido mis mejores amigas y a pesar de nuestras diferencias siempre han sabido creer en mí. A mi novia Carla, quien con amor, cariño y respeto ha sabido llenar mis días de felicidad y apoyo incondicional, y a todas las personas que estuvieron en el transcurso de mi educación.

William Chamorro

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por todo el apoyo incondicional durante mi vida estudiantil y personal, por el cariño y valores inculcados los cuales me han llevado a ser una persona de bien. Agradezco también a todos los familiares y amigos que me brindaron su ayuda para poder realizar satisfactoriamente este trabajo. A la Universidad Técnica del Norte y a los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz quienes han sido pilares fundamentales en mi formación como profesional. Quiero agradecer de manera muy especial al Ing. Andrés Cevallos Msc. por la ayuda brindada, sin ella, este trabajo no habría podido presentar un registrador de datos muy útil. Agradezco a mi director de tesis Ing. Ignacio Benavides MSc, y a mis opositores Ing. Paúl Hernández MSc. y Ing. Carlos Mafla MSc., quienes con un criterio muy acertado han ayudado con el desarrollo de este trabajo.

David Ormaza

A Dios por brindarme fortaleza, salud y escuchar todas mis peticiones para poder salir adelante en mi carrera estudiantil y de vida superándome como persona. A mis padres que a pesar de mis errores con su amor y comprensión siempre han estado a mi lado apoyándome, aconsejándome y enseñándome el valor de la vida. A mi novia quien me ha incentivado la dedicación y puntualidad en todo momento.

A la Universidad Técnica del Norte en donde he adquirido valores y conocimiento técnico que me han permitido mejorar como profesional, quiero expresar profundos agradecimientos al Ing. Andrés Cevallos MSc. quien fue nuestro inicial primer opositor y tuvo la predisposición de prestarnos los equipos de diagnóstico para llevar a cabo el trabajo de investigación. A los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz en especial al Ing. Ignacio Benavides Msc., en calidad de tutor de tesis, Ing. Paúl Hernández MSc. y Ing. Carlos Mafla MSc., quienes me han prestado su tiempo y atención en la revisión de mi trabajo de grado.

William Chamorro

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
INTRODUCCIÓN	XIX
CAPÍTULO I	1
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo general	1
1.1.2 Objetivos específicos	1
1.2 Justificación	1
1.3 Alcance	2
1.4 Antecedentes	3
1.5 Sistema de inyección electrónica indirecta de gasolina	5
1.5.1 Modos operativos	6
1.5.1.1 Modo de Arranque	6
1.5.1.2 Modo de enriquecimiento posterior al arranque	6
1.5.1.3 Modo de carrera con el motor frío	6
1.5.1.4 Modo de ralentí	6
1.5.1.5 Modo de carga plena	7
1.5.1.6 Modo de aceleración	7
1.5.1.7 Modo de cierre de inyección en fase de desaceleración	7
1.5.1.8 Modo de protección contra el golpeo	8
1.5.1.9 Modo de limitación de velocidad del motor	8
1.5.1.10 Modo de corrección en el voltaje de la batería	8
1.5.2 Admisión (Carga de cilindro)	8
1.5.2.1 Mezcla fresca de aire y combustible	9
1.5.2.2 Gas de escape residual	9
1.5.3 Inyección de combustible	9
1.5.4 Formación de la mezcla	10
1.5.5 Combustión	10
1.5.6 Sensores en el sistema de inyección y formación de mezcla	11
1.5.6.1 Sensor de Flujo Másico de Aire (MAF)	11
1.5.6.2 Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)	11
1.5.6.3 Sensor de baja presión de combustible	12
1.5.6.4 Sensor de Presión del Múltiple de Admisión (MAP)	12
1.5.6.5 Sensor de Posición de la Válvula de la Mariposa (TPS)	13
1.5.6.6 Sensor de Temperatura del Motor (ECT)	14
1.5.6.7 Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP de tipo inductivo)	15

1.5.6.8	Sensor de Posición del Pedal del Acelerador (APP)	15
1.5.6.9	Sensor de oxígeno	16
1.5.7	Actuadores electrónicos en el sistema de inyección y formación de mezcla	17
1.5.7.1	Electrobomba de combustible	17
1.5.7.2	Inyector de gasolina	17
1.5.7.3	Electroválvula de cánister	18
1.5.7.4	Válvula EGR	18
1.6	Sistema de inyección electrónica directa de gasolina	19
1.6.1	Modos operativos	20
1.6.1.1	Modo estratificado	20
1.6.1.2	Modo homogéneo	21
1.6.1.3	Modo homogéneo – pobre	22
1.6.2	Admisión	22
1.6.2.1	Modo estratificado	22
1.6.2.2	Modo homogéneo	23
1.6.2.3	Modo homogéneo – pobre	23
1.6.3	Inyección de combustible	24
1.6.3.1	Guiado por pared	24
1.6.3.2	Guiado por chorro	24
1.6.3.3	Inyección en Modo estratificado	24
1.6.3.4	Inyección en Modo homogéneo	25
1.6.3.5	Inyección en Modo homogéneo – pobre	25
1.6.4	Formación de mezcla	25
1.6.4.1	Modo estratificado	25
1.6.4.2	Modo homogéneo	26
1.6.4.3	Modo homogéneo – pobre	26
1.6.5	Combustión	27
1.6.5.1	Modo estratificado	27
1.6.5.2	Modo homogéneo	27
1.6.5.3	Modo homogéneo – pobre	27
1.6.6	Sensores en el sistema de inyección y formación de mezcla	28
1.6.6.1	Sensor de alta presión de combustible	28
1.6.6.2	Sensor de posición para la aleta en el colector de admisión	28
1.6.6.3	Sonda lambda de banda ancha	29
1.6.7	Actuadores en el sistema de inyección y formación de mezcla	30
1.6.7.1	Bomba de alta presión de tres émbolos	30
1.6.7.2	Válvula reguladora de presión	30
1.6.7.3	Inyector electromagnético de alta presión	31
1.6.7.4	Válvula EGR	31
1.6.7.5	Electroválvula para chapaletas en el colector de admisión	32
1.7	Emisiones de gases en inyección directa e indirecta de gasolina	32
1.7.1	Nitrógeno (N ₂)	33
1.7.2	Oxígeno (O ₂)	33

1.7.3	Agua (H ₂ O)	33
1.7.4	Dióxido de carbono (CO ₂)	34
1.7.5	Monóxido de carbono (CO)	34
1.7.6	Óxidos de nitrógeno (NO _x)	34
1.7.7	Hidrocarburos sin quemar (HC)	34
1.8	Red de comunicación y sistema de diagnóstico	35
1.8.1	Bus can	35
1.8.1.1	B-CAN (Baja velocidad)	35
1.8.1.2	F (C)-CAN (Alta velocidad)	35
1.8.1.3	Formato de mensaje	36
1.8.2	Sistema de Diagnóstico a Bordo Generación II (OBD II)	37
1.8.2.1	Ejecutivo de diagnóstico o gerente de tareas	38
1.8.2.2	Monitores	38
1.8.2.3	Modos de medición OBD II	39
CAPÍTULO II		40
2	MATERIALES Y MÉTODOS	40
2.1	Materiales y equipos	40
2.1.1	Can bus analyzer- microchip	40
2.1.2	Elm 327	41
2.1.3	Placa arduino mega	42
2.1.4	Can bus shield	42
2.1.5	Caja de conexión OBD II	43
2.1.6	Analizador de gases BRAIN BEE	44
2.1.7	Captador cuenta revoluciones MGT-300	45
2.1.8	Osciloscopio automotriz MICSIG	45
2.1.9	Vehículos destinados para pruebas	46
2.1.10	Mazda 6	46
2.1.11	Hyundai Tucson	47
2.2	Metodología	47
2.2.1	selección de componentes electrónicos	47
2.2.1.1	Sensor MAP	48
2.2.1.2	Sensor CKP	49
2.2.1.3	Sensor ECT	50
2.2.1.4	Sensor IAT	50
2.2.1.5	Sensor TPS	51
2.2.1.6	Sensor APP	52
2.2.1.7	Sensor de Oxígeno	52
2.2.1.8	Electroválvula de cánister	53
2.2.2	Obtención de datos de componentes electronicos	54
2.2.2.1	Definición de Variables independientes	54
2.2.2.2	Definición de Variables dependientes	55

2.2.2.3	Programación del registrador de datos	56
2.2.2.4	Procedimiento de prueba estática para obtención de datos de componentes electrónicos	71
2.2.2.5	Selección de datos de componentes electrónicos de vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6 para su comparación	72
2.2.3	Selección de emisiones de gases y protocolo de medición de porcentajes	73
2.2.3.1	Emisiones contaminantes típicas de un motor con encendido provocado	74
2.2.3.2	Emisiones de CO y HC para comparar	75
2.2.3.3	Procedimiento de prueba estática para obtención de valores de emisiones de gases	75
2.2.4	Protocolos de comunicación en el vehículo	76
2.2.4.1	Protocolos de comunicación estándar OBD II y esquema general de la red CAN	76
2.2.4.2	Posibles averías y ondas características de la red CAN	79
2.2.4.3	Procedimiento para diagnóstico de red CAN mediante multímetro y osciloscopio	81
CAPITULO III		82
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	82
3.1	Obtención y comparación de señales de componentes electrónicos	82
3.1.1	Señales de componentes electrónicos del vehículo Hyundai Tucson	84
3.1.1.1	Revoluciones del motor y presión barométrica	84
3.1.1.2	Revoluciones del motor y presión en el colector de admisión	85
3.1.1.3	Revoluciones del motor y posición de la mariposa de aceleración	86
3.1.1.4	Revoluciones del motor y posición del pedal del acelerador	87
3.1.1.5	Revoluciones y temperatura del refrigerante del motor	88
3.1.1.6	Revoluciones del motor y temperatura del aire de admisión	89
3.1.1.7	Revoluciones del motor y cantidad de oxígeno en gases de escape	90
3.1.1.8	Revoluciones del motor y control de vapor de gasolina	91
3.1.2	Señales de componentes electrónicos del vehículo mazda 6	92
3.1.2.1	Revoluciones del motor y presión barométrica	92
3.1.2.2	Revoluciones del motor y presión en el colector de admisión	93
3.1.2.3	Revoluciones del motor y posición de la mariposa de aceleración	94
3.1.2.4	Revoluciones del motor y posición del pedal del acelerador	95
3.1.2.5	Revoluciones del motor y temperatura del refrigerante del motor	96
3.1.2.6	Revoluciones del motor y temperatura del aire de admisión	97
3.1.2.7	Revoluciones del motor y cantidad de oxígeno en gases de escape	98
3.1.2.8	Revoluciones del motor y control de vapor de gasolina	99
3.1.3	Comparación del funcionamiento de sensores y actuadores de vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	101
3.1.3.1	Revoluciones del motor y presión atmosférica	101
3.1.3.2	Revoluciones del motor y presión en el colector de admisión	102

3.1.3.3	Revoluciones del motor y posición de la mariposa de aceleración	103
3.1.3.4	Revoluciones del motor y posición del pedal del acelerador	104
3.1.3.5	Revoluciones del motor y temperatura del refrigerante del motor	105
3.1.3.6	Revoluciones del motor y temperatura del aire de admisión	106
3.1.3.7	Revoluciones del motor y enriquecimiento de la mezcla	107
3.1.3.8	Revoluciones del motor y porcentaje de apertura de electroválvula del cánister	108
3.1.3.9	Tabla comparativa de valores de funcionamiento de sensores y actuadores	108
3.2	Emisiones de gases	111
3.2.1	Vehículo Hyundai Tucson	112
3.2.1.1	Monóxido de carbono (CO)	112
3.2.1.2	Hidrocarburos sin quemar (HC)	113
3.2.2	Vehículo Mazda 6	114
3.2.2.1	Monóxido de carbono (CO)	114
3.2.2.2	Hidrocarburos sin quemar (HC)	115
3.2.3	Comparación de valores de emisiones de gases de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	116
3.3	Redes de comunicación CAN	117
CAPITULO IV		120
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		120
4.1	Conclusiones	120
4.2	Recomendaciones	122
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		123
ANEXOS		130

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 2.1 Especificaciones técnicas Mazda 6	46
Tabla 2.2 Especificaciones técnicas Hyundai Tucson	47
Tabla 2.3 Variables Independientes para el estudio de sensores y actuadores	55
Tabla 2.4 Variables Dependientes para el estudio de sensores y actuadores	56
Tabla 2.5 Comandos para abrir comunicación serial en LabVIEW	69
Tabla 2.6 Comandos para leer y guardar archivos en LabVIEW	70
Tabla 2.7 Comandos para graficar archivos en LabVIEW	71
Tabla 3.1 Promedios generales de valores de funcionamiento de componentes electrónicos correspondientes al vehículo Mazda 6	109
Tabla 3.2 Promedios generales de valores de funcionamiento de componentes electrónicos correspondientes al vehículo Tucson	110
Tabla 3.3 Variación de valores de funcionamiento de sensores y actuadores de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	111
Tabla 3.4 Cantidad de CO a diferentes rpm del motor (Hyundai Tucson)	112
Tabla 3.5 Cantidad de HC a diferentes rpm del motor (Hyundai Tucson)	113
Tabla 3.6 Cantidad de CO a diferentes rpm del motor (Mazda 6)	114
Tabla 3.7 Cantidad de HC a diferentes rpm del motor (Mazda 6)	115
Tabla 3.8 Variación de valores de emisiones de gases de vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6 en función de rpm y presión atmosférica	117
Tabla 3.9 Valores de voltaje y resistencia de redes CAN de vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	118

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.1 Esquema genérico del sistema Motronic ME 7	5
Figura 1.2 Señal característica del sensor MAF de hilo caliente	11
Figura 1.3 Señal característica del sensor IAT	12
Figura 1.4 Señal característica del sensor MAP	13
Figura 1.5 Señal característica del sensor TPS	14
Figura 1.6 Señal característica del sensor ECT	14
Figura 1.7 Señal característica del sensor CKP de tipo Inductivo	15
Figura 1.8 Señal característica del sensor APP	16
Figura 1.9 Señal característica del sensor de oxígeno de dióxido de circonio	16
Figura 1.10 Señal característica del inyector de combustible	18
Figura 1.11 Esquema del sistema de inyección directa de gasolina Bosch MED 7	19
Figura 1.12 Modos operativos del sistema de inyección directa	20
Figura 1.13 Modo de funcionamiento estratificado	21
Figura 1.14 Modo de funcionamiento Homogéneo	21
Figura 1.15 Modo de funcionamiento Homogéneo-pobre	22
Figura 1.16 Admisión de aire en modos de funcionamiento de inyección directa	23
Figura 1.17 Inyección de combustible en modos de funcionamiento de inyección directa	25
Figura 1.18 Formación de mezcla en modos de funcionamiento de inyección directa	26
Figura 1.19 Combustión de mezcla en modos de funcionamiento de inyección directa	27
Figura 1.20 Señal característica del sensor de alta presión	28
Figura 1.21 Señal característica del sensor de posición de chapaleta de admisión	29
Figura 1.22 Red CAN de alta velocidad	36
Figura 1.23 Formato de mensaje CAN	37
Figura 2.1 Dispositivo Microchip	40
Figura 2.2 Interfaz ELM 327	41
Figura 2.3 Placa Arduino Mega	42
Figura 2.4 Placa CAN Bus SHIELD	42
Figura 2.5 Caja de conexión OBD II	43
Figura 2.6 Analizador de gases BRAIN BEE	44
Figura 2.7 Cuentarrevoluciones MGT-300	45
Figura 2.8 Osciloscopio Automotriz Micsig	45
Figura 2.9 Ventana característica del software Hércules	57
Figura 2.10 Ventana principal del software CAN BUS ANALYZER v2.3	59
Figura 2.11 Tramas de envío y recepción de mensajes CAN	60
Figura 2.12 Ventana principal de Software IDE de Arduino	62
Figura 2.13 Definición de librerías, variables, trama de mensaje CAN	63
Figura 2.14 Bloque Void Setup del software IDE de Arduino	64
Figura 2.15 Bloque Void Loop del software IDE de Arduino	65

Figura 2.16	Impresión de datos a través del software IDE de Arduino	66
Figura 2.17	Panel frontal del registrador de datos en software LabVIEW	67
Figura 2.18	Bloque de diagramas del registrador de datos en el software LabVIEW	68
Figura 2.19	Identificación de datos elegidos para su comparación (Hyundai Tucson)	72
Figura 2.20	Identificación de datos elegidos para su comparación (Mazda 6)	73
Figura 2.22	Esquema general de la red CAN	78
Figura 2.23	Señal de red CAN en buen estado	79
Figura 2.24	Señal de red CAN con resistencia de terminación en mal estado	79
Figura 2.25	Señal de red CAN con cable de can low cortocircuitado a masa	80
Figura 2.26	Señal de red CAN con cable de can high cortocircuitado a masa	80
Figura 3.1	Archivo Excel generado por el registrador de datos	82
Figura 3.2	Pruebas estáticas realizadas en vehículos Mazda 6 y Hyundai Tucson	83
Figura 3.3	Señales de rpm y presión atmosférica (Hyundai Tucson)	84
Figura 3.4	Señales de rpm y presión en el colector de admisión (Hyundai Tucson)	85
Figura 3.5	Señales de rpm y posición de la mariposa de aceleración (Hyundai Tucson)	86
Figura 3.6	Señales de rpm y posición del pedal del acelerador (Hyundai Tucson)	87
Figura 3.7	Señales de rpm y temperatura del refrigerante del motor (Hyundai Tucson)	88
Figura 3.8	Señales de rpm y temperatura del aire de admisión (Hyundai Tucson)	89
Figura 3.9	Señales de rpm y voltaje de sensor de oxígeno (Hyundai Tucson)	90
Figura 3.10	Señales de rpm y porcentaje de apertura de la válvula solenoide de purga (Hyundai Tucson)	91
Figura 3.11	Señales de rpm y presión atmosférica (Mazda 6)	92
Figura 3.12	Señales de rpm y presión en el colector de admisión (Mazda 6)	93
Figura 3.13	Señales de rpm y posición de la mariposa de aceleración (Mazda 6)	94
Figura 3.14	Señales de rpm y posición del pedal del acelerador (Mazda 6)	96
Figura 3.15	Señales de rpm y temperatura del refrigerante del motor (Mazda 6)	97
Figura 3.16	Señales de rpm y temperatura del aire de admisión (Mazda 6)	98
Figura 3.17	Señales de rpm y corriente de sensor de oxígeno de banda ancha (Mazda 6)	99
Figura 3.18	Señales de rpm y porcentaje de apertura de la válvula solenoide de purga (Mazda 6)	100
Figura 3.19	Presión atmosférica y Revoluciones del motor de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	101
Figura 3.20	Revoluciones del motor y presión en el colector de admisión de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	102
Figura 3.21	Revoluciones del motor y posición de la mariposa de aceleración de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	103
Figura 3.22	Revoluciones del motor y posición del pedal del acelerador de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	104
Figura 3.23	Revoluciones del motor y temperatura del refrigerante del motor de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	105
Figura 3.24	Revoluciones del motor y temperatura del aire de admisión de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	106

Figura 3.25 Revoluciones del motor y enriquecimiento e la mezcla de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	107
Figura 3.26 Revoluciones del motor y porcentaje de apertura de válvula de cánister de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6	108
Figura 3.27 Señal de red CAN (Mazda 6)	119
Figura 3.28 Señal de red CAN (Hyundai Tucson)	119

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Pruebas realizadas en vehiculos	130
ANEXO II	
Código de programación del registrador de datos en software ide de arduino	132
ANEXO III	
Diseño y programacion del registrador de datos en software labview	136
ANEXO IV	
Tabla de excel con datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehiculo mazda 6 generada por el registrador de datos	138
ANEXO V	
Tabla de excel con datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehiculo hyundai tucson generada por el registrador de datos	154

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudió de manera teórica y práctica el comportamiento del sistema de inyección directa e indirecta de gasolina en función de la presión atmosférica, por medio del funcionamiento de determinados componentes electrónicos que conforman el motor y también por las emisiones de gases generadas. Para ello, se destinaron los vehículos Mazda 6 (Inyección Directa) y Hyundai Tucson (Inyección Indirecta) para desarrollar una prueba estática y recolectar información del funcionamiento y comportamiento de 8 sensores y 1 actuador electrónico, los cuales intervienen en el subsistema de inyección y que también estuvieron disponibles dentro del sistema de diagnóstico OBD II de los vehículos antes nombrados. Para recolectar y guardar en un archivo Excel dicha información, se programó un registrador de datos mediante el software LabVIEW, la placa Arduino Mega, la tarjeta Can Bus Shield y una Laptop para conectarse al sistema de diagnóstico genérico de los vehículos; mediante los datos obtenidos por el registrador de datos, se pudo notar de manera numérica y gráfica que a pesar de las condiciones climáticas y de que el vehículo Mazda debido a eso trabajara con 78 KPa de presión atmosférica, un KPa más que el vehículo Tucson, presentó un mejor rendimiento durante la prueba realizada, especialmente en la temperatura máxima alcanzada por el refrigerante del motor que fue 3°C menos que el vehículo Tucson, y la presión absoluta en el múltiple de admisión especialmente a 2500 revoluciones por minuto, la cual fue 5 Kpa mayor que el vehículo Tucson. Por otro lado, para obtener los porcentajes de emisiones contaminantes, se aplicó el mismo procedimiento de aceleraciones utilizado en la recolección de datos de sensores, debido a que los rangos de revoluciones para las dos pruebas fueron los mismos, de echo las dos pruebas se realizaron al mismo tiempo. Se utilizó el analizador de gases Brain Bee disponible en el taller de mecánica de la Universidad Técnica del Norte, y en los resultados se pudo observar que a pesar de que los dos vehículos tuvieron emisiones de gases muy reducidas, los porcentajes de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no combustionados (HC) fueron levemente mayores en el sistema de inyección indirecta; especialmente en el rango de 1500 revoluciones por minuto, en donde la cantidad de HC fue de 37 ppm frente a 12 ppm generadas por el sistema de inyección directa. En relación a la presión atmosférica de la ciudad de Ibarra, el sistema de inyección directa trabajó de manera más eficiente y amigable con el medio ambiente.

ABSTRACT

In this research work, the behavior of the direct and indirect gasoline injection system was studied in a theoretical and practical way as a function of atmospheric pressure, through the operation of certain electronic components that make up the engine and also by the gas emissions generated. For this, the Mazda 6 (Direct Injection) and Hyundai Tucson (Indirect Injection) vehicles were used to develop a static test and collect information on the operation and behavior of 8 sensors and 1 electronic actuator, which intervene in the injection subsystem and which were also available within the OBD II diagnostic system of the aforementioned vehicles. To collect and save this information in an Excel file, a data logger was programmed using LabVIEW software, the Arduino Mega board, the Can Bus Shield board and a Laptop to connect to the generic vehicle diagnostic system; Through the data obtained by the data logger, it was possible to notice in a numerical and graphical way that despite the weather conditions and the Mazda vehicle working with 78 KPa of atmospheric pressure, one KPa more than the Tucson vehicle, it presented a better performance during the test carried out, especially in the maximum temperature reached by the engine coolant which was 3 ° C less than the Tucson vehicle, and the absolute pressure in the intake manifold especially at 2500 revolutions per minute, which was 5 Kpa higher than the Tucson vehicle. On the other hand, to obtain the percentages of pollutant emissions, the same acceleration procedure used in the collection of sensor data was applied because the ranges of revolutions for the two tests were the same, in fact the two tests were performed at same time. The Brain Bee gas analyzer available at the mechanical workshop of the Universidad Técnica del Norte was used, and the results showed that despite the fact that the two vehicles had very low gas emissions, the percentages of carbon monoxide (CO) and unburned hydrocarbons (HC) were slightly higher in the indirect injection system; especially in the 1500 revolution per minute range, where the amount of HC was 37 ppm compared to 12 ppm generated by the direct injection system. In relation to the atmospheric pressure of the city of Ibarra, the direct injection system worked in a more efficient and environmentally friendly way.

INTRODUCCIÓN

El sistema de inyección directa de gasolina ha traído grandes beneficios al sector automotriz desde el momento de su aparición y por eso este tipo de sistemas ha tenido una gran demanda a nivel mundial, de hecho, es cada vez más común presenciarlo en vehículos que hoy por hoy ya se pueden observar más a menudo dentro del medio y que por eso es importante tener información básica de su funcionamiento; dichos beneficios pueden evidenciarse en el menor consumo de combustible y por ello en las menores emisiones de gases contaminantes, tal y como ya se ha demostrado en anteriores estudios. En algunos motores, este tipo de inyección viene acompañada de un mejoramiento tanto mecánico como tecnológico, por ejemplo, el motor del vehículo Mazda 6 con tecnología Skyactive. Una de las maneras para cerciorarse de que todos los sistemas y componentes del motor trabajen de manera correcta y por consiguiente se tenga un consumo de combustible adecuado y unas emisiones de gases dentro de las permitidas, este vehículo y todos aquellos que tengan integrado un protocolo de comunicación CAN llevan integrado el sistema de diagnóstico OBD II quien es el encargado de supervisar el correcto funcionamiento de dichos componentes electrónicos. En base a lo descrito entonces, surge el interés de obtener información del funcionamiento de dicho sistema de inyección, y por ello, este estudio se caracteriza por la programación de un registrador de datos utilizando una tarjeta Arduino Mega, una placa CAN Bus Shield y el software LabVIEW para poder leer y guardar en tiempo real la información del funcionamiento de ciertos sensores que intervienen en el sistema de inyección a través de la conexión CAN con el sistema de diagnóstico del vehículo; los resultados obtenidos sirven para realizar una comparación con el sistema de inyección indirecta y tener información inicial del comportamiento de dichos componentes para que sirva como referente para estudios posteriores, además el registrador de datos podría servir como un dispositivo básico de diagnóstico el cual es relativamente barato y fácil de programar y que cualquier persona en general podría adquirirlo para usarlo con fines académicos o laborales. En este estudio también se presenta información de las emisiones de gases generadas, la cual junto con la información de sensores da un vistazo de como la inyección directa puede ser más eficiente en todos los sentidos que la inyección indirecta de gasolina.

CAPÍTULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar el comportamiento del sistema de inyección electrónica directa e indirecta (multipunto) de gasolina, en función de la presión atmosférica de la ciudad de Ibarra.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprender el funcionamiento de los principales componentes electrónicos que intervienen en el sistema de inyección directa e indirecta (multipunto) de motores con encendido provocado.
- Determinar la variación de señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección directa e indirecta (multipunto) de gasolina.
- Estudiar y comparar las emisiones de gases de un motor de inyección directa y un motor de inyección indirecta (multipunto) en función de la presión atmosférica local.
- Analizar la conexión y estabilidad de las líneas de comunicación (Redes CAN High y Redes CAN Low) en los automóviles de prueba.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Según (Leguisamo, 2016), la oferta de vehículos con sistema de inyección directa de gasolina en el Ecuador es variada, razón por la cual surgió el interés de obtener información del comportamiento de los principales componentes electrónicos que intervienen en dicho sistema, ya que a diferencia de la inyección indirecta de gasolina, posee dos modos de funcionamiento extra (estratificado y homogéneo-pobre) los cuales varían en función de varios aspectos, entre ellos la presión atmosférica. Esta información podría servir para tener

un conocimiento previo de dichos componentes electrónicos y poder diagnosticarlos de la mejor manera dependiendo de su trabajo de funcionamiento.

Por otro lado, con el desarrollo del registrador de datos y mediante el sistema de diagnóstico genérico, se puede tener acceso a la información de funcionamiento de los principales sensores que actúan en el sistema de inyección de gasolina. El registrador de datos puede actuar como una herramienta básica de diagnóstico, sin reemplazar a los equipos de diagnóstico usados comúnmente, pero que, si puede ser de gran ayuda, lo cual puede favorecer a talleres que incursionan en el diagnóstico automotriz o para cualquier persona en general.

1.3 ALCANCE

Comprender el funcionamiento de los principales componentes electrónicos que intervienen en el sistema de inyección directa e indirecta (multipunto) de motores con encendido provocado mediante la recopilación de información bibliográfica acerca de los componentes y su respectivo funcionamiento.

Determinar la variación de señales de los sensores y actuadores del sistema de inyección directa e indirecta (multipunto) de gasolina, mediante la programación de un registrador de datos utilizando la placa Arduino, la interfaz CAN BUS shield y el software LabVIEW, el cual permita leer y guardar datos en tiempo real.

Estudiar y comparar las emisiones de gases de un motor de inyección directa y un motor de inyección indirecta (multipunto) en función de la presión atmosférica local, principalmente los hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO) mediante pruebas estáticas.

Analizar la conexión y estabilidad de las líneas de comunicación (Redes CAN High y Redes CAN Low) en los automóviles de prueba, mediante la recolección de información bibliográfica y el empleo de instrumentos de diagnóstico tales como: caja de conexión OBD II, osciloscopio y multímetro.

1.4 ANTECEDENTES

Según la Organización Mundial de la Salud, en 2012 se produjeron 3,7 millones de muertes prematuras atribuibles a la contaminación atmosférica en todo el mundo, dependiendo de la ciudad, los medios de transporte suponen entre un 15% y un 70% de la contaminación atmosférica en las zonas urbanas; en la Unión Europea (UE), un 90% de la población está expuesta a niveles de contaminación peligrosos para la salud, y un tercio lo está por encima de los límites legales, lo que se relaciona anualmente con 406.000 muertes prematuras y 100 millones de jornadas laborales perdidas (De las casas Cámara, 2014). Siendo esta la principal razón para que los fabricantes de autos produzcan vehículos que reduzcan el consumo de combustible y sobre todo que minimicen las emisiones de gases contaminantes, dando como resultado el estudio de mejoras en el sistema electrónico de inyección indirecta, así como también la creación de la inyección directa de gasolina.

La reducción de emisiones de escape y la mejora en la economía de combustible son aspectos clave del desarrollo actual del motor del automóvil (Inui, 1991). Es así que en cuanto a sistemas de inyección indirecta de gasolina ya se ha estudiado y recabado información relevante en cuanto a parámetros que determinan una buena combustión dentro del cilindro especialmente cuando el motor está funcionando en las etapas de arranque y calentamiento, dichos aspectos se centran en el estudio de la Mezcla de aire y combustible, pulso de inyección, atomización del combustible y detección de golpes mediante análisis multimodo. Todo esto enfocado principalmente para ayudar a que el sistema de inyección indirecta de gasolina sea lo más amigable posible con el medio ambiente hasta que el catalizador alcance la temperatura adecuada de funcionamiento y se encargue de las emisiones expulsadas en las fases de funcionamiento del motor antes mencionadas.

Por otro lado, en cuanto a la inyección directa de gasolina se puede resaltar que la aparición de este tipo de sistema fue dada en el modelo Mercedes-Benz 300 SL quien fue el primer modelo producido en serie que incorpora un motor de gasolina con inyección directa. Con este tipo de inyección se logra reducir hasta un 20% de combustible y un 20% en gases nocivos hacia el medio ambiente; cuando se dice que un motor consta de un sistema de inyección directa, hacemos referencia a que el combustible se introduce directamente en la cámara de combustión (Leguisamo, 2016).

Debido a que en el sistema de inyección directa el combustible es pulverizado netamente en la cámara de combustión, es de vital importancia conocer la presión que se maneja en el riel de combustible al igual que la cantidad de gasolina que es inyectada, ya que de esto depende tener una combustión correcta y la máxima o mínima cantidad de gases contaminantes expulsados a la atmosfera. Por lo tanto, la ubicación relativa del inyector y la bujía, la geometría del pistón, la geometría del cilindro y el tiempo de inyección son criterios muy importantes en el diseño de los motores GDI, además el movimiento del aire y las características del suministro de combustible pulverizado se convierten en factores importantes para la investigación (Li, Li, & Wang, 2009).

La desventaja principal en un motor de inyección directa de gasolina es el impacto directo del rocío de combustible sobre el pistón y la pared del cilindro ya que induce a la creación de altas emisiones de hidrocarburos no combustionados y por ende hollín. Para poder comprender este fenómeno se supone y visualiza que la pulverización se da a volumen constante dentro de la pared del cilindro a diferentes valores de contrapresión con un inyector tipo remolino.

Este sistema de inyección es una técnica que puede mejorar efectivamente la eficiencia volumétrica, inhibir el golpeteo, mejorar la relación de compresión y otras prestaciones del motor (Yantao & Dexin, 2011). Por lo tanto, este sistema se considera como una de las principales direcciones del desarrollo tecnológico para el futuro de los motores de combustión interna.

Las regulaciones de emisión Euro VI, solicita explícitamente la fase de arranque en frío del motor (-7 °C temperatura ambiente iniciada medida, después de 10-20 min en vacío) para emisiones de partículas, en 2014 Europa lo puso en práctica y Beijing también se desarrolló en 2016 mediante la implementación de las normas Euro VI para reducir las emisiones de los vehículos los cuales contribuyen a la contaminación del aire en zonas urbanas (Chao, Wei, Yan, Fangxi, & Qunjie, 2015).

El principal contaminante dentro de un motor de inyección directa se da en su fase inicial creando partículas contaminantes y HC, por la existencia de mezclas ricas y combustible en estado líquido no quemado. A bajas temperaturas conduce a tener partículas de óxido incompletas haciendo que se disperse la inflamación en el área principal. Algunas investigaciones experimentales tratan de ajustarse a las normativas vigentes para ello hacen pruebas mediante ajuste del periodo de la presión de inyección en arranque en frío, la relación aire-combustible y el uso de actuadores (válvula EGR).

1.5 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA INDIRECTA DE GASOLINA

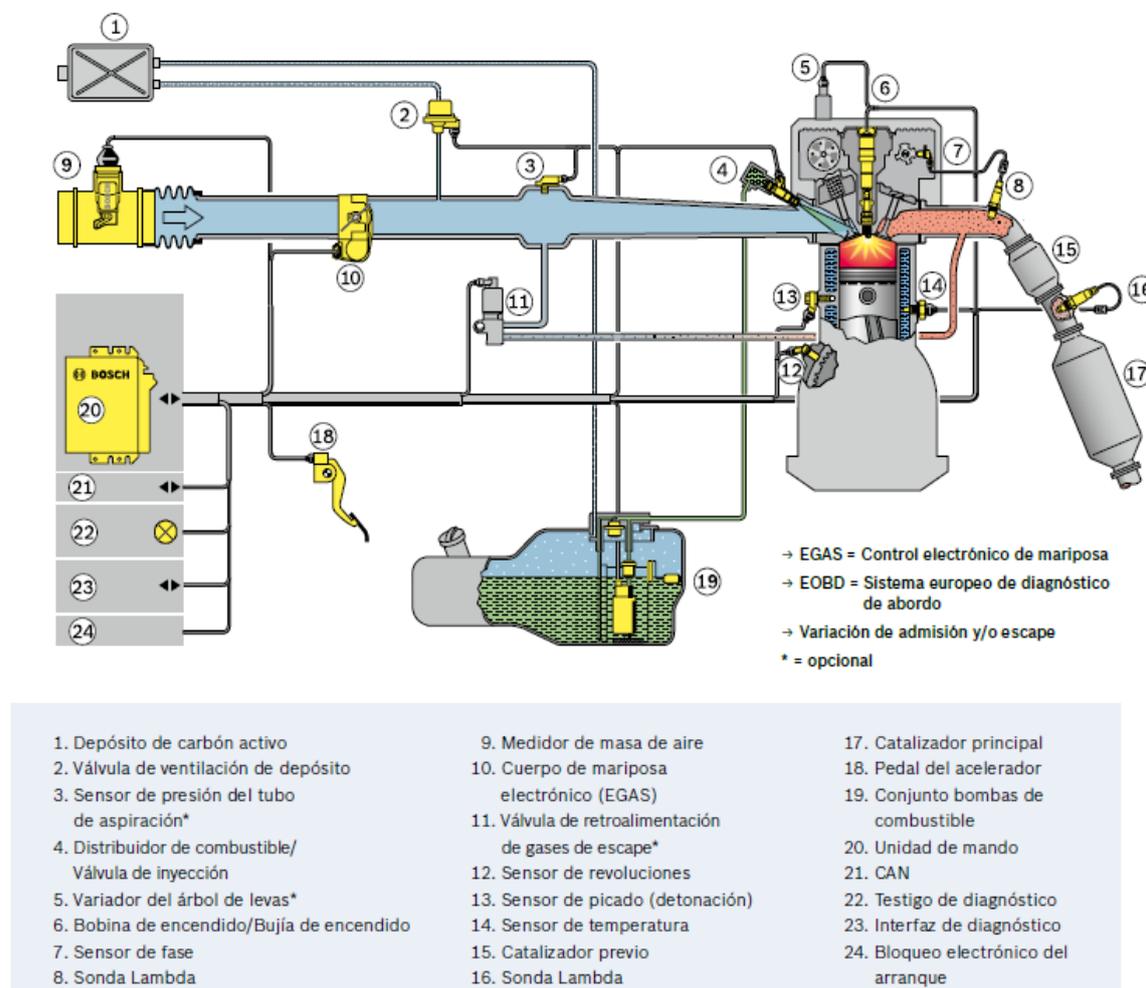


Figura 1.1 Esquema genérico del sistema Motronic ME 7 (Bosch, 2010)

En un motor de inyección indirecta, el inyector, quien es el encargado de suministrar la cantidad necesaria de gasolina durante el ciclo de admisión se encuentra dispuesto fuera de la cámara de combustión. Es decir, en el conducto de admisión requiriendo así una menor presión al momento de la inyección del combustible (Vargas Fernández & Barranco Martos, 2017, pág. 46). En la inyección indirecta multipunto se puede encontrar varios métodos de inyección dependiendo de los componentes que el sistema disponga, es así que, dichos modelos comienzan por el L-Jetronic, pasan por el LH- Jetronic y terminan en el sistema Motronic ME 7. El Motronic ME 7 al ser un sistema de inyección multipunto secuencial, incorpora una bobina individual para cada cilindro y un sensor de fase para saber en todo momento la posición de todos los pistones (González Calleja, 2015, pág. 395).

1.5.1 MODOS OPERATIVOS

1.5.1.1 Modo de Arranque

La ECU opera los inyectores cuatro veces por ciclo del motor (dos veces por revolución del cigüeñal) a fin de obtener la mezcla más uniforme y evitar la humedad de las bujías durante la fase de arranque (Denton, 2016, pág. 362). La inyección cesa 24° después de que el sensor CKP informe a la computadora acerca del punto muerto superior, después de esto se establece un periodo de inyección con arreglos basados en la temperatura del agua y del aire de admisión.

1.5.1.2 Modo de enriquecimiento posterior al arranque

La cantidad de enriquecimiento lo determina la temperatura del agua y del aire, y disminuye bajo el control de la ECU (Denton, 2016, pág. 362). Es decir que, si el motor está frío la mezcla en ese instante es determinada por la temperatura del agua y si el motor está caliente la mezcla inicial es definida por la temperatura del agua y del aire de admisión.

1.5.1.3 Modo de carrera con el motor frío

En esta fase de calentamiento el tiempo del encendido y el periodo de apertura del inyector están definidos por la temperatura del agua, rpm y carga del motor. El factor enriquecimiento se reduce en cuanto la resistencia del sensor de temperatura baja, cesando finalmente a 80° C (Denton, 2016, pág. 363).

1.5.1.4 Modo de ralentí

La inyección e ignición del combustible se establece mediante datos recibidos por la señal proveniente del sensor TPS y CKP. El ajuste de la mezcla en ralentí se realiza

electrónicamente en respuesta al ajuste del potenciómetro, ya sea en la ECU o en una unidad distinta (Denton, 2016, pág. 363).

1.5.1.5 Modo de carga plena

El tiempo de encendido es modificado por el régimen del motor y la apertura a tope de la mariposa de admisión; el potenciómetro de esta última alerta a la ECU de enriquecer la mezcla con relación a la velocidad del motor a fin de entregar la máxima potencia la cual está al límite del golpeteo. La función de inyección para alcanzar la potencia máxima se debe establecer de modo que la proporción de la mezcla se incremente a 1:1 (Denton, 2016, pág. 363).

1.5.1.6 Modo de aceleración

Cuando la ECU detecta una aceleración rápida por la señal de tasa de cambio del potenciómetro del ahogador, ocurre el enriquecimiento durante una cierta cantidad de igniciones. Esto ocurre gracias a la información proporcionada por los sensores ECT y MAP hasta alcanzar el límite en donde el enriquecimiento decrece paulatinamente hasta deshacerse.

1.5.1.7 Modo de cierre de inyección en fase de desaceleración

Se dará cuando el ahogador se cierre y la velocidad del motor sea superior al umbral relacionado con la temperatura del agua (alrededor de 1 500 rpm) (Denton, 2016, pág. 364). Después de esto, cuando el motor llegue a las 1 000 rpm la ECU reactiva la inyección con la cantidad justa de combustible en relación con la carga y velocidad actuales del motor; todo esto con el fin de reducir las emisiones de escape y el consumo de combustible.

1.5.1.8 Modo de protección contra el golpeo

Según (Denton, 2016, pág. 364), aquí se modifica el avance de encendido para controlar posibles golpeteos dentro del motor durante el corte y realimentación de combustible, esto se consigue gracias a la corrección del avance contra golpeo el cual esta dictaminado por las rpm del motor, el tiempo de inyección y la temperatura del agua y aire de admisión.

1.5.1.9 Modo de limitación de velocidad del motor

Este modo de operación está diseñado para proteger al motor de posibles daños debido a una excesiva velocidad de este. El cierre de admisión en la inyección se da cuando la velocidad del motor se eleva sobre las 6900 rpm y se reinstala por debajo de esa cifra (Denton, 2016, pág. 364).

1.5.1.10 Modo de corrección en el voltaje de la batería

Según (González Calleja, 2015, pág. 391), debido a las variaciones de tensión en la batería durante el funcionamiento del vehículo, el tiempo de inyección se puede ver afectado y con ello la calidad de la mezcla dentro del cilindro, por ello, dependiendo de la tensión de la batería, la ECU realiza una corrección al tiempo de inyección en función del tiempo de excitación y posterior cese de la bobina del inyector.

1.5.2 ADMISIÓN (CARGA DE CILINDRO)

Resumiendo a (Reif & Heinz Dietsche, 2014, págs. 594, 595) se denomina carga de cilindro a la mezcla existente dentro del mismo una vez que se haya cerrado la válvula de admisión, y está conformada por la mezcla fresca de aire y combustible y por los gases de escape residuales. Es así que, la carga de cilindro está controlada directamente por la superposición o tiempos de apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape, factores que se han ido

mejorando con la implementación de sistemas de timing de válvula variable (VVT) con el fin de mejorar el torque y potencia del motor.

1.5.2.1 Mezcla fresca de aire y combustible

La carga fresca de aire y combustible que se encuentra disponible en un nuevo ciclo de admisión del motor está constituida en primera instancia por el flujo de aire que atraviesa la válvula de la mariposa y por la cantidad de combustible inyectado en el colector de admisión (inyección multipunto), pero también se puede obtener mezcla de aire y combustible fresca a través del sistema de control de evaporaciones de combustible.

1.5.2.2 Gas de escape residual

El gas de escape residual dispuesto en un nuevo ciclo de admisión está conformado por el gas que permanece en el cilindro y no se desplaza completamente durante el ciclo de escape, y también por el flujo de gases provenientes desde el sistema EGR; la cantidad de este último está determinada por la apertura de la válvula de la mariposa, por ejemplo, si está completamente abierta los gases residuales deben ser en menor cantidad ya que se debe priorizar la máxima masa posible de aire fresco para obtener una potencia favorable del motor.

1.5.3 INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

Resumiendo a (Denton, 2016, págs. 360, 361), la cantidad de combustible necesaria se determina de acuerdo a la masa de aire que ingresa hacia la cámara de combustión, esto depende de dos factores primordiales que son: la velocidad o rpm del motor y la presión del múltiple de admisión. Los tiempos básicos de inyección se encuentran definidos mediante los dos factores antes mencionados y son guardados en la memoria ROM de la computadora del vehículo; estos pulsos son corregidos por la ECU de acuerdo con el modo de operación actuales del motor y otros parámetros importantes como: la temperatura del aire de admisión,

la temperatura del refrigerante, la carga del motor (ralentí, carga parcial o carga total) y la tensión de la batería.

Por otro lado, al inyectar combustible pulverizado justo delante de la válvula de admisión, se consigue que se evapore en su mayor parte con el aire que fluye a través de la válvula de la mariposa hasta llegar a la cámara de combustión, sin embargo, este proceso genera una pequeña condensación de combustible (película de pared) en la parte del colector de admisión más cercana a la cámara de combustión y en los asientos de las válvulas de admisión. El grosor de la película depende esencialmente de la presión en el colector de admisión y, por tanto, de la condición de carga del motor (Reif & Heinz Dietsche, 2014, pág. 618).

1.5.4 FORMACIÓN DE LA MEZCLA

Un motor de gasolina con inyección multipunto funciona en su mayor parte con una mezcla homogénea, ya que el aire de admisión se mezcla completamente con el combustible vaporizado durante las carreras de admisión y compresión; esta mezcla está influenciada directamente por las condiciones de vaporización, la presión de inyección, el movimiento de la carga dentro del cilindro y el tiempo disponible para la formación de la misma. Esencialmente, la formación de la mezcla implica la interacción de dos procesos: la vaporización de las gotas de combustible causadas por la diferencia de temperatura y la desintegración de las gotas por las fuerzas aerodinámicas (Reif & Heinz Dietsche, 2014, pág. 403).

1.5.5 COMBUSTIÓN

La responsable de iniciar la fase de combustión en el motor es la chispa de la bujía la cual genera una llama que combustiona la mezcla dentro del cilindro, esta llama puede definirse mediante la velocidad de la llama (baja proporción de gas inerte, aumento de temperatura en la mezcla no quemada, aumento de presión y alto nivel de turbulencia) y el movimiento del frente de llama (movimiento de carga). La llama tarda unos milisegundos en alcanzar un

radio de alrededor de un centímetro para propagarse sin obstáculos desde el rebajo del pistón y la culata a una velocidad superior a 10 m/s (Reif & Heinz Dietsche, 2014, pág. 406).

1.5.6 SENSORES EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN Y FORMACIÓN DE MEZCLA

1.5.6.1 Sensor de Flujo Másico de Aire (MAF)

Resumiendo, a (Reif & Heinz Dietsche, 2014), el sensor más común dentro del sistema consta de un hilo de platino el cual es calentado por la ECU mediante una corriente eléctrica hasta que se mantenga a una temperatura constantemente superior a la del aire entrante. Entre más flujo de aire exista (sensor frío), la resistencia del hilo se reduce y por el contrario la corriente eléctrica aumenta para mantener dicha temperatura. Esta variación de corriente previamente procesada por la ECU refleja un índice exacto del flujo másico de aire que ingresa hacia el motor.

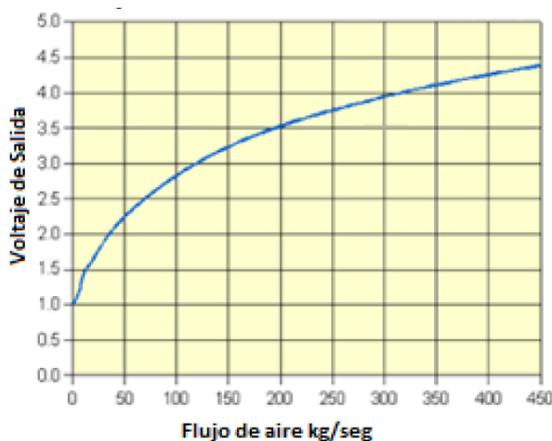


Figura 1.2 Señal característica del sensor MAF de hilo caliente
(Corrales & Andino, 2017)

1.5.6.2 Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)

La función principal de este sensor es proporcionar a la ECU la temperatura con la que el aire ingresa al motor, para que así en función de su densidad pueda determinar la entrega de

combustible más conveniente además de la sincronización de la chispa. Este sensor no es más que una resistencia variable que cambia su valor acorde a la temperatura del aire que ingresa, es decir un termistor (elemento semiconductor que varía su resistencia al variar la temperatura) (Correa González, 2013).

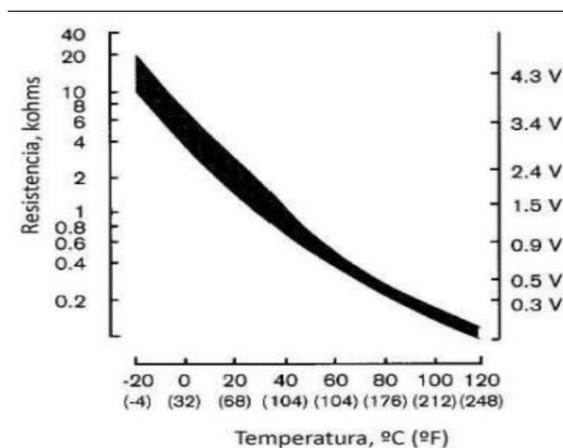


Figura 1.3 Señal característica del sensor IAT
(Mejía Calle & Armijos Armijos, 2015)

1.5.6.3 Sensor de baja presión de combustible

El sensor por lo general se encuentra dentro del tanque de combustible y es utilizado en sistemas de alimentación de combustible regulado por la demanda, es decir, sistema donde la electrobomba de combustible entrega únicamente la cantidad de gasolina que el motor requiere en ese momento. El sensor tiene el mismo principio de funcionamiento que el sensor MAP, ya que es del tipo piezorresistivo conformado por resistencias eléctricas dispuestas en un puente Wheatstone. En el caso de sensores para medios muy agresivos o medidos en líquido (por ejemplo, para sensores de presión de combustible), a menudo se utiliza el "conjunto inverso" en el que la presión medida se dirige a una cavidad pasiva electrónicamente empotrada en el lado del sensor (Reif & Heinz Dietsche, 2014, pág. 598).

