



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

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: INVESTIGACIÓN DE LA GENERACIÓN DE EMISIONES  
CONTAMINANTES PRODUCIDAS POR LA VARIACIÓN DE LA  
PRESIÓN DE COMBUSTIBLE EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN  
EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GASOLINA-DIESEL**

**AUTORES: AARÓN ISRAEL CORREA ALDAZ  
JOSÉ LUIS FUENTES ALTAMIRANO**

**DIRECTOR: ING LEONIDAS QUIROZ**

**LATACUNGA**

**2017**




**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Que el trabajo titulado “**INVESTIGACIÓN DE LA GENERACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES PRODUCIDAS POR LA VARIACIÓN DE LA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GASOLINA-DIESEL**”, realizado por los señores **AARÓN ISRAEL CORREA ALDAZ**, y **JOSÉ LUIS FUENTES ALTAMIRANO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **AARÓN ISRAEL CORREA ALDAZ**, y **JOSÉ LUIS FUENTES ALTAMIRANO** para que lo sustenten públicamente.

Latacunga 9 de febrero del 2017



---

LEONIDAS ANTONIO QUIROZ ERAZO  
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **AARÓN ISRAEL CORREA ALDAZ** con cédula de identidad N° 1714560446, y **JOSÉ LUIS FUENTES ALTAMIRANO** con cédula de identidad N° 1723591051 declaro que este trabajo de titulación “INVESTIGACIÓN DE LA GENERACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES PRODUCIDAS POR LA VARIACIÓN DE LA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GASOLINA-DIESEL” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga 9 de febrero del 2017

Aarón Israel Correa Aldaz  
C.C.: 1714560446

José Luis Fuentes Altamirano  
C.C.: 1723591051



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA  
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **AARÓN ISRAEL CORREA ALDAZ**, y **JOSÉ LUIS FUENTES ALTAMIRANO**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DE LA GENERACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES PRODUCIDAS POR LA VARIACIÓN DE LA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA GASOLINA-DIESEL”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad. |

Latacunga 9 de febrero del 2017.

Aarón Israel Correa Aldaz  
C.C.: 1714560446

José Luis Fuentes Altamirano  
C.C.: 1723591051

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi madre Teito que me cuida y bendice desde el cielo y por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor. A mi padre Ricardo por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre, pese a los obstáculos que se nos han presentado hemos salido adelante juntos y con alegría. A mis hermanos por estar siempre presentes acompañándome, apoyándome y deseándome todo lo mejor.

A todo el resto de familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría y paciencia para apoyarme en la culminación de esta etapa de mi vida. A todos en general por darme el tiempo para realizarme profesionalmente.

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis a queridos padres Bayardo y Judith, que con su esfuerzo, trabajo, y sacrificio me apoyaron incondicionalmente, sin importar los obstáculos que se presentaron en este difícil camino estudiantil para llegar a ser un profesional, todas sus bendiciones derramadas sobre mi fueron la motivación para alcanzar este objetivo tan anhelado y esperado en mi vida.

A mis queridos hermanos Christian y Hernán por su preocupación e interés hacia mí, quienes me han apoyado de una u otra manera para poder alcanzar este objetivo, siendo cada uno un ejemplo de lucha a seguir.

José Luis Fuentes Altamirano

## AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios y a la santísima Virgen del Quinche por haberme protegido durante todo el tiempo que he pasado lejos de mi familia estudiando, por alejarme de malos caminos y personas; Agradezco a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por sus palabras antes de partir y por todas sus bendiciones derramadas sobre mí, gracias a mi padre por sus consejos y apoyo incondicional.

A mis hermanos por la confianza y apoyo que me han sabido brindar pese a la distancia, y ser mi modelo de fuerza y perseverancia a seguir; A mis tíos que muchas veces han sido como padre y madre al brindarme todo su apoyo y cariño en los malos momentos y me han ayudado a seguir adelante con fuerza y perseverancia.

A mis primos por todas las alegrías y locuras que hemos vivido juntos y las cuales nos han servido para madurar y darnos cuenta que debemos esforzarnos para cumplir nuestros sueños; A TI por tu gran apoyo y consejos en los momentos malos que me ha tocado atravesar en el transcurso de mi formación académica.

A mis amigos por su gran amistad, apoyo y compañía que lograron hacer más llevadero este periodo y que sin duda alguna lograron hacer de esta etapa algo especial e inolvidable.

Al ingeniero Leonidas Quiroz por brindarnos sus conocimientos y ser un gran guía en el desarrollo de este proyecto. Al ingeniero José Quiroz por su confianza, amistad y predisposición; A la Universidad de las Fuerzas Armadas por haberme permitido continuar con mis estudios; a cada uno de los docentes que aportaron no solo conocimientos académicos sino también lecciones de vida para estar preparado a afrontar lo que me depara de aquí en adelante.

Aarón Israel Correa Aldaz

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, por cuidarme, guiarme y por brindarme salud cada día y en cada momento, para poder luchar y alcanzar esta meta tan deseada.

A mis queridos padres, a mi familia quienes sin duda confiaron en mí, que cada consejo, cada palabra de motivación, fueron motivo de constancia para culminar mi carrera.

A mis amigos con quienes compartimos grandes experiencias dentro y fuera de las aulas en este largo camino estudiantil, haciendo es esto una inolvidable etapa de vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga por acogerme y por contribuir con mi formación profesional, con grandes enseñanzas y conocimientos.

Al Ing. Leonidas Quiroz por su aporte de enseñanza durante mi formación académica, y además por la confianza, paciencia, y predisposición brindada para poder desarrollar el presente proyecto de titulación

José Luis Fuentes Altamirano



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xxvi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxxv
RESUMEN .....	xxxvi
ABSTRACT.....	xxxvii

## CAPÍTULO I

GENERALIDADES .....	1
1. Antecedentes.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Descripción resumida del proyecto.....	4
1.3. Justificación e importancia.....	5
1.4. Objetivos del proyecto .....	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos .....	6
1.5. Metas.....	7
1.6. Hipótesis.....	7

1.7. Variables de la investigación .....	8
1.7.1. Variables independientes.....	8
1.7.2. Variables dependientes .....	9

## **CAPÍTULO II**

<b>EMISIONES CONTAMINANTES Y SISTEMAS DE ALIMENTACION DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA .....</b>	<b>10</b>
2.1. Emisiones contaminantes producidas por vehículos .....	10
2.1.1. Descripción .....	10
2.1.2. Tipos de emisiones contaminantes.....	11
2.1.3. Combustión completa e incompleta .....	13
2.1.4. Interpretación de los gases de escape de los vehículos.....	13
2.2. Normativa .....	18
2.2.1. Normativa Ecuatoriana .....	18
2.2.2. Normativa Mexicana .....	22
2.2.3. Impacto en la salud por cada gas .....	25
2.2.4. Impacto en el medio ambiente .....	27
2.3. Analizador de gases brain bee ags-688 .....	28
2.3.1. Componentes del equipo .....	29
2.3.2. Accesorios del equipo .....	32
2.3.3. Mantenimiento del equipo .....	33
2.4. Osciloscopio otc .....	39
2.4.1. Elementos .....	40
2.4.2. Características .....	40
2.5. Scanner de diagnóstico automotriz g-scan 2.....	41
2.5.1. Elementos .....	41
2.5.2. Características .....	42

2.5.3. Funciones especiales .....	42
2.6. Sistema de alimentación del vehículo kia rio xcite 1.4.....	43
2.6.1. Especificaciones técnicas .....	45
2.6.2. Componentes del sistema de alimentación .....	46
2.6.3. Revisión técnica mecánica .....	54
2.6.4. Mantenimiento .....	62
2.7 Sistema alimentación crdi del vehículo mazda bt-50.....	63
2.7.1 Especificaciones Técnicas .....	64
2.7.2 Estructura del Sistema .....	65
2.7.3 Control del sistema .....	75
2.7.4 Revisión técnica mecánica.....	78
2.7.5. Mantenimiento .....	90
2.8. Ecuación de la hidrodinámica o ecuación de bernoulli .....	91
2.8.1 Caudal.....	92
2.9 Efecto venturi .....	93
2.10 Factor lambda .....	94
2.10.1 Factor lambda en los motores a gasolina.....	94
2.10.2 Factor lambda en los motores diésel.....	95

### **CAPÍTULO III**

<b>VARIACIÓN DE PRESION EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE POR FALLOS MECANICOS ELECTRICOS Y ELECTRÓNICOS.....</b>	<b>96</b>
3.1 Verificación del vehículo previo a la inducción de fallos .....	96
3.1.1 Verificación y puesta a punto vehículo gasolina.....	96
3.1.2 Verificación y puesta a punto vehículo diésel.....	98
3.2 Requisitos para protocolo de pruebas y obtención de datos .....	99

3.2.1	Para la prueba estática en vehículos (diésel-gasolina) .....	99
3.3	Procedimiento uso scanner automotriz G-scan2 (Diésel-Gasolina) .....	101
3.4	Procedimiento uso del manómetro de combustible GT-super.....	102
3.5	Procedimiento para el uso del osciloscopio OTC (Diésel-Gasolina).....	103
3.6	Procedimiento para variación en sistema de alimentación (gasolina) .....	104
3.6.1.	Presión residual del sistema (estanqueidad de inyectores) .....	104
3.6.2.	Bomba de combustible .....	105
3.6.3.	Inyectores.....	105
3.6.4.	Obstrucción línea de combustible .....	106
3.6.5.	Sensores que intervienen en el sistema de alimentación .....	106
3.7	Procedimiento para la variación en el sistema de alimentación (diésel)..	109
3.7.1.	Inyectores Diésel .....	110
3.7.2.	Presión del riel de combustible .....	112
3.7.3.	Sensores que intervienen en el sistema de alimentación .....	113

## **CAPÍTULO IV**

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>116</b>	
4.1	Análisis de resultados del vehículo kia rio-xcite.....	117
4.1.1	Pruebas en condiciones normales de funcionamiento .....	117
4.1.2	Condiciones de falla para sensores que intervienen en el sistema de alimentación. ....	119
4.1.3	Pruebas en condiciones de falla combinada entre sensores e inyector ...	159
4.1.4	Condición de falla mecánica.....	176
4.1.5	Tablas finales de datos obtenidos en la investigación.....	187
4.2	Análisis de resultados del vehículo mazda bt-50 2.5 turbodiesel .....	191
4.2.1	Pruebas en condiciones normales de funcionamiento .....	191

4.2.2 Pruebas en condiciones de falla en sensores .....	193
4.2.3 Pruebas en condiciones de falla combinada entre sensores e inyector ...	212
4.2.4 Pruebas en condiciones de falla mediante señal simulada .....	228

## **CAPÍTULO V**

<b>MARCO ADMINISTRATIVO .....</b>	<b>245</b>
5.1 Recursos .....	245
5.1.1 Recursos humanos.....	245
5.1.2 Recursos físicos .....	245
5.1.3 Recursos financieros .....	246
5.1.4 Recursos materiales.....	247
5.1.5 Recursos Tecnológicos .....	247
5.2 Análisis de costo del proyecto .....	248
5.3 Análisis del costo beneficio .....	248
5.4 Cronograma .....	250
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>251</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>254</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>255</b>
<b>NETGRAFÍA .....</b>	<b>257</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>260</b>
<b>ANEXO A CUADRO DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>ANEXO B NORMA MEXICANA</b>	
<b>ANEXO C NORMA TECNICA ECUATORINA</b>	
<b>ANEXO D REPORTES</b>	
<b>ANEXO E TABLAS DE DATOS GENERALES</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Planteamiento del problema.....	3
Figura 2	Vista frontal BRAIN BEE AGS-688.....	29
Figura 3	Vista posterior BRAIN BEE AGS-688.....	30
Figura 4	Zona de Filtros BRAIN BEE AGS-688.....	30
Figura 5	Panel de control BRAIN BEE AGS-688.....	31
Figura 6	Visualización de prueba completa.....	33
Figura 7	Visualización de prueba de residuos.....	34
Figura 8	Extracción del sistema de filtrado.....	35
Figura 9	Ubicación del sensor O2 .....	36
Figura 10	software AGS-688 opción prueba continua.....	37
Figura 11	Datos del vehículo para Test Oficial.....	38
Figura 12	Software del AGS-688 opción prueba al mínimo en test oficial.....	38
Figura 13	Software del AGS-688 opción prueba acelerada en test oficial .....	39
Figura 14	Software del AGS-688 resultados de la prueba en test oficial .....	39
Figura 15	Osciloscopio OTC (Elementos) .....	41
Figura 16	Scanner Automotriz G-Scan2.....	43
Figura 17	Vehículo Kia Rio Xcite 1.4.....	46
Figura 18	Depósito de combustible .....	47
Figura 19	Filtro de combustible .....	47
Figura 20	Líneas de combustible .....	48
Figura 21	Bomba de combustible.....	48
Figura 22	Relé de la Bomba de combustible.....	49
Figura 23	Inyector de combustible .....	49
Figura 24	Sensor TPS.....	50

Figura 25	Curva característica del sensor TPS .....	50
Figura 26	Sensor T-MAP .....	51
Figura 27	Curva característica del sensor IAT .....	51
Figura 28	Curva característica del sensor MAP .....	51
Figura 29	Sensor CMP .....	52
Figura 30	Curva característica del sensor CMP .....	52
Figura 31	Sensor CKP .....	53
Figura 32	Curva característica del sensor CKP .....	53
Figura 33	Modulo de control electrónica ECM.....	53
Figura 34	Arnes de cables.....	54
Figura 35	Distribución de pines .....	55
Figura 36	Proceso de inspección sensor TPS.....	56
Figura 36	Conexión osciloscopio.....	56
Figura 37	Curva del sensor TPS .....	57
Figura 36	Proceso de inspección sensor T-MAP .....	58
Figura 38	Conexión osciloscopio para sensor T-MAP.....	58
Figura 39	Curva del sensor MAP .....	59
Figura 40	Curva del sensor IAT.....	59
Figura 36	Proceso de inspección sensor CMP.....	60
Figura 41	Conexión osciloscopio para sensor CMP .....	61
Figura 42	Curva del sensor CMP .....	61
Figura 36	Mantenimiento de vehículo .....	62
Figura 43	Sistema Common Rail Bosch.....	63
Figura 44	Mazda BT-50 2.5 turbodiésel .....	64
Figura 45	Estructura Básica de Sistema Common Rail.....	65

Figura 46 Depósito de combustible.....	66
Figura 47 Bomba Common Rail Bosch .....	67
Figura 48 Filtro de combustible Diésel BT-50.....	68
Figura 49 Bomba Common Rail Bosch .....	69
Figura 50 Válvula Reguladora de Presión.....	69
Figura 51 Cañerías de combustible.....	70
Figura 52 Rail Acumulador .....	71
Figura 53 Válvula reguladora de presión.....	71
Figura 54 Estructura elemento piezoeléctrico .....	72
Figura 55 Fases del elemento piezoeléctrico. ....	73
Figura 56 Desplazamiento aguja del inyector, corriente y voltaje.....	74
Figura 57 Onda Sensor CMP .....	75
Figura 58 Onda del sensor RPS.....	76
Figura 59 Onda sensor MAF .....	77
Figura 60 Módulo ECU .....	78
Figura 60 Verificación de continuidad en APP .....	79
Figura 60 Proceso de inspección en APP .....	79
Figura 61 Onda sensor APP.....	80
Figura 60 Verificación de continuidad en RPS .....	81
Figura 60 Proceso de inspección en RPS.....	81
Figura 60 Verificación de continuidad en MAF-IAT .....	83
Figura 60 Proceso de inspección en MAF-IAT .....	83
Figura 62 Onda sensor MAF e IAT, Esc. 10V/Div, 1s/Div .....	84
Figura 60 Verificación de continuidad en MAP .....	85
Figura 60 Proceso de inspección en MAP .....	86



Figura 63	Figura Onda sensor MAP .....	86
Figura 60	Verificación de continuidad en ECT .....	88
Figura 60	Proceso de inspección en ECT .....	88
Figura 64	Valores de R y V según temperatura. ....	90
Figura 65	Efecto Venturi.....	93
Figura 66	Proceso de mantenimiento Kia Rio-Xcite .....	97
Figura 67	Proceso de mantenimiento Mazda BT-50 turbodiésel.....	98
Figura 68	Proceso antes de ejecutar las pruebas .....	99
Figura 69	Calentamiento del equipo Brain Bee .....	99
Figura 70	Proceso antes de medir .....	100
Figura 71	Conexión del medidor de revoluciones MGT-300 .....	100
Figura 72	Proceso para uso de G-scan2.....	101
Figura 73	Preparación del G-scan2.....	101
Figura 72	Proceso para uso del manómetro de combustible .....	102
Figura 74	Preparación del medidor de presión.....	102
Figura 72	Proceso para uso de OTC.....	103
Figura 75	Preparación del osciloscopio OTC .....	103
Figura 76	Preparación del vehículo Kia rio Xcite.....	104
Figura 75	Proceso para prueba residual .....	104
Figura 75	Proceso para pruebas en bomba de combustible .....	105
Figura 75	Proceso para pruebas en inyectores.....	105
Figura 75	Proceso para pruebas de obstrucción de combustible.....	106
Figura 77	Conexión para sensor 2 cables.....	108
Figura 78	Conexión para sensor 3 cables.....	108
Figura 79	Conexión para sensor 4 cables.....	109

Figura 80	Conexión para simulación en sensor MAP.....	109
Figura 81	vehículo Mazda bt 50 2.5 turbodiésel.....	109
Figura 82	Preparación de equipos en vehículo Mazda bt 50 2.5 turbodiésel ....	110
Figura 83	Inyector Diésel Mazda BT-50 .....	112
Figura 84	Diagrama voltaje vs. Presión del sensor RPS.....	112
Figura 85	Reconocimiento de pines sensor MAF .....	114
Figura 86	Obtención de datos cuando se da DTC a los sensores .....	115
Figura 87	Conexión para emulación de sensor de dos cables .....	115
Figura 88	Conexión para emulación de sensor de tres cables.....	116
Figura 89	Conexión para emulación de sensor de cuatro cables.....	116
Figura 90	Condición de simulación en voltaje para sensor MAP.....	116
Figura 91	Presión (condición de falla high TPS vs condición normal).....	121
Figura 92	NOx (condición de falla high TPS vs condición normal).....	122
Figura 93	Gráfica de gases en % de volumen-DTC high sensor TPS.....	122
Figura 94	Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor TPS ....	123
Figura 95	Presión (condición de falla low TPS vs condición normal) .....	124
Figura 96	NOx (condición de falla low TPS vs condición normal) .....	125
Figura 97	Gráfica de gases en % de volumen-DTC low sensor TPS.....	126
Figura 98	Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor TPS.....	126
Figura 99	Presión (condición de simulación TPS vs condición normal) .....	128
Figura 100	NOx (condición de simulación TPS vs condición normal) .....	129
Figura 101	Gráfica de gases en % de volumen-condición de simulación TPS ..	129
Figura 102	Gráfica de gases en partículas por millón- DTC condición de simulación TPS.....	130
Figura 103	Presión (condición de falla high MAP vs condición normal) .....	133

Figura 104 NOx (condición de falla high MAP vs condición normal) .....	133
Figura 105 Gráfica de gases en % de volumen-DTC high sensor MAP .....	134
Figura 106 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAP..	135
Figura 107 Presión (condición de falla low MAP vs condición normal) .....	136
Figura 108 NOx (condición de falla low MAP vs condición normal) .....	137
Figura 109 Gráfica de gases en % de volumen-DTC low sensor MAP .....	138
Figura 110 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAP ....	138
Figura 111 Presión (condición de falla high CMP vs condición normal) .....	141
Figura 112 NOx (condición de falla high CMP vs condición normal) .....	142
Figura 113 Gráfica de gases en % de volumen-DTC high sensor CMP .....	142
Figura 114 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor CMP ..	143
Figura 115 Presión (condición de falla low CMP vs condición normal) .....	144
Figura 116 NOx (condición de falla low CMP vs condición normal) .....	145
Figura 117 Gráfica de gases en % de volumen-DTC low sensor CMP .....	145
Figura 118 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor CMP ....	146
Figura 119 Presión (condición de simulación CMP vs condición normal) .....	147
Figura 120 NOx (condición de simulación CMP vs condición normal) .....	148
Figura 121 Gráfica de gases en % de volumen-simulación sensor CMP .....	148
Figura 122 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación sensor CMP.	149
Figura 123 Presión (condición de falla inyector desconectado vs condición normal) .....	151
Figura 124 NOx (condición de falla inyector desconectado vs condición normal) .....	152
Figura 125 Gráfica de gases en % de volumen-inyector desconectado.....	153
Figura 126 Gráfica de gases en partículas por millón- inyector desconectado ..	153

Figura 127 Presión (condición de falla en sensor WTC vs condición normal)....	156
Figura 128 NOx (condición de simulación WTC vs condición normal) .....	156
Figura 129 Gráfica de gases en % de volumen-desconectado WTC .....	157
Figura 130 Gráfica de gases en partículas por millón- desconectado WTC.....	157
Figura 131 Presión a 4000 rpm (condición de falla en sensor CMP e inyector desconectado vs condición normal) .....	160
Figura 132 NOx (condición de falla en sensor CMP e inyector desconectado vs condición normal).....	160
Figura 133 Gráfica de gases en % de volumen- falla en sensor CMP e inyector desconectado.....	161
Figura 134 Gráfica de gases en partículas por millón- falla en sensor CMP e inyector desconectado.....	161
Figura 135 Presión (condición de falla en sensor MAP e inyector desconectado vs condición normal) .....	164
Figura 136 NOx (condición de falla en sensor MAP e inyector desconectado vs condición normal) .....	165
Figura 137 Gráfica de gases en % de volumen- falla en sensor MAP e inyector desconectado.....	165
Figura 138 Gráfica de gases en partículas por millón- falla en sensor MAP e inyector desconectado .....	166
Figura 139 Presión (condición de falla en sensor WTC e inyector desconectado vs condición normal) .....	168
Figura 140 NOx (condición de falla en WTC e inyector desconectado vs condición normal).....	169

Figura 141 Gráfica de gases en % de volumen- falla en sensor WTC e inyector desconectado.....	169
Figura 142 Gráfica de gases en partículas por millón- falla en sensor WTC e inyector desconectado.....	170
Figura 143 Presión (condición de simulación en sensor TPS e inyector desconectado vs condición normal) .....	172
Figura 144 NOx (condición de simulación en sensor TPS e inyector desconectado vs condición normal) .....	173
Figura 145 Gráfica de gases en % de volumen- simulación en sensor TPS e inyector desconectado.....	174
Figura 146 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación en sensor TPS e inyector desconectado.....	174
Figura 147 Presión (obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI vs condición normal) .....	177
Figura 148 NOx (obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI vs condición normal) .....	178
Figura 149 Gráfica de gases en % de volumen- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI .....	178
Figura 150 Gráfica de gases en partículas por millón-obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI .....	179
Figura 151 Reducción de área para cálculo.....	180
Figura 152 Presión (obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI vs condición normal) .....	182
Figura 153 NOx (obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI vs condición normal) .....	183

Figura 154 Gráfica de gases en % de volumen- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI .....	183
Figura 155 Gráfica de gases en partículas por millón- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI .....	184
Figura 156 Reducción de área para cálculo .....	185
Figura 157 Gráfica de gases en % de volumen-condiciones normales .....	192
Figura 158 Gráfica de gases en partículas por millón-condiciones normales ....	192
Figura 159 Presión (condición de falla high MAP vs condición normal) .....	194
Figura 160 NOx (condición de falla high MAP vs condición normal) .....	194
Figura 161 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAP...	195
Figura 162 Presión (condición de falla low MAP vs condición normal) .....	196
Figura 163 NOx (condición de falla low MAP vs condición normal) .....	197
Figura 164 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAP ....	197
Figura 165 Presión (condición de falla high MAF vs condición normal) .....	200
Figura 166 NOx (condición de falla high MAF vs condición normal) .....	201
Figura 167 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAF...	201
Figura 168 Presión (condición de falla low MAF vs condición normal).....	203
Figura 169 NOx (condición de falla low MAF vs condición normal).....	203
Figura 170 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAF ....	204
Figura 171 Presión (condición de falla high ECT vs condición normal).....	207
Figura 172 NOx (condición de falla high ECT vs condición normal).....	207
Figura 173 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor ECT ...	208
Figura 174 Presión (condición de falla low ECT vs condición normal) .....	209
Figura 175 NOx (condición de falla high ECT vs condición normal).....	210
Figura 176 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor ECT ....	210

Figura 177 Presión (condición de falla high MAP-inyector desconectado vs condición normal).....	213
Figura 178 NOx (condición de falla high MAP-inyector desconectado vs condición normal) .....	213
Figura 179 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAP, inyector desconectado .....	214
Figura 180 Presión (condición de falla low MAP-inyector desconectado vs condición normal).....	215
Figura 181 NOx (condición de falla low MAP-inyector desconectado vs condición normal) .....	216
Figura 182 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAP, inyector desconectado .....	216
Figura 183 Presión (condición de falla high MAF-inyector desconectado vs condición normal).....	219
Figura 184 NOx (condición de falla high MAF-inyector desconectado vs condición normal) .....	219
Figura 185 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAF, inyector desconectado .....	220
Figura 186 Presión (condición de falla low MAF-inyector desconectado vs condición normal).....	221
Figura 187 NOx (condición de falla low MAF-inyector desconectado vs condición normal).....	222
Figura 188 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAF, inyector desconectado .....	222

Figura 189 Presión (condición de falla high ECT-inyector desconectado vs condición normal).....	224
Figura 190 NOx (condición de falla high ECT-inyector desconectado vs condición normal).....	224
Figura 191 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor ECT, inyector desconectado.....	225
Figura 192 Presión (condición de falla low ECT-inyector desconectado vs condición normal).....	226
Figura 193 NOx (condición de falla low ECT-inyector desconectado vs condición normal).....	227
Figura 194 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor ECT, inyector desconectado .....	227
Figura 195 Presión (condición de simulación 1.3V en FRP vs condición normal) .....	229
Figura 196 NOx (condición de simulación 1.3V en FRP vs condición normal)...	229
Figura 197 Gráfica de gases partículas por millón- simulación 1.3V en FRP....	230
Figura 198 Presión (condición de simulación 1.5V en FRP vs condición normal) .....	231
Figura 199 NOx (condición de simulación 1.5V en FRP vs condición normal)...	232
Figura 200 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación 1.5V en FRP	232
Figura 201 Presión (condición de simulación 2.2V en ECT vs condición normal) .....	235
Figura 202 NOx (condición de simulación 2.2V en ECT vs condición normal)...	235
Figura 203 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación 2.2V en ECT.	236



Figura 204 Presión (condición de simulación de 2.2V sensor ECT e inyector desconectado vs condición normal) .....	237
Figura 205 NOx (condición de falla simulación de 2.2V sensor ECT e inyector desconectado vs condición normal) .....	238
Figura 206 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación 2.2V en ECT e inyector desconectado .....	238
Figura 207 Presión (condición de simulación 3.0V en MAF vs condición normal) .....	240
Figura 208 NOx (condición de simulación 3.0V en MAF vs condición normal) ..	240
Figura 209 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación 3.0V en MAF e inyector desconectado .....	241

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de las variables independientes .....	8
Tabla 2	Operacionalización de variables dependientes .....	9
Tabla 3	Tabla rangos establecidos de medición .....	19
Tabla 4	Tabla clasificación de vehículos diésel según peso. ....	21
Tabla 5	Aspectos a tener en consideración antes de la toma de datos. ....	22
Tabla 6	Método estático de toma de datos.....	23
Tabla 7	Clasificación de vehículos .....	24
Tabla 8	Límites permisibles de emisiones contaminantes para vehículos de pasajeros.....	24
Tabla 9	Límites permisibles de emisiones contaminantes para vehículos de usos múltiples o utilitarios, camiones ligeros CL1, CL2, CL3Y CL4, camiones medianos y camiones pesados. ....	24
Tabla 10	Efectos provocados por la contaminación atmosférica.....	28
Tabla 11	Accesorios BRAIN BEE AGS-688 .....	32
Tabla 12	Características del vehículo KIA Rio Xcite .....	46
Tabla 13	Distribución de pines TPS .....	55
Tabla 14	Códigos de falla TPS.....	55
Tabla 15	Rango de voltajes TPS.....	56
Tabla 16	Distribución de pines T-MAP .....	57
Tabla 17	Códigos de falla sensor T-MAP .....	57
Tabla 18	Rangos de voltajes para sensor T-MAP .....	58
Tabla 19	Distribución de pines para sensor CMP .....	59
Tabla 20	Código de fallas CMP .....	60
Tabla 21	Rangos de voltajes para sensor CMP .....	60

Tabla 22	Datos técnicos Mazda BT-50 .....	64
Tabla 23	Especificaciones de la bomba de alimentación Bosch .....	67
Tabla 24	Especificaciones de la bomba de presión Bosch .....	69
Tabla 25	Identificación de cables y voltajes sensor APP .....	79
Tabla 26	Códigos de falla Sensor de posición pedal del acelerador .....	80
Tabla 27	Identificación de cables y voltajes sensor de presión del riel .....	82
Tabla 28	Códigos de falla Sensor de presión del riel acumulador.....	82
Tabla 29	Identificación de cables y voltajes sensor MAF e IAT.....	83
Tabla 30	Códigos de falla sensor MAF .....	84
Tabla 31	Códigos de falla sensor IAT .....	85
Tabla 32	Tabla de identificación de cables sensor MAP .....	86
Tabla 33	Códigos de falla Sensor de presión absoluta. ....	87
Tabla 34	Identificación de cables y voltajes sensor ECT .....	88
Tabla 35	Códigos de falla Sensor de temperatura del refrigerante. ....	89
Tabla 36	Datos obtenidos con G-Scan2 condiciones normales vehículo gasolina.....	119
Tabla 37	Datos obtenidos con Brain Bee condiciones normales vehículo gasolina.....	119
Tabla 38	Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC high TPS.....	120
Tabla 39	Datos obtenidos con Brain Bee –DTC high TPS.....	120
Tabla 40	Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC low TPS .....	123
Tabla 41	Datos obtenidos con Brain Bee –DTC low TPS .....	124
Tabla 42	Datos obtenidos con G-Scan2 – simulación TPS.....	127
Tabla 43	Datos obtenidos con Brain Bee –simulación TPS .....	127
Tabla 44	Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo	

sin DTC en sensor TPS.....	130
Tabla 45 Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor TPS.....	131
Tabla 46 Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC high MAP .....	132
Tabla 47 Datos obtenidos con Brain Bee –DTC high MAP .....	132
Tabla 48 Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC low MAP .....	135
Tabla 49 Datos obtenidos con Brain Bee –DT low MAP .....	136
Tabla 50 Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin DTC. ....	139
Tabla 51 Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor MAP .....	139
Tabla 52 Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC high CMP.....	140
Tabla 53 Datos obtenidos con Brain Bee –DTC high CMP .....	140
Tabla 54 Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC low CMP .....	143
Tabla 55 Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC low CMP .....	144
Tabla 56 Datos obtenidos con G-Scan2 – simulación CMP.....	146
Tabla 57 Datos obtenidos con Brain Bee – simulación CMP .....	147
Tabla 58 Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin DTC en sensor TPS.....	149
Tabla 59 Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor CMP.....	150
Tabla 60 Datos obtenidos con G-Scan2- desconectado inyector.....	150
Tabla 61 Datos obtenidos con Brain Bee- desconectado inyector .....	151
Tabla 62 Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin falla en inyector.....	154

Tabla 63	Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en inyector .....	154
Tabla 64	Datos obtenidos con G-Scan2-desconectado sensor WTC .....	155
Tabla 65	Datos obtenidos con Brain Bee-desconectado sensor WTC.....	155
Tabla 66	Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin DTC en sensor WTC.....	158
Tabla 67	Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor WTC .....	158
Tabla 68	Datos obtenidos con G-Scan2-condicion de falla sensor CMP-inyector desconectado .....	159
Tabla 69	Datos obtenidos con Brain Bee-condición de falla sensor CMP-inyector desconectado .....	159
Tabla 70	Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin falla en sensor CMP.....	162
Tabla 71	Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor CMP e inyector desconectado .....	162
Tabla 72	Datos obtenidos con G-Scan2-condicion de falla sensor MAP-inyector desconectado.....	163
Tabla 73	Datos obtenidos con Brain Bee-condición de falla sensor MAP-inyector desconectado.....	163
Tabla 74	Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin falla en sensor MAP .....	167
Tabla 75	Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor MAP e inyector desconectado .....	167

Tabla 76	Datos obtenidos con G-Scan2-condicion de falla sensor WTC-inyector desconectado .....	168
Tabla 77	Datos obtenidos con Brain Bee-condición de falla sensor WTC-inyector desconectado .....	168
Tabla 78	Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin falla en sensor WTC .....	171
Tabla 79	Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor WTC e inyector desconectado.....	171
Tabla 80	Datos obtenidos con G-Scan2-condicion de simulación en sensor TPS-inyector desconectado.....	172
Tabla 81	Datos obtenidos con Brain Bee-condición de simulación en sensor TPS-inyector desconectado.....	172
Tabla 82	Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin falla en sensor TPS.....	175
Tabla 83	Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor TPS e inyector desconectado .....	175
Tabla 84	Datos obtenidos con G-Scan2- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI de presión.....	176
Tabla 85	Datos obtenidos con Brain Bee- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI de presión.....	176
Tabla 86	Resultados de la variación de presión.....	181
Tabla 87	Datos obtenidos con G-Scan2- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI de presión.....	181
Tabla 88	Datos obtenidos con Brain Bee- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI de presión.....	182

Tabla 89	Resultados de la variación de presión.....	186
Tabla 90	Datos obtenidos con el G-scan2 - condiciones normales de funcionamiento .....	191
Tabla 91	Datos obtenidos con Brain Bee - condiciones normales de funcionamiento .....	191
Tabla 92	Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC High sensor MAP .....	193
Tabla 93	Datos obtenidos con Brain Bee - DTC high sensor MAP .....	193
Tabla 94	Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC low sensor MAP .....	195
Tabla 95	Datos obtenidos con Brain Bee - DTC Low sensor MAP.....	196
Tabla 96	Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin DTC en sensor MAP .....	198
Tabla 97	Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor MAP .....	199
Tabla 98	Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC high sensor MAF .....	199
Tabla 99	Datos obtenidos con Brain Bee - DTC high sensor MAF.....	200
Tabla 100	Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC low sensor MAF .....	202
Tabla 101	Datos obtenidos con Brain Bee - DTC low sensor MAF .....	202
Tabla 102	Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin DTC en sensor MAF .....	205
Tabla 103	Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor MAF .....	205
Tabla 104	Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC high sensor ECT .....	206
Tabla 105	Datos obtenidos con Brain Bee - DTC high sensor ECT .....	206
Tabla 106	Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC low sensor ECT .....	208
Tabla 107	Datos obtenidos con Brain Bee- DTC low sensor ECT .....	209

Tabla 108 Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin DTC.....	211
Tabla 109 Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor ECT.....	212
Tabla 110 Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC high sensor MAP e inyector desconetado.....	212
Tabla 111 Datos obtenidos con Brain Bee DTC high sensor MAP e inyector desconectado.....	212
Tabla 112 Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC low sensor MAP e inyector desconectado.....	214
Tabla 113 Datos obtenidos con Brain Bee DTC low sensor MAP e inyector desconectado.....	215
Tabla 114 Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo sin DTC.....	217
Tabla 115 Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en sensor MAP e inyector desconectado.....	218
Tabla 116 Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC high sensor MAF e inyector desconectado.....	218
Tabla 117 Datos obtenidos con Brain Bee DTC high sensor MAF e inyector desconectado.....	218
Tabla 118 Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC low sensor MAF e inyector desconectado.....	220
Tabla 119 Datos obtenidos con Brain Bee DTC low sensor MAF e inyector desconectado.....	221



Tabla 120 Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC high sensor	
ECT e inyector desconectado .....	223
Tabla 121 Datos obtenidos con Brain Bee DTC high sensor	
ECT e inyector desconectado .....	223
Tabla 122 Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC low sensor	
ECT e inyector desconectado .....	225
Tabla 123 Datos obtenidos con Brain Bee DTC low sensor	
ECT e inyector desconectado .....	226
Tabla 124 Datos obtenidos con el G-scan2 - simulación de 1.3V sensor FRP ..	228
Tabla 125 Datos obtenidos con Brain Bee- simulación de 1.3V sensor FRP .....	228
Tabla 126 Datos obtenidos con el G-scan2 - simulación de 1.5V sensor FRP ..	230
Tabla 127 Datos obtenidos con Brain Bee- simulación de 1.5V sensor FRP .....	231
Tabla 128 Tabla Presión absoluta del colector en mezcla ideal, vehículo	
sin DTC en sensor FRP.....	233
Tabla 129 Resultados de la proporción aire-combustible para fallas en	
sensor FRP e inyector desconectado.....	234
Tabla 130 Datos obtenidos con el G-scan2 - simulación de 2.2V sensor ECT ..	234
Tabla 131 Datos obtenidos con Brain Bee- simulación de 2.2V sensor ECT.....	234
Tabla 132 Datos obtenidos con el G-scan2 - simulación de 2.2V sensor	
ECT e inyector desconectado .....	236
Tabla 133 Datos obtenidos con Brain Bee- simulación de 2.2V sensor	
ECT e inyector desconectado .....	237
Tabla 134 Datos obtenidos con el G-scan2 - simulación de 3.0V sensor MAF ..	239
Tabla 135 Datos obtenidos con Brain Bee - simulación de 3.0V sensor MAF ...	239
Tabla 136 Recursos humanos.....	245

Tabla 137 Recursos físicos .....	246
Tabla 138 Recursos Financieros.....	246
Tabla 139 Recursos Materiales.....	247
Tabla 140 Recursos Tecnológicos .....	248

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1 Ecuación de Bernoulli .....	91
Ecuación 2 Ecuación del Caudal.....	92
Ecuación 3 Ecuación de Bernoulli para un hilo de corriente .....	93
Ecuación 4 Formula factor Lambda.....	94
Ecuación 5 Cálculo de V2 para obstrucción de presión a 20 PSI.....	180
Ecuación 6 Cálculo de A2 para obstrucción de presión a 20 PSI.....	181
Ecuación 7 Cálculo de V2 para obstrucción de presión a 35 PSI.....	185
Ecuación 8 Cálculo de A2 para obstrucción de presión a 35 PSI.....	186

## RESUMEN

El sistema de alimentación es el encargado de suministrar combustible del depósito hacia los inyectores para ser pulverizado en el cilindro; el sistema de inyección electrónica permite una mejor dosificación del combustible al utilizar la información de los diversos sensores colocados en los componentes para el control del funcionamiento del motor, de acuerdo a las diferentes condiciones de operación a las cuales sea sometido. El vehículo Mazda BT-50 Turbodiesel está equipado con sistema Common Rail o Riel Común en el que el combustible es succionado directamente del depósito a una bomba de alta presión para luego ser enviado al riel; sin embargo la diferencia entre ambos sistemas viene dada por el funcionamiento con presiones mayores de trabajo en los motores diésel, la cuales pueden variar desde unos 300 bar hasta entre 1500 bar y 2000 bar, según las condiciones de funcionamiento; El vehículo kia Rio Xcite 1.4 a gasolina cuenta con un sistema de inyección multipunto MFI, la presión del sistema de combustible en este sistema es de 52 bar y no varía debido a que posee el sensor de presión en el cuerpo de la bomba. Se generó DTC altos y bajos, con la ayuda del G-Scann2 se realizó simulaciones dando valores fijos en los sensores relacionados directamente con el sistema de alimentación, además se sometió a fallos mecánicos como obstrucciones de cañerías, considerando normativas nacionales NTE INEN 2349, 2202, 2203, 2204 y 2207 e internacionales NOM SEMARNAT 041 y 047 para aplicar los protocolos de medición y valores máximos permitidos de emisiones; con énfasis en emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NOx) para posteriormente analizar la estrategia aplicada por la ECU sobre los valores de los factores que intervienen en la alimentación.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE**
- **AUTOMÓVILES - EMISIONES CONTAMINANTES**
- **AUTOMÓVILES - CÓDIGOS DE FALLA SENSORES**
- **CONTAMINACIÓN AUTOMOTRIZ - NORMAS**
- **GESTIÓN ELECTRONICA MOTOR**

## **ABSTRACT**

The fuel system is the one in charge of delivering the gasoline from the deposit to the injectors to be pulverized into the cylinder; the electronic injection system allows a better feeding of the gas because it uses information from different sensors distributed in the engine to handle the different kinds of functioning, obeying always the requirements of the driver in the first place and the environment regulations in the second place. The Turbodiesel Mazda BT-50 is equipped with a Common Rail System in which diesel is sucked from the deposit to a high pressure pump and then sent to the rail, even though the difference between both of them is the high working pressure of the diesel system, which can go from 300bar to 1500bar or even 2000bar, according to the working conditions; the Kia Rio Xcite 1.4 gasoline has a multipoint injection system MFI, the pressure of the fuel system is about 52bar. High and low DTCs were generated and with the help of G-Scann2 simulations were done giving fixed values to the sensors directly related to the fuel system, besides mechanical failures were also simulated like the obstruction of the pipe lines for the measure of the pollutant emissions and working conditions of the engine, the research was made considering NTE INEN 2349, 2202, 2203, 2204 and 2207 national regulations e NOM SEMARNAT 041 and 047 international regulations which give measurement protocols and maximum allowed pollutant emissions, and reference the necessary characteristics of the equipment for a reliable data acquisition which was used in the analysis by comparing them with the data of the normal functioning engine; the data was collected emphasizing the Nitrogen Oxides (NOx) for an analysis of the ECU's strategy about the values of the factors that participate in the fuel injection.