1.5.6.4 Sensor de Presión del Múltiple de Admisión (MAP)

Este tipo de sensor es alimentado por la ECU con una tensión de 5 V. y en su interior se encuentra dispuesto un diafragma de silicio quien separa dos cámaras de vacío; un vacío

perfecto de referencia (debidamente hermetizado) y el vacío que se genera dentro del colector de admisión al cual está dispuesto una cara del sensor. Según (Halderman, 2014, pág. 424), el diafragma se deforma en diversos grados dependiendo de la presión efectiva y en el proceso trabajan cuatro resistencias unidas por un puente de Wheatstone, de las cuales dos se estiran y dos se comprimen, variando así su resistencia eléctrica y por ende la señal análoga de tensión de retorno hacia la ECU.

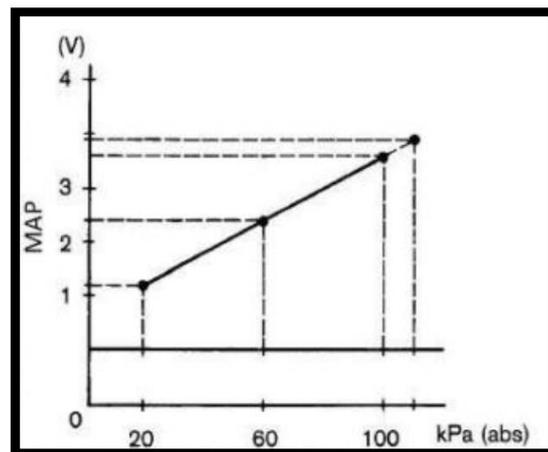


Figura 1.4 Señal característica del sensor MAP
(Mejía Calle & Armijos Armijos, 2015)

1.5.6.5 Sensor de Posición de la Válvula de la Mariposa (TPS)

Parafraseando a (Halderman, 2014, pág. 414), este tipo de sensor consta de dos potenciómetros o resistencias variables que generan señales opuestas y que cuenta con tres terminales; un extremo de la resistencia recibe voltaje de referencia (5 V.), mientras que el otro extremo está conectado a tierra. El tercer terminal está unido a un contacto móvil que se desliza a través de la resistencia para variar su valor en ohmios, en función del ángulo de rotación del eje de la mariposa de aceleración.

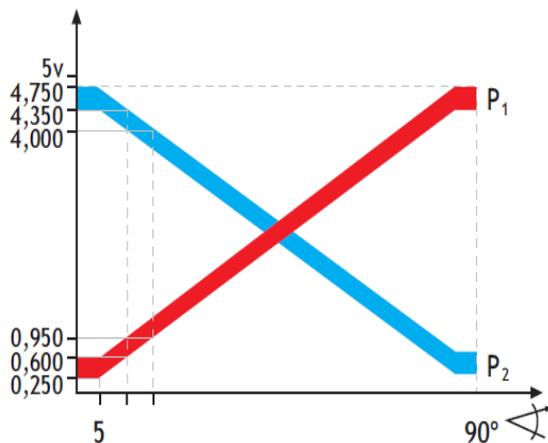


Figura 1.5 Señal característica del sensor TPS
(Sánchez, 2009, pág. 136)

1.5.6.6 Sensor de Temperatura del Motor (ECT)

Al estar instalado directamente en el paso de flujo del refrigerante, la temperatura de funcionamiento del motor en algunos vehículos está constantemente reflejada tanto en la computadora como en el reloj de temperatura del tablero ya que el sensor cuenta con 2 resistencias del tipo NTC. El sensor de temperatura del refrigerante detecta la temperatura de refrigeración del motor, mediante la conversión del cambio de resistencia en una señal de voltaje a la entrada en la ECU del motor (Mejía Calle & Armijos Armijos, 2015).

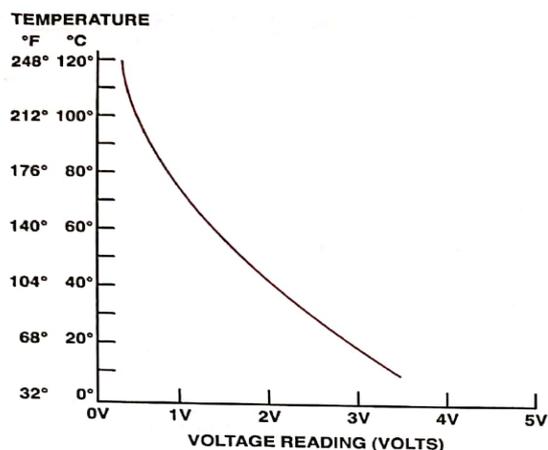


Figura 1.6 Señal característica del sensor ECT
(Halderman, 2014, pág. 402)

1.5.6.7 Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP de tipo inductivo)

Este sensor genera la señal de referencia hacia la ECU cuando un diente del volante de inercia (material ferromagnético) pasa por delante del mismo, ya que en ese instante el campo magnético creado por el imán se distorsiona lo cual genera una tensión eléctrica en la bobina del sensor. Según (Moreira Ayala, Suquillo Nasimba, & Meza Orellana, 2017), la amplitud y la frecuencia de la señal generada por el sensor, aumentan o disminuyen en función de las RPM reinantes en el motor.

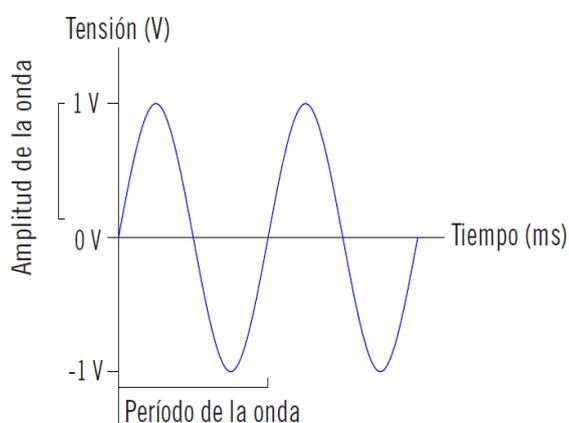


Figura 1.7 Señal característica del sensor CKP de tipo Inductivo
(Rodríguez Melchor, 2012, pág. 221)

1.5.6.8 Sensor de Posición del Pedal del Acelerador (APP)

El sensor APP genera una señal de manera lineal y en función del ángulo recorrido por el pedal gracias a que está conformado por dos potenciómetros que trabajan conjuntamente sobre un mismo eje y quienes conservan un valor de resistencia diferente debido a que uno de ellos posee dos resistencias en serie dentro del circuito de conexión. El módulo del pedal del acelerador, con los sensores de posición del mismo tiene como función detectar la posición instantánea del pedal y transmitirla en una señal en función de las exigencias solicitadas por el usuario (Chucuyan Perez, 2016).

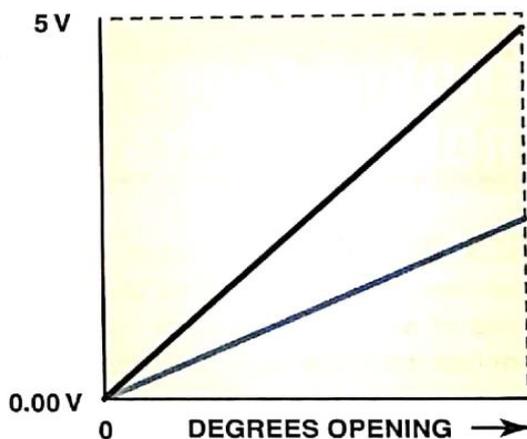


Figura 1.8 Señal característica del sensor APP
(Halderman, 2014)

1.5.6.9 Sensor de oxígeno

(Halderman, 2014, pág. 442), describe que este sensor está compuesto por dióxido de circonio, quien a una temperatura de 300°C se vuelve un buen conductor de iones de oxígeno; también consta de dos electrodos de platino los cuales interactúan con el aire atmosférico y los gases de escape para generar una señal de voltaje en función de la diferencia de oxígeno que hay entre ellos. Es decir, si la mezcla es rica se genera un voltaje de 0.60 a 1.0 V. y si la mezcla es pobre el voltaje generado es de 0.0 a 0.3 V.

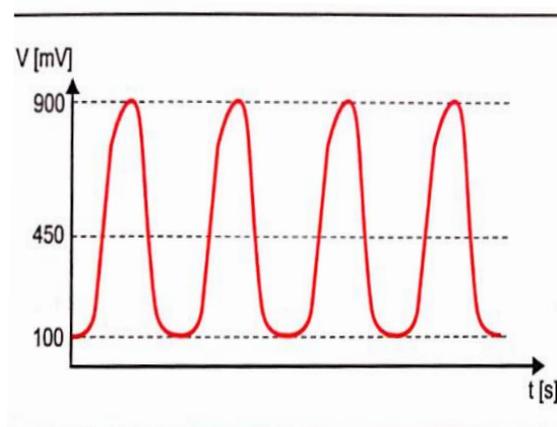


Figura 1.9 Señal característica del sensor de oxígeno de dióxido de circonio
(González Calleja, 2015, pág. 590)

1.5.7 ACTUADORES ELECTRÓNICOS EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN Y FORMACIÓN DE MEZCLA

1.5.7.1 Electrobomba de combustible

En los sistemas de inyección sin retorno, la electrobomba se encuentra dentro del tanque de combustible y es la encargada de suministrar constantemente la gasolina desde ese lugar hasta los inyectores por medio del Common rail, está alimentada con el voltaje de la batería (12 V) y es controlada por la ECU mediante pulsos PWM a través del relé que lleva incorporado en su sistema eléctrico. La presión de operación normal dentro de este sistema de inyección es de aproximadamente 2 bares, en la que la corriente de la bomba es de 3 a 5 amperios (Chen, Liu, Tsai, & Hung, 2016).

1.5.7.2 Inyector de gasolina

Su principio de funcionamiento se basa en la energización y des energización de la bobina por la cual está compuesto, es decir, el inyector entrega combustible hacia el colector de admisión gracias a que la fuerza magnética producida por la bobina es mayor que la fuerza ejercida por el muelle y la presión del combustible sobre la aguja del inyector. Dentro del pulso de inyección debe contemplarse ciertos parámetros como el tiempo de apertura de la aguja, el aumento de corriente en la bobina debido a la no saturación del circuito magnético, la des energización progresiva de la bobina y por ende el retardo en el tiempo de cierre de la aguja. Según (Ostrica & Jurcik, 2014), el tiempo necesario para abrir 12 – 16 Ohm del inyector es de aproximadamente 1,5 milisegundos, mientras que el tiempo de cierre del inyector se da por acción del muelle y la presión del combustible y comprende la mitad del tiempo de apertura.

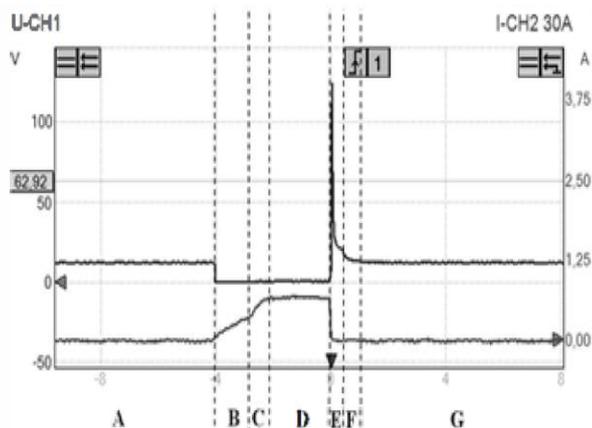


Figura 1.10 Señal característica del inyector de combustible
(Ostrica & Jurcik, 2014)

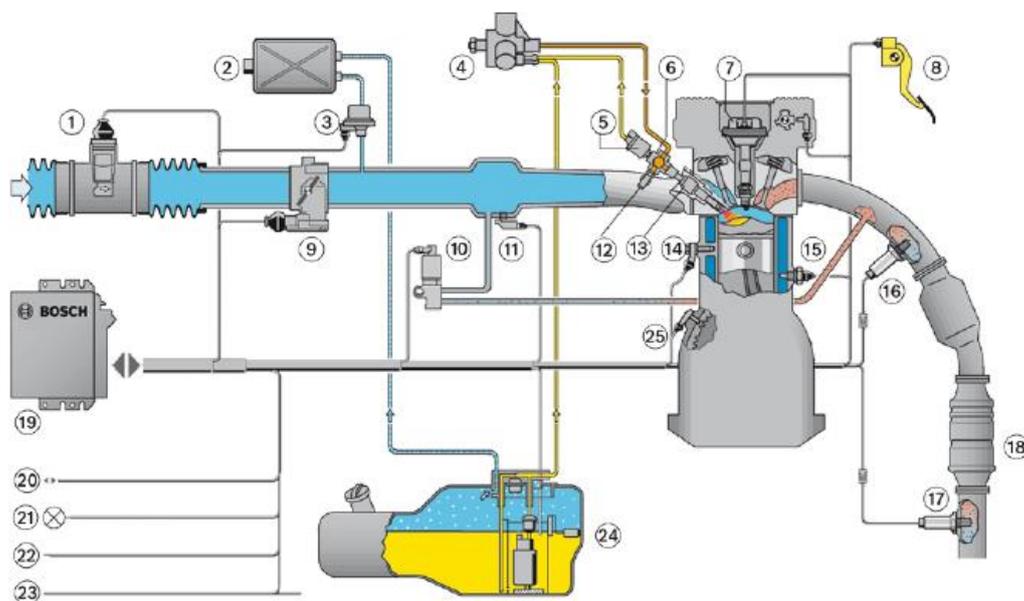
1.5.7.3 Electroválvula de cánister

Se encuentra ubicada entre el cánister y el colector de admisión, y su apertura y por ende el flujo de vapores de gasolina hacia el cilindro del motor, depende de la señal entregada por la ECU cuando el líquido refrigerante del motor y el aire de admisión han alcanzado una temperatura determinada. Si el vehículo se encuentra en ralentí o en desaceleración, la bobina de la válvula de purga no será excitada. En los sistemas de propulsión a gasolina, la válvula de purga del recipiente del sistema de control de emisiones evaporativas (EVAP) puede ser activada por señales moduladas en ancho de pulso (PWM) (Li, Dong, Harrigan, & Gardner, 2017).

1.5.7.4 Válvula EGR

La válvula EGR introduce una determinada cantidad de gases de escape directamente en el colector de admisión con el fin de disminuir la temperatura de combustión dentro del cilindro. Esta acción también permite mejorar la eficiencia del motor ya que a bajas temperaturas de trabajo las posibilidades de autoinflamación del combustible se reducen lo cual da paso a un aumento de la relación de compresión. Se ha encontrado que los altos niveles de EGR reducen no solo las emisiones de NO_x, sino también el monóxido de carbono (CO), la masa de partículas (PM) y el número de partículas (PN) (Smith, Roberts, Kountourlots, & Richardson, 2019).

1.6 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DIRECTA DE GASOLINA



- | | |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1. Medidor de masa de aire con sensor de temperatura | 13. Válvula de inyección de alta presión |
| 2. Depósito de carbón activo | 14. Sensor de picado (detonación) |
| 3. Válvula de ventilación de depósito | 15. Sensor de temperatura del motor |
| 4. Bomba de alta presión | 16. Sonda Lambda (LSU) |
| 5. Válvula de regulación de presión | 17. Sonda Lambda (LSF) |
| 6. Distribuidor de combustible | 18. Catalizador NOx |
| 7. Bobina de encendido | 19. Unidad de mando |
| 8. Pedal del acelerador | 20. Interfaz de diagnóstico |
| 9. Cuerpo de mariposa electrónico (EGAS) | 21. Testigo de diagnóstico |
| 10. Válvula de retroalimentación de gases de escape (EGR) | 22. Inmovilizador |
| 11. Sensor de presión del tubo de aspiración | 23. CAN |
| 12. Sensor de alta presión | 24. Conjunto bomba de combustible |
| | 25. Sensor de revoluciones |

Figura 1.11 Esquema del sistema de inyección directa de gasolina Bosch MED 7 (Bosch, 2010)

Los motores que cuentan con inyección directa de gasolina son la nueva generación de motores menos contaminantes y más ahorradores. Al mismo tiempo, apoyan la noción actual de reducción del tamaño y la cilindrada de los motores para reducir el consumo y las emisiones manteniendo o aumentando su potencia.

Los componentes en su gran mayoría son similares a sistemas de inyección de gasolina convencional sin embargo su principal diferencia radica en el sistema de alimentación de combustible. Este conjunto emplea una bomba eléctrica de baja presión para transporta la gasolina desde el depósito a la bomba de alta presión de accionamiento mecánico (González Calleja, 2015, pág. 402).

1.6.1 MODOS OPERATIVOS

Gracias a la inyección directa de gasolina se ha logrado reducir consumos de combustible hasta en un 15%, ya que se tienen modos de funcionamiento más apropiados que satisfacen las exigencias del motor de acuerdo al régimen del mismo. Por ejemplo, el modo estratificado para puesta en marcha y revoluciones bajas, al aumentar las revoluciones se traslada a el modo homogéneo pobre y a su vez este da paso a el modo homogéneo que se da en elevadas revoluciones. Cada uno de los modos de funcionamiento tiene sus particularidades con respecto al consumo y a las emisiones de gases contaminantes (Paul, 2014).

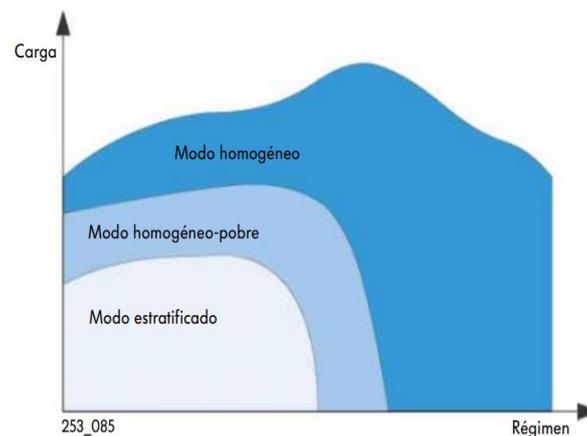


Figura 1.12 Modos operativos del sistema de inyección directa (Volkswagen, 2011)

1.6.1.1 Modo estratificado

La ECU es la encargada de seleccionar el modo de trabajo de acuerdo a diferentes factores tales como revoluciones y carga. La estratificación de la mezcla permite que el motor trabaje con un valor lambda aproximadamente de 1.6 hasta 3 (Marckwordt, 2017).

La mezcla se lleva a cabo en la trayectoria hacia la bujía, se encuentra localizada en el centro de la cámara, por debajo de la bujía, gracias al método de combustión por movimiento cilíndrico o conocido como movimiento tumble guiado por pared y aire, debido a que se realiza una sola inyección en la fase final de la compresión se garantiza una disminución del consumo de combustible y reducción de gases contaminantes.

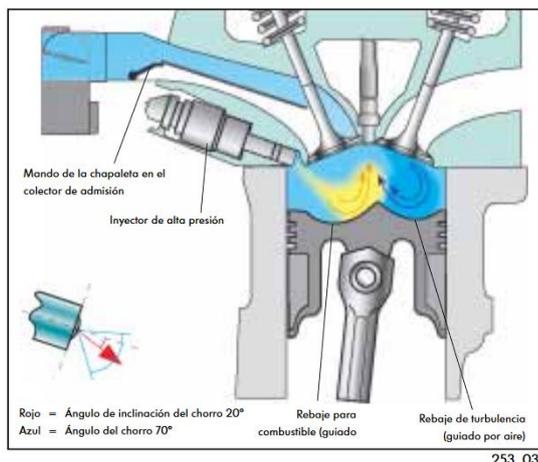


Figura 1.13 Modo de funcionamiento estratificado (Volkswagen, 2011)

1.6.1.2 Modo homogéneo

Entra en operación en regímenes altos al igual que cargas. Este modo operativo tiene similitud al funcionamiento de un motor de inyección indirecta, la principal diferencia es que la inyección se realiza dentro del cilindro durante la fase de admisión y se logra mezclar uniformemente con la aspiración de aire. La relación del aire con el combustible en este modo operativo es de $\lambda = 1$ (Henry, 2013, pág. 9). El par motor es determinado con el tiempo de encendido y la cantidad de masa de aire aspirado y son gobernados por la unidad de control.

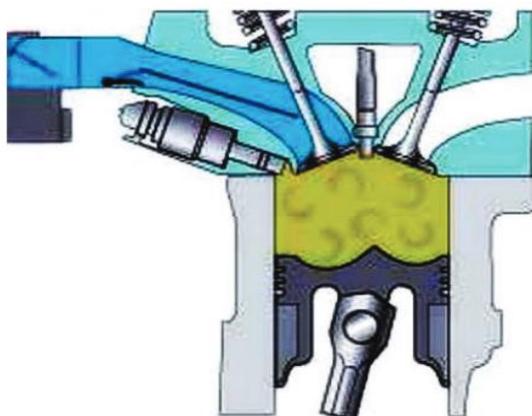


Figura 1.14 Modo de funcionamiento Homogéneo (Volkswagen, 2011)

1.6.1.3 Modo homogéneo – pobre

El motor trabaja en el modo Homogéneo-pobre durante la transición entre el modo estratificado y el homogéneo, la mezcla pobre se encuentra distribuida de un modo homogéneo (Leguisama , 2016, pág. 29). Entra en funcionamiento con cargas y regímenes bajos con un factor lambda de aproximadamente 1.55. La inyección de combustible se da en la fase de admisión y se mezcla con el aire aspirado.

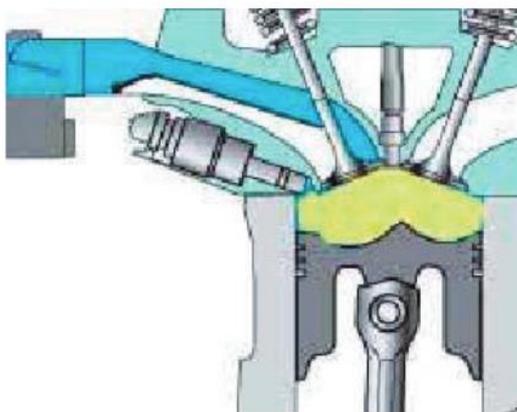


Figura 1.15 Modo de funcionamiento Homogéneo-pobre (Volkswagen, 2011)

1.6.2 ADMISIÓN

1.6.2.1 Modo estratificado

Para la admisión en el modo estratificado se requiere abundante volumen de aire por ende la mariposa se abre lo más posible similar a un sistema de inyección indirecta, el exceso de flujo de aire es controlado por la variación de la apertura de las válvulas de admisión, estas permiten rangos bajos de aire con el fin de reducir las pérdidas por estrangulamiento.

La aleta en el colector de admisión cierra el conducto inferior de la culata produciendo que el aire de admisión se acelere y fluya describiendo un torbellino cilíndrico (Leguisama , 2016, pág. 30). No es viable abrir al máximo la válvula de mariposa, debido a que debe existir constantemente una cierta depresión para la válvula EGR y el sistema de carbón activo.

1.6.2.2 Modo homogéneo

En este modo el comportamiento es similar a uno de inyección indirecta, el par motor depende directamente del tiempo de encendido y la masa de aire aspirado. La chapaleta en el colector de admisión se mantiene abierta o cerrada según el punto operativo momentáneo (Volkswagen, 2011, pág. 14). En este modo la chapaleta se encuentra cerrada por la parte inferior en cargar medias y regímenes bajos gracias a esto se forma el torbellino cilíndrico descrito por el aire que ingresa, cuando se aumenta el régimen y las cargas la chapaleta abre por completo ya que no es suficiente la masa de aire que ingresa por la parte superior. La ECU controla la apertura o cierre de la mariposa dependiendo de la posición del acelerador electrónico.

1.6.2.3 Modo homogéneo – pobre

Se tiene mezcla homogénea-pobre en toda la cámara de combustión. El motor conmuta este modo e informa a la ECU para que esta active la mariposa lo más abierta posible y la chapaleta está cerrada, con el fin de reducir perdidas por estrangulamiento. Su funcionamiento se basa en diferentes indicios tales como una baja en el adelanto a la apertura de las válvulas de admisión consiguiendo así un mayor flujo de aire.

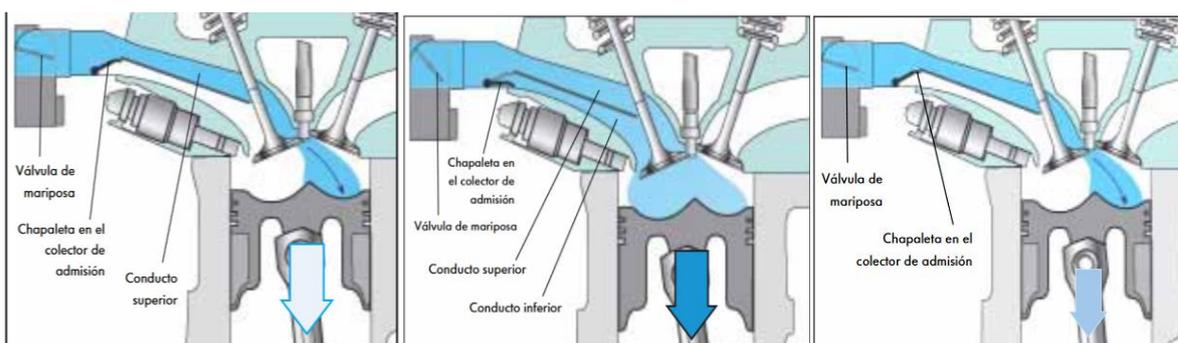


Figura 1.16 Admisión de aire en modos de funcionamiento de inyección directa (Leguisamo, 2016)

1.6.3 INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

1.6.3.1 Guiado por pared

En procesos de combustión guiados por pared el combustible se inyecta desde un lado de la cámara de combustión (Robert, 2005, pág. 613). La mezcla se forma durante el camino del combustible hacia la buja. Una desventaja importante es que el combustible humedece las paredes con combustible a presión, por ende, se tiene mayores emisiones de hidrocarburos no quemados. Dentro de este tenemos el proceso de guiado por aire, similar al guiado por pared, la principal ventaja es que se reduce la humedad de las paredes debido a que el combustible no interactúa con la cavidad del pistón, sino que se desvía hacia un colchón de aire disminuyendo así las emisiones de hidrocarburos.

1.6.3.2 Guiado por chorro

La principal diferencia de este proceso de combustión es la ubicación del inyector que hace que la presión de combustible aumente, con esto se desaparece la desventaja de la humedad de las paredes y la dependencia del flujo de aire. Está colocado en el centro, arriba de la cámara e inyecta verticalmente hacia abajo, como la bujía se encuentra junto al inyector el combustible inyectado se enciende después de la fase de inyección teniendo un consumo mínimo de combustible. El tiempo de inyección varía de acuerdo a la carga que depende del modo de trabajo y esta inyección se produce en diferentes posiciones del desplazamiento del pistón (Leguisamo, 2016, pág. 32).

1.6.3.3 Inyección en Modo estratificado

La inyección de combustible se realiza en el último tercio del ciclo de compresión (Leguisama, 2016, pág. 32). Inicia unos 60° y termina unos 40° antes de que el pistón llegue al PMS de encendido. La correcta formación de la mezcla de aire y combustible se va gracias a la geometría y posición del inyector, a las cavidades de la cabeza del pistón y el tiempo

exacto de inyección permitiendo que la mezcla se ubique en la zona de la bujía, reduciendo así el consumo de combustible.

1.6.3.4 Inyección en Modo homogéneo

El combustible se inyecta aproximadamente a los 300° APMS de encendido, directamente en el cilindro, durante el ciclo de admisión (Volkswagen, 2011, pág. 14). Una vez inyectado el combustible a presión, este recibe calor del aire que se encuentra en la cámara evitando así combustiones detonantes y aumentando la relación de compresión y maximizando el rendimiento térmico y a su vez la presión final.

1.6.3.5 Inyección en Modo homogéneo – pobre

La ECU inspecciona el monto de combustible inyectado dependiendo de la masa de aire con el fin de mantener la mezcla pobre. El combustible es inyectado en el cilindro a unos 300° antes del PMS de encendido durante el ciclo de admisión (Leguisama, 2016, pág. 33).

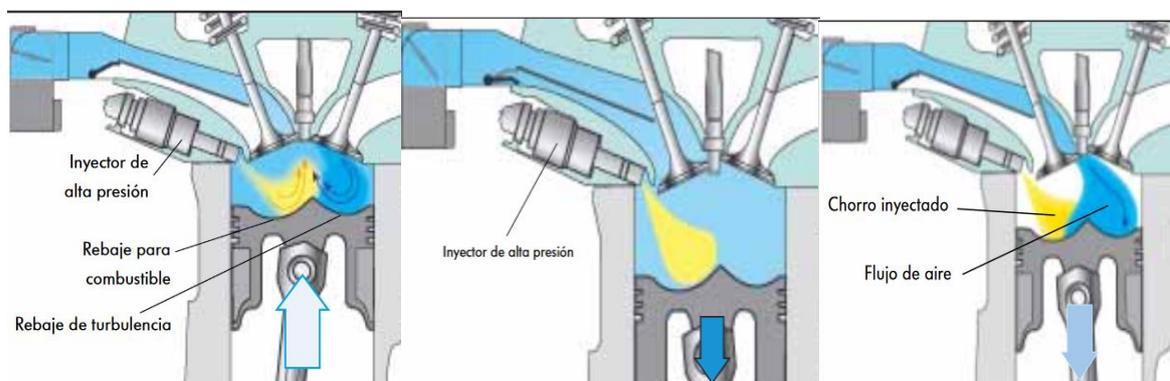


Figura 1.17 Inyección de combustible en modos de funcionamiento de inyección directa (Leguisama, 2016)

1.6.4 FORMACIÓN DE MEZCLA

1.6.4.1 Modo estratificado

Para formación de la mezcla en el modo estratificado solamente se dispone de un ángulo de cigüeñal de 40° a 50° (Volkswagen, 2011, pág. 12). Este tiempo es esencial para la ignición de la mezcla ya que, si el tiempo es más corto entre el encendido y la inyección, la mezcla no está lista todavía para lograr inflamarse de manera correcta. Por lo tanto, se recomienda un tiempo más largo para que se realice la homogenización de mezcla en torno a la bujía. La correlación de aire y combustible en toda la cámara se encuentra entre $\lambda = 1.6$ y 3.

1.6.4.2 Modo homogéneo

Se garantiza la formación de la mezcla homogénea entre el aire aspirado y la cantidad de combustible debido a que la inyección se realiza en la fase de admisión y se tiene más tiempo. Por otro lado, se aprovecha la circulación intensa de la carga para poder recircular los gases de escape, reduciendo emisiones y temperatura.

1.6.4.3 Modo homogéneo – pobre

El tiempo de inyección es muy temprano, permitiendo conseguir más tiempo para generar la mezcla hasta que el momento de encendido se produzca. Se consigue un reparto uniforme en toda la cámara de combustión.

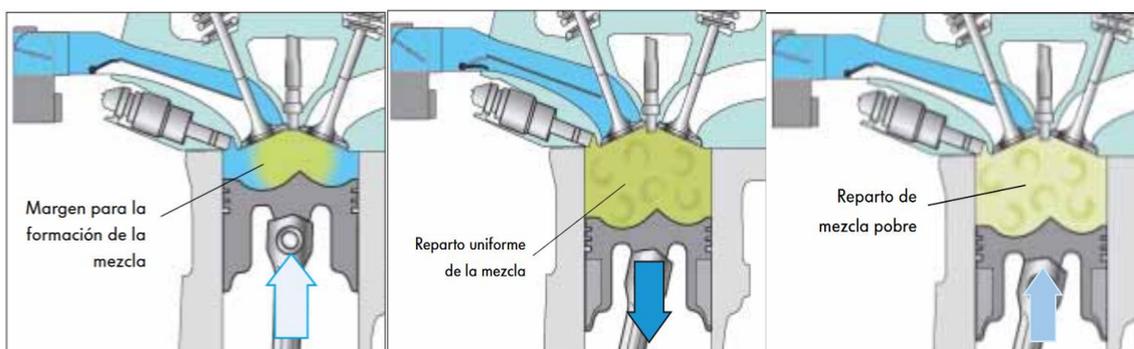


Figura 1.18 Formación de mezcla en modos de funcionamiento de inyección directa (Leguisamo, 2016)

1.6.5 COMBUSTIÓN

1.6.5.1 Modo estratificado

Durante esta operación solo se inflama la mezcla rica en combustible, mientras que los gases restantes provenientes de la recirculación de los gases de escape actúan como una capa aislante (Paul, 2014, pág. 7). Gracias a esto se minimiza las pérdidas térmicas por las paredes y se maximiza el rendimiento térmico. El par motor generado depende de este modo operativo a través de la suma de combustible inyectado.

1.6.5.2 Modo homogéneo

En el modo homogéneo se influye esencialmente con el momento de encendido sobre el par del motor (Volkswagen, 2011, pág. 15). La combustión se ejecuta en toda la cámara al finalizar la carrera de compresión, la conducta de los gases de escape y el gasto de combustible también dependen de este modo. Como la combustión se lleva a cabo sin masas aislantes de aire se logra maximizar el rendimiento térmico.

1.6.5.3 Modo homogéneo – pobre

Es posible seleccionar libremente el momento de encendido, porque se tiene un reparto homogéneo de la mezcla (Leguisama, 2016, pág. 36). Gracias a ello la combustión se lleva a cabo en toda la cámara.

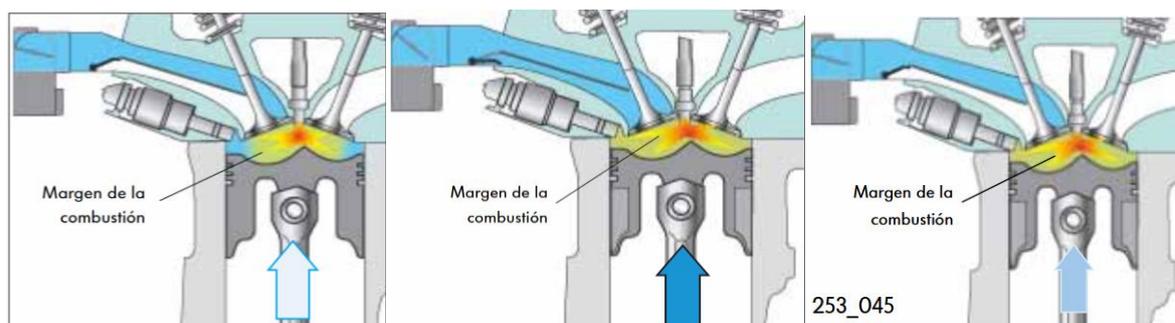


Figura 1.19 Combustión de mezcla en modos de funcionamiento de inyección directa (Leguisama, 2016)

1.6.6 SENSORES EN EL SISTEMA DE INYECCION Y FORMACION DE MEZCLA

La inyección directa e indirecta de gasolina comparten algunos sensores referentes al sistema de inyección y formación de mezcla, a continuación, se describen algunos de los sensores y actuadores que difieran de la inyección indirecta.

1.6.6.1 Sensor de alta presión de combustible

Este sensor se encuentra ubicado en la rampa común de inyección. El elemento sensible del sensor de presión del combustible está compuesto por un puente de Wheatstone sobre una membrana de material cerámico (Martinez, 2015). Por la parte superior de la membrana se encuentra presente el vacío absoluto, y por la parte inferior actúa el combustible a presión proporcionado por la bomba de alta presión, el voltaje de salida es directamente proporcional a la presión en el riel.

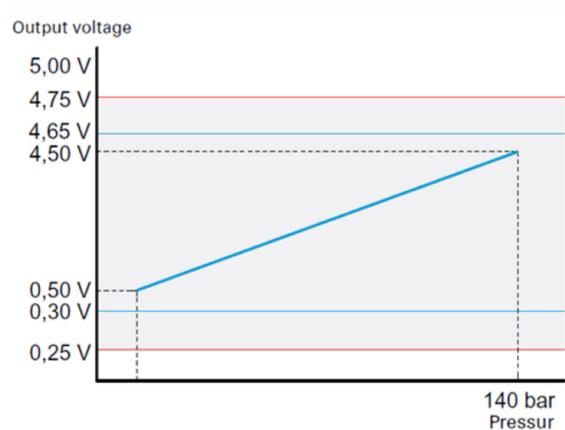


Figura 1.20 Señal característica del sensor de alta presión
(Alvaro, 2011)

1.6.6.2 Sensor de posición para la aleta en el colector de admisión

Va fijado al elemento inferior del colector de admisión y unido al eje para las chapaletas en el colector de admisión (Necochea Muñoz, 2011). La misión del potenciómetro es detectar la posición de las chapaletas y transmite esta información a la unidad de control del motor,

esto es necesario debido a que estas actúan en el sistema de admisión, encendido, en el creciente de aire respectivo, en el contenido de gases residuales y en las pulsaciones del aire en el colector de admisión.

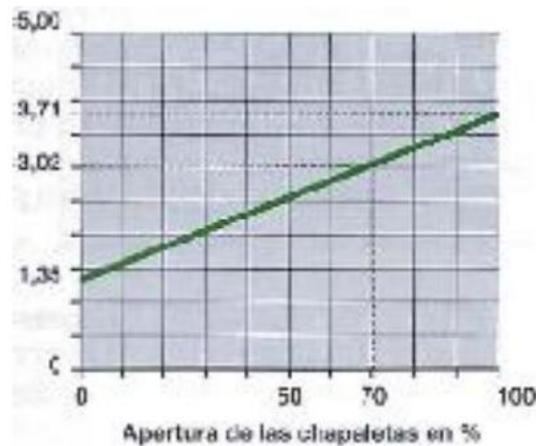


Figura 1.21 Señal característica del sensor de posición de chapaleta de admisión
(Necochea Muñoz, 2011)

1.6.6.3 Sonda lambda de banda ancha

Por lo general en el sistema de inyección directa de gasolina se tendrá dos lambdas, una antes del catalizador que ayudará en la regulación de la mezcla y otra después que indicará el diagnóstico del estado del catalizador. Si la diferencia que existe entre ambas sondas excede un límite determinado el sistema de gestión del motor detecta una anomalía e inmediatamente se enciende el testigo MIL.

Con una sonda lambda convencional los rangos de medición son estrechos, es decir alrededor $\lambda = 1$. Como en GDI, se incrementa el modo estratificado este hace que trabaje con grandes cantidades de aire es por ello que se opta por una LSU que permite rangos oscilantes de $\lambda = 0.7$ y $\lambda = 4$. Con mezclas pobres la tensión de referencia será inferior a 450 mV, con mezclas ricas la tensión de Nerst será superior a 450 mV y en mezclas estequiométricas la tensión será de 450mV.

1.6.7 ACTUADORES EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN Y FORMACIÓN DE MEZCLA

1.6.7.1 Bomba de alta presión de tres émbolos

Existen diferentes tipos de bombas de alta presión, la configuración de cada una dependerá de las necesidades y tipo de motor, además incluye con la reserva de combustible necesaria para un proceso de arranque en frío y un aumento rápido de la presión en el riel con el fin de disminuir picos en la inyección.

Consta de tres émbolos desfasados 120°, movidos por un árbol de levas. Puede entregar desde 3 hasta 100 bar de presión aproximadamente (González Calleja, 2015, pág. 403). Gracias al desfase de los émbolos se logra comprimir las fluctuaciones de la presión en el riel con lo que se acorta los picos de las vibraciones. Su accionamiento se va por medio de una leva excéntrica ubicada en el árbol de levas genera así un movimiento de ascenso y descenso. En la carrera de aspiración de la bomba el eje de accionamiento se acopla de manera longitudinal para aprovechar el giro del árbol de levas (Collaguazo Tacuri, 2013). Se acciona el émbolo en una manera descendente, esto permite que se cree una depresión dentro del cilindro venciendo así a la válvula de admisión y por ende el combustible ingresa hacia el cilindro a una baja presión. En la carrera impelente con el movimiento ascendente, la válvula de entrada cierra el paso permitiendo que la presión dentro del cilindro aumente, cuando la presión del combustible dentro del cilindro es superior a la presión en el riel, la válvula de escape se abre, permitiendo así el paso hacia la rampa de inyección.

1.6.7.2 Válvula reguladora de presión

Está ubicada por la parte inferior del colector de admisión y va atornillada entre la rampa de inyección y una tubería de retorno de combustible hacia el tanque. Tiene la función de mantener y ajustar la presión del combustible dependiendo del modo de operación momentáneo y demás exigencias del motor. Si se presentan diferencias con respecto a la presión teórica, la unidad de control del motor excita la válvula reguladora de la presión del combustible por medio de una señal modulada en anchura de los impulsos (Volkswagen, 2011). En consecuencia, de ello se genera un campo magnético en el interior de la bobina

consiguiendo despejar la válvula de bola de su asiento y permitiendo el paso de combustible hacia la tubería de retorno al tanque. Permite el paso al llegar a presiones de 120 bares.

1.6.7.3 Inyector electromagnético de alta presión

Van fijados a la culata e inyectan el combustible a alta presión directamente al interior del cilindro (Alvaro, 2011, pág. 36). Este tipo de inyectores consta de un bobinado que es gobernado por la ECU al momento de recibir un pulso se genera un campo magnético. Para que la inyección sea rápida este sistema incorpora dos condensadores con el fin de generar una tensión de 30 a 90 voltios. Para reducir la inercia del conjunto, la aguja se desacopla del inducido, introduciendo entre ambos un juego de aproximadamente 0.04 mm (González Calleja, 2015, pág. 407). Para que el inyector permanezca abierto se necesita una tensión de 30 V y una intensidad de corriente de 3 a 4 amperios. El Angulo de proyección que da el chorro es de aproximadamente 70° y se inclina a 20° dentro del cilindro, con esto se logra que en el modo de operación estratificado el combustible se reúna en la zona de la bujía.

Durante el ciclo de inyección se excita el bobinado electromagnético en el inyector y se genera un campo magnético (Alvaro, 2011, pág. 37). Gracias a ello se atrae el inducido de la bobina permitiendo así que la aguja suba y permitiendo el paso del combustible, al des excitar la bobina esta se neutraliza y la aguja baja a su asiento interrumpiendo de esta manera el paso de combustible.

1.6.7.4 Válvula EGR

Fue creada con el fin exclusivo de reducir emisiones de NOx. Se emplea en motores diésel y gasolina dependiendo de la normativa anticontaminante que se debe respetar. El sistema EGR introduce en la admisión parte de los gases de escape, bajo ciertas condiciones, con el fin de reducir la concentración de oxígeno del aire aspirado (González Calleja, 2015, pág. 594). En un motor GDI, el combustible se inyecta directamente en el cilindro, lo que reduce la temperatura dentro del cilindro debido al calor latente causado por el combustible evaporado dentro de un cilindro (Sang , Jungkoo, Kyungcheol, Seongho, & Hyung, 2015,

pág. 1640). De esta forma se logra disminuir la temperatura del frente de llama en la combustión.

Sistema EGR accionado electrónicamente: su funcionamiento se basa en excitar directamente la válvula EGR por medio de PWM. En motores que constan con sistema VVT es posible realizar una recirculación interna de los gases de escape gracias al aumento en el cruce de válvulas con el fin de que los gases de escape pasen directamente a la admisión. Si la válvula EGR se avería quedándose abierta, el motor se para cuando llega al régimen de ralentí y no es posible arrancarlo (González Calleja, 2015, pág. 596).

1.6.7.5 Electroválvula para chapaletas en el colector de admisión

Se encuentra montado sobre el depósito de depresión. La ECU es la encargada de gestionar y activar esta electroválvula, de esta manera deja pasar la depresión desde el depósito hasta el actuador, que se encarga de accionar las chapaletas y así regular el flujo de aire.

Con la chapaleta accionada, el aire ingresa solamente por la parte superior hacia el cilindro describiendo una turbulencia cilíndrica debido a que se aumenta la velocidad porque la sección de flujo de aire disminuye y esto hace que se desarrolle de mejor manera la formación de la mezcla. Con la chapaleta no accionada y en cargas superiores con modo homogéneo se encuentran ambos conductos abiertos por lo que se tiene mayor flujo de aire y por ende se puede adquirir un par más intenso y una alta potencia.

1.7 EMISIONES DE GASES EN INYECCIÓN DIRECTA E INDIRECTA DE GASOLINA

El incremento masivo del número de automóviles, por un lado, hacen que la vida de las personas sea más conveniente y por otro lado atrae serios problemas ambientales, como la contaminación por el escape. El escape de automóviles contiene más de 200 componentes dañinos, incluyendo HC, CO, NOx y partículas (Fengli & Long, 2010). Una combustión completa ideal entre un hidrocarburo (HC) y un comburente como el oxígeno (O) únicamente daría como resultado productos como el dióxido de carbono (CO₂) y agua

(H₂O), sin embargo, dentro de una combustión real la cual se lleva a cabo dentro de un motor, esto no sucede debido a que el aire atmosférico posee otros gases como el nitrógeno y vapor de agua y el combustible además de hidrocarburos posee también azufre; lo cual conlleva a que se generen ciertas sustancias contaminantes. A continuación, se describe las sustancias presentes después de una combustión generada dentro del motor y las cuales son expulsadas por el tubo de escape de este.

1.7.1 NITRÓGENO (N₂)

Es un gas incoloro, inodoro, insípido, no combustible e inócuo que se presenta en el aire atmosférico en un porcentaje de aproximadamente 78%. La mayor parte del nitrógeno admitido por el motor sale sin alteraciones en los gases de escape, pero una pequeña parte se combina con el oxígeno, bajo ciertas circunstancias, formando óxidos de nitrógeno (González Calleja, 2015, pág. 576).

1.7.2 OXIGENO (O₂)

Presenta características semejantes al nitrógeno además de ser necesario para respirar, esta presente en el aire atmosférico en un porcentaje de aproximadamente 21%. Su presencia en los gases de escape es debida principalmente al funcionamiento con mezclas pobres, constituyendo un sobrante de la combustión (González Calleja, 2015, pág. 576).

1.7.3 AGUA (H₂O)

Es un gas inócuo que se halla en el aire atmosférico en forma de vapor y que se condensa en el tubo de escape cuando el motor se encuentra aún en la fase de calentamiento.

1.7.4 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Es un gas que se forma después de la combustión del hidrocarburo con el oxígeno y que se presenta ya sea en una combustión ideal o real por lo que no puede ser tratado, pudiendo ser minimizado el porcentaje del mismo con una reducción en el consumo de combustible. Aunque no es un gas tóxico para el ser humano, contribuye al efecto invernadero, por lo que es un gas contaminante (González Calleja, 2015, pág. 577).

1.7.5 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Se crea cuando el carbono que estaba por formar CO₂, no localiza la cantidad suficiente de oxígeno. Es un gas incoloro, inodoro y altamente tóxico, pudiendo resultar letal, incluso con una reducida presencia en el ambiente (González Calleja, 2015, pág. 577).

1.7.6 ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x)

Resulta tras la combinación del nitrógeno y el oxígeno bajo ciertas condiciones, como una elevada presión, temperatura, así como un exceso de oxígeno tras la combustión (González Calleja, 2015, pág. 577). Condiciones que pueden presentarse cuando se aplican cargas elevadas al motor o cuando se trabaja en modos estratificados en la inyección directa de gasolina. El NO_x es un gas muy inestable que puede pasar de NO a NO₂ rápidamente convirtiéndose así en un gas muy tóxico el cual perjudica notablemente los tejidos pulmonares.

1.7.7 HIDROCARBUROS SIN QUEMAR (HC)

Son componentes de combustible no quemados los cuales aparecen en los gases de escape debido a una combustión incompleta. Pueden encontrarse formando diferentes compuestos que afectan de formas muy diversas al organismo, algunos compuestos aromáticos como el benceno son cancerígenos (González Calleja, 2015, pág. 577).

1.8 RED DE COMUNICACIÓN Y SISTEMA DE DIAGNÓSTICO

1.8.1 BUS CAN

El bus Can es una red de comunicación lineal la cual es compartida por dos o más nodos (ECU) con el fin de compartir información entre sí en tiempo real; una de las principales características del bus es que posee capacidades multi maestras, es decir, todos los nodos dentro de la red pueden enviar y recibir datos al mismo tiempo. Can es un sistema de bus en serie conformado para dispositivos “inteligentes” en red como los sensores dentro de un sistema o un subsistema (Denton, 2016, pág. 133).

1.8.1.1 B-CAN (Baja velocidad)

La comunicación en esta línea de datos se la realiza a través de un solo cable a una velocidad baja de aproximadamente 125 kbit/s; en estado recesivo se aplica un voltaje de 0 V (máx. 0.3 V) al CAN H y un voltaje de 5 V (mínimo 4.7 V) al CAN L, mientras que en estado dominante el voltaje es de mínimo 3.6 V en el CAN H y máximo 1.4 V en el CAN L (Denton, 2016, pág. 134); (Halderman, 2014, pág. 1261).

1.8.1.2 F (C)-CAN (Alta velocidad)

En esta línea de comunicación existen datos en tiempo real, por lo que el intercambio de datos se realiza mediante dos cables entrelazados Can H (High) y can L (Low) con el fin de monitorear la integridad del circuito; la velocidad de información es mucho mayor que la anterior ya que puede llegar hasta 1 Mbit/s. En estado recesivo ambas líneas poseen un voltaje de 2.5 V, mientras que en estado dominante el CAN H posee 3.5 V y el CAN L 1.5 V (Denton, 2016, pág. 134); (Halderman, 2014, pág. 1261).

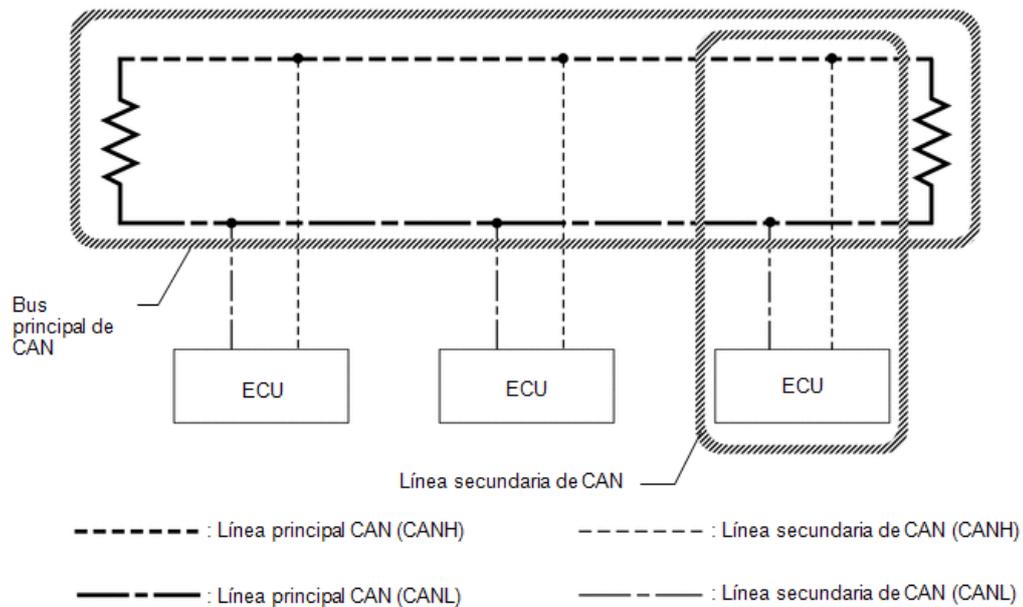


Figura 1.22 Red CAN de alta velocidad
(Tochres, 2017)

1.8.1.3 Formato de mensaje

Cuando un nodo envía un mensaje a la red de comunicación lo hace junto con un identificador (ID), el cual es recibido por otro nodo quien requiera de la información de dicho mensaje; evitando así una dirección específica para la transmisión de datos. El protocolo CAN se basa en dos estados lógicos: los bits son recesivos (lógica 1) o dominantes (lógica 0) (Halderman, 2014, pág. 1262). El bus CAN admite dos formatos de mensajes los cuales difieren en la longitud de los identificadores (ID), el formato estándar comprende 11 bits con una trama de datos de máximo 130 bits, y el formato extendido de 29 bits con una trama de datos de 150 bits.

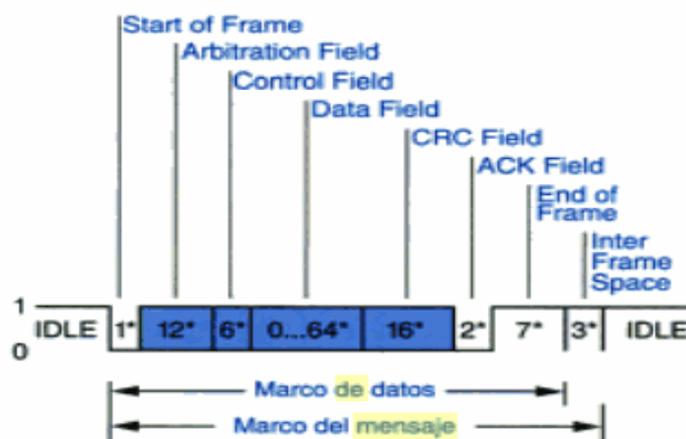


Figura 1.23 Formato de mensaje CAN
(Bosch, 2003, pág. 75)

- **Inicio de trama (Start of Frame):** indica el comienzo de un mensaje y sincroniza todas las estaciones.
- **Campo de asignación (Arbitration Field):** está compuesto por el identificador y el mensaje, y un bit de control adicional el cual indica si la trama de mensaje es una transmisión de datos o una solicitud de datos.
- **Campo de control (Control Field):** aquí se describe si la trama de datos es estándar o extendida y se especifica el número de bytes de datos en el siguiente campo de datos.
- **Campo de datos (Data Field):** dispone la información de datos la cual está compuesta de entre 0 y 8 bytes.
- **Campo CRC (CRC Field):** contiene una contraseña de la trama para detectar las posibles interferencias de transmisión.
- **Campo de confirmación (ACK Field):** contiene una señal de confirmación de todos los receptores que han recibido el mensaje correctamente.
- **Final de trama (End of Frame):** indica el final del mensaje

1.8.2 SISTEMA DE DIAGNÓSTICO A BORDO GENERACIÓN II (OBD II)

Para que el vehículo pueda cumplir con los requisitos impuestos por las normas ambientales, se pretende que los sistemas y componentes del motor sean monitoreados en modo de conducción con el fin de controlar o limitar las emisiones de gases; el encargado de realizar

dicha acción se denomina sistema de diagnóstico a bordo (OBD). Según (Halderman, 2014, pág. 392), OBD II apareció en el año 1990 con funciones de monitoreo extras a las que poseía el OBD I, por ejemplo, se incorporó monitoreos del convertidor catalítico, fugas en el sistema de emisiones evaporativas y monitoreo de fallas de encendido del motor.

1.8.2.1 Ejecutivo de diagnóstico o gerente de tareas

En los sistemas OBD II, el módulo de control del tren motriz (PCM) incorpora un software denominado ejecutivo de diagnóstico el cual se encarga de administrar los pasos secuenciales necesarios para el funcionamiento de los monitores OBD II antes de llevar a cabo las pruebas de diagnóstico.

1.8.2.2 Monitores

Un monitor es un método organizado o pruebas que se realizan para evaluar el estado de funcionamiento de un componente o un sistema. Si se detecta una falla en un componente o sistema mientras se está ejecutando un monitor, se almacenará un DTC (código de avería) y se iluminará la MIL durante el segundo viaje (Halderman, 2014, pág. 393). Existen dos tipos de monitores:

Monitores continuos: Funcionan constantemente durante todo el ciclo de conducción del vehículo (Monitor CCM, Monitor de fallo de encendido y Monitor de ajuste de combustible).

Monitores no continuos: Funcionan como máximo una vez por ciclo de conducción del vehículo (Monitor O₂, Monitor EGR, Monitor Evap, Monitor de Catalizador, entre otros).

Monitor Integral de Componentes CCM (Comprehensive Component Monitor): Se trata de un monitor continuo el cual se caracteriza por monitorear los sensores y actuadores dentro del sistema OBD II, comparando constantemente los valores reales con los valores almacenados en la memoria del PCM. El CCM es un programa interno en el PCM diseñado para monitorear una falla en cualquier componente o circuito electrónico (incluidos los

circuitos relacionados y los no relacionados con las emisiones) que proporcionan señales de entrada o salida del PCM (Halderman, 2014, pág. 393).

1.8.2.3 Modos de medición OBD II

(Carrizo, 2017) explica que, los modos de medición son aquellos comandos mediante los cuales se puede acceder a las distintas funciones que permite o dispone el OBD II, dependiendo del modo al cual se accede se puede realizar acciones como obtener datos en tiempo real, visualizar y corregir códigos de fallas y diagnosticar actuadores dinámicamente. Los modos disponibles son los siguientes:

- **Modo 01:** Obtención de datos de diagnóstico
- **Modo 02:** Acceso al cuadro de los datos
- **Modo 03:** Códigos de diagnóstico almacenados
- **Modo 04:** Borrado de códigos de falla (DTC) y cuadro de almacenados
- **Modo 05:** Test de los sensores de oxígeno
- **Modo 06:** Resultado de pruebas de control de otros transductores
- **Modo 07:** Mostrar código de diagnóstico pendiente
- **Modo 08:** Control de funcionamiento de componentes
- **Modo 09:** Información del vehículo

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES Y EQUIPOS

2.1.1 CAN BUS ANALYZER- MICROCHIP



Figura 2.1 Dispositivo Microchip

La herramienta CAN BUS Analyzer está diseñada para utilizarse en monitoreos y depuración de una red CAN ya que tiene la capacidad de archivar, registrar y transmitir mensajes CAN. Este microchip admite CAN 2.0 y se la puede conectar a la red CAN utilizando el conector DB9 o mediante una interfaz.

El uso de esta herramienta tiene muchas ventajas sobre los métodos tradicionales de depuración, por ejemplo, la ventana de seguimiento de la herramienta permite observar los mensajes CAN recibidos y transmitidos en un formato fácil de leer (ID, DLC, bytes de datos y marca de tiempo) (Microchip Technology Inc, 2011).

2.1.2 ELM 327



Figura 2.2 Interfaz ELM 327

Hoy en día la mayoría de los vehículos cuentan con sistema de diagnóstico a bordo OBD-II el cual es capaz de mantener una comunicación con un equipo de diagnóstico para obtener información real del motor, sin embargo, estos equipos cuentan con estándares que no pueden ser compatibles con una PC o cualquier otro dispositivo móvil para poder visualizar los datos obtenidos. Por esta razón, el ELM327 está diseñado para actuar como un puente entre estos puertos de diagnóstico integrados y una interfaz RS232 estándar (ELM Electronics, 2019). El dispositivo ELM327 es capaz de detectar automáticamente y trabajar con los protocolos OBD-II que se indican a continuación:

- SAE J1850 PWM (41.6 Kbaud)
- SAE J1850 VPW (10.4 Kbaud)
- ISO 9141-2 (5 baud init)
- ISO 14230-4 KWP (5 baud init)
- ISO 14230-4 KWP (fast init)
- ISO 15765-4 CAN (11bit ID, 500 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (29bit ID, 500 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (11bit ID, 250 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (29bit ID, 250 Kbaud)
- SAE J1939 CAN (29bit ID, 250 Kbaud)

2.1.3 PLACA ARDUINO MEGA

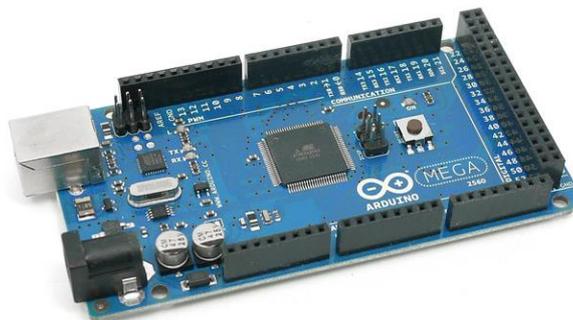


Figura 2.3 Placa Arduino Mega

Una placa Arduino puede ser capaz de obtener información de entrada ya sea desde un sensor, un botón o inclusive un mensaje de Twitter y convertirla en un mensaje de salida que dé como resultado por ejemplo la activación de un motor paso a paso o el encendido de un LED. Para realizar dicha acción se necesita de un software de código abierto (IDE) el cual permite escribir códigos y subirlos hasta la placa para que la misma comience a trabajar de acuerdo con nuestras necesidades. El Arduino Mega es una placa de microcontrolador basada en el ATmega2560. Tiene 54 pines digitales de entrada/salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. (Arduino, 2019).

2.1.4 CAN BUS SHIELD

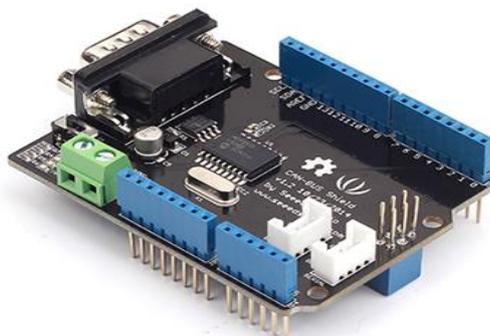


Figura 2.4 Placa CAN Bus SHIELD

Debido a que CAN es un protocolo de alta fiabilidad y velocidad dentro del bus de diagnóstico automotriz, la placa CAN bus shield es un excelente intermediario entre el sistema OBD II y la placa Arduino; shield tiene como objetivo principal la traducción de mensajes entre estos dos sistemas teniendo como características principales una velocidad de comunicación CAN 2.0B de hasta 1 Mbps, una interfaz SPI de 10 MHz y un soporte de tramas de mensajes estándar y extendidas. La placa CAN bus shield dota de conectividad CAN a la placa Arduino, para ello cuenta con el controlador CAN MCP2515, con interfaz SPI, encargado del procesamiento de los mensajes CAN, y un transceiver CAN MCP2551, que maneja la interfaz eléctrica del bus (Rodríguez, Vento, & Inouye , 2018).

2.1.5 CAJA DE CONEXIÓN OBD II



Figura 2.5 Caja de conexión OBD II

Es una herramienta de diagnóstico empleada principalmente para la identificación del protocolo de comunicación dentro de la red del vehículo, además de que permite visualizar el estado actual de la batería. También sirve como intermediario entre el puerto DLC del vehículo y la herramienta de diagnóstico que se desee utilizar, por ejemplo, el escáner u osciloscopio. Está conformada por 16 conectores o pines, los cuales pertenecen al conector DLC o J1962.

- Pin 1. Fábrica personalizada
- Pin 2. SJE1850 cable (bus +)
- Pin 3. Fabricación personalizada
- Pin 4. Toma de tierra
- Pin 5. Señal a tierra

- Pin 6. SAEJ2284 (CAN HIGH)
- Pin 7. ISO9141-2
- Pin 8. Fabricación personalizada
- Pin 9. Fabricación personalizada
- Pin 10. SJE1850 cable (bus-)
- Pin 11. Fabricación personalizada
- Pin 12. Fabricación personalizada
- Pin 13. Fabricación personalizada
- Pin 14. SAEJ2284 (CAN LOW)
- Pin 15. Cable ISO9141-2 e ISO / DIS 4230-4L
- Pin 16. Batería de automóvil positiva

2.1.6 ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE



Figura 2.6 Analizador de gases BRAIN BEE

De fabricación italiana, con la capacidad de analizar cinco compuestos químicos (CO, CO₂, HC, O₂, NO_x) trabaja con una corriente alterna de 100 V hasta 240 V facilitando así su uso, tiene como misión detectar el porcentaje de los diferentes gases de escape e imprimir mediante una impresora térmica. Es capaz de ser ajustado con los rangos permitidos por la CORPAIRE para poner a punto un motor. Este equipo automotriz funciona mediante filtros que minimiza el tránsito de los gases conocido como conjunto separador de condensación. Para analizar los diferentes gases de escape se coloca una sonda en el tubo de escape, posteriormente esos gases son mostrados en una pantalla led. Su sencilla utilización hace de este un equipo ideal si de medir porcentajes de gases se trata.

2.1.7 CAPTADOR CUENTA REVOLUCIONES MGT-300



Figura 2.7 Cuentarrevoluciones MGT-300

Funciona como un complemento del analizador AGS-688 Brain Bee, va conectado con sus respectivas terminales hacia la batería tanto positivo como negativo, cuenta con un sensor de detonación que va fijado por medio de un imán sobre la culata del motor, permite visualizar las revoluciones del motor para ser ajustadas a los requerimientos del usuario, pudiendo ser utilizado en motores de dos o cuatro tiempos. Al ser este una herramienta de complemento del analizador está enlazada inalámbricamente y su trabajo es sincrónico.

2.1.8 OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ MICSIG



Figura 2.8 Osciloscopio Automotriz Micsig

El Micsig es un osciloscopio digital de 4 canales tipo "tableta" con pantalla táctil de 8 pulgadas, ancho de banda 100 MHz y frecuencia de muestreo en tiempo real de 1GSa/s,

permite visualizar y editar los oscilogramas y capturas de pantalla directamente en el osciloscopio (Toolboom, 2019).

2.1.9 VEHÍCULOS DESTINADOS PARA PRUEBAS

Además del tipo de inyección de gasolina y sus respectivos componentes electrónicos, el parámetro que se tomó a consideración para seleccionar los vehículos fue la cilindrada total que posee cada uno de ellos, la cual consta de 2000 centímetros cúbicos. Esto con el fin de obtener resultados semejantes de operación entre dos motores que poseen teóricamente medidas similares en cuanto al diámetro de pistón y la carrera dentro del cilindro. Los vehículos seleccionados se detallan a continuación.

2.1.10 MAZDA 6

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas Mazda 6

Posición del motor	Delantero transversal
Numero de cilindros	4
Potencia máxima	170 CV/6000 rpm
Par motor máximo	200 Nm/4000 rpm
Cilindrada	1998 cc
Relación de compresión	13:1
Alimentación	Inyección directa/Bomba de alta presión
Kilometraje	22560 km

Fuente: (Mazda, 2019)

2.1.11 HYUNDAI TUCSON

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas Hyundai Tucson

Posición del motor	Delantero transversal
Numero de cilindros	4
Potencia máxima	155 CV/6200 rpm
Par motor máximo	192 Nm/4000 rpm
Cilindrada	1995 cc
Relación de compresión	10,3:1
Alimentación	Inyección indirecta multipunto
Kilometraje	494 km

Fuente: (Hyundai, 2018)

2.2 METODOLOGÍA

Para obtener un previo estudio y comprensión acerca del funcionamiento de los principales componentes electrónicos, la generación de emisiones de gases expulsados hacia la atmósfera y la comunicación dentro de las redes CAN que intervienen en motores con sistemas de inyección directa e indirecta de gasolina, se acudió a fuentes bibliográficas tales como libros, estudios previos realizados, manuales y artículos científicos los cuales fueron encontrados en internet y en la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte junto con su base de datos en línea en donde existen plataformas virtuales de alto rango académico como son E-Libro, IEEE, Science Direct y Scopus.

2.2.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Para comprender el trabajo de los sensores y actuadores que influyen en el sistema de inyección de gasolina, se optó por la recolección de información bibliográfica acerca del principio de funcionamiento de dichos componentes, además de los modos de trabajo que existen en un motor Otto (Modos Operativos de inyección directa e indirecta de gasolina) los cuales son característicos de dos tipos de funcionamiento:

Funcionamiento con mezcla homogénea: La inyección de combustible se realiza en el tiempo de admisión y siempre apuntando a una mezcla estequiométrica (14,7:1).

Funcionamiento con mezcla estratificada: La inyección de combustible se realiza cerca del final del tiempo de compresión, en donde la cantidad de combustible inyectada interactúa directamente solo con la masa de aire que está cerca a la bujía, mientras que la demás masa de aire fresco dentro del cilindro rodea por capas esta mezcla inflamable.

A pesar de que la manera mediante la cual se llega a cumplir los modos de trabajo es diferente, aún se sigue compartiendo criterios decisivos dentro del funcionamiento del motor tales como: el estado de carga (arranque, ralentí, carga parcial, carga total) y su posterior enriquecimiento de mezcla (aceleración y desaceleración). A continuación, se describen únicamente los componentes electrónicos que se eligieron para el propósito de este proyecto, teniendo en cuenta su participación en los parámetros antes mencionados, además de dos medidas importantes como son: su existencia dentro de los dos vehículos destinados para las pruebas y el PID de identificación estandarizado por la norma OBD II disponible dentro del bus CAN.

2.2.1.1 Sensor MAP

Informa la depresión reinante en el colector de admisión, influyendo directamente en el tiempo básico de inyección de combustible ya que permite identificar la cantidad de aire de carga. Este sensor tiene un papel importante en la aceleración y desaceleración del motor ya que permite a la ECU modificar el enriquecimiento de la mezcla.

Hyundai Tucson: El sensor es del tipo piezorresistivo, es decir que está conformado por resistencias las cuales están conectadas eléctricamente entre sí en un circuito de puente de Wheatstone. En el proceso de identificación de variación de presión dichas resistencias se estiran y se comprimen respectivamente, lo cual hace que se modifique su resistencia eléctrica y por ende el voltaje entregado a la ECU. Tiene 3 pines de conexión: Alimentación, masa y señal de referencia que varía entre 0.8 V y 4.8 V. Puede tener 4 pines si el sensor MAP viene integrado con el sensor IAT.

Mazda 6: El sensor también es del tipo piezorresistivo y funciona de la misma manera que el sensor utilizado en el sistema de inyección indirecta. Posee 4 pines de conexión ya que viene integrado con el sensor IAT, los voltajes de señal del sensor también pueden estar entre 0.8 V y 4.8 V.

2.2.1.2 Sensor CKP

Informa la velocidad angular del cigüeñal permitiéndole a la ECU elegir el tiempo básico de inyección de combustible de acuerdo con la necesidad de operación por parte del conductor, su trabajo es de suma importancia para todo el rango de funcionamiento del motor, haciendo énfasis especialmente en la fase de ralentí y aceleraciones a plena carga. Además, en el sistema de inyección directa de gasolina la ECU es capaz de determinar el límite de operación del modo estratificado mediante la velocidad del motor, ya que a partir de las 3000 rpm los tiempos de inyección deben ser modificados en relación al modo homogéneo pobre.

Hyundai Tucson: El sensor utilizado es del tipo inductivo, en el que su función está dictada primordialmente por una bobina y un imán permanente dispuestos en su interior. Con la ayuda de un material ferromagnético en este caso los dientes del cigüeñal, se logra distorsionar el campo magnético creado por el imán y así generar una corriente alterna en la bobina. Este sensor no es alimentado desde la ECU y el valor de voltaje de funcionamiento depende de la velocidad con la que gire el cigüeñal y la separación entre el sensor y los dientes del mismo. Puede tener 2 o 3 pines de conexión: masa, señal de referencia y aislamiento para señales de interferencia.

Mazda 6: El sensor es del tipo Magneto resistivo, en donde su funcionamiento está dictado por un imán permanente y un par de resistencias eléctricas que varían su valor con el cambio de dirección del flujo magnético ocasionado por el cigüeñal y el imán. A diferencia del inductivo, este tipo de sensor si necesita ser alimentado por parte de la ECU. Posee 3 pines de conexión: alimentación, masa y señal de referencia que puede ir de 0.8 V a 4.5 V.

2.2.1.3 Sensor ECT

Informa la temperatura actual del refrigerante para que la ECU pueda corregir adecuadamente el tiempo de inyección de combustible cuando el motor está frío especialmente en la fase de arranque, en la fase de calentamiento posterior al mismo y en situaciones de aceleración o enriquecimiento de mezcla. Además, en sistemas de inyección directa el sensor ECT juega un papel importante, ya que su señal es tomada como un requisito para entrar en modo estratificado cuando la temperatura del motor alcanza los 50 °C.

Hyundai Tucson: Principalmente el sensor consta de una resistencia de medición de tipo NTC quien es la que detecta el cambio de temperatura en el refrigerante para así también cambiar su resistencia eléctrica, pero para que se genere el voltaje de señal hacia la ECU el sensor puede encontrarse instalado en un circuito conocido como divisor de voltaje, el cual consta de la conexión en serie de dos resistencias, es decir, la resistencia NTC junto con una resistencia neutral o de valor estático quien puede estar dispuesta en la unidad de control. Tiene 2 pines de conexión: Masa y señal de referencia que puede variar: a 20 °C una resistencia de 3.5 Kohm y 2.5 V.; y a 80 °C una resistencia de 0.3 Kohm y 1.25 V.

Mazda 6: El sensor consta de una resistencia de medición de tipo NTC la cual también puede funcionar mediante un circuito de divisor de voltaje. Tiene dos pines de conexión: Masa y señal de referencia los cuales son similares a los del sensor que se utiliza en el sistema de inyección indirecta.

2.2.1.4 Sensor IAT

La información que entrega este sensor le permite a la ECU corregir de manera óptima el tiempo de inyección de combustible en situaciones en las que la diferencia de temperatura del aire atmosférico pueda provocar una masa inadecuada de gasolina dentro del cilindro. Por ejemplo, su función es de suma importancia en la fase de arranque y la fase de enriquecimiento posterior al arranque cuando el motor está caliente.

Hyundai Tucson: El sensor consta de una resistencia del tipo NTC para detectar la temperatura del aire y así cambiar su resistencia y por ende el valor de voltaje entregado a la ECU. Tiene dos pines de conexión: Masa y Señal de referencia que varía: a 20 °C una resistencia de 2.31-2.57 Kohm; y a 50 °C una resistencia de 1 Kohm.

Mazda 6: El sensor consta de una resistencia de tipo NTC para cumplir con su función, los pines de conexión y valores de resistencia y voltaje son similares al sensor utilizado en el sistema de inyección indirecta.

2.2.1.5 Sensor TPS

Informa constantemente a la ECU la posición exacta de la válvula de la mariposa, permitiéndole corregir el tiempo de inyección de combustible en las distintas cargas a las que puede ser sometido el motor; por ende, este sensor es importante para el enriquecimiento de la mezcla, especialmente en puntos de funcionamiento como ralentí, carga parcial, carga total, aceleración y desaceleración del motor.

Hyundai Tucson: El sensor funciona mediante un potenciómetro en el que para cambiar su resistencia eléctrica y por consiguiente el voltaje de medición se requiere de un contacto móvil que se mueve por toda la superficie de dicha resistencia y el cual está acoplado al eje de la mariposa para detectar su cambio de posición angular. El sensor puede estar integrado por dos potenciómetros con señales opuestas y estar conformado por 4 pines de conexión: Masa, Alimentación, Señal de sensor 1 y señal de sensor 2 las cuales pueden variar respectivamente:

Tps1: 0 V en 0° de giro; 2.38 V en 50° de giro; 5 V en 105° de giro

Tps2: 5V en 0° de giro; 2.62 V en 50° de giro; 0 V en 105° de giro

Mazda 6: El sensor es de tipo efecto Hall lineal, en el que los elementos básicos de funcionamiento son un imán móvil acoplado al eje de la mariposa y un sensor hall estático quien se encuentra en el cuerpo de aceleración; la señal se genera cuando el imán gira alrededor del sensor hall cambiando así el ángulo de influencia del campo magnético. También está conformado por 2 sensores y por ello tiene 4 pines de conexión: Masa,

Alimentación, Señal de sensor 1 y señal de sensor 2; el voltaje de funcionamiento puede ser similar al sensor de tipo potenciómetro, variando su valor conforme al ángulo de giro del eje de la mariposa.

2.2.1.6 Sensor APP

Traduce las exigencias de funcionamiento por parte del conductor directamente hacia la ECU, permitiéndole el cálculo de potencia requerida y la posterior variación en la posición de la válvula de la mariposa mediante un actuador mecánico, obteniendo así la masa de aire correspondiente y posteriormente la cantidad de combustible adecuada para el modo de funcionamiento reinante en el motor.

Hyundai Tucson: El sensor utilizado tiene el mismo principio de funcionamiento que el sensor TPS utilizado en el sistema de inyección indirecta, es decir, mediante una resistencia eléctrica y un contacto móvil acoplado al eje del pedal del acelerador. Consta de dos potenciómetros, en donde el segundo sensor trabaja en verificación del primero. Tiene 6 pines de conexión, pero cada sensor posee: Masa, alimentación y señal de referencia que varía en ralentí desde 0.7 a 0.8 V y a plena carga de 3.85 a 4.35 V.

Mazda 6: El sensor es de tipo Hall lineal, tiene el mismo principio de funcionamiento que el sensor TPS utilizado en el sistema de inyección directa, es decir, el imán acoplado al eje del pedal gira entorno al sensor hall, cambiando progresivamente la incidencia de campo magnético y por ende el voltaje de salida. También tiene dos sensores hall y por ello posee 6 pines de conexión: Masa, Alimentación y señal de referencia la cual es similar al sensor de tipo potenciómetro utilizado en el sistema de inyección indirecta.

2.2.1.7 Sensor de Oxígeno

Influye directamente en la formación de la mezcla ya que informa a la ECU la cantidad exacta de oxígeno existente en los gases de escape, permitiéndole determinar la masa

adecuada de combustible que debe inyectarse en cualquier fase de funcionamiento del motor una vez que el sensor haya alcanzado su temperatura de trabajo.

Hyundai Tucson: El sensor es de tipo planar de 4 cables, el cual tiene como componentes principales una célula de medición Nerst y un calefactor en forma de placas delgadas rectangulares, además de una cámara de referencia de oxígeno hermética. La célula Nerst conformada por dióxido de zirconio permite el paso de iones de oxígeno a una temperatura aproximada de 350 °C, quien con la ayuda de una tensión de bombeo suministrada a los electrodos de la célula permite permanentemente el paso de oxígeno desde los gases de escape hacia la cámara de referencia y viceversa según el enriquecimiento de la mezcla, de esta manera el voltaje entregado por la sonda será de 800 a 1000 mV con mezcla rica y 100 mV con mezcla pobre.

Mazda 6: El sensor es de tipo planar de banda ancha de 5 cables, el cual tiene como componentes principales una célula de medición Nerst, una célula de bombeo, un calefactor y una ranura de difusión. La célula de bombeo mediante una tensión aplicada a sus propios electrodos transporta oxígeno desde los gases de escape hasta la ranura de difusión o viceversa, en donde la célula Nerst al estar en contacto con dichos gases y también con aire atmosférico mediante un vacío de referencia determina el valor de lambda el cual debe ser igual a 1. Por consiguiente, la célula de bombeo aplica una tensión negativa si la mezcla es rica, enviando el oxígeno desde los gases de escape hacia la ranura de difusión; y si la mezcla es pobre aplica una tensión positiva enviando el oxígeno desde la ranura de difusión hacia los gases de escape. El sensor trabaja correctamente cuando ha alcanzado una temperatura de aproximadamente 600 a 800 °C y la señal entregada se mide mediante la corriente de bombeo la cual puede estar en el rango de -2 mA hasta aproximadamente 3 mA. Cuando el valor de lambda es igual a uno la corriente de bombeo es cero y no se transporta oxígeno.

2.2.1.8 Electroválvula de cánister

La ECU activa la electroválvula del cánister dejando pasar vapor de gasolina hacia el conducto de admisión en situaciones de funcionamiento convenientes por parte del motor, por ejemplo, en aceleraciones a velocidades de crucero. A partir de esto, con la ayuda del

sensor de oxígeno se puede apreciar el enriquecimiento de la mezcla para que la ECU pueda modificar convenientemente el tiempo de inyección teniendo en cuenta la masa adicional de combustible que existe en la renovación de la carga.

Mazda 6 y Hyundai Tucson: La electroválvula consta de una bobina, un resorte y un émbolo que permite el paso de los vapores de gasolina. En el momento adecuado la ECU activa la electroválvula por medio de una señal PWM conectando a masa la bobina, la cual esta alimentada por aproximadamente 12 V.

2.2.2 OBTENCIÓN DE DATOS DE COMPONENTES ELECTRONICOS

Para determinar la variación de señales de los sensores y también del actuador definidos anteriormente, en primer lugar, se definieron variables independientes, variables dependientes y también un procedimiento para realizar la prueba estática. Todo esto teniendo como referencia la metodología utilizada en la tesis de maestría titulada como “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE UN MOTOR DE INYECCION ELECTRONICA RESPECTO A LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR”. Posteriormente se procedió a desarrollar los códigos de funcionamiento del registrador de datos en los programas Arduino y LabVIEW, mediante los cuales se pudo obtener los valores correspondientes al funcionamiento de los componentes electrónicos.

2.2.2.1 Definición de Variables independientes

Se definieron como variables independientes a aquellos parámetros que influyeron de manera directa en el formato de la prueba estática, el funcionamiento del motor y por ende en el funcionamiento de los componentes electrónicos; la abreviación descrita a continuación en la tabla 2.3 fue según la norma SAE J1930 y la unidad de medición y el PID de identificación acorde a la estandarización OBD II.

Tabla 2.3 Variables Independientes para el estudio de sensores y actuadores

Variable independiente	Abreviación	Unidad de medición	PID
Altura Geográfica	msnm	Metros sobre el nivel del mar	
Presión atmosférica	BARO	KPa	33
Revoluciones del motor	RPM	rpm	0C
Tiempo	seg	segundo	

Fuente: Autores

La altura geográfica y presión atmosférica tomada en cuenta para este estudio fue la que pertenece a la ciudad de Ibarra, las mismas que fueron 2207 msnm. y 78.1 KPa respectivamente, datos que fueron tomados del trabajo de grado llamado “Análisis de emisiones de gases de escape en un motor diésel con inyección UPS utilizando biodiésel B5 a base de aceite de higuera”. Sin embargo, la presión atmosférica real con la que se trabajó fue la que detectó el sensor baro de los vehículos destinados al momento de realizar las pruebas respectivas.

2.2.2.2 Definición de Variables dependientes

Se definieron como variables dependientes a las señales de funcionamiento de los componentes electrónicos anteriormente definidos, las cuales variaron según el comportamiento del motor durante la prueba estática; la abreviación descrita a continuación en la tabla 2.4 fue según la norma SAE J1930 y la unidad de medición y el PID de identificación acorde a la estandarización OBD II.

Tabla 2.4 Variables Dependientes para el estudio de sensores y actuadores

Variable dependiente	Abreviación	Unidad de medición	PID
Presión atmosférica	MAP	KPa	0B
Temperatura del refrigerante	ECT	°C	05
Temperatura del aire de admisión	IAT	°C	66
Posición de mariposa de aceleración	TPS	%	11
Posición de pedal de acelerador	APP	%	49
Porcentaje Factor Lambda	O2	Voltios	14/34
Válvula de purga de cánister (porcentaje de apertura)	EVAP Cánister Purge Valve	%	2E

Fuente: Autores

2.2.2.3 Programación del registrador de datos

Para la adquisición de datos de funcionamiento de los componentes electrónicos dispuestos en el presente estudio se realizó el diseño del registrador de datos mediante los siguientes software y hardware que se detallan a continuación, los mismos que fueron de fácil acceso ya que la mayoría se encontraron en los talleres de la Universidad Técnica del Norte y los cuales tuvieron un fácil entendimiento para su aplicación.

Dispositivo Elm327

En este estudio el dispositivo ELM327 fue utilizado como un intermediario en la comunicación entre la ECU del vehículo y la PC del usuario, mediante su circuito integrado permitió tener acceso a la información que maneja el sistema de diagnóstico del vehículo, específicamente los datos de funcionamiento en tiempo real de los sensores y actuadores del motor. La utilización de este hardware tuvo como objetivo principal conocer el protocolo de comunicación existente en cada uno de los vehículos destinados para las pruebas y por sobre todo conocer los PIDs disponibles de los componentes electrónicos de los cuales dicho

sistema de diagnóstico permite tener acceso, esto con el fin de verificar la existencia de los sensores y actuadores que se definieron anteriormente en la tabla 2.4, los cuales se dispusieron para su posterior análisis.

Software Hércules utilizado con el dispositivo Elm327

El software que se utilizó para abrir la configuración del ELM 327 es conocido como Hércules, el cual es una interfaz de terminal simple y es útil para configuraciones predeterminadas las cuales permiten tener acceso a la información que se encuentra viajando por la red CAN. Hércules puede ser descargado gratuitamente desde la página oficial HW Group, a través del navegador Google y no necesita ser instalado ya que es un programa muy liviano que cuenta solo con acceso directo.

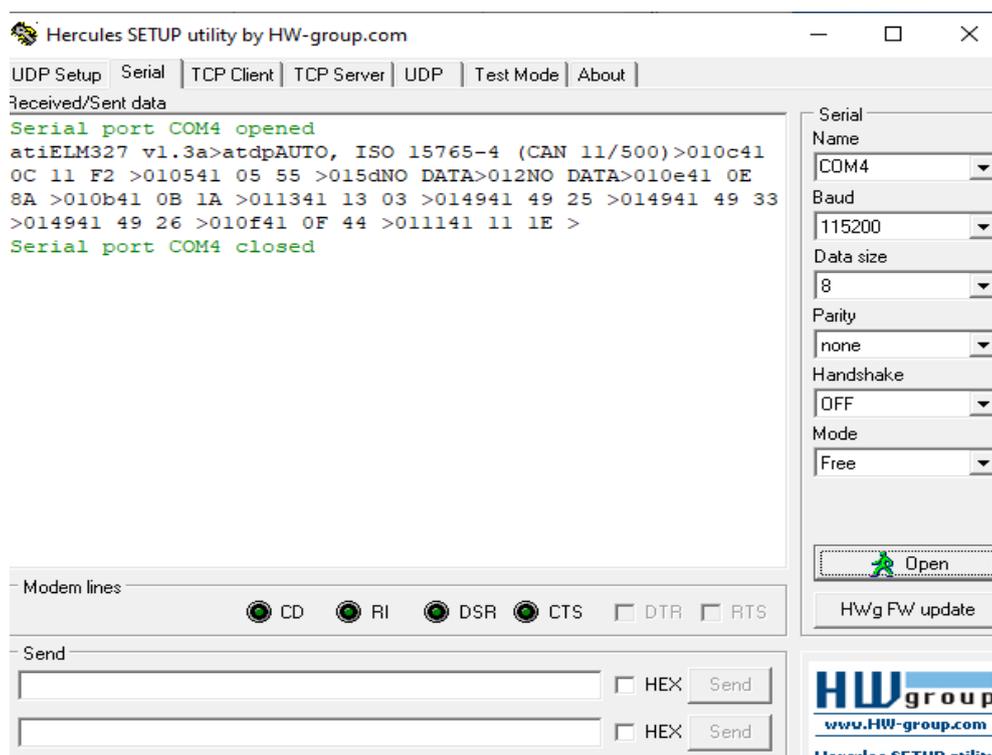


Figura 2.9 Ventana característica del software Hércules

Para iniciar la comunicación se seleccionó el puerto COM en el cual está conectado el hardware ELM327 en la PC del usuario, hecho que se puede visualizar en el administrador de dispositivos de la PC y que en este caso fue el COM 4. De igual manera se modificó la velocidad de datos (Baud) para una comunicación correcta, la cual fue de 115200. Seguidamente se debió encender el vehículo sin arrancar el motor para tener comunicación con el sistema OBD II del vehículo y recibir una respuesta luego de enviar un PID de

identificación para verificar su existencia. Después de abrir la comunicación serial se procedió a ingresar el comando >AT DP para conocer el protocolo de comunicación que tiene el vehículo, ya que no todos pueden poseer el sistema genérico OBD II; en este caso los vehículos destinados para las pruebas si contaron con dicho sistema, específicamente el protocolo CAN BUS. A continuación, se procedió a escribir los PIDS característicos de cada sensor y actuador que se definieron en la tabla 2.4 para comprobar su existencia dentro del sistema; cabe recalcar que esta petición de datos debe cumplir un cierto orden de bytes para lograr comunicarse con la ECU del vehículo. Por ejemplo, 010C, en donde se solicita al modo 01 del sistema de diagnóstico, información del sensor CKP con su PID de identificación 0C.

Dispositivo Microchip

El hardware Microchip se utilizó en este estudio con el fin de conocer la configuración propia de una trama de mensajes dentro de la red CAN y por sobre todo para identificar el nombre o ID correspondiente al sistema de diagnóstico del vehículo y de la PC del usuario, los mismos que se definieron como 0x7E8 y 0x7DF respectivamente. Esto con el fin de conocer los nombres de los nodos o módulos que estuvieron interactuando en la comunicación serial dentro de la red CAN; mediante los ID descritos anteriormente el registrador de datos pudo enviar y recibir los mensajes con la información de los sensores y actuadores los cuales fueron el objetivo de estudio.

Software utilizado con el Dispositivo Microchip

CAN BUS ANALYZER v2.3 es un software gratuito que puede ser descargado desde la página oficial Microchip a través del navegador Google y su proceso de instalación es similar a un programa convencional, en la figura 2.10 se observa la ventana principal del programa en donde específicamente la pestaña Fixed Trace es la adecuada para trabajar en este estudio en particular.



Figura 2.10 Ventana principal del software CAN BUS ANALYZER v2.3

Reconocimiento de tramas de envío y recepción de mensajes CAN

Después de haber iniciado el software CAN BUS ANALYZER v2.3 específicamente en la pestaña Fixed Trace, se pudo observar las diferentes tramas de mensajes que viajan a través de la red CAN del vehículo, en donde de todas ellas solo se puso énfasis en las que a este estudio concierne y las mismas que se sobre marcan de color azul como se puede observar en la figura 2.11.

TRACE	ID	DLC	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	TIME STAMP (sec)	TIME DELTA (sec)	COUNTER
RX	0x5CE	8	0x00	0x00	0x30	0x00	0x01	0x00	0x80	0x00	172.8662	0.084	519
RX	0x556	8	0x31	0x5A	0x12	0x0E	0x00	0x20	0x00	0x02	172.8402	0.597	721
RX	0x557	8	0x85	0x7A	0x80	0x80	0x1A	0x00	0x00	0x00	172.8402	0.399	744
RX	0x4E7	8	0x28	0xFF	0x00	0x07	0x00	0x7E	0x00	0x00	172.8662	0.099	539
RX	0x5CF	8	0x18	0x3A	0x00	0x00	0x00	0x00	0xFC	0x00	172.8663	0.496	642
RX	0x545	8	0x48	0x44	0x00	0x90	0x00	0x00	0x00	0x00	172.6773	0.099	506
RX	0x547	8	0x02	0x00	0x60	0x9C	0xF9	0x03	0x2D	0x00	172.6782	0.100	498
RX	0x549	8	0xC5	0x80	0x4A	0x5A	0xE2	0x1F	0x5A	0x5E	172.6782	0.100	606
RX	0x44	8	0x00	0x00	0x00	0x7C	0xFF	0x00	0x00	0x00	171.9212	0.997	71
RX	0x43	8	0x00	171.9213	0.997	71							
RX	0x5A0	8	0x00	0x00	0x00	0xC0	0x19	0x00	0x00	0x00	170.6822	0.994	80
RX	0x5B0	4	0x5E	0xAF	0x00	0x00					170.4962	1.989	41
RX	0x7DF	8	0x02	0x01	0x05	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	132.7142	0	1
RX	0x7E8	8	0x03	0x41	0x05	0x55	0x00	0x00	0x00	0x00	132.7152	0	1

Tool Connected | 500 Kbps | Normal Mode | Error Normal | TX ERR: 0 | RX ERR: 0 | Termination: OFF | Trace Active | Logging Inactive | ID in HEX | DATA in HEX

Figura 2.11 Tramas de envío y recepción de mensajes CAN

La primera trama de datos corresponde al mensaje de envío, en ella se ve reflejado el modo 01 del sistema de diagnóstico y también el PID que se solicitó por medio del dispositivo ELM327, por ello, se dedujo que el ID 0x7DF es el identificador del nodo o Ecu de envío. La segunda trama corresponde al mensaje de recepción, en donde el ID 0x7E8 es el identificador del nodo o ecu de respuesta, en este caso, el sistema de diagnóstico del vehículo; también se puede apreciar en el byte 0 (Data 1) y byte 1 (Data 2) la confirmación del modo y PID antes solicitado, y lo más importante, a partir del byte 3 (Data 3) se tiene la información en tiempo real del funcionamiento de los sensores y actuadores que se solicite al sistema de diagnóstico. Aquí se pudo conocer el formato propio que tiene un mensaje dentro de la red CAN y sobre todo el ID de cada nodo ya que así es como prácticamente envió y recibió mensajes el registrador de datos.

Placa Can Bus Shield

La placa shield de CAN-BUS fue utilizada en este estudio con el fin de trabajar en conjunto con la placa Arduino para que se pueda comunicar con el protocolo CAN BUS de los vehículos destinados para las pruebas; básicamente esta tarjeta funcionó como el principal componente del registrador de datos. Shield adopta el controlador MCP2515 con interfaz de comunicación síncrona SPI y un transceptor MCP2551 que hace de interfaz entre la placa Arduino y el

CAN Bus físico, consta de 4 leds los cuales indican que está encendida (PWR), que envía datos (TX), que recibe datos (RX) y que realiza una interrupción al recibir datos (INT). A su salida consta de un conector de tipo DB9 para conectarse mediante un cable adecuado al puerto DLC del sistema OBD II del vehículo. En caso de no contar con dicho cable de conexión, se puede fabricar uno con la ayuda de un cable que puede ser de red de datos, en el cual se conecta en un extremo un socket o conector OBD tomando en cuenta la línea CAN-HIGH y CAN LOW desde el puerto DLC del vehículo y por el otro extremo mediante un socket o conector DB9 en el cual se suelda el pin 3 para CAN-HIGH y el pin 5 para CAN-LOW, en este caso no es necesario una conexión a tierra.

Comunicación SPI

En la comunicación entre la placa Shield y la placa Arduino se debió tomar en cuenta los terminales MOSI, MISO y SCK, ya que estos pines son los que admiten la comunicación maestro-esclavo dentro de la red CAN. En la placa arduino dichos pines se disponen de la siguiente manera: pin 50-MISO, pin 51-MOSI y pin 52-SCK; pero también se los puede encontrar en el apartado ICSP de la misma placa, que en este caso fue en donde se estableció la conexión con la tarjeta Shield. Por su parte la placa shield dispone los pines de conexión de la siguiente manera: pin 12-MISO, pin 11-MOSI, pin 13-SCK y de igual manera se encuentran en el apartado ICSP de la misma tarjeta.

Al no tener una conexión directa de los terminales antes citados entre la Shield y la placa Arduino, se procedió a hacer puentes de comunicación mediante cables de red entre los pines 11, 12 y 13 de la Shield con el apartado ICSP de la misma, para que así haya conectividad en el apartado ICSP tanto de la placa Arduino como de la placa Shield.

Placa Arduino Mega

La placa Arduino fue utilizada como otro de los elementos principales del registrador de datos, ya que mediante ella se pudo establecer una conexión física entre la tarjeta Shield, la cual a su vez se conectó con el sistema de diagnóstico del vehículo, y la PC del usuario para así poder visualizar la información de funcionamiento de los sensores y actuadores anteriormente citados en la tabla 2.4.

Software utilizado con la placa Arduino

IDE de Arduino es un software gratuito y de uso libre que puede ser descargado en la página oficial de Arduino mediante el navegador Google. Este programa fue utilizado para definir los códigos o instrucciones que debió cumplir el registrador de datos para adquirir la información necesaria desde el sistema de diagnóstico del vehículo a través de la tarjeta Can Bus Shield.

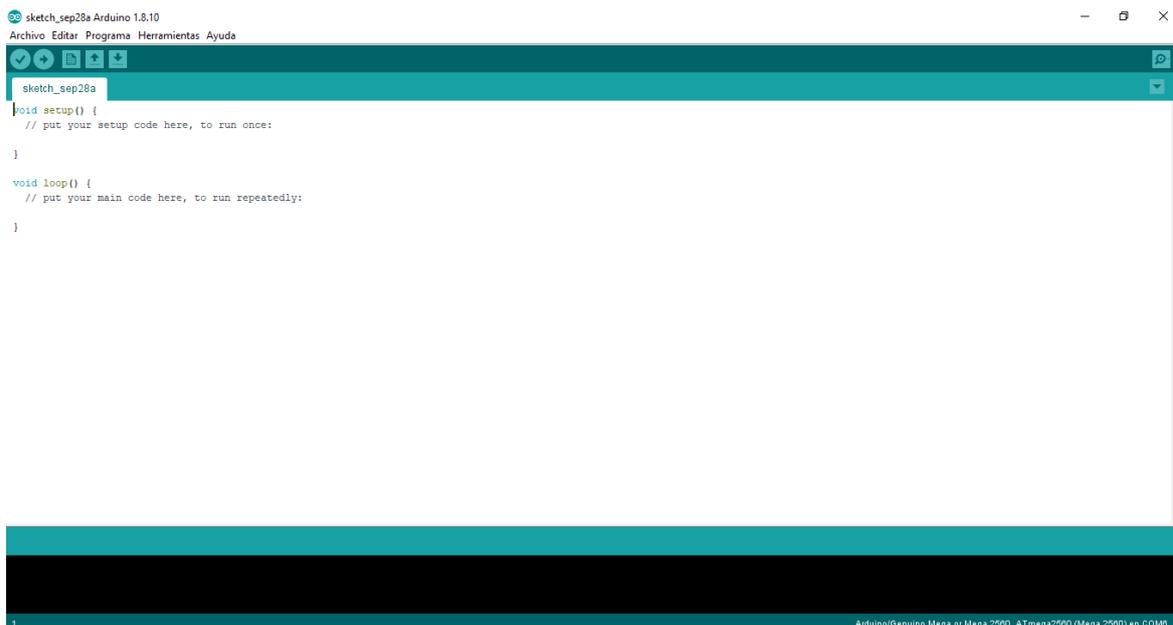


Figura 2.12 Ventana principal de Software IDE de Arduino

El software IDE consta principalmente de al menos dos partes o bloques iniciales (Void Setup – Void Loop), las cuales pueden contener declaraciones, instrucciones o estamentos de acuerdo con el objetivo que se busca con la programación, a continuación, se detallan las partes o comandos principales que se tomó en cuenta a la hora de programar el registrador de datos.

Librerías, variables y definición de tramas de mensajes CAN utilizados para la programación del registrador de datos mediante el software IDE de Arduino

Los comandos que se detallan en la figura 2.13 fueron definidos antes de los bloques o secciones principales del software IDE con el fin de que se encuentren disponibles durante todo el tiempo y para cualquier función o aplicación. Seguidamente se detallan los mismos.

```

#include <mcp_can.h>           //Definición de librerías
#include <SPI.h>

long unsigned int rxId;
unsigned char len = 0;       //Variables para recepción de mensaje
unsigned char rxBuf[8];

int a;
int b;
int c;
int d;
int e;           //variables para imprimir valor de señal de sensores
int f;
int g;
int h;
int hl;
int i;
int j;
//int voltaje;

unsigned char Rpm[8] = {0x02, 0x01, 0x0C, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Map[8] = {0x02, 0x01, 0x0B, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Baro[8] = {0x02, 0x01, 0x33, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Tps[8] = {0x02, 0x01, 0x11, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Appl[8] = {0x02, 0x01, 0x49, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};           //Trama de mensaje CAN
unsigned char Ect[8] = {0x02, 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Iat[8] = {0x02, 0x01, 0x0F, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char O2[8] = {0x02, 0x01, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};           //14-19 24-29 34-39
unsigned char Cop[8] = {0x02, 0x01, 0x0E, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Evap[8] = {0x02, 0x01, 0x2E, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};

const int SPI_CS_PIN = 10;
MCP_CAN CAN(SPI_CS_PIN);           //Pines de conexión de Can Bus Shield
#define CAN_INT 2

```

Figura 2.13 Definición de librerías, variables, trama de mensaje CAN

Las librerías definidas son exclusivas para trabajar con Arduino, son archivos que contienen comandos que facilitaron la programación y permitieron extender la función del código en general. En este estudio se optó por la librería <mcp_can h> que puede ser descargada gratuitamente a través del navegador Google; dicha librería es la que prácticamente permitió configurar el funcionamiento de la tarjeta CAN BUS SHIELD además de intervenir en la comunicación CAN con el sistema de diagnóstico. También se incluyó la librería <SPI.h>, la cual, sí se encuentra dentro del software y no necesita ser descargada exteriormente, esta librería sirvió principalmente para configurar la placa Arduino y establecer la comunicación serial entre ella y la PC del usuario con el fin de poder visualizar la información que recibe la tarjeta Shield.