## **KEY WORDS**

- **FUEL SUPPLY SYSTEM**
- **AUTOMOBILES - CONTAMINANT EMISSIONS**
- **AUTOMOBILES - SENSORS FAULT CODES**
- **AUTOMOTIVE POLLUTION – STANDARDS**
- **ELECTRONIC MOTOR MANAGEMENT**

## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES

#### 1. ANTECEDENTES

Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y el término NOX se refiere a la combinación de ambas sustancias. En los motores de gasolina de inyección directa empiezan a generar este tipo de gases tan peligrosos al aumentar la compresión y el exceso de aire en el proceso químico.

Según (Ren,Motor, 2013):Las causas para exista variación de presión en el sistema de alimentación en el vehículo puede presentarse con distintos fallos como: fallos mecánicos: se da en los componentes como por ejemplo bomba de combustible, regulador de presión, filtros y líneas de alimentación; fallos eléctricos: estos se presentan en el cableado, sockets y batería; fallos electrónicos: estos se presentan en los distintos sensores que intervienen en el sistema de alimentación; fallos en inyectores: los principales fallos que se pueden presentar son, falla en la activación eléctrica, baja de caudal por presencia de suciedad, y el ángulo de abanico de inyección no sea uniforme. Las consecuencias que se pueden palpar en el vehículo son: Inestabilidad en marcha mínima, pérdida de potencia, ahogamiento y ruido de golpeteo del motor, salida de humo negro por el escape (por tanto alta emisión de gases contaminantes), problemas al arrancar, calentamiento excesivo, e incremento considerable del consumo de combustible.

(Alonso, 2015) manifiesta: “Mayor presión en la línea principal de combustible será igual a mayor cantidad de combustible entregándose al motor cuando el inyector se abra, por eso un regulador defectuoso podría provocar que la presión de combustible del sistema en riel de inyección sea muy elevada, esto aumentara el consumo de combustible pudiendo observar humo negro en el escape y

aumento de óxidos de nitrógeno, de igual manera a la hora de extraer las bujías podríamos notar electrodos completamente negros”.

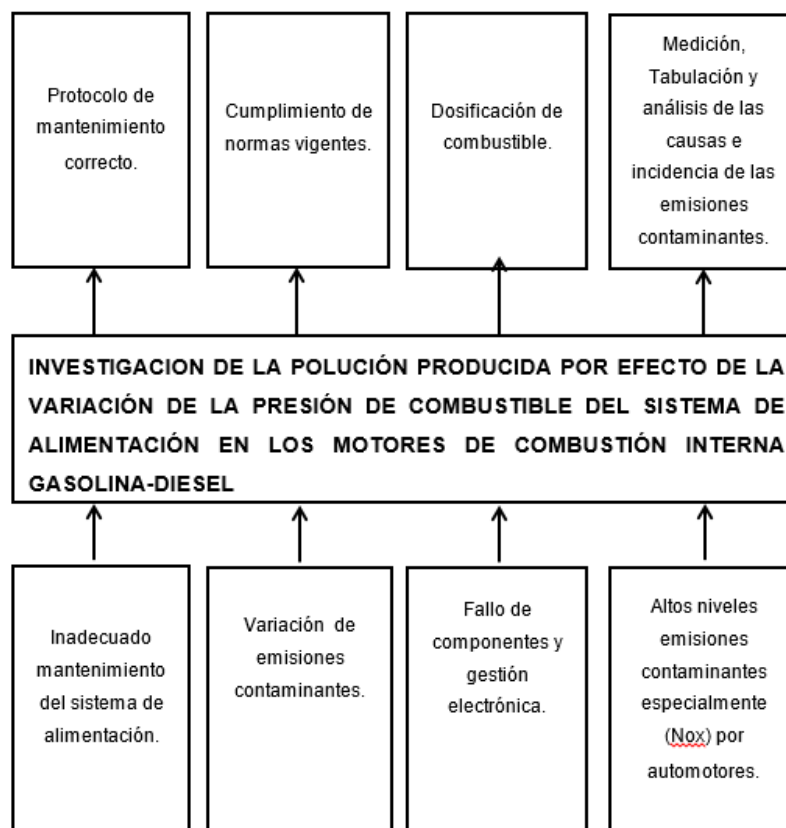
La combustión requiere que el aire y el combustible se hallen mezclados en una proporción determinada, esta proporción entre el aire y el combustible es lo que se llama "relación estequiométrica". En un motor de gasolina la relación ideal es de 14,7:1, es decir son necesarios 14,7 gramos de aire por cada gramo de combustible para realizar una combustión perfecta. En la práctica esta proporción varía ligeramente, pudiendo alcanzar valores de 12 a 16, que serían los límites de funcionamiento de la combustión en el motor. Con 12 gramos de aire por gramo de gasolina la mezcla que se obtiene es excesivamente "rica" en gasolina. En estas condiciones en el motor se incrementa la temperatura de la combustión, facilitando la aparición de óxidos de nitrógeno (NOx).

Los vehículos a diésel, a diferencia de los vehículos a gasolina, arrojan niveles altos de lo que se conoce como óxidos y dióxidos de nitrógeno, llamados NOx los cuales se producen debido a las altas temperaturas a las que se somete la mezcla (aire-combustible) al momento de la compresión en el cilindro. Las emisiones altas de NOx pueden ocurrir cuando la mezcla estequiométrica (aire-combustible) varía.

Explica Bosch R (2005): La relación estequiométrica indica la proporción de combustible y comburente necesarios para lograr una combustión completa. La relación ideal ( $\lambda=1$ ) en el caso de los motores diésel es 14,5 gramos de aire por 1 de combustible . La variación de estos porcentajes da como resultado dos tipos de mezclas, una mezcla pobre ( $\lambda>1$ ) debido al exceso de aire o a la falta de combustible o en el caso contrario mezcla rica ( $\lambda<1$ ). Esta alteración del factor  $\lambda$  se genera debido a la variación de presión en el sistema de alimentación ya sea en la zona de baja presión o alta presión (300 bar - 2000 bar)

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La investigación se origina debido a la problemática de la contaminación ambiental producida a causa de la variación de la presión de combustible en los motores de combustión interna por mal funcionamiento de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos del sistema de alimentación como inyectores, regulador de presión, bomba de combustible entre otros los cuales generan una variación en la relación de la mezcla aire-combustible. El inadecuado mantenimiento en el sistema de alimentación es el origen de distintas fallas en los componentes del sistema de alimentación produciendo variación de presión de combustible, como resultado se obtiene un incremento de las emisiones contaminantes especialmente óxidos de nitrógeno (NOx) motivo de la presente investigación, con referencia a normativas nacionales y Mexicanas.



**Figura 1 Planteamiento del problema**



## 1.2 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

La investigación se desarrolló en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, las pruebas de medición y tabulación se llevarón a cabo en el laboratorio de Mecánica De Patio y laboratorio de Autotrónica de La Carrera De Ingeniería Automotriz donde se realizó el análisis de la variación de presión de combustible en el sistema de alimentación y su influencia en las emisiones contaminantes.

Se realizó un protocolo de pruebas para la medición de emisiones bajo condiciones estáticas, para lo cual es necesario que el vehículo se encuentre a una temperatura normal de operación, en marcha mínima (ralentí), sin carga, y velocidad crucero, con parámetros y valores referenciados a partir de las normas NTE INEN 2204:2002, NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-041-SEMARNAT-2006, relativos a las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), según el procedimiento definido para esta prueba en la Norma NTE INEN 2203:2000, esto con el Analizador de Gases Brain Bee AGS-688 y con el equipo GlobalPro GPRPM-300 pertenecientes al Laboratorio de Mecánica de patio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Se realizó un análisis de cuáles son las causas más frecuentes que generan una variación de presión de combustible, y el grado de emisiones contaminantes que se producen especialmente con énfasis en los óxidos de nitrógeno (NOx), en los vehículos Kia Rio Xcite 1.4 (Gasolina) y Mazda BT50 2.5 (Diésel).

Se realizó la puesta a punto en cada vehículo tomando en cuenta sus condiciones normales de funcionamiento en base a datos del fabricante del sistema de alimentación de combustible y parámetros que incidan en el funcionamiento adecuado del mismo como voltajes en sensores, voltaje en la bomba de combustible, presión en la línea de combustible, etc.; se indujo a los vehículos de prueba a diferentes fallos posibles o permitidos para cada caso donde se menciona fallos: mecánicos (bomba de combustible, regulador de presión, inyectores; filtros y líneas de alimentación) eléctricos (el cableado,

sockets, terminales, alternador, luces, fugas de corriente y batería), y electrónicos (sensores, actuadores y modulo electrónico de control) en el sistema en mención (gasolina/diésel) que produzcan variación de presión del combustible .

Se determinó como incide la variación de presión de combustible en el factor lambda y tiempos de inyección mediante la lectura de datos de gestión electrónica del motor para definir la condición de fallo más crítico en el sistema de alimentación que produce alteración en las emisiones de gases contaminantes, en especial el Óxido de nitrógeno (NOx) frente a condiciones normales de funcionamiento.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

En la actualidad en 3 ciudades importantes del país (Quito-Guayaquil-Cuenca) previo a la matriculación los vehículos deben someterse a la revisión técnica vehicular para la cual el Instituto Ecuatoriano de Normalización regula según la norma NTE INEN 2 349:2003, la cual determina el procedimiento de la revisión técnica vehicular y establece capacidad de medición y los requerimientos de la concentración en volumen de CO, CO<sub>2</sub>, HC's y O<sub>2</sub>, en los gases emitidos por el tubo de escape de los vehículos; En la actualidad en el país no es considerado el impacto de los Óxidos de nitrógeno (NOx).

Para la medición de todas las emisiones mencionadas se toma en cuenta la Recomendación Internacional OIML R 99 (clase 1)/ ISO 3930 y la NTE INEN 2 203 Capacidad de medición y reporte automáticos de la velocidad de giro del motor en RPM, factor lambda y temperatura de aceite. La captación de RPM no tendrá limitaciones respecto del sistema de encendido del motor, sea este convencional (ruptor y condensador), electrónico, DIS, EDIS, bobina independiente, descarga capacitiva u otro.

La relación que existe entre las posibles fallas que se pueden producir en los componentes del sistema de alimentación de un vehículo y los niveles de

emisiones contaminantes, se relaciona con: presión en el sistema de combustible, presión del colector, tiempo de inyección, etc.

En la actualidad la vigencia de normas respecto a emisiones contaminantes de óxidos de nitrógeno NOx en el país se rige a EURO 3, es por eso que se pretende reducir las emisiones de NOX con normas más estrictas de calidad establecidas para los vehículos que se comercializan en el país hasta lograr alcanzar la normativa EURO 4

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Investigar las emisiones contaminantes producidas por la variación de la presión de combustible en el sistema de alimentación en motores de combustión interna gasolina-diésel.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar información mediante fuentes bibliográficas confiables referente a fallas que generan variación de presión en el sistema de alimentación de combustible.
- Establecer un protocolo de mantenimiento y puesta a punto del sistema de alimentación para vehículos diésel y gasolina mediante valores característicos de funcionamiento del sistema de alimentación de combustible de los vehículos de prueba de sus componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos en condiciones normales y fallo.
- Generar códigos de fallos: mecánicos, eléctricos y electrónicos que incidan en la variación de presión del sistema de alimentación de combustible de los vehículos de prueba generando mal funcionamiento en dicho sistema de tal manera de ejecutar las pruebas de medición de emisiones, especialmente los (NOx) bajo estas condiciones.

- Establecer un sistema de medición de emisiones contaminantes (CO, O<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub>) de acuerdo al registro de calibración y calidad según las normas TÜV de Alemania y la norma OIML R99-ISO3930 CLASE 1 Y CLASE 0, para vehículos diésel y gasolina.
- Recolectar, analizar e interpretar los resultados obtenidos de la investigación respecto de las emisiones generadas en los vehículos de acuerdo al tipo de fallo producido bajo condiciones de marcha mínima o “Ralenti” para las condiciones de fallo mecánico, eléctrico y electrónico en el sistema de alimentación, determinando la incidencia de cada uno de estos en el control de los (NO<sub>x</sub>), y realizando la comparación analítica y matemática con el factor lambda, caudal de combustible, en base a los estándares de las normativas aplicadas.

### **1.5 METAS**

Conocer la incidencia de las emisiones contaminantes (CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub>) y la variación de presión cuando se generen, fallos mecánicos, eléctricos y electrónicos analizarlos frente a las condiciones normales de funcionamiento y con las normas respectivas; en los vehículos Kia Rio Xcite 1.4 (Gasolina) y Mazda BT50 2.5 (Diésel), para generar un reporte donde se evidencie el impacto de cada uno de estos contaminantes en el ambiente.

### **1.6 HIPÓTESIS**

La generación de fallos mecánicos, eléctricos, y electrónicos en el sistema de alimentación de combustible permitió establecer la influencia en la generación de emisiones de (CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, HC y NO<sub>x</sub>) en los vehículos Kia Rio Xcite 1.4 (Gasolina) y Mazda BT50 2.5 (Diésel).

## 1.7 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.7.1 Variables Independientes

#### EMISIONES CONTAMINATES

**Tabla 1**  
**Operacionalización de las variables independientes**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos	
<b>Son los componentes que influyen en la variación de presión en el sistema de combustible de motores de combustión interna.</b>	Parámetros característicos sistema de alimentación	Presión	Bar, Pa	Medición	Prueba de laboratorio	
		Voltaje	V	Medición	Prueba de laboratorio	
		Caudal	m <sup>3</sup> /s	Medición	Prueba de laboratorio	
				Cálculo		
		Temperatura	°C	Medición	Prueba de laboratorio	
		Contaminación	Velocidad angular	Rev/min	Medición	Prueba de laboratorio
			Monóxido de carbono (CO)	ppm	Medición	Prueba de laboratorio
			Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	%	Medición	Prueba de laboratorio
			Hidrocarburos (HC)	ppm	Medición	Prueba de laboratorio
			Oxígeno (O <sub>2</sub> )	%	Medición	Prueba de laboratorio
		Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	ppm	Medición	Prueba de laboratorio	

## 1.7.2 Variables dependientes

### PRESIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

**Tabla 2**  
**Operacionalización de variables dependientes**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
<b>Son los indicadores del desempeño mecánico de un motor de combustión interna</b>	Causas de variación de presión	Mecánicas	Bar, Pa, °, m <sup>3</sup> /s	Medición Cálculos	Prueba de laboratorio
		Eléctricas	V, A, Ω	Medición	Prueba de laboratorio
		Electrónicas	V, A, ms, μs	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio
	Componentes del sistema de alimentación	DTC Sensores	V, Ω	Medición	Prueba de laboratorio
		DTC Actuadores	V,Ω	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio
		Riel de inyección	Bar, Pa	Medición Cálculo	Prueba de laboratorio

## **CAPÍTULO II**

### **EMISIONES CONTAMINANTES Y SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

#### **2.1 EMISIONES CONTAMINANTES PRODUCIDAS POR LOS VEHÍCULOS**

##### **2.1.1 Descripción**

Cuando se habla de la composición de los gases de escape de un vehículo se utilizan siempre los mismos términos: monóxido de carbono, óxido nítrico, partículas de hollín o hidrocarburos. Decir que estas sustancias representan una fracción muy pequeña del total de los gases de escape. Debido a ello, antes de describir las diferentes sustancias que integran los gases de escape, le mostramos a continuación la composición aproximada de los gases que despiden los motores diésel y de gasolina.

El motor de combustión interna, por su forma de funcionar, no es capaz de quemar de forma total el combustible en los cilindros. Pero si esta combustión incompleta no es regulada, mayor será la cantidad de sustancias nocivas expulsadas en los gases de escape hacia la atmósfera. Dentro de los gases generados en la combustión, hay unos que son nocivos para la salud y otros no.

Los automotores representan una fuente importante de contaminación del aire. El parque automotor incluye un numeroso y activo conjunto de vehículos propulsados por la combustión de hidrocarburos (ciclomotores, automóviles y camiones). Las emisiones procedentes de los escapes de los vehículos también son conocidos como "smog oxidante fotoquímico". Por esta razón, las zonas urbanas más pobladas son las que sufren la mayor contaminación de este tipo.

Las emisiones provenientes del vehículo no dependen únicamente del tipo de motor y de su potencia como podríamos pensar hasta el momento, también

dependen de otros factores como son: pendiente de la carretera, altitud, humedad, temperatura del ambiente, límites de velocidad, desgaste del vehículo, condiciones de tráfico, entre muchas otras. Estas condiciones indican que las emisiones reales en "tráfico", relacionadas con la distancia viajada por el vehículo, no siempre coinciden con las medidas reguladoras tomadas en condiciones del ciclo de conducción claramente definido

### **2.1.2 Tipos de emisiones contaminantes**

#### **a) Emisiones de hidrocarburos**

(Domenech, 2004) afirma: La palabra hidrocarburos designa un grupo de compuestos orgánicos constituidos principalmente por átomos de carbono e hidrógeno. La conformación y estructura de sus moléculas abarca desde la más simple, el metano ( $\text{CH}_4$ ), hasta aquellas de elevada complejidad como las correspondientes a los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Además son partículas que no reaccionaron en la combustión o lo hicieron parcialmente, y es el mayor contribuyente de lo que se conoce como el "smog" de las ciudades, reconocido como altamente tóxico para la salud. Pueden causar daños y problemas en el hígado así como cáncer si se está continuamente expuesto a este elemento.

Dentro de ellos existen familias de compuestos agrupadas según su configuración (estructura molecular) y propiedades. Los átomos de carbono se unen entre si formando el esqueleto básico, pudiendo hacerlo en estructuras lineales simples y/o ramificadas o en estructuras cíclicas en forma de anillos.

A temperatura ambiente se presentan en forma de gases, líquidos o sólidos. La diversidad de hidrocarburos es muy amplia y de igual forma lo son sus propiedades físicas y químicas; por esta razón sus aplicaciones son múltiples: se los emplea directamente como combustibles, como solventes, o como materia prima para la síntesis de productos medicinales, agroquímicos, plásticos, drogas industriales, etc.



## **b) Emisiones de monóxido de carbono**

(Moretton, 2006) explica: El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, no irritante pero sumamente tóxico. Se produce naturalmente por una serie de procesos, sobre todo por la oxidación parcial del metano (CH<sub>4</sub>) que se forma en la descomposición de la materia orgánica por fermentación. En una atmósfera no contaminada la concentración de monóxido de carbono es muy baja y estable (0,1 ppm = partes por millón).

Elevadas concentraciones de este gas se generan en la atmósfera baja de centros urbanos e industriales y son originadas principalmente por la combustión incompleta de combustibles fósiles (petróleo y derivados, carbón, gas natural). En estas áreas la fuente principal de emisión de monóxido de carbono son los motores de combustión interna de los vehículos.

Elevadas concentraciones de monóxido de carbono pueden tener serias consecuencias para la salud. Este gas tiene una afinidad con la hemoglobina de la sangre hasta 300 veces mayor que el oxígeno, formando carboxihemoglobina e interfiriendo en el mecanismo de transporte de oxígeno que garantiza en el organismo una renovación continua del abastecimiento del oxígeno necesario para mantener el metabolismo celular. Los trastornos producidos en un individuo están en relación directa con la cantidad de carboxihemoglobina en sangre; esta cantidad depende a su vez de la concentración de monóxido de carbono en el aire y del tiempo de exposición del sujeto a esas condiciones atmosféricas. La intoxicación aguda produce, entre otros síntomas, dolor de cabeza, disminución de la visión y de la coordinación muscular, trastornos del sueño y disminución de la capacidad intelectual; en situaciones extremas, pérdida de conocimiento, convulsiones y muerte.

La incidencia del monóxido de carbono y otros contaminantes originados en las fuentes mencionadas (óxidos de azufre y nitrógeno, materiales particulados) está en relación directa con las condiciones topográficas y climáticas locales

### 2.1.3 Combustión completa e incompleta

Se considera incompleta cuando parte del combustible no reacciona completamente porque el oxígeno no es suficiente a lo contrario de la combustión completa.

Cuando una sustancia orgánica reacciona con el oxígeno de manera incompleta formando además de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) otros subproductos de la combustión los cuales incluyen también carbón, hidrocarburos no quemados, como Carbono (C), Hidrógeno (H) y monóxido de carbono (CO). En altas concentraciones los resultados de la combustión pueden ser letales. El término combustión incompleta por lo general se utiliza en relación con la quema de hidrocarburos.

La combustión es el proceso de quema que se produce cuando el combustible, el oxígeno y el calor están presentes simultáneamente. El resultado de la combustión completa es la liberación de la energía, dióxido de carbono y vapor de agua. Si el hidrocarburo contiene azufre, el dióxido de azufre también estará presente. Por otro lado, los resultados de la combustión incompleta en algunos de los átomos de carbono se combinan con un solo átomo de oxígeno para formar monóxido de carbono y otros subproductos potencialmente dañinos.

### 2.1.4 Interpretación de los gases de escape de los vehículos

(Globaltech, 2009) menciona: Para entender las mediciones de un analizador de gases es necesario primero entender cada uno de los gases como se producen y que concentraciones de un gas en particular llevaría a un diagnóstico en una condición particular, un analizador de gases mide los siguientes gases:

- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- Monóxido de carbono (CO)
- Hidrocarburos (HC)
- Oxígeno ( $\text{O}_2$ )
- Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )

### **a) Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

El dióxido de carbono es medido en porcentaje de volumen. Este gas es un compuesto que se forma cuando un átomo del carbono del combustible o hidrocarburo se combinan con dos átomos de oxígeno del aire durante el ciclo de combustión de un motor. Como un átomo de carbono se puede combinar con uno o dos átomos de oxígeno cuando la eficiencia de la combustión es pobre, se formara Monóxido de carbono (CO). Si se logra una buena eficiencia de la combustión se formara dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La proporción de CO y CO<sub>2</sub> en los gases de escape es una muestra de la eficiencia de la combustión para tener una idea aproximada de la proporción de Aire/ combustible, simplemente se debe sumar el CO al CO<sub>2</sub>, ejemplo: 1.25% CO + 13.50 % CO<sub>2</sub> representa una proporción de aire/Combustible aproximada de 14.75 partes de aire a 1 parte de combustible.

Como el dióxido de carbono es un verdadero indicador de eficacia de la combustión, la lectura de concentraciones altas de CO<sub>2</sub> indica un alto grado de combustión eficaz. Poco oxígeno o demasiado combustible (mezcla rica) durante el proceso de combustión produce menos CO<sub>2</sub> y más CO que en la proporción de aire/combustible ideal (para gasolina 14.75 Kg de aire a 1 Kg de combustible). Por el contrario demasiado oxígeno y poco combustible (mezcla pobre) también producirá menos CO<sub>2</sub> que en la proporción de aire/combustible ideal sin embargo esta mezcla pobre producirá más O<sub>2</sub>.

El dióxido de carbono no es tóxico y es respirado por las plantas que lo convierten en sus componentes básicos de carbono y oxígeno. Aunque no es tóxico es uno de los gases responsables del efecto invernadero. Cuando el volumen de dióxido de carbono en los gases de escape está en el nivel más alto entonces ese motor está operando al grado más alto de la eficacia de la combustión.

## **b) Monóxido de carbono (CO)**

El monóxido de carbono CO es medido en porcentaje de concentración este gas es derivado de la combustión incompleta de hidrocarburos con oxígeno. Se forma cuando se intenta quemar el combustible pero no hay oxígeno suficiente para quemarlo completamente en otras palabras cuando se tiene una mezcla rica.

Las mezclas de combustible parcialmente quemadas siempre generan CO la concentración alta de CO en los gases indica la presencia de cantidades grandes de combustible parcialmente quemado. Concepto importante “parcialmente quemado” esto indica que el motor está trabajando en condiciones óptimas. En la mayoría de los casos el monóxido de carbono es un indicador de problemas de suministro de combustible, sin embargo el ingreso de vapor de combustible por la válvula de ventilación positiva del Carter y el aceite del motor contaminado por combustible, también puede afectar el volumen de CO en los gases de escape. El CO muy bajo indica una mezcla pobre y lecturas altas de CO indican una mezcla excesivamente rica. Válvulas de ventilación de canister defectuosas también afectan la lectura de CO. El monóxido de carbono debe ser muy bajo o inexistente en vehículos equipados con un convertidor catalítico que funcione correctamente.

Causas de CO alto:

- Mezcla rica
- Ralentí bajo y/o inestable
- Partículas de suciedad que tapan conductos de aire del carburador( muy común)
- Filtro de aire sucio
- Válvula de ventilación positiva del Carter bloqueada o defectuosa
- Encendido fuera de tiempo
- Saturación del depósito de carbón activado de canister
- Aceite contaminado por el combustible

- Inyectores de combustible que gotean
- Funcionamiento defectuoso del sistema electrónico de inyección
- Presión de combustible excesivamente alta

### **c) Hidrocarburos (HC)**

Hidrocarburo HC es combustible crudo sin quemar y es derivado de una combustión pobre o incompleta los hidrocarburos son típicamente medidos en partes por millón ppm todos los motores siempre producen algún exceso de HC cuando parte del combustible sin quemar al haber sido enfriado por la pared del cilindro relativamente fría en la cámara de combustión. Los hidrocarburos son un indicador excelente de problemas de ignición y/ mecánicos (en el caso que los HC elevados se mantengan a distintos regímenes de vueltas el problema será de ignición si los HC disminuyen al aumentar las vueltas el problema será mecánico). Las lecturas de hidrocarburo altas pueden ser causadas por varios factores:

- Mezcla muy rica
- Mezcla muy pobre
- Pérdida de vacío
- Fallas de ignición: insuficiente duración de la chispa causada por problemas en las bujías, circuito primario de ignición, bobina, tapa de distribuidor o cables de bujía defectuosos
- Tiempo de encendido avanzado baja compresión
- Motor frío
- Aceite contaminado por el combustible
- Los hidrocarburos serán muy bajos o inexistentes cuando el convertidor catalítico esté funcionando correctamente.

### **d) Oxígeno O<sub>2</sub>**

El oxígeno no se produce por el proceso de combustión de motor viene directamente de la atmosfera es casi totalmente consumido por el proceso de la combustión. Algunos vehículos usan aire adicional que se inyecta o se bombea al sistema de escape después del proceso de combustión para diluir emisiones y/o

ayudar en el funcionamiento del convertidor catalítico. Este tipo de sistema debe desactivarse antes de efectuar cualquier medición de gases con propósito de diagnóstico

La mezcla suministrada al motor, definida como factor de exceso de aire ( $\lambda$ ) ejerce una influencia decisiva en la composición de los gases de escape. El motor produce su torque máximo a aproximadamente  $\lambda = 0.8$ , así esta proporción de aire/ combustible generalmente se programa para el funcionamiento de plena carga.

La economía de combustible optima se logra con mezclas en el rango de  $\lambda = 1.1$ , esto coincide con la situación de baja emisión de CO y HC los óxidos de nitrógeno (NOx) sin embargo, están al máximo en esta situación. Cuando el valor de  $\lambda$  del gas de escape es igual a 1.00, se considera que el motor está operando con la proporción de aire/combustible óptima que no es ni rica ni pobre.

El contenido de oxígeno en los gases se usa como un indicador más que como un valor de diagnóstico. Por ejemplo cuando CO<sub>2</sub> son bajos, y O<sub>2</sub> son altos la mezcla de aire combustible es normalmente pobre. Cuando CO<sub>2</sub> son altos y O<sub>2</sub> son bajos, la mezcla de aire combustible es rica.

### **e) Óxidos de nitrógeno (NOx)**

El NOx es un término usado para describir los diferentes compuestos de nitrógeno y oxígeno que se forma durante el proceso de la combustión de un motor, NOx es medido en partes por millón. El monóxido de nitrógeno es un gas incoloro, insípido e inodoro. El monóxido de nitrógeno, cuando se pone en contacto con el aire puro se transforma con el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El NO<sub>2</sub> es un gas castaño rojizo venenoso con un olor penetrante. Otros óxidos de nitrógeno son N<sub>2</sub>O óxido nitroso, trióxido de nitrógeno N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y pentóxido de nitrógeno N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Desgraciadamente un motor diseñado y puesto a punto para producir bajo CO y HC pasa a ser un gran productor de NOx.

Cuando más caliente está el motor y más energía entrega es cuando produce más NOx. La presencia de NOx en gases de escape es disminuida de dos formas diferentes por los fabricantes del vehículo. Algunos fabricantes emplean una recirculación de gases EGR una válvula para reciclar algunos de los gases de escape hacia el proceso de combustión, reduciendo así las emisiones de Nox. El otro método que ha ganado más aceptación es utilizar un convertidor catalítico de tres vías.

#### **f) Relación Aire/ Combustible**

El objetivo del análisis de gases no solamente es de medir concentraciones de cada gas presente en el flujo de gases de escape sino también determinar la proporción de aire/combustible correcta que está proporcionándose al motor mediante sistemas de suministro de combustible electrónico o mecánico. Si los requerimientos de combustible de un motor son correctos, entonces cualquier falla de desempeño debe ser causada por problemas mecánicos o de funcionamiento defectuoso de la ignición.

## **2.2 NORMATIVA**

Se utilizó normativas que hagan referencia a emisiones contaminantes, procedimientos para medición de gases, valores admisibles de emisiones, entre otros; debido a que en la actualidad en el país no es obligatorio la medición de óxidos nitrosos (NOx), se usó normas Mexicanas como punto de referencia debido a que estas mencionan este tipo de gas para pruebas estáticas.

### **2.2.1 Normativa Ecuatoriana**

El Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, da a conocer mediante distintas Normas Técnicas, procedimientos para la obtención de valores de emisiones contaminantes en vehículos con motores de 4 tiempos de ciclo Otto y diésel, además fija los parámetros permisibles de dichas emisiones.

### a) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 349:2003, REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR

Establece los procedimientos que se deben seguir para la realización de la revisión técnica vehicular (RTV) obligatoria, también da a conocer las condiciones y normas a las cuales debe estar sujetos los equipos utilizados. La norma completa se puede visualizar en el Anexo 1.

#### Características técnicas del analizador de gases:

- **Características generales.-** Debe cumplir con lo indicado en la Recomendación Internacional OIML R 99 (clase 1)/ ISO 3930 y la NTE INEN 2203, lo que será demostrado mediante certificación del fabricante, generar reporte automático de la concentración en volumen de CO, CO<sub>2</sub>, HC y O<sub>2</sub>. Cálculo del factor lambda mediante la fórmula Bret Shneider.
- **Rangos de medición.-** los rangos admisibles establecidos en la norma para otorgar un informe de aprobado para el vehículo son:

**Tabla 3**  
**Tabla rangos establecidos de medición**

VARIABLE	RANGO DE MEDICIÓN
Monóxido de carbono (CO)	0-10%
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	0-16%
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	0-21%
Hidrocarburos no combustionados	0-5000 rpm
Velocidad de giro del motor	0-10000 rpm
Temperatura de aceite	0-150°C
Factor lambda	0-2

Fuente: (INEN, 2003)



- **Sistema de toma de muestra.-** la muestra será medida en el tubo de escape mediante una sonda flexible y requerimientos del equipo según el fabricante.

**b) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 202:2000, DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DIÉSEL MEDIANTE PRUEBA ESTÁTICA.**

Establece el método de ensayo y procedimiento para determinar el porcentaje de opacidad de las emisiones de escape de las fuentes móviles con motor de diésel mediante el método de aceleración libre. La norma completa se puede visualizar en el Anexo 2.

**c) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:2000, DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RELANTI". PRUEBA ESTÁTICA.**

Se aplica a los vehículos automotores cuyo combustible es gasolina, y establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o "ralentí". La norma completa se puede visualizar en el Anexo 3.

**d) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204:2002, LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.**

- Fija los límites permitidos de emisiones dependiendo del modelo y la altura (metros sobre el nivel del mar) donde se realice la medición de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de gasolina.
- Los siguientes tipos de motores no se rigen a esta norma: : motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre

rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

- Debido a que el estudio se lo realiza en vehículos posteriores al año 2000 y en la ciudad de Latacunga se tiene en cuenta los siguientes valores como límites máximos: % CO=1.0, HC=200ppm y NOx=0.62 g/km.
- La norma completa se puede visualizar en el Anexo 4.

#### **e) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207:2002, LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE DIÉSEL.**

Determina los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de diésel y clasificación de los mismos dependiendo del peso del vehículo. La norma completa se puede visualizar en el Anexo 5.

**Tabla 4**  
**Tabla clasificación de vehículos diésel según peso.**

<b>Categoría</b>	<b>Peso bruto del vehículo (kg)</b>
Liviano	<3860
Mediano	≤3860
Pesado	>3860

Fuente: (INEN, 2002)

Los siguientes tipos de motores no se rigen a esta norma:

- Motores de pistón libre,
- Motores fijos,
- Motores náuticos,
- Motores para tracción sobre rieles,
- Motores para aeronaves,
- Motores para tractores agrícolas, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

## 2.2.2 Normativa Mexicana

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), da a conocer: Normas oficiales Mexicanas con respecto a los procedimientos de medición y límites de emisiones contaminantes provenientes de vehículos con motores de 4 tiempos de ciclo Otto y diésel:

Estas normas fueron obtenidas de la página oficial de SEMARNAT previo registro, los datos utilizados se puede ver en el Anexo 6.

### a) Norma OFICIAL MEXICANA NOM-047-SEMARNAT-2014

Establece el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes. La norma completa se puede visualizar en el Anexo 7.