Después de haber incluido las librerías, se procedió a definir las variables para la recepción de mensajes las cuales sirvieron para guardar y dar formato a los mismos, consta principalmente de un identificador (rxId), el tipo de trama estándar (len) y los bytes de datos de información (rxBuf). Seguidamente se escribieron las variables para imprimir los valores

de señal de sensores y actuadores, las cuales trabajaron juntamente con el comando serial print.

De acuerdo a como se visualizó las tramas de mensajes CAN en el software Can Bus Analyzer, se procedió a definir el formato de dichos mensajes dentro del código los cuales constan de 8 bytes generalmente enumerados desde cero. El primer byte indica el número de bytes de información de los cuales está conformado el mensaje, el segundo byte indica el modo II del sistema de diagnóstico a bordo y el tercer byte indica el PID de identificación del sensor o actuador que se requiere, los siguientes 5 bytes son complementos ya que se necesita tener 8 para completar el mensaje de información. Por último, se establecieron los pines de conexión de la tarjeta Can Bus Shield tanto para la activación, envío, recepción e interrupción de información, los cuales se activaron también a través de la placa Arduino.

Void Setup

El Void Setup es el primer bloque estándar dentro del software IDE y es un espacio en donde los comandos que se describen se ejecutan una sola vez cuando se corre el código, dichos comandos no devuelven ningún resultado, sino que más bien en este caso en particular sirvieron para activar funciones de la tarjeta Shield y la placa Arduino.

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  if(CAN.begin(MCP_STDEXT, CAN_500KBPS, MCP_16MHZ) == CAN_OK)

  pinMode(CAN_INT, INPUT);

  CAN.init_Mask(0,0,0x07FF0000);
  CAN.init_Filt(0,0,0x07E80000);
  CAN.init_Filt(1,0,0x07E80000);

  CAN.init_Mask(1,0,0x07FF0000);           //Filtros de ID
  CAN.init_Filt(2,0,0x07E80000);
  CAN.init_Filt(3,0,0x07E80000);
  CAN.init_Filt(4,0,0x07E80000);
  CAN.init_Filt(5,0,0x07E80000);

  CAN.setMode(MCP_NORMAL);
}
```

Figura 2.14 Bloque Void Setup del software IDE de Arduino

Primeramente, se abrió la comunicación serial y se definió un valor de velocidad de datos de 115200 Baud, para después colocar una condición (if) la cual indicó si la comunicación se inició con éxito durante el inicio del código.

Debido a que se trabajó con la tarjeta Can Bus Shield la cual permite guardar, transmitir y receptor mensajes por medio de dos búferes, se dispuso de dos máscaras y seis filtros respectivamente para la aceptación o no de un mensaje, es decir, por cada máscara se designaron dos o más filtros los cuales solamente admitieron mensajes que contengan el identificador 0x07E8 el cual perteneció al sistema de diagnóstico de los vehículos destinados para las pruebas, después, si el ID concordó con el filtro del buffer, el mensaje fue admitido y por consiguiente leído por la placa Arduino .

Void loop

El Void loop es el segundo bloque estándar dentro del software IDE y es un espacio en donde los comandos que se definen se ejecutan de forma cíclica, es decir, el código que se realizó dentro de esta sección se ejecutó secuencialmente y siempre regresó al principio una vez que haya corrido todos los comandos por completo.

```

void loop()
{
    {
        {
            CAN.sendMessage(0x7DF, 0, 8, Rpm);
            delay(100);
        }
        if(!digitalRead(CAN_INT))
        {
            CAN.readMessage(&rxId, &len, rxBuf);
            a = (((rxBuf[3]*256)+rxBuf[4])/4);
        }
    }
}

```

Figura 2.15 Bloque Void Loop del software IDE de Arduino

Para enviar mensajes de petición de información hacia el sistema de diagnóstico del vehículo se utilizó el comando CAN.sendMessage, en el cual se especificó: el ID del nodo de petición (0x7DF) el cual perteneció al registrador de datos (Tarjeta Shield y Placa Arduino), el tipo de trama (0 para trama estándar), el número de bytes del mensaje (8), y el nombre del sensor o actuador del que se requiera la información. Luego se definió una pausa o retraso para que la toma de datos no colapse de cierta forma y seguidamente se colocó una condición (if) la

cual comprobó si hay un cambio de voltaje en el pin de interrupción de la tarjeta shield para admitir la recepción del mensaje.

Para la lectura del mensaje proveniente del sistema de diagnóstico del vehículo se utilizó el comando `CAN.readMsgBuf`, en el cual se especificó el siguiente formato: el identificador del nodo de respuesta (`rxId`), la longitud del mensaje (`len`) y los bytes datos de información (`rxBuf`). Seguidamente se definió mediante una variable la fórmula correspondiente para cada sensor según la tabla de PIDs del sistema OBD II, dicha fórmula es la que entregará el valor de funcionamiento real del dispositivo electrónico. Cabe recalcar que de los 8 bytes que conforman el mensaje Can, los bytes que comúnmente contienen la información requerida son el byte 3 y el byte 4.

El procedimiento descrito se repitió con todos los PIDs de los sensores y actuadores requeridos para este estudio variando la fórmula que se mencionó anteriormente, sin embargo, para el sensor de oxígeno (O2) se añadió el comando `float` para tener el resultado con decimales.

Impresión de valores de funcionamiento de dispositivos electrónicos

Después de haber definido los mensajes de petición y por sobre todo el formato de los mensajes de recepción de información, se debió configurar el código del registrador de datos para que pueda presentar los datos obtenidos hacia la PC del usuario mediante la comunicación serial que existió entre ellos, tal como se indica en la figura 2.16.