**Tabla 5**  
**Consideraciones para toma de datos.**

ETAPA	COMPONENTE	OBSERBACIÓN
<b>Preparación para las pruebas</b>	Equipo a utilizar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparar según instrucciones del fabricante.</li> <li>Ingresar los datos del vehículo.</li> </ul>
	Componentes del vehículo. (Revisión visual)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de escape.</li> <li>Porta-filtro de aire y aceite.</li> <li>Tapones de los fluidos.</li> <li>Fugas de fluidos.</li> </ul>
	Revisar que no se haya movido ni desconectado ningún componente del sistema de emisiones.	
	Sistema de Diagnóstico a Bordo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar un diagnóstico mediante el OBD para comprobar el estado de los componentes.</li> </ul>
<b>Acondicionamiento del vehículo para la prueba</b>	Accesorios	Revisar que se encuentren apagados: luces, radio, aire acondicionado, etc.
	Temperatura	El vehículo debe estar a temperatura de funcionamiento.
	Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatica: Posición de parqueo.</li> <li>Manual: Posición neutro.</li> </ul>

Fuente: (SEMARNAT, 2014)

**Tabla 6**  
**Método estático de toma de datos**

<b>Etapas</b>	<b>Procedimiento</b>
<b>Revisión visual de humo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectar el medidor de RPM al vehículo.</li> <li>• Acelerar a 2500±250RPM (30 segundos).</li> <li>• Si se genera humos azul o negro por más de 10 segundos el vehículo es rechazado.</li> <li>• En caso de vehículos que aprueben esta fase y tengas más de una salida de escape, se debe utilizar sondas múltiples.</li> </ul>
<b>Marcha lenta en vacío</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender el vehículo, verificar temperatura de funcionamiento.</li> <li>• Dejar estabilizar las RPM en Ralentí las cuales deben estar entre 350 – 1100 RPM.</li> <li>• Introducir la sonda del analizador en el escape una profundidad mínima de 25 cm.</li> <li>• Dejar que el analizador mida durante 30 segundos y obtener datos.</li> </ul>
<b>Etapas de marcha crucero</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener el medidor de RPM conectado y la sonda en el escape.</li> <li>• Acelerar a 2500±250RPM y mantener por un mínimo de 30 segundos.</li> <li>• Realizar la toma de datos en los últimos 5 segundos.</li> </ul>

Fuente: (SEMARNAT, 2014)

**b) Norma OFICIAL MEXICANA NOM-041-SEMARNAT-2006.**

Fija los límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes, provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación clasificándolos de la siguiente manera, La norma completa se puede visualizar en el Anexo 8.

**Tabla 7**  
**Clasificación de vehículos**

<b>Tipo</b>	<b>Peso</b>
<b>Camión ligero (CL1, CL2, CL3, CL4)</b>	2.722 kg (su clasificación depende de la capacidad de carga)
<b>Camión mediano</b>	3.856 – 8.864 kg
<b>Camión pesado</b>	> 8.864 kg
<b>Vehículos de pasajeros</b>	Hasta 10 pasajeros
<b>Vehículos de usos múltiples o utilitarios</b>	Para transporte de personas y/o productos, para las pruebas de clasifican igual que camión ligero.

Fuente: (SEMARNAT, 2014)

**Tabla 8**  
**Límites emisiones contaminantes para vehículos de pasajeros.**

<b>Año- modelo del vehículo</b>	<b>Hidrocarburo (HC) (ppm)</b>	<b>Monóxido de carbono (CO) (%Vol)</b>	<b>Oxígeno (O<sub>2</sub>) (%Vol)</b>	<b>Óxido de nitrógen o (NO) (ppm)</b>	<b>Dilución</b>		<b>Lam bda</b>
					<b>Min</b>	<b>Max</b>	
<b>1993 y anteriores</b>	150	1.5	3.0	2500	13	16.5	1.1
<b>1994 y posterior</b>	100	1.0	3.0	1500	13	16.5	1.05

Fuente: (SEMARNAT, 2014)

**Tabla 9**  
**Límites emisiones contaminantes para vehículos de carga.**

<b>Año- Modelo del vehículo</b>	<b>Hidrocarburo (HC) (ppm)</b>	<b>Monóxido de carbono (CO) (%Vol)</b>	<b>Oxígeno (O<sub>2</sub>) (%Vol)</b>	<b>Óxido de nitrógeno (NO) (ppm)</b>	<b>Dilución</b>		<b>Lam bda</b>
					<b>Min</b>	<b>Max</b>	
<b>1993 y anteriores</b>	180	2	3.0	2500	13	16.5	1.1
<b>1994 y posterior</b>	100	1.0	3.0	1500	13	16.5	1.05

Fuente: (SEMARNAT, 2014)

Fija los límites permisibles de emisiones contaminantes para vehículos de usos múltiples o utilitarios, camiones ligeros CL1, CL2, CL3Y CL4, camiones medianos y camiones pesados.

### **2.2.3 Impacto en la salud por cada gas**

INE-Semarnat (2009) Explica: Se da debido a largos periodos de tiempo expuesto a los distintos gases contaminantes generados por la combustión de la mezcla aire-combustible, la afección en la salud depende de los elementos que componen cada gas:

#### **a) Hidrocarburos (HC)**

De los hidrocarburos emitidos a la atmósfera los compuestos orgánicos volátiles (COV) son los de mayor incidencia en la salud y el ambiente, entre estos se encuentra el benceno, formaldehído y acetaldehído, los cuales son muy tóxicos para el ser humano, y, son precursores del ozono

#### **b) Monóxido de carbono (CO)**

El monóxido de carbono se adhiere con facilidad a la hemoglobina de la sangre provocando un menor flujo de oxígeno en el torrente sanguíneo afectado directamente en los sistemas nervioso y cardiovascular.

#### **c) Óxidos de nitrógeno (NOx)**

Con la presencia de humedad en la atmósfera se convierten en ácido nítrico, contribuyendo al fenómeno conocido como lluvia ácida. La exposición aguda al NO<sub>2</sub> puede incrementar las enfermedades respiratorias, especialmente en niños y personas asmáticas, además puede disminuir las defensas contra infecciones respiratorias.

**d) Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub> )**

Este compuesto es irritante para los ojos, nariz y garganta, y agrava los síntomas del asma y la bronquitis. La exposición prolongada al bióxido de azufre reduce el funcionamiento pulmonar y causa enfermedades respiratorias.

**e) Amoníaco (NH<sub>3</sub>)**

Las emisiones de amoníaco cobran importancia ambiental por el hecho de que este contaminante suele reaccionar con SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> para formar partículas secundarias tales como el sulfato de amonio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] y el nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), las cuales tienen un impacto significativo en la reducción de la visibilidad. La exposición a concentraciones altas de este contaminante puede provocar irritación de la piel, inflamación pulmonar e incluso edema pulmonar.

**f) Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub> )**

El bióxido de carbono no atenta contra la salud pero es un gas con importante efecto invernadero que atrapa el calor de la tierra y contribuye seriamente al calentamiento global.

**g) Metano (CH<sub>4</sub>)**

El metano es también un gas de efecto invernadero generado durante los procesos de combustión en los vehículos. Tiene un potencial de calentamiento 21 veces mayor al del bióxido de carbono.

**h) Óxido nítrico (N<sub>2</sub>O)**

Este contaminante, que pertenece a la familia de los óxidos de nitrógeno, también contribuye al efecto invernadero y su potencial de calentamiento es 310 veces mayor que el bióxido de carbono

## **2.2.4 Impacto en el medio ambiente**

M. Lima (2009) Explica: Los principales problemas generados por las emisiones contaminantes son:

### **a) Efecto invernadero**

Ocasionado por el impedimento que genera la acumulación de gases en la atmósfera para que la radiación infrarroja pueda salir al espacio, lo cual genera un aumento en la temperatura de atmósfera. Se considera al CO<sub>2</sub> como principal causante de este fenómeno

### **b) Destrucción de la capa de ozono**

Los óxidos de nitrógeno son los principales causantes de la destrucción debido a que el ozono es muy inestable y ayuda a la oxidación de estos gases de tal forma que los hace corrosivos, además con la destrucción de esta capa la radiación solar que llega a la atmósfera es mayor y por ende afecta a los seres vivos.

### **c) Lluvia ácida**

Los principales causantes de esto es SO<sub>2</sub> por su elevado porcentaje de azufre, estos producen ácido sulfúrico al entrar en contacto con la atmosfera debido al vapor de agua; mientras que los NO<sub>x</sub> al entrar en contacto con el vapor de agua de la atmosfera generan ácido nítrico, y estos dos nuevos compuestos son los que ocasionan la llamada lluvia ácida.

### **d) Pérdida de la biodiversidad**

Los distintos gases contaminantes generados por la combustión de la mezcla aire-combustible ocasionan graves daños en general al ecosistema existente, provocando la extinción de distintas especies debido a que todas llegan a entrelazarse provocando una cadena de fenómenos nocivos para la biodiversidad.



**Tabla 10****Efectos provocados por la contaminación atmosférica.**

<b>IMPACTO DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Personas</b>	<b>Medio ambiente</b>
Partículas	Irritación en membranas respiratorias	Obstrucción de estomas, necrosis y caída de hojas
Compuestos de azufre: SO, SO <sub>2</sub> , SH <sub>2</sub>	SO: Irritación en mucosas y ojos SH: Olores desagradables y Tóxicos	Pérdida de color en las hojas y necrosis en la vegetación
Óxidos de N: NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>	Enfermedades de las vías Respiratorias. Tóxico para algunas especies animales	Anula el crecimiento en algunos vegetales
CO y CO <sub>2</sub>	EL CO es tóxico, interfiere en el transporte de oxígeno a las células	Efecto invernadero Calentamiento global
Ozono (O <sub>3</sub> )	Irritaciones en nariz y garganta, fatiga y falta de coordinación en los animales	Manchas blancas en la vegetación

Fuente: (Barriopedro, 2009)

### **2.3 ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE AGS-688**

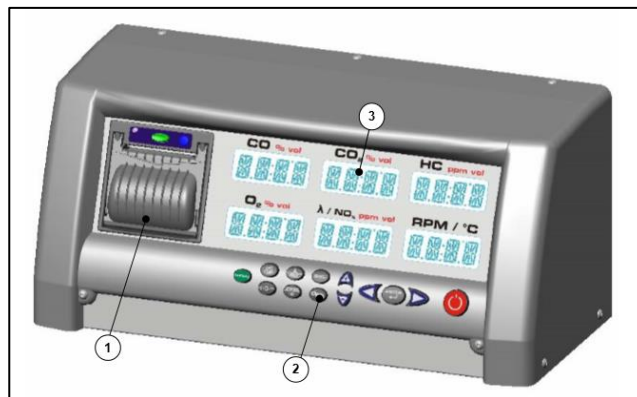
(Brain Bee, 2016): El Analizador de gases AGS-688 posee componentes de calidad que lo califica para superar con creces la norma CE y la norma TUV alemana, además de otras normas tanto europeas como internacionales. Esto sienta las bases de confianza en la medición que debe poseer todo técnico automotriz.

#### **a) Características principales**

- Función automática de calibración a CERO
- Tiempo de calentamiento menor a 10 minutos
- Sistema de filtrado reforzado y con trampa de agua
- Pruebas automáticas para residuos de HC y vacío

- Auto prueba y auto diagnóstico
- Compensador de altura
- Medición inalámbrica vía radio de RPM y temperatura de aceite con el accesorio MGT-300/R
- Pantalla LCD con iluminación de fondo
- Software para PC de múltiples aplicaciones
- Conexión a PC vía Cable USB. Opcionalmente vía BLUETOOTH
- Impresora térmica de alta velocidad
- Mide: HC, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>
- \* Cálculo de Lambda y CO corregido
- Habilitado para medición de NOx

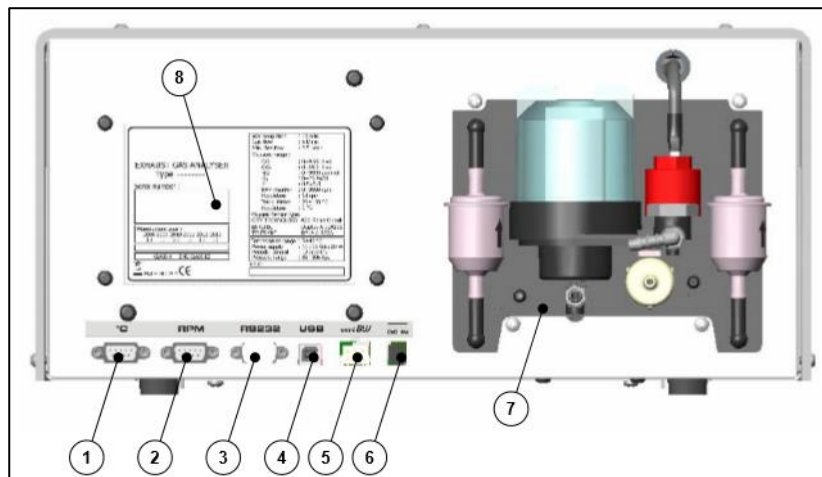
### 2.3.1. Componentes del equipo



**Figura 2 Vista frontal BRAIN BEE AGS-688**

Fuente: (Brain Bee, 2016)

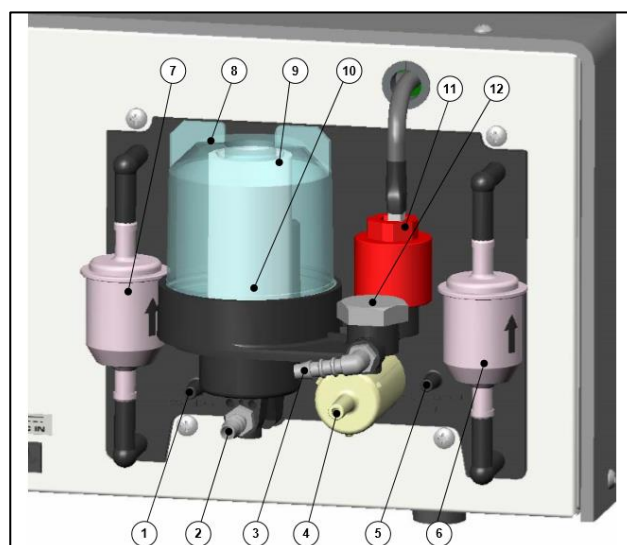
1. Impresora térmica 24columnas
2. Panel de control 13 botones
3. Displays LCD Retro-iluminados



**Figura 3 Vista posterior BRAIN BEE AGS-688**

Fuente: (Brain Bee, 2016)

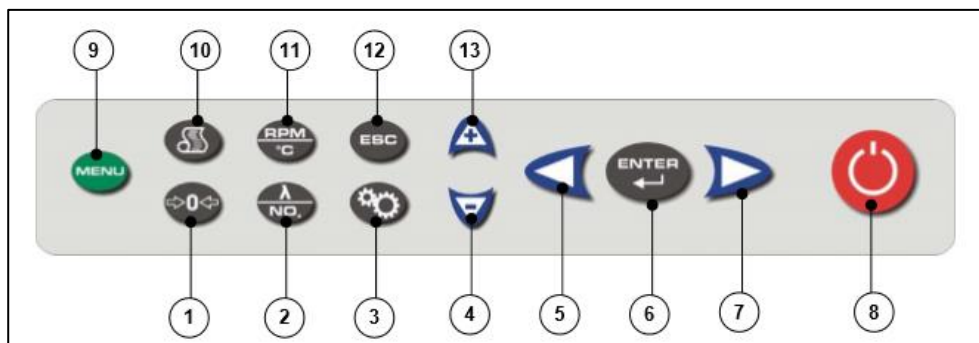
1. Entrada sonda temperatura aceite ST-050
2. Entrada sensor de revoluciones del motor CPI-030
3. Puerto comunicación serial RS 232
4. Puerto de comunicación USB
5. Puerto de comunicación RS-485 omnibus y alimentación 12VCC
6. Entrada de alimentación auxiliar 12VCC
7. Grupo neumático
8. Características adhesivo



**Figura 4 Zona de Filtros BRAIN BEE AGS-688**

Fuente: (Brain Bee, 2016)

1. Salida agua condensada
2. Entrada gas
3. Salida de gas
4. Filtro carbones activos para entrada de aire autocero
5. Entrada de la bombona de calibración
6. Filtro circuito gas
7. Filtro circuito agua
8. Contenedor grupo separador de condensado
9. Filtro Coalescente
10. Filtro red interno
11. Sensor O2
12. Tapa para alojamiento sensor NOx



**Figura 5 Panel de control BRAIN BEE AGS-688**

Fuente: (Brain Bee, 2016)

1. Control manual autocero
2. Conmutación visualización lambda / Nox
3. Control de configuración parámetro de prueba set
4. Deslizamiento vertical
5. Deslizamiento horizontal
6. Control de confirmación
7. Deslizamiento horizontal
8. Control de encendido ON-OFF
9. Control para volver al menú de aplicaciones
10. Control de impresión de reporte

11. Conmutación visualización de revoluciones/ temperatura
12. Comando para salir de la función o regresar al menú precedente
13. Deslizamiento vertical

### 2.3.2. Accesorios del equipo

**Tabla 11**

**Accesorios BRAIN BEE AGS-688**

**Sonda extracción de gas**

Elemento rígido que se introduce en el tubo de escape del vehículo, resistente al calor



**Tubo sonda de extracción**

Manguera flexible que hace unión entre la sonda y el analizador



**Filtro sonda de extracción**

Elemento que retiene partículas sólidas y agua al equipo.



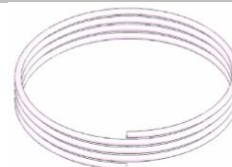
**Sensor O2**

Elemento encargado en medir el O2



**Tubo drenaje de condensado**

Manguera flexible transparente que ayuda a la expulsión de agua en el equipo



**Sensor NOx**

Elemento encargado en medir el NOx



### 2.3.3. Mantenimiento del equipo

#### a) Prueba de estanqueidad

La prueba de estanqueidad es útil para controlar que a lo largo del circuito neumático no haya infiltraciones de aire. Para realizar la prueba se debe cerrar el circuito neumático del analizador introduciendo la punta de la sonda de extracción de gases en el orificio adecuado en el mango y pulsar enter al término de la prueba si el test es superado se visualizará el siguiente mensaje:



**Figura 6 Visualización de prueba completa**

Fuente: (Brain Bee, 2016)

En caso de que se visualice un mensaje de error, verificar el circuito neumático repitiendo la prueba y cerrando el circuito directamente desde la entrada de gas para excluir la sonda.

#### b) Prueba de residuos HC

Sirve para controlar si el circuito neumático del analizador está sucio con hidrocarburos: si el valor de HC supera los 20ppm Vol. Cuando se aspira aire, el software considera que el circuito está sucio e inhibirá la medición oficial. En este caso es posible repetir la prueba para aspirar aire limpio y así limpiar los tubos y los filtros de la sonda: si en la repetición también falla entonces será necesario sustituir los filtros y limpiar los tubos y sondas de extracción.



**Figura 7 Visualización de prueba de residuos**  
Fuente: (Brain Bee, 2016)

Este menú se utiliza para visualizar la limpieza del circuito neumático del analizador de gases.

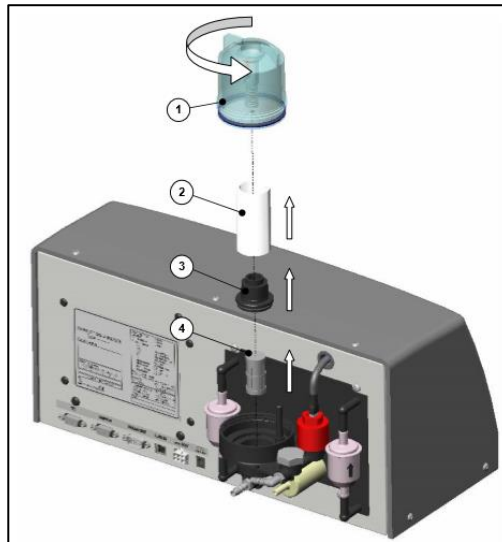
### c) Limpieza del sistema de filtrado

Es muy importante la función de los filtros montados en el equipo, ya que protegen los delicados dispositivos internos contra las impurezas provenientes del externo; por este motivo es esencial ocuparse de la limpieza.

Dentro del contenedor están alojados dos tipos de filtros:

- Coalescente (2) que debe ser sustituido cuando el equipo no logra superar la prueba de RESIDUOS HC o al menos una vez al mes.
- Red (4) que debe ser lavado al menos una vez al mes y sustituido cuando se deteriora.

Para extraer los filtros será necesario retirar el vaso contenedor haciéndolo girar en sentido anti-horario (1) y extraer el filtro coalescente (2) levantándolo. Levantar el soporte (3) y extraiga el filtro a red (4) para sustituirlo o limpiarlo con agua y jabón.



**Figura 8 Extracción del sistema de filtrado**

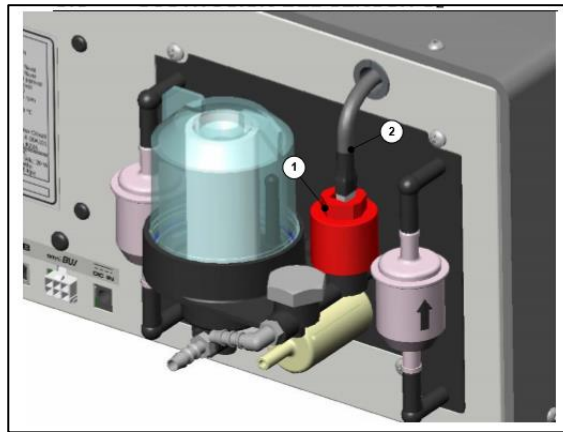
Fuente: (Brain Bee, 2016)

#### **d) Sustitución del sensor O<sub>2</sub>**

El sensor O<sub>2</sub> (1) es una celda electroquímica que genera una tensión (m voltios) proporcional a la concentración de oxígeno presente en el gas que lo atraviesa. La eficacia del sensor, como en cualquier pila es una propiedad que se agota con el uso y el pasar del tiempo, cuando el software lo solicite se debe sustituir el sensor O<sub>2</sub> en el siguiente modo:

1. Retirar el sensor O<sub>2</sub> agotado desenroscando en sentido contrario a las agujas del reloj
2. Retira la tapa de protección del nuevo sensor O<sub>2</sub>
3. Atornillar el nuevo sensor O<sub>2</sub> en el sentido de las agujas del reloj y conecte el cable (2) proveniente del equipo.





**Figura 9 Ubicación del sensor O2**

Fuente: (Brain Bee, 2016)

#### **e) Sustitución del sensor NOx**

El cambio del sensor NOx se lo realiza cada 3 años este tiempo dependerá también del uso del mismo, para el cambio se procede a retirar la tapa de plástico del analizador, después la de metal desconectando el cable de tierra, y se procede a la desconexión del cable del sensor NOx del Bench. Finalmente se desatornilla el sensor de su lugar.

Para su instalación se repite el procedimiento teniendo en cuenta que primero se atornilla el sensor en su posición. Posteriormente se enciende el equipo con los botones de navegación (+) (-) seleccionar la opción "07 SERVICE" del menú y pulsar enter. Una vez que se ingrese la contraseña seleccionar el submenú "0704 NOx Sensor" y habilitar el sensor con los botones de navegación en la opción ON y para confirmar presionar enter.

#### **f) Prueba continua**

La prueba continua es una opción más que ofrece el equipo, donde en la cual se realiza mediciones libres de todos los gases de acuerdo a las necesidades del operador, es decir que se puede establecer parámetros propios como número de revoluciones y temperatura del motor.

En el reporte final para esta opción de prueba continua se visualizará datos tales como: número de serie del equipo, datos del taller, datos del vehículo, valores obtenidos en ese momento como:

- Temperatura del motor
- RPM
- CO
- CO2
- HC
- O2
- NOx

Además finalmente se visualizará fecha y hora que se realizó la prueba y la aprobación del taller o el operador autorizado.

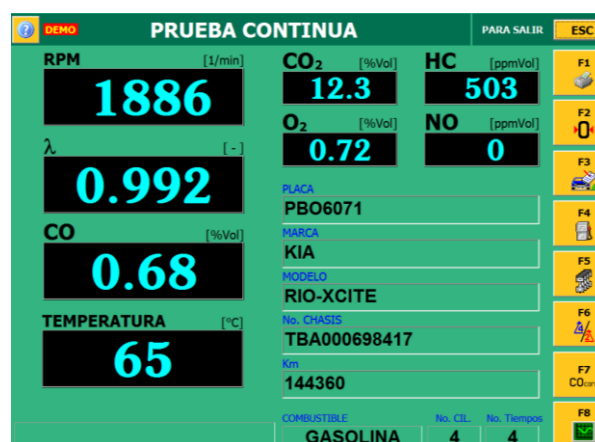


Figura 10 software AGS-688 opción prueba continua

#### g) Test Oficial

La prueba de test oficial es una opción en la cual se realiza mediciones bajo las condiciones de normativa para cada país en el caso de Ecuador se basa a la normativa de revisión técnica vehicular, donde establece los límites o los rangos máximos permisibles para los gases de escape de un vehículo que quiera aprobar y circular normalmente acatado a la ley y la normativa correspondiente. La prueba se la realiza cuando el vehículo haya alcanzado una temperatura

superior a los 80 grados (temperatura de funcionamiento según fabricante), siguiendo un protocolo que empieza desde los datos del vehículo

TEST OFICIAL - DATOS DE VEHICULO		PARA SALIR	ESC
PLACA	: PBO-7061		F1
MARCA	: KIA		F2
MODELO	: RIO-XCITE		F3
No. CHASIS	:		F4
ODÓMETRO	:		F5
PRIMER COMBUSTIBLE	: GASOLINA		F6
SEGUNDO COMBUSTIBLE	: NO PRESENTE		F7
No. TUBOS DE ESCAPE	: 1		F8
No. TIEMPOS	: 4		
No. CILINDROS	: 4		
AÑO DE CONSTRUCCIÓN	: 2011		

**Figura 11 Datos del vehículo para Test Oficial**

Antes de realizar la prueba el software solicitará el ingreso de datos y ciertas condiciones de medición correspondientes al vehículo para generar el reporte final.



**Figura 12 Software del AGS-688 opción prueba al mínimo en test oficial**

Someter al motor a un rango entre 500 a 1200 revoluciones lo cual se considera la prueba a marcha mínima o ralentí por un tiempo de 20 segundos.

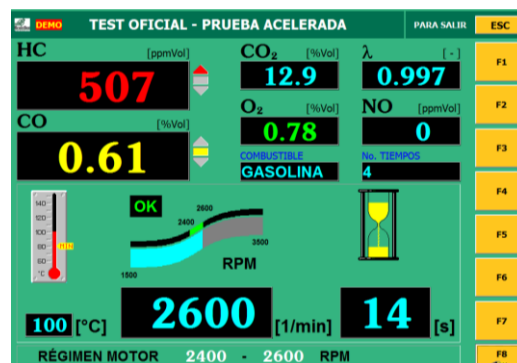


Figura 13 Software del AGS-688 opción prueba acelerada en test oficial

Imponer al motor a un rango de 2400 a 2600 revoluciones lo cual se considera la prueba acelerada por un tiempo de 20 segundos

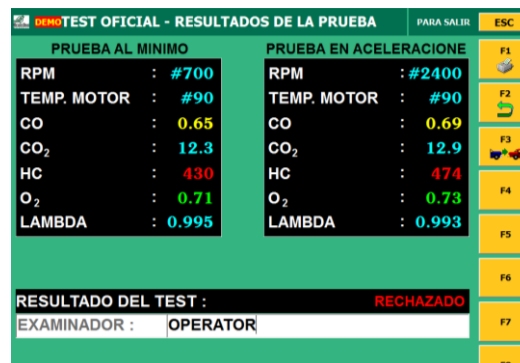


Figura 14 Software del AGS-688 resultados de la prueba en test oficial

Finalmente se reflejaran los resultados donde se indica si el vehículo fue aprobado o rechazado.

#### h) Calibración del analizador de gases Brain Bee

El proceso de calibración recomendado por el fabricante, se puede visualizar en el Anexo 9.

## 2.4 OSCILOSCOPIO OTC

El osciloscopio es un dispositivo que permite visualizar de manera gráfica señales eléctricas variables en el tiempo, esto con la ayuda de ejes coordenados en los cuales el eje vertical (Y) representa el voltaje y el eje horizontal (X) representa el tiempo.

Puede comparar dos señales al mismo tiempo con gran precisión gracias a la excelente frecuencia de trabajo de 25 MHz, además incluye un sistema de ayuda "DATA BASE" para verificar las formas de onda y una opción de diagramas eléctricos del componente que se va a comprobar.

### **2.4.1 Elementos**

- Osciloscopio de 2 canales.
- Multímetro gráfico.
- Base de datos de vehículos específicos.
- Actualización por Internet
- Juego de cables: Amarillo (Canal A o 1) y Rojo(Canal B o 2)
- Puntas de prueba (Back probes)
- Pinza de ignición secundaria.
- Adaptador 110 voltios CA.
- Maleta de transporte

### **2.4.2 Características**

#### **a) Osciloscopio**

Es un potente osciloscopio de dos canales, capaz de la más sofisticada medición de componentes. Con la captura de fallas permite ver el problema de funcionamiento en el microsegundo que aparece y facilita la reparación o sustitución del componente.

#### **b) Gráficos**

Cualquier lectura de medición puede ser desplegada en un gráfico que muestre los cambios en un lapso de tiempo. Picos y fallas y la mayoría de cambios durante un minuto son claramente visibles e indican la manera de realizar reparaciones exactas que dejen ganancias.

### c) Multímetro

Esta opción no sólo cuenta con la capacidad de graficar, también puede desplegar hasta tres mediciones de la señal al mismo tiempo. Por ejemplo, se puede verificar el voltaje CD, voltaje pico del inyector, y anchura de la pulsación.



**Figura 15 Osciloscopio OTC (Elementos)**

Fuente: (Autoavance, 2016)

## 2.5 SCANNER DE DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ G-Scan 2

(Manual de usuario G-scan2, 2013) menciona: El G-scan 2 es un escáner muy valorado debido a sus avanzadas funciones de programación y configuración. Posee amplia cobertura para autos, camionetas, camiones y buses como Hino, Fuso, Nissan UD, Isuzu Camiones, Hyundai y Kia.

Inspecciona más de 60 parámetros en vivo al mismo tiempo. Está preparado para medir todos los parámetros del motor como RPM, presión de riel común, correctores de mezcla, sensores de velocidad, sensor de alta presión de sistemas GDI, porcentaje de apertura de la mariposa, relación de marcha, freno de motor, estado de componentes activados, entre otros.

### 2.5.1 Elementos

- Scanner profesional multimarca G-scan 2.

- Osciloscopio de 4 canales integrado.
- Cable y conector de 16 pines.
- Lápiz táctil.
- Puntas de medición para osciloscopio.
- Puntas para simulación de sensores.
- Lector de memorias USB.
- Manuales y tutoriales en video

### **2.5.2 Características**

- Sistema de Auto búsqueda del modelo.
- Grabación del flujo de datos.
- Tarjeta de memoria de 16 GB.
- Operación en idioma español.
- Software OEM (Concesionario) Hyundai/Kia.
- Batería Recargable Incorporada.
- Adaptaciones y Reprogramaciones.
- Actualización gratuita de Software por un año.
- Lectura y Borrado de Códigos de Falla.
- Operación de vehículos de 12 y 24 voltios.
- Lectura Digital y gráfica del flujo de datos.
- Software de interfaz a PC en tiempo real.
- Opción de escritura sobre la pantalla para análisis de datos.
- Actualizaciones directas vía WI-FI
- Triple Procesador
- Detección de líneas CAN

### **2.5.3 Funciones especiales**

#### **a) Osciloscopio de 2 y 4 canales (con módulo VMI)**

Mide con exactitud todas las variaciones eléctricas del vehículo. Gracias a su avanzado sistema de osciloscopio de 2 y 4 canales en patrón simple o con

entrada auxiliar. Además, puedes ingresar ajustes mediante la pantalla táctil o con la ayuda de los botones físicos.

### **b) Multímetro digital (con módulo VMI)**

Analiza las frecuencias, pulsaciones y resistencias de circuitos eléctricos identificando rangos máximos y mínimos gracias a la función de multímetro digital con muestra de gráficos. También realiza test de continuidad y pruebas de ciclos de trabajo y medición de frecuencia.

### **c) Simulación de sensores y actuadores (con módulo VMI)**

Activa todo tipo de actuadores y emula señales como voltaje, ancho de pulso y frecuencia; combinándolos, se puede evaluar la respuesta de todo tipo de sensores lineales, cuenta con 3 canales para simulación



**Figura 16 Scanner Automotriz G-Scan2**

Fuente: (Globaltech, 2009)

## **2.6 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN GASOLINA DEL VEHÍCULO KIA RIO XCITE 1.4**

El sistema de alimentación, es el encargado de trasladar la gasolina desde el depósito de combustible hasta los inyectores para que la combustión se realice



correctamente, el sistema de inyección electrónica permite una mejor dosificación del combustible y sobre todo desde la aplicación del mando electrónico por medio de un calculador que utiliza la información de diversos sensores colocados sobre el motor para manejar las distintas fases de funcionamiento, siempre obedeciendo las solicitudes del conductor en primer lugar y las normas de anticontaminación en un segundo lugar. El Kia Rio Xcite cuenta con un sistema de inyección multipunto MFI.

#### **a) Sistema de inyección Multipunto MFI**

El sistema Multipunto MFI tiene ubicado los inyectores en el múltiple de admisión muy cerca de la válvula de admisión y pulverizan el combustible según lo indicado por la ecu. El sistema determina la cantidad de combustible a inyectar según las condiciones de carga, presión, temperatura que se encuentre en el motor, mediante el regulador de presión en los sistemas multipunto la presión alcanza los 2 a 2.5 bar.

#### **b) Ventajas del sistema de alimentación por inyección electrónica multipunto MFI**

- Bajo consumo de combustible:

Con la utilización de carburadores, en los colectores de admisión se producen mezclas desiguales de aire/gasolina para cada cilindro. La necesidad de formar una mezcla que alimente suficientemente incluso al cilindro más desfavorecido obliga, en general, a dosificar una cantidad de combustible demasiado elevada. La consecuencia de esto es un excesivo consumo de combustible y una carga desigual de los cilindros. Al asignar un inyector a cada cilindro, en el momento oportuno y en cualquier estado de carga se asegura la cantidad de combustible, exactamente dosificada.

- Mayor potencia:

La utilización de los sistemas de inyección permite optimizar la forma de los colectores de admisión con el consiguiente mejor llenado de los cilindros. El resultado se traduce en una mayor potencia específica y un aumento del par motor.

- Gases de escape menos contaminantes:

La concentración de los elementos contaminantes en los gases de escape depende directamente de la proporción aire/gasolina. Para reducir la emisión de contaminantes es necesario preparar una mezcla de una determinada proporción. Los sistemas de inyección permiten ajustar en todo momento la cantidad necesaria de combustible respecto a la cantidad de aire que entra en el motor.

Mediante la exacta dosificación del combustible en función de la temperatura del motor y del régimen de arranque, se consiguen tiempos de arranque más breves y una aceleración más rápida y segura desde el ralentí. En la fase de calentamiento se realizan los ajustes necesarios para una marcha redonda del motor y una buena admisión de gas sin tirones, ambas con un consumo mínimo de combustible, lo que se consigue mediante la adaptación exacta del caudal de éste.

### **2.6.1 Especificaciones técnicas**

El Kia Rio Xcite es un automóvil de los más económicos en cuanto a combustible de la marca Kia. A continuación se indica las características técnicas:

Tabla 12

**Características del vehículo KIA Rio Xcite**

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
<b>Motor</b>	1.4L
<b>Potencia</b>	95 HP / 6.000 RPM
<b>Torque</b>	12.8 Kg-m / 2800 RPM
<b>Combustible</b>	Gasolina ( presión de 52 BAR)
<b>Alimentación</b>	Inyección electrónica
<b>Relación de compresión</b>	10.5
<b>Cilindros</b>	4
<b>Configuración</b>	En línea
<b>Distribución</b>	DOHC
<b>Válvulas</b>	16
<b>Velocidad máxima</b>	183 km/h

Fuente: (Kia Motors Ecuador, 2016)



**Figura 17 Vehículo Kia Rio Xcite 1.4**

### **2.6.2 Componentes del sistema de alimentación**

Los componentes del sistema de alimentación se dividen en componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos

## a) Componentes mecánicos

- **Depósito**

Está situado en la parte inferior central del vehículo, de tal manera que en caso de colisión, le afecte lo menos posible y no se produzcan ningún derrame de combustible que pudiera agravar el incidente. Suele fabricarse con material elástico y a prueba de golpes, y normalmente no tiene mucha altura (para que no se produzcan grandes inercias del combustible con los movimientos del vehículo).



**Figura 18 Depósito de combustible**

Fuente: (I-partes, 2015)

- **Filtro de gasolina**

Este componente está situado normalmente entre la bomba de combustible y la rampa de inyectores de tal forma que la gasolina que sale del depósito es filtrada para su posterior utilización. Los filtros de combustible para los sistemas de inyección es de metal. La materia filtrante es de papel, y tienen posición de montaje.



**Figura 19 Filtro de combustible**

Fuente: (I-partes, 2015)

- **Líneas de combustible**

Son las tuberías encargadas de llevar y retornar el combustible entre el tanque y el carburador o riel de inyección.



**Figura 20 Líneas de combustible**

Fuente: (I-partes, 2015)

**b) Componentes eléctricos**

- **Bomba de combustible- regulador de presión**

Es una bomba de aspiración que puede ser eléctrica o sumergible, encargada de sacar el combustible del tanque para enviarlo al riel de inyectores, también tiene incluido para este modelo de vehículo, el regulador de presión es capaz de mantener la presión correcta de combustible para el vehículo se comporte de una manera correcta.



**Figura 21 Bomba de combustible**

Fuente: (Bosch, Manual de la Técnica del Automóvil, 2005)

- **Relé de la bomba de combustible**

El relé de la bomba es el elemento encargado de mantener el voltaje inicial al contacto en la bomba de combustible y cierra el circuito de alimentación a la bomba de combustible cuando el motor ya se encuentra encendido.



**Figura 22 Relé de la Bomba de combustible**

Fuente: (Bosch, Manual de la Técnica del Automóvil, 2005)

- **Inyector de combustible**

Un inyector es un elemento componente del sistema de inyección de combustible cuya función es introducir una determinada cantidad de combustible en la cámara de combustión en forma pulverizada, distribuyéndolo lo más homogéneamente posible dentro del aire contenido en la cámara.



**Figura 23 Inyector de combustible**

Fuente:(Kia Motors Ecuador, 2016)

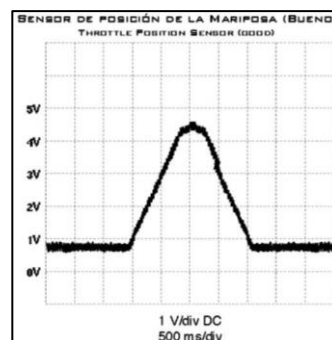
### c) Componentes electrónicos y gestión electrónica

- **Sensor TPS**

El sensor TPS de sus iniciales en inglés que se escribe Throttle Position Sensor que significa Sensor de posición de la mariposa de aceleración, es uno de los cinco sensores básicos de un sistema de inyección electrónica.



**Figura 24 Sensor TPS**  
Fuente: (Kia Motors Ecuador, 2016)



**Figura 25 Curva característica del sensor TPS**  
Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

- **Sensor T-MAP**

Es el Sensor de temperatura de aire aspirado y presión de aspiración, es decir este tipo de sensor en KIA tienen los dos sensores en uno.



Figura 26 Sensor T-MAP

Fuente: (Kia Motors Ecuador, 2016)

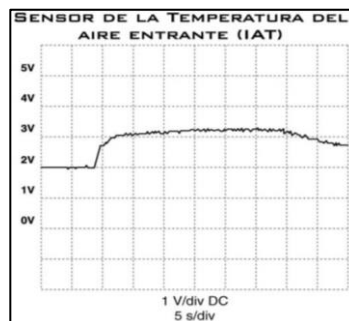


Figura 27 Curva característica del sensor IAT

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

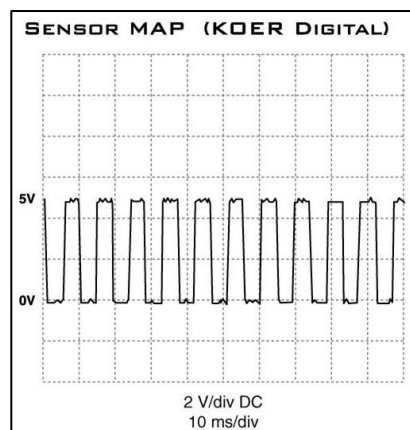


Figura 28 Curva característica del sensor MAP

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

El sensor de temperatura del aire conocido por IAT por sus siglas en inglés (IntakeAir Temperature) tiene como función, como su nombre la indica, medir la temperatura del aire. Y el sensor de presión absoluta en el colector de admisión



conocido por MAP por sus siglas en inglés Manifold Absolute Pressure que significa Presión absoluta en el colector de admisión

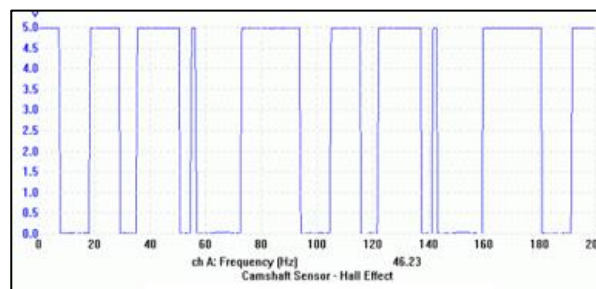
- **Sensor CMP**

Se localiza a nivel del árbol de levas del motor El CMP indica a la Centralita la posición del árbol de levas para que determine la secuencia adecuada de inyección Es del tipo efecto hall, arrojando una señal cuadrada



**Figura 29 Sensor CMP**

Fuente: (Kia Motors Ecuador, 2016)



**Figura 30 Curva característica del sensor CMP**

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

- **Sensor CKP**

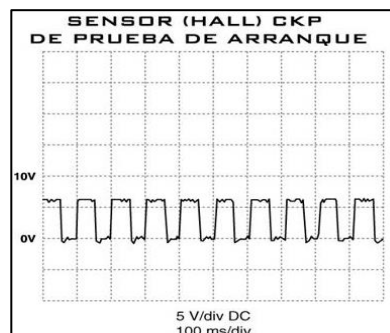
El Sensor de posición del cigüeñal, es un detector magnético o de efecto Hall, el cual envía a la computadora (ECM) información sobre la posición del cigüeñal y

las RPM del motor. No hay pulsos de inyección. Este sensor se encuentra ubicado a un costado de la polea del cigüeñal o volante cremallera.



**Figura 31 Sensor CKP**

Fuente: (Kia Motors Ecuador, 2016)



**Figura 32 Curva característica del sensor CKP**

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

- **Unidad de control electrónico ECM**

Las unidades de control de motor determinan la cantidad de combustible, el punto de ignición y otros parámetros monitorizando el motor a través de los diferentes tipos de sensores y actuadores.



**Figura 33 Modulo de control electrónica ECM**

Fuente: (Bosch, Manual de la Técnica del Automóvil, 2005)

- **Arnés de cables**

Es un conjunto de uno o más circuitos (cables de corriente eléctrica) al que se le pueden unir elementos tales como conectores, clips, terminales etc. Su función es la de transmitir corriente eléctrica a través de todos los dispositivos electrónicos del automóvil.



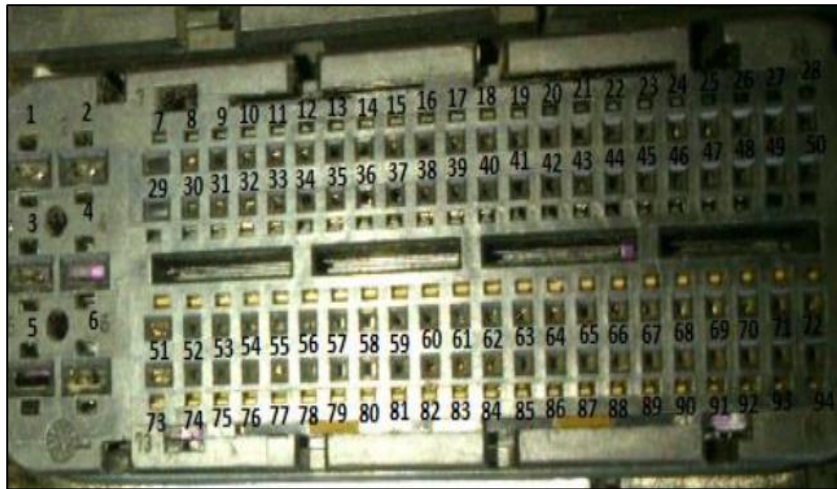
**Figura 34 Arnés de cables**  
Fuente: (Kia Motors Ecuador, 2016)

### 2.6.3 Revisión técnica mecánica

A continuación se menciona las características y parámetros de operación técnicas de cada componente que comprenden el sistema de inyección del vehículo.

#### a) Diagnostico de sensores

Para el diagnóstico de sensores se hace referencia que el vehículo Kia Rio Xcite 1.4 L cuenta con los siguientes sensores y su respectiva distribución de pines:



**Figura 35 Distribución de pines**

Comprobación de sensores:

#### b) Sensor TPS

- **Distribución de pines respecto al color de los cables del socket de conexión**

**Tabla 13**

**Distribución de pines TPS**

Cable	Color	Pin
1	Azul	12
2	Verde	60
3	Amarillo	39

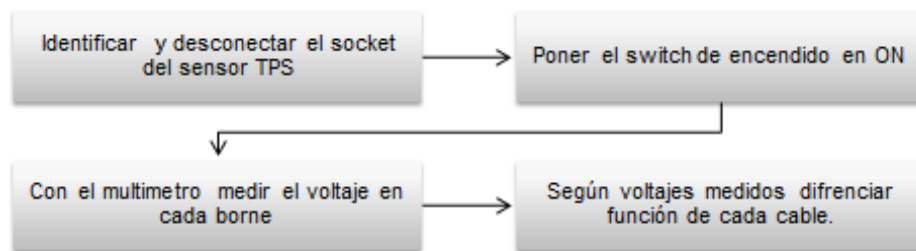
- **Códigos de falla**

**Tabla 14**

**Códigos de falla TPS**

Código	Descripción
P0122	Voltaje bajo del sensor de posición del acelerador (TPS)
P0123	Voltaje alto del sensor de posición del acelerador (TPS)
P1295	No llega 5.0V REF al sensor TPS.

- **Procedimiento para inspección de voltaje en el conector**



**Figura 36 Proceso de inspección sensor TPS**

Los rangos de medición son:

**Tabla 15**

**Rango de voltajes TPS**

Terminal color	Ralentí	2000 RPM	Plena carga
Azul/ tierra	0.01v	0.01v	0.01v
Verde /alimentación	4.99v	4.99 v	5.00v
Amarillo /señal	0.34v	0.47v	4.47v

El voltaje de 0.01 V es el de tierra, el de 5 V es de alimentación por lo tanto el ultimo valor sea cual sea será el de señal.

- **Curva característica del sensor**

Se debe conectar el osciloscopio de la siguiente manera, un terminal al cable que proporciona señal en este caso de los tres cables es el cable de color amarillo y el terminal negativo a masa, y se obtiene la curva del sensor.



**Figura 37 Conexión osciloscopio**

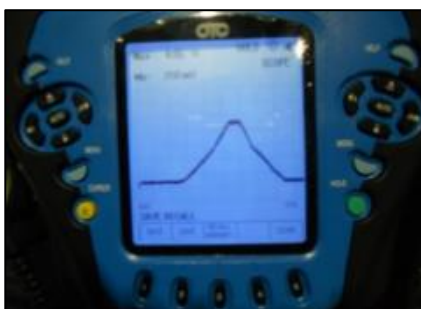


Figura 38 Curva del sensor TPS

### c) Sensor T-Map

- Distribución de pines respecto al color de los cables del socket de conexión

Tabla 16

Distribución de pines T-MAP

Cable	Color	Pin
1	Azul	15
2	Verde	43
3	Café	81
4	Rosado	19

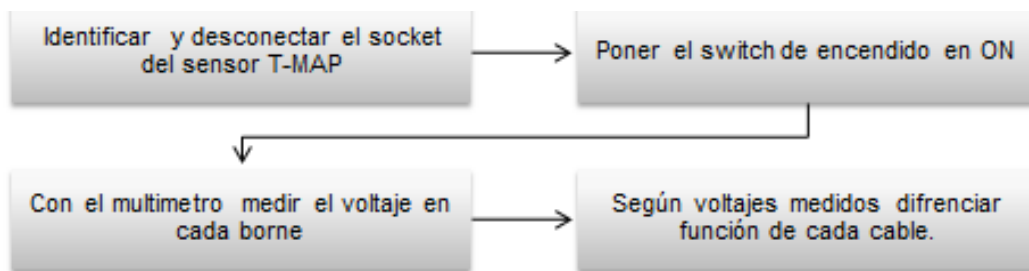
- Códigos de falla

Tabla 17

Códigos de falla sensor T-MAP

Codigo	Descripcion
P1297	No hay cambio de señal Map entre encendido y la marcha
P1296	No llega 5.0V REF al MAP
P0107	Voltaje del sensor MAP bajo
P0112	Sensor temperatura aire admisión – señal entrada baja
P0113	Sensor temperatura aire admisión - señal entrada alta
P0114	Sensor temperatura aire admisión - interrupción intermitente

- **Procedimiento para inspección de voltaje en el conector**



**Figura 39 Proceso de inspección sensor T-MAP**

El voltaje de 0.01 V es el de tierra, el de 5 V es de alimentación, los dos voltajes restantes son de los sensores MAP-IAT.

Los rangos de medición son:

**Tabla 18:**

**Rangos de voltajes para sensor T-MAP**

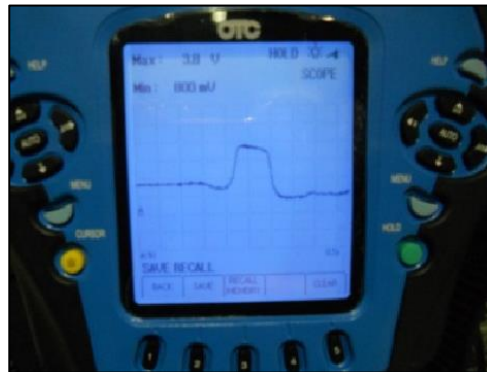
Terminal color	ralentí	2000 RPM	Plena carga
<b>Azul tierra</b>	0.01v	0.01v	0.01v
<b>Verde/IAT</b>	1.88v	1.73v	1.68v
<b>Café aliment.</b>	4.99v	4.99v	5.00v
<b>Rosado /MAP</b>	1.32v	2.96v	3.75v

- **Curva característica del sensor**

Se debe conectar el osciloscopio de la siguiente manera, un terminal al cable que proporciona señal en este caso de los 4 cables es el cable de color verde y el terminal negativo a masa, y se obtiene la señal del sensor MAP.



**Figura 40 Conexión osciloscopio para sensor T-MAP**



**Figura 41 curva del sensor MAP**

De igual manera se debe conectar el osciloscopio para la señal IAT, un terminal al cable que proporciona señal en este caso de los 4 cables es el cable de color rosado, y el terminal negativo a masa, y se obtiene la señal del sensor.



**Figura 42 Curva del sensor IAT**

#### **d) Sensor CMP**

- **Distribución de pines respecto al color de los cables del socket de conexión**

**Tabla 19**

**Distribución de pines para sensor CMP**

<b>Cable</b>	<b>Color</b>	<b>Pin</b>
1	Blanco	25
2	Azul	63
3	Café	17

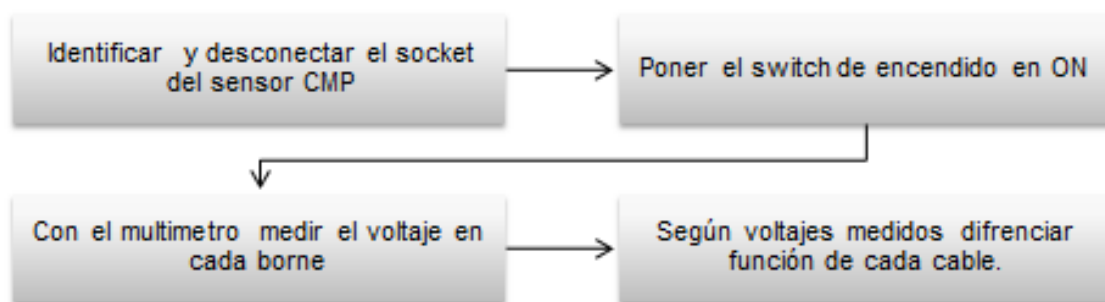


- **Códigos de falla**

**Tabla 20****Código de fallas CMP**

<b>Codigo</b>	<b>Descripcion</b>
P0340	Sensor posición arbol levas A(bloque 1) - circuito defectuoso
P0341	Sensor posición arbol levas A(bloque 1) - rango,funcionamiento
P0342	Sensor posición árbol levas A(bloque 1) - señal entrada baja
P0343	Sensor posición árbol levas A(bloque 1) - señal entrada alta

- **Procedimiento para inspección de voltaje en el conector**

**Figura 43 Proceso de inspección sensor CMP**

Los rangos de medición son:

**Tabla 21****Rangos de voltajes para sensor CMP**

<b>Terminal color</b>	<b>Ralentí</b>	<b>2000 RPM</b>	<b>Plena carga</b>
Blanco/ señal	14.14v	14.16v	14.19v
Azul/alimentación	12.36-13.7v	12.79-13.20v	12.89v
Café/Blanco/tierra	0.01v	0.01v	0.01v

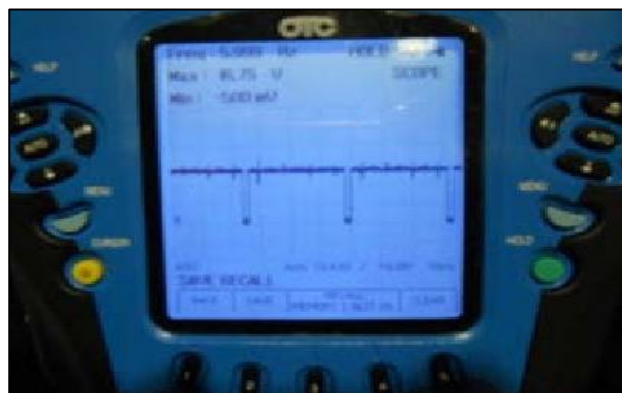
El voltaje de 0.01 V es el de tierra, el de 12 V es de alimentación por lo tanto voltaje menor es el de señal.

- **Curva característica del sensor**

Se debe conectar el osciloscopio de la siguiente manera, un terminal al cable que proporciona señal en este caso de los tres cables es el cable de color azul, y el terminal negativo a masa, se obtiene esta señal dando un arranque.



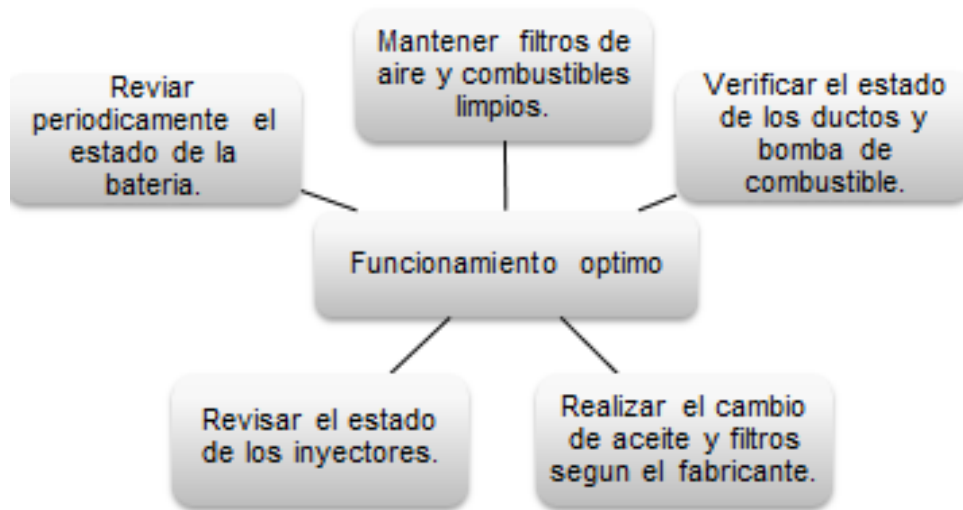
**Figura 44 Conexión osciloscopio para sensor CMP**



**Figura 45 Curva del sensor CMP**

**e) Revisión del motor y sistema de alimentación**

Para un buen mantenimiento del sistema de alimentación del vehículo se deberá:



**Figura 46 Mantenimiento de vehículo**

#### 2.6.4 Mantenimiento

##### a) Mantenimiento preventivo

El Plan de Mantenimiento preventivo para este vehículo es recomendable realizarlo cada 5.000km de recorrido, donde se realizarán trabajos que van desde cambios de aceite, revisión de frenos, mantenimiento de suspensión y motor, entre otros; todos estos estrictamente diseñados a fin de cuidar la vida útil del vehículo.

El cuadro de mantenimiento recomendado por el fabricante para este vehículo de actividades tiempo y costos se encuentra en el Anexo 10.

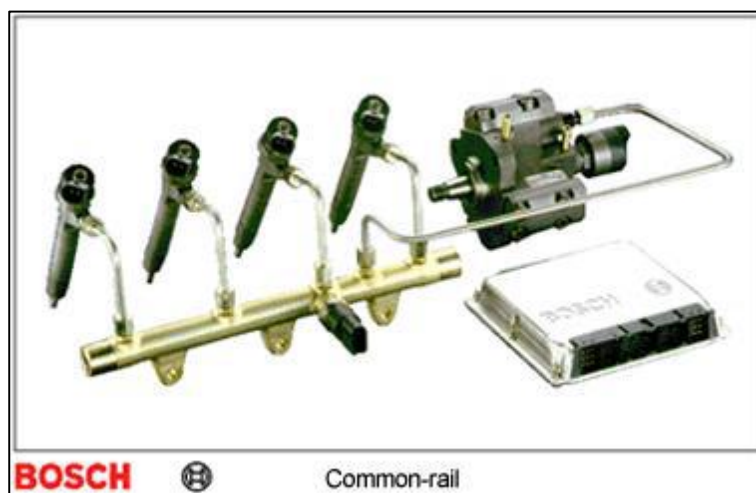
## b) Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel en que solo se interviene en el vehículo después de su fallo. Este tipo de mantenimiento, es aplicado en todos los sistemas del vehículo alimentación, lubricación, refrigeración, eléctrico etc.

### 2.7 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CRDI DEL VEHÍCULO MAZDA BT-50

R. Bosch afirma que: El sistema "Common Raíl" conducto o riel común es un sistema electrónico de combustible para motores diésel de inyección en el que el gasoil es succionado directamente del tanque de combustible a una bomba de alta presión y ésta lo envía a un conducto común para cada uno de los inyectores y por alta presión al cilindro.

El "Common Rail" significa "tubo de inyección", es decir tiene un parecido del sistema de inyección gasolina. La diferencia entre ambos sistemas viene dada por el funcionamiento con presiones mayores de trabajo en los motores diésel, pueden variar desde unos 300 bar hasta entre 1500 y 2000 bar al cilindro, según las condiciones de funcionamiento.



**Figura 47 Sistema Common Rail Bosch**

Fuente: (Bosch, Manual de la Técnica del Automóvil, 2005)

### 2.7.1 Especificaciones Técnicas

**Tabla 22**

**Datos técnicos Mazda BT-50**

REFERENCIA	ESPECIFICACIONES
<b>Componentes mecánicos</b>	
<b>Tipo</b>	Diésel, 4 cilindros
<b>Cámara de combustión</b>	Inyección directa
<b>Sistema de válvulas</b>	DOHC, engranaje de distribución y accionamiento por correa, 16 válvulas
<b>Sistema de admisión de aire</b>	
<b>Tipo turbo compresor</b>	Turbocompresor de geometría variable
<b>Sistema de alimentación</b>	
<b>Bomba de suministro</b>	Control electrónico, sistema Common Rail
<b>Inyector</b>	Control electromagnético/piezoeléctrico
<b>Sistema de emisiones</b>	
<b>Tipo de válvula EGR</b>	-----
<b>Tipo de convertidor catalítico</b>	Catalizador por oxidación
<b>Detalles del vehículo</b>	
<b>Fabricante</b>	MAZDA
<b>Cilindrada</b>	2.5 l (2.499 l)

Fuente: (Mazda Ecuador, 2016)

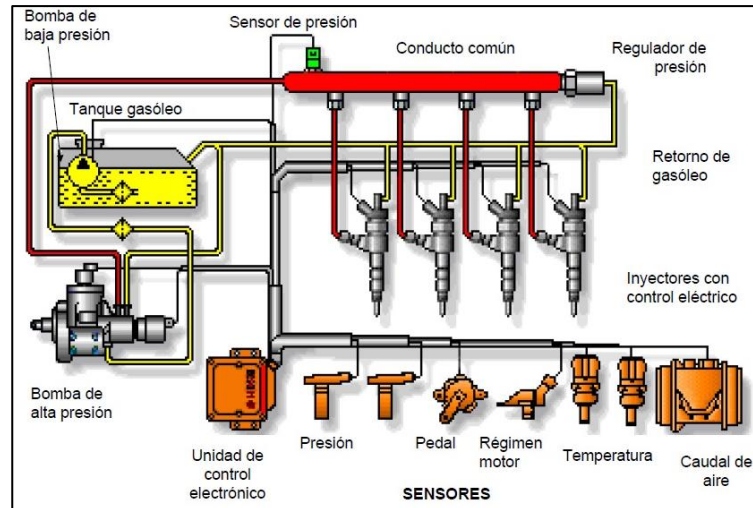


**Figura 48 Mazda BT-50 2.5 turbodiésel**

## 2.7.2 Estructura del Sistema

Este sistema está constituido por dos circuitos, uno de baja presión y otro de alta presión, desde el depósito de combustible una bomba de baja presión envíe cierto flujo de combustible por tuberías el cual pasara por el filtro de combustible para después llegar hasta una bomba de alta presión movida por el cigüeñal por medio de engranajes, cadenas o bandas (correas) la cual tiene la propiedad de elevar la presión del combustible, el cual es enviado a un riel común de donde se alimentan los inyectores los cuales son controlados directamente por la computadora entregando la cantidad exacta según tiempo y avance, la presión en el riel de inyección tiene la ventaja que puede ser modificada sin importar el número de revoluciones a las que esté trabajando el motor.

Todo el sistema de inyección diésel es controlado por la ECU con la ayuda de distintos sensores y actuadores.



**Figura 49 Estructura Básica de Sistema Common Rail**

Fuente: (Bosch, Sistema de Inyección Diesel por acumulador Common Rail, 2014)

R. Bosch (2005) menciona: el sistema de alimentación de riel común CRDI se divide en dos partes fundamentales según la presión con la cual se encuentra el combustible:

**a) La parte de baja presión consta de:**

- **Depósito de combustible.**

El depósito o tanque de combustible está ubicado en la parte posterior del vehículo estratégicamente para no afectar el punto de gravedad del vehículo y cuenta con aletas internas para eliminar oleaje por el movimiento del vehículo, además debe estar protegido contra golpes y fuentes de calor. Posee un reóstato para dar a conocer la cantidad de combustible en el mismo en el tablero del vehículo, cuenta con tres cañerías: para ventilación, para el retorno y de alimentación.



**Figura 50 Depósito de combustible.**

Fuente: (Autodata 3.38, 2010)

- **Bomba de baja o transferencia.**

Es la encargada de suministrar combustible desde el depósito hacia el sistema de alta presión, es una bomba mecánica (tipo engranajes) la cual está integrada en la bomba de alta presión, la presión con la cual envía el combustible es aproximadamente de 9 bares la misma que varía dependiendo del régimen del motor debido a que es accionada por el eje de la bomba de alta.



**Figura 51 Bomba Common Rail Bosch**

Fuente: (Bosch, Sistema de Inyección Diesel por acumulador Common Rail, 2014)

**Tabla 23:**

**Especificaciones de la bomba de alimentación Bosch**

<b>Bomba de alimentación</b>	
Caudal máximo por vuelta	2.1 cc/vuelta
Caudal máximo en función del tiempo	40 lt/h a 300 rpm 120 lt/h a 2500rpm

Fuente: (Bosch, Sistema de Inyección Diesel por acumulador Common Rail, 2014)

- **Filtro de combustible**

La función principal que cumple este componente es el de retener las impurezas contenidas en el combustible haciendo de depósito para evitar que entren en el sistema de inyección. También recupera el agua contenida en el combustible para evitar daños en la bomba y en los inyectores, esta al ser más pesada que el combustible se acumula en la parte baja del filtro y dependiendo de la marca, una característica que poseen es poseer un una purga de agua en la parte inferior para alargar su vida útil.





**Figura 52 Filtro de combustible Diésel BT-50**

Fuente: (Bosch, Sistema de Inyección Diesel por acumulador Common Rail, 2014)

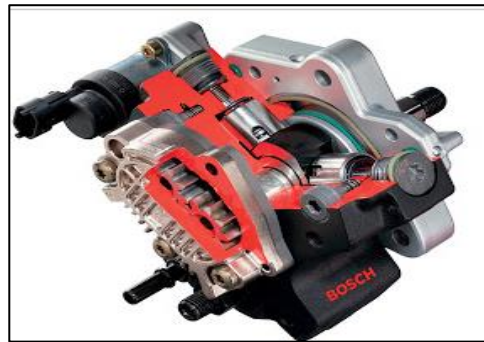
- **Tuberías de combustible de baja presión**

Estas tuberías pueden ser de acero o flexibles con armadura de malla de acero, la característica principal que debe cumplir es ser difícilmente inflamables, además deben soportar una presión de 10 bares.

**b) La parte de alta presión consta de:**

- **Bomba de alta presión con válvula reguladora de presión**

Esta marca el fin del sistema de baja presión y el inicio de la de alta, está formada por tres conjuntos de bombeo (émbolo y cilindro) colocados a 120° de desfase, son accionados por el eje impulsor de la bomba, cuenta con una válvula reguladora de presión colocada en el ducto de alta presión para controlar la presión que se envía a la rampa o riel la cual alcanza un valor máximo de 1350 bares, esta válvula electromagnética es normalmente abierta y controlada por la ECM mediante señales moduladas por ancho de pulso (PWM).



**Figura 53 Bomba Common Rail Bosch**

Fuente: (Bosch, Sistema de Inyección Diesel por acumulador Common Rail, 2014)

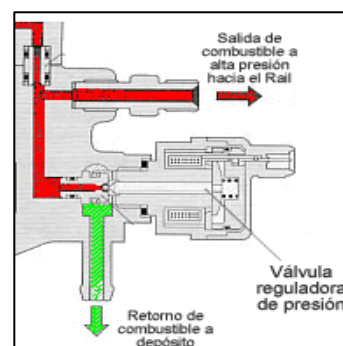
**Tabla 24:**

**Especificaciones de la bomba de presión Bosch**

Bomba de Presión	
Presión máxima	1300 bares
Gama de regímenes	75 ... 3000 1/min
Caudal máximo/vuelta	0,6 ... 0,7 cc/vuelta
Potencia absorbida	3,5 KW a régimen nominal y una presión en el conducto común (Rail) de 1350 bares

Fuente: (Bosch, Sistema de Inyección Diesel por acumulador Common Rail, 2014)

La válvula reguladora tiene como misión principal la de ajustar y mantener la presión del riel dependiendo de las exigencias a las cuales se somete el vehículo, esto lo logra controlando la estanqueidad de la riel permitiendo o impidiendo el retorno de combustible al depósito.



**Figura 54 Válvula Reguladora de Presión**

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

- **Tuberías de combustible de alta presión**

Las tuberías deben ser capaces de soportar la presión máxima del sistema y sus oscilaciones constantes producidas por la inyección del combustible, por este motivo en su mayoría son fabricados de acero, estas deben ser del mismo tamaño para cada inyector para lo cual se les da distintas formas para su acople en el motor y procurando que su longitud sea lo más corta posible.



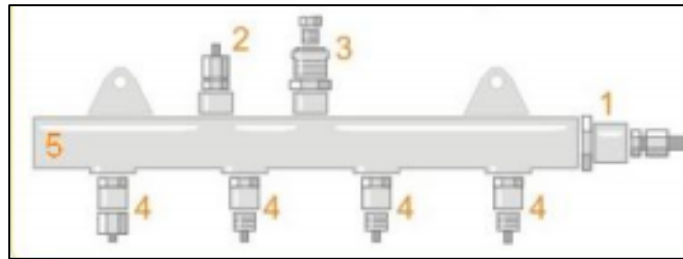
**Figura 55 Cañerías de combustible**

Fuente: (I-partes, 2015)

- **Rail acumulador de alta presión con sensor de presión del Rail, válvula limitadora de la presión y limitador de flujo**

Este componente es elaborado en acero forjado, sus principales funciones son el acumular el combustible a alta presión y reducir las oscilaciones de presión que se presentan por el trabajo de los inyectores (apertura/cierre) y también por el trabajo de los émbolos dentro de la cámara de alta presión.

La capacidad del acumulador de combustible es la adecuada para contener el volumen suficiente del mismo para conseguir reducir las variaciones de presión y a su vez ser capaz de generar en el menor tiempo posible la presión necesaria en el combustible para abastecer al motor dependiendo del régimen al cual este sometido.



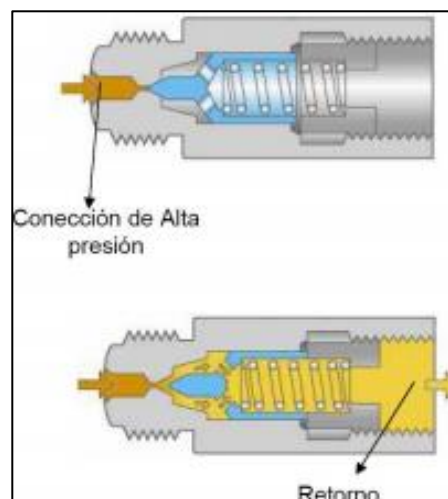
**Figura 56 Rail Acumulador**

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

Dónde:

- 1 Válvula limitadora de presión.
- 2 Entrada de alta presión.
- 3 Sensor de presión de combustible.
- 4 Salida hacia los inyectores.
- 5 Cuerpo de rail.

Válvula limitadora de presión.- se encuentra acoplada directamente en el rail acumulador, tienen un valor máximo previo establecido y por su funcionamiento mecánico es la encargada de impedir o permitir el retorno del combustible al depósito para de esta manera controlar la presión existente en el rail.



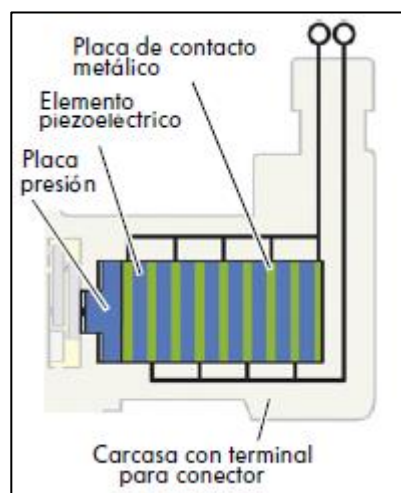
**Figura 57 Válvula reguladora de presión.**

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

- **Inyectores**

El sistema de alimentación Bosch utiliza inyectores de la misma marca los cuales son de tipo piezoeléctrico, la principal característica de este inyector es su precisión al momento de dosificar el combustible debido a que poseen una velocidad de conmutación superior en cinco veces en comparación a los de control electromagnético.

Estos son activados y desactivados con un elemento piezoeléctrico, el cual está constituido por unas placas metálicas separadas por un dieléctrico de cuarzo, similar a un condensador de placas planas, en la figura 11 se puede observar las placas metálicas en color dorado y el cuarzo que actúa como aislante en color gris.



**Figura 58 Estructura elemento piezoeléctrico**

Fuente: (Barbadillo, 2013)

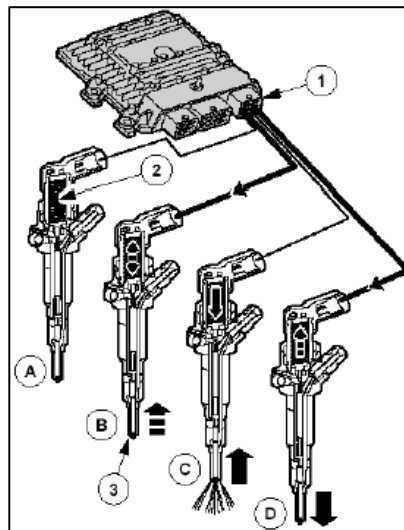
Funcionamiento:

En estos inyectores, el solenoide que abría y cerraba la válvula para permitir el drenaje al retorno del diésel sobre el embolo, es remplazado por un elemento Piezoeléctrico.

El PCM dispone del mecanismo en el interior del inyector que realiza las diferencias de presiones y el movimiento mecánico posibilitando así la salida de

combustible al cilindro, para este fin el PCM envía sobre el piezoeléctrico una tensión inicial de unos 70 V por un tiempo de 0,2mseg. Ya en el interior, los cristales logran elevar este voltaje a unos 140 V, esto toma otros 0,2 ms y se logra con una corriente de aproximada de 7 Amperios. A este proceso se lo llama TENSION DE CARGA y CORRIENTE DE CARGA.

El aumento de tensión se logra gracias al contacto entre los mismos cristales los cuales logran multiplicar el efecto de voltaje, para terminar el proceso de inyección es necesario colocar otro impulso de tensión final llamado TIEMPO DE DESCARGA esto toma alrededor de otros 0,2 ms.



**Figura 59 Fases del elemento piezoeléctrico.**

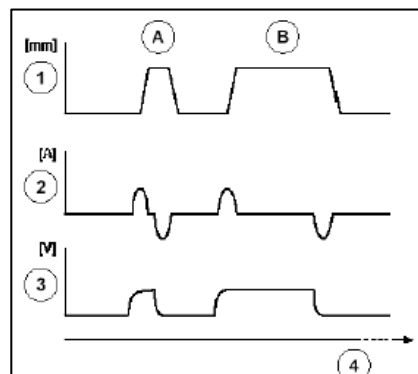
Fuente: (Bosch, Sistema de Inyección Diesel por acumulador Common Rail, 2014)

Dónde:

- 1 PCM
- 2 Actuador piezoeléctrico
- 3 Aguja del inyector
- A Inyector cerrado
- B Impulso de tensión del PCM: comienzo de la fase de carga, el inyector comienza a abrirse.
- C inyección

- D Impulso de tensión del PCM: Comienzo de la fase de descarga, la inyección finaliza.

En la figura 13 se puede apreciar que existe una pre inyección y una inyección principal. La curva de corriente permite identificar que es necesario realizar una descarga de la corriente acumulada en el piezoeléctrico para lograr que el mismo se contraiga y pare la inyección.



**Figura 60 Desplazamiento aguja del inyector, corriente y voltaje.**

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

Dónde:

- A Cantidad de preinyección
- B Cantidad de inyección principal
- 1 Carrera de la aguja del inyector (mm)
- 2 Corriente de activación (Amperios)
- 3 Tensión (Voltios)
- 4 Ángulo del cigüeñal (grados del cigüeñal)

La desconexión del inyector con el vehículo encendido puede causar daños severos al motor, esto es debido a que puede quedar en una condición de apertura permanente al no recibir el pulso de corriente necesario para el cierre.

- **Tuberías de retorno de combustible**

Son similares a las de baja presión esto es debido a que el combustible que retorna al depósito de combustible lo hace a una presión baja en comparación a

la que soporta el riel acumulador, pueden ser de acero o flexibles con armadura de malla de acero, la característica principal que debe cumplir es ser difícilmente inflamables, además deben soportar una presión de 10 bares.