```

Serial.print(a);
Serial.print(';');
Serial.print(b);
Serial.print(';');
Serial.print(c);
Serial.print(';');
Serial.print(d);
Serial.print(';');
Serial.print(e);           //Impresion de valores directos
Serial.print(';');
Serial.print(f);
Serial.print(';');
Serial.print(g);
Serial.print(';');
Serial.print (voltaje,2);
Serial.print(';');
Serial.print(i);
Serial.print(';');
Serial.print(j);
Serial.println(';');

```

Figura 2.16 Impresión de datos a través del software IDE de Arduino

Para imprimir los datos de información se optó por el comando Serial.print seguido de la variable anteriormente definida en el mensaje de recepción de cada sensor o actuador, además teniendo en cuenta que la impresión de datos fue en cadena, se debió asignar el símbolo de punto y coma (;) para crear un espacio o separación entre dichos valores, esto con el fin de que la lectura mediante el software LABVIEW sea más eficiente.

Programación del registrador de datos mediante el software LABVIEW

El código realizado referente al registrador de datos en el software LabVIEW se encuentra en el Anexo III y se caracteriza principalmente por ser una interfaz que permite visualizar de manera numérica y grafica los datos de los sensores y actuadores que se encarga de solicitar el Arduino mediante la placa CAN Bus Shield a la ECU del vehículo. Este registrador de datos en particular, a través del software LabVIEW permite visualizar cada segundo los datos obtenidos a través de la comunicación serial que mantiene el Arduino con el PC y guardarlos en el mismo ordenador en un archivo Excel para su posterior análisis.

Descripción de ventanas emergentes del registrador de datos en el software LabVIEW

Panel Frontal

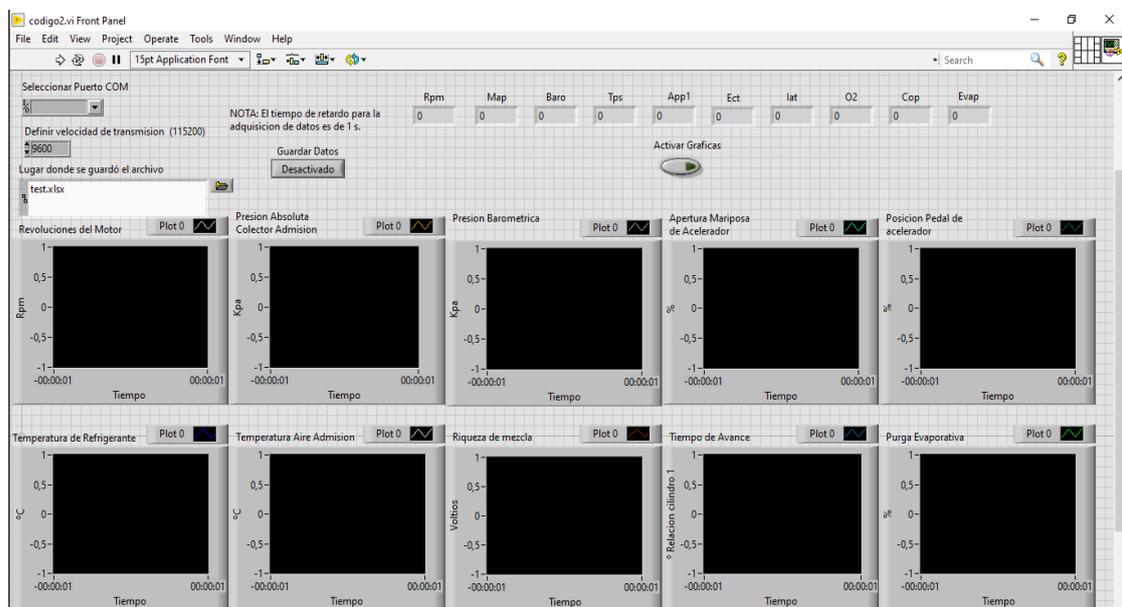


Figura 2.17 Panel frontal del registrador de datos en software LabVIEW

En el panel frontal del programa se puede apreciar la interfaz del registrador de datos, mediante la cual se pudo visualizar de manera numérica y grafica los datos obtenidos desde

la ECU del vehículo a través del Arduino y la placa CAN Bus Shield. En esta ventana se debe elegir o seleccionar los siguientes aspectos antes de iniciar la comunicación: El puerto COM en el cual estuvo conectado el Arduino a la PC del usuario, la velocidad de transmisión de datos, la pestaña de guardar o no los datos y la pestaña para activar o desactivar las gráficas.

Bloque de diagramas

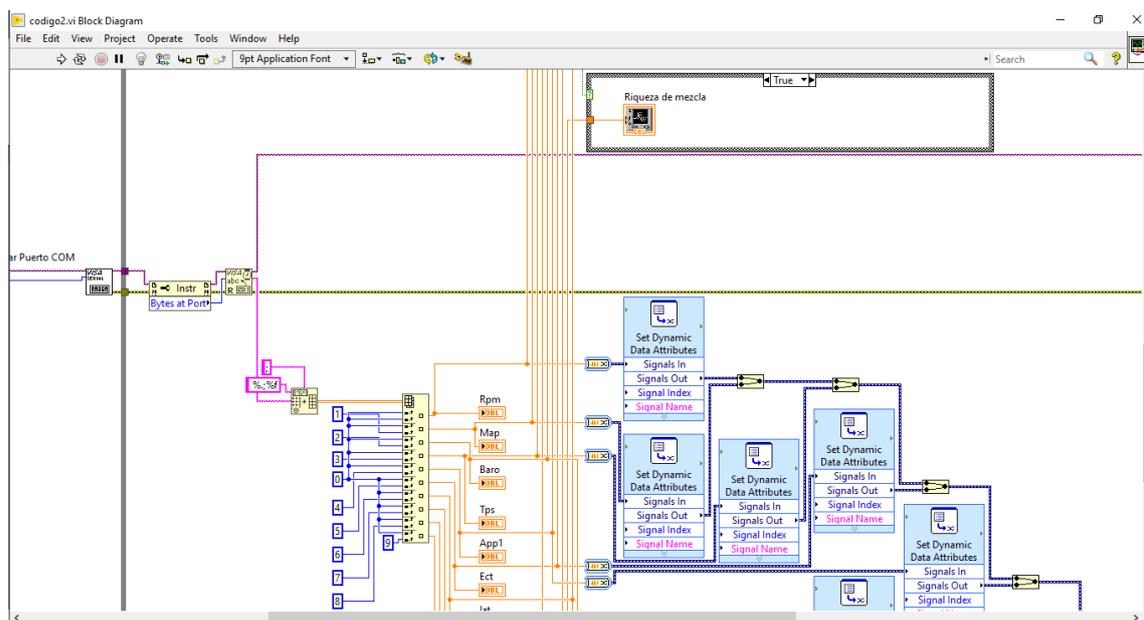


Figura 2.18 Bloque de diagramas del registrador de datos en el software LabVIEW

En la ventana de bloque de diagramas es donde prácticamente se diseñó el código del registrador de datos, en esta sección se hizo uso de los comandos necesarios para abrir la comunicación serial con el Arduino y los comandos necesarios para leer, visualizar y guardar datos.

Comandos utilizados en el diseño del registrador de datos

A continuación, se presentan los comandos que se utilizaron para desarrollar el registrador de datos, se muestra el icono respectivo para su fácil reconocimiento dentro del código y también se especifica si se encuentra o no visible en el panel frontal, ya que la mayoría de ellos solo está disponible en el bloque de diagramas.

Comandos para abrir comunicación serial en LabVIEW

Los comandos que se muestran en la tabla 2.5 son los básicos para abrir una comunicación serial entre la PC y cualquier otro dispositivo con este tipo de comunicación, en este estudio en particular estos comandos fueron utilizados para tener acceso a la comunicación que tiene el Arduino y la placa Can Bus Shield con la PC, ya que es ahí donde se encuentran los datos de los componentes electrónicos que se desea estudiar y los mismos que se desean visualizar.

Tabla 2.5 Comandos para abrir comunicación serial en LabVIEW

COMANDO	ICONO	VISIBLE EN BLOQUE DE DIAGRAMAS	VISIBLE EN PANEL FRONTAL
Visa Configure Serial Port		SI	SI
Property Node		SI	NO
Visa read		SI	NO
Visa Close		SI	NO
While Loop		SI	NO
Time delay		SI	NO

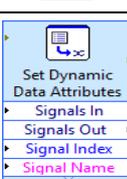
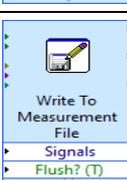
El comando Visa Configure Serial Port es el único de este grupo que es visible en las dos ventanas características de LabVIEW, en el bloque de diagramas es el que detecta y selecciona la comunicación serial, mientras que en el panel frontal permite seleccionar el puerto COM en el cual hay conexión entre Arduino y la PC y la velocidad de datos con la cual se comunican estos dos dispositivos.

Los comandos while loop y time delay pueden ser opcionales en la apertura de la comunicación, ya que no intervienen de manera directa en esta acción. Estos comandos más bien se encargan de la repetición del código una vez que se hayan realizado todas las tareas programadas, es decir, el while loop advierte que el código debe repetirse y el time delay define el tiempo que el registrador de datos estará leyendo los datos.

Comandos para leer y guardar archivos en LabVIEW

Los comandos que se presentan en la tabla 2.6 se utilizaron básicamente para poder trabajar con los datos que son entregados por el Arduino, es decir que con estos comandos el software LabVIEW convierte el formato de dichos datos a otro con el cual el programa pueda realizar las tareas tales como visualizar, graficar y guardar datos.

Tabla 2.6 Comandos para leer y guardar archivos en LabVIEW

COMANDO	ICONO	DISPONIBLE EN BLOQUE DE DIAGRAMAS	DISPONIBLE EN PANEL FRONTAL
Spreadsheet String to Array		SI	NO
Index Array		SI	NO
Convert toDynamic Data		SI	NO
Set Dynamic Data Attributes		SI	NO
Write to Measurement File		SI	SI

Los primeros tres comandos le permiten al registrador de datos transformar una cadena de datos en una matriz de datos, para luego poder nombrarlos automáticamente cuando son guardados en el archivo Excel. Por su parte el comando write to measurement file participa en el panel frontal de manera que permite activar la opción de guardar o no guardar los datos leídos.

Comandos para graficar archivos en LabVIEW

Los comandos que se presentan en la tabla 2.7 fueron utilizados para graficar los datos que el registrador de datos obtuvo cada segundo.

Tabla 2.7 Comandos para graficar archivos en LabVIEW

COMANDO	ICONO	DISPONIBLE EN BLOQUE DE DIAGRAMAS	DISPONIBLE EN PANEL FRONTAL
Case Structure		SI	SI
Waveform charts		SI	SI

El comando case structure es el encargado de permitir ver o no los datos en la gráfica, por ello se presenta en el panel frontal mediante la pestaña de activar graficas; por su parte el comando waveform charts es el encargado de presentar los datos numéricos obtenidos mediante una gráfica.

2.2.2.4 Procedimiento de prueba estática para obtención de datos de componentes electrónicos

- Prepare el registrador de datos (programas y dispositivos necesarios).
- Conecte el registrador de datos en el puerto DLC del sistema de diagnóstico a bordo del vehículo.
- Encienda el vehículo (sin arrancar el motor).
- Compruebe la conectividad del registrador de datos con el sistema de diagnóstico a bordo (Señal de map y baro en la interfaz del registrador).
- En la interfaz del software LabVIEW active la pestaña “Activar” para iniciar la grabación de datos.
- Arranque el motor y espere estabilidad de funcionamiento normal del motor (ralentí).
- Mantenga el vehículo en ralentí por 15 segundos o más.
- Acelere progresivamente el motor a 1500 rpm y estabilice por 15 segundos o más.
- Retire completamente el pie del pedal del acelerador y espere hasta que las rpm del motor lleguen a ralentí.
- Mantenga el vehículo en ralentí por 15 segundos o más.
- Acelere progresivamente el motor a 2500 rpm y estabilice por 15 segundos o más.

- Retire completamente el pie del pedal del acelerador y espere hasta que las rpm del motor lleguen a ralentí.
- Acelere progresivamente el motor a 3500 rpm y estabilice por 15 segundos o más.
- Retire completamente el pie del pedal del acelerador y espere hasta que las rpm del motor lleguen a ralentí.
- Mantenga el vehículo en ralentí por 15 segundos o más y detenga la grabación de datos.

2.2.2.5 Selección de datos de componentes electrónicos de vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6 para su comparación

Para la comparación entre los valores generados por los sensores y actuadores dispuestos para su estudio, se realizó con cada vehículo 3 pruebas de aceleración según el procedimiento descrito anteriormente. De cada prueba se tomó como referencia 10 datos de cada uno de los rangos de aceleración, los cuales están dentro de la tolerancia de ± 100 rpm estabilizados en cada aceleración de: ralentí, 1500 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm, los mismos que se indican como ejemplo mediante un círculo en las figuras 2.19 y 2.20.

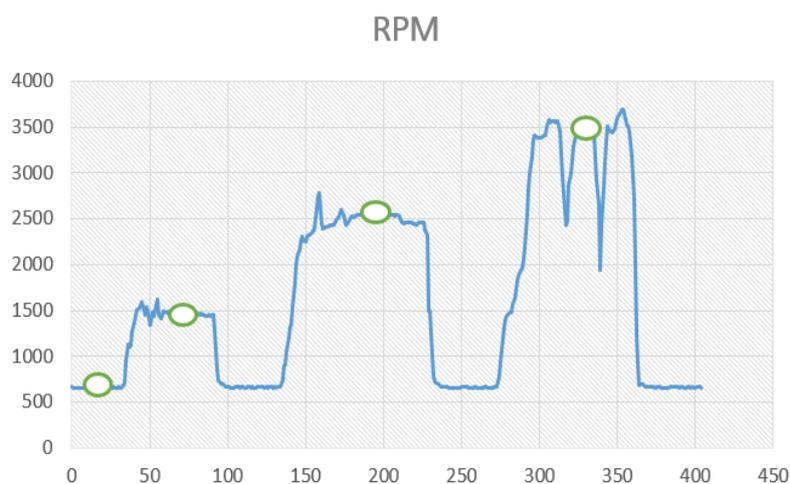


Figura 2.19 Identificación de datos elegidos para su comparación (Hyundai Tucson)

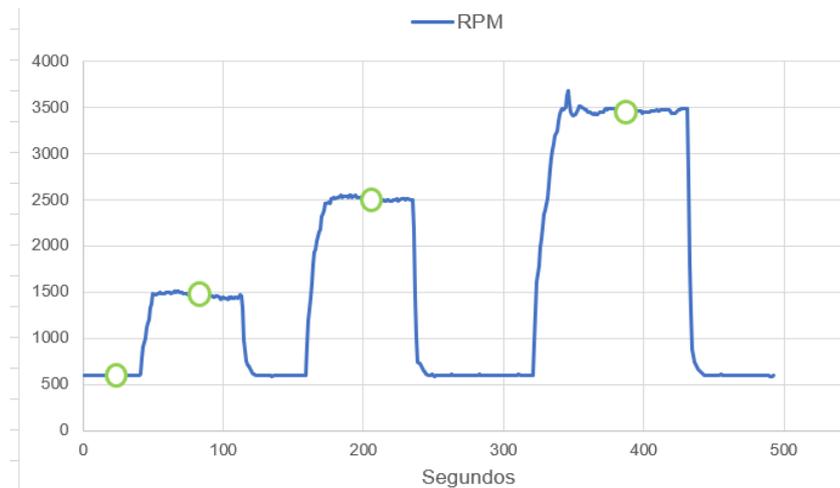


Figura 2.20 Identificación de datos elegidos para su comparación (Mazda 6)

Una vez que se eligieron los 10 datos estabilizados, se procedió a sacar un promedio de los mismos; este procedimiento se realizó para cada uno de los sensores y actuadores descritos en la tabla 2.4 ya que el registrador de datos permitió grabar la información de todos ellos a cada segundo y al mismo tiempo en cada prueba respectiva. Todo esto se desarrolló con los dos vehículos con el fin de tener un valor único y aproximado del funcionamiento de cada componente electrónico para que su comparación sea más directa ya que estuvieron en condiciones de funcionamiento del motor muy similares.

2.2.3 SELECCIÓN DE EMISIONES DE GASES Y PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE PORCENTAJES

Para estudiar los gases contaminantes que se generan tras el funcionamiento de los vehículos destinados para las pruebas, en primera instancia se optó por la revisión de información bibliográfica de temas tales como: el proceso de combustión en motores MEP y la generación de emisiones contaminantes en función de la riqueza; esto con el fin de comprender las situaciones en las que se generan dichas emisiones. Por ende, se pudo apreciar que los principales factores que influyen en la generación de gases son: el frente de llama, la longitud de combustión y la velocidad con la cual el frente de llama avanza por la longitud de combustión, hechos que pueden ser definidos por la configuración propia de cada motor.

2.2.3.1 Emisiones contaminantes típicas de un motor con encendido provocado

Se pudo conocer que un motor con encendido provocado se caracteriza por emanar principalmente los siguientes contaminantes:

Monóxido de carbono (CO)

Es un gas que incrementa su valor cuando el motor está funcionando con mezclas demasiado ricas, es decir, que en la mezcla hay una deficiencia de oxígeno pudiendo existir alguna falla en el sistema de formación de mezcla. En pruebas estáticas puede ser medido en términos del porcentaje en volumen (%); y a 2500 rpm los vehículos con motor y catalizador en buen estado pueden presentar valores inferiores al 0.2%.

Hidrocarburos sin quemar (HC)

Son partículas de combustible que no han iniciado el proceso de combustión y que puede deberse a dos cosas: falla en el sistema de encendido en donde no hay una chispa que comience la combustión; o porque el frente de llama se haya extinguido antes de quemar la mezcla la cual no está a la temperatura adecuada para ser quemada, pudiendo ser una falla física, por ejemplo, juegos entre camisa y pistón. En pruebas estáticas puede ser medido en términos de partículas por millón (ppm); y a 2500 rpm los vehículos con motor y catalizador en buen estado deben presentar valores inferiores a 50 ppm.

Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Son gases que aumentan conforme crece la temperatura y la presión dentro de la cámara de combustión cuando el motor funciona progresivamente hasta alcanzar una mezcla estequiométrica, pero el valor sigue aumentando aún más cuando la mezcla se hace cada vez más pobre, lo que nos indica que un valor superior al adecuado puede ser causa del sistema de combustible. En pruebas estáticas puede ser medido en términos de partículas por millón (ppm); y a ralenti los vehículos con motor y catalizador en buen estado debe presentar menos de 100ppm.

2.2.3.2 Emisiones de CO y HC para comparar

Debido a que la prueba que se realizó fue de forma estática, se tomaron en cuenta solo el monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos sin quemar (HC) ya que el motor no tiene la carga suficiente como para generar mayor cantidad de NOx que la que puede ser capaz de eliminar el catalizador y por eso el valor medido en el analizador de gases fue prácticamente nulo cuando el vehículo se encontró parado.

Para tener una referencia de valores estándar y reglamentarios al momento de comparar los resultados obtenidos de CO y HC en las pruebas, se tomó en cuenta la norma NTE INEN 2204:2002 “GESTION AMBIENTAL. AIRE. VEHICULOS AUTOMORES. LIMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MOVILES TERRESTRES DE GASOLINA”, la cual presenta los siguientes valores:

Año modelo	% CO ^a		ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

^a Volumen
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

Figura 2.21 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática)
 (Normalización, 2017)

2.2.3.3 Procedimiento de prueba estática para obtención de valores de emisiones de gases

Para realizar la comparación de los contaminantes generados en cada uno de los sistemas de inyección de gasolina se utilizó un procedimiento similar al de las pruebas estáticas para la recolección de datos de sensores y actuadores de este mismo trabajo; esto debido a que las pruebas de los componentes electrónicos y emisiones de gases se realizaron al mismo tiempo y bajo las mismas condiciones.

- Preparar equipo de medición (analizador de gases)
- Encender vehículo de prueba

- Esperar estabilidad de funcionamiento normal del motor (ralentí)
- Conectar equipo de medición
- Mediante el analizador de gases, obtener valores de porcentajes de emisiones en ralentí.
- Acelere progresivamente el motor a 1500 rpm y estabilice por 10 segundos o más.
- Mediante el analizador de gases, obtener valores de porcentajes de emisiones a 1500 rpm.
- Retire completamente el pie del pedal del acelerador y espere hasta que las rpm del motor lleguen a ralentí.
- Mantenga el vehículo en ralentí por 10 segundos o más.
- Acelere progresivamente el motor a 2500 rpm y estabilice por 10 segundos o más.
- Mediante el analizador de gases, obtener valores de porcentajes de emisiones a 2500 rpm.
- Retire completamente el pie del pedal del acelerador y espere hasta que las rpm del motor lleguen a ralentí.
- Mantenga el vehículo en ralentí por 10 segundos o más.
- Acelere progresivamente el motor a 3500 rpm y estabilice por 10 segundos o más.
- Mediante el analizador de gases, obtener valores de porcentajes de emisiones a 3500 rpm.
- Retire completamente el pie del pedal del acelerador y espere hasta que las rpm del motor lleguen a ralentí.

2.2.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN EL VEHÍCULO

2.2.4.1 Protocolos de comunicación estándar OBD II y esquema general de la red CAN

Para analizar la conexión y estabilidad de las líneas de comunicación (red CAN) se optó en primera instancia por la recopilación de información bibliográfica acerca de los protocolos de comunicación estandarizados por la norma OBD II, esto con el fin de conocer las

principales diferencias que existen entre ellos. Así, se pudo conocer que los principales son los siguientes:

ISO 9141 (LINEA K): Usado en BMW, Mercedes Benz, Volkswagen, Porsche, Seat, Smart, Volvo. Su conexión mediante el puerto DLC es:

Tierra: Pin 5

Transmisión de datos: Pin 7

Alimentación: Pin 16.

Señal alto: 12 V (9.6 13.5 V)

Se activa en: 0V (0 a 2.4 V)

Puede tener señal en el pin 15 para despertar módulos.

ISO 14230 KWP 200: Usado en Renault, Peugeot, Daewoo, Opel. Su conexión mediante el puerto DLC es:

Tierra: Pin 5

Transmisión de datos (Línea K): Pin 7

Transmisión de datos (Línea L): Pin 15 (Despierta a los módulos)

Alimentación: Pin 16.

Señal alto: 12 V (9.6 13.5 V)

Se activa en: 0V (0 a 2.4 V)

SAE 1850 VPW (GMLAN): Usado en: GM, Chrysler, Jeep, Dodge posteriores al año 2000. Su conexión mediante el puerto DLC es:

Tierra: Pin 5

Transmisión de datos: Pin 2

Alimentación: Pin 16

Señal alto: 7 V (6.25 a 8 V)

Se activa en: 0V (0 a 1.5 V)

Es mono cable

SAE 1850 PWM: Usado en Ford. Su conexión mediante el puerto DLC es:

Tierra: Pin 5

Transmisión de datos: Pin 2 y 10

Alimentación: Pin 16

Señal alto: 5 V (3.8 a 5.25 V)

Se activa en: 0V (0 a 1.2 V)

Es bicable

ISO 1725 CAN BUS: Usado en Ford Fiesta, Eco, Sport, F150, Explorer y en la mayoría de los vehículos asiáticos y europeos. Su conexión mediante el puerto DLC es:

Tierra: Pin 5

Transmisión de datos: Pin 6 (Can High) y Pin 14 (Can Low)

Alimentación: Pin 16

CAN HIGH: 2.5 V a 3.5 V

CAN LOW: 1.5 V a 2.5

Es bicable en espejo

Seguidamente, teniendo en cuenta el objetivo de este estudio en cuanto a redes de comunicación se refiere, se recopiló información de cómo se estructura básicamente una red de comunicación CAN, en donde se pudo conocer que todos los nodos o ECUS que se requiera implementar a la red se lo hace mediante la conexión en paralelo a dos cables trenzados entre si los cuales representan el can high y can low, pero agregado a esto se supo que dichos cables están unidos en sus extremos por resistencias de terminación para evitar que los impulsos eléctricos o mensajes dentro de la red retornen en sentido opuesto. El valor de cada una de estas resistencias es de 120 ohmios, pero si se diagnostica dicho valor con un multímetro justo en el puerto DLC, se debería obtener un valor de 60 ohmios, lo cual indicaría que ambas resistencias están en buen estado.

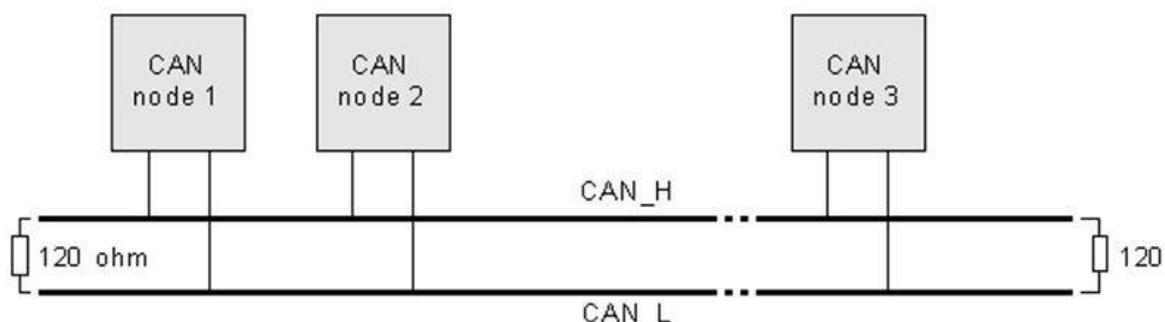


Figura 2.22 Esquema general de la red CAN
(Fernandez, s.f.)

2.2.4.2 Posibles averías y ondas características de la red CAN

Red CAN en buen estado

Cuando la red CAN está en buen estado la señal can high y la señal can low deben comprender los valores de voltaje característicos de cada una, por lo que la forma de las señales debe ser cuadrada y la una deberá ser el reflejo de la otra, tal como se indica en la figura

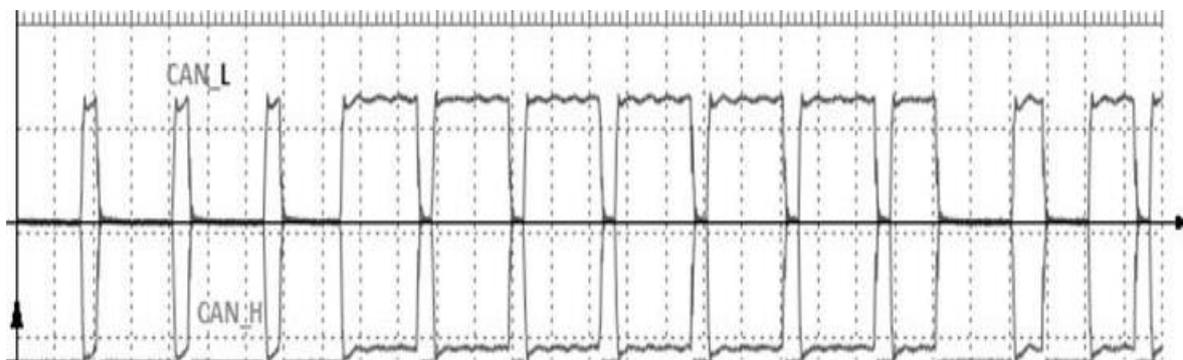


Figura 2.23 Señal de red CAN en buen estado
(Fernandez, s.f.)

Falla en una resistencia de terminación

Cuando una resistencia de terminación se encuentra en mal estado se producen ruidos eléctricos en la señal generada por la red de comunicación, y debido a que son señales en espejo, lo que le pase o afecte a una señal se verá reflejado en la otra, tal como se muestra en la figura

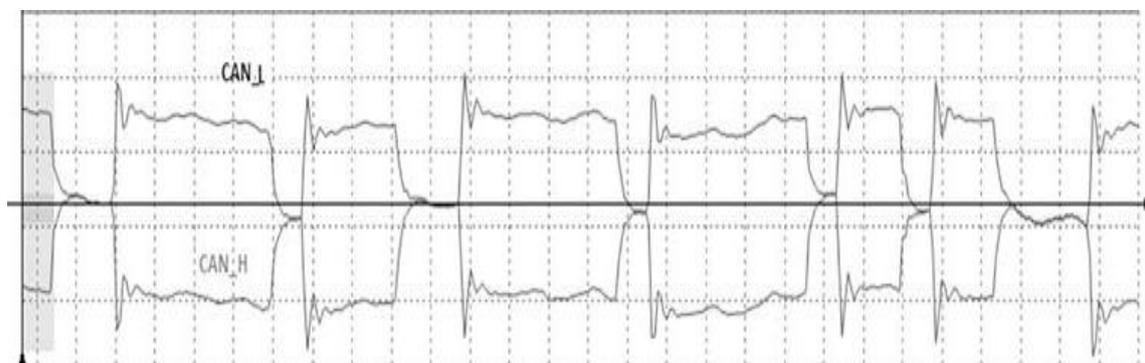


Figura 2.24 Señal de red CAN con resistencia de terminación en mal estado
(Fernandez, s.f.)

Cable de can low cortocircuitado a masa

Cuando el cable correspondiente a la señal de can low esta cortocircuitado a masa el valor de voltaje es 0 V, a pesar de la presencia de dicha falla la comunicación dentro la red no se pierde y la información viaja únicamente por el cable correspondiente al can high, tal como se aprecia en la figura

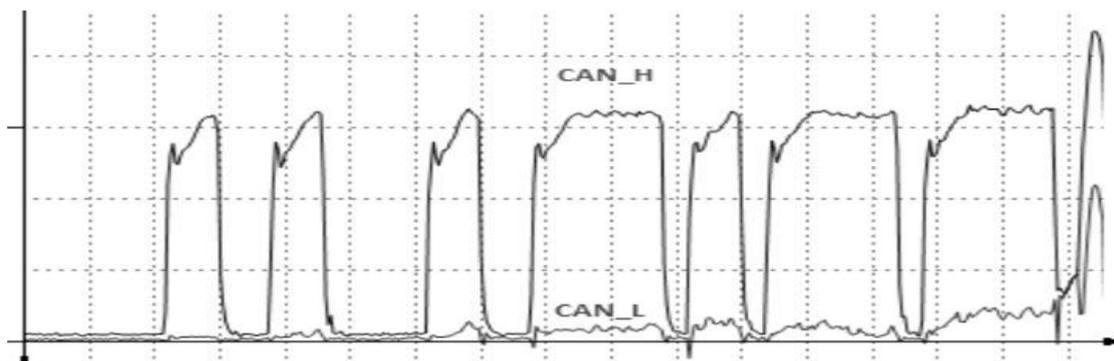


Figura 2.25 Señal de red CAN con cable de can low cortocircuitado a masa
(Fernandez, s.f.)

Cable de can high cortocircuitado a masa

Cuando el cable correspondiente a la señal de can high esta cortocircuitado a masa el valor de voltaje es 0 V, y a diferencia del caso anterior, la comunicación en la red se pierde totalmente. En la figura se puede observar que la señal presenta picos lo cual indica que hay un intento por retomar la comunicación, pero no es posible.

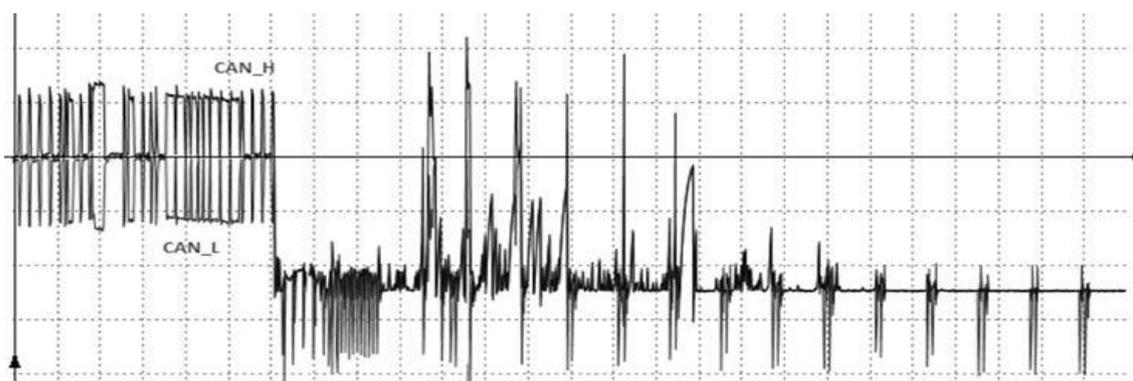


Figura 2.26 Señal de red CAN con cable de can high cortocircuitado a masa
(Fernandez, s.f.)

2.2.4.3 Procedimiento para diagnóstico de red CAN mediante multímetro y osciloscopio

- Conecte la caja de conexión OBD II en el puerto DLC del vehículo.
- Prepare el multímetro para medir voltaje.
- Encienda el vehículo.
- Conecte la punta del terminal negativo del multímetro en el pin 5 de la caja de conexión y la punta del terminal positivo en el pin 6. Luego anote el valor obtenido.
- Conecte la punta del terminal negativo del multímetro en el pin 5 de la caja de conexión y la punta del terminal positivo en el pin 14. Luego anote el valor obtenido.
- Apague completamente el vehículo.
- Desconecte el borne negativo de la batería del vehículo.
- Prepare el multímetro para medir ohmios.
- Conecte las puntas del multímetro en los pines de comunicación de la caja de conexión OBD II (pin 6 y 14) y anote el valor obtenido.
- Conecte el borne negativo de la batería del vehículo.
- Prepare el osciloscopio automotriz.
- Conecte respectivamente los terminales del osciloscopio en los pines 5, 6 y 14 en la caja de conexión OBD II y verifique el estado de la señal correspondientes a can high y can low.

CAPITULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 OBTENCIÓN Y COMPARACIÓN DE SEÑALES DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

La recolección de información se realizó mediante el registrador de datos, el cual permitió guardar toda la información en un archivo Excel, tal y como se muestra en la figura 3.1; debido a que se realizaron tres pruebas de aceleración en cada vehículo, se obtuvieron en total 6 archivos Excel con su respectiva información.

Time	Rpm	Map	Tps	Ect	App1	Baro	lat	O2	Cop	Evap
21-08-2020//10:49:18	602	28	12	95	15	78	44	-0,01	10	14
21-08-2020//10:49:19	602	28	12	95	15	78	44	-0,01	12	14
21-08-2020//10:49:20	604	28	12	94	15	78	44	-0,02	11	14
21-08-2020//10:49:21	601	27	12	94	15	78	44	-0,02	12	14
21-08-2020//10:49:21	604	28	12	94	15	78	44	-0,02	10	15
21-08-2020//10:49:22	600	28	12	94	15	78	44	-0,03	11	15
21-08-2020//10:49:23	599	28	12	93	15	78	44	-0,01	10	15
21-08-2020//10:49:24	604	28	12	93	15	78	44	-0,02	12	15
21-08-2020//10:49:25	601	27	12	93	15	78	44	-0,02	10	14
21-08-2020//10:49:25	602	27	12	93	15	78	44	-0,06	11	14
21-08-2020//10:49:26	601	27	12	92	15	78	44	-0,09	11	14
21-08-2020//10:49:27	593	27	12	92	15	78	44	-0,1	12	14
21-08-2020//10:49:28	597	26	12	92	15	78	44	-0,08	10	14
21-08-2020//10:49:29	601	26	12	92	15	78	44	-0,07	11	14
21-08-2020//10:49:29	599	27	12	91	15	78	44	-0,07	12	14
21-08-2020//10:49:30	599	27	12	91	15	78	44	-0,05	11	14
21-08-2020//10:49:31	598	28	12	91	15	78	44	-0,05	12	14
21-08-2020//10:49:32	600	28	12	91	15	78	44	-0,05	12	14
21-08-2020//10:49:33	598	28	12	91	15	78	44	0	13	14
21-08-2020//10:49:33	599	28	12	90	15	78	44	0,01	11	14

Figura 3.1 Archivo Excel generado por el registrador de datos

Por otro lado, mediante la figura 3.2 se puede apreciar cada una de dichas pruebas, obtenidas mediante los vehículos Mazda 6 y Hyundai Tucson respectivamente. Cabe recalcar que las gráficas que se presentan a continuación pertenecen a una variable independiente (revoluciones del motor), quien definió el procedimiento de pruebas y sobre la cual actuaron las variables dependientes.

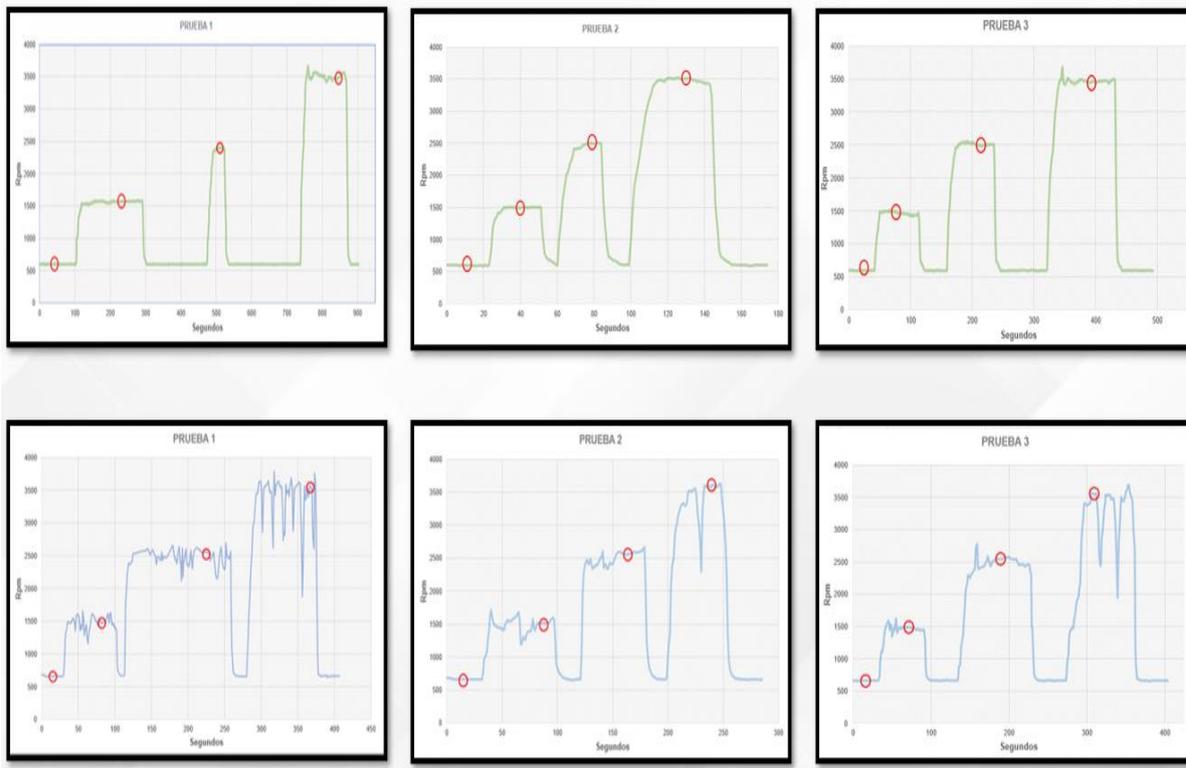


Figura 3.2 Pruebas estáticas realizadas en vehículos Mazda 6 y Hyundai Tucson

La hora y el lugar donde se realizaron las pruebas fue el mismo para los dos vehículos, pero la temperatura ambiental cambió porque el día en que se realizó dicha prueba fue diferente para cada uno, y en particular, el día en el que se realizaron las pruebas con el vehículo Mazda estuvo lluvioso ($18\text{ }^{\circ}\text{C}$), y el día en el que se realizaron las pruebas con el vehículo Tucson estuvo soleado ($23\text{ }^{\circ}\text{C}$).

En seguida se presenta únicamente los análisis de las gráficas correspondientes a la tercera prueba de cada vehículo para determinar el funcionamiento de cada componente, se eligieron dichas pruebas porque el tiempo de transcurso y el rango de revoluciones de las mismas fueron muy similares y porque para ese entonces el motor ya supo alcanzar la temperatura máxima de trabajo. En la tabla comparativa de valores de funcionamiento de sensores y actuadores presentada más adelante, si se toman en cuenta todos los valores obtenidos en las 3 pruebas de cada automóvil.

3.1.1 SEÑALES DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL VEHÍCULO HYUNDAI TUCSON

3.1.1.1 Revoluciones del motor y presión barométrica

En la figura 3.3 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor y la presión atmosférica (variables independientes), quienes rigieron todo el transcurso de la prueba y el comportamiento de todos los componentes electrónicos; si bien se pudieron llegar a los rangos de revoluciones dispuestos, se puede notar claramente una inestabilidad en ellos.

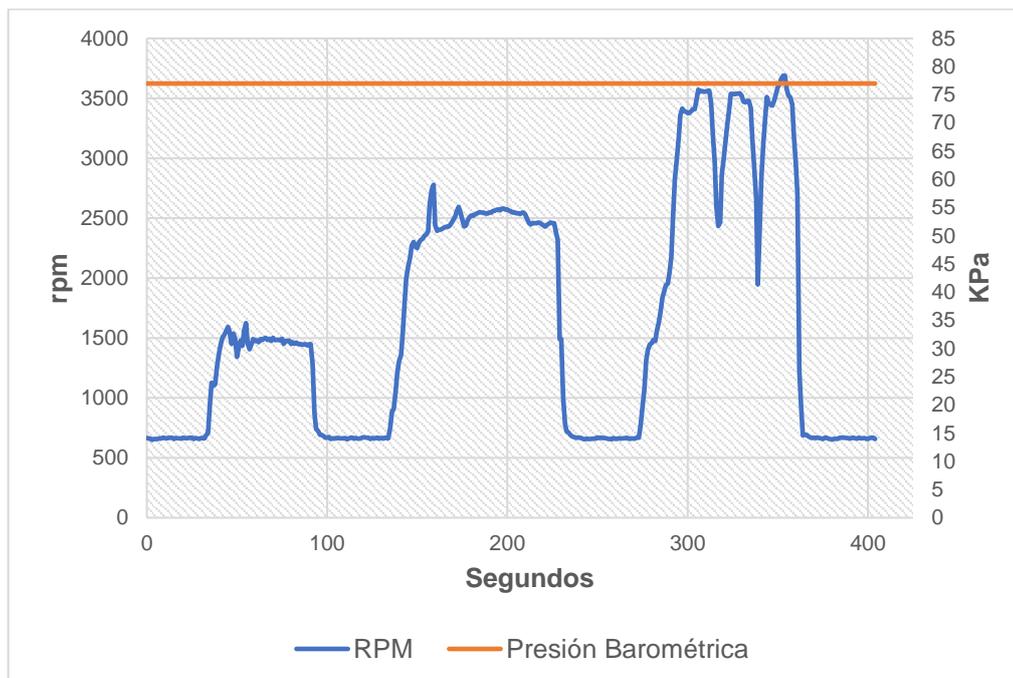


Figura 3.3 Señales de rpm y presión atmosférica (Hyundai Tucson)

Se observa que las revoluciones en ralentí son de aproximadamente 600 sin una variación considerable, pero al momento de acelerar a 1500 y 2500 revoluciones por minuto, se observa mediante la gráfica que existe una inestabilidad en el motor, lo cual se traduce en una complicación hacia el conductor al momento de querer acelerar constantemente sobre dicho rango de revoluciones. De igual manera, se puede observar que al acelerar a 3500 revoluciones por minuto existe una inestabilidad muy marcada en el motor, lo cual obedece a un corte de inyección de combustible por parte de la computadora, impidiendo así

incrementar aún más el número de revoluciones. Por otro lado, teniendo en cuenta que la temperatura ambiental del día en el cual se realizó la prueba fue de 23 °C, la presión atmosférica que registró el sensor baro fue de 77 KPa. Esta presión se mantuvo constante durante todo el ciclo de pruebas ya que sólo fueron de tipo estáticas.

3.1.1.2 Revoluciones del motor y presión en el colector de admisión

En la figura 3.4 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la presión absoluta en el colector de admisión (variable dependiente). Se observa que la presión cambia siempre en función de las aceleraciones y desaceleraciones del motor durante toda la prueba.

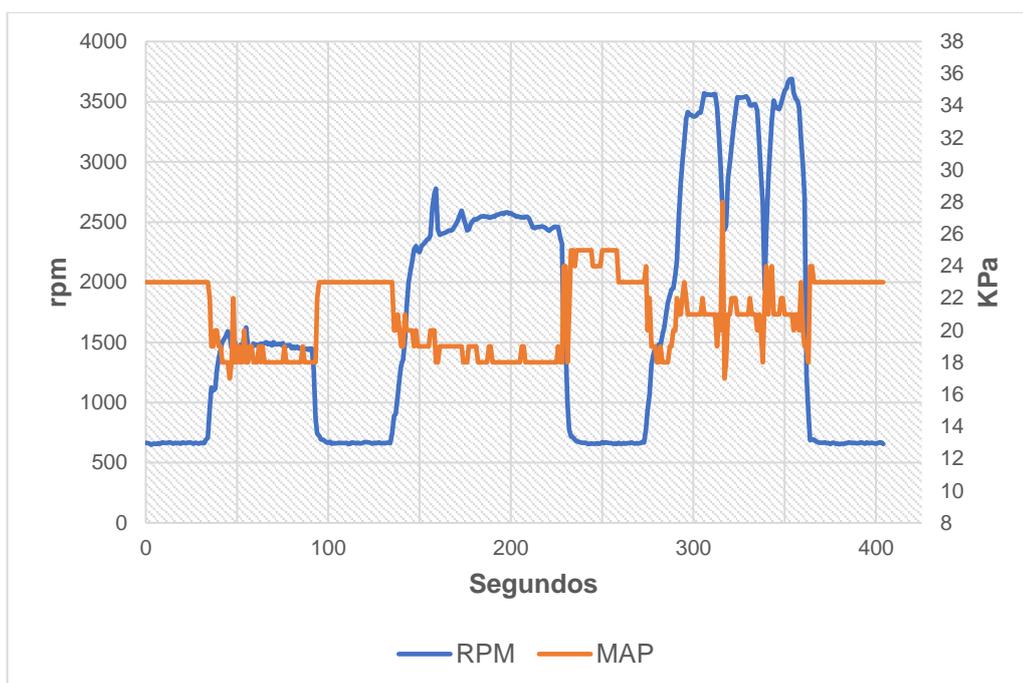


Figura 3.4 Señales de rpm y presión en el colector de admisión (Hyundai Tucson)

Se puede notar que, en ralentí, la presión en el colector de admisión es de 23 KPa, a 1500 y 2500 revoluciones por minuto la presión disminuye a aproximadamente 18 KPa, y a 3500 revoluciones por minuto la presión es de aproximadamente 21 KPa. Lo cual indica que cuando se acelera a 1500 y 2500 revoluciones por minuto con el vehículo parado, el motor pierde mayor eficiencia, ya que, al tener menor presión en el colector de admisión, se

presentan mayores pérdidas mecánicas debido a la aparición de un mayor vacío dentro del mismo.

3.1.1.3 Revoluciones del motor y posición de la mariposa de aceleración

En la figura 3.5 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la posición angular de la mariposa de aceleración (variable dependiente), la cual cambia según el requerimiento de aire determinado por la unidad de control.

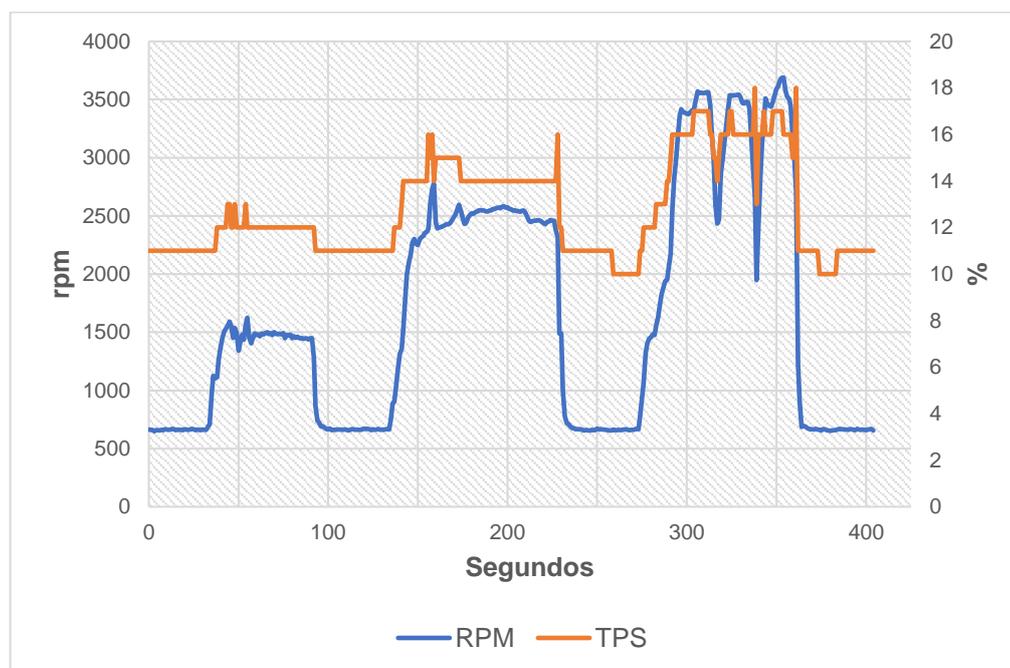


Figura 3.5 Señales de rpm y posición de la mariposa de aceleración (Hyundai Tucson)

Se logra visualizar que en ralentí la mariposa de aceleración se encuentra abierta al 11 %, a 1500 revoluciones por minuto se encuentra abierta al 12%, a 2500 revoluciones por minuto se encuentra abierta al 14% y a 3500 revoluciones por minuto se encuentra abierta aproximadamente al 17%. Lo cual indica que efectivamente la variación de apertura y cierre de la mariposa se vincula directamente con las revoluciones del motor, se nota que desde ralentí hasta 1500 revoluciones por minuto la variación es de 1%, ya que probablemente la demanda de potencia interpretada por la computadora no es demasiada, pero a partir de 2500

hasta 3500 revoluciones por minuto la variación de apertura es de 3%, indicando en este caso posiblemente una mayor demanda de potencia y por ello la apertura por parte de la mariposa es mayor para que así ingrese mayor flujo de aire hacia el cilindro.

3.1.1.4 Revoluciones del motor y posición del pedal del acelerador

En la figura 3.6 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la posición del pedal del acelerador (variable dependiente), la cual cambia en función de la necesidad de conducción por parte del usuario.

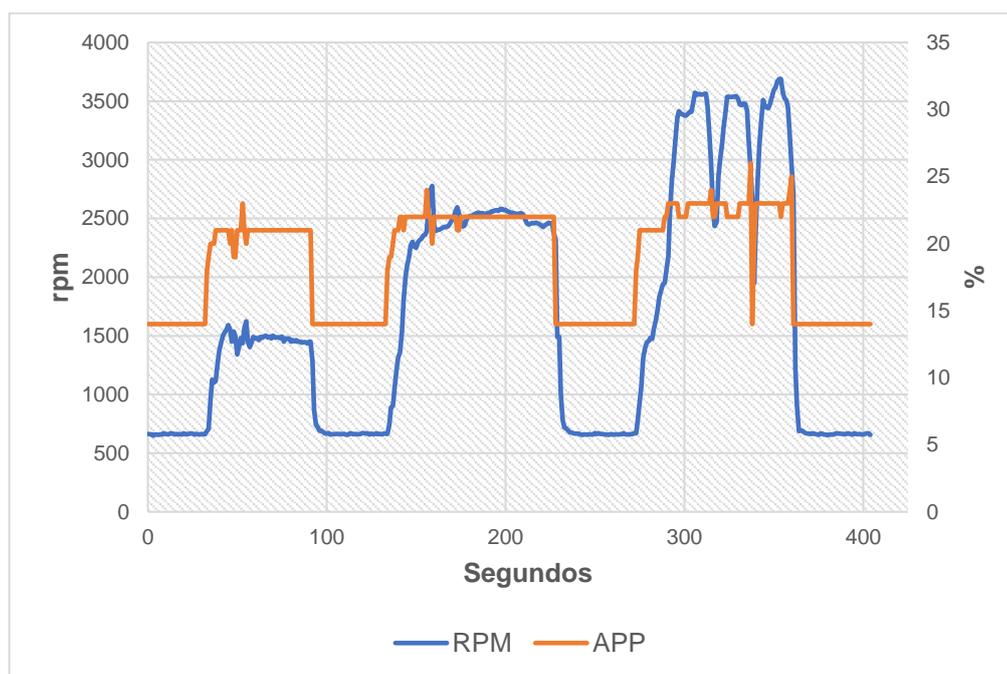


Figura 3.6 Señales de rpm y posición del pedal del acelerador (Hyundai Tucson)

Se puede observar que en ralentí la posición del pedal de aceleración se encuentra al 14%, a 1500 revoluciones por minuto se encuentra al 21%, a 2500 revoluciones por minuto se encuentra al 22% y a 3500 revoluciones por minuto se encuentra al 23%. Lo cual indica que desde ralentí hasta 1500 revoluciones por minuto se tiene un incremento del 7%, sin embargo, desde 2500 hasta 3500 revoluciones por minuto el incremento es de 1%; todo ello indica que, a pesar de que se podría requerir una mayor potencia del motor a altas

revoluciones, el porcentaje de accionamiento del pedal es muy estrecho cuando el vehículo está parado, esto sería razonable si lo que se pretende conseguir es un caudal másico de aire de admisión también estrecho, de esta manera no se tendría que utilizar mayor cantidad de combustible para formar la mezcla.

3.1.1.5 Revoluciones y temperatura del refrigerante del motor

En la figura 3.7 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la temperatura del motor (variable dependiente) la cual cambia en función del proceso de combustión dentro de los cilindros.

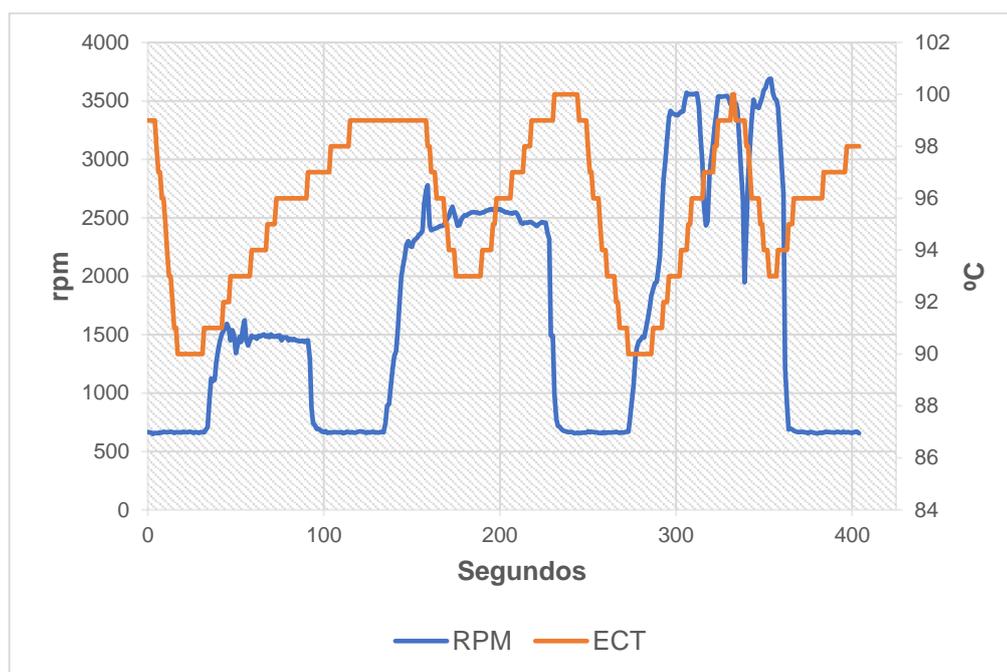


Figura 3.7 Señales de rpm y temperatura del refrigerante del motor (Hyundai Tucson)

Se puede notar que la temperatura del motor tiene un comportamiento alterno paulatino sin importar en que rango de revoluciones se encuentre trabajando, por ello no existe una temperatura fija para cada valor de revoluciones ya que más bien se vincula directamente con el grado de carga del motor y por ende la cantidad de gasolina combustionada. Sin embargo, si se puede notar que el valor mínimo de temperatura es de 90 °C lo cual indica que este es el valor de temperatura óptimo de funcionamiento. También se puede visualizar

que la temperatura máxima alcanzada es de 100 °C y no sobrepasa este valor ya que el sistema de refrigeración está en constante funcionamiento para que el motor no llegue a sobrecalentarse.

3.1.1.6 Revoluciones del motor y temperatura del aire de admisión

En la figura 3.8 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la temperatura del aire de admisión (variable dependiente), la cual cambia su valor dependiendo del funcionamiento del motor; en este estudio se tomó como referencia el sensor IAT el cual está integrado en el sensor MAP.

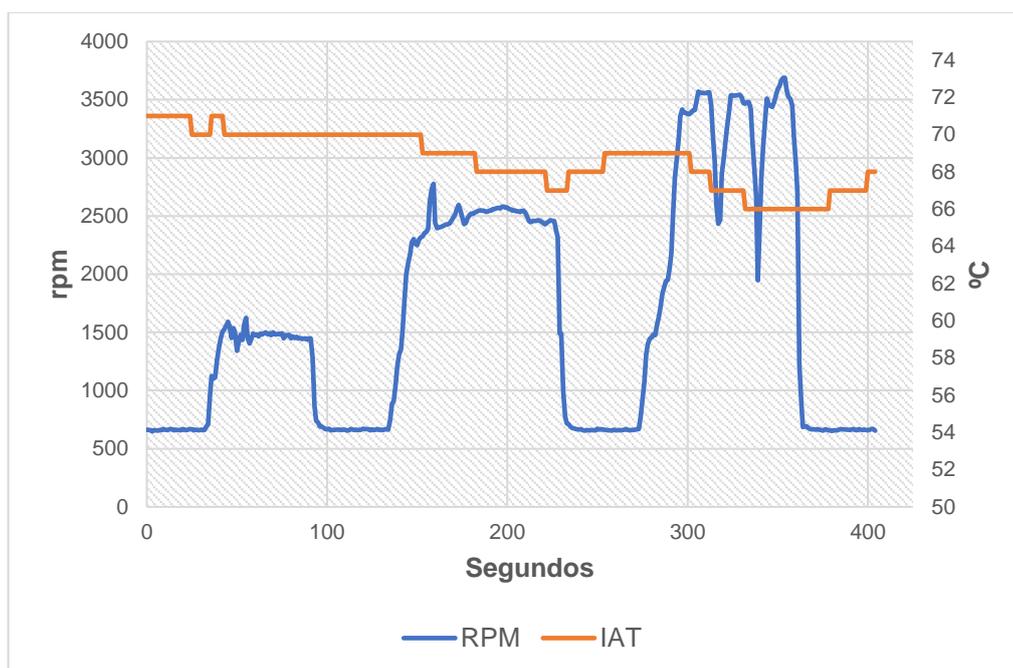


Figura 3.8 Señales de rpm y temperatura del aire de admisión (Hyundai Tucson)

Se puede observar que el aire de admisión entra con una temperatura elevada hacia el cilindro debido a que las pruebas se realizaron con el motor caliente, esta condición hace que se transmita calor del motor hacia el aire atmosférico especialmente cuando el motor se encuentra sin carga o cuando se desacelera, por el contrario, cuando se aumentan las revoluciones del motor, el aire de admisión disminuye levemente su temperatura y esto

puede ser debido a que la mariposa de aceleración permite pasar mayor cantidad de aire fresco desde el ambiente el cual está obviamente más frío. Conforme a la gráfica se puede deducir que durante el transcurso de la prueba el aire de admisión ingresó cada vez al cilindro con mayor densidad.

3.1.1.7 Revoluciones del motor y cantidad de oxígeno en gases de escape

En la figura 3.9 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y el voltaje característico del sensor lambda (variable dependiente), el cual cambia con respecto a la relación aire/combustible, específicamente con la cantidad de oxígeno detectada en los gases de escape.

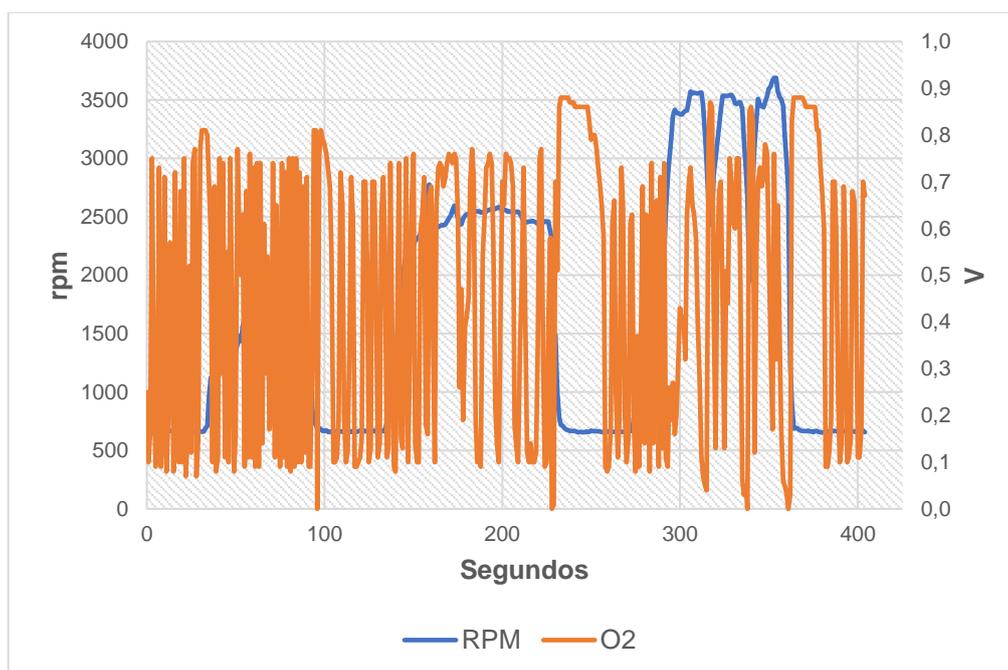


Figura 3.9 Señales de rpm y voltaje de sensor de oxígeno (Hyundai Tucson)

Se logra visualizar que el rango de variación de voltaje durante toda la prueba es el teóricamente esperado, ya que dichos valores se encuentran entre 0,1 V y 0,9 V, lo cual indica que el sensor está en perfectas condiciones y que la ECU del motor se encuentra constantemente variando el enriquecimiento de la mezcla. Sin embargo, se aprecia que a partir de 2500 revoluciones por minuto la frecuencia de la señal es baja, esto teóricamente

se debe a que el sistema de suministro de combustible posiblemente estuvo entregando una cantidad mayor de gasolina, es decir que, se enriqueció la mezcla más de lo normal. Esto con el fin de satisfacer los requerimientos de funcionamiento del motor.

3.1.1.8 Revoluciones del motor y control de vapor de gasolina

En la figura 3.10 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y el porcentaje de apertura de la válvula solenoide de control de purga (variable dependiente), la cual cambia en función de las aceleraciones y desaceleraciones del motor durante toda la prueba.

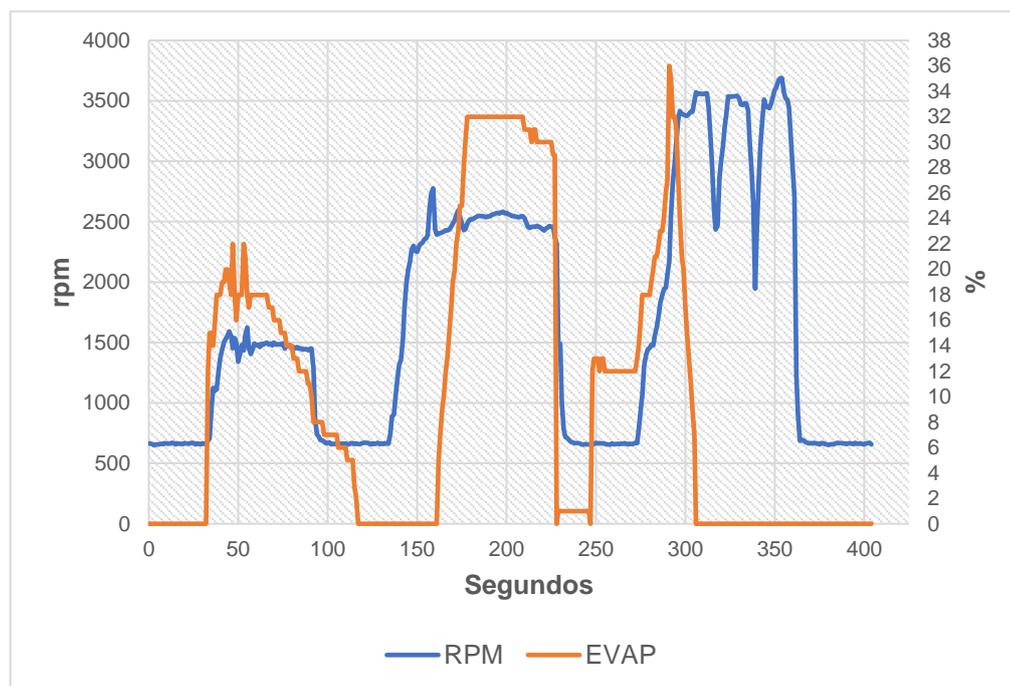


Figura 3.10 Señales de rpm y porcentaje de apertura de la válvula solenoide de purga (Hyundai Tucson)

Se visualiza que el porcentaje de apertura de la electroválvula del cánister no tiene un valor característico y constante para cada rango de revoluciones, sin embargo, se puede notar que la ECU activa y desactiva paulatinamente dicha electroválvula acorde a las aceleraciones y desaceleraciones del motor, lo cual indica que el aire de admisión ingresa al cilindro con partículas de vapor de gasolina especialmente en las aceleraciones, por ejemplo, durante la

aceleración a 3500 revoluciones por minuto donde la apertura máxima instantánea fue de 36%. Las aperturas de la electroválvula indican indirectamente que la ECU debe modificar el ancho de pulso del inyector, para que así la mezcla no sea demasiado rica durante el funcionamiento del motor.

3.1.2 SEÑALES DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL VEHÍCULO MAZDA 6

3.1.2.1 Revoluciones del motor y presión barométrica

En la figura 3.11 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor y la presión atmosférica (variables independientes), quienes rigieron todo el transcurso de la prueba y el comportamiento de todos los componentes electrónicos.

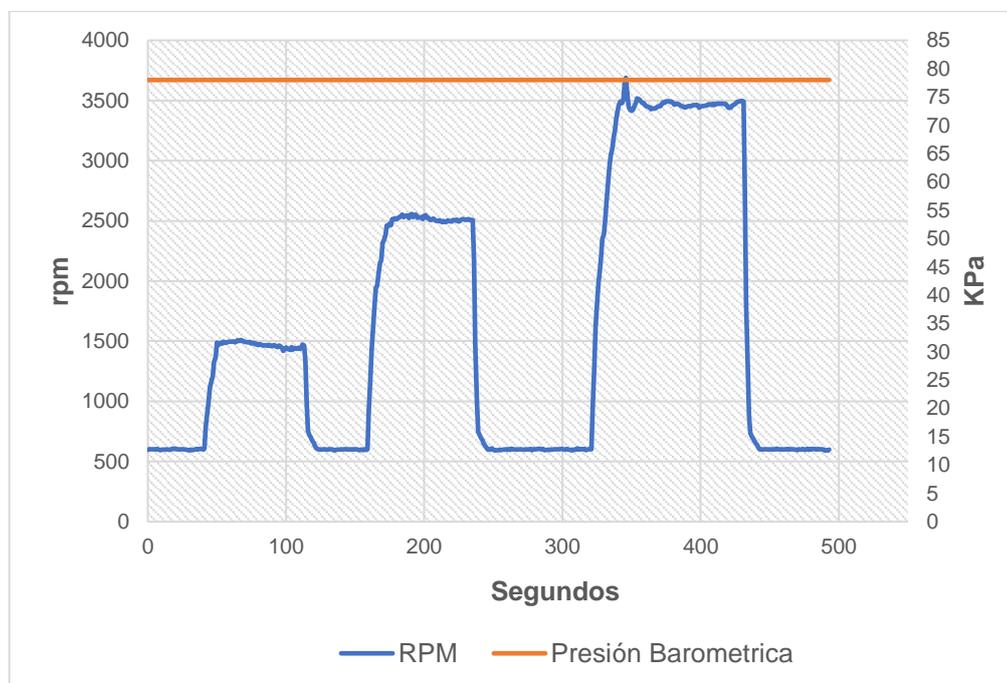


Figura 3.11 Señales de rpm y presión atmosférica (Mazda 6)

Se observa que el número de revoluciones por minuto en ralentí es de aproximadamente 600, y cuando se acelera a 1500, 2500 y 3500 revoluciones por minuto aproximadamente, se

observa que existe una buena estabilidad por parte del motor ya que la variación de las mismas es poco considerable, lo cual se traduce en una mayor facilidad hacia el conductor al momento de querer acelerar constantemente sobre dicho rango de revoluciones. Por otro lado, teniendo en cuenta que la temperatura ambiental del día en el cual se realizó la prueba fue de 18 °C, la presión atmosférica registrada por el sensor baro fue de 78 Kpa, la cual influye directamente en el funcionamiento del motor y la misma que naturalmente se mantuvo constante ya que la prueba realizada fue de tipo estática.

3.1.2.2 Revoluciones del motor y presión en el colector de admisión

En la figura 3.12 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la presión absoluta en el colector de admisión (variable dependiente), la cual cambia en función de las aceleraciones y desaceleraciones del motor durante la prueba.

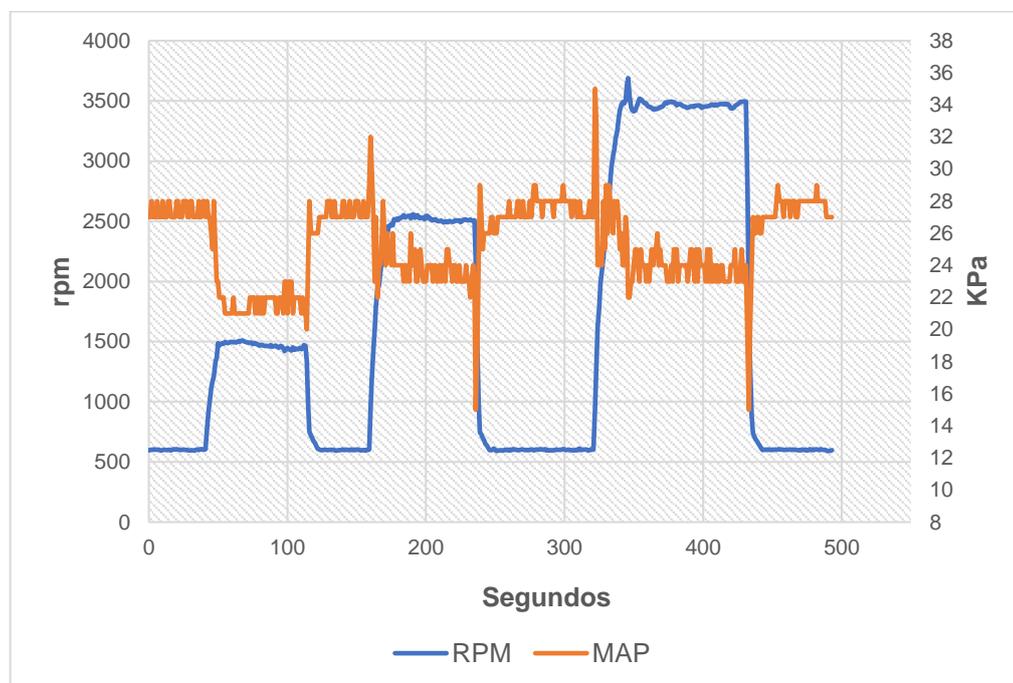


Figura 3.12 Señales de rpm y presión en el colector de admisión (Mazda 6)

Se puede observar que, en ralentí, la presión en el colector de admisión es de 27 Kpa, a 1500 revoluciones por minuto la presión es de 21 Kpa, a 2500 revoluciones por minuto la presión

es de 23 Kpa y a 3500 revoluciones por minuto la presión se sitúa entre aproximadamente 23 Kpa y 25 Kpa. Lo cual indica que cuando se acelera a 1500 revoluciones por minuto con el vehículo parado, el motor genera más vacío que en cualquier rango de revoluciones superior a éstas, generando así mayores pérdidas mecánicas.

También se puede observar que, a 2500 y 3500 revoluciones por minuto las aceleraciones y desaceleraciones provocan una variación de presión instantánea considerable en el colector de admisión de aproximadamente 35 Kpa y 15 Kpa respectivamente, lo que permite deducir que en ese momento la mariposa de aceleración estuvo dejando pasar mayor o menor cantidad de aire hacia el cilindro hasta que dicho flujo se estabilice, de acuerdo a los requerimientos de funcionamiento del motor.

3.1.2.3 Revoluciones del motor y posición de la mariposa de aceleración

En la figura 3.13 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la posición de la mariposa de aceleración (variable dependiente), la cual cambia dependiendo de la cantidad de aire necesario dentro del cilindro según los cálculos de la ECU.

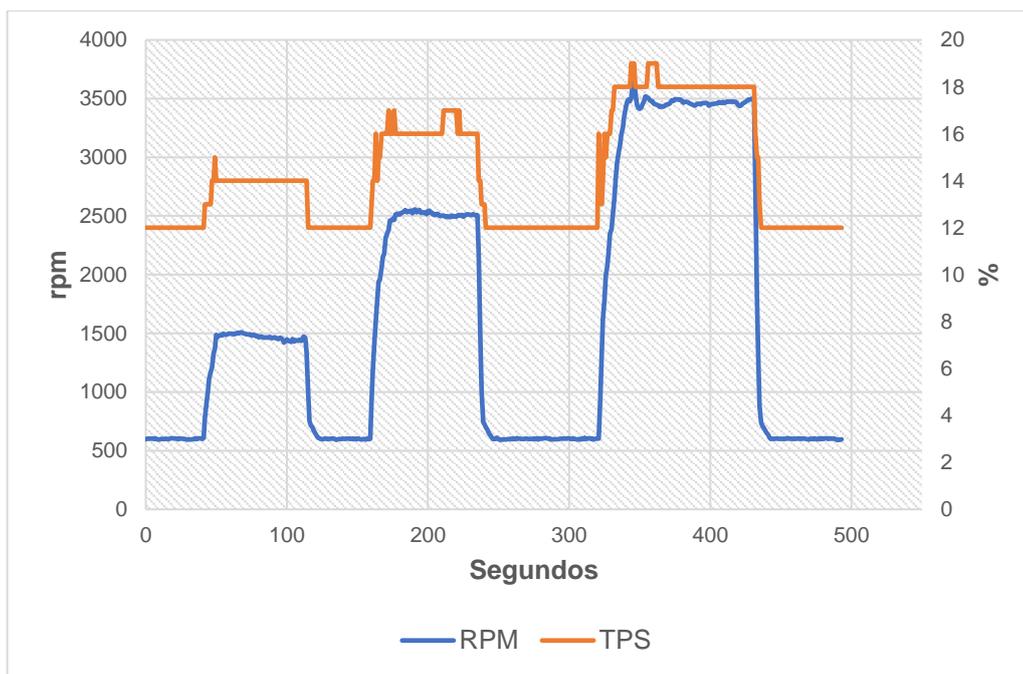


Figura 3.13 Señales de rpm y posición de la mariposa de aceleración (Mazda 6)

Se puede observar que en ralentí la mariposa de aceleración se encuentra abierta al 12%, a 1500 revoluciones por minuto se encuentra abierta al 14%, a 2500 revoluciones por minuto se encuentra abierta al 16% y a 3500 revoluciones por minuto se encuentra abierta al 18%. Esto refleja que la variación de apertura y cierre de la mariposa es del 2% por cada 1000 revoluciones por minuto, sin embargo, durante las aceleraciones del motor se puede observar que dicho 2% no se logra de inmediato, sino que de manera alterna se abre y cierra la mariposa hasta que dicho porcentaje sea constante, lo cual indica que el flujo de aire de admisión en estas condiciones no fue permanente, sino el que la computadora determinó necesario según las necesidades del conductor y del buen funcionamiento del motor.

3.1.2.4 Revoluciones del motor y posición del pedal del acelerador

En la figura 3.14 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la posición del pedal del acelerador (variable dependiente), la cual cambia dependiendo de las necesidades del conductor o en este caso de las revoluciones dispuestas para la prueba.

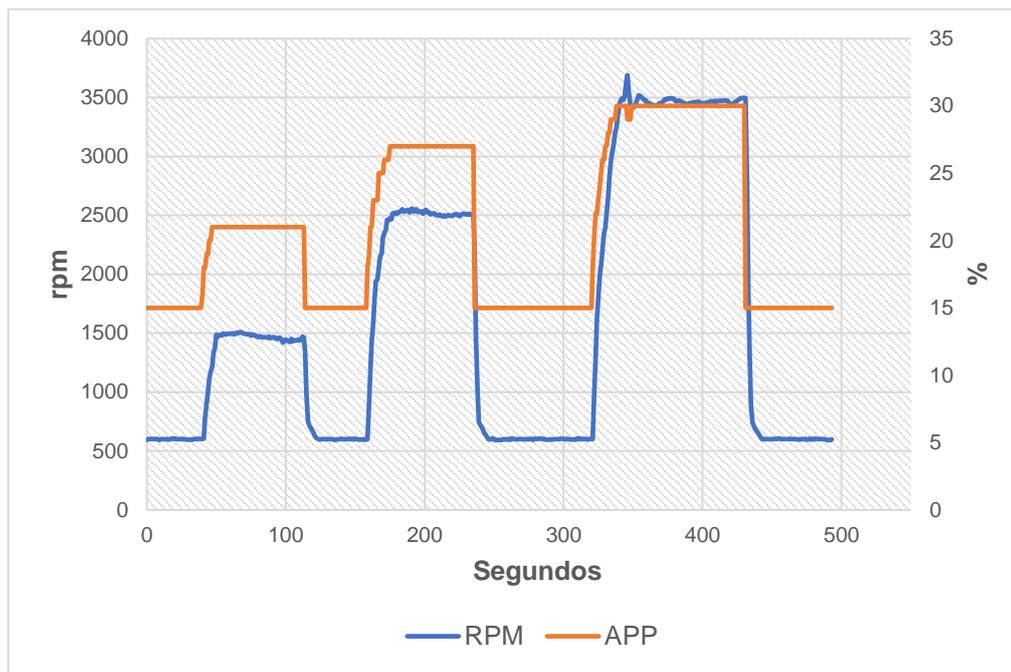


Figura 3.14 Señales de rpm y posición del pedal del acelerador (Mazda 6)

Se puede observar que, en ralentí, la posición del pedal se encuentra al 15%, a 1500 revoluciones por minuto se encuentra al 21%, a 2500 revoluciones por minuto se encuentra al 27% y a 3500 revoluciones por minuto se encuentra al 30%; datos que permiten interpretar que el porcentaje de variación del pedal es de 6% por cada 1000 revoluciones por minuto empezando desde ralentí hasta las 2500 revoluciones por minuto, y tan solo el 3% de variación desde 2500 hasta 3500 revoluciones por minuto, mediante lo cual se puede deducir que cuando el vehículo está parado y acelerando en este último rango de revoluciones, la ECU determina que la cantidad de aire que debe ingresar al cilindro ya no es tanta, y por ello, de igual manera la cantidad de combustible a utilizarse no debe tener grandes cambios.

3.1.2.5 Revoluciones del motor y temperatura del refrigerante del motor

En la figura 3.15 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la temperatura del motor (variable dependiente), la cual cambia según el proceso de combustión momentáneo dentro del cilindro.

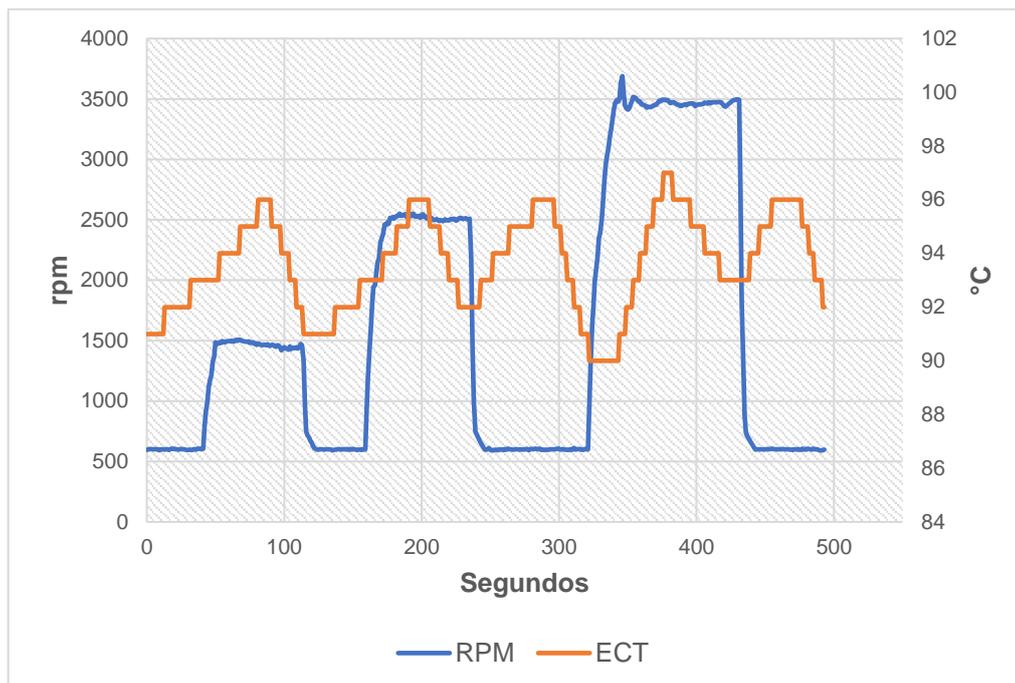


Figura 3.15 Señales de rpm y temperatura del refrigerante del motor (Mazda 6)

Se puede observar que la temperatura del motor tiene un patrón de variabilidad alterno, sin importar el rango de revoluciones durante el cual el motor está en fases de aceleración o desaceleración, es decir que, el sistema de enfriamiento se encuentra en pleno funcionamiento ya que no permite que la temperatura llegue a sobrepasar un valor máximo de 96 y 97 °C, hecho que se da gracias a la intervención de los componentes encargados de menorar dicho valor de temperatura, por ejemplo, la bomba de agua, el termostato, el radiador y el electroventilador; sin embargo, los valores mínimos de temperatura no siempre son los mismos ya que pueden llegar a un rango de 90 y 93 °C, lo cual indica que la temperatura optima de funcionamiento para este motor está dentro de los valores antes mencionados.

3.1.2.6 Revoluciones del motor y temperatura del aire de admisión

En la figura 3.16 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la temperatura del aire de admisión (variable dependiente), la cual cambia su valor dependiendo del funcionamiento del motor

ya que en este estudio se tomó como referencia el sensor IAT el cual está integrado en el sensor MAP.

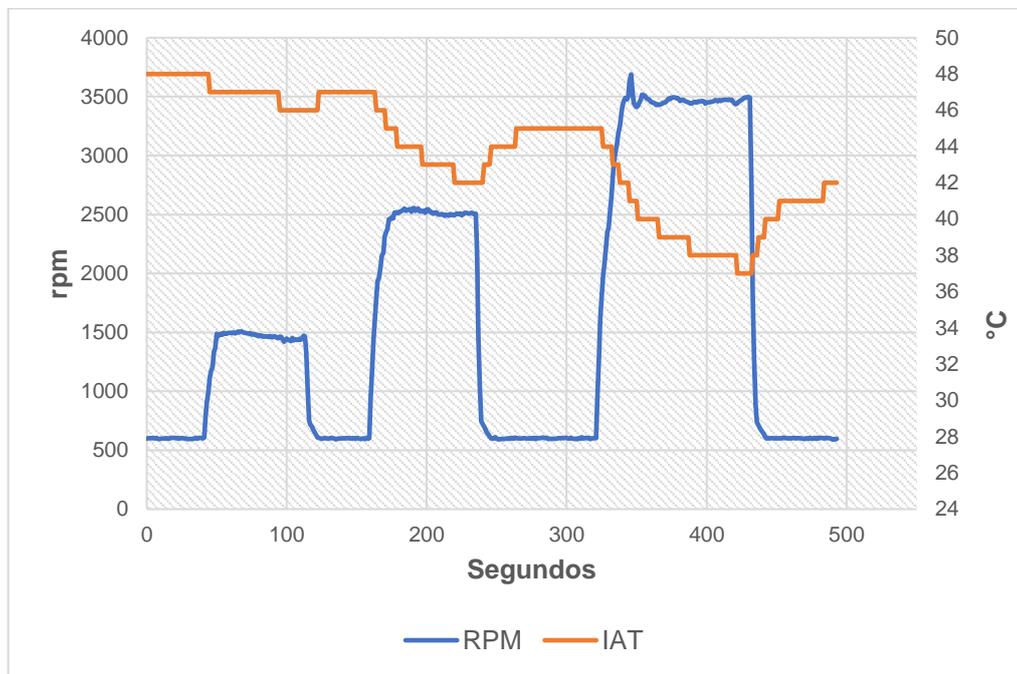


Figura 3.16 Señales de rpm y temperatura del aire de admisión (Mazda 6)

Se puede observar que la temperatura del aire después de pasar por el cuerpo de aceleración no se mantiene constante, ya que al comenzar la prueba el valor de la temperatura está en 48 °C y al terminar dicha prueba la temperatura disminuye hasta 37 °C, lo cual indica que, cuando el vehículo está en ralentí o desaceleración el aire de admisión recibe calor por parte del motor y por eso ingresa hacia el cilindro con más temperatura, a diferencia de que cuando se acelera, la mariposa deja pasar mayor cantidad de aire fresco desde el exterior y la temperatura disminuye gradualmente, lo cual indica que con el paso del tiempo el aire de admisión tuvo una densidad cada vez mayor.

3.1.2.7 Revoluciones del motor y cantidad de oxígeno en gases de escape

En la figura 3.17 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y la corriente característica del sensor de

banda ancha (variable dependiente), la cual cambia constantemente de acuerdo a la cantidad de oxígeno detectada en los gases de escape.

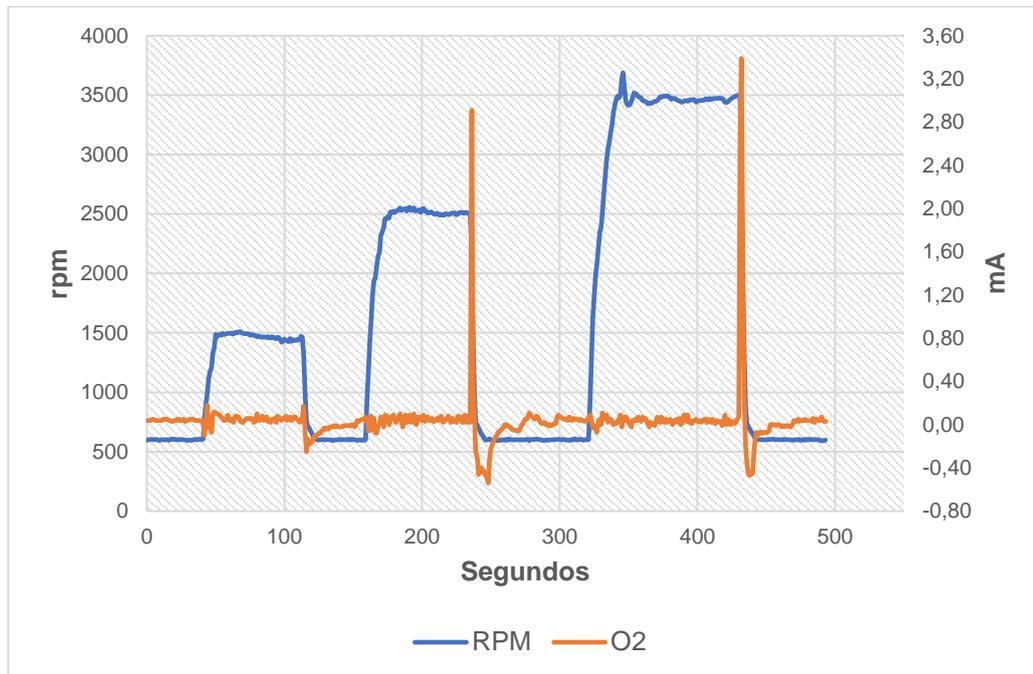


Figura 3.17 Señales de rpm y corriente de sensor de oxígeno de banda ancha (Mazda 6)

Se puede observar que la corriente generada por el sensor se mantiene casi constante durante todos los rango de funcionamiento del motor, pero con leves modificaciones en la mezcla aire- combustible ya que el valor de corriente nunca se mantiene en 0 mA y más bien tiene una tendencia de corriente positiva. Esto indica que en general la mezcla es estequiométrica, pero con ajustes de empobrecimiento de mezcla, este hecho se puede apreciar de mejor manera durante las desaceleraciones a 2500 y 3500 revoluciones por minuto, en donde la computadora deja de inyectar totalmente combustible y por ello la corriente del sensor llega a valores de 2,91 mA y 3,39 mA respectivamente.

3.1.2.8 Revoluciones del motor y control de vapor de gasolina

En la figura 3.18 se presentan las gráficas generadas con los datos que se obtuvieron durante la prueba estática mediante el registrador de datos, en donde se tomaron a consideración las revoluciones del motor (variable independiente) y el porcentaje de apertura de la

electroválvula del cánister (variable dependiente), el cual cambia de acuerdo a los cálculos de la ECU dependiendo del funcionamiento del motor.

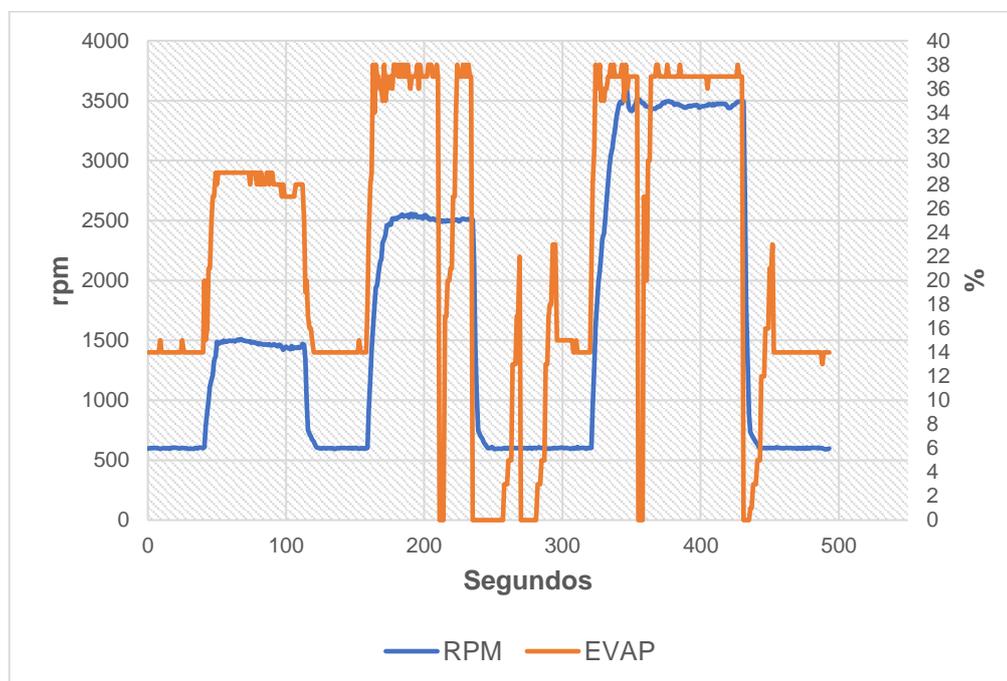


Figura 3.18 Señales de rpm y porcentaje de apertura de la válvula solenoide de purga (Mazda 6)

Se puede observar que en ralentí la electroválvula del cánister se encuentra abierta al 14%, a 1500 revoluciones por minuto se encuentra al 29%, y a 2500 y 3500 revoluciones por minuto se encuentra abierta al 37%; datos que indican que cuando el vehículo se encuentra parado, la electroválvula casi siempre se encuentra abierta en mayor o menor porcentaje dependiendo de las aceleraciones del motor, acción que también permite deducir que durante la mayor parte de duración de la prueba, el aire de admisión ingresó hacia el cilindro con partículas de vapor de gasolina, lo cual hace que la computadora modifique la cantidad de combustible a inyectarse.

3.1.3 COMPARACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE SENSORES Y ACTUADORES DE VEHÍCULOS HYUNDAI TUCSON Y MAZDA 6

3.1.3.1 Revoluciones del motor y presión atmosférica

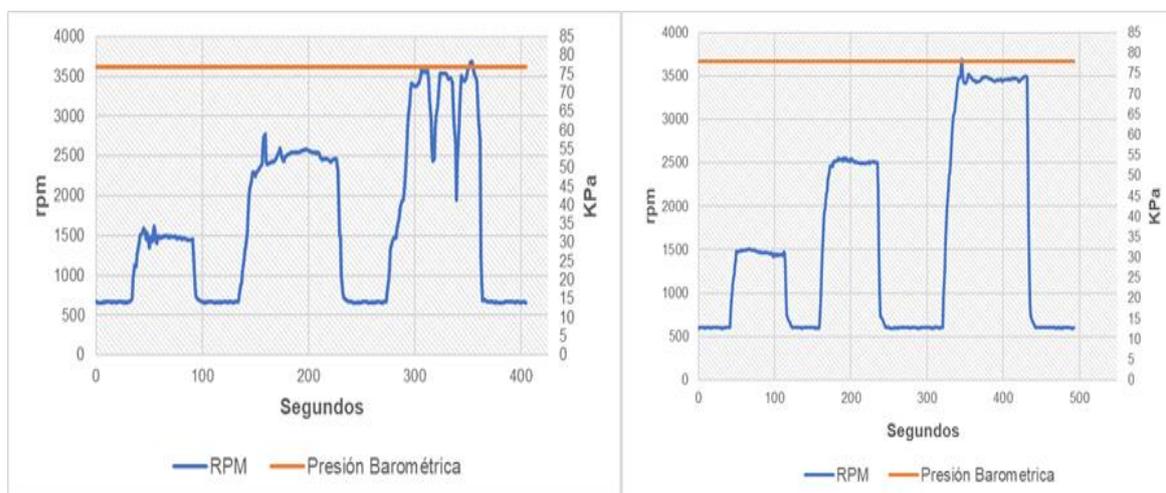


Figura 3.19 Presión atmosférica y Revoluciones del motor de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