### 2.7.3 Control del sistema

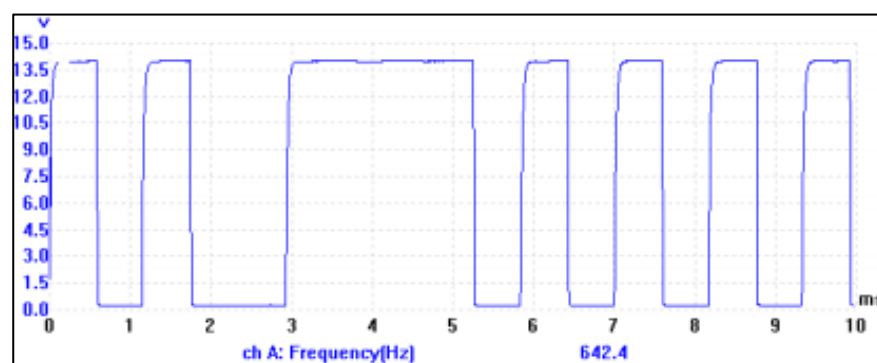
El control del sistema de alimentación Common Rail se divide en tres bloques para la regulación electrónica:

#### a) Sensores

Son los encargados de transformar magnitudes físicas generadas por el motor en señales eléctricas: Sensores, Unidad de control (ECU) y actuadores (Inyector piezoeléctrico).

- **Sensor de posición del árbol de levas (CMP)**

Este es el encargado de transmitir la posición del árbol de levas a la unidad de control y permitiendo saber el instante en el cual el primer pistón esta próximo al PMS, para determinar la secuencia adecuada de inyección.



**Figura 61 Onda Sensor CMP**

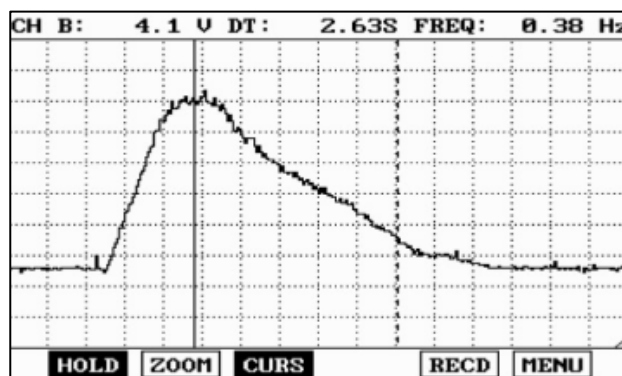
Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)



- **Sensor de presión del Rail (RPS)**

Este es el encargado de informar la presión existente en el rail en todo momento y a cualquier régimen que se esté sometiendo el vehículo, este posee una membrana metálica la cual se deforma debido a la presión del combustible que con la ayuda de un elemento piezoresistivo informa la presión al variar su resistencia.

La deformación de la membrana es por cada 1500 bares aproximadamente de 1 mm, la misma que provoca una variación de la resistencia eléctrica y se produce la señal del sensor. Este sensor funciona directamente relacionado con la válvula reguladora de presión del combustible de la bomba de alta presión.



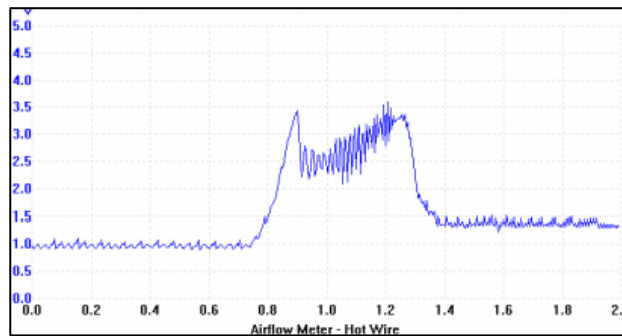
**Figura 62 Onda del sensor RPS**

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

- **Sensor de masa de aire (MAF)**

Este sensor es el encargado de medir el flujo de aire aspirado por el motor y la temperatura para determinar la cantidad de combustible necesario para cada régimen de funcionamiento al que se le someta al motor.

Su funcionamiento es mediante una resistencia llamada hilo caliente, llamada así debido a que alcanza una temperatura aproximando de 200°C al recibir un voltaje constante, su resistencia varía al producirse variación de temperatura.



**Figura 63 Onda sensor MAF**

Fuente: (Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012)

- **Sensor de temperatura del motor (ECT)**

Este sensor es el encargado de proporcionar la temperatura del motor a la ECU el cual es utilizado directamente para modificar el caudal del combustible, el comienzo de la inyección, el tiempo de activación de las bujías de precalentamiento y por ende modificar la mezcla aire – combustible.

Este sensor es un termistor de coeficiente negativo (NTC) el cual se caracteriza por disminuir su resistencia eléctrica al detectar aumento de temperatura

- **Sensor de temperatura del combustible**

Este sensor es el encargado de dar a conocer la temperatura del combustible en la bomba de inyección, para modificar la cantidad de combustible que se va a inyectar debido a que el aumento de temperatura del varía la densidad del combustible.

Este sensor es un termistor de coeficiente negativo (NTC) el cual se caracteriza por disminuir su resistencia eléctrica al detectar aumento de temperatura.

## **b) Módulo de control del motor (ECU)**

La ECU es el componente principal del sistema electrónico, recibe las lecturas de los distintos sensores para calcular las señales de activación de los actuadores. El programa de control (software) se encuentra guardado en una memoria y un procesador se encarga de su ejecución, este es el encargado de calcular el momento y tiempo de inyección dependiendo del régimen al cual se está sometiendo el motor.



**Figura 64 Módulo ECU**

Fuente: (Bosch, Sensores en el automóvil, 2002)

## **2.7.4 REVISIÓN TÉCNICA MECÁNICA**

A continuación se hace mención a los datos y componentes específicos para una revisión que comprenden el sistema de inyección del vehículo.

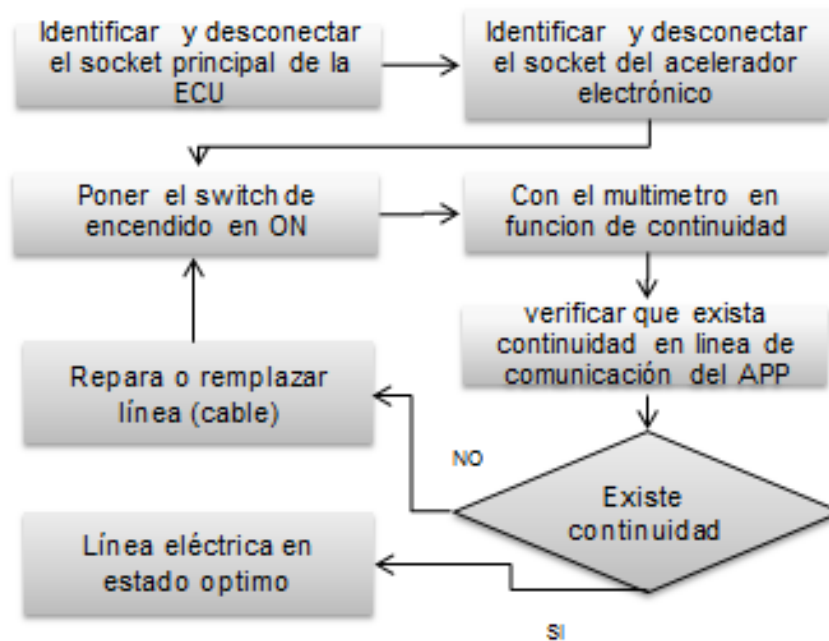
### **a) Diagnóstico de sensores**

Para el diagnóstico de sensores se hace referencia que el vehículo Mazda BT-50 2.5 L CRDI cuenta con 4 sensores principales para el correcto funcionamiento del sistema de alimentación, los cuales son:

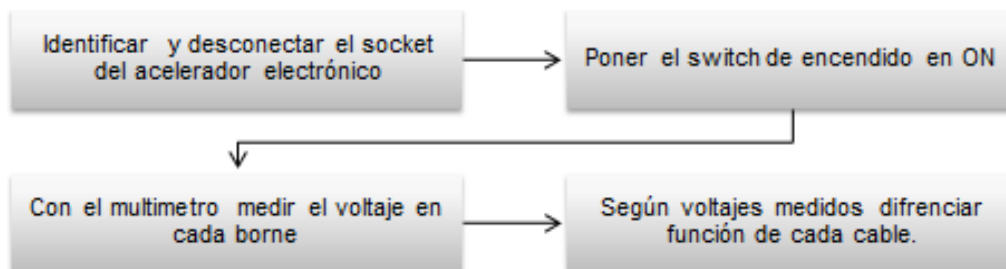
- **Sensor de posición del acelerador (APP)**

Este sensor se encuentra ubicado en la parte superior del motor junto a la mariposa estranguladora de admisión de aire, de la cual se vale para informar a la ECU los datos necesarios.

Para determinar los valores reales correspondientes al sensor e identificación de cables se realiza el siguiente procedimiento:



**Figura 65 Verificación de continuidad en APP**



**Figura 66 Proceso de inspección en APP**

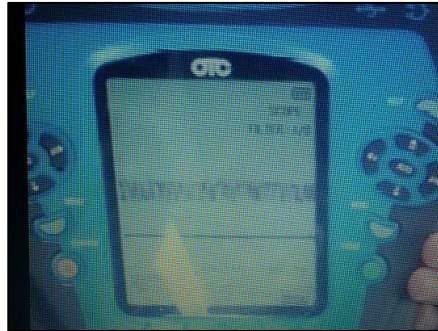
**Tabla 25**

**Identificación de cables y voltajes sensor APP**

# Cable	Color	Voltaje (voltios)	Identificación
1	Café/Blanco	0.007	Masa
2	Rojo/azul	0.59	Señal interruptor
3	Azul/Rosado	0.77	Señal APP
4	Café/Negro	4.49	Alimentación

El voltaje de señal del APP varía dependiendo del régimen de aceleración al cual se someta al vehículo.

a) Comprobación de la señal obtenida con osciloscopio con una gráfica típica.



**Figura 67 Onda sensor APP**

b) Revisar los códigos de falla con la ayuda de un escáner en caso de haberlo.

**Tabla 26**

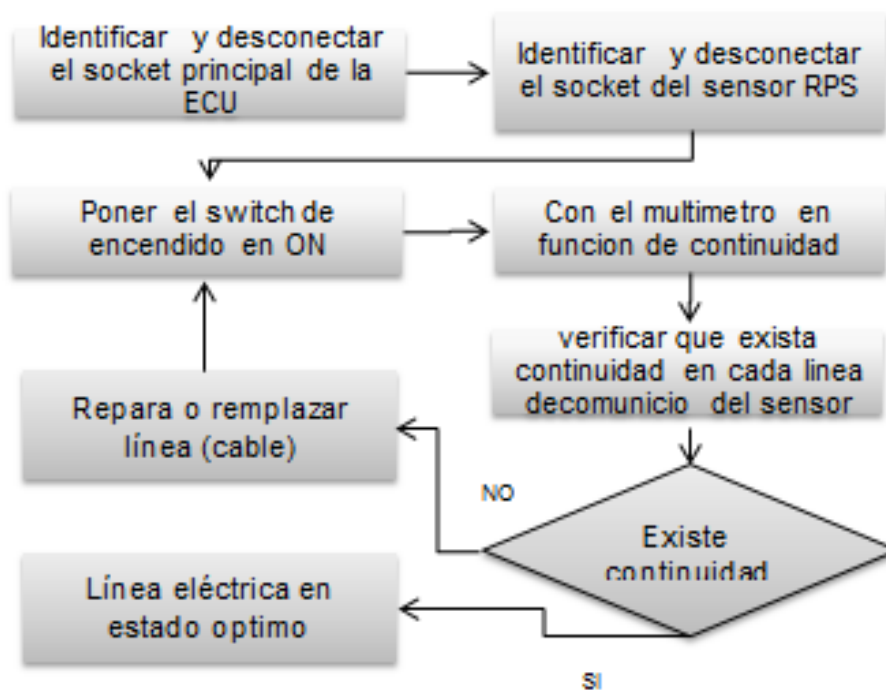
**Códigos de falla Sensor APP**

<b>Código de falla</b>	<b>Causa</b>	<b>Solución</b>
<b>P0120</b> <b>Circuito en mal funcionamiento.</b>	Corrosión o daño en socket. Muelle de retorno pegado al pedal.	Limpiar el socket, comprobar continuidad. Cambiar sensor o terminales.
<b>P0121</b> <b>Rangos de funcionamiento erróneos.</b>	Mala conexión del circuito (circuito abierto o corto). Agua o corrosión en el sensor.	Limpiar el socket, comprobar continuidad. Cambiar sensor o terminales.
<b>P0122</b> <b>DTC LOW</b>	Sensor en mal estado. Cortocircuito a tierra.	Revisar el socket y cableado. Reemplazar sensor de ser necesario.
<b>P0123</b> <b>DTC HIGT</b>	Sensor en mal estado. Cortocircuito o mal instalado.	Verificar socket, cableado, continuidad y voltajes.
<b>P0124</b> <b>Interrupción intermitente señal del pedal.</b>	Mala conexión. Mal estado del sensor. Mecanismo sucio o defectuoso.	Comprobar cableado y sensor. Limpieza del mecanismo.

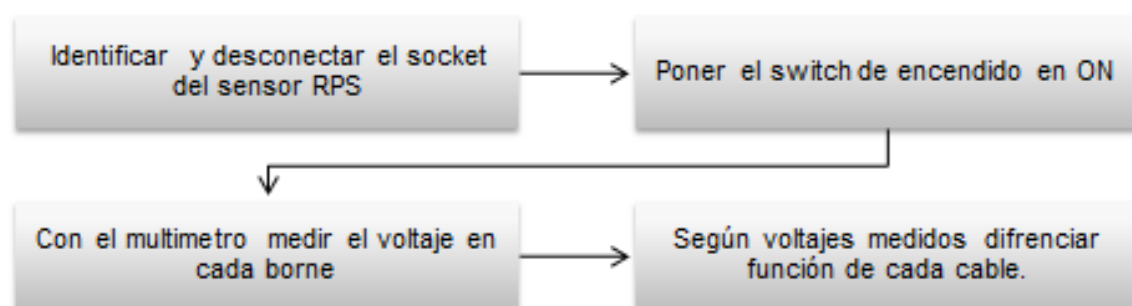
- **Sensor de presión del riel (RPS)**

Este sensor se encuentra ubicado acoplado directamente en la punta frontal del riel en la parte superior derecha del motor, para obtener datos precisos e informar a la ECU.

Para determinar los valores reales correspondientes al sensor e identificación de cables se realiza el siguiente procedimiento:



**Figura 68 Verificación de continuidad en RPS**



**Figura 69 Proceso de inspección en RPS**

Tabla 27

## Identificación de cables y voltajes sensor RPS

# Cable	Color	Voltaje (voltios)	Identificación
1	Tomate	0.021	Masa
2	Blanco	1.3(1.2-1.3-1.4-1.5)1.8	Señal
3	Verde/Café	4.79	Alimentación

(Cise E. 2009) dice que: el rango de señal emitido por el sensor depende de la presión existente en el riel, este valor en voltaje se usa como dato para ir a la tabla Voltaje-Presión antes mencionada para sacar un valor aproximado de presión existente en el riel en el instante deseado. Este voltaje en funcionamiento correcto oscila entre 0.5 a 4.5 Voltios, por lo que podemos deducir que el sensor funciona correctamente.

a) Revise los códigos de falla con la ayuda de un escáner en caso de haberlo.

Tabla 28

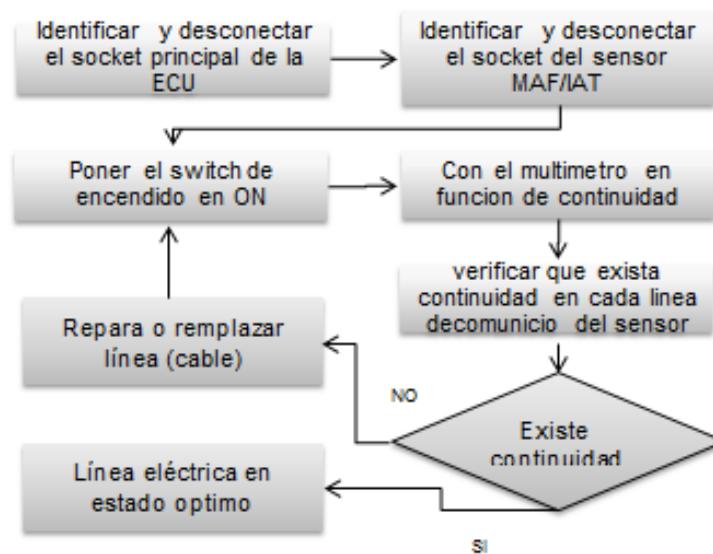
## Códigos de falla Sensor RPS

Código de falla	Causa	Solución
<b>P0190</b> <b>Circuito defectuoso en el sensor.</b>	Corrosión o daño en socket. Terminales en mal estado o sucio.	Limpiar el socket, comprobar continuidad. Cambiar sensor o terminales.
<b>P0191</b> <b>Rangos de funcionamiento erróneos.</b>	Voltaje de señal inadecuado. Voltaje de alimentación insuficiente.	Comprobar voltajes de alimentación y señal. Cambiar sensor o terminales.
<b>P0192</b> <b>Entrada de señal baja</b>	Sensor en mal estado. Cableado en mal estado.	Revisar el socket y cableado. Verificar voltaje de alimentación.

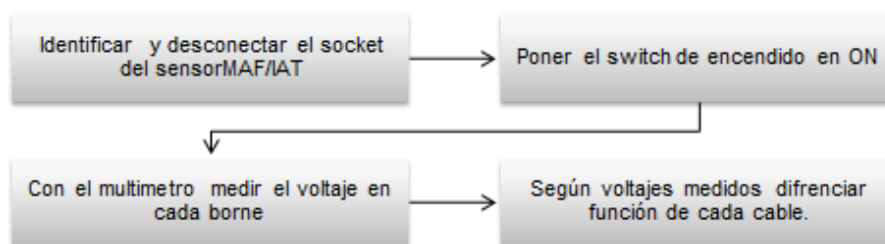
- **Sensor de presión del tubo de aspiración (MAF) y sensor de temperatura del aire (IAT).**

Los dos sensor se encuentran en un solo elemento, este se encuentra ubicado sobre el alojamiento del filtro de aire en la parte trasera al lado derecho del motor para logra censar de manera correcta el flujo de entrada de aire.

Para determinar los valores reales correspondientes al sensor e identificación de cables se realiza el siguiente procedimiento:



**Figura 70 Verificación de continuidad en MAF-IAT**



**Figura 71 Proceso de inspección en MAF-IAT**

**Tabla 29**

**Identificación de cables y voltajes sensor MAF e IAT**

# Cable	Color	Voltaje (voltios)	Identificación
1	Negro/Azul	14.26	Alimentación
2	Morado	0.0	Masa
3	Blanco/negro	1.95	Señal MAF
4	Gris	2.02	Señal IAT
5	Negro	0.012	Masa MAF



(Cise E. 2009) dice que: el rango de señal emitido por el sensor en funcionamiento correcto oscila entre 0.5 a 5 Voltios y el valor de alimentación tiene un rango de 0.5 a 15 voltios, por lo que podemos deducir que el sensor funciona correctamente.

a) Comprobación de la señal obtenida con osciloscopio con una gráfica típica.



**Figura 72 Onda sensor MAF e IAT, Esc. 10V/Div, 1s/Div**

b) Revisar los códigos de falla con la ayuda de un escáner en caso de haberlo.

**Tabla 30**

**Códigos de falla sensor MAF**

<b>Código de falla</b>	<b>Causa</b>	<b>Solución</b>
<b>P0100</b>	Sensor mal conectado.	Revisar el cableado del circuito.
<b>Falla en el circuito</b>	Cableado defectuoso.	Sustituir los conectores.
	Conector en mal estado.	
<b>P0102</b>	Voltaje de señal erróneo.	Comprobar continuidad en el circuito.
<b>DTC LOW</b>	Conector defectuoso.	Verificar estado de los conectores y terminales.
	Sensor desconectado.	Revisar voltajes de alimentación.
	Voltaje de alimentación erróneo.	
<b>P0103</b>	Conector o sensor en mal estado.	Limpiar socket y sensor,
<b>DTC HIGT</b>	Voltaje de alimentación alto.	reemplazar si es necesario.

Tabla 31

## Códigos de falla sensor IAT

Código de falla	Causa	Solución
<b>P0095</b> Falla en el circuito	Sensor mal conectado. Cableado defectuoso. Conector en mal estado.	Revisar el cableado del circuito. Sustituir los conectores.
<b>P0097</b> DTC LOW	Voltaje de señal erróneo. Conector defectuoso. Sensor desconectado. Voltaje de alimentación erróneo.	Comprobar continuidad en el circuito. Verificar estado de los conectores y terminales. Revisar voltajes de alimentación.
<b>P0098</b> DTC HIGT	Conector o sensor en mal estado. Voltaje de alimentación alto.	Limpiar socket y sensor, reemplazar si es necesario.

- **Sensor MAP**

Este sensor se encuentra acoplado directamente en el múltiple de admisión en la parte superior del motor, para obtener datos precisos e informar a la ECU.

Para determinar los valores reales correspondientes al sensor e identificación de cables se realiza el siguiente procedimiento:

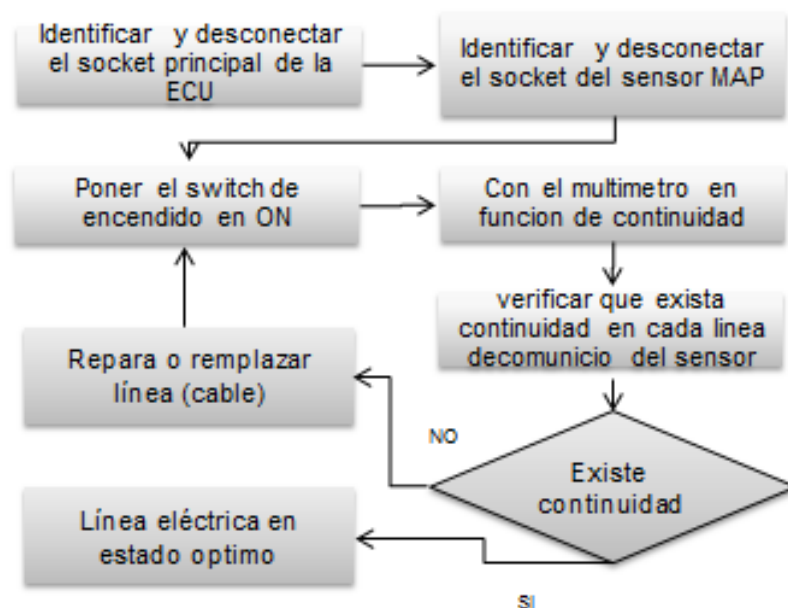
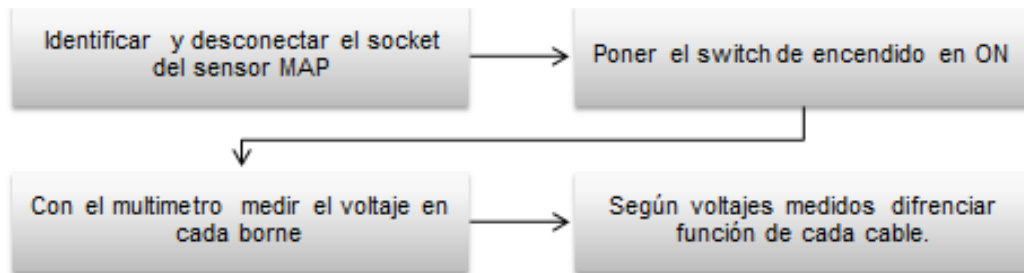


Figura 73 Verificación de continuidad en MAP



**Figura 74 Proceso de inspección en MAP**

**Tabla 32**

**Tabla de identificación de cables sensor MAP**

# Cable	Color	Voltaje (voltios)	Identificación
1	Amarillo/rojo	1.19(3.4-2.8)4.2	Señal MAP
2	Violeta	4.87	Alimentación
3	Azul/blanco	1.4	Señal IAT
4	Negro/blanco	0	Masa

(Cise, Sensores y actuadores Cise electronics, 2012) dice que: el rango de señal emitido por el sensor depende de la presión existente en el colector antes de ingresar al motor, El voltaje de señal puede variar entre 0.2~0.4 V hasta 4.8~5.0 V.

a) Comprobación de la señal obtenida con osciloscopio con una gráfica típica.



**Figura 75 Figura Onda sensor MAP**

b) Revise los códigos de falla con la ayuda de un escáner en caso de haberlo.

Tabla 33

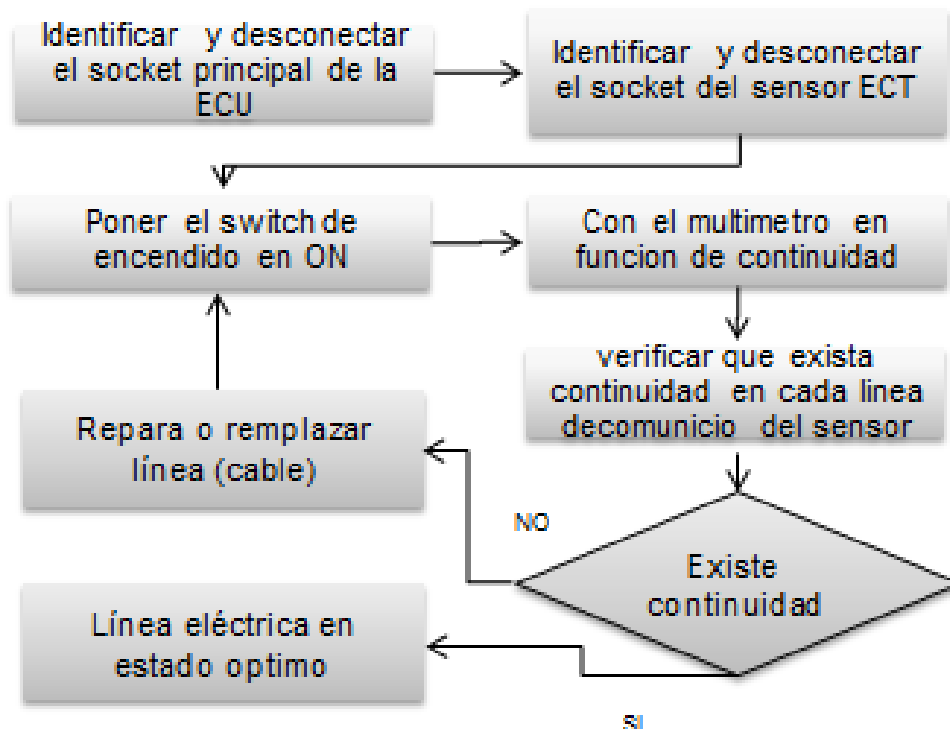
**Códigos de falla Sensor MAP.**

<b>Código de falla</b>	<b>Causa</b>	<b>Solución</b>
<b>P0107</b> <b>Voltaje del sensor bajo</b>	Corrosión o daño en socket. Terminales en mal estado o sucio.	Limpiar el socket, comprobar continuidad. Cambiar sensor o terminales.
<b>P0108</b> <b>Rangos de funcionamiento erróneos.</b>	Voltaje de señal inadecuado. Voltaje de alimentación insuficiente.	Comprobar voltajes de alimentación y señal. Cambiar sensor o terminales.
<b>P0109</b> <b>Entrada de señal baja</b>	Sensor en mal estado. Cableado en mal estado.	Revisar el socket y cableado. Verificar voltaje de alimentación.

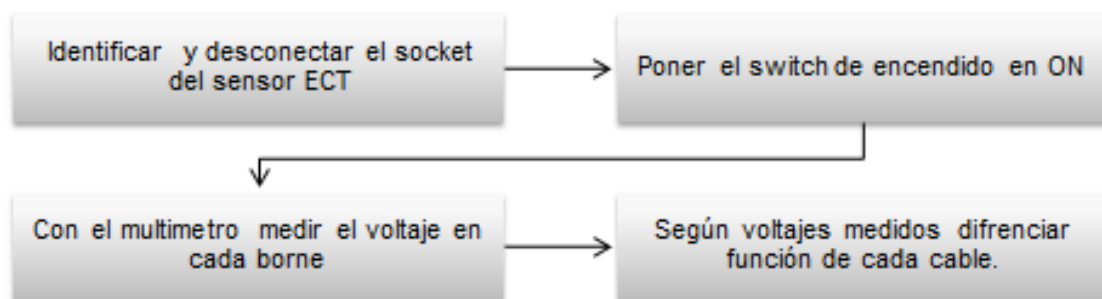
- **Sensor de temperatura ECT**

Este es el encargado de informar a la ECU la temperatura del motor mediante una señal eléctrica, su principio de funcionamiento está basado en un elemento resistivo tipo NTC este al aumentar la temperatura disminuye su resistencia eléctrica, es de comportamiento lineal por ende da un valor de resistencia a cada valor de temperatura.

Para determinar los valores reales correspondientes al sensor e identificación de cables se realiza el siguiente procedimiento:



**Figura 76 Verificación de continuidad en ECT**



**Figura 77 Proceso de inspección en ECT**

**Tabla 34**

**Identificación de cables y voltajes sensor ECT**

# Cable	Color	Voltaje (voltios)	Identificación
1	Amarillo	3.57	Alimentación
2	Amarillo/negro	0.0	Masa
3	Azul/naranja	0.82	Señal

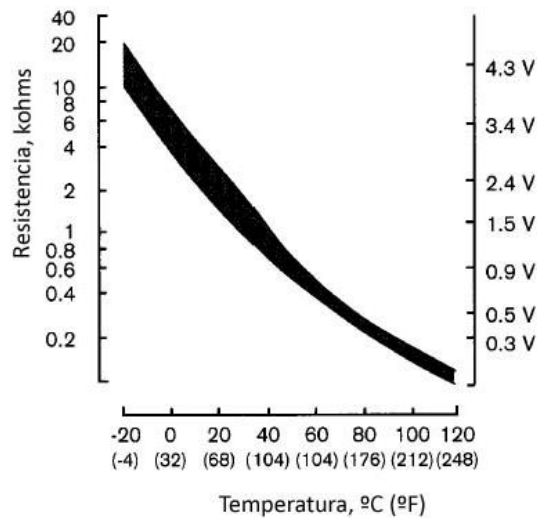
(Cise E. 2009) dice: el rango de señal emitido por el sensor depende de la temperatura del refrigerante, el voltaje de señal puede variar entre 0.2V hasta 4.6V.

- b) Revisar los códigos de falla con la ayuda de un escáner en caso de haberlo.

**Tabla 35**

**Códigos de falla Sensor ECT.**

<b>Código de falla</b>	<b>Causa</b>	<b>Solución</b>
<b>P0117</b> <b>Voltaje de señal alto</b>	Corrosión o daño en socket. Terminales en mal estado o sucio.  Alimentación interrumpida	Limpiar el socket, comprobar continuidad. Cambiar sensor o terminales.
<b>P0118</b> <b>Voltaje de señal bajo</b>	Cables en corto. Voltaje de alimentación insuficiente.	Comprobar voltajes de alimentación y señal. Cambiar sensor o terminales.
<b>P0125</b> <b>Falla en el circuito</b>	Sensor en mal estado. Cableado en mal estado.	Revisar el socket y cableado. Verificar voltaje de alimentación.



**Figura 78 Valores de R y V según temperatura.**

Fuente: (Coello, 2006)

### 2.7.5. Mantenimiento

#### a) Mantenimiento preventivo

El Plan de Mantenimiento preventivo es recomendable para este vehículo por el fabricante realizarlo cada 5.000km de recorrido, donde se realizarán trabajos que van desde cambios de aceite, revisión de frenos, mantenimiento de suspensión y motor, entre otros; todos estos estrictamente diseñados a fin de cuidar la vida útil del vehículo. El cuadro de mantenimiento recomendado por el fabricante para este vehículo de actividades tiempo y costos se encuentra en el Anexo 11.

#### b) Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel en que solo se interviene en el vehículo después de su fallo. Este tipo de mantenimiento, es aplicado en todos los sistemas del vehículo alimentación, lubricación, refrigeración, eléctrico etc.

## 2.8. ECUACIÓN FUNDAMENTAL DE LA HIDRODINÁMICA O ECUACIÓN DE BERNOULLI

(Cengel, 2006) explica :El principio de Bernoulli, o también nombrado ecuación de Bernoulli o Trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente y da a conocer que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee permanece constante a lo largo de su recorrido si el conducto es de forma y área constante por lo que se dice que se basa esencialmente en la conservación de la energía mecánica.

La energía de un fluido en cualquier instante de su movimiento consta de tres componentes:

- Energía cinética: es la energía que se produce debido a la velocidad que posea el fluido.
- Energía potencial gravitacional: es la energía que se produce debido a la altitud que un fluido posea desde una cota referencial.
- Energía de flujo: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

Estos tres componentes mencionados son lo que forman la ecuación conocida como "Ecuación de Bernoulli" (Trinomio de Bernoulli)

Ecuación de Bernoulli:

$$\frac{v^2 \rho}{2} + P + \rho g z = \text{constante}$$

Ecuación 1 Ecuación de Bernoulli

Dónde:

- $v$ , velocidad del fluido en la sección de estudio.



- $\rho$ , densidad del fluido.
- $P$ , presión del fluido en la línea de corriente.
- $g$ , aceleración gravitatoria.
- $z$ , altura desde una cota de referencia.

Para el estudio de la hidrodinámica generalmente se consideran tres aproximaciones importantes:

- Que el fluido es un líquido incompresible, su densidad no varía con el cambio de presión, propiedad que los gases no poseen.
- Se considera despreciable la pérdida de energía por la viscosidad, ya que un líquido es óptimo para fluir y esta pérdida es mucho menor comparada con la inercia de su movimiento.
- Se supone que el flujo del líquido es en régimen estable o estacionario, es decir, que la velocidad en un punto es independiente del tiempo.

### 2.8.1 Caudal

Se lo denomina flujo volumétrico, es un volumen de fluido que circula por un área dada en la unidad de tiempo, para el cálculo de este se utiliza la siguiente relación matemática.

Caudal:

$$Q = A \cdot \tilde{v}$$

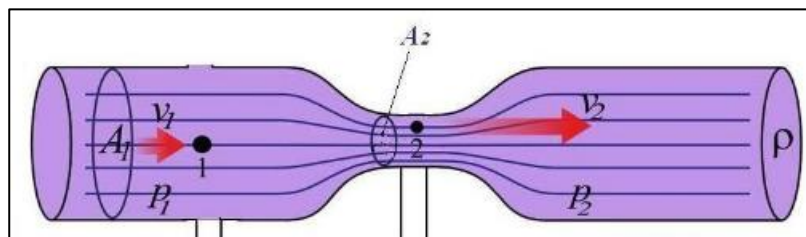
Ecuación 2 Ecuación del Caudal

Dónde:

- $Q$ = Caudal del fluido.
- $A$ = Área o sección por la que circula el fluido.
- $\tilde{v}$ = es la velocidad promedio del fluido.

## 2.9 EFECTO VENTURI

(Mott, 2006) explica :El principio de Bernoulli permite explicar y comprender el efecto Venturi, el cual da a conocer que si se reduce el área transversal de una tubería provocará un aumento de la velocidad del líquido que fluye por ella, y a su vez causa una reducción en la presión del mismo.



**Figura 79 Efecto Venturi**

Fuente: (Mott, 2006)

El tubo Venturi es una aplicación de la ecuación de Bernoulli cuya función es medir el caudal existente y la diferencia de presión y velocidad de que se produce en un líquido al fluir por un conducto con dos áreas transversales distintas, para lo cual se expresa la siguiente ecuación:

Ecuación de Bernoulli para un hilo de corriente:

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + z_1 g = \frac{v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + z_2 g$$

Ecuación 3 Ecuación de Bernoulli para un hilo de corriente

Dónde:

- $v_1$ , velocidad del fluido en sección A.
- $v_2$ , velocidad del fluido en sección B.
- $P_1$ , presión del fluido en la línea de corriente en sección A.

- $P_2$ , presión del fluido en la línea de corriente en sección B.
- $z_1$ , altura desde una cota de referencia en sección A.
- $z_2$ , altura desde una cota de referencia en sección B.
- $\rho$ , densidad del fluido.
- $g$ , aceleración gravitatoria.

## 2.10 FACTOR LAMBDA

(Bosch R 2005). Llama a esto "factor de exceso de aire" y lo representa usando la letra griega ( $\lambda$ =lambda), este factor hace referencia a la relación estequiométrica la que también puede ser descrita en términos de los requerimientos de aire del motor debido a la necesidad de existencia de oxígeno para lograr una buena combustión de la mezcla en la cámara de combustión, la proporción ideal teórica entre aire y combustible es 1 parte de combustible por 14,7 partes de aire para gasolina y 14.5 partes de aire para diésel.

Formula factor lambda:

$$\lambda = \frac{(\text{Proporción A/C}) \text{ real}}{(\text{Proporción A/C}) \text{ teórico}}$$

Ecuación 4 Formula factor Lambda

Dónde:

- $\lambda$ , factor lambda.
- *Real*, proporción aire/combustible real admitido.
- *Teórico*, proporción aire/combustible teórico.

### 2.10.1 Factor lambda en los motores a gasolina.

El valor de lambda puede darse y clasificarse según la cantidad de mezcla real admitida por el motor en:

- **$\lambda=1$  mezcla ideal**, cuando la cantidad de aire utilizada para la mezcla aire/combustible es igual a la cantidad teórica requerida para una combustión completa y por ende no existe exceso de aire, el valor del factor lambda es 1.
- **$\lambda>1$  mezcla pobre**, cuando hay exceso de aire en la mezcla real (relación aire/combustible más pobre que la estequiométrica) lambda es mayor que uno.
- **$\lambda<1$  mezcla rica**, cuando hay escasez de aire en la mezcla real (relación de aire/combustible más rica que la estequiométrica), lambda es menor que uno.

### 2.10.2 Factor lambda en los motores diésel.

(Bosch R 2005) explica: En los motores diésel las mezclas con escasas de aire (mezclas ricas), son las causantes de provocar combustión defectuosa con exceso de hollín. Con el fin de prevenir la formación de muchas áreas con exceso, los motores diésel a lo contrario de los motores de gasolina tienen que operar con un promedio de exceso de aire (mezcla pobre).

Presencia de un valor alto de lambda en este tipo de motores es beneficiosa debido a que ayuda a controlar las emisiones contaminantes, los valores que se pueden presentar son:

- **$\lambda$  entre 1.15 y 2.0**, para motores diésel turbocargados a plena carga.
- **$\lambda$  hasta 10**, cuando los motores diésel operan en ralentí o sin carga.