Se puede observar que las revoluciones del motor del vehículo Mazda son estables cuando se demanda un rango de revoluciones constantes, es decir, que no se requiere realizar demasiadas aceleraciones para conseguir 1500, 2500 o 3500 revoluciones por minuto; lo contrario sucede con el motor del vehículo Tucson, aquí si se necesita realizar varias aceleraciones para conseguir el mismo rango de revoluciones, esto puede ser debido a factores tales como: el modo de funcionamiento de cada motor e inclusive la sensibilidad de accionamiento del sensor APP de cada vehículo debido a los componentes internos de los que se conforma. De igual manera, se puede observar que únicamente el vehículo Tucson presenta un corte de inyección cuando se acelera a 3500 revoluciones por minuto, esto se debe a que se presenta un modo de protección hacia el motor, para que por razones innecesarias el motor no llegue a sobrecalentarse.

En cuanto a la presión atmosférica, a pesar de que las pruebas fueron realizadas en el mismo sitio, el vehículo Mazda detecta una presión de 78 Kpa, mientras que el vehículo Tucson detecta una presión de 77 Kpa, esto es debido a que la temperatura ambiental que reinaba en el lugar al momento de realizar la prueba fue diferente para cada uno, y es así que, si la temperatura del aire aumenta, la presión del mismo en el ambiente disminuye.

3.1.3.2 Revoluciones del motor y presión en el colector de admisión

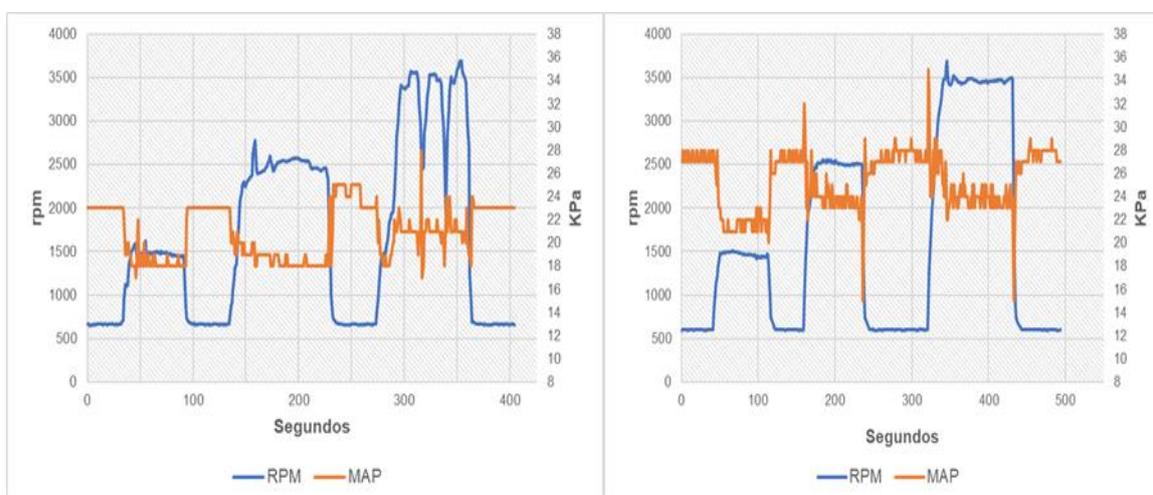


Figura 3.20 Revoluciones del motor y presión en el colector de admisión de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

Se puede observar que la presión absoluta en el colector de admisión del vehículo Tucson varía en función de la carga, y por lo general se mantiene constante para cada rango de revoluciones del motor y solo cambia cuando se realizan aceleraciones o desaceleraciones muy pronunciadas; a diferencia del vehículo Mazda, en donde independientemente del rango de revoluciones en el que se encuentre el motor, la presión en el colector de admisión varía constantemente en mayor o menor escala, esto indica que la presión de aire de admisión no es constante en ningún momento y puede ser debido al modo de funcionamiento estratificado, en el cual durante el ciclo de admisión se debe permitir ingresar mayores cantidades de aire fresco, sin olvidar que también ingresan gases de escape recirculados y también vapores de gasolina desde el cánister. Mediante las gráficas, se puede observar que el vehículo Mazda tiene menores pérdidas mecánicas en todos los rangos de funcionamiento, y esto se debe a que presenta mayores presiones en el colector de admisión, haciendo caso al modo de funcionamiento característico de este tipo de motor.

3.1.3.3 Revoluciones del motor y posición de la mariposa de aceleración

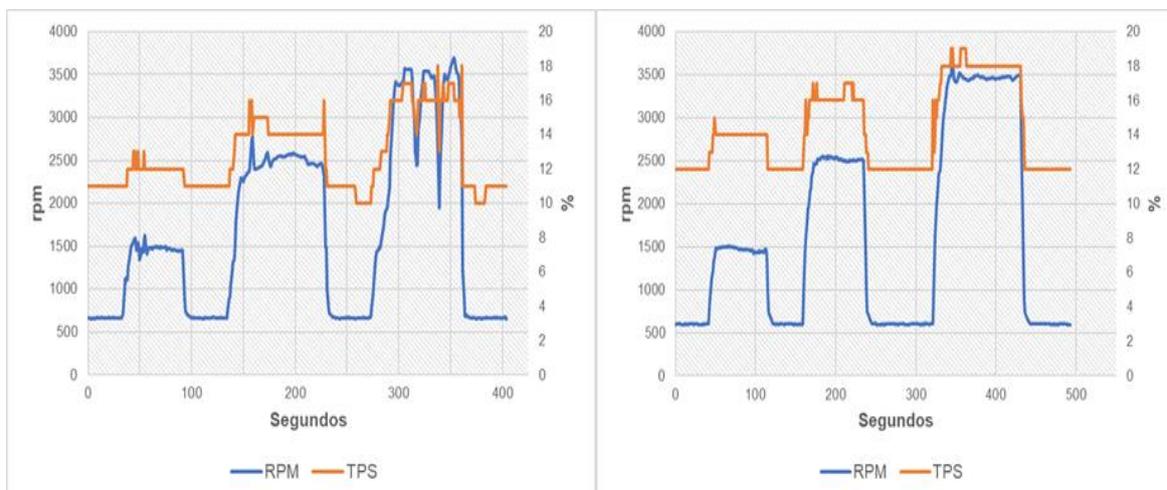


Figura 3.21 Revoluciones del motor y posición de la mariposa de aceleración de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

Se puede observar que la mariposa de aceleración en los dos tipos de inyección tiene una apertura proporcional a las revoluciones del motor requeridas, sin embargo, el porcentaje de apertura no es el mismo, puesto que en todas los rangos de operación del motor del vehículo Mazda la mariposa tiene un porcentaje de apertura de aproximadamente 1% superior al porcentaje de apertura de la mariposa del motor del vehículo Tucson, por ejemplo, en ralentí el vehículo Mazda tiene un porcentaje del 12% y el vehículo Tucson un porcentaje del 11%; y a 3500 revoluciones por minuto el vehículo Mazda tiene un porcentaje de apertura de 18% y el vehículo Tucson tiene un porcentaje de 17%. Todo esto es debido a que el motor de inyección directa (vehículo Mazda) exclusivamente en su modo de funcionamiento estratificado requiere un mayor flujo de aire, ya que trabaja con mezclas pobres y por ello la apertura de la mariposa debe ser mayor.

3.1.3.4 Revoluciones del motor y posición del pedal del acelerador

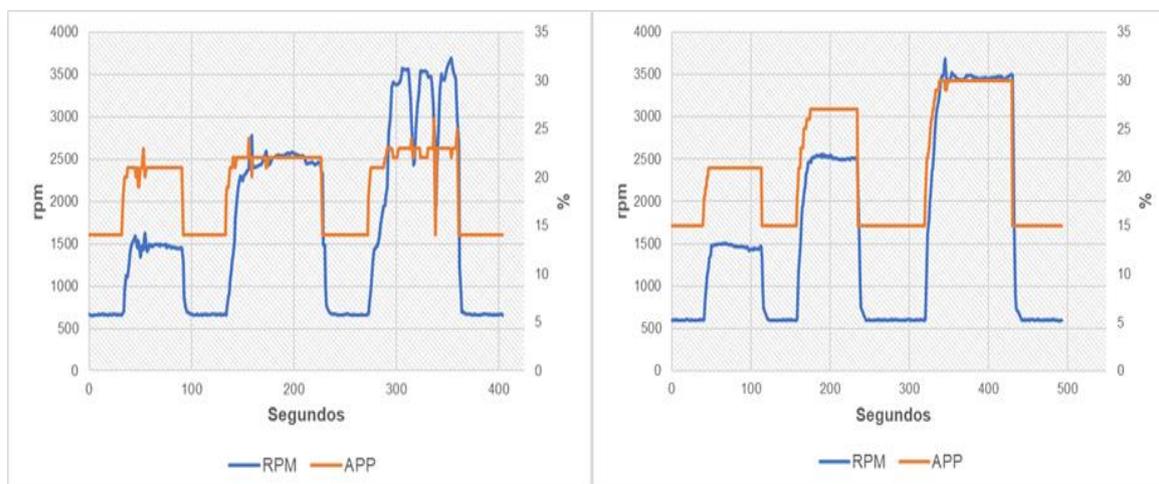


Figura 3.22 Revoluciones del motor y posición del pedal del acelerador de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

Se puede observar que en los dos vehículos el accionamiento del pedal del acelerador es proporcional a las revoluciones del motor, sin embargo, se puede apreciar que el porcentaje mínimo de accionamiento en el vehículo Tucson es de 14% y el máximo de 24%, mientras que el porcentaje mínimo de accionamiento en el vehículo Mazda es de 15% y el máximo de 30%. Al ser la señal del sensor APP un indicador directo del par motor requerido, se puede deducir que la diferencia en los porcentajes de apertura se debe a que el vehículo Mazda tiene el modo de funcionamiento estratificado, en el cual la cantidad de aire debe ser mucho mayor y por ello la apertura del sensor APP también debe ser mayor. Por otro lado, mediante la gráfica del sensor APP del vehículo Tucson, también se puede apreciar que a 3500 revoluciones por minuto el sistema de inyección deja de suministrar combustible hacia los cilindros como método de protección hacia el motor, esto se concluye ya que en ese instante el porcentaje de apertura del pedal aumenta y por el contrario las revoluciones del motor decaen considerablemente; hecho que con el motor de inyección directa no sucede ya que los valores de accionamiento del pedal y revoluciones del motor son constantes y síncronos en todo momento.

3.1.3.5 Revoluciones del motor y temperatura del refrigerante del motor

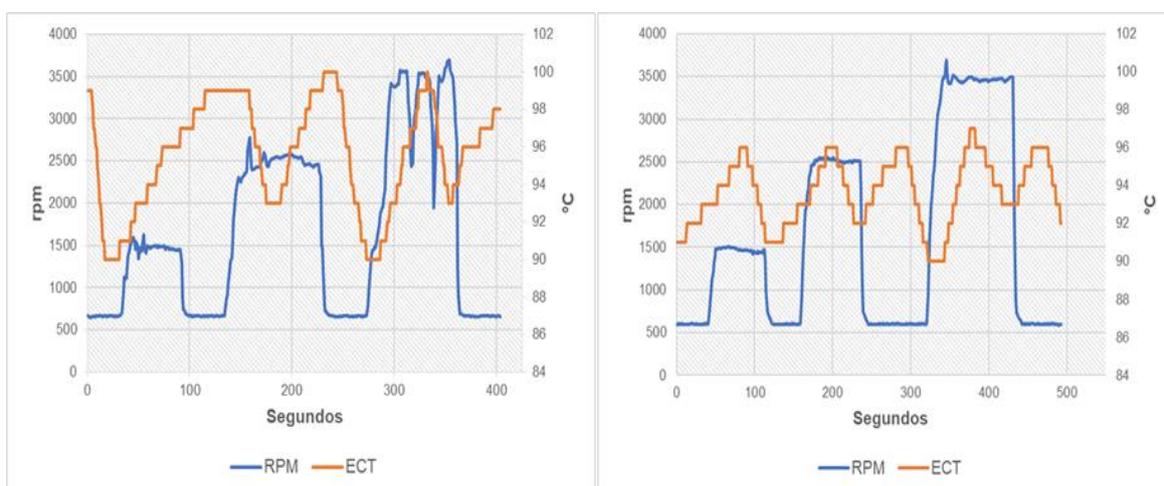


Figura 3.23 Revoluciones del motor y temperatura del refrigerante del motor de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

Se puede observar que, durante todo el tiempo de transcurso de la prueba, la temperatura máxima alcanzada por parte del motor del vehículo Tucson es más alta, ya que llega hasta los 100 °C sin importar el rango de revoluciones de funcionamiento; mientras que en el vehículo Mazda, la temperatura máxima alcanzada por parte del motor tiene un valor más bajo, ya que llega solo a 96 °C en todos los rangos de aceleración. De todo ello se puede deducir que, a pesar de que el vehículo Mazda trabaja con mayores presiones y temperaturas dentro del cilindro debido a que posee una relación de compresión más alta que el vehículo Tucson, la temperatura del refrigerante es mejor administrada principalmente por parte del sistema de refrigeración (bomba de agua, termostato, radiador y electroventilador), y además, puede ser debido también a que el sistema de inyección directa en su modo de funcionamiento estratificado, recircula gases quemados durante el ciclo de admisión e inyecta menor cantidad de gasolina al final del ciclo de compresión, lo cual, puede conllevar a que haya menor energía calorífica transferida hacia las paredes de la cámara de combustión.

3.1.3.6 Revoluciones del motor y temperatura del aire de admisión

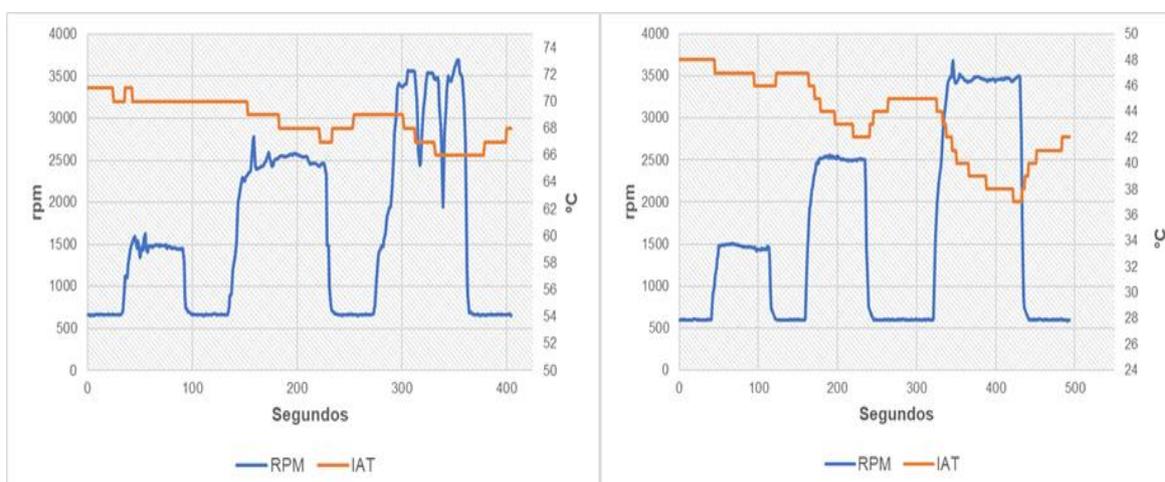


Figura 3.24 Revoluciones del motor y temperatura del aire de admisión de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

Se puede observar que el aire de admisión en el vehículo Tucson es más caliente ya que la temperatura del mismo oscila desde los 71 °C hasta los 66 °C, mientras que en el vehículo Mazda la temperatura del aire se encuentra entre los 49 °C y 37 °C según se incrementan las revoluciones del motor, lo cual indica que durante el tiempo de prueba, el vehículo con inyección directa admitió aire mucho más denso durante su funcionamiento, hecho que no afecta en el consumo de combustible y más bien mejora la eficiencia volumétrica del motor, lo cual es muy conveniente ya que trabaja con un exceso de aire en el modo de funcionamiento estratificado. La diferencia de temperatura en el aire de admisión entre los dos vehículos puede deberse especialmente a la temperatura ambiental que tuvo el día en que se realizó la prueba, siendo 23 °C la temperatura ambiental del día de prueba del vehículo Tucson y 18 °C la temperatura ambiental del día de prueba del vehículo Mazda.

3.1.3.7 Revoluciones del motor y enriquecimiento de la mezcla

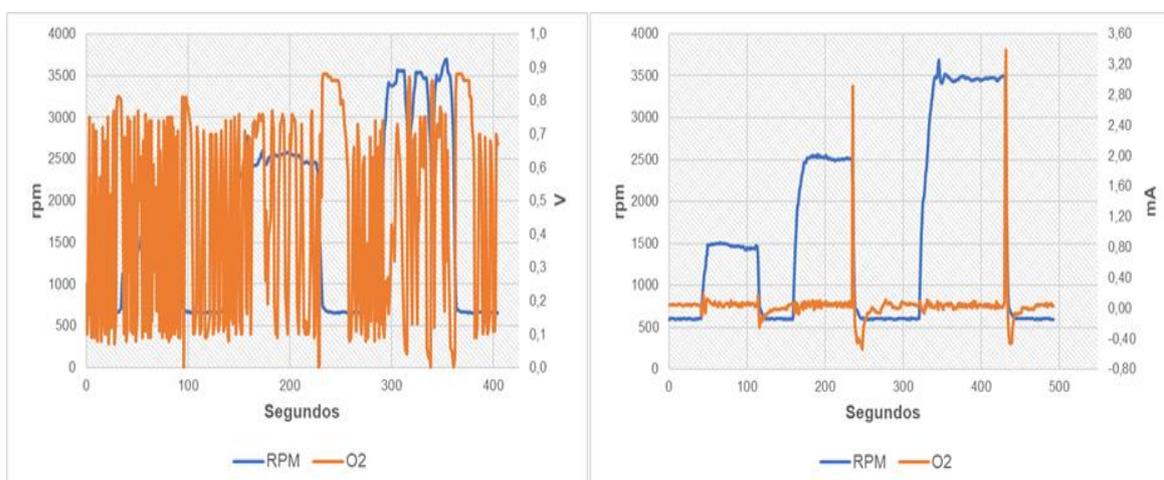


Figura 3.25 Revoluciones del motor y enriquecimiento e la mezcla de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

Se puede apreciar que, durante toda la prueba realizada, el enriquecimiento de la mezcla en los dos motores es muy similar, ya que de acuerdo con la información entregada por los sensores lambda característicos de cada motor, se puede decir que la mezcla se encuentra mayormente cerca a la estequiométrica, tal y como se visualiza en los rangos de voltaje o corriente respectivos. Este hecho es muy novedoso principalmente en el motor con inyección directa, ya que cuando el vehículo se encuentra parado, los niveles más altos de pobreza se encuentran únicamente en las desaceleraciones del motor, sin embargo, durante la mayor parte de funcionamiento del mismo, la mezcla tiene una ligera tendencia al empobrecimiento ya que la corriente generada nunca es de 0 mV. Otro dato interesante que comparten los dos sistemas de inyección es que cuando se desacelera el motor a 2500 y 3500 revoluciones por minuto, la mezcla tiende a enriquecerse mayormente, esto con el fin de estabilizar las revoluciones características en la fase de ralentí.

3.1.3.8 Revoluciones del motor y porcentaje de apertura de electroválvula del cánister

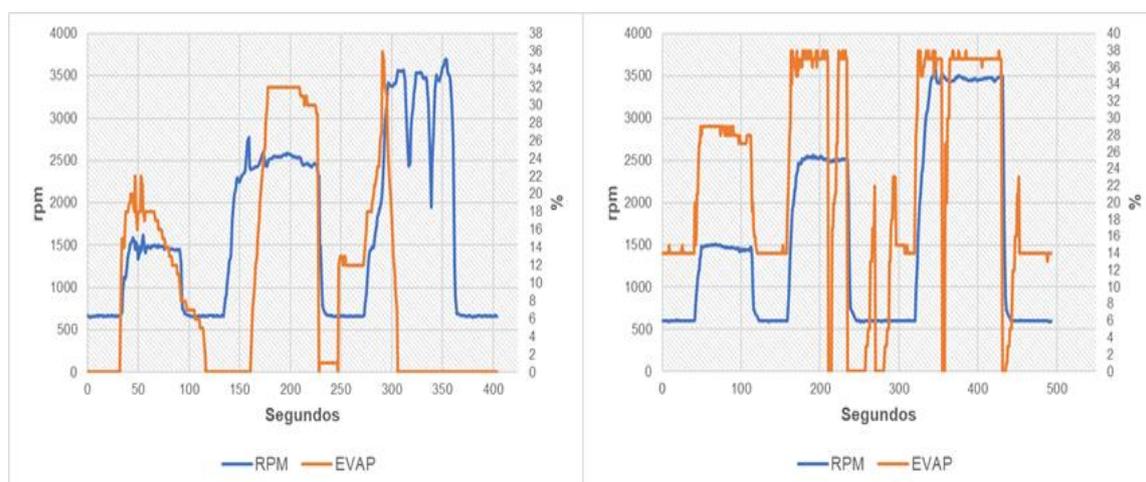


Figura 3.26 Revoluciones del motor y porcentaje de apertura de válvula de cánister de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

Se observa que la ECU del vehículo Tucson activa la electroválvula del cánister especialmente en aceleraciones del motor, en donde los tiempos de apertura dependen del funcionamiento del mismo, siendo el más corto cuando el motor se encuentra a 3500 revoluciones por minuto; por su parte la ECU del motor Mazda mantiene activada la electroválvula del cánister en todos los rangos de funcionamiento, a excepción de ciertos puntos en donde el porcentaje de apertura es 0 pero por cortos lapsos de tiempo. Esto indica que en ambos vehículos si hay recirculación de vapores de gasolina no solamente en velocidades de crucero, sino que también en fases de ralentí, pero el sistema de inyección directa admite mayor cantidad hacia el cilindro que un sistema de inyección indirecta. Lo cual obliga a la computadora a modificar constantemente el tiempo de apertura de los inyectores para que la mezcla no sea demasiada rica.

3.1.3.9 Tabla comparativa de valores de funcionamiento de sensores y actuadores

En la tabla 3.1 se presentan los promedios obtenidos de los 10 datos de cada componente electrónico del vehículo Mazda, los cuales se obtuvieron del archivo Excel correspondiente a las 3 pruebas realizadas con sus distintos rangos de aceleración y quienes se eligieron mediante el procedimiento explicado en el capítulo 2.2 de este trabajo.

Tabla 3.1 Promedios generales de valores de funcionamiento de componentes electrónicos correspondientes al vehículo Mazda 6

Rango de aceleración		Rpm	Map (Kpa)	Tps (%)	Ect (°C)	App1 (%)	Baro (Kpa)	Iat (°C)	O2 (mA)	Evap (%)
Ralentí	Promedio Prueba 1	600	28	12	93	15	78	44	0,047	3
	Promedio Prueba 2	597	28	12	93	15	78	43	0,042	26
	Promedio Prueba 3	602	27	12	92	15	78	48	0,040	14
	Promedio General	600	27	12	93	15	78	45	0,043	14
1500 rpm	Promedio Prueba 1	1551	21	14	95	21	78	41	0,044	30
	Promedio Prueba 2	1517	21	14	95	21	78	43	0,084	12
	Promedio Prueba 3	1471	22	14	96	21	78	47	0,051	29
	Promedio General	1513	21	14	95	21	78	44	0,060	23
2500 rpm	Promedio Prueba 1	2398	23	16	95	26	78	41	0,054	37
	Promedio Prueba 2	2488	24	16	93	27	78	42	0,060	37
	Promedio Prueba 3	2524	24	16	96	27	78	43	0,054	37
	Promedio General	2470	24	16	95	27	78	42	0,056	37
3500 rpm	Promedio Prueba 1	3451	25	18	95	30	78	38	0,045	37
	Promedio Prueba 2	3509	24	18	93	30	78	40	0,048	37
	Promedio Prueba 3	3457	24	18	96	30	78	39	0,040	37
	Promedio General	3472	24	18	95	30	78	39	0,044	37

Fuente: Autores

En la tabla 3.2 se presentan los promedios obtenidos de los 10 datos de cada componente electrónico del vehículo Tucson, los cuales se obtuvieron del archivo Excel correspondiente a las 3 pruebas realizadas con sus distintos rangos de aceleración y quienes se eligieron mediante el procedimiento explicado en el capítulo 2.2 de este trabajo.

Tabla 3.2 Promedios generales de valores de funcionamiento de componentes electrónicos correspondientes al vehículo Tucson

Rango de aceleración		Rpm	Map (Kpa)	Tps (%)	Ect (°C)	App1 (%)	Baro (Kpa)	Iat (°C)	Evap (%)
Ralentí	Promedio Prueba 1	661	23	11	90	14	77	64	0
	Promedio Prueba 2	664	23	11	91	14	77	71	19
	Promedio Prueba 3	664	26	11	86	14	77	62	0
	Promedio General	663	24	11	89	14	77	66	6
1500 rpm	Promedio Prueba 1	1449	19	12	96	20	77	64	0
	Promedio Prueba 2	1487	18	12	94	21	77	70	18
	Promedio Prueba 3	1513	18	12	90	21	77	63	19
	Promedio General	1483	18	12	93	21	77	66	12
2500 rpm	Promedio Prueba 1	2431	19	15	93	22	77	63	0
	Promedio Prueba 2	2569	18	14	95	22	77	68	32
	Promedio Prueba 3	2579	19	15	90	22	77	62	7
	Promedio General	2526	19	15	93	22	77	64	13
3500 rpm	Promedio Prueba 1	3567	21	17	97	23	77	63	0
	Promedio Prueba 2	3509	21	16	99	22	77	67	0
	Promedio Prueba 3	3596	21	17	98	23	77	61	0
	Promedio General	3557	21	17	98	23	77	64	0

Fuente: Autores

El procedimiento aplicado para obtener los promedios no se lo realizó con los valores del sensor de oxígeno (O₂), ya que el funcionamiento del mismo no lo permite, debido a que solo se tiene dos valores de funcionamiento (mezcla rica y mezcla pobre) con una frecuencia de señal muy alta, de los cuales, al intentar sacar un promedio, sólo se obtuvo un resultado que al final no informaba la riqueza exacta de la mezcla.

La tabla 3.3 refleja la recopilación de los promedios generales de los valores de funcionamiento característicos de cada componente electrónico, obtenidos en las tablas 3.1 y 3.2 respectivamente. Mediante los siguientes datos se puede apreciar de manera más general la diferencia en el comportamiento de cada sistema de inyección.

Tabla 3.3 Variación de valores de funcionamiento de sensores y actuadores de los vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

	VARIABLES INDEPENDIENTES			VARIABLES DEPENDIENTES					
	Temp. Ambiental	Presión atmosférica (Kpa)	RPM	MAP (Kpa)	TPS (%)	APP (%)	ECT (°C)	IAT (°C)	EVAP (%)
HYUNDAI TUCSON (INYECCIÓN INDIRECTA)	23 °C	77	663 (ralentí)	24	11	14	89	66	6
		77	1483	18	12	21	93	66	12
		77	2526	19	15	22	96	64	13
		77	3557	21	17	23	98	64	0
MAZDA 6 (INYECCIÓN DIRECTA)	18 °C	78	600 (ralentí)	27	12	15	93	45	14
		78	1513	21	14	21	95	44	23
		78	2470	24	16	27	95	42	37
		78	3472	24	18	30	95	39	37

Fuente: Autores

Específicamente, los valores que se refieren a la presión en el colector de admisión (MAP) y a la temperatura del refrigerante (ECT), indican que el sistema de inyección directa es más eficiente que el sistema de inyección indirecta en función de la presión atmosférica, ya que presenta menores pérdidas mecánicas y una mejor administración en cuanto a la temperatura del motor. Todos estos datos pueden tomarse como referencia al momento de diagnosticar sensores similares a los estudiados, ya que los vehículos que se dispusieron para las pruebas son relativamente nuevos, y por ello, se puede decir que dichos valores son los que reflejan un buen funcionamiento de dichos componentes electrónicos.

3.2 EMISIONES DE GASES

Los valores de emisiones de gases que se presentan a continuación fueron recolectados al mismo tiempo que los datos de sensores en el respectivo día de pruebas de cada vehículo, esto debido a que el rango de revoluciones fue el mismo para los dos tipos de pruebas. Cabe recalcar que dichos valores se obtuvieron a través de la impresión del analizador de gases después de finalizar dichas pruebas.

Para tener un valor de emisiones más próximo al real, se procedió a realizar dos tomas de valores mediante el analizador de gases para luego obtener un promedio entre ellos.

Por razones climatológicas la temperatura ambiental y por ende la presión atmosférica no fue igual para los dos vehículos, a pesar de que el lugar de pruebas fue el mismo, y por ello, el vehículo Mazda trabajó durante las dos pruebas con aire mucho más denso.

3.2.1 VEHÍCULO HYUNDAI TUCSON

3.2.1.1 Monóxido de carbono (CO)

En la tabla 3.4 se presentan los valores del monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O₂) característicos en las emisiones de gases de un motor con inyección indirecta, los cuales fueron tomados durante dos pruebas y a diferentes revoluciones del motor con el fin de determinar su variación.

Tabla 3.4 Cantidad de CO a diferentes rpm del motor (Hyundai Tucson)

Rpm	Cantidad de CO en prueba 1	Cantidad de CO en prueba 2	Límite máximo permitido a 1500-3000 msnm	Cantidad de Oxígeno (O ₂)
670 (ralentí)	0,05%	-	1%	0,14%
660 (ralentí)	-	0,00%	1%	0,66%
1510	0,01%	-	1%	0,12%
1500	-	0,12%	1%	0,03%
2510	0,02%	-	1%	0,06%
2500	-	0,01%	1%	0,12%
3500	0,04%	-	1%	0,19%
3500	-	0,01%	1%	0,08%

Fuente: Autores

Se puede observar que en las dos pruebas las cantidades de CO no se mantienen constantes y esto puede ser debido a la variación de enriquecimiento que tiene la mezcla durante el funcionamiento del motor, sin embargo, se puede apreciar que dichos valores no se diferencian mucho y no sobrepasan el límite permitido por la norma NTE INEN 2204:2002, lo cual da a entender en primera instancia que el vehículo pasará las revisiones ambientales

en cuanto a cantidades de monóxido de carbono se refiere. También se puede observar que las cantidades de oxígeno (O₂) no son elevadas en relación a la teóricamente estudiada, y es así que, si los valores de CO son menores al 0,2% y los valores de O₂ son menores al 2% a 2500 revoluciones por minuto, se puede concluir que el catalizador se encuentra en buen estado. Debido a que la cantidad de oxígeno (O₂) presente en los gases de escape es considerado como un indicador de pobreza, se puede observar que en ralentí el motor funciona con mezclas mucho más pobres que en cualquier otro rango de funcionamiento del motor.

3.2.1.2 Hidrocarburos sin quemar (HC)

En la tabla 3.5 se presentan los valores de los hidrocarburos no combustionados (HC) característicos en las emisiones de gases de un motor con inyección indirecta, los cuales fueron tomados durante dos pruebas y a diferentes revoluciones del motor con el fin de determinar su variación.

Tabla 3.5 Cantidad de HC a diferentes rpm del motor (Hyundai Tucson)

Rpm	Cantidad de HC en prueba 1	Cantidad de HC en prueba 2	Límite máximo permitido a 1500-3000 msnm
670 (ralentí)	13 ppm	-	200ppm
660 (ralentí)	-	15 ppm	200ppm
1510	7 ppm	-	200ppm
1500	-	66 ppm	200ppm
2510	0 ppm	-	200ppm
2500	-	9 ppm	200ppm
3500	17 ppm	-	200ppm
3500	-	0 ppm	200ppm

Fuente: Autores

Se puede observar que en las dos pruebas las cantidades de HC no se mantienen constantes y esto es debido a las correcciones de enriquecimiento que realiza la ECU durante el funcionamiento del motor, a pesar de que las cantidades de hidrocarburos no combustionados no son exageradas, su variación puede ser producto en primera instancia

por lo anteriormente descrito, o también por partículas de combustible que se pudieron adherir al colector de admisión cuando la electroválvula del cánister estuvo abierta y dejó pasar vapor de gasolina hacia el flujo de aire de admisión, o por partículas de combustible adheridas en el asiento de la válvula de admisión, las cuales durante la homogenización de la mezcla dentro del cilindro no encontraron el oxígeno necesario para realizar su proceso de combustión. Sin embargo, dichos valores no sobrepasan el límite permitido por la norma NTE INEN 2204:2002, lo cual da a entender en primera instancia que el vehículo pasará las revisiones ambientales en cuanto a cantidades de hidrocarburos no quemados se refiere. También se puede deducir que el catalizador se encuentra en buen estado ya que teóricamente el valor de HC no debe superar 50 ppm en una prueba estática de aceleración con el motor a 2500 revoluciones por minuto.

3.2.2 VEHÍCULO MAZDA 6

3.2.2.1 Monóxido de carbono (CO)

En la tabla 3.6 se muestran los valores del monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O₂) propios en las emisiones de gases de un motor con inyección directa, los cuales fueron tomados durante dos pruebas estáticas y a diferentes revoluciones del motor con el fin de determinar su rango de variación y obtener un valor promedio.

Tabla 3.6 Cantidad de CO a diferentes rpm del motor (Mazda 6)

Rpm	Cantidad de CO en prueba 1	Cantidad de CO en prueba 2	Límite máximo permitido a 1500-3000 msnm	Cantidad de Oxígeno (O ₂)
600 (ralentí)	0,02%	-	1%	0,52%
600 (ralentí)	-	0,02%	1%	0,85%
1520	0,01%	-	1%	0,26%
1510	-	0,00%	1%	0,28%
2500	0,00%	-	1%	0,50%
2500	-	0,00%	1%	0,11%
3500	0,02%	-	1%	0,39%
3500	-	0,00%	1%	0,44%

Fuente: Autores

Se puede observar que en ralentí el porcentaje obtenido es del 0,02%, indicando que el motor se encuentra trabajando en modo estratificado con una mezcla pobre, tal y como lo muestran también los valores de oxígeno (O₂); cuando se acelera a 1500, 2500 y 3500 revoluciones por minuto se nota que el porcentaje de CO disminuye levemente, lo que indicaría que la mezcla está siendo empobrecida ya que el CO es un indicador de riqueza, pero esto no sería lo correcto ya que las cantidades de oxígeno en esos mismo rangos de revoluciones disminuyen, lo cual indica que en verdad la mezcla podría estar siendo enriquecida levemente o que a su vez la computadora está dejando pasar menos cantidad de aire hacia el cilindro con el objetivo de satisfacer las demandas de funcionamiento del motor. Sin embargo, todos los valores de CO no sobrepasan el límite establecido por la norma NTE INEN 2204:2002, lo que indica que este vehículo pasaría satisfactoriamente la revisión técnica vehicular.

3.2.2.2 Hidrocarburos sin quemar (HC)

En la tabla 3.7 se muestran los valores de los hidrocarburos no quemados (HC) propios en las emisiones de gases de un motor con inyección directa, los cuales fueron tomados durante dos pruebas estáticas y a diferentes revoluciones del motor con el fin de determinar su rango de variación y obtener un valor promedio.

Tabla 3.7 Cantidad de HC a diferentes rpm del motor (Mazda 6)

Rpm	Cantidad de HC en prueba 1	Cantidad de HC en prueba 2	Límite máximo permitido a 1500-3000 msnm
600 (ralentí)	12 ppm	-	200ppm
660 (ralentí)	-	0 ppm	200ppm
1520	10 ppm	-	200ppm
1510	-	13 ppm	200ppm
2500	15 ppm	-	200ppm
2500	-	9 ppm	200ppm
3500	3 ppm	-	200ppm
3500	-	15 ppm	200ppm

Fuente: Autores

Se puede visualizar que los valores en cada uno de los rangos de revoluciones de cada prueba no tienen grandes cambios, pero a medida que se acelera el motor dichos valores aumentan levemente y esto puede ser debido a que la computadora se encuentra corrigiendo el enriquecimiento de la mezcla durante toda la prueba. El valor máximo de hidrocarburos no combustionados se alcanza a las 1500 y 2500 revoluciones por minuto, lo cual pueda dar indicios que en estos rango de revoluciones la computadora inyecta una mínima cantidad adicional de gasolina en la cámara de combustión, y por ello se pueden presentar mayores partículas de gasolina líquida en los gases de escape. Sin embargo, los valores obtenidos no sobrepasan el límite permitido por la norma NTE INEN 2204:2002, lo cual da a entender que el vehículo pasaría satisfactoriamente la revisión técnica vehicular. Por otro lado, se puede deducir que el catalizador se encuentra en buen estado, ya que teóricamente el valor de HC no debe superar las 50 ppm en una prueba estática con el motor acelerando a 2500 revoluciones por minuto.

3.2.3 COMPARACIÓN DE VALORES DE EMISIONES DE GASES DE LOS VEHÍCULOS HYUNDAI TUCSON Y MAZDA 6

La tabla 3.8 refleja los porcentajes de las emisiones de gases características de cada vehículo, los cuales se obtuvieron mediante los datos presentados en las tablas 3.4; 3.5; 3.6 y 3.7 respectivamente. Los valores que se presentan a continuación son un promedio de las dos pruebas realizadas y varían en función de la presión atmosférica local, las condiciones climáticas y las revoluciones aplicadas al motor.

Tabla 3.8 Variación de valores de emisiones de gases de vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6 en función de rpm y presión atmosférica

	Temperatura ambiental	Presión Atmosférica (Kpa)	RPM	CO (%)	O2 (%)	HC (ppm)
HYUNDAI TUCSON (INYECCIÓN INDIRECTA)	23 °C	77	665 (ralentí)	0,03	0,40	14
		77	1505	0,07	0,08	37
		77	2510	0,03	0,08	9
		77	3500	0,03	0,14	9
MAZDA 6 (INYECCIÓN DIRECTA)	18 °C	78	600 (ralentí)	0,02	0,69	6
		78	1515	0,01	0,27	12
		78	2500	0,00	0,31	12
		78	3500	0,01	0,42	9

Fuente: Autores

Se puede observar que el vehículo de inyección directa consume menos combustible que el vehículo de inyección indirecta en todos los rangos de funcionamiento del motor, ya que las cantidades de monóxido de carbono (CO) las cuales representan riqueza de la mezcla son menores en el vehículo Mazda; esta disminución de consumo de combustible también se refleja en las cantidades de oxígeno (O₂) quien es un indicador directo de pobreza en la mezcla, ya que en todos los rangos de funcionamiento del motor, el vehículo Mazda presenta mayores cantidades que el vehículo Tucson. Por otro lado, en cuanto a hidrocarburos no combustionados (HC), se puede observar que el vehículo Mazda presenta menores cantidades que el vehículo Tucson, hecho que también informa que la menor cantidad de consumo de combustible es por parte del vehículo con inyección directa, ya que la cantidad de HC en las emisiones de gases comunica que el motor no logró combustionar partículas de combustible en el momento adecuado.

3.3 REDES DE COMUNICACIÓN CAN

En la tabla 3.9 se presentan los valores de voltaje y resistencia de las redes de comunicación CAN de un vehículo con inyección electrónica indirecta y un vehículo con inyección electrónica directa de gasolina.

Tabla 3.9 Valores de voltaje y resistencia de redes CAN de vehículos Hyundai Tucson y Mazda 6

	CAN HIGH (V)	CAN LOW(V)	RESISTENCIA RED CAN(Ohm)
HYUNDAI TUCSON (INYECCIÓN INDIRECTA)	2,71	2,28	60,7
MAZDA 6 (INYECCIÓN DIRECTA)	2,82	2,23	61,1

Fuente: Autores

Se puede observar que el valor de la resistencia de la red de comunicación de cada uno de los vehículos es similar a la que nos presenta la teoría, la cual es de 60 ohmios aproximadamente, es decir que, las dos resistencias de terminación se encuentran en perfecto estado lo cual indica que físicamente hay una conexión estable ya que no existen ecos dentro de la comunicación. Por otro lado, los voltajes del can high y can low se encuentran dentro del rango que también presenta la teoría, es decir, can high debe comprender valores entre 2,5 V y 3,5 V; mientras que can low debe comprender valores entre 1,5 V y 2,5 V. Mediante el multímetro únicamente se puede visualizar un promedio de dichos valores y en concreto no son confiables o verídicos, ya que el multímetro no es capaz de leer la información a la misma velocidad con la que viaja por los cables, sin embargo, logra revelar que las redes de comunicación de los vehículos están activas ya que hay presencia de corriente.

La manera más eficaz mediante la cual se puede verificar el buen estado de los cables y por ello la estabilidad de la comunicación, es mediante un osciloscopio el cual nos permite obtener las siguientes señales:

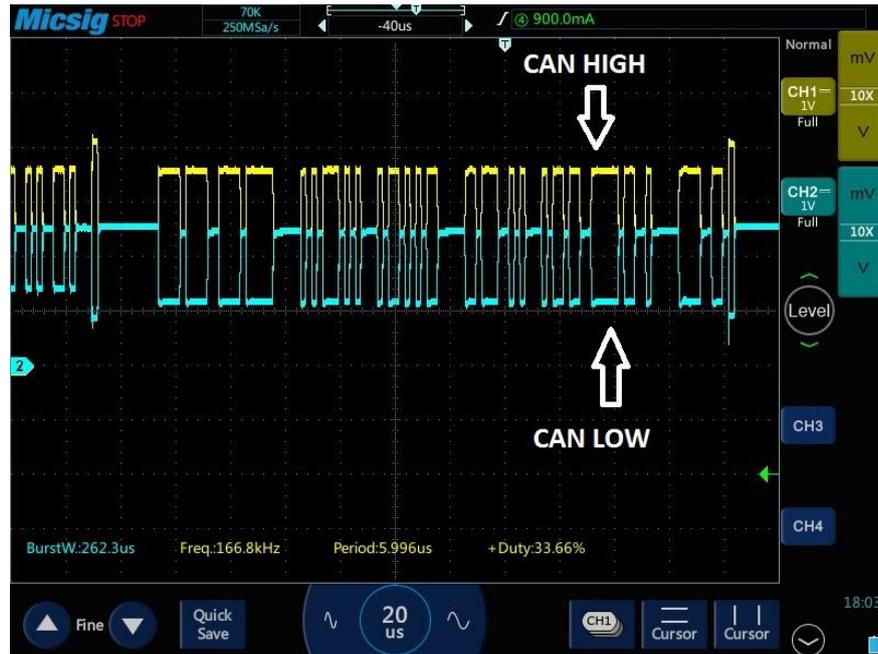


Figura 3.27 Señal de red CAN (Mazda 6)



Figura 3.28 Señal de red CAN (Hyundai Tucson)

Se puede observar que la señal generada por la red CAN de los dos vehículos está en buen estado ya que el voltaje de can high se encuentra en espejo con el voltaje de can low, es decir, aquí si se puede afirmar que los cables están en buen estado y que la señal está totalmente estable ya que se puede visualizar que el voltaje de can high se encuentra en el rango de 2,5 V y 3,5 V; mientras que el voltaje de can low está en el rango de 1,5 V y 2,5 V, echo que con el multímetro no se logra.

CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Mediante la revisión bibliográfica se puede concluir que, a pesar de que la estructura electrónica es similar entre los sistemas de inyección directa e indirecta de gasolina y sus componentes, existen varias diferencias como: la gestión electrónica del motor, el sistema de ingreso de aire, el tiempo y tipo de inyección y el principio de funcionamiento de sus componentes.
- El vehículo con inyección directa demostró ser más eficiente durante el ciclo de pruebas estáticas, ya que se apreció una mejor estabilidad en las revoluciones del motor, menores presiones de vacío y un límite menor de temperatura del refrigerante, demostrando así que el motor trabajó exclusivamente en modo estratificado. Así también, tuvo un mayor tiempo de apertura de la electroválvula del cánister, lo que significó un mayor reciclaje de vapores de gasolina.
- Mediante el registrador de datos y el sistema genérico OBD II de los vehículos, fue posible visualizar y guardar en tiempo real los datos del funcionamiento de cada sensor y actuador, de lo cual se deduce que, la información recolectada del funcionamiento de cada componente electrónico es la que la computadora procesó, y no la que directamente el sensor o actuador estuvo generando.
- Las emisiones contaminantes más relevantes que genera un vehículo con inyección a gasolina en una prueba estática son el monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no combustionados (HC), de los cuales, el vehículo Mazda presentó menores cantidades en todos los rangos de aceleración, por ejemplo, en ralentí generó: CO:0,02% y HC:12ppm, mientras que el vehículo Tucson generó CO:0,05% y HC:14ppm. Esto se ve reflejado también en la corriente de bombeo positiva del

sensor de oxígeno de banda ancha, la cual indica que la mezcla siempre tuvo una tendencia pobre.

- La temperatura ambiental influye directamente en el funcionamiento de un motor, ya que, a menor temperatura ambiental, la presión atmosférica aumenta y por consiguiente el motor trabaja con aire mucho más denso, lo cual conlleva a una eficiencia volumétrica mayor. Este hecho puede ser favorable para el vehículo Mazda, ya que teóricamente se ha demostrado que los motores con sistema de inyección directa trabajan con una relación de aire–gasolina de hasta 40:1.
- Mediante la caja de conexión OBD II y los equipos de diagnóstico respectivos, se notó que los valores de voltaje y resistencia de la red CAN de los vehículos Mazda y Tucson fueron similares, debido a que poseen un protocolo estandarizado por la normativa OBD II, en el cual se debe utilizar los mismos parámetros de funcionamiento. Sin embargo, el vehículo Mazda debido a su tecnología, posee un mayor número de computadoras, por lo tanto, la información que viaja por la red es mucho mayor.
- Debido a que una red de comunicación CAN se conforma por dos cables trenzados y dos resistencias de terminación, se concluye que es relativamente fácil realizar su diagnóstico, utilizando un multímetro para verificar los ohmios, y un osciloscopio para verificar la señal correcta de voltaje.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en próximos estudios se comparen diferentes sensores y actuadores, correspondientes al sistema de inyección directa e indirecta de gasolina, esto con el fin de recolectar una mayor cantidad de datos. Puede ser mejor si los vehículos pertenecen a la misma casa comercial, y que la cilindrada y kilometraje de recorrido sea semejante entre ellos.
- Se recomienda realizar pruebas dinamométricas con vehículos con sistema de inyección directa e indirecta de gasolina, que también cuenten con un sistema de sobrealimentación. Logrando obtener así el torque y la potencia, además de los porcentajes de gases contaminantes generados por motores turboalimentados, especialmente cuando son sometidos a cargas.
- Se recomienda mejorar la programación del registrador de datos, para que la fluidez de la información sea más clara y precisa, hasta el punto de tener comunicación no solo con el sistema de diagnóstico genérico, sino también con el sistema de diagnóstico del fabricante. De esta manera se podría tener acceso a la información de más componentes electrónicos del motor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alvaro, N. (10 de Septiembre de 2011). *Inyección Directa de BOSCH Motronic MED-7*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/64453104/Inyeccion-Directa-de-BOSCH-Motronic-MED-7>
2. Arduino. (04 de Noviembre de 2019). *Arduino*. Obtenido de arduino.cc: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
3. Barrera, O., & Ros, J. (2016). *Sistemas electronicos y de seguridad y confortabilidad*. Madrid : Pananinfo.
4. Barry R, N. (1993). ENGINE CONTROL UNIT . *United States Patent*, 1.
5. Bosch , R. (2014). Inyeccion directa de gasolina. *Bosch*, 3.
6. Bosch. (2003). *Regulacion Adaptiva de la velocidad de Marcha ACC*. Reverte.
7. Cajiao Arizaga , J. A. (2012). Diseño y construcción de un banco de pruebas con un motor mazda 323 con inyeccion electronica de chevrolet corsa, mediante procesos técnicos mecánicos y electrónicos, para diagnostico electrónico. (*tesis de grado*). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
8. Cangás Toapanta, L. A., & Yánez Jácome, C. A. (2015). Diseño e implementación de un modulo generador de señales y conversor para probar el comportamiento de una ECU (Unidad de Control Electrónico) para el automóvil Chevrolet Aveo. (*Tesis de grado*). Universidad Politécnica Salesiana SEDE Quito, Quito.
9. Carrizo, J. (2017). Simulador de una ECU y diagnóstico mediante CAN y OBD-II. (*Tesis de Grado*). Escuela Politecnica CUENCA, Cuenca.
10. Chao, Y., Wei, H., Yan, S., Fangxi, X., & Qunjie, X. (2015). Research on Exhaust Particle Emissions of Two Direct Injection Gasoline Engines During Cold Start. *International Conference on Mechatronics and Automation*, 1.

11. Chávez Carrillo, Á. R. (2014). Diseño y construcción de un banco de pruebas para el análisis de señales de los sensores y actuadores del automóvil por medio de un osciloscopio. (*tesis de grado*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
12. Chen, S. H., Liu, W. K., Tsai, J. Y., & Hung, I. C. (2016). Vehicle fuel pump service life evaluation using on-board diagnostic (OBD) data . *2016 International Conference on Orange Technologies (ICOT)* (págs. 84-87). Melbourne: IEEE.
13. Chucuyan Perez, C. A. (2016). Análisis de funcionamiento del sistema de acelerador electrónico del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail. (*tesis de grado*). Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil.
14. Collaguazo Tacuri, H. P. (2013). Análisis del sistema de inyección directa de gasolina en motores FSI de Volkswagen. *Ingeniería en Mecánica Automotriz*. Universidad del Azuay, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3273>
15. Corrales , L., & Andino, F. (2017). Diseño y construcción de un banco de pruebas para la emulación de las señales generadas por los sensores empleados en el sistema de inyección electrónica automotriz. (*tesis de grado*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
16. Correa González, H. E. (2013). Diseño de un simulador de señales básicas para un sistema de inyección electrónica de gasolina. (*tesis de grado*). Universidad del Azuay, Cuenca.
17. Cuya Conislla, E. E. (2 de Julio de 2014). *SlideShare*. Obtenido de Sistemas de inyección electrónica: <https://www.slideshare.net/edwinernestocuyaconi/sistemas-inyeccion-electronica>
18. De las Casas Cámara, G. (2014). Un paso atrás a la contaminación del aire: Novedades en automoción. *Gaceta-1048*, 1.

19. Denton, T. (2016). *Diagnóstico avanzado de fallas automotrices*. Mexico: MARCOMBO.
20. Denton, T. (2016). *Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil. Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos*. México: Marcombo.
21. ELM Electronics. (4 de Noviembre de 2019). *Elm Electronics Inc*. Obtenido de [elmelectronics.com: https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2016/07/ELM327DSF.pdf](https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2016/07/ELM327DSF.pdf)
22. Fengli, B., & Long, W. (2010). Five components automobile exhaust measurement system. *2010 International Conference on Educational and Network Technology* (págs. 248-250). Qinhuangdao, China: IEEE. doi:10.1109/ICENT.2010.5532174
23. Fernandez, R. (s.f.). *Petrolhead Garage*. Obtenido de [www.PetrolheadGarage.com: https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/diagnostico-linea-can-bus-solucion-problemas/#](https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/diagnostico-linea-can-bus-solucion-problemas/#)
24. González Calleja, D. (2015). *Motores Térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Paraninfo.
25. Granda Aguilar, G. V. (2016). Estudio de la relación existente entre el secundario del encendido y el factor lamda del vehiculo chevrolet grand vitara 2.0. (*tesis de grado*). Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil.
26. Guevara , M. (2010). Metodología de pruebas para la evaluación de convertidores catalíticos en motores a gasolina. *Tesis de Grado*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
27. Halderman, J. D. (2014). *Diagnosis of Automotive Electrical Systems*. Gran Bretaña: prentice-hall international edition.
28. Henry, C. (2013). Analisis del sistema de inyección directa de gasolina en motores FSI de Volkswagen. *Trabajo de Graduación*. Universidad del Azuay, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3273>

29. Hyundai. (2018). Obtenido de www.hyundai.com.ar:https://www.hyundai.com.ar/publicfiles/datasheets/ficha_tecnica_new_tucson_2018_1_1532608406.pdf
30. Inui, T. (1991). Advanced control of gasoline injection system. *Eighth International Conference on Automotive Electronics*, 48-52.
31. ivanIn. (26 de Junio de 2013). *Sistema de Inyección Bosch*. Obtenido de SlideShare: https://es.slideshare.net/ivanIn/sistemas-de-inyeccionbosch?fbclid=IwAR0Dwo_7aiIPv7TKnVkD82plXri3pNomM1IByROS4U4Ya0j4vCzGLcQ9Rg4
32. Leguisama , J. (2016). Estudio del funcionamiento de un motor de inyección electrónica directa a gasolina en diferentes alturas con respecto al nivel del mar. *Tesis de Grado*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
33. Li, B., Li, Y., & Wang, D. (2009). Spray impingement characterization of a swirl type injector for gasoline direct injection engines. *School of Transportation Science and Engineering BUAA, Beijing, 100083, Peoples R China*, 1.
34. Li, Z., Dong, M., Harrigan, D., & Gardner, M. (2017). Bench Test Method for Fuel Tank Vent Valve Noise Induced by EVAP System Pressure Pulsation. *SAE World Congress Experience, WCX 2017*. Detroit: SAE International. doi:10.4271 / 2017-01-0447
35. Luna Mora, P. D., & Mier Cabezas, J. F. (2015). Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diesel. *Tesis de Grado*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/881>
36. Marckwordt, J. (2017). Estudio comparativo de emisiones de CO₂ y rendimiento de combustible entre los motores de inyección directa e indirecta ciclo OTTO. *Trabajo de Grado*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

37. Martínez, G. (14 de Junio de 2015). *Curso Common rail Bosch*. Obtenido de Inyección Diésel Common Rail: https://www.academia.edu/34711999/Curso_Common_rail_Bosch
38. Mazda. (2019). Obtenido de www.mazda.cl: <https://www.mazda.cl/auto/new-mazda6/versiones>
39. mecanicaautomotrizdgm. (9 de Febrero de 2015). *Mecanica Automotriz*. Obtenido de Mecanica Automotriz: <https://mecanicaautomotrizdg.wordpress.com/2018/02/24/sistema-de-combustible-alimentacion-e-inyeccion/>
40. Mejía Calle, A. L., & Armijos Armijos, F. A. (2015). Caracterización de los sensores y actuadores del motor Armfield Volkswagen CM11-306. (*tesis de grado*). Universidad Politécnica Salesiana SEDE Cuenca, Cuenca.
41. Microchip Technology Inc. (8 de febrero de 2011). *Microchip Technology Inc.* Obtenido de [microchip.com](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51848B.pdf): <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51848B.pdf>
42. Moreira Ayala, O. E., Suquillo Nasimba, W. S., & Meza Orellana, M. A. (2017). Estudio comparativo de las variables en sensores de posición. (*Artículo de Investigación*). Universidad Internacional del Ecuador, Quito.
43. Necochea Muñoz, A. (10 de Septiembre de 2011). *Scribd*. Obtenido de Inyección Directa de BOSCH Motronic MED-7: <https://es.scribd.com/doc/64453104/Inyeccion-Directa-de-BOSCH-Motronic-MED-7>
44. Normalización, S. E. (Enero de 2017). *INEN*. Obtenido de www.normalizacion.gob.ec: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf
45. Ostrica, L., & Jurcik, J. (2014). Detection of faults gasoline injection system for new OBD systems. *10th International Conference, ELEKTRO 2014* (págs.

- 202-207). Zilina: Department of Measurement and Applied Electrical Engineering.
46. Paul, C. T. (2014). Análisis del Sistema de Inyección Directa de Gasolina. *Trabajo de Grado*. Universidad del Azuay, Cuenca.
 47. Reif, K., & Heinz Dietsche, K. (2014). *Automotive Handbook*. Alemania: Robert Bosch GmbH.
 48. Rishira, K., Kulkarni, S., Veeramanju, K., & Jadimath, S. (2017). Design and development of controller for bosch 4.2oxygen sensor using dSPACE tools: Controller designed using Matlab Simulink and controldesk. *International Conference on Electrical, Electronics, Communication Computer Technologies and Optimization Techniques, ICEECCOT 2017* (págs. 115-121). Mysuru: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi:10.1109/ICEECCOT.2017.8284651
 49. Robert, B. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Alemania: Automotive Aftermarket.
 50. Rodríguez Melchor, J. C. (2012). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto (MF0133_2)*. Andalucía, España: IC Editorial.
 51. Rodriguez, A., Vento, J., & Inouye , R. (2018). Implementation of an OBD-II Diagnostic Tool over CAN-BUS with Arduino. *Sistemas y Telemática*, 31-43. doi:10.18046/syt.v16i45.2747
 52. Romero Lenis, M. (30 de Marzo de 2016). *Motor de Gasolina de Inyección Directa 1.4L*. Obtenido de MecánicaAutomotriz.org : <https://drive.google.com/file/d/0B4uwxwKUzRinRndyZGc0SFE0amM/edit>
 53. Sánchez, E. (2009). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Macmillan Iberia, S.A.
 54. Sang , K., Jungkoo, L., Kyungcheol, K., Seongho, P., & Hyung, M. (2015). Expeimental characterization of cooled EGR in a gasoline direct injection engine

- for reducing fuel consumption and nitrogen oxide emission. *Heat and Mass Transfer*, 1640. doi:<https://doi.org/10.1007/s00231-015-1633-0>
55. Smith, J., Roberts , P., Kountourlots, A., & Richardson, D. (2019). A comparison of EGR correction factor models based on SI engine data. *SAE International Journal Engines*. doi:10.4271/03-12-02-0015.
 56. Tochres. (2017). Obtenido de www.tochres.com: https://www.tochres.com/1274/descripci_zn_del_sistema.html
 57. Toolboom. (2019). *Toolboom supermarket for engineers*. Obtenido de www.toolboom.com: <https://toolboom.com/es/tablet-digital-oscilloscope-micsig-to1104/>
 58. Useda, A. (2018). Sistemas de inyección de gasolina. *casermovil*, 22.
 59. Vargas Fernández, D., & Barranco Martos, A. (2017). *Diagnosis preventiva del vehículo y mantenimiento de su dotación material: UF0680*. Madrid: CEP, S.L.
 60. Volkswagen. (14 de Septiembre de 2011). *iessierradeguara*. Obtenido de Inyeccion Directa de gasolina con Bosch Motronic MED 7: http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf
 61. Yantao, L., & Dexin, L. (2011). Study on the HC Emissions During Cold-Start Conditions of Gasoline Direct Injection Engine. *Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 1.

ANEXOS

ANEXO I

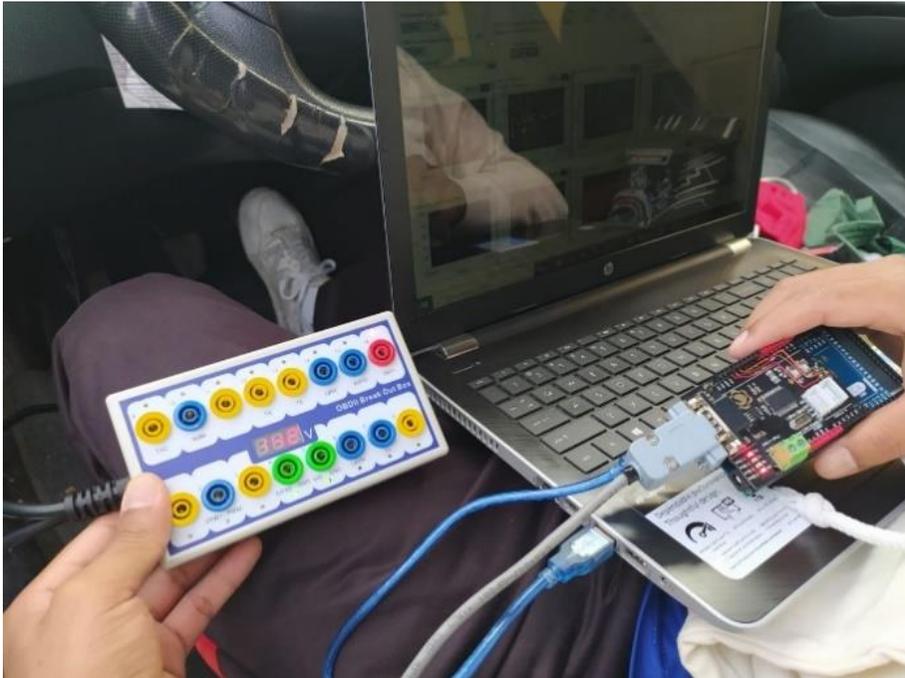
PRUEBAS REALIZADAS EN VEHICULOS



Anexo I.1 Medición de valores de voltaje de red CAN vehículo Mazda



Anexo I.2 Registro de datos de sensores y actuadores vehículo Tucson



Anexo I.3 Componentes principales para lectura y registro de datos de componentes electrónicos



Anexo I.4 Impresión de valores de emisiones de gases por parte del analizador Brain Bree

ANEXO II

CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL REGISTRADOR DE DATOS EN SOFTWARE IDE DE ARDUINO