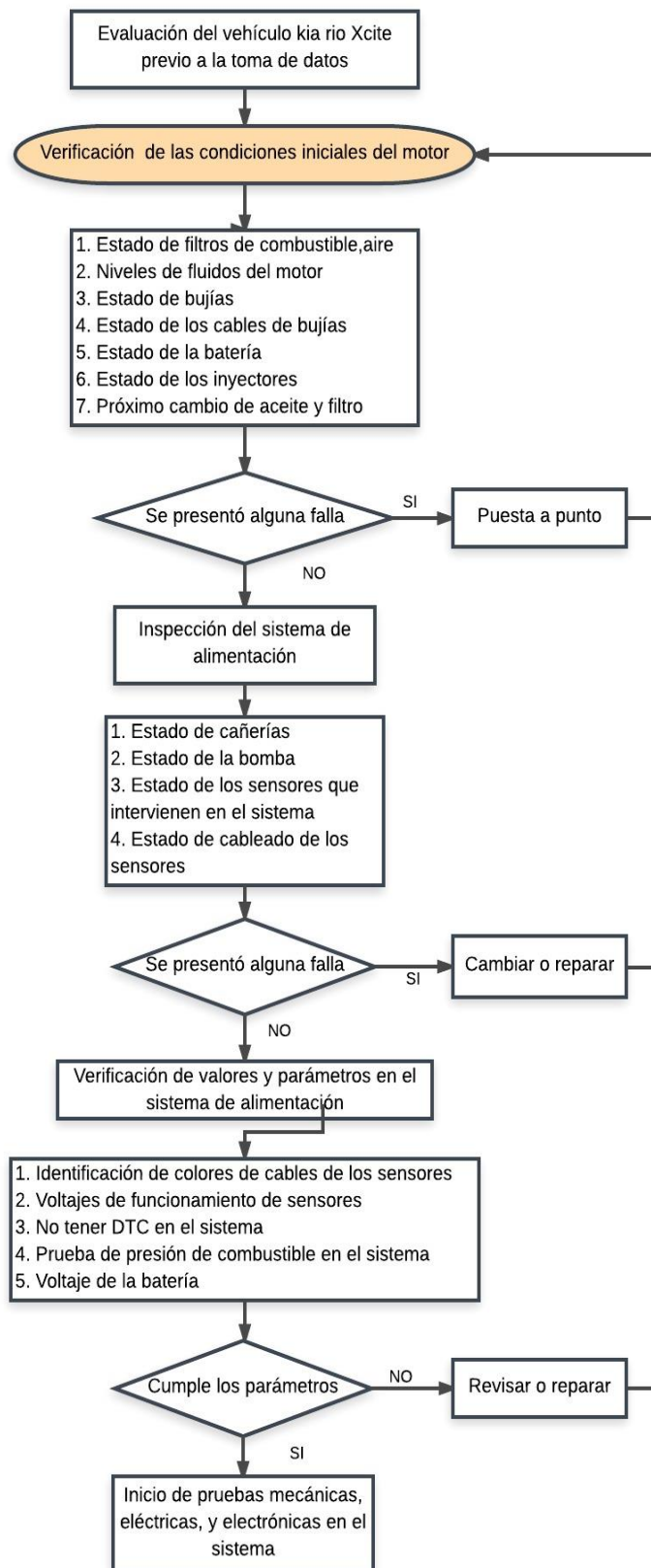
## **CAPITULO III**

### **VARIACIÓN DE PRESION EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE POR FALLOS MECANICOS ELECTRICOS Y ELECTRÓNICOS**

#### **3.1 Verificación del vehículo previo a la inducción de fallos**

Antes de llevar acabo el protocolo de pruebas se debe verificar el estado del vehículo y posterior realizar la puesta a punto para los vehículos (Diésel-Gasolina) que consisten en

##### **3.1.1 Verificación y puesta a punto vehículo gasolina**



**Figura 80 Proceso de mantenimiento Kia Rio-Xcite**

### 3.1.2 Verificación y puesta a punto vehículo diésel

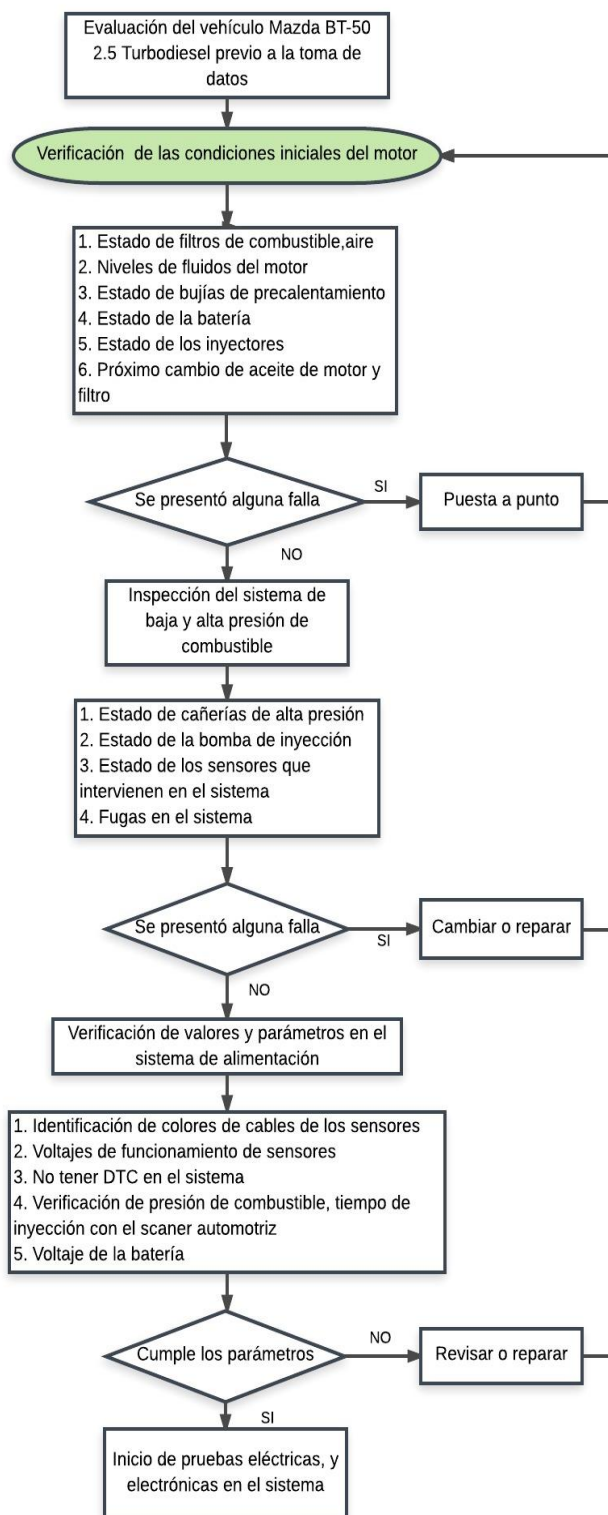


Figura 81 Proceso de mantenimiento Mazda BT-50 turbodiesel

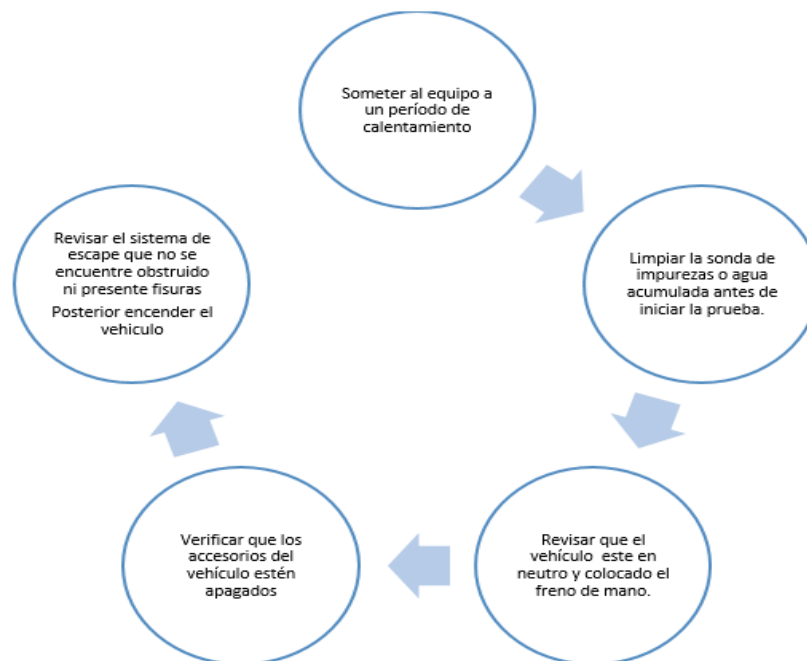
### 3.2 Requisitos para empezar el protocolo de pruebas y obtención de datos de gases de escape con el analizador de gases Brain Bee

Previo a la iniciación del protocolo de pruebas el o las personas encargadas de llevar a cabo este proceso deberán tener en consideración lo siguiente:

#### 3.2.1 Para la prueba estática en vehículos (diésel-gasolina)

Según la norma INEN 2202:2000, y 2203:2000 hace referencia a:

##### a) Antes de ejecutar las pruebas:

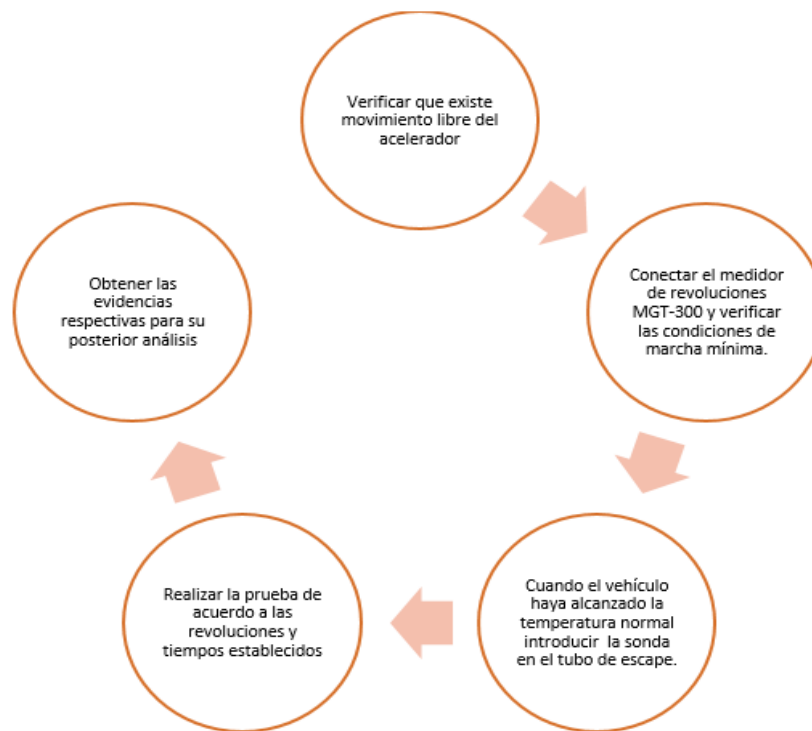


**Figura 82 Proceso antes de ejecutar las pruebas**



**Figura 83 Calentamiento del equipo Brain Bee**

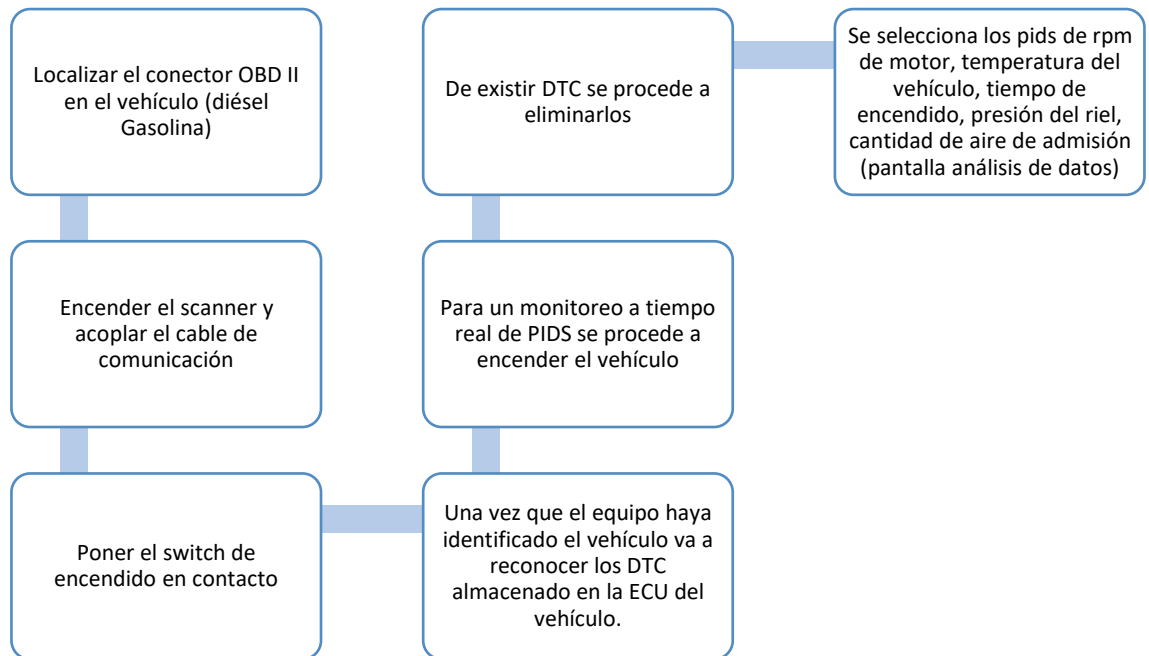


**b) Medición:****Figura 84 Proceso antes de medir**

El medidor de revolución se comunica automáticamente por radio hacia el analizador de gases Brain Bee

**Figura 85 Conexión del medidor de revoluciones MGT-300**

### 3.3 Procedimiento de uso scanner automotriz G-scan2 (Diésel-Gasolina)



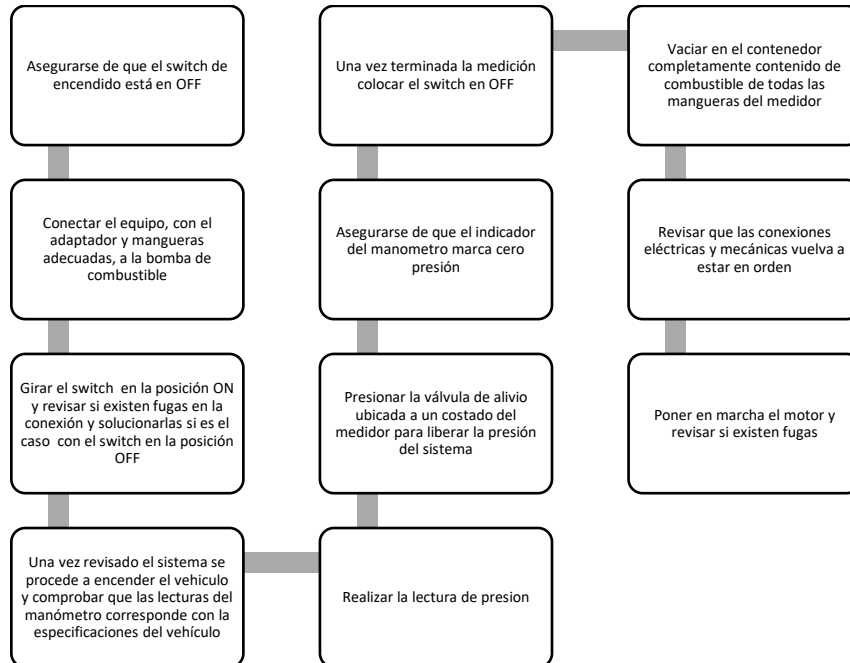
**Figura 86 Proceso para uso de G-scan2**

El G-scan2 en su menú principal ofrece varias opciones de las cuales se utilizará lectura de DTC PIDS y simulación



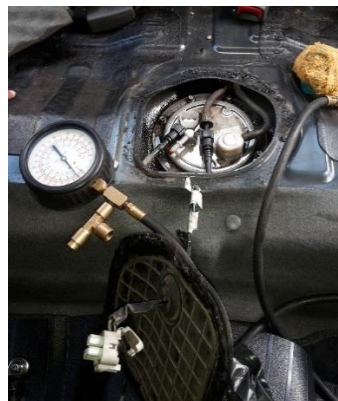
**Figura 87 Preparación del G-scan2**

### 3.4 Procedimiento para el uso del manómetro de combustible GT-super tools (Gasolina).



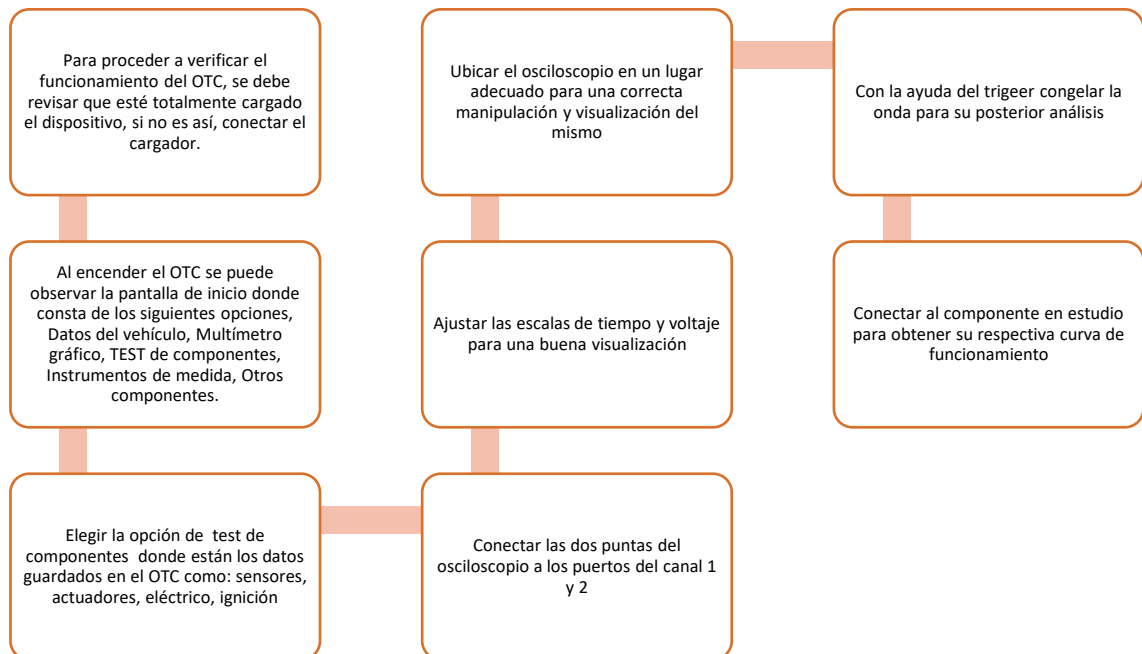
**Figura 88 Proceso para uso del manómetro de combustible**

Antes de conectar el manómetro drenar el combustible del sistema esto se realiza quitando el relé de la bomba posterior se de arranque y dejar que el vehículo consuma todo el combustible de sus cañerías hasta que se apague, finalmente se vuelve a conectar el relé y se conecta el manómetro



**Figura 89 Preparación del medidor de presión**

### 3.5 Procedimiento para el uso del osciloscopio OTC (Diésel-Gasolina)



**Figura 90 Proceso para uso de OTC**

La conexión de los dos canales irá a los inyectores mediante el cual se observaran el ancho de pulso y el tiempo de inyección



**Figura 91 Preparación del osciloscopio OTC**

### 3.6 Procedimiento para la variación de presión en el sistema de alimentación (gasolina)



Figura 92 Preparación del vehículo Kia rio Xcite

#### 3.6.1. Presión residual del sistema (estanqueidad de inyectores)

Para realizar la prueba de estanqueidad de inyectores sin desmontarlos del vehículo se realiza lo siguiente:

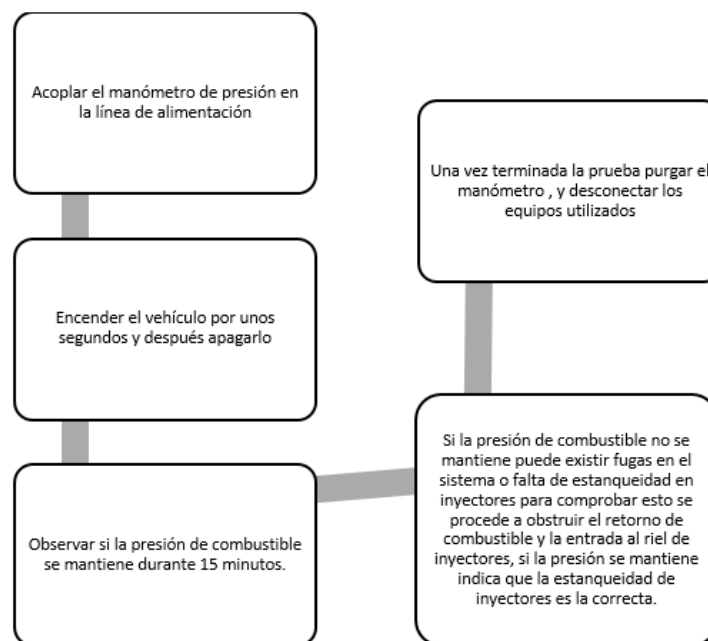
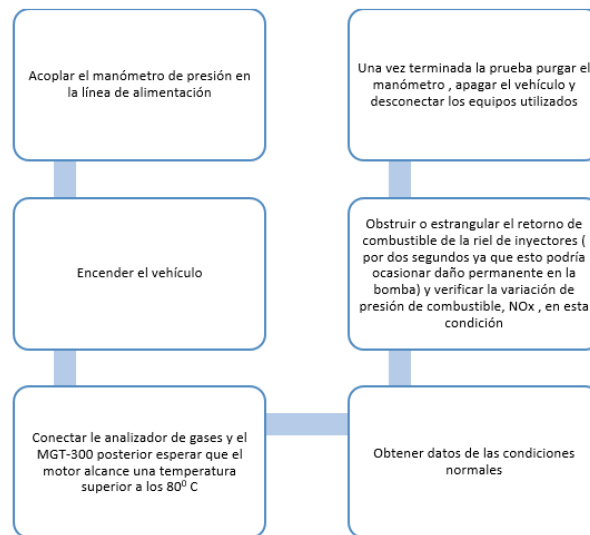


Figura 93 Proceso para prueba residual

### 3.6.2. Bomba de combustible

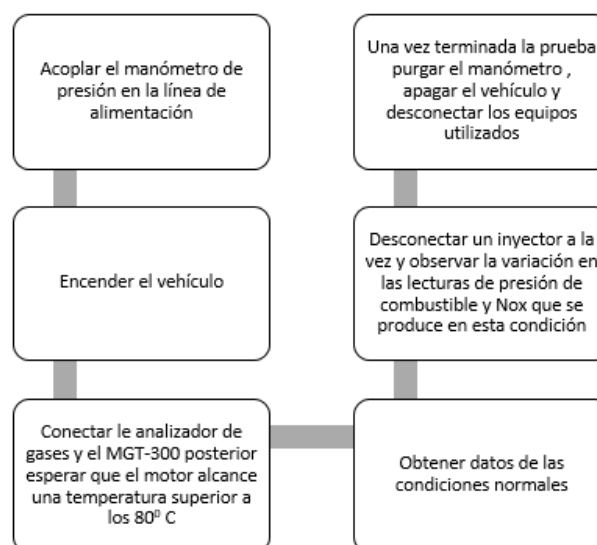
Para esta condición se procede hacer lo siguiente:



**Figura 94 Proceso para pruebas en bomba de combustible**

### 3.6.3. Inyectores

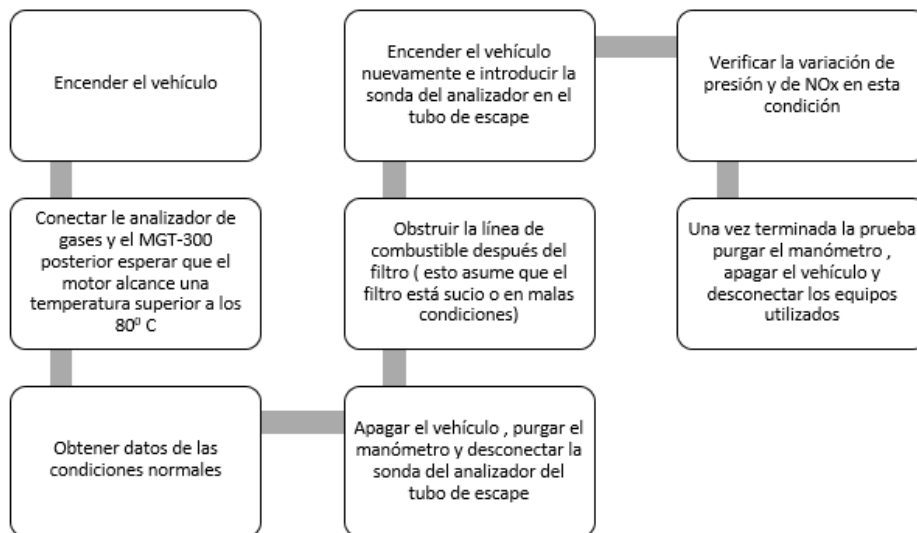
Para la verificación de variación de presión debido a una falla de un inyector se realiza lo siguiente:



**Figura 95 Proceso para pruebas en inyectores**

### 3.6.4. Obstrucción línea de combustible

Para verificar la variación de combustible cuando un filtro está en malas condiciones se realiza lo siguiente.



**Figura 96 Proceso para pruebas de obstrucción de combustible**

### 3.6.5. Sensores que intervienen en el sistema de alimentación

En el sistema de alimentación del vehículo kia Rio Xcite se toma en consideración como sensores principales los siguientes:

1. TPS
2. T-MAP
3. CMP
4. CKP

Para la condición de falla de cada sensor se debe tomar en cuenta el número de cables dependiendo de esto se realiza el siguiente procedimiento:

#### a) Reconocimiento de pines

Identificar los cables de señal alimentación y masa de cada uno de los sensores con la ayuda de un multímetro, para conocer los voltajes de referencia y planos eléctricos del vehículo

#### b) Código de falla Alto (DTC High)

- Sensor de dos cables: se genera al momento que la ecu reciba una señal de 5 voltios por parte del sensor, para esto debemos desconectar el socket del sensor lo cual provoca que el voltaje de 5 voltios pase directamente a la señal.
- Sensor tres cables: se genera al momento que la ecu reciba una señal de 5 voltios por parte del sensor para lo cual se procede a puentiar el cable de alimentación de 5 voltios con el de la señal

#### c) Código de falla bajo (DTC Low)

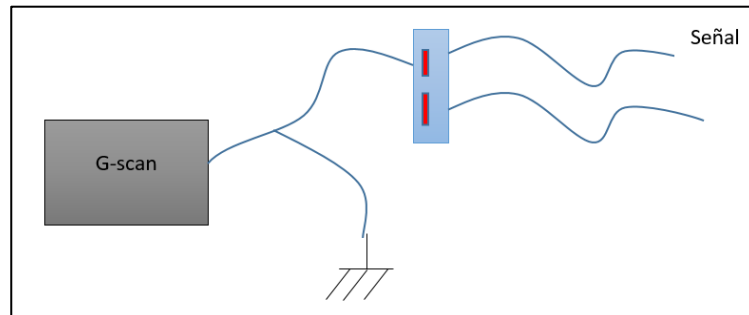
- Sensor de dos cables: este DTC se genera al momento que la ecu reciba una señal de 0 voltios por parte del sensor, para lo cual con el socket desconectado puenteamos los dos terminales para enviar el voltaje de referencia a tierra
- Sensor tres cables: este DTC se genera al momento que la ecu reciba una señal de 0 voltios por parte del sensor, con el socket desconectado puentear el pin de tierra con el pin de señal de esta manera la señal recibida es cero

#### d) Conexión para emulación de pulsos.

- Sensor de dos cables: Para la simulación de señal se lo realiza con el sensor desconectado para lo cual el g-scan2 debe estar en función de

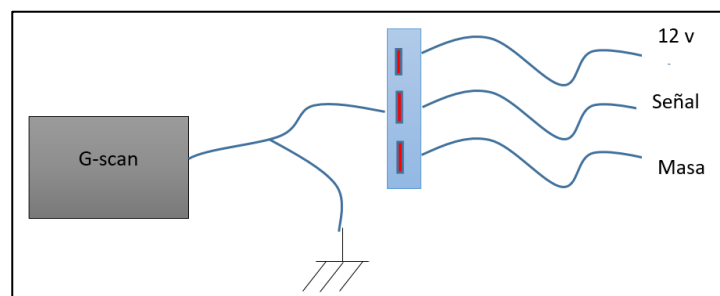


generador de pulsos, donde este mediante un canal ira conectado al pin de señal del conector que lleva la señal a la ecu.



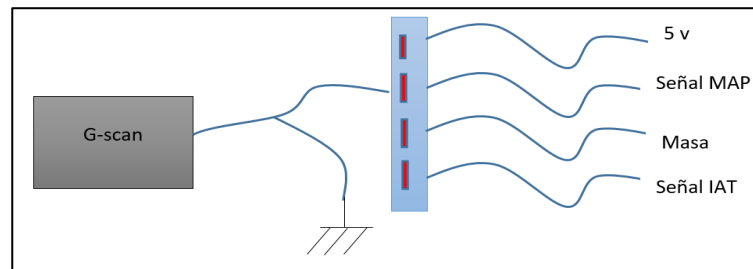
**Figura 97 Conexión para sensor 2 cables**

- Sensor de tres cables: Para la simulación de señal se lo realiza con el sensor desconectado para lo cual el g-scan2 debe estar en función de generador de pulsos, donde este mediante un canal ira conectado al pin de señal del conector que lleva la señal a la ecu.



**Figura 98 Conexión para sensor 3 cables**

- Sensor de cuatro cables: Para la simulación de señal se lo realiza con el sensor desconectado para lo cual el g-scan2 debe estar en función de generador de pulsos, donde este mediante un canal ira conectado al pin de señal del conector que lleva la señal a la ecu, en este caso al existir dos sensores en un solo socket se debe puentear los pines que no se utilicen, mediante unos conectores para que solo quede libre la señal del sensor que se desee emular



**Figura 99 Conexión para sensor 4 cables**

La conexión para la simulación se la realiza teniendo cuidado en no topar los pines ya que puede causar algún corto como se ve en la figura.



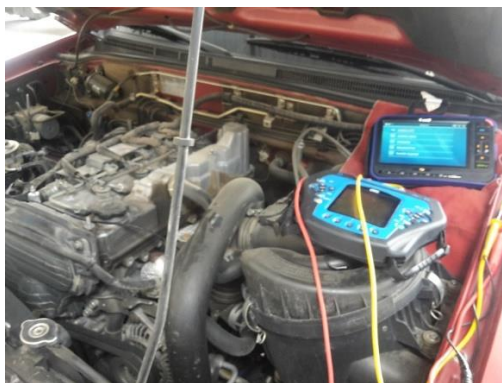
**Figura 100 Conexión para simulación en sensor MAP**

### 3.7 Procedimiento para la variación de presión en el sistema de alimentación (diésel)



**Figura 101 vehículo Mazda BT 50 2.5 turbodiesel**

Ubicar los equipos en lugares donde se pueda tener facilidad para manipularlos y respectivamente recolectar los datos



**Figura 102 Preparación de equipos en vehículo Mazda bt 50 2.5 turbodiésel**

### **3.7.1. Inyectores Diésel**

La prueba se la realiza antes y después de que los inyectores sean sometidos a la prueba de presión de inyección y cantidad de combustible, donde se verificara la variación de presión que se produce en el vehículo bajo las dos condiciones mencionadas, para lo cual se realiza lo siguiente:

#### Recomendaciones

- No se debe soltar las líneas de alta presión con el motor encendido.

Antes de realizar el proceso se obtienen medidas de gases en condiciones normales (teniendo en cuenta el kilometraje del vehículo).

- Encender el vehículo
- Conectar el analizador de gases y el MGT-300 posterior esperar que el motor alcance una temperatura superior a los 80<sup>0</sup> C
- Registrar los datos obtenidos
- Desconectar los equipos y apagar el vehículo

Una vez registrado los datos en condiciones normales del vehículo se procede a realizar el desmontaje de inyectores, para lo cual se siguen los siguientes pasos:

- Desconectar el borne de la batería.
- Limpiar con una brocha los alrededores del inyector.
- Limpiar con aire comprimido el sector donde se va a trabajar.
- Zafar la tubería de alta presión en el riel y del inyector.
- Aflojar la abrazadera del riel de la línea de retorno y tirar hacia afuera la manguera.
- Retirar el inyector con cuidado de no golpear la punta del mismo.
- Una vez que el inyector está afuera se procede a limpiar las superficies internas y externas de la tobera, y la aguja con varillas de latón y cepillo de alambre para retirar las partículas de carbonilla.
- Posterior se realizan pruebas de inyección (pulverización) y cantidad de combustible en un banco de pruebas, se verifica que la cantidad de inyección y la pulverización sea la correcta (4 inyectores).
- Antes de volver a instalar el inyector, limpiar las cámaras internas de la culata y la superficie de sellado.

#### Montaje del inyector en el vehículo

- Insertar una nueva rodela de cobre de estanquidad.
- Insertar el inyector (no tocar la punta del inyector).
- Ajuste las cañerías de combustible apretando las tuercas racor.
- Instalar la línea de alta presión.
- Unir la línea de retorno, nunca calzar sin abrazadera.
- Unir los conectores eléctricos.
- Conectar terminal negativo de la batería.
- Encender el vehículo y esperar que alcance una temperatura superior a los 80 C
- Conectar le analizador de gases y el MGT-300

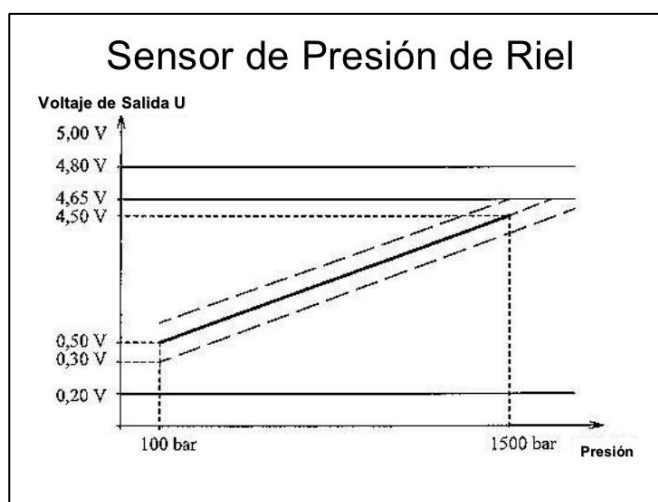
- Registrar los datos obtenidos en cuanto a gases de escape.



**Figura 103 Inyector Diésel Mazda BT-50**

### 3.7.2. Presión del riel de combustible

La presión del riel de combustible se mide mediante el valor del voltaje que emite el sensor es decir para un determinado voltaje existirá una determinada presión como indica la siguiente figura:



**Figura 104 Diagrama voltaje vs. Presión del sensor RPS**

Fuente: (Bosch, Manual de la Técnica del Automóvil, 2005)

Para medir este valor se utiliza un multímetro en opción de voltaje, de la siguiente manera:

- Identificar los cables del sensor (masa, alimentación y señal).
- El multímetro automotriz ponerlo en función de medición de voltaje.
- Conectar el terminal de positivo en el cable correspondiente al de señal del sensor (sin desconectar el socket).

- El terminal negativo del multímetro conectar a una masa real y limpia del vehículo.
- Colocar el multímetro en un lugar adecuado para tomar las lecturas entiendo real (vehículo en marcha), dependiendo del régimen al cual se someta el vehículo.
- Tomar apuntes de los valores generados en cada prueba para luego analizar con la ayuda de la gráfica presión-voltaje la presión correspondiente a cada valor obtenido.

### **3.7.3. Sensores que intervienen en el sistema de alimentación**

En el sistema de alimentación del vehículo Mazda BT-50 se toma en consideración dos grupos de sensores:

1. Sensores para cálculo de carga:
  - APP (Sensor de posición del pedal de aceleración).
  - MAF (Sensor de flujo de aire).
  - MAP (Sensor de presión de aire).
  - ICP (Sensor de presión del riel de combustible).
2. Sensores de corrección de carga:
  - ECT (sensor de temperatura del refrigerante).

Para la condición de falla de cada sensor se debe tomar en cuenta el número de cables dependiendo de esto se realiza el siguiente procedimiento:

#### a) Reconocimiento de pines

Identificar los cables de señal alimentación y masa de cada uno de los sensores con la ayuda de un multímetro, para esto se utilizara los voltajes de referencia y planos eléctricos del vehículo.



**Figura 105 Reconocimiento de pines sensor MAF**

b) Código de falla Alto (DTC High)

- La condiciones para que se genere un DTC HIGH (Voltaje de señal 5V) : cable de alimentación abierto, cable de masa abierto o sensor abierto.
- Sensor de dos cables: se genera al momento que la ecu reciba una señal de 5 voltios por parte del sensor, para esto debemos desconectar el socket del sensor lo cual provoca que el voltaje de 5 voltios pase directamente a la señal.
- Sensor tres cables: se genera al momento que la ecu reciba una señal de 5 voltios por parte del sensor para lo cual se puentea el cable de alimentación de 5 voltios con el de la señal

c) Código de falla bajo (DTC Low)

- La condiciones para que se genere un DTC LOW (Voltaje de señal 0V): cable de alimentación puenteado a masa o sensor en cortocircuito.
- Sensor de dos cables: este DTC se genera al momento que la ecu reciba una señal de 0 voltios por parte del sensor, para lo cual con el socket desconectado puenteamos los dos terminales para enviar el voltaje de referencia a tierra.

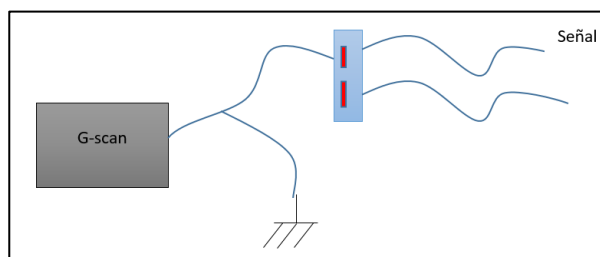
- Sensor tres cables: este DTC se genera al momento que la ecu reciba una señal de 0 voltios por parte del sensor, con el socket desconectado puentear el pin de tierra con el pin de señal de esta manera la señal recibida es cero.



**Figura 106 Obtención de datos cuando se da DTC a los sensores**

e) Conexión para emulación de pulsos.

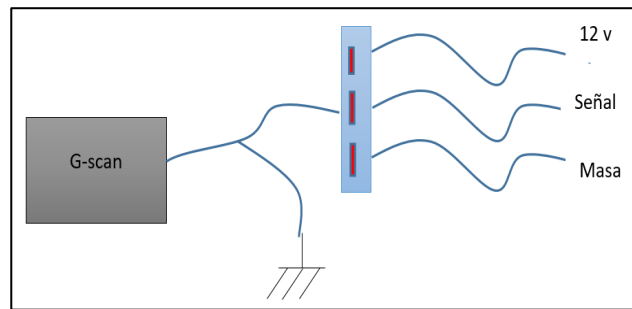
- Sensor de dos cables: Para la simulación de señal se lo realiza con el sensor desconectado para lo cual el g-scan debe estar en función de generador de pulsos, donde este mediante un canal ira conectado al pin de señal del conector que lleva la señal a la ecu.



**Figura 107 Conexión para emulación de sensor de dos cables**

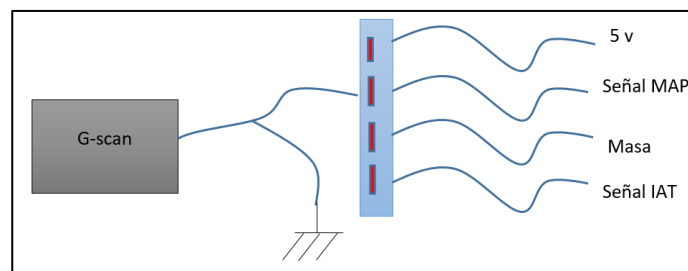
- Sensor de tres cables: Para la simulación de señal se lo realiza con el sensor desconectado para lo cual el G-scan2 debe estar en función de generador de pulsos, donde este mediante un canal ira conectado al pin de señal del conector que lleva la señal a la ecu.





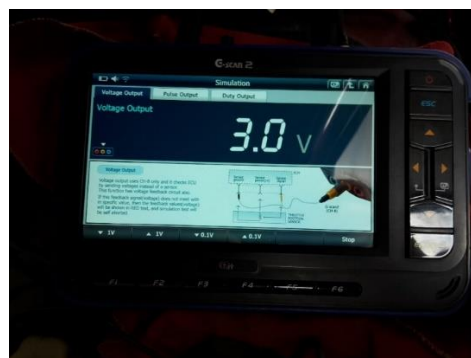
**Figura 108 Conexión para emulación de sensor de tres cables**

- Sensor de cuatro cables: Para la simulación de señal se lo realiza con el sensor desconectado para lo cual el g-scan debe estar en función de generador de pulsos, donde este mediante un canal ira conectado al pin de señal del conector que lleva la señal a la ecu, en este caso al existir dos sensores en un solo socket se debe puentear los pines que no se utilicen, mediante unos conectores para que solo quede libre la señal del sensor que se desee emular



**Figura 109 Conexión para emulación de sensor de cuatro cables**

Las opciones en la condición de simulación permiten variar el voltaje esto dependerá de las características de funcionamiento del sensor, una vez que se establece el valor a simular se presiona el comando start



**Figura 110 Condición de simulación en voltaje para sensor MAP**

## CAPITULO IV

### ANALISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 ANALISIS DE RESULTADOS DEL VEHICULO KIA RIO-XCITE

##### 4.1.1 Pruebas en condiciones normales de funcionamiento

###### a) Test Oficial

En los siguientes resultados se refleja los niveles de emisiones contaminantes que se producen en el vehículo cuando no presenta ninguna falla y cuando su puesta a punto ya fue realizada, esto mediante el test oficial.

Tabla 36

Tabla Test Oficial Kia Rio Xcite



### TEST OFICIAL GASES DE ESCAPE

ANALIZADOR GASES AGS-688	
Número de serie:	160513000054
Número de Homologación:	OM00292EST006cNET
Fecha vencimiento calibración:	20/05/2017
DATOS TALLER	
ESPE	
LATACUNGA	
ANALISIS DE GASES	
DATOS DEL VEHÍCULO	
Placa: PBO 7061	N° Chasis:
Marca: KIA	N° Tubos de escape: 1
Modelo: RIO X-CITE	2 Tiempos / 4 Tiempos: 4
Año de construcción: 2011	Odómetro:
Combustible: Gasolina	

CONTINUA 

<b>LIMITES PRESCRITOS</b>			
<b>Temperatura motor:</b>		<b>Régimen motor en acelerado:</b>	
80°C		2300-2700 (rpm)	
<b>Régimen motor al mínimo:</b>		<b>CO:</b>	
500-1200 (rpm)		1.0 (%Vol)	
<b>O2:</b>		<b>HC:</b>	
5.0 (%Vol)		200 (ppmVol)	
<b>VALORES MEDIDOS</b>			
<b>PRUEBA RALENTY</b>		<b>PRUEBA CRUCERO</b>	
<b>Temp. Motor:</b>	96°C	<b>Temp. Motor:</b>	96°C
<b>RPM:</b>	700 rpm	<b>RPM:</b>	2500 rpm
<b>CO:</b>	0.09 %Vol	<b>CO:</b>	0.04 %Vol
<b>CO2:</b>	14.6 %Vol	<b>CO2:</b>	14.7 %Vol
<b>O2</b>	0.36 %Vol	<b>O2</b>	0.10 %Vol
<b>HC:</b>	57 ppmVol	<b>HC:</b>	29 ppmVol
<b>Lambda:</b>	1.012	<b>Lambda:</b>	1.002
<b>RESULTADO DEL TEST : APROBADO SIN FALTAS</b>			
<b>Fecha y hora de inicio prueba:</b>	25/10/2016	14:42:28	
<b>Fecha y hora de termine prueba:</b>	25/10/2016	14:45:47	

Los datos reflejan que el vehículo se encuentra en los rangos permisibles que establece la norma Ecuatoriana INEN 2349 norma de revisión técnica vehicular, sin tomar en cuenta los NOx (Óxidos de nitrógeno), que a continuación van a ser analizados

#### **b) Prueba continua**

En los siguientes resultados se refleja los niveles de emisiones contaminantes que se producen en el vehículo cuando no presenta ninguna falla y cuando su puesta a punto ya fue realizada, esto mediante la prueba continua la cual permite además de los otros gases visualizar los resultados de Óxidos no nitrógeno (NOx).

**Tabla 37**  
**Datos obtenidos con G-Scan2 condiciones normales**

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA ALIMENTACIÓN	PRESIÓN DE DEL COLECTOR	PRESIÓN ABSOLUTA	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR		
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
20 a 50		Ralentí	52.0	3.58	1.0	240.2	3	0.4	1
		2000	52.0	3.58	0.9	260.0	2	0.3	3
		4000	52.0	3.58	1.0	230.3	2	0.5	4
60 a 80		Ralentí	52.0	3.58	1.1	275.4	3	0.4	0
		2000	52.0	3.58	1.0	248.5	3	0.6	4
		4000	52.0	3.58	1.0	256.0	3	0.7	6
>90		Ralentí	52.0	3.58	1.1	280.0	3	0.7	0
		2000	52.0	3.58	1.0	241.0	2	0.8	4
		4000	52.0	3.58	0.8	230.0	2	0.6	5

**Tabla 38**  
**Datos obtenidos con Brain Bee condiciones normales**

ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)	(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)	
20 a 50		Ralentí	1.009	2.17	12.0	297	1.83	159
		2000	1.342	4.08	9.4	352	9.65	314
		4000	1.036	0.74	13.1	236	1.39	793
60 a 80		Ralentí	1.007	0.21	14.1	164	0.41	710
		2000	1.005	0.87	13.6	138	0.77	310
		4000	0.998	0.07	14.4	85	0.07	294
>90		Ralentí	1.211	0.45	9.5	104	3.38	257
		2000	1.053	0.35	12.9	72	1.28	325
		4000	1.006	0.63	13.8	41	0.56	478

#### 4.1.2 Condiciones de falla para sensores que intervienen en el sistema de alimentación.

Para el análisis de la incidencia de las emisiones contaminantes respecto a fallas producidas en los sensores del sistema de alimentación, se ejecutaron DTC en High, Low y condiciones de funcionamiento simuladas mediante el G-scan2, donde se reflejaron los siguientes datos.

### a) Sensor TPS

Condición de falla alto (DTC HIGH, señal=5V) para sensor de posición del acelerador (TPS).

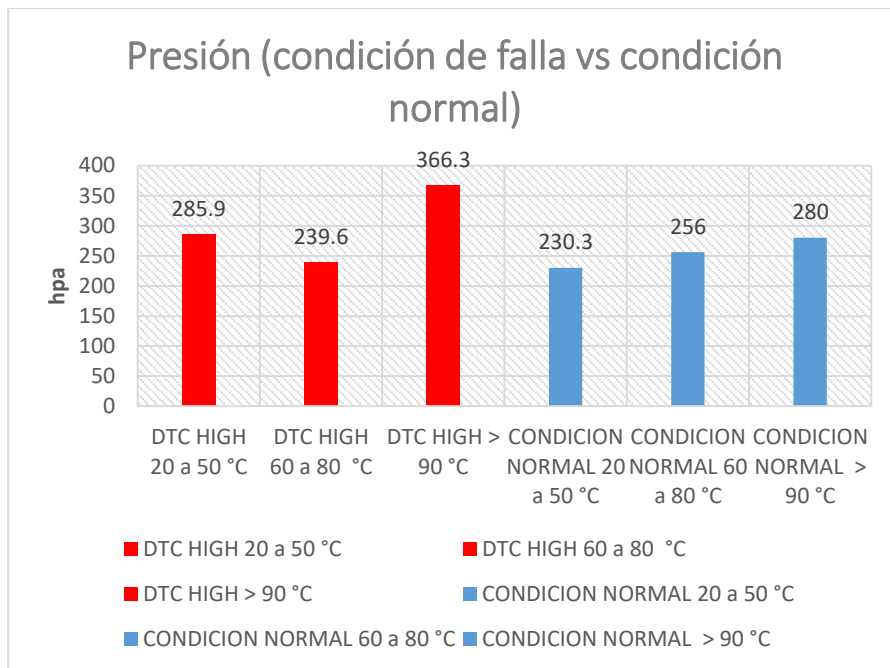
**Tabla 39**  
**Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC high TPS**

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN DE ABSOLUTA DEL COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI) (Bar)	(V) (hPa)	(ms)	(V) (%)
High	20 a 50	Ralentí	52.0 3.58	1.4 361.4	5	5.0 0
		2000	52.0 3.58	1.1 278.3	3	5.0 0
		4000	52.0 3.58	1.1 285.9	3	5.0 0
	60 a 80	Ralentí	52.0 3.58	1.5 363.8	4	5.0 0
		2000	52.0 3.58	1.0 255.7	2	5.0 0
		4000	52.0 3.58	0.9 239.6	2	5.0 0
	>90	Ralentí	52.0 3.58	1.5 366.3	2	5.0 0
		2000	52.0 3.58	0.9 231.3	2	5.0 0
		4000	52.0 3.58	0.9 227.6	2	5.0 0

**Tabla 40**  
**Datos obtenidos con Brain Bee –DTC high TPS**

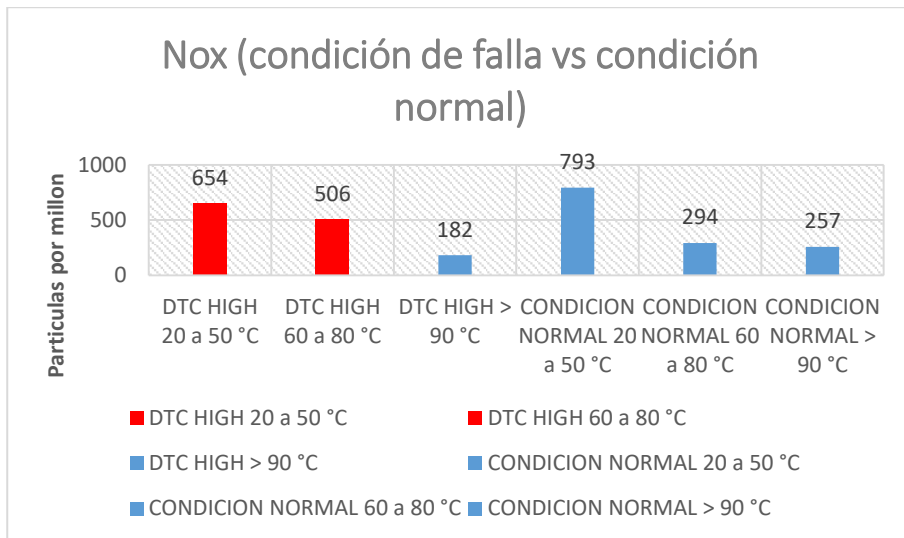
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
High	20 a 50	Ralentí	1.015	0.46	13.4	380	0.91	474
		2000	1.023	0.54	13.2	384	1.12	414
		4000	1.622	2.52	10.5	392	13.6	654
	60 a 80	Ralentí	1.107	2.15	12.0	332	3.84	214
		2000	1.020	0.58	13.2	285	1.01	223
		4000	1.021	0.68	13.2	283	1.09	506
	>90	Ralentí	1.611	0.00	10.3	55	9.03	182
		2000	1.509	0.00	9.9	28	7.20	104
		4000	1.346	0.01	10.9	25	5.41	75

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 111 Presión (condición de falla high TPS vs condición normal)**

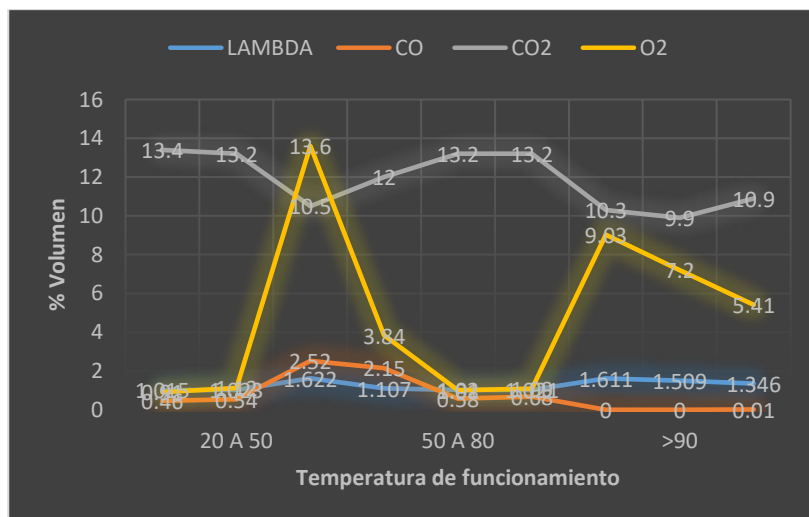
La máxima variación de presión en el colector en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 366.3 hpa (5.31 PSI) con una diferencia de 86.3 hpa (1.25 PSI) que es un aumento del 30.8 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 2 ms presentando una disminución frente a los 3 ms en condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 112 NOx (condición de falla high TPS vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 654 ppm, con una diferencia de 139 ppm que es una disminución del 17.5 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

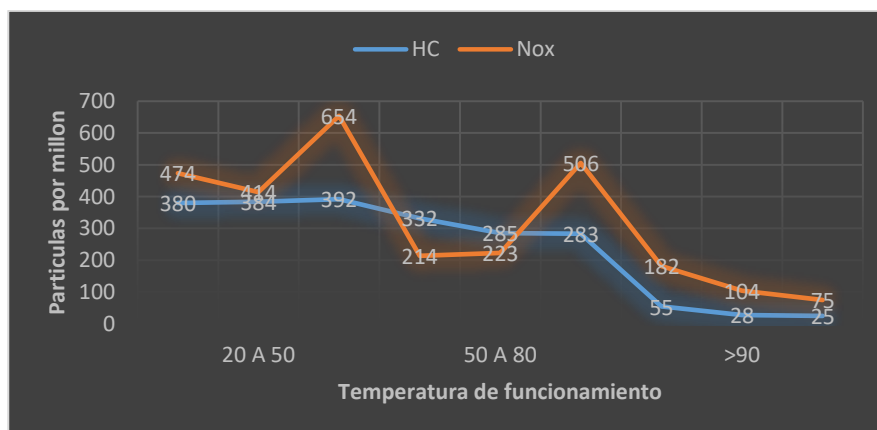
- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 113 Gráfica de gases en % de volumen-DTC high sensor TPS**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 20 a 50 C° se evidencia un valor de lambda de 1.622 lo que indica un empobrecimiento de la

mezcla, y una disminución del CO<sub>2</sub> al 10.5 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye 4.1% frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 114 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor TPS**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 20 a 50 C° se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 654 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de falla bajo (DTC LOW señal=0V) para sensor de posición del acelerador (TPS).

**Tabla 41**  
**Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC low TPS**

ESTADO	TEMP	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA ALIMENTACIÓN	PRESIÓN DE ABSOLUTA COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V) (hPa)	(ms) (V) (%)
Low	20 a 50	Ralentí	52.0	3.58	1.1 278.8	3 0.0 0
		2000	52.0	3.58	0.9 246.5	2 0.0 0
		4000	52.0	3.58	0.9 245.9	3 0.0 0
	60 a 80	Ralentí	52.0	3.58	1.1 271.2	3 0.0 0
		2000	52.0	3.58	0.9 239.5	3 0.0 0
		4000	52.0	3.58	0.9 238.6	2 0.0 0
	>90	Ralentí	52.0	3.58	0.9 245.3	2 0.0 0
		2000	52.0	3.58	0.8 214.1	2 0.0 0
		4000	52.0	3.58	0.9 214.9	2 0.0 0



Tabla 42

## Datos obtenidos con Brain Bee –DTC low TPS

ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Low	20 a 50	Ralentí	1.033	0.76	13.3	318	1.42	216
		2000	1.245	2.07	12.2	277	6.58	636
		4000	1.420	1.97	11.8	259	9.79	898
	60 a 80	Ralentí	1.507	2.24	10.9	382	11.4	142
		2000	1.012	0.49	13.7	246	0.77	182
		4000	1.151	0.61	12.7	217	3.46	471
	>90	Ralentí	1.265	0.19	12.4	60	4.92	170
		2000	1.112	0.48	11.5	59	2.27	165
		4000	1.006	0.04	14.6	30	0.18	176

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**

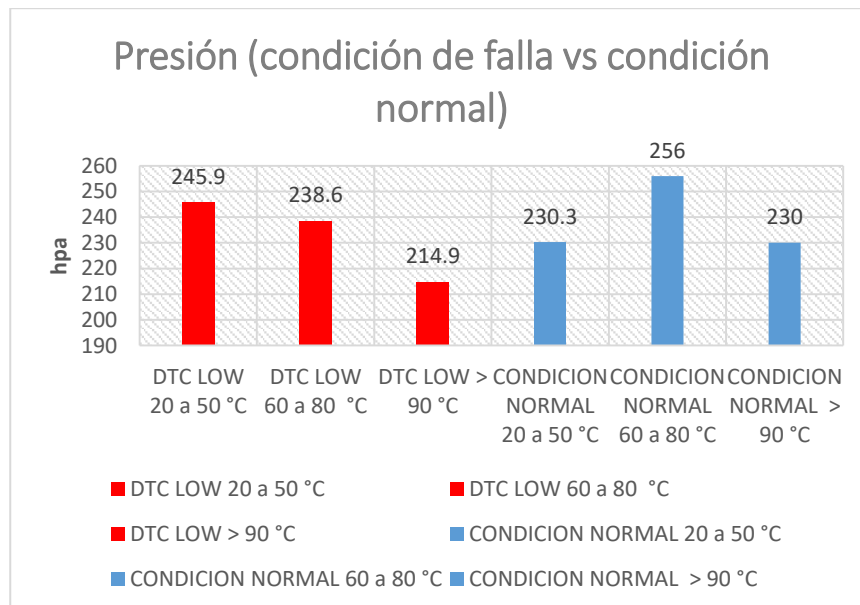
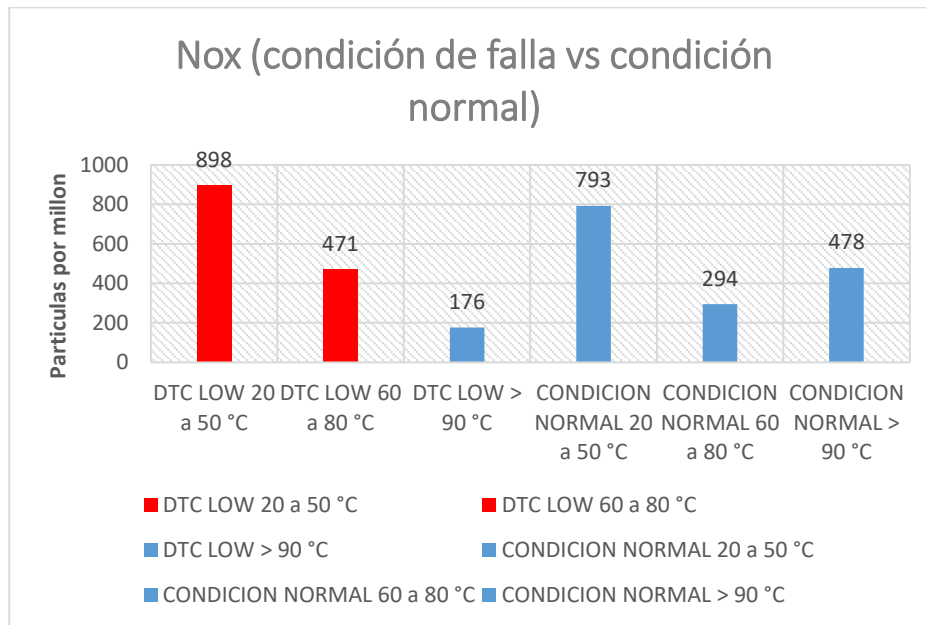


Figura 115 Presión (condición de falla low TPS vs condición normal)

La máxima variación de presión en el colector en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 245.9 hpa (3.56 PSI) con una diferencia de

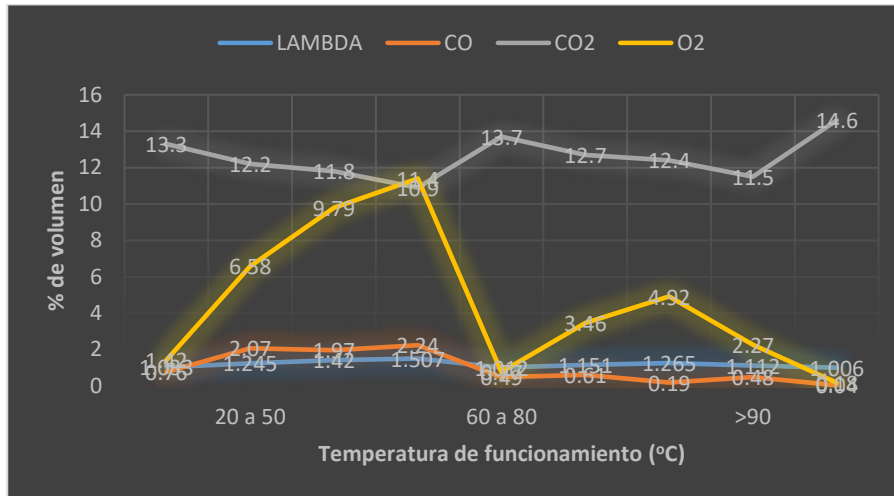
15.6 hpa (0.22) que es un aumento del 6.7 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 3 ms presentando un aumento frente a los 2 ms en condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 116 NOx (condición de falla low TPS vs condición normal)**

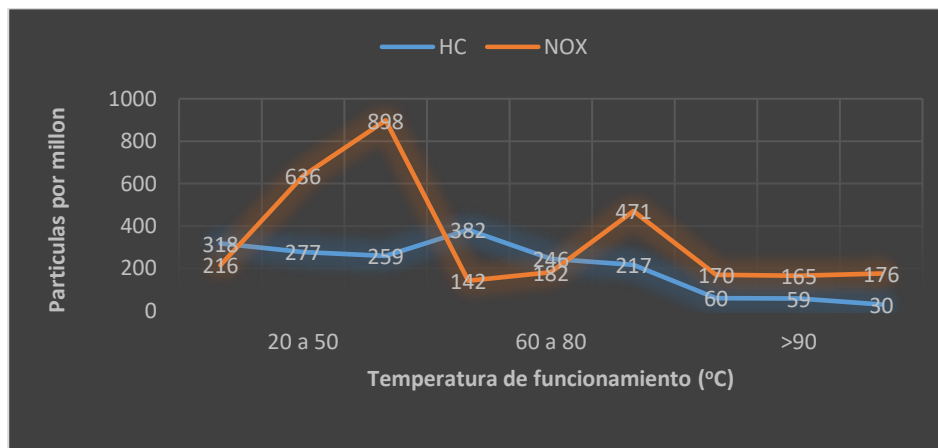
La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 898 ppm, con una diferencia de 105 ppm que es un aumento 13.2 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 117 Gráfica de gases en % de volumen-DTC low sensor TPS**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 20 a 50 C° se evidencia un valor de lambda de 1.420 lo que indica un empobrecimiento de la mezcla, y una disminución del CO2 al 11.8 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye 2.8% frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 118 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor TPS**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 20 a 50 C° se evidencia un valor NOx de 898 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de simulación para sensor de posición del acelerador (TPS).

**Tabla 43**

**Datos obtenidos con G-Scan2 – simulación TPS**

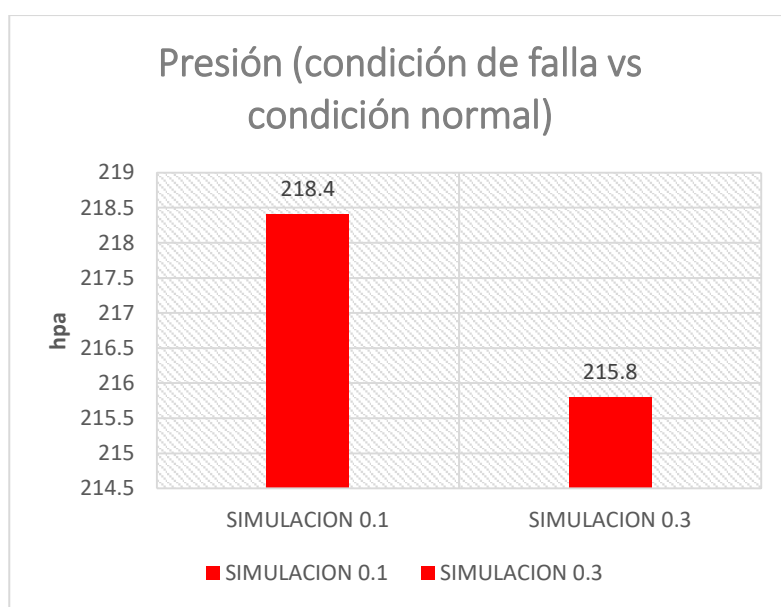
ESTADO	Valor simulación	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA ALIMENTACIÓN	PRESIÓN DE DEL COLECTRO	PRESIÓN ABSOLUTA	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR		
DTC	(V)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
Simulación	0.1	Ralentí	52.0	3.58	0.9	245.6	2	0.1	0
		2000	52.0	3.58	0.8	218.4	2	0.1	0
		4000	52.0	3.58	0.7	205.8	2	0.1	0
	0.3	Ralentí	52.0	3.58	0.6	101.0	2	0.3	2
		2000	52.0	3.58	0.7	214.2	2	0.2	2
		4000	52.0	3.58	0.8	215.8	2	0.3	4.7

**Tabla 44**

**Datos obtenidos con Brain Bee –simulación TPS**

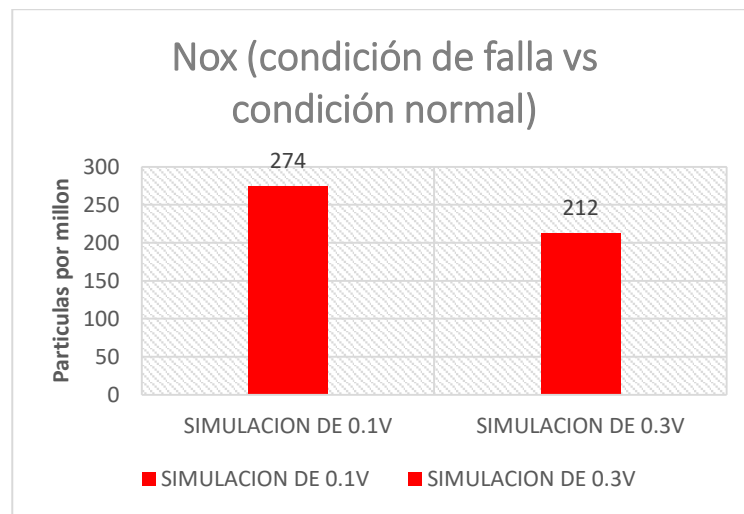
ESTADO	Valor simulación	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(V)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Simulación	0.1	Ralentí	1.005	0.24	14.3	180	0.41	54
		2000	1.046	0.34	12.9	123	1.18	274
		4000	0.997	0.12	14.7	40	0.05	148
	0.3	Ralentí	1.002	0.00	14.7	10	0.04	48
		2000	1.000	0.32	14.6	30	0.05	138
		4000	1.001	0.02	14.7	9	0.04	212

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 119 Presión (condición de simulación TPS vs condición normal)**

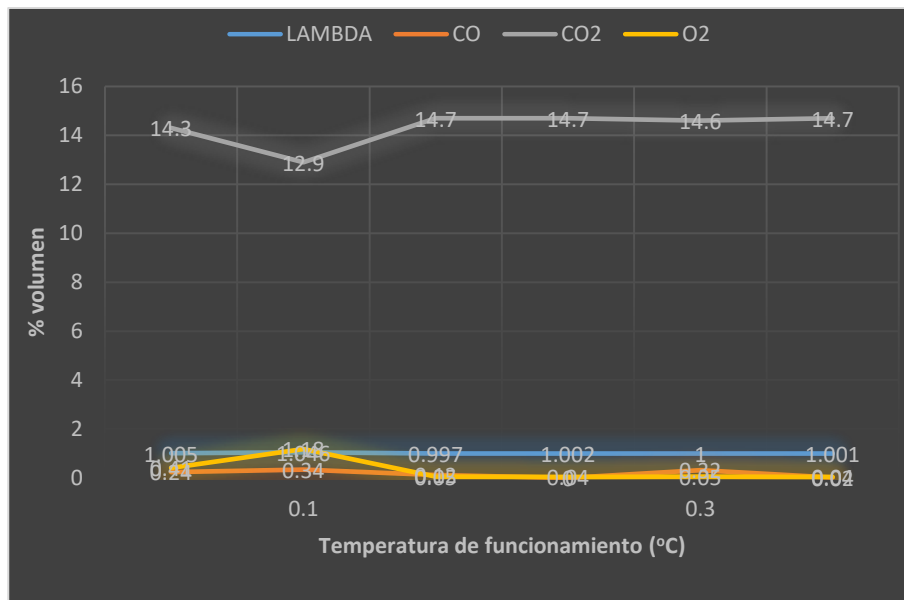
La máxima variación de presión en el colector en estas condiciones se produce a una simulación de 0.1V y es de 218.4 hpa (3.16 PSI) con una diferencia de 2.6 hpa (0.037 PSI) que es un aumento del 1.2 % frente a la condición de simulación de 0.3 V .El tiempo de inyección permanece indistinto para los dos casos. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión. Cuando se incrementa la aceleración también lo hace el voltaje de señal del sensor TPS hasta alcanzar su máximo valor a aceleración total, en este caso se simulo hasta un valor de 0.3v voltaje de funcionamiento del sensor cuando está en ralentí



**Figura 120 NOx (condición de simulación TPS vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta condición se produce a una simulación de 0.1 V es de 274 ppm, con una diferencia de 62 ppm que es un aumento 30 % frente a la simulación de 0.3 V.

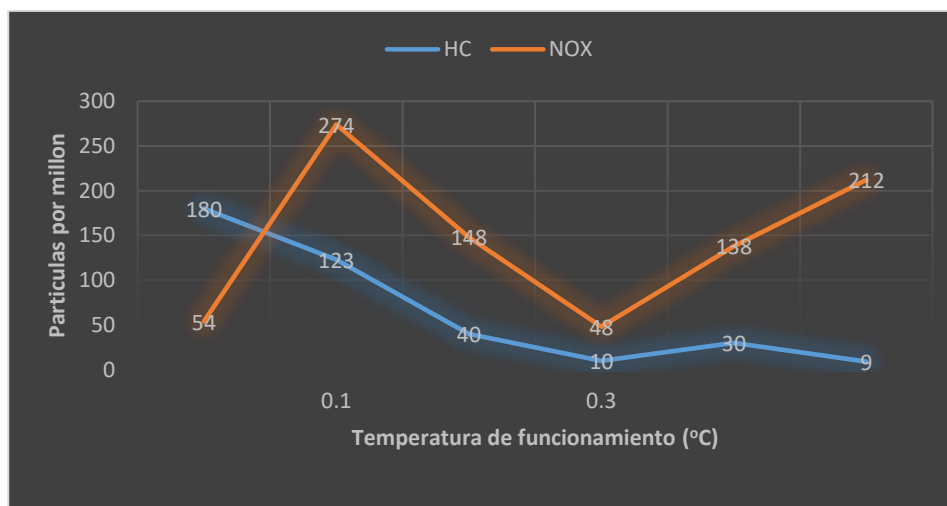
- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos d nitrógeno)**



**Figura 121 Gráfica de gases en % de volumen-condición de simulación TPS**

En los gases de escape a 2000 rpm y con una simulación a 0.1v en temperatura normal de funcionamiento se evidencia un valor de lambda de 1.046

lo que indica una combustión completa, y 14.7 %, de CO<sub>2</sub> esto refleja que la eficiencia de la combustión está dentro del rango de aprobación de la normativa de revisión vehicular



**Figura 122 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC condición de simulación TPS**

En los gases de escape a 2000 rpm y con una simulación a 0.1v en temperatura normal de funcionamiento se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 274 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en TPS)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo en estado óptimo de funcionamiento, permiten establecer el valor de presión absoluta del colector con un factor lambda cercano a 1 que implica una mezcla ideal.

**Tabla 45**

**Presión absoluta del colector sin DTC.**

Temperatura	Factor lambda	Presión absoluta del colector
°C	$\Lambda$	HPa
20 a 50	1.009	240.2
60 a 80	0.998	256.0
>90	1.006	230.0

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.7$$

**Tabla 46**

**Resultados proporción aire-combustible para fallas en TPS**

DTC	Temp (°C)	Lambda	Proporción A/C		Presión absoluta colector		ΔP (%)
			Real	Teórico	Real (hPa)	Teórico (hPa)	
High	>90	1.346	14.547	14.7	227.6	230	-1.043
Low	20 a 50	1.42	15.049	14.7	245.9	240.2	2.373
Simulac	>90 (0.1V)	1.046	13.959	14.7	218.4	230	-5.043

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles más altos de NOx permiten evidenciar que la estrategia adoptada por la ECU según la presión absoluta del colector es: empobrecer la mezcla aire-combustible en el DTC LOW evidenciando un aumento de 2.373%, mientras que enriquece la mezcla para DTC HIGH y Simulación (0.1V) con un 1.043% y un 5.043% respectivamente.

**b) Sensor MAP**

Condición de falla alto (DTC HIGH señal=5V) para sensor de presión del múltiple de admisión (MAP).