```

//Definición de librerías

#include <mcp_can.h>
#include <SPI.h>

//Variables para recepción de mensaje

long unsigned int rxId;
unsigned char len = 0;
unsigned char rxBuf[8];

//variables para imprimir valor de señal de sensores

int a;
int b;
int c;
int d;
int e;
int f;
int g;
int h;
int h1;
int i;
int j;

//Tramas de envío de mensaje CAN

unsigned char Rpm [8] = {0x02, 0x01, 0x0C, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Map [8] = {0x02, 0x01, 0x0B, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Baro [8] = {0x02, 0x01, 0x33, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00};
unsigned char Tps [8] = {0x02, 0x01, 0x11, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char App1[8] = {0x02, 0x01, 0x49, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00};
unsigned char Ect [8] = {0x02, 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Iat [8] = {0x02, 0x01, 0x0F, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char O2[8] = {0x02, 0x01, 0x24, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00};
unsigned char Cop [8] = {0x02, 0x01, 0x0E, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char Evap [8] = {0x02, 0x01, 0x2E, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00};

//Configuración de pines de conexión de Tarjeta Can Bus Shield

const int SPI_CS_PIN = 10;
MCP_CAN CAN(SPI_CS_PIN);
#define CAN_INT 2

//Apertura de comunicacion Serial

void setup()
{

```

```

Serial.begin(115200);
if(CAN.begin(MCP_STDEXT, CAN_500KBPS, MCP_16MHZ) == CAN_OK)

pinMode(CAN_INT, INPUT);

//Filtros ID de mensajes de recepción

CAN.init_Mask(0,0,0x07FF0000);
CAN.init_Filt(0,0,0x07E80000);
CAN.init_Filt(1,0,0x07E80000);

CAN.init_Mask(1,0,0x07FF0000);
CAN.init_Filt(2,0,0x07E80000);
CAN.init_Filt(3,0,0x07E80000);
CAN.init_Filt(4,0,0x07E80000);
CAN.init_Filt(5,0,0x07E80000);

CAN.setMode(MCP_NORMAL);
}

void loop()
{
  {
    //Formato para envío de mensaje CAN

    CAN.sendMessage(0x7DF, 0, 8, Rpm);
    delay(100);
  }
  if(!digitalRead(CAN_INT))

  //Formato para recepción de mensaje CAN

  {
    CAN.readMessage(&rxId, &len, rxBuf);
    a = (((rxBuf[3]*256)+rxBuf[4])/4);
  }
  {
    {
      CAN.sendMessage(0x7DF, 0, 8, Map);
      delay(100);
    }
    if(!digitalRead(CAN_INT))
    {
      CAN.readMessage(&rxId, &len, rxBuf);
      b = (rxBuf[3]);
    }
  }
  {
    {
      CAN.sendMessage(0x7DF, 0, 8, Baro);
      delay(100);
    }
    if(!digitalRead(CAN_INT))
    {
      CAN.readMessage(&rxId, &len, rxBuf);

```

```

c = (rxBuf[3]);
    }
}
{
    {
CAN.sendMsgBuf(0x7DF, 0, 8, Tps);
delay(100);
    }
    if(!digitalRead(CAN_INT))
    {
CAN.readMsgBuf(&rxId, &len, rxBuf);
d = (rxBuf[3]*100/255);
    }
    }
    {
    {
CAN.sendMsgBuf(0x7DF, 0, 8, App1);
delay(100);
    }
    if(!digitalRead(CAN_INT))
    {
CAN.readMsgBuf(&rxId, &len, rxBuf);
e = (rxBuf[3]*100/255);
    }
    }
    {
    {
CAN.sendMsgBuf(0x7DF, 0, 8, Ect);
delay(100);
    }
    if(!digitalRead(CAN_INT))
    {
CAN.readMsgBuf(&rxId, &len, rxBuf);
f = (rxBuf[3]-40);
    }
    }
}
    {
    {
CAN.sendMsgBuf(0x7DF, 0, 8, Iat);
delay(100);
    }
    if(!digitalRead(CAN_INT))
    {
CAN.readMsgBuf(&rxId, &len, rxBuf);
g = (rxBuf[3]-40);
    }
    }
}
    {
    {
CAN.sendMsgBuf(0x7DF, 0, 8, O2);
delay(100);
    }
    if(!digitalRead(CAN_INT))
    {
CAN.readMsgBuf(&rxId, &len, rxBuf);
h = (rxBuf[5]);
h1 = (rxBuf[6]);
    }
    }
}

```

```

//Función especial para imprimir valores con decimales

float voltaje = ((h*256.0)+h1)/8192.0;
{
    {
        CAN.sendMessage(0x7DF, 0, 8, Cop);
        delay(100);
    }
    if(!digitalRead(CAN_INT))
    {
        CAN.readMessage(&rxId, &len, rxBuf);
        i = (rxBuf[3]/2-64);
    }
}
{
    {
        CAN.sendMessage(0x7DF, 0, 8, Evap);
        delay(100);
    }
    if(!digitalRead(CAN_INT))
    {
        CAN.readMessage(&rxId, &len, rxBuf);
        j = (100*rxBuf[3]/255);
    }
}

//Impresión de valores de componentes electrónicos

Serial.print(a);
Serial.print(';');
Serial.print(b);
Serial.print(';');
Serial.print(c);
Serial.print(';');
Serial.print(d);
Serial.print(';');
Serial.print(e);
Serial.print(';');
Serial.print(f);
Serial.print(';');
Serial.print(g);
Serial.print(';');
Serial.print(voltaje,2);
Serial.print(';');
Serial.print(i);
Serial.print(';');
Serial.print(j);
Serial.println(';');
}

```

ANEXO III

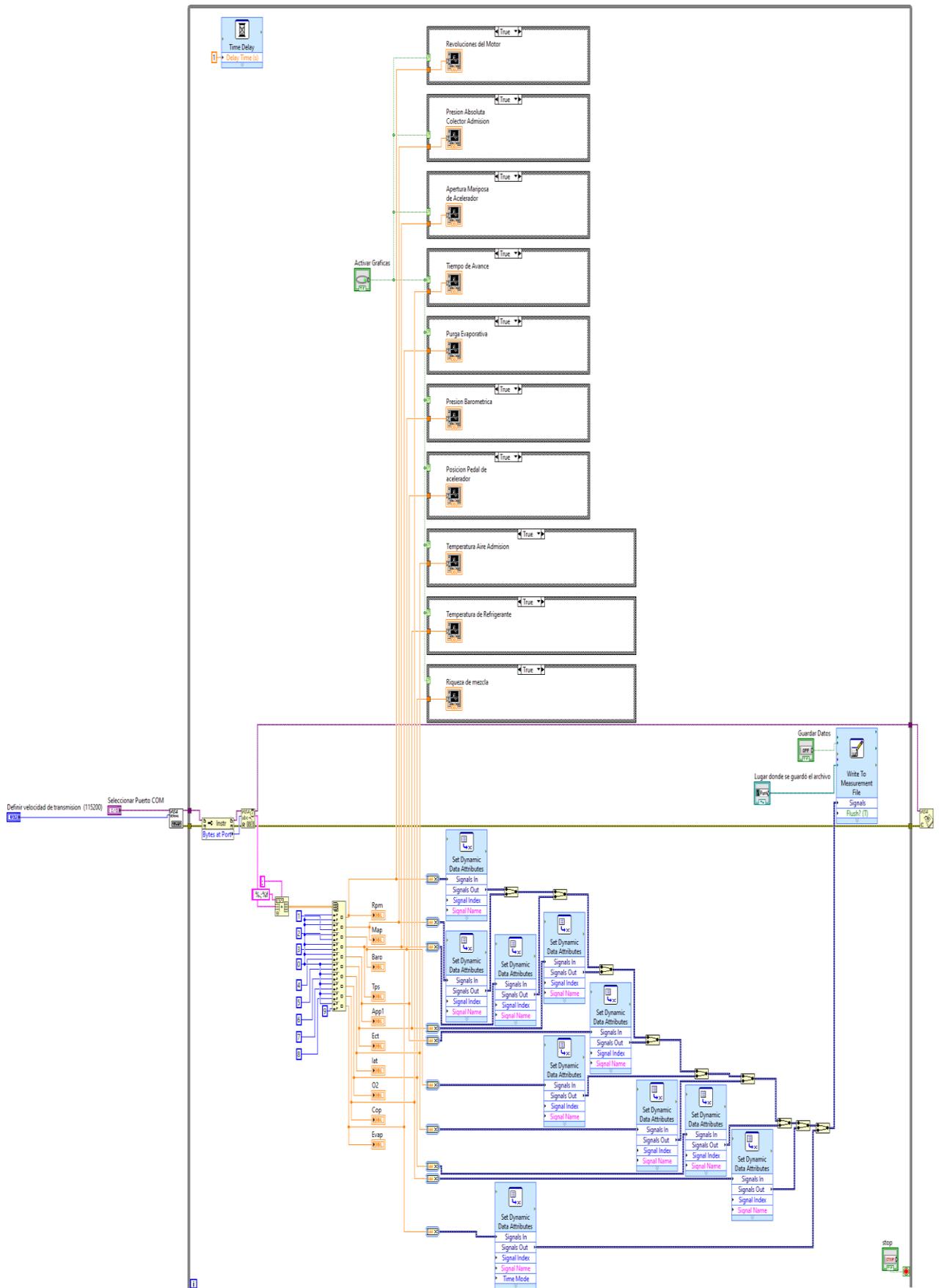
DISEÑO Y PROGRAMACION DEL REGISTRADOR DE DATOS EN SOFTWARE LABVIEW



Anexo III.1 Panel frontal de registrador de datos en prueba de vehículo Hyundai Tucson



Anexo III.2 Panel frontal de registrador de datos en prueba de vehículo Mazda 6



Anexo III.3 Bloque de diagramas de programación del registrador de datos

ANEXO IV

TABLA DE EXCEL CON DATOS DE FUNCIONAMIENTO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE VEHICULO MAZDA 6

GENERADA POR EL REGISTRADOR DE DATOS

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo Mazda 6

Time	Rpm	Map	Tps	Ect	App1	Baro	Iat	O2	Cop	Evap
21-08-2020//11:30:44	596	27	12	91	15	78	48	0,04	11	14
21-08-2020//11:30:45	601	27	12	91	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:30:46	601	28	12	91	15	78	48	0,04	9	14
21-08-2020//11:30:47	603	27	12	91	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:30:48	601	27	12	91	15	78	48	0,05	11	14
21-08-2020//11:30:49	602	27	12	91	15	78	48	0,05	9	14
21-08-2020//11:30:50	600	28	12	91	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:30:51	604	27	12	91	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:30:52	598	27	12	91	15	78	48	0,04	11	14
21-08-2020//11:30:53	594	27	12	91	15	78	48	0,04	11	15
21-08-2020//11:30:54	598	28	12	91	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:30:55	600	27	12	91	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:30:56	600	27	12	91	15	78	48	0,05	11	14
21-08-2020//11:30:57	598	27	12	92	15	78	48	0,05	11	14
21-08-2020//11:30:58	601	28	12	92	15	78	48	0,05	11	14
21-08-2020//11:30:59	600	28	12	92	15	78	48	0,05	11	14
21-08-2020//11:31:00	596	27	12	92	15	78	48	0,04	11	14
21-08-2020//11:31:01	601	27	12	92	15	78	48	0,04	11	14
21-08-2020//11:31:02	606	27	12	92	15	78	48	0,03	10	14
21-08-2020//11:31:03	604	27	12	92	15	78	48	0,03	10	14
21-08-2020//11:31:04	606	28	12	92	15	78	48	0,04	11	14
21-08-2020//11:31:05	602	28	12	92	15	78	48	0,04	11	14
21-08-2020//11:31:06	601	27	12	92	15	78	48	0,05	11	14
21-08-2020//11:31:07	598	27	12	92	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:31:08	601	27	12	92	15	78	48	0,05	11	14
21-08-2020//11:31:09	603	28	12	92	15	78	48	0,04	12	15

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:31:10	601	28	12	92	15	78	48	0,04	11	14
21-08-2020//11:31:11	600	28	12	92	15	78	48	0,05	12	14
21-08-2020//11:31:12	599	27	12	92	15	78	48	0,03	12	14
21-08-2020//11:31:13	595	27	12	92	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:31:14	595	28	12	92	15	78	48	0,04	11	14
21-08-2020//11:31:15	598	28	12	92	15	78	48	0,05	12	14
21-08-2020//11:31:16	595	27	12	93	15	78	48	0,05	12	14
21-08-2020//11:31:17	596	27	12	93	15	78	48	0,05	11	14
21-08-2020//11:31:18	600	27	12	93	15	78	48	0,05	11	14
21-08-2020//11:31:19	604	27	12	93	15	78	48	0,04	12	14
21-08-2020//11:31:20	598	28	12	93	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:31:21	605	27	12	93	15	78	48	0,04	10	14
21-08-2020//11:31:22	605	27	12	93	15	78	48	0,04	11	14
21-08-2020//11:31:23	604	28	12	93	15	78	48	0,04	12	14
21-08-2020//11:31:24	600	28	12	93	16	78	48	0,03	13	14
21-08-2020//11:31:25	607	27	12	93	18	78	48	0,02	18	20
21-08-2020//11:31:26	782	28	13	93	18	78	48	-0,1	30	15
21-08-2020//11:31:27	906	27	13	93	19	78	48	0,07	33	16
21-08-2020//11:31:28	998	27	13	93	19	78	48	0,18	36	21
21-08-2020//11:31:29	1114	26	13	93	20	78	47	-0,03	37	21
21-08-2020//11:31:30	1171	25	13	93	20	78	47	0,05	36	25
21-08-2020//11:31:31	1210	28	14	93	21	78	47	-0,07	30	27
21-08-2020//11:31:32	1330	25	14	93	21	78	47	0,1	34	27
21-08-2020//11:31:33	1367	23	15	93	21	78	47	0,12	32	29
21-08-2020//11:31:34	1487	23	14	93	21	78	47	0,11	40	28
21-08-2020//11:31:35	1469	22	14	93	21	78	47	0,1	40	29
21-08-2020//11:31:36	1478	22	14	93	21	78	47	0,1	40	29
21-08-2020//11:31:37	1487	22	14	94	21	78	47	0,09	40	29
21-08-2020//11:31:38	1481	22	14	94	21	78	47	0,07	40	29
21-08-2020//11:31:39	1497	21	14	94	21	78	47	0,06	39	29
21-08-2020//11:31:40	1489	21	14	94	21	78	47	0,04	40	29
21-08-2020//11:31:41	1487	21	14	94	21	78	47	0,04	40	29
21-08-2020//11:31:42	1493	21	14	94	21	78	47	0,07	40	29

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:31:43	1497	21	14	94	21	78	47	0,09	39	29
21-08-2020//11:31:44	1496	21	14	94	21	78	47	0,04	39	29
21-08-2020//11:31:45	1495	22	14	94	21	78	47	0,05	40	29
21-08-2020//11:31:46	1498	21	14	94	21	78	47	0,04	40	29
21-08-2020//11:31:47	1491	21	14	94	21	78	47	0,02	40	29
21-08-2020//11:31:48	1497	21	14	94	21	78	47	0,07	40	29
21-08-2020//11:31:49	1506	21	14	94	21	78	47	0,08	40	29
21-08-2020//11:31:50	1500	21	14	94	21	78	47	0,07	40	29
21-08-2020//11:31:51	1508	21	14	94	21	78	47	0,07	39	29
21-08-2020//11:31:52	1508	21	14	95	21	78	47	0,03	39	29
21-08-2020//11:31:53	1499	21	14	95	21	78	47	0,02	39	29
21-08-2020//11:31:54	1497	21	14	95	21	78	47	0,02	39	29
21-08-2020//11:31:55	1493	21	14	95	21	78	47	0,04	40	29
21-08-2020//11:31:56	1492	21	14	95	21	78	47	0,05	40	29
21-08-2020//11:31:57	1490	22	14	95	21	78	47	0,06	40	29
21-08-2020//11:31:58	1493	22	14	95	21	78	47	0,06	39	28
21-08-2020//11:31:59	1480	22	14	95	21	78	47	0,05	40	29
21-08-2020//11:32:00	1486	22	14	95	21	78	47	0,06	40	29
21-08-2020//11:32:01	1486	21	14	95	21	78	47	0,05	39	29
21-08-2020//11:32:02	1476	22	14	95	21	78	47	0,02	40	29
21-08-2020//11:32:03	1477	21	14	95	21	78	47	0,03	39	28
21-08-2020//11:32:04	1466	22	14	95	21	78	47	0,1	40	29
21-08-2020//11:32:05	1474	21	14	96	21	78	47	0,05	40	28
21-08-2020//11:32:06	1472	22	14	96	21	78	47	0,04	40	29
21-08-2020//11:32:07	1465	21	14	96	21	78	47	0,05	40	28
21-08-2020//11:32:08	1463	22	14	96	21	78	47	0,08	40	28
21-08-2020//11:32:09	1466	22	14	96	21	78	47	0,04	40	28
21-08-2020//11:32:10	1464	22	14	96	21	78	47	0,05	40	29
21-08-2020//11:32:11	1461	22	14	96	21	78	47	0,07	40	29
21-08-2020//11:32:12	1470	22	14	96	21	78	47	0,03	39	28
21-08-2020//11:32:13	1458	22	14	96	21	78	47	0,04	40	29
21-08-2020//11:32:14	1459	22	14	96	21	78	47	0,02	40	29
21-08-2020//11:32:15	1466	22	14	95	21	78	47	0,05	40	28

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:32:16	1465	21	14	95	21	78	47	0,05	40	28
21-08-2020//11:32:17	1453	21	14	95	21	78	47	0,06	40	28
21-08-2020//11:32:18	1450	22	14	95	21	78	47	0,02	39	28
21-08-2020//11:32:19	1463	22	14	95	21	78	46	0,08	40	28
21-08-2020//11:32:20	1460	22	14	95	21	78	46	0,07	39	28
21-08-2020//11:32:21	1443	21	14	95	21	78	46	0,05	39	27
21-08-2020//11:32:22	1420	23	14	94	21	78	46	0,04	40	28
21-08-2020//11:32:23	1434	23	14	94	21	78	46	0,06	40	27
21-08-2020//11:32:24	1447	21	14	94	21	78	46	0,06	40	27
21-08-2020//11:32:25	1436	23	14	94	21	78	46	0,08	39	27
21-08-2020//11:32:26	1434	22	14	94	21	78	46	0,04	40	27
21-08-2020//11:32:27	1426	23	14	94	21	78	46	0,05	40	27
21-08-2020//11:32:28	1452	21	14	93	21	78	46	0,07	39	27
21-08-2020//11:32:29	1430	22	14	93	21	78	46	0,04	39	27
21-08-2020//11:32:30	1442	22	14	93	21	78	46	0,05	39	27
21-08-2020//11:32:31	1437	22	14	93	21	78	46	0,07	39	28
21-08-2020//11:32:32	1438	22	14	93	21	78	46	0,07	39	28
21-08-2020//11:32:33	1446	22	14	92	21	78	46	0,05	39	28
21-08-2020//11:32:34	1436	21	14	92	21	78	46	0,04	40	28
21-08-2020//11:32:35	1448	22	14	92	21	78	46	0,02	40	28
21-08-2020//11:32:36	1472	21	14	92	21	78	46	0,05	39	28
21-08-2020//11:32:37	1463	21	14	92	21	78	46	0,03	12	25
21-08-2020//11:32:38	1337	20	14	91	15	78	46	0,17	12	19
21-08-2020//11:32:39	986	24	12	91	15	78	46	-0,07	2	20
21-08-2020//11:32:40	752	28	12	91	15	78	46	-0,25	6	17
21-08-2020//11:32:41	717	26	12	91	15	78	46	-0,13	9	16
21-08-2020//11:32:42	699	26	12	91	15	78	46	-0,18	12	16
21-08-2020//11:32:43	673	26	12	91	15	78	46	-0,17	11	15
21-08-2020//11:32:44	655	26	12	91	15	78	46	-0,16	13	14
21-08-2020//11:32:45	629	26	12	91	15	78	46	-0,14	11	14
21-08-2020//11:32:46	609	26	12	91	15	78	46	-0,1	10	14
21-08-2020//11:32:47	604	27	12	91	15	78	47	-0,11	10	14
21-08-2020//11:32:48	599	27	12	91	15	78	47	-0,09	11	14

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:32:49	598	27	12	91	15	78	47	-0,08	11	14
21-08-2020//11:32:50	600	27	12	91	15	78	47	-0,08	11	14
21-08-2020//11:32:51	601	27	12	91	15	78	47	-0,06	10	14
21-08-2020//11:32:52	601	27	12	91	15	78	47	-0,05	11	14
21-08-2020//11:32:53	598	28	12	91	15	78	47	-0,03	11	14
21-08-2020//11:32:54	600	28	12	91	15	78	47	-0,04	10	14
21-08-2020//11:32:55	601	28	12	91	15	78	47	-0,03	11	14
21-08-2020//11:32:56	601	27	12	91	15	78	47	-0,04	11	14
21-08-2020//11:32:57	601	27	12	91	15	78	47	-0,02	11	14
21-08-2020//11:32:58	599	28	12	91	15	78	47	-0,02	9	14
21-08-2020//11:32:59	592	27	12	91	15	78	47	-0,02	11	14
21-08-2020//11:33:00	596	27	12	91	15	78	47	-0,01	10	14
21-08-2020//11:33:01	599	27	12	92	15	78	47	-0,02	11	14
21-08-2020//11:33:02	599	27	12	92	15	78	47	-0,01	10	14
21-08-2020//11:33:03	600	27	12	92	15	78	47	-0,02	11	14
21-08-2020//11:33:04	603	28	12	92	15	78	47	-0,02	10	14
21-08-2020//11:33:05	599	28	12	92	15	78	47	-0,02	10	14
21-08-2020//11:33:06	602	27	12	92	15	78	47	-0,02	9	14
21-08-2020//11:33:07	601	27	12	92	15	78	47	-0,01	9	14
21-08-2020//11:33:08	601	27	12	92	15	78	47	-0,01	10	14
21-08-2020//11:33:09	599	28	12	92	15	78	47	-0,01	10	14
21-08-2020//11:33:10	603	27	12	92	15	78	47	-0,01	10	14
21-08-2020//11:33:11	598	27	12	92	15	78	47	-0,01	12	14
21-08-2020//11:33:12	603	27	12	92	15	78	47	-0,01	10	14
21-08-2020//11:33:13	598	28	12	92	15	78	47	0	10	14
21-08-2020//11:33:14	603	28	12	92	15	78	47	-0,01	9	14
21-08-2020//11:33:15	602	28	12	92	15	78	47	-0,02	12	14
21-08-2020//11:33:16	598	27	12	92	15	78	47	0,01	11	14
21-08-2020//11:33:17	595	27	12	92	15	78	47	0,04	10	15
21-08-2020//11:33:18	599	27	12	92	15	78	47	0,03	10	14
21-08-2020//11:33:19	599	28	12	93	15	78	47	0,04	9	14
21-08-2020//11:33:20	595	27	12	93	15	78	47	0,05	10	14
21-08-2020//11:33:21	601	27	12	93	15	78	47	0,05	10	14

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:33:22	597	27	12	93	15	78	47	0,05	11	14
21-08-2020//11:33:23	602	29	12	93	18	78	47	0,07	25	18
21-08-2020//11:33:24	922	32	13	93	19	78	47	0,05	43	24
21-08-2020//11:33:25	1189	30	14	93	21	78	47	-0,06	44	28
21-08-2020//11:33:26	1429	27	14	93	21	78	47	-0,05	42	29
21-08-2020//11:33:27	1594	23	16	93	23	78	47	0,08	46	38
21-08-2020//11:33:28	1796	27	14	93	23	78	46	-0,05	37	34
21-08-2020//11:33:29	1942	22	15	93	23	78	46	0,06	43	38
21-08-2020//11:33:30	1959	24	15	93	23	78	46	-0,07	44	37
21-08-2020//11:33:31	2054	24	16	93	25	78	46	-0,08	45	37
21-08-2020//11:33:32	2150	25	16	93	25	78	46	-0,01	45	36
21-08-2020//11:33:33	2176	28	16	93	25	78	46	0	38	36
21-08-2020//11:33:34	2316	26	16	93	25	78	46	0,07	44	35
21-08-2020//11:33:35	2346	24	16	93	26	78	45	0,05	45	38
21-08-2020//11:33:36	2382	26	17	94	26	78	45	-0,02	36	35
21-08-2020//11:33:37	2461	25	16	94	26	78	45	0,09	43	37
21-08-2020//11:33:38	2459	25	16	94	26	78	45	0,07	42	36
21-08-2020//11:33:39	2477	24	16	94	27	78	45	0,08	42	37
21-08-2020//11:33:40	2465	26	17	94	27	78	45	0	35	37
21-08-2020//11:33:41	2516	24	16	94	27	78	45	0,04	42	36
21-08-2020//11:33:42	2512	24	16	94	27	78	45	0,07	42	38
21-08-2020//11:33:43	2521	24	16	94	27	78	44	0,09	42	38
21-08-2020//11:33:44	2511	24	16	94	27	78	44	0,05	42	38
21-08-2020//11:33:45	2526	24	16	94	27	78	44	0,02	42	37
21-08-2020//11:33:46	2528	24	16	95	27	78	44	0,05	42	38
21-08-2020//11:33:47	2538	24	16	95	27	78	44	0,07	42	37
21-08-2020//11:33:48	2551	23	16	95	27	78	44	0,1	42	38
21-08-2020//11:33:49	2531	24	16	95	27	78	44	0,02	42	37
21-08-2020//11:33:50	2536	23	16	95	27	78	44	-0,02	42	38
21-08-2020//11:33:51	2543	24	16	95	27	78	44	0,07	42	37
21-08-2020//11:33:52	2544	23	16	95	27	78	44	0,09	43	38
21-08-2020//11:33:53	2524	26	16	95	27	78	44	0,02	43	37
21-08-2020//11:33:54	2553	24	16	95	27	78	44	0,05	42	36

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:33:55	2557	24	16	96	27	78	44	0,09	42	37
21-08-2020//11:33:56	2530	25	16	96	27	78	44	0,02	42	37
21-08-2020//11:33:57	2543	23	16	96	27	78	44	0,03	42	37
21-08-2020//11:33:58	2551	23	16	96	27	78	44	0,1	42	37
21-08-2020//11:33:59	2526	24	16	96	27	78	44	0,01	42	38
21-08-2020//11:34:00	2532	25	16	96	27	78	44	0	42	36
21-08-2020//11:34:01	2527	24	16	96	27	78	43	0,07	42	38
21-08-2020//11:34:02	2532	23	16	96	27	78	43	0,07	42	37
21-08-2020//11:34:03	2515	23	16	96	27	78	43	0,05	42	37
21-08-2020//11:34:04	2542	23	16	96	27	78	43	0,04	42	37
21-08-2020//11:34:05	2546	24	16	96	27	78	43	0,09	42	37
21-08-2020//11:34:06	2525	24	16	96	27	78	43	0,03	42	37
21-08-2020//11:34:07	2526	24	16	96	27	78	43	0,05	41	38
21-08-2020//11:34:08	2509	24	16	96	27	78	43	0,07	42	38
21-08-2020//11:34:09	2508	23	16	96	27	78	43	0,04	41	38
21-08-2020//11:34:10	2517	24	16	95	27	78	43	0,04	42	37
21-08-2020//11:34:11	2517	24	16	95	27	78	43	0,06	41	37
21-08-2020//11:34:12	2502	23	16	95	27	78	43	0,03	41	37
21-08-2020//11:34:13	2499	23	16	95	27	78	43	0,03	42	38
21-08-2020//11:34:14	2500	24	16	95	27	78	43	0,05	41	37
21-08-2020//11:34:15	2505	23	17	95	27	78	43	0,06	41	0
21-08-2020//11:34:16	2496	24	17	95	27	78	43	0,04	42	0
21-08-2020//11:34:17	2489	24	17	95	27	78	43	0,07	42	0
21-08-2020//11:34:18	2499	23	17	94	27	78	43	0,08	42	0
21-08-2020//11:34:19	2491	25	17	94	27	78	43	0,02	42	17
21-08-2020//11:34:20	2491	25	17	94	27	78	43	0,03	42	17
21-08-2020//11:34:21	2503	24	17	94	27	78	43	0,05	42	20
21-08-2020//11:34:22	2497	24	17	94	27	78	43	0,05	42	20
21-08-2020//11:34:23	2495	23	17	94	27	78	43	0,08	41	21
21-08-2020//11:34:24	2494	24	17	93	27	78	42	0,05	41	21
21-08-2020//11:34:25	2507	24	16	93	27	78	42	0,02	41	27
21-08-2020//11:34:26	2508	23	17	93	27	78	42	0,06	41	27
21-08-2020//11:34:27	2502	23	16	93	27	78	42	0,03	41	34

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:34:28	2509	24	16	93	27	78	42	0,04	41	38
21-08-2020//11:34:29	2493	23	16	93	27	78	42	0,02	41	37
21-08-2020//11:34:30	2501	23	16	93	27	78	42	0,08	41	37
21-08-2020//11:34:31	2511	23	16	92	27	78	42	0,05	41	37
21-08-2020//11:34:32	2515	23	16	92	27	78	42	0,07	41	38
21-08-2020//11:34:33	2513	24	16	92	27	78	42	0,02	41	37
21-08-2020//11:34:34	2507	23	16	92	27	78	42	0,02	41	38
21-08-2020//11:34:35	2509	23	16	92	27	78	42	0,09	41	37
21-08-2020//11:34:36	2514	22	16	92	27	78	42	0,06	41	38
21-08-2020//11:34:37	2506	23	16	92	27	78	42	0,02	41	37
21-08-2020//11:34:38	2506	24	16	92	27	78	42	0,09	41	37
21-08-2020//11:34:39	2508	23	16	92	27	78	42	0,02	19	0
21-08-2020//11:34:40	2178	15	14	92	15	78	42	2,91	13	0
21-08-2020//11:34:41	1459	19	14	92	15	78	42	0,37	10	0
21-08-2020//11:34:42	1005	24	13	92	15	78	42	0,11	1	0
21-08-2020//11:34:43	746	29	13	92	15	78	42	-0,25	3	0
21-08-2020//11:34:44	724	27	13	92	15	78	42	-0,3	5	0
21-08-2020//11:34:45	700	25	12	92	15	78	43	-0,46	8	0
21-08-2020//11:34:46	679	26	12	92	15	78	43	-0,43	6	0
21-08-2020//11:34:47	651	26	12	93	15	78	43	-0,4	8	0
21-08-2020//11:34:48	635	26	12	93	15	78	43	-0,44	8	0
21-08-2020//11:34:49	616	26	12	93	15	78	43	-0,43	8	0
21-08-2020//11:34:50	599	26	12	93	15	78	44	-0,46	9	0
21-08-2020//11:34:51	599	27	12	93	15	78	44	-0,49	10	0
21-08-2020//11:34:52	600	27	12	93	15	78	44	-0,54	10	0
21-08-2020//11:34:53	610	26	12	93	15	78	44	-0,32	11	0
21-08-2020//11:34:54	599	26	12	93	15	78	44	-0,23	13	0
21-08-2020//11:34:55	591	26	12	93	15	78	44	-0,18	12	0
21-08-2020//11:34:56	595	27	12	94	15	78	44	-0,15	11	0
21-08-2020//11:34:57	594	27	12	94	15	78	44	-0,12	12	0
21-08-2020//11:34:58	597	27	12	94	15	78	44	-0,11	12	0
21-08-2020//11:34:59	594	27	12	94	15	78	44	-0,07	10	0
21-08-2020//11:35:00	596	27	12	94	15	78	44	-0,07	11	0

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:35:01	600	27	12	94	15	78	44	-0,05	11	0
21-08-2020//11:35:02	598	27	12	94	15	78	44	-0,04	12	3
21-08-2020//11:35:03	602	27	12	94	15	78	44	-0,03	11	3
21-08-2020//11:35:04	596	28	12	94	15	78	44	0	11	3
21-08-2020//11:35:05	603	27	12	94	15	78	44	0	11	5
21-08-2020//11:35:06	597	27	12	94	15	78	44	-0,01	11	5
21-08-2020//11:35:07	607	27	12	94	15	78	44	-0,02	12	5
21-08-2020//11:35:08	601	27	12	95	15	78	45	-0,02	10	13
21-08-2020//11:35:09	602	27	12	95	15	78	45	-0,04	12	13
21-08-2020//11:35:10	599	28	12	95	15	78	45	-0,05	11	13
21-08-2020//11:35:11	599	28	12	95	15	78	45	-0,05	11	17
21-08-2020//11:35:12	600	27	12	95	15	78	45	-0,05	11	17
21-08-2020//11:35:13	602	27	12	95	15	78	45	-0,06	10	22
21-08-2020//11:35:14	602	28	12	95	15	78	45	-0,06	10	0
21-08-2020//11:35:15	599	27	12	95	15	78	45	-0,05	11	0
21-08-2020//11:35:16	600	27	12	95	15	78	45	-0,01	11	0
21-08-2020//11:35:17	599	27	12	95	15	78	45	0,01	12	0
21-08-2020//11:35:18	601	27	12	95	15	78	45	0,03	11	0
21-08-2020//11:35:19	598	28	12	95	15	78	45	0,05	11	0
21-08-2020//11:35:20	603	27	12	95	15	78	45	0,05	12	0
21-08-2020//11:35:21	604	28	12	95	15	78	45	0,08	10	0
21-08-2020//11:35:22	594	29	12	95	15	78	45	0,11	11	0
21-08-2020//11:35:23	603	29	12	95	15	78	45	0,08	10	0
21-08-2020//11:35:24	603	28	12	95	15	78	45	0,07	11	0
21-08-2020//11:35:25	601	28	12	96	15	78	45	0,06	11	0
21-08-2020//11:35:26	604	28	12	96	15	78	45	0,05	10	3
21-08-2020//11:35:27	607	28	12	96	15	78	45	0,08	8	3
21-08-2020//11:35:28	604	27	12	96	15	78	45	0,07	11	3
21-08-2020//11:35:29	601	28	12	96	15	78	45	0,05	10	5
21-08-2020//11:35:30	605	28	12	96	15	78	45	0,02	11	5
21-08-2020//11:35:31	595	28	12	96	15	78	45	0,01	11	5
21-08-2020//11:35:32	597	28	12	96	15	78	45	0,02	10	13
21-08-2020//11:35:33	596	28	12	96	15	78	45	0,02	11	13

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:35:34	598	28	12	96	15	78	45	0	10	17
21-08-2020//11:35:35	596	28	12	96	15	78	45	0	11	18
21-08-2020//11:35:36	598	27	12	96	15	78	45	-0,01	10	18
21-08-2020//11:35:37	599	28	12	96	15	78	45	0	10	23
21-08-2020//11:35:38	602	28	12	96	15	78	45	-0,01	10	23
21-08-2020//11:35:39	601	28	12	96	15	78	45	0	10	23
21-08-2020//11:35:40	601	28	12	96	15	78	45	0,01	10	15
21-08-2020//11:35:41	601	28	12	95	15	78	45	0,01	11	15
21-08-2020//11:35:42	603	28	12	95	15	78	45	0,07	9	15
21-08-2020//11:35:43	605	29	12	95	15	78	45	0,09	8	15
21-08-2020//11:35:44	605	28	12	95	15	78	45	0,07	10	15
21-08-2020//11:35:45	599	28	12	95	15	78	45	0,07	10	15
21-08-2020//11:35:46	600	28	12	94	15	78	45	0,06	11	15
21-08-2020//11:35:47	604	28	12	94	15	78	45	0,05	9	15
21-08-2020//11:35:48	599	28	12	94	15	78	45	0,05	11	15
21-08-2020//11:35:49	598	27	12	94	15	78	45	0,05	10	15
21-08-2020//11:35:50	595	28	12	93	15	78	45	0,04	12	15
21-08-2020//11:35:51	599	28	12	93	15	78	45	0,07	11	15
21-08-2020//11:35:52	595	28	12	93	15	78	45	0,05	8	14
21-08-2020//11:35:53	603	27	12	93	15	78	45	0,04	13	14
21-08-2020//11:35:54	598	27	12	93	15	78	45	0,06	9	15
21-08-2020//11:35:55	610	28	12	92	15	78	45	0,05	11	14
21-08-2020//11:35:56	599	27	12	92	15	78	45	0,05	12	14
21-08-2020//11:35:57	601	27	12	92	15	78	45	0,05	11	14
21-08-2020//11:35:58	604	27	12	92	15	78	45	0,04	12	14
21-08-2020//11:35:59	602	27	12	92	15	78	45	0,05	12	14
21-08-2020//11:36:00	604	27	12	91	15	78	45	0,04	11	14
21-08-2020//11:36:01	595	27	12	91	15	78	45	0,04	11	14
21-08-2020//11:36:02	599	28	12	91	15	78	45	0,03	10	14
21-08-2020//11:36:03	603	27	12	91	15	78	45	0,04	10	14
21-08-2020//11:36:04	601	27	12	91	15	78	45	0,04	11	14
21-08-2020//11:36:05	602	27	16	91	18	78	45	0,06	18	21
21-08-2020//11:36:06	945	35	14	90	20	78	45	0,09	42	28

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:36:07	1287	33	13	90	22	78	45	0,05	32	31
21-08-2020//11:36:08	1617	24	14	90	22	78	45	-0,03	45	38
21-08-2020//11:36:09	1788	25	16	90	23	78	45	-0,01	39	36
21-08-2020//11:36:10	1988	24	15	90	24	78	44	-0,04	44	37
21-08-2020//11:36:11	2080	24	16	90	25	78	44	-0,07	47	38
21-08-2020//11:36:12	2200	28	16	90	26	78	44	0,03	38	35
21-08-2020//11:36:13	2349	25	16	90	26	78	44	0,05	44	36
21-08-2020//11:36:14	2391	29	17	90	27	78	44	0	36	35
21-08-2020//11:36:15	2512	26	17	90	27	78	44	0,11	39	36
21-08-2020//11:36:16	2660	29	18	90	28	78	44	0,07	49	36
21-08-2020//11:36:17	2824	28	18	90	28	78	43	0,05	41	37
21-08-2020//11:36:18	2951	28	18	90	29	78	43	0,09	38	37
21-08-2020//11:36:19	3043	26	18	90	29	78	43	0,02	40	38
21-08-2020//11:36:20	3100	28	18	90	29	78	43	0,05	41	37
21-08-2020//11:36:21	3190	27	18	90	29	78	43	0,05	38	38
21-08-2020//11:36:22	3250	28	18	90	30	78	42	0,03	49	37
21-08-2020//11:36:23	3346	27	18	90	30	78	42	0	48	37
21-08-2020//11:36:24	3422	25	18	90	30	78	42	0,01	47	37
21-08-2020//11:36:25	3469	26	18	90	30	78	42	0,01	47	37
21-08-2020//11:36:26	3491	24	18	90	30	78	42	0,04	47	37
21-08-2020//11:36:27	3477	24	18	90	30	78	42	0,03	47	38
21-08-2020//11:36:28	3502	27	19	91	30	78	42	0,09	46	37
21-08-2020//11:36:29	3633	26	19	91	30	78	41	-0,02	44	35
21-08-2020//11:36:30	3689	22	19	91	29	78	41	0,07	30	38
21-08-2020//11:36:31	3545	22	18	91	29	78	41	0,04	34	36
21-08-2020//11:36:32	3446	23	18	91	29	78	41	0,07	38	37
21-08-2020//11:36:33	3422	23	18	92	30	78	41	0,05	40	37
21-08-2020//11:36:34	3413	24	18	92	30	78	41	0,02	41	37
21-08-2020//11:36:35	3422	25	18	92	30	78	40	0	47	37
21-08-2020//11:36:36	3452	25	18	92	30	78	40	-0,02	47	37
21-08-2020//11:36:37	3478	24	18	92	30	78	40	0,04	47	37
21-08-2020//11:36:38	3518	23	18	93	30	78	40	0,04	46	37
21-08-2020//11:36:39	3513	25	18	93	30	78	40	0,05	46	0

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:36:40	3506	24	19	93	30	78	40	0,04	41	0
21-08-2020//11:36:41	3488	24	19	93	30	78	40	0,07	39	0
21-08-2020//11:36:42	3479	24	19	93	30	78	40	0,04	40	0
21-08-2020//11:36:43	3478	23	19	94	30	78	40	0,03	42	27
21-08-2020//11:36:44	3457	24	19	94	30	78	40	0,07	41	20
21-08-2020//11:36:45	3451	23	19	94	30	78	40	0,05	39	20
21-08-2020//11:36:46	3449	24	19	94	30	78	40	0,06	39	30
21-08-2020//11:36:47	3442	25	18	94	30	78	40	0,04	43	30
21-08-2020//11:36:48	3428	24	18	95	30	78	40	0,01	42	37
21-08-2020//11:36:49	3436	25	18	95	30	78	40	-0,02	41	37
21-08-2020//11:36:50	3432	25	18	95	30	78	39	0,02	41	37
21-08-2020//11:36:51	3433	26	18	95	30	78	39	0	41	37
21-08-2020//11:36:52	3440	24	18	95	30	78	39	0,01	42	38
21-08-2020//11:36:53	3450	25	18	96	30	78	39	-0,01	40	38
21-08-2020//11:36:54	3450	24	18	96	30	78	39	0,04	43	37
21-08-2020//11:36:55	3455	24	18	96	30	78	39	0,07	46	37
21-08-2020//11:36:56	3473	24	18	96	30	78	39	0,03	46	37
21-08-2020//11:36:57	3486	24	18	96	30	78	39	0,02	46	37
21-08-2020//11:36:58	3480	23	18	96	30	78	39	0,07	46	37
21-08-2020//11:36:59	3493	23	18	96	30	78	39	0,04	46	37
21-08-2020//11:37:00	3493	23	18	97	30	78	39	0,02	46	38
21-08-2020//11:37:01	3495	24	18	97	30	78	39	0,05	46	37
21-08-2020//11:37:02	3488	23	18	97	30	78	39	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:03	3491	25	18	97	30	78	39	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:04	3479	25	18	97	30	78	39	0,05	46	37
21-08-2020//11:37:05	3464	25	18	97	30	78	39	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:06	3472	23	18	97	30	78	39	0	46	37
21-08-2020//11:37:07	3473	24	18	96	30	78	39	0,04	46	37
21-08-2020//11:37:08	3470	24	18	96	30	78	39	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:09	3461	24	18	96	30	78	39	0,05	46	38
21-08-2020//11:37:10	3455	24	18	96	30	78	39	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:11	3452	24	18	96	30	78	39	0,06	46	37
21-08-2020//11:37:12	3444	24	18	96	30	78	38	0	46	37

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:37:13	3441	23	18	96	30	78	38	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:14	3448	24	18	96	30	78	38	0,09	46	37
21-08-2020//11:37:15	3455	25	18	96	30	78	38	0,09	46	37
21-08-2020//11:37:16	3455	25	18	96	30	78	38	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:17	3450	24	18	96	30	78	38	0,09	46	37
21-08-2020//11:37:18	3460	23	18	96	30	78	38	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:19	3461	25	18	96	30	78	38	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:20	3461	23	18	95	30	78	38	0,01	46	37
21-08-2020//11:37:21	3464	25	18	95	30	78	38	0,04	46	37
21-08-2020//11:37:22	3460	24	18	95	30	78	38	0,04	46	37
21-08-2020//11:37:23	3441	24	18	95	30	78	38	0,05	46	37
21-08-2020//11:37:24	3449	24	18	95	30	78	38	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:25	3453	24	18	95	30	78	38	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:26	3453	23	18	95	30	78	38	0,04	46	37
21-08-2020//11:37:27	3456	25	18	95	30	78	38	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:28	3458	23	18	95	30	78	38	0,04	46	37
21-08-2020//11:37:29	3460	25	18	95	30	78	38	0,05	46	36
21-08-2020//11:37:30	3471	23	18	94	30	78	38	0,05	46	37
21-08-2020//11:37:31	3468	23	18	94	30	78	38	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:32	3461	24	18	94	30	78	38	0,05	46	37
21-08-2020//11:37:33	3472	23	18	94	30	78	38	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:34	3462	24	18	94	30	78	38	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:35	3469	23	18	94	30	78	38	0,05	46	37
21-08-2020//11:37:36	3474	23	18	94	30	78	38	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:37	3473	24	18	94	30	78	38	0,01	46	37
21-08-2020//11:37:38	3474	24	18	94	30	78	38	0,04	46	37
21-08-2020//11:37:39	3472	23	18	94	30	78	38	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:40	3476	23	18	94	30	78	38	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:41	3472	23	18	93	30	78	38	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:42	3473	23	18	93	30	78	38	-0,01	46	37
21-08-2020//11:37:43	3459	23	18	93	30	78	38	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:44	3440	24	18	93	30	78	38	0,09	47	37
21-08-2020//11:37:45	3437	24	18	93	30	78	38	0	47	37

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:37:46	3443	24	18	93	30	78	37	0,05	46	37
21-08-2020//11:37:47	3458	25	18	93	30	78	37	0,04	46	37
21-08-2020//11:37:48	3465	23	18	93	30	78	37	0	46	37
21-08-2020//11:37:49	3472	23	18	93	30	78	37	0,03	46	37
21-08-2020//11:37:50	3482	23	18	93	30	78	37	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:51	3492	24	18	93	30	78	37	0,01	46	38
21-08-2020//11:37:52	3492	25	18	93	30	78	37	0,02	46	37
21-08-2020//11:37:53	3496	23	18	93	30	78	37	0,05	46	37
21-08-2020//11:37:54	3496	23	18	93	30	78	37	0,07	46	37
21-08-2020//11:37:55	3494	24	18	93	15	78	37	2,65	38	0
21-08-2020//11:37:56	2755	19	16	93	15	78	37	3,39	37	0
21-08-2020//11:37:57	1810	15	15	93	15	78	38	1,35	12	0
21-08-2020//11:37:58	1299	20	15	93	15	78	38	0,21	6	0
21-08-2020//11:37:59	881	24	13	93	15	78	38	-0,18	-1	0
21-08-2020//11:38:00	737	27	12	93	15	78	38	-0,35	5	1
21-08-2020//11:38:01	711	26	12	93	15	78	39	-0,46	9	1
21-08-2020//11:38:02	689	26	12	93	15	78	39	-0,47	8	3
21-08-2020//11:38:03	669	27	12	94	15	78	39	-0,46	7	3
21-08-2020//11:38:04	652	27	12	94	15	78	39	-0,45	6	3
21-08-2020//11:38:05	634	26	12	94	15	78	39	-0,27	9	5
21-08-2020//11:38:06	611	26	12	94	15	78	40	-0,12	12	5
21-08-2020//11:38:07	599	27	12	94	15	78	40	-0,07	13	5
21-08-2020//11:38:08	602	27	12	94	15	78	40	-0,09	11	12
21-08-2020//11:38:09	600	27	12	94	15	78	40	-0,07	12	12
21-08-2020//11:38:10	602	27	12	95	15	78	40	-0,08	12	12
21-08-2020//11:38:11	601	27	12	95	15	78	40	-0,07	11	16
21-08-2020//11:38:12	602	27	12	95	15	78	40	-0,08	12	16
21-08-2020//11:38:13	599	27	12	95	15	78	40	-0,07	11	16
21-08-2020//11:38:14	602	27	12	95	15	78	40	-0,07	12	21
21-08-2020//11:38:15	600	27	12	95	15	78	40	-0,07	11	21
21-08-2020//11:38:16	603	27	12	95	15	78	41	-0,06	13	23
21-08-2020//11:38:17	600	28	12	95	15	78	41	0	9	14
21-08-2020//11:38:18	603	29	12	95	15	78	41	0	9	14

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (Continuación...)

21-08-2020//11:38:19	607	28	12	96	15	78	41	0	9	14
21-08-2020//11:38:20	603	28	12	96	15	78	41	0	10	14
21-08-2020//11:38:21	602	28	12	96	15	78	41	-0,01	10	14
21-08-2020//11:38:22	600	27	12	96	15	78	41	0	11	14
21-08-2020//11:38:23	601	28	12	96	15	78	41	0	10	14
21-08-2020//11:38:24	600	28	12	96	15	78	41	-0,01	11	14
21-08-2020//11:38:25	601	28	12	96	15	78	41	-0,02	10	14
21-08-2020//11:38:26	602	28	12	96	15	78	41	-0,01	11	14
21-08-2020//11:38:27	604	27	12	96	15	78	41	-0,02	10	14
21-08-2020//11:38:28	600	28	12	96	15	78	41	-0,01	10	14
21-08-2020//11:38:29	602	28	12	96	15	78	41	-0,01	11	14
21-08-2020//11:38:30	601	28	12	96	15	78	41	-0,01	10	14
21-08-2020//11:38:31	601	27	12	96	15	78	41	-0,02	10	14
21-08-2020//11:38:32	599	27	12	96	15	78	41	-0,02	10	14
21-08-2020//11:38:33	598	28	12	96	15	78	41	0	12	14
21-08-2020//11:38:34	595	28	12	96	15	78	41	0,04	11	14
21-08-2020//11:38:35	602	28	12	96	15	78	41	0,03	10	14
21-08-2020//11:38:36	600	28	12	96	15	78	41	0,03	11	14
21-08-2020//11:38:37	598	28	12	96	15	78	41	0,05	11	14
21-08-2020//11:38:38	604	28	12	96	15	78	41	0,03	11	14
21-08-2020//11:38:39	596	28	12	96	15	78	41	0,04	11	14
21-08-2020//11:38:40	598	28	12	96	15	78	41	0,04	10	14
21-08-2020//11:38:41	605	28	12	95	15	78	41	0,04	10	14
21-08-2020//11:38:42	597	28	12	95	15	78	41	0,05	10	14
21-08-2020//11:38:43	604	28	12	95	15	78	41	0,04	11	14
21-08-2020//11:38:44	599	28	12	95	15	78	41	0,04	10	14
21-08-2020//11:38:45	605	28	12	95	15	78	41	0,04	12	14
21-08-2020//11:38:46	604	29	12	94	15	78	41	0,04	10	14
21-08-2020//11:38:47	602	28	12	94	15	78	41	0,03	12	14
21-08-2020//11:38:48	599	28	12	94	15	78	42	0,06	12	14
21-08-2020//11:38:49	605	28	12	94	15	78	42	0,02	11	14
21-08-2020//11:38:50	601	28	12	93	15	78	42	0,05	11	14
21-08-2020//11:38:51	601	28	12	93	15	78	42	0,05	11	14

TABLA AXIV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos
de vehículo Mazda 6 (**Continuación...**)

21-08-2020//11:38:52	601	28	12	93	15	78	42	0,04	9	13
21-08-2020//11:38:53	596	27	12	93	15	78	42	0,04	12	14
21-08-2020//11:38:54	590	27	12	93	15	78	42	0,07	11	14
21-08-2020//11:38:55	593	27	12	93	15	78	42	0,04	12	14
21-08-2020//11:38:56	592	27	12	92	15	78	42	0,03	12	14
21-08-2020//11:38:57	598	27	12	92	15	78	42	0,03	11	14

ANEXO V

**TABLA DE EXCEL CON DATOS DE FUNCIONAMIENTO DE
COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE VEHICULO HYUNDAI
TUCSON GENERADA POR EL REGISTRADOR DE DATOS**

TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de
vehículo Hyundai Tucson

Time	Rpm	Map	Tps	Ect	App1	Baro	Iat	O2	Cop	Evap
25-08-2020//11:06:24	665	23	11	99	14	77	71	0,3	3	13
25-08-2020//11:06:25	662	23	11	99	14	77	71	0,1	3	13
25-08-2020//11:06:26	660	23	11	99	14	77	71	0,2	23	13
25-08-2020//11:06:27	649	23	11	99	14	77	71	0,8	29	14
25-08-2020//11:06:27	658	23	11	99	14	77	71	0,3	32	13
25-08-2020//11:06:28	658	23	11	98	14	77	71	0,1	32	13
25-08-2020//11:06:29	656	23	11	97	14	77	71	0,2	30	13
25-08-2020//11:06:30	662	23	11	97	14	77	71	0,7	30	14
25-08-2020//11:06:31	659	23	11	96	14	77	71	0,1	32	13
25-08-2020//11:06:31	668	23	11	96	14	77	71	0,2	30	14
25-08-2020//11:06:32	665	23	11	95	14	77	71	0,7	27	18
25-08-2020//11:06:33	662	23	11	94	14	77	71	0,1	39	18
25-08-2020//11:06:34	665	23	11	93	14	77	71	0,2	40	18
25-08-2020//11:06:34	669	23	11	93	14	77	71	0,6	40	19
25-08-2020//11:06:35	667	23	11	92	14	77	71	0,4	41	19
25-08-2020//11:06:36	658	23	11	91	14	77	71	0,1	41	19
25-08-2020//11:06:37	665	23	11	91	14	77	71	0,7	41	20
25-08-2020//11:06:38	662	23	11	90	14	77	71	0,2	40	20
25-08-2020//11:06:38	662	23	11	90	14	77	71	0,1	41	20
25-08-2020//11:06:39	659	23	11	90	14	77	71	0,7	41	21
25-08-2020//11:06:40	668	23	11	90	14	77	71	0,1	25	19
25-08-2020//11:06:41	665	23	11	90	14	77	71	0,8	24	18
25-08-2020//11:06:42	662	23	11	90	14	77	70	0,1	29	16
25-08-2020//11:06:42	665	23	11	90	14	77	71	0,2	35	16
25-08-2020//11:06:43	669	23	11	90	14	77	71	0,5	40	16
25-08-2020//11:06:44	667	23	11	90	14	77	70	0,1	39	16

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:06:45	658	23	11	90	14	77	70	0,7	28	20
25-08-2020//11:06:46	665	23	11	90	14	77	70	0,8	25	17
25-08-2020//11:06:46	662	23	11	90	14	77	70	0,1	4	14
25-08-2020//11:06:47	658	23	11	90	14	0	70	0,2	13	12
25-08-2020//11:06:48	665	23	11	90	14	77	70	0,8	7	12
25-08-2020//11:06:49	662	23	11	90	14	77	70	0,8	-1	12
25-08-2020//11:06:49	662	23	11	91	14	77	70	0,8	-1	12
25-08-2020//11:06:50	689	23	11	91	18	77	70	0,8	2	12
25-08-2020//11:06:51	707	23	11	91	19	77	70	0,8	30	15
25-08-2020//11:06:52	955	22	11	91	20	77	70	0,7	35	15
25-08-2020//11:06:53	1125	19	11	91	20	77	71	0,6	36	14
25-08-2020//11:06:53	1102	19	11	91	20	77	71	0,1	35	16
25-08-2020//11:06:54	1114	20	12	91	21	77	71	0,7	38	18
25-08-2020//11:06:55	1265	20	12	91	21	77	71	0,1	40	18
25-08-2020//11:06:56	1371	19	12	91	21	77	71	0,1	40	18
25-08-2020//11:06:57	1442	19	12	91	21	77	71	0,8	40	19
25-08-2020//11:06:57	1505	18	12	91	21	77	71	0,3	41	19
25-08-2020//11:06:58	1529	18	12	92	21	77	70	0,7	41	20
25-08-2020//11:06:59	1557	18	13	92	21	77	70	0,1	40	20
25-08-2020//11:07:00	1592	18	13	92	21	77	70	0,6	24	19
25-08-2020//11:07:01	1552	17	12	92	20	77	70	0,1	40	18
25-08-2020//11:07:01	1451	18	12	93	21	77	70	0,8	39	22
25-08-2020//11:07:02	1537	22	13	93	19	77	70	0,4	21	18
25-08-2020//11:07:03	1496	18	12	93	19	77	70	0,1	40	16
25-08-2020//11:07:04	1341	18	12	93	21	77	70	0,2	40	18
25-08-2020//11:07:04	1413	19	12	93	21	77	70	0,8	40	18
25-08-2020//11:07:05	1479	18	12	93	21	77	70	0,6	40	18
25-08-2020//11:07:06	1435	18	12	93	23	77	70	0,5	35	22
25-08-2020//11:07:07	1563	20	13	93	21	77	70	0,6	41	21
25-08-2020//11:07:08	1623	18	12	93	20	77	70	0,1	27	18
25-08-2020//11:07:08	1454	18	12	93	21	77	70	0,7	40	17
25-08-2020//11:07:09	1405	19	12	93	21	77	70	0,1	40	18
25-08-2020//11:07:10	1448	19	12	93	21	77	70	0,8	40	18

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:07:11	1491	18	12	94	21	77	70	0,1	40	18
25-08-2020//11:07:12	1476	18	12	94	21	77	70	0,7	40	18
25-08-2020//11:07:12	1481	18	12	94	21	77	70	0,1	40	18
25-08-2020//11:07:13	1464	19	12	94	21	77	70	0,7	40	18
25-08-2020//11:07:14	1490	18	12	94	21	77	70	0,1	40	18
25-08-2020//11:07:15	1482	19	12	94	21	77	70	0,7	40	18
25-08-2020//11:07:16	1493	18	12	94	21	77	70	0,1	40	18
25-08-2020//11:07:16	1501	18	12	94	21	77	70	0,6	40	18
25-08-2020//11:07:17	1484	18	12	94	21	77	70	0,3	40	17
25-08-2020//11:07:18	1493	18	12	95	21	77	70	0,5	40	17
25-08-2020//11:07:19	1476	18	12	95	21	77	70	0,2	40	17
25-08-2020//11:07:20	1501	18	12	95	21	77	70	0,2	40	16
25-08-2020//11:07:20	1484	18	12	95	21	77	70	0,7	40	16
25-08-2020//11:07:21	1484	18	12	95	21	77	70	0,1	40	16
25-08-2020//11:07:22	1487	18	12	96	21	77	70	0,7	40	16
25-08-2020//11:07:23	1481	18	12	96	21	77	70	0,4	40	15
25-08-2020//11:07:23	1493	18	12	96	21	77	70	0,1	40	15
25-08-2020//11:07:24	1450	19	12	96	21	77	70	0,7	40	15
25-08-2020//11:07:25	1476	18	12	96	21	77	70	0,1	40	14
25-08-2020//11:07:26	1474	18	12	96	21	77	70	0,7	40	14
25-08-2020//11:07:27	1478	18	12	96	21	77	70	0,1	40	14
25-08-2020//11:07:27	1450	18	12	96	21	77	70	0,8	40	14
25-08-2020//11:07:28	1464	18	12	96	21	77	70	0,1	40	13
25-08-2020//11:07:29	1452	18	12	96	21	77	70	0,8	40	13
25-08-2020//11:07:30	1463	18	12	96	21	77	70	0,1	40	13
25-08-2020//11:07:31	1449	18	12	96	21	77	70	0,8	40	12
25-08-2020//11:07:31	1451	18	12	96	21	77	70	0	40	12
25-08-2020//11:07:32	1443	19	12	96	21	77	70	0,7	40	12
25-08-2020//11:07:33	1445	18	12	96	21	77	70	0	40	12
25-08-2020//11:07:34	1448	18	12	96	21	77	70	0,7	40	12
25-08-2020//11:07:35	1437	18	12	96	21	77	70	0,1	40	11
25-08-2020//11:07:35	1448	18	12	96	21	77	70	0,7	40	11
25-08-2020//11:07:36	1449	18	12	97	21	77	70	0,1	5	10

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:07:37	1285	18	12	97	14	77	70	0,1	12	8
25-08-2020//11:07:38	868	18	11	97	14	77	70	0,3	9	8
25-08-2020//11:07:38	740	22	11	97	14	77	70	0,8	1	8
25-08-2020//11:07:39	724	23	11	97	14	77	70	0,8	2	8
25-08-2020//11:07:40	692	23	11	97	14	77	70	0	0	8
25-08-2020//11:07:41	692	23	11	97	14	77	70	0,8	0	8
25-08-2020//11:07:42	681	23	11	97	14	77	70	0,8	2	7
25-08-2020//11:07:42	668	23	11	97	14	77	70	0,8	2	7
25-08-2020//11:07:43	667	23	11	97	14	77	70	0,8	3	7
25-08-2020//11:07:44	673	23	11	97	14	77	70	0,8	3	7
25-08-2020//11:07:45	658	23	11	97	14	77	70	0,7	3	7
25-08-2020//11:07:46	662	23	11	97	14	77	70	0,7	3	7
25-08-2020//11:07:46	660	23	11	98	14	77	70	0,6	4	7
25-08-2020//11:07:47	664	23	11	98	14	77	70	0,1	4	7
25-08-2020//11:07:48	665	23	11	98	14	77	70	0,1	4	6
25-08-2020//11:07:49	663	23	11	98	14	77	70	0,1	4	6
25-08-2020//11:07:50	662	23	11	98	14	77	70	0,2	4	6
25-08-2020//11:07:50	663	23	11	98	14	77	70	0,7	4	6
25-08-2020//11:07:51	665	23	11	98	14	77	70	0,7	4	6
25-08-2020//11:07:52	655	23	11	98	14	77	70	0,2	3	5
25-08-2020//11:07:53	659	23	11	98	14	77	70	0,1	5	5
25-08-2020//11:07:53	668	23	11	98	14	77	70	0,1	2	5
25-08-2020//11:07:54	667	23	11	98	14	77	70	0,4	3	5
25-08-2020//11:07:55	660	23	11	99	14	77	70	0,7	5	3
25-08-2020//11:07:56	665	23	11	99	14	77	70	0,6	4	2
25-08-2020//11:07:57	661	23	11	99	14	77	70	0,1	6	0
25-08-2020//11:07:57	660	23	11	99	14	77	70	0,1	4	0
25-08-2020//11:07:58	665	23	11	99	14	77	70	0,1	5	0
25-08-2020//11:07:59	671	23	11	99	14	77	70	0,1	4	0
25-08-2020//11:08:00	670	23	11	99	14	77	70	0,2	3	0
25-08-2020//11:08:01	669	23	11	99	14	77	70	0,7	2	0
25-08-2020//11:08:01	667	23	11	99	14	77	70	0,7	2	0
25-08-2020//11:08:02	658	23	11	99	14	77	70	0,5	4	0

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:08:03	666	23	11	99	14	77	70	0,1	3	0
25-08-2020//11:08:04	661	23	11	99	14	77	70	0,1	2	0
25-08-2020//11:08:05	665	23	11	99	14	77	70	0,7	2	0
25-08-2020//11:08:05	669	23	11	99	14	77	70	0,7	3	0
25-08-2020//11:08:06	660	23	11	99	14	77	70	0,5	4	0
25-08-2020//11:08:07	664	23	11	99	14	77	70	0,1	2	0
25-08-2020//11:08:08	661	23	11	99	14	77	70	0,1	2	0
25-08-2020//11:08:08	667	23	11	99	14	77	70	0,6	2	0
25-08-2020//11:08:09	666	23	11	99	14	77	70	0,7	3	0
25-08-2020//11:08:10	663	23	11	99	18	77	70	0,6	26	0
25-08-2020//11:08:11	746	23	11	99	19	77	70	0,1	31	0
25-08-2020//11:08:12	889	20	11	99	19	77	70	0,1	33	0
25-08-2020//11:08:12	904	20	12	99	20	3	70	0,7	32	0
25-08-2020//11:08:13	1049	21	12	99	21	77	70	0,4	37	0
25-08-2020//11:08:14	1203	20	12	99	21	77	70	0,1	38	0
25-08-2020//11:08:15	1311	19	12	99	21	77	70	0,1	39	0
25-08-2020//11:08:16	1359	19	13	99	22	77	70	0,5	39	0
25-08-2020//11:08:16	1531	21	14	99	22	77	70	0,7	40	0
25-08-2020//11:08:17	1792	20	14	99	21	77	70	0,2	33	0
25-08-2020//11:08:18	1997	20	14	99	22	77	70	0,1	41	0
25-08-2020//11:08:19	2097	20	14	99	22	77	70	0,4	41	0
25-08-2020//11:08:20	2171	20	14	99	22	77	70	0,8	42	0
25-08-2020//11:08:20	2270	19	14	99	22	77	70	0,1	42	0
25-08-2020//11:08:21	2301	20	14	99	22	77	70	0,3	42	0
25-08-2020//11:08:22	2260	19	14	99	22	77	70	0,7	42	0
25-08-2020//11:08:23	2250	19	14	99	22	77	70	0,8	42	0
25-08-2020//11:08:23	2299	19	14	99	22	77	70	0,1	42	0
25-08-2020//11:08:24	2316	19	14	99	22	77	70	0,1	42	0
25-08-2020//11:08:25	2328	19	14	99	22	77	69	0,1	41	0
25-08-2020//11:08:26	2354	19	14	99	22	77	69	0,6	42	0
25-08-2020//11:08:27	2362	19	14	99	22	77	69	0,6	42	0
25-08-2020//11:08:27	2390	20	16	99	24	77	69	0,7	28	0
25-08-2020//11:08:28	2618	20	15	99	22	77	69	0,2	46	0

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:08:29	2733	20	16	99	22	77	69	0,2	48	0
25-08-2020//11:08:30	2777	18	14	98	20	77	69	0,7	44	0
25-08-2020//11:08:31	2439	18	15	98	22	77	69	0,7	33	0
25-08-2020//11:08:31	2394	19	15	97	22	77	69	0,4	42	0
25-08-2020//11:08:32	2401	19	15	97	22	77	69	0,1	42	5
25-08-2020//11:08:33	2405	19	15	97	22	77	69	0,7	42	7
25-08-2020//11:08:34	2412	19	15	96	22	77	69	0,7	42	9
25-08-2020//11:08:35	2420	19	15	96	22	77	69	0,7	42	10
25-08-2020//11:08:35	2429	19	15	96	22	77	69	0,7	42	12
25-08-2020//11:08:36	2427	19	15	96	22	77	69	0,7	42	13
25-08-2020//11:08:37	2436	19	15	96	22	77	69	0,7	42	15
25-08-2020//11:08:38	2460	19	15	95	22	77	69	0,7	42	17
25-08-2020//11:08:39	2486	19	15	95	22	77	69	0,8	42	19
25-08-2020//11:08:39	2512	19	15	94	22	77	69	0,8	43	20
25-08-2020//11:08:40	2558	19	15	94	22	77	69	0,7	44	22
25-08-2020//11:08:41	2595	19	15	94	21	77	69	0,8	40	23
25-08-2020//11:08:42	2544	18	14	94	21	77	69	0,8	39	25
25-08-2020//11:08:42	2489	18	14	93	22	77	69	0,6	39	25
25-08-2020//11:08:43	2431	18	14	93	22	77	69	0,3	42	28
25-08-2020//11:08:44	2438	19	14	93	22	77	69	0,5	42	30
25-08-2020//11:08:45	2483	19	14	93	22	77	69	0,2	42	32
25-08-2020//11:08:46	2508	19	14	93	22	77	69	0,4	43	32
25-08-2020//11:08:46	2522	19	14	93	22	77	69	0,4	43	32
25-08-2020//11:08:47	2519	19	14	93	22	77	69	0,5	41	32
25-08-2020//11:08:48	2531	18	14	93	22	77	69	0,7	44	32
25-08-2020//11:08:49	2538	18	14	93	22	77	68	0,8	44	32
25-08-2020//11:08:50	2546	18	14	93	22	77	68	0,7	38	32
25-08-2020//11:08:50	2549	18	14	93	22	77	68	0,2	44	32
25-08-2020//11:08:51	2545	18	14	93	22	77	68	0,1	44	32
25-08-2020//11:08:52	2546	18	14	93	22	77	68	0,1	43	32
25-08-2020//11:08:53	2537	19	14	93	22	77	68	0,1	43	32
25-08-2020//11:08:54	2537	19	14	93	22	77	68	0,5	39	32
25-08-2020//11:08:54	2546	18	14	94	22	77	68	0,6	44	32

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:08:55	2545	18	14	94	22	77	68	0,7	43	32
25-08-2020//11:08:56	2559	18	14	94	22	77	68	0,7	44	32
25-08-2020//11:08:57	2561	18	14	94	22	77	68	0,8	44	32
25-08-2020//11:08:57	2569	18	14	94	22	77	68	0,7	44	32
25-08-2020//11:08:58	2572	18	14	94	22	77	68	0,6	44	32
25-08-2020//11:08:59	2566	18	14	95	22	77	68	0,2	44	32
25-08-2020//11:09:00	2578	18	14	95	22	77	68	0,1	40	32
25-08-2020//11:09:01	2582	18	14	96	22	77	68	0,1	39	32
25-08-2020//11:09:01	2570	18	14	96	22	77	68	0,4	40	32
25-08-2020//11:09:02	2573	18	14	96	22	77	68	0,7	37	32
25-08-2020//11:09:03	2561	18	14	96	22	77	68	0,7	41	32
25-08-2020//11:09:04	2558	18	14	96	22	77	68	0,8	41	32
25-08-2020//11:09:05	2545	18	14	96	22	77	68	0,8	44	32
25-08-2020//11:09:05	2548	18	14	96	22	77	68	0,8	44	32
25-08-2020//11:09:06	2541	18	14	96	22	77	68	0,7	38	32
25-08-2020//11:09:07	2540	19	14	96	22	77	68	0,7	38	32
25-08-2020//11:09:08	2535	19	14	97	22	77	68	0,2	41	32
25-08-2020//11:09:09	2544	18	14	97	22	77	68	0,1	35	32
25-08-2020//11:09:09	2545	18	14	97	22	77	68	0,1	39	32
25-08-2020//11:09:10	2529	18	14	97	22	77	68	0,4	38	31
25-08-2020//11:09:11	2493	18	14	97	22	77	68	0,5	40	31
25-08-2020//11:09:12	2457	18	14	97	22	77	68	0,7	36	31
25-08-2020//11:09:12	2448	18	14	97	22	77	68	0,4	43	31
25-08-2020//11:09:13	2457	18	14	98	22	77	68	0,1	43	30
25-08-2020//11:09:14	2459	18	14	98	22	77	68	0,1	43	31
25-08-2020//11:09:15	2459	18	14	98	22	77	68	0,1	43	31
25-08-2020//11:09:16	2464	18	14	98	22	77	68	0,1	38	30
25-08-2020//11:09:16	2460	18	14	99	22	77	68	0,1	41	30
25-08-2020//11:09:17	2450	18	14	99	22	77	68	0,1	39	30
25-08-2020//11:09:18	2439	18	14	99	22	77	68	0,3	39	30
25-08-2020//11:09:19	2428	18	14	99	22	77	68	0,8	43	30
25-08-2020//11:09:20	2444	18	14	99	22	77	67	0,8	43	30
25-08-2020//11:09:20	2452	18	14	99	22	77	67	0,3	43	30

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:09:21	2463	18	14	99	22	77	67	0,1	43	30
25-08-2020//11:09:22	2459	18	14	99	22	77	67	0,1	43	30
25-08-2020//11:09:23	2459	19	14	99	22	77	67	0,4	42	29
25-08-2020//11:09:24	2376	18	14	99	22	77	67	0,6	42	29
25-08-2020//11:09:24	2319	18	16	99	14	77	67	0	-5	0
25-08-2020//11:09:25	1490	24	12	99	14	77	67	0,0	0	1
25-08-2020//11:09:26	1490	24	12	99	14	77	67	0,7	0	1
25-08-2020//11:09:27	998	18	11	100	14	77	67	0,5	25	1
25-08-2020//11:09:27	778	21	11	100	14	77	67	0,9	3	1
25-08-2020//11:09:28	719	25	11	100	14	77	67	0,9	-1	1
25-08-2020//11:09:29	710	25	11	100	14	77	68	0,9	0	1
25-08-2020//11:09:30	691	24	11	100	14	77	68	0,9	1	1
25-08-2020//11:09:31	678	25	11	100	14	77	68	0,9	0	1
25-08-2020//11:09:31	674	25	11	100	14	77	68	0,9	0	1
25-08-2020//11:09:32	668	25	11	100	14	77	68	0,9	1	1
25-08-2020//11:09:33	667	25	11	100	14	77	68	0,9	0	1
25-08-2020//11:09:34	667	25	11	100	14	77	68	0,9	1	1
25-08-2020//11:09:35	666	25	11	100	14	77	68	0,9	2	1
25-08-2020//11:09:35	658	25	11	100	14	77	68	0,9	2	1
25-08-2020//11:09:36	655	25	11	100	14	77	68	0,9	2	1
25-08-2020//11:09:37	660	25	11	100	14	77	68	0,9	3	1
25-08-2020//11:09:38	657	24	11	99	14	77	68	0,9	5	1
25-08-2020//11:09:39	657	24	11	99	14	77	68	0,9	5	1
25-08-2020//11:09:39	661	24	11	99	14	77	68	0,9	4	0
25-08-2020//11:09:40	659	24	11	99	14	77	68	0,9	5	12
25-08-2020//11:09:41	659	24	11	99	14	77	68	0,8	2	13
25-08-2020//11:09:42	671	25	11	98	14	77	68	0,8	1	13
25-08-2020//11:09:43	664	25	11	97	14	77	68	0,8	2	13
25-08-2020//11:09:43	668	25	11	97	14	77	68	0,8	2	12
25-08-2020//11:09:44	665	25	11	96	14	77	68	0,8	2	13
25-08-2020//11:09:45	664	25	11	96	14	77	69	0,7	3	13
25-08-2020//11:09:46	662	25	11	96	14	77	69	0,7	3	12
25-08-2020//11:09:46	658	25	11	96	14	77	69	0,7	5	12

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:09:47	657	25	11	95	14	77	69	0,6	4	12
25-08-2020//11:09:48	655	25	11	94	14	77	69	0,1	-1	12
25-08-2020//11:09:49	665	23	10	94	14	77	69	0,1	6	12
25-08-2020//11:09:50	658	23	10	94	14	77	69	0,1	5	12
25-08-2020//11:09:50	659	23	10	93	14	77	69	0,2	3	12
25-08-2020//11:09:51	662	23	10	93	14	77	69	0,6	5	12
25-08-2020//11:09:52	659	23	10	93	14	77	69	0,7	3	12
25-08-2020//11:09:53	662	23	10	93	14	77	69	0,3	2	12
25-08-2020//11:09:54	663	23	10	93	14	77	69	0,1	2	12
25-08-2020//11:09:54	668	23	10	92	14	77	69	0,2	2	12
25-08-2020//11:09:55	662	23	10	92	14	77	69	0,7	4	12
25-08-2020//11:09:56	658	23	10	91	14	77	69	0,7	6	12
25-08-2020//11:09:57	662	23	10	91	14	77	69	0,2	6	12
25-08-2020//11:09:58	660	23	10	91	14	0	69	0,1	3	12
25-08-2020//11:09:58	663	23	10	91	14	77	69	0,2	4	12
25-08-2020//11:09:59	670	23	10	91	14	77	69	0,6	4	12
25-08-2020//11:10:00	668	23	10	90	18	77	69	0,6	25	13
25-08-2020//11:10:01	782	24	11	90	19	77	69	0,2	29	14
25-08-2020//11:10:01	939	20	11	90	21	77	69	0,1	30	16
25-08-2020//11:10:02	1066	22	12	90	21	77	69	0,4	38	18
25-08-2020//11:10:03	1315	19	12	90	21	77	69	0,1	40	18
25-08-2020//11:10:04	1399	19	12	90	21	77	69	0,4	40	18
25-08-2020//11:10:05	1445	19	12	90	21	77	69	0,7	40	18
25-08-2020//11:10:05	1456	18	12	90	21	77	69	0,1	40	18
25-08-2020//11:10:06	1482	18	12	90	21	77	69	0,6	40	19
25-08-2020//11:10:07	1475	19	12	90	21	77	69	0,4	40	20
25-08-2020//11:10:08	1559	18	13	90	21	77	69	0,1	40	21
25-08-2020//11:10:09	1630	18	13	90	21	77	69	0,7	41	21
25-08-2020//11:10:09	1728	18	13	90	21	77	69	0,1	40	22
25-08-2020//11:10:10	1831	18	13	90	21	77	69	0,6	40	23
25-08-2020//11:10:11	1890	19	13	91	21	77	69	0,7	41	23
25-08-2020//11:10:12	1940	19	13	91	21	77	69	0,1	41	24
25-08-2020//11:10:13	1951	20	14	91	22	77	69	0,7	41	26

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:10:13	2059	20	14	91	22	77	69	0,1	41	27
25-08-2020//11:10:14	2176	22	15	91	23	77	69	0,7	35	36
25-08-2020//11:10:15	2546	21	16	91	23	77	69	0,1	46	35
25-08-2020//11:10:16	2825	21	16	92	23	77	69	0,1	50	32
25-08-2020//11:10:16	2992	22	16	92	23	77	69	0,3	51	32
25-08-2020//11:10:17	3169	23	16	92	23	77	69	0,2	50	31
25-08-2020//11:10:18	3358	22	16	93	23	77	69	0,3	51	27
25-08-2020//11:10:19	3415	21	16	93	22	77	69	0,2	51	24
25-08-2020//11:10:20	3392	21	16	93	22	77	69	0,2	51	21
25-08-2020//11:10:20	3387	21	16	93	22	77	69	0,3	51	20
25-08-2020//11:10:21	3378	21	16	93	22	77	69	0,4	51	17
25-08-2020//11:10:22	3376	21	16	93	22	77	69	0,4	51	15
25-08-2020//11:10:23	3392	21	16	93	23	77	68	0,4	51	13
25-08-2020//11:10:24	3409	21	16	94	23	77	68	0,3	51	11
25-08-2020//11:10:24	3410	21	17	94	23	77	68	0,6	50	9
25-08-2020//11:10:25	3497	22	17	94	23	77	68	0,7	50	7
25-08-2020//11:10:26	3571	21	17	94	23	77	68	0,7	51	0
25-08-2020//11:10:27	3555	21	17	95	23	77	68	0,7	51	0
25-08-2020//11:10:28	3560	21	17	95	23	77	68	0,6	51	0
25-08-2020//11:10:28	3557	21	17	96	23	77	68	0,6	51	0
25-08-2020//11:10:29	3555	21	17	96	23	77	68	0,4	51	0
25-08-2020//11:10:30	3562	21	17	96	23	77	68	0,3	51	0
25-08-2020//11:10:31	3564	21	17	96	23	77	68	0,1	33	0
25-08-2020//11:10:31	3454	19	16	96	23	77	67	0,1	52	0
25-08-2020//11:10:32	3205	21	16	96	23	77	67	0,1	28	0
25-08-2020//11:10:33	2969	20	15	96	24	77	67	0,0	23	0
25-08-2020//11:10:34	2600	28	15	97	22	77	67	0,8	43	0
25-08-2020//11:10:35	2435	17	14	97	22	77	67	0,9	43	0
25-08-2020//11:10:35	2467	18	15	97	23	77	67	0,9	44	0
25-08-2020//11:10:36	2863	21	16	97	23	77	67	0,4	51	0
25-08-2020//11:10:37	2997	21	16	97	23	77	67	0,1	51	0
25-08-2020//11:10:38	3128	22	16	97	23	77	67	0,5	51	0
25-08-2020//11:10:39	3278	22	16	98	23	77	67	0,7	50	0

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:10:39	3408	22	16	98	23	77	67	0,7	50	0
25-08-2020//11:10:40	3537	21	17	99	22	77	67	0,4	51	0
25-08-2020//11:10:41	3537	21	17	99	22	77	67	0,1	0	0
25-08-2020//11:10:42	3534	21	16	99	22	77	67	0,5	51	0
25-08-2020//11:10:43	3537	21	16	99	22	77	67	0,4	51	0
25-08-2020//11:10:43	3539	21	16	99	22	77	67	0,8	51	0
25-08-2020//11:10:44	3543	21	16	99	22	77	67	0,7	44	0
25-08-2020//11:10:45	3521	21	16	99	22	77	67	0,6	51	0
25-08-2020//11:10:46	3472	22	16	99	23	77	67	0,6	51	0
25-08-2020//11:10:46	3466	21	16	100	23	77	66	0,8	51	0
25-08-2020//11:10:47	3479	21	16	100	23	77	66	0,8	51	0
25-08-2020//11:10:48	3478	21	16	99	23	77	66	0,5	28	0
25-08-2020//11:10:49	3421	20	16	99	23	77	66	0,1	52	0
25-08-2020//11:10:50	3159	21	16	99	23	77	66	0,0	33	0
25-08-2020//11:10:50	2915	20	16	99	26	77	66	0,1	23	0
25-08-2020//11:10:51	2658	18	18	99	14	77	66	0	-4	0
25-08-2020//11:10:52	1947	22	13	99	20	77	66	0,9	42	0
25-08-2020//11:10:53	2420	24	16	98	23	77	66	0,9	46	0
25-08-2020//11:10:54	2835	21	16	98	23	77	66	0,8	50	0
25-08-2020//11:10:54	3116	23	16	97	23	77	66	0,1	50	0
25-08-2020//11:10:55	3336	24	17	96	23	77	66	0,6	39	0
25-08-2020//11:10:56	3510	21	16	96	23	77	66	0,7	51	0
25-08-2020//11:10:57	3458	21	16	96	23	77	66	0,7	51	0
25-08-2020//11:10:58	3446	21	16	96	23	77	66	0,7	51	0
25-08-2020//11:10:58	3438	21	16	96	23	77	66	0,7	50	0
25-08-2020//11:10:59	3482	22	17	95	23	77	66	0,8	50	0
25-08-2020//11:11:00	3533	22	17	95	23	77	66	0,8	50	0
25-08-2020//11:11:01	3593	21	17	94	23	77	66	0,6	50	0
25-08-2020//11:11:01	3614	21	17	94	23	77	66	0,4	50	0
25-08-2020//11:11:02	3666	21	17	94	23	77	66	0,2	50	0
25-08-2020//11:11:03	3688	21	17	93	23	77	66	0,8	50	0
25-08-2020//11:11:04	3689	21	16	93	22	77	66	0,3	51	0
25-08-2020//11:11:05	3574	20	16	93	23	77	66	0,7	51	0

**TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)**

25-08-2020//11:11:05	3525	21	16	93	23	77	66	0,4	51	0
25-08-2020//11:11:06	3507	21	16	93	23	77	66	0,2	51	0
25-08-2020//11:11:07	3448	20	16	94	23	77	66	0,1	52	0
25-08-2020//11:11:08	3189	23	15	94	24	77	66	0,1	52	0
25-08-2020//11:11:09	2960	20	15	94	25	77	66	0,0	37	0
25-08-2020//11:11:09	2707	19	18	94	14	77	66	0	-4	0
25-08-2020//11:11:10	1225	19	11	94	14	77	66	0,0	6	0
25-08-2020//11:11:11	904	18	11	94	14	77	66	0,8	8	0
25-08-2020//11:11:12	687	24	11	95	14	77	66	0,9	-3	0
25-08-2020//11:11:13	693	24	11	95	14	0	66	0,9	0	0
25-08-2020//11:11:13	691	23	11	95	14	77	66	0,9	0	0
25-08-2020//11:11:14	678	23	11	96	14	77	66	0,9	2	0
25-08-2020//11:11:15	670	23	11	96	14	77	66	0,9	2	0
25-08-2020//11:11:16	666	23	11	96	14	77	66	0,9	0	0
25-08-2020//11:11:17	667	23	11	96	14	77	66	0,9	2	0
25-08-2020//11:11:17	665	23	11	96	14	77	66	0,9	1	0
25-08-2020//11:11:18	669	23	11	96	14	77	66	0,9	1	0
25-08-2020//11:11:19	664	23	11	96	14	77	66	0,9	2	0
25-08-2020//11:11:20	662	23	10	96	14	77	66	0,9	1	0
25-08-2020//11:11:20	656	23	10	96	14	77	66	0,9	2	0
25-08-2020//11:11:21	667	23	10	96	14	77	66	0,9	0	0
25-08-2020//11:11:22	667	23	10	96	14	77	66	0,8	66	0
25-08-2020//11:11:23	659	23	10	96	14	77	66	0,8	6	0
25-08-2020//11:11:24	657	23	10	96	14	77	67	0,7	5	0
25-08-2020//11:11:24	653	23	10	96	14	77	67	0,7	6	0
25-08-2020//11:11:25	657	23	10	96	14	77	67	0,6	6	0
25-08-2020//11:11:26	659	23	10	96	14	77	67	0,1	6	0
25-08-2020//11:11:27	658	23	10	96	14	77	67	0,1	5	0
25-08-2020//11:11:28	664	23	11	97	14	77	67	0,1	4	0
25-08-2020//11:11:28	669	23	11	97	14	77	67	0,2	2	0
25-08-2020//11:11:29	667	23	11	97	14	77	67	0,7	3	0
25-08-2020//11:11:30	667	23	11	97	14	77	67	0,7	4	0
25-08-2020//11:11:31	664	23	11	97	14	77	67	0,6	5	0

TABLA AXV. Datos de funcionamiento de componentes electrónicos de vehículo
Hyundai Tucson (Continuación...)

25-08-2020//11:11:32	664	23	11	97	14	77	67	0,2	4	0
25-08-2020//11:11:32	661	23	11	97	14	77	67	0,1	4	0
25-08-2020//11:11:33	666	23	11	97	14	77	67	0,1	3	0
25-08-2020//11:11:34	668	23	11	97	14	77	67	0,7	5	0
25-08-2020//11:11:35	662	23	11	97	14	77	67	0,6	5	0
25-08-2020//11:11:35	659	23	11	97	14	77	67	0,1	4	0
25-08-2020//11:11:36	669	23	11	97	14	77	67	0,1	4	0
25-08-2020//11:11:37	663	23	11	97	14	77	67	0,2	3	0
25-08-2020//11:11:38	662	23	11	98	14	77	67	0,7	3	0
25-08-2020//11:11:39	665	23	11	98	14	77	67	0,7	3	0
25-08-2020//11:11:39	660	23	11	98	14	77	67	0,5	4	0
25-08-2020//11:11:40	658	23	11	98	14	77	68	0,1	4	0
25-08-2020//11:11:41	664	23	11	98	14	77	68	0,1	3	0
25-08-2020//11:11:42	668	23	11	98	14	77	68	0,2	5	0
25-08-2020//11:11:43	669	23	11	98	14	77	68	0,7	3	0
25-08-2020//11:11:43	656	23	11	98	14	77	68	0,7	4	0