Tabla 47

## Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC high MAP

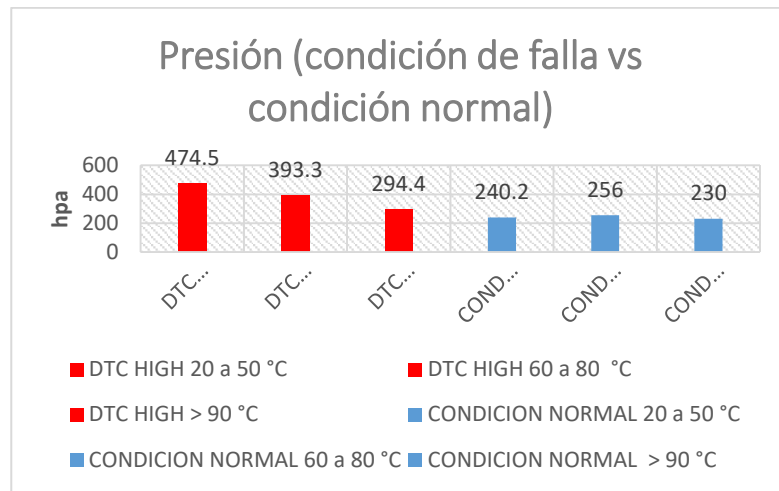
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR					
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)		
High	20	a	Ralentí	52.0	3.58	5.0	474.5	3	0.1	0	
			2000	52.0	3.58	5.0	436.3	3	0.6	4	
			4000	52.0	3.58	5.0	248.8	3	0.6	5	
	60	a	Ralentí	52.0	3.58	5.0	500.1	3	0.1	0	
		80		2000	52.0	3.58	5.0	328.9	2	0.4	4
				4000	52.0	3.58	5.0	393.3	3	0.8	9
	>90		Ralentí	52.0	3.58	5.0	422.2	2	0.1	0	
			2000	52.0	3.58	5.0	305.3	2	0.5	3	
			4000	52.0	3.58	5.0	294.4	2	0.6	5	

Tabla 48

## Datos obtenidos con Brain Bee –DTC high MAP

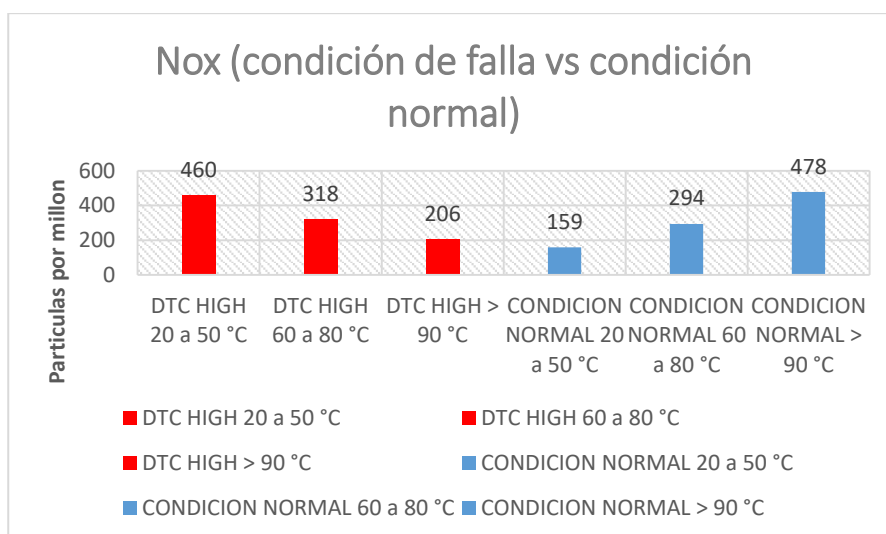
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)	(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)	
High	20 a 50	Ralentí	0.985	3.18	6.7	679	17.0	460
		2000	0.702	9.99	6.5	1754	1.22	46
		4000	0.827	5.78	10.8	512	0.12	324
	60 a 80	Ralentí	0.722	9.99	7.7	818	0.57	21
		2000	1.052	9.45	6.7	938	8.77	42
		4000	0.871	4.38	11.5	3.88	0.23	318
	>90	Ralentí	0.956	1.71	13.0	294	0.36	60
		2000	0.986	0.62	14.0	180	0.25	53
		4000	0.970	0.90	13.9	146	0.06	206

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 123 Presión (condición de falla high MAP vs condición normal)**

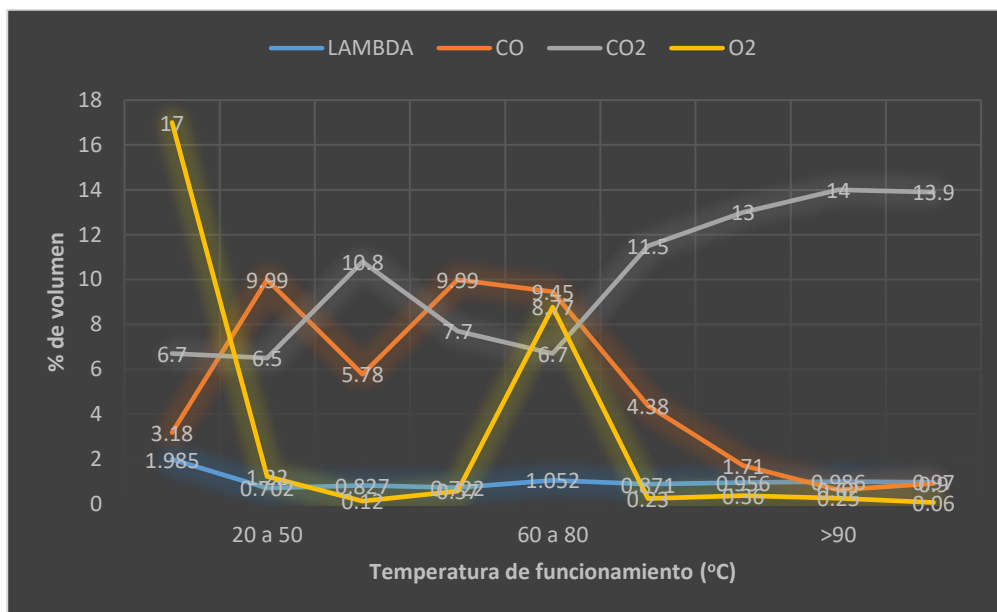
La máxima variación de presión en el colector en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 474.5 (6.88 PSI) hpa con una diferencia de 234.3 hpa (3.39 PSI) que es un aumento del 97.5 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección permanece indistinto para los dos casos, La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 124 NOx (condición de falla high MAP vs condición normal)**

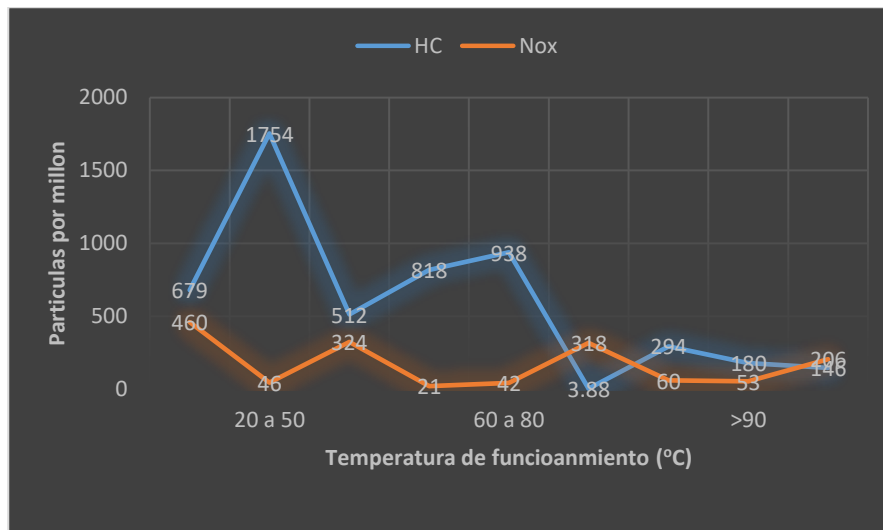
La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 460 ppm, con una diferencia de 301 ppm que es un aumento del 189.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 125 Gráfica de gases en % de volumen-DTC high sensor MAP**

En los gases de escape a 700 rpm y con una temperatura entre 20 a 50 C° se evidencia un valor un valor de lambda de 0.985 lo que indica un enriquecimiento de la mezcla (mayor consumo de combustible), y una disminución del CO2 al 6.7 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye 7.9 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%,



**Figura 126 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAP**

En los gases de escape a 700 rpm y con una temperatura entre 20 a 50 C° se evidencia un valor NOx de 460 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos, con

Condición (DTC LOW, señal=0V) para sensor MAP.

**Tabla 49**

**Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC low MAP**

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI) (Bar)	(V) (hPa)	(ms)	(V) (%)
Low	20 a 50	Ralentí	52.0 3.58	0.0 766.0	4	0.7 7.5
		2000	52.0 3.58	0.0 1013.0	3	0.7 7.2
		4000	52.0 3.58	0.0 645.8	3	0.7 7
	60 a 80	Ralentí	52.0 3.58	0.0 590.3	4	0.1 0
		2000	52.0 3.58	0.0 330.9	2	0.5 4
		4000	52.0 3.58	0.0 322.6	2	0.6 5
	>90	Ralentí	52.0 3.58	0.0 432.1	2	0.1 0
		2000	52.0 3.58	0.0 316.9	2	0.5 3
		4000	52.0 3.58	0.0 303.2	2	0.6 5

Tabla 50

## Datos obtenidos con Brain Bee –DT low MAP

ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO2	HC	O2	NOX
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Low	20 a 50	Ralentí	0.702	9.99	6.3	1452	1.16	36
		2000	0.851	7.24	9.6	857	1.96	177
		4000	0.993	5.72	11.2	689	1.69	196
	60 a 80	Ralentí	0.961	9.99	5.9	1890	7.91	15
		2000	0.932	2.36	12.8	417	0.37	131
		4000	0.988	0.94	13.6	383	0.67	165
	>90	Ralentí	0.879	4.63	11.4	511	0.66	67
		2000	1.001	0.32	14.2	197	0.38	35
		4000	1.003	0.63	13.8	242	0.67	43

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**

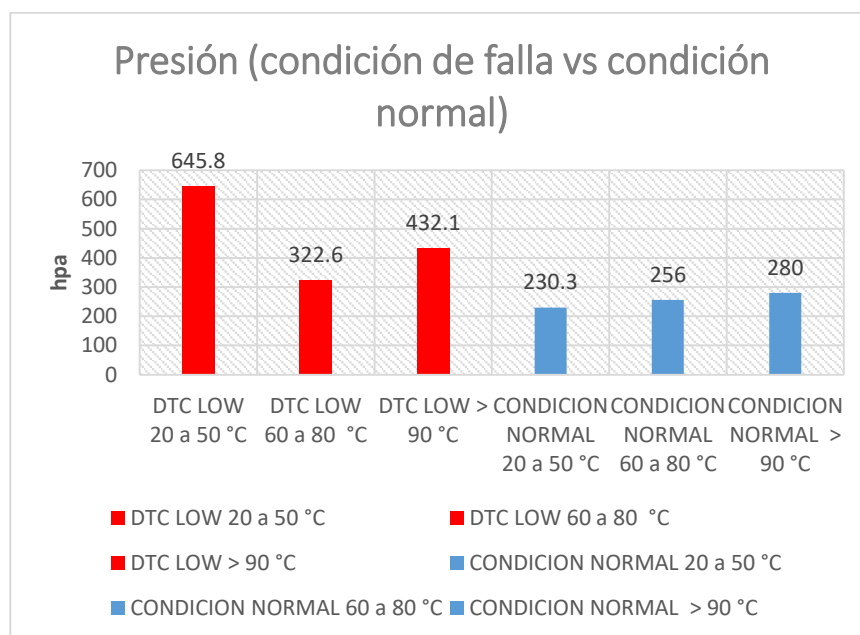
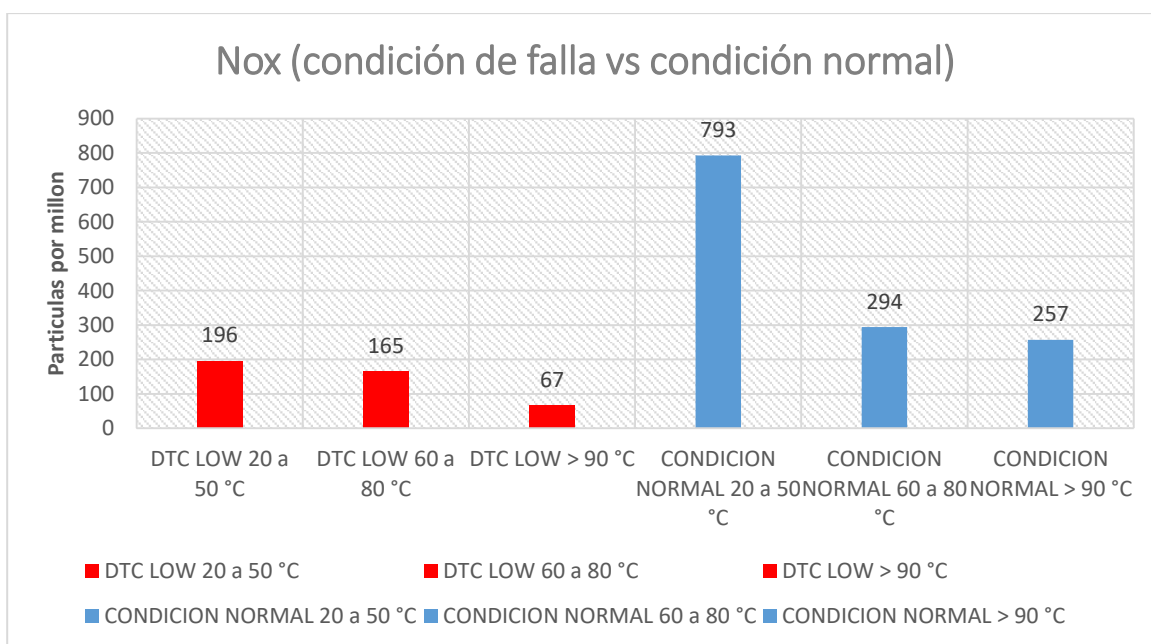


Figura 127 Presión (condición de falla low MAP vs condición normal)

La máxima variación de presión en el colector en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 645.8 hpa (9.36 PSI) con una diferencia de 415.5 hpa (6.02 PSI) que es un aumento del 180.4 % frente a la condición normal

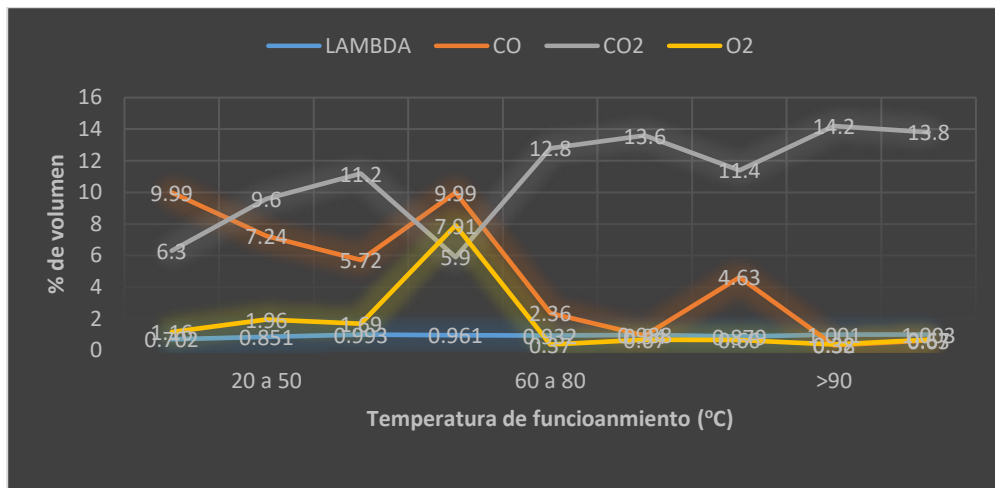
de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección es de 3ms presentando un aumento frente a los 2 ms en la condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 128 NOx (condición de falla low MAP vs condición normal)**

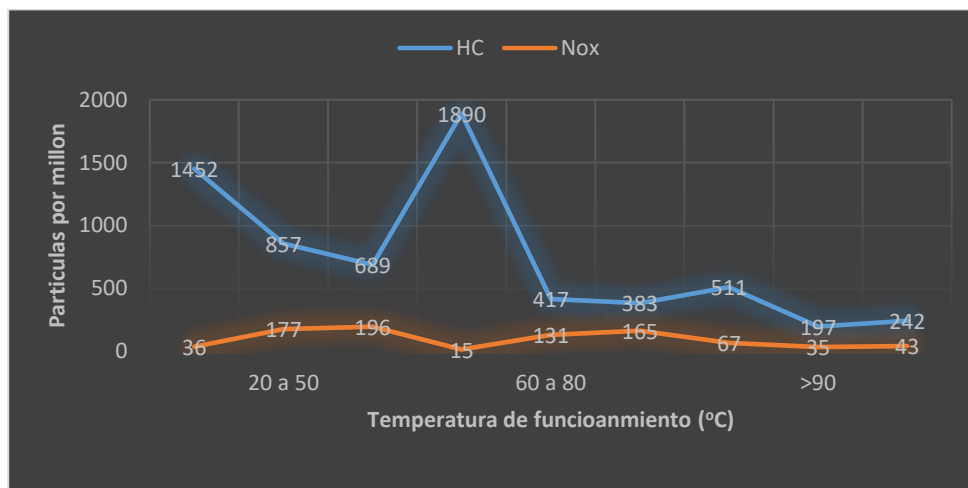
La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 196 ppm, con una diferencia de 597 ppm que es una disminución del 75.2 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 129 Gráfica de gases en % de volumen-DTC low sensor MAP**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 20 a 50 C° se evidencia un valor un valor de lambda de 0.993 lo que indica un enriquecimiento de la mezcla (mayor consumo de combustible), y una disminución del CO<sub>2</sub> al 11.2 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye 3.4 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 130 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAP**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 20 a 50 C° se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 196 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en MAP)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo en estado óptimo de funcionamiento, permiten establecer el valor de presión absoluta del colector con un factor lambda cercano a 1 que implica una mezcla ideal.

**Tabla 51**

**Tabla Presión absoluta del colector sin DTC.**

Temperatura	Factor lambda	Presión absoluta del colector
°C	$\Lambda$	hPa
20 a 50	1.009	240.2
60 a 80	0.998	256.0
>90	1.006	230.0

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.7$$

**Tabla 52**

**Resultados aire-combustible para fallas en MAP**

DTC	Temp (°C)	Lambda	Proporción AC		Presión absoluta colector		$\Delta P$ (%)
			Real	Teórico	Real (hPa)	Teórico (hPa)	
High	20 a 50	1.985	30.327	14.7	474.5	230	106.3
Low	>90	1.003	18.556	14.7	303.2	240.2	26.228

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles más altos de NOx permiten evidenciar que la estrategia adoptada por la ECU es empobrecer la mezcla aire-combustible lo cual es más notorio al existir un DTC HIGH, se puede apreciar un aumento de presión en el colector del 106.3%.



### c) Sensor CMP

Condición de falla alto (DTC HIGH, señal=5V) para sensor de posición del árbol de levas (CMP).

**Tabla 53**

#### Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC high CMP

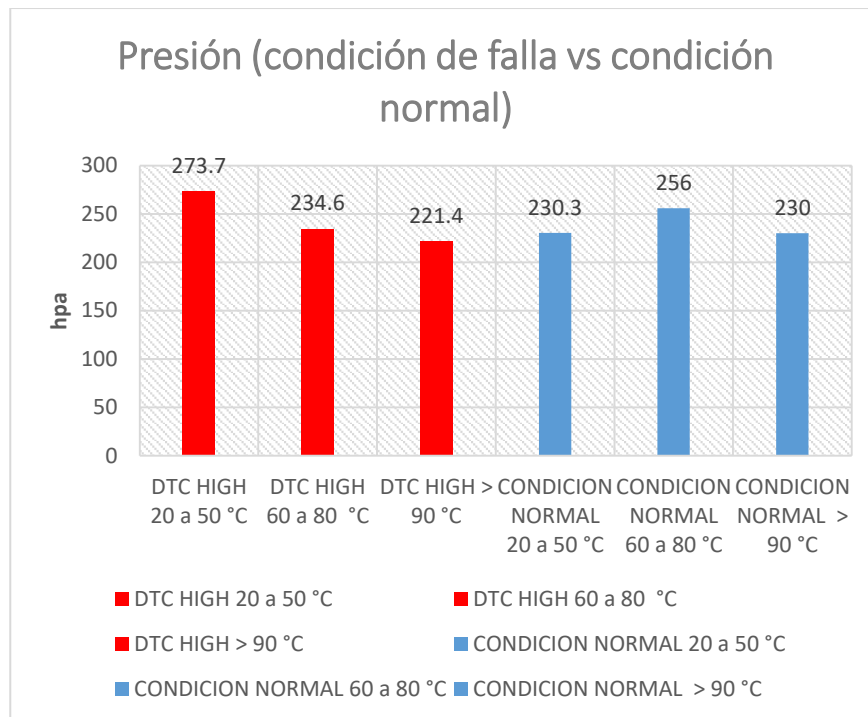
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
High	20 a 50	Ralentí	52.0	3.58	1.7	442.9	3	0.1	0
		2000	52.0	3.58	1.09	250.9	9	0.5	3
		4000	52.0	3.58	1.1	273.7	3	0.6	6
	60 a 80	Ralentí	52.0	3.58	1.0	262.8	2	0.1	0
		2000	52.0	3.58	0.8	213.0	2	0.5	2
		4000	52.0	3.58	0.9	234.6	2	0.6	5
	>90	Ralentí	52.0	3.58	1.4	343.6	2	0.1	0
		2000	52.0	3.58	0.8	217.3	2	0.5	2
		4000	52.0	3.58	0.9	221.4	2	0.6	5

**Tabla 54**

#### Datos obtenidos con Brain Bee –DTC high CMP

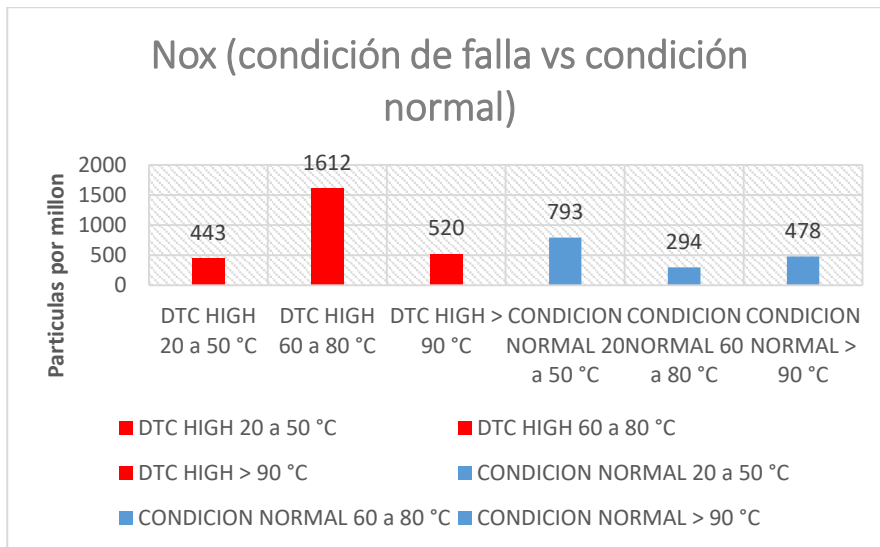
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBD	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)	(%Vol.)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)	
High	20 a 50	Ralentí	1.060	0.53	13.2	2.320	1.80	309
		2000	1.296	0.07	11.0	330	5.07	78
		4000	1.242	1.95	11.6	417	6.36	443
	60 a 80	Ralentí	1.023	0.64	13.2	253	1.07	187
		2000	1.014	0.80	13.2	234	0.98	573
		4000	1.051	0.58	13.4	161	9.52	1612
	>90	Ralentí	1.358	0.01	10.8	128	5.66	63
		2000	1.397	0.00	10.5	88	6.04	410
		4000	1.460	0.00	10.0	71	6.63	520

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 131 Presión (condición de falla high CMP vs condición normal)**

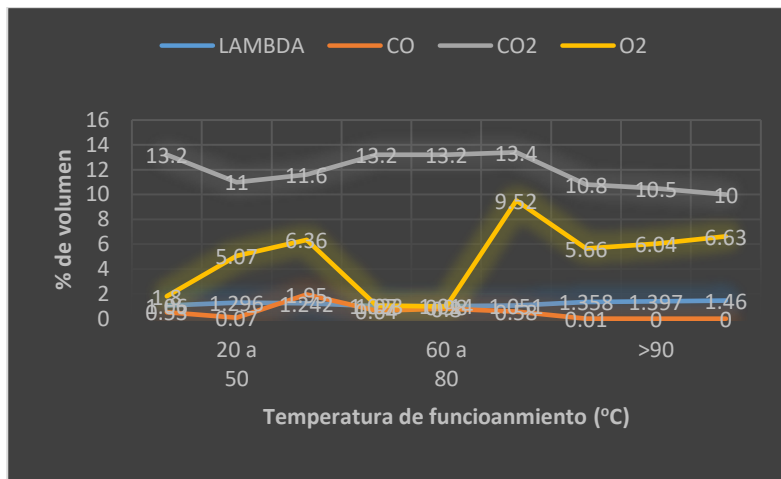
La máxima variación de presión en el colector en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 273.7 hpa (3.96 PSI) con una diferencia de 43.4 hpa (0.62 PSI) que es un aumento del 18.8 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 3 ms presentando un aumento frente a los 2 ms en condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 132 NOx (condición de falla high CMP vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 60 a 80 °C y es de 1612 ppm, con una diferencia de 819 ppm que es un aumento del 103.2 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

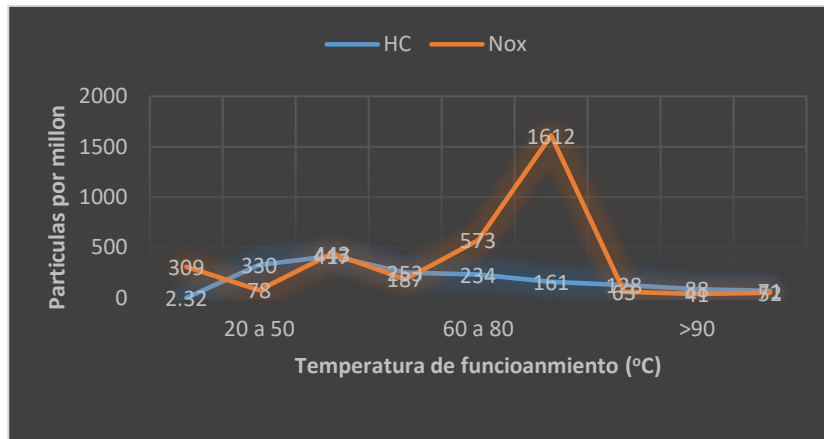
- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 133 Gráfica de gases en % de volumen-DTC high sensor CMP**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 60 a 80 C° se evidencia un valor un valor de lambda de 1.051 lo que indica una tendencia a

empobrecer la mezcla, y una disminución del CO<sub>2</sub> al 13.4 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye 1.2 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 134 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor CMP**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 60 a 80 C° se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 1612 ppm que es un valor que se sobrepasa frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos liviano.

Condición de falla bajo (DTC LOW señal=0V) para sensor de posición del árbol de levas (CMP).

**Tabla 55**

**Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC low CMP**

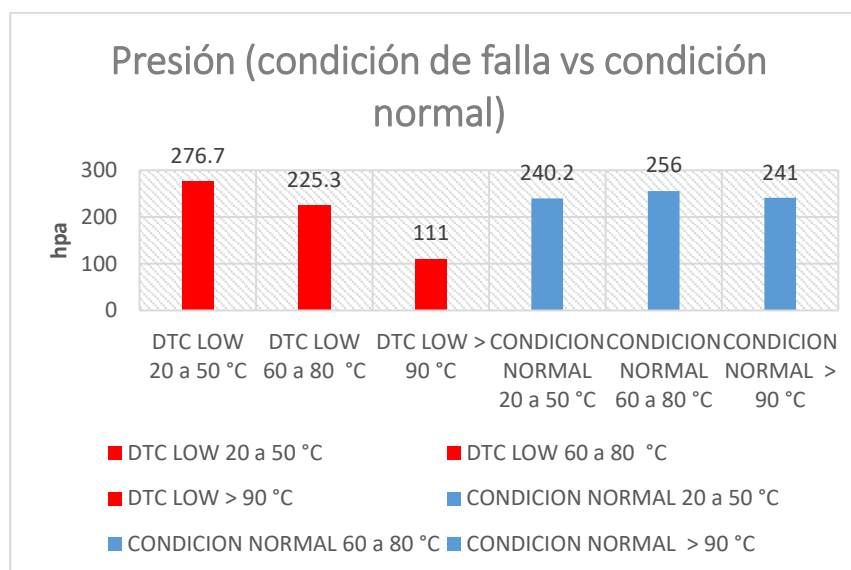
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN DE	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR		
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
Low	20 a 50	Ralentí	52.0	3.58	1.1	276.7	3	0.4	0
		2000	52.0	3.58	1.0	242.4	3	0.5	3
		4000	52.0	3.58	1.0	258.7	2	0.6	4
	60 a 80	Ralentí	52.0	3.58	1.2	298.4	3	0.4	0
		2000	52.0	3.58	0.9	223.5	2	0.5	2
		4000	52.0	3.58	0.8	225.3	2	0.6	5
	>90	Ralentí	52.0	3.58	1.0	254.8	2	0.4	0
		2000	52.0	3.58	0.8	111.0	2	0.5	1
		4000	52.0	3.58	0.9	216.6	2	0.6	4

Tabla 56

## Datos obtenidos con G-Scan2 –DTC low CMP

ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Low	20 a 50	Ralentí	1.676	1.03	10.3	495	12.2	330
		2000	1.199	3.38	11.0	336	6.60	241
		4000	1056	2.4	10.6	289	5.60	209
	60 a 80	Ralentí	1.008	0.59	13.6	213	0.71	38
		2000	1.079	0.64	13.5	169	2.14	322
		4000	1.178	0.51	13.6	163	4.05	889
	>90	Ralentí	1.187	0.24	11.5	58	3.33	170
		2000	1.030	0.21	14.3	45	0.80	290
		4000	1.002	0.03	14.5	13	0.08	157

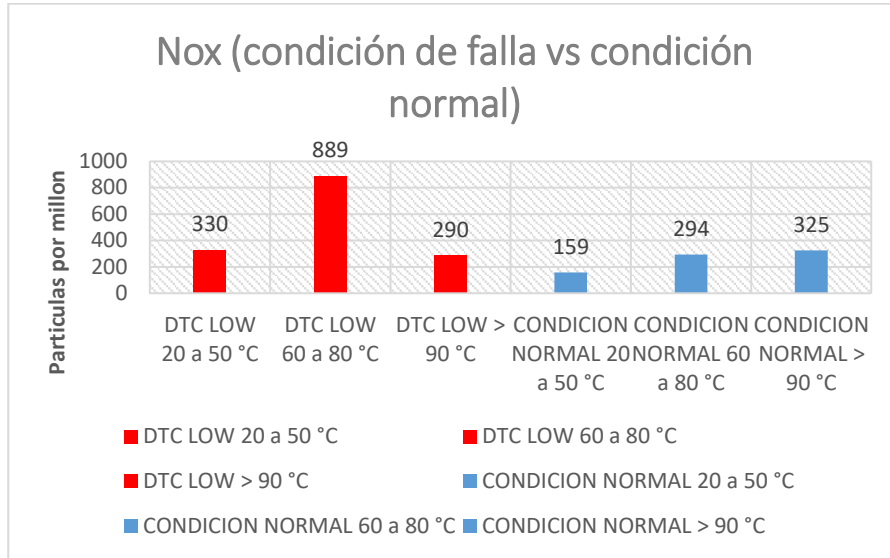
- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 135 Presión (condición de falla low CMP vs condición normal)**

La máxima variación de presión en el colector en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 276.7 hpa (4.013 PSI) con una diferencia de 36.5 hpa (0.52 PSI) que es un aumento del 15.1 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección permanece indiferente frente a la condición normal. La presión del sistema de alimentación de

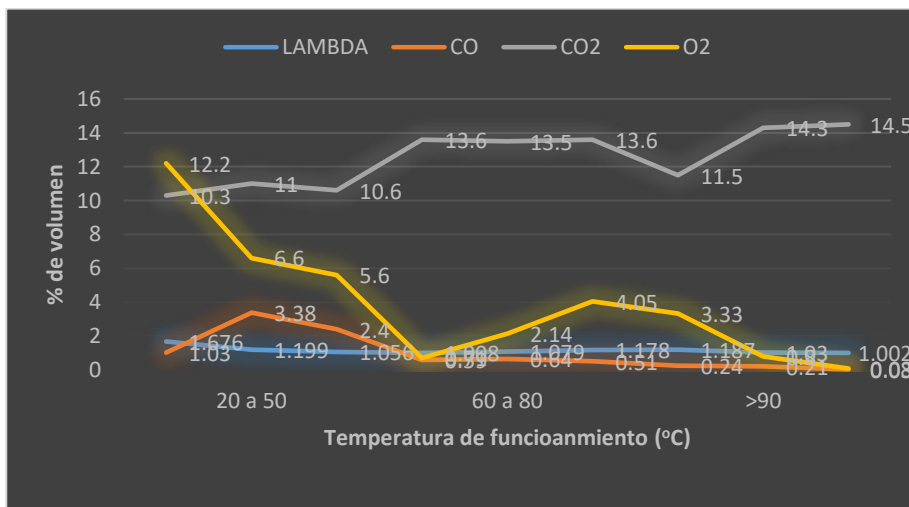
combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 136 NOx (condición de falla low CMP vs condición normal)**

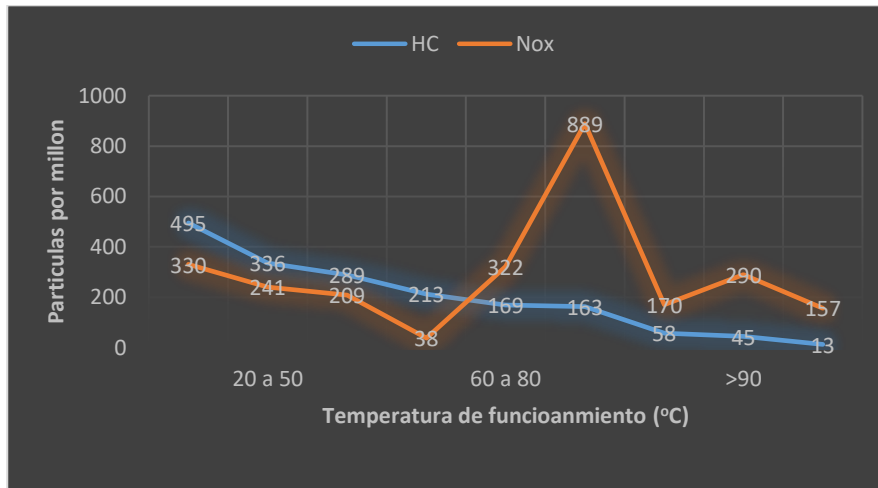
La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 60 a 80 °C y es de 889 ppm, con una diferencia de 594 ppm que es un aumento del 202.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos d nitrógeno)**



**Figura 137 Gráfica de gases en % de volumen-DTC low sensor CMP**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 60 a 80 C° se evidencia un valor de lambda de 1.178 lo que indica una tendencia a empobrecer la mezcla, y una disminución del CO2 al 13.6 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye 1 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 138 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor CMP**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura entre 60 a 80 C° se evidencia un valor NOx de 889 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de simulación para sensor de posición del árbol de levas (CMP).

**Tabla 57**

**Datos obtenidos con G-Scan2 – simulación CMP**

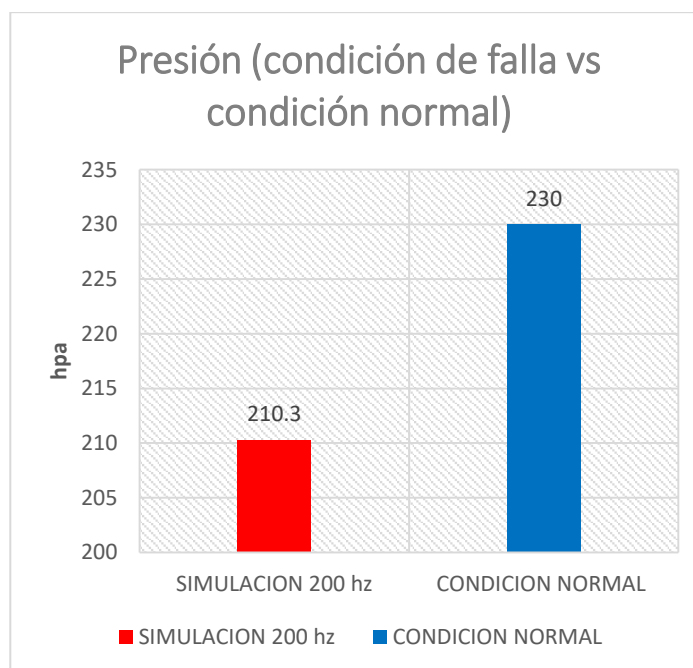
ESTADO	Valor simulación	REGIME N MOTOR	PRSIÓN SISTEMA	PRESIÓN ABSOLUT COLECTO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(Hz)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
Simulación	200	Ralentí	52.0	3.58	1.0	261.2	3	0.2	0
		2000	52.0	3.58	0.8	210.3	2	0.3	2
		4000	52.0	3.58	0.8	210.3	2	0.6	4

Tabla 58

## Datos obtenidos con Brain Bee – simulación CMP

ESTADO	Valor simulación	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(Hz)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Simulación	200	Ralentí	1.027	0.49	13.9	161	1.00	42
		2000	1.009	0.24	14.5	148	0.46	103
		4000	0.993	0.56	14.2	144	0.33	407

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**

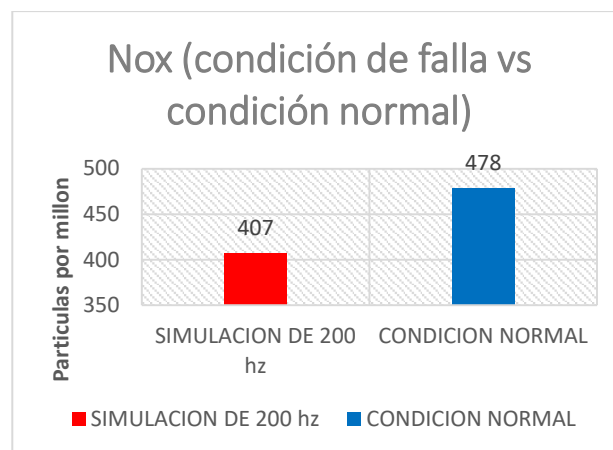


**Figura 139 Presión (condición de simulación CMP vs condición normal)**

Los datos obtenidos son cuando el motor está caliente, ya que es en este estado es en el cual el motor funciona la mayor parte del tiempo, la máxima variación de presión en el colector en estas condiciones se produce a una simulación de 210.3 hpa a 4000 RPM y es de 210.3 hpa (3.050 PSI) con una diferencia de 19.7 hpa (0.28 PSI) que es una disminución del 8.5 % frente a la condición normal a las mismas revoluciones. El tiempo de inyección permanece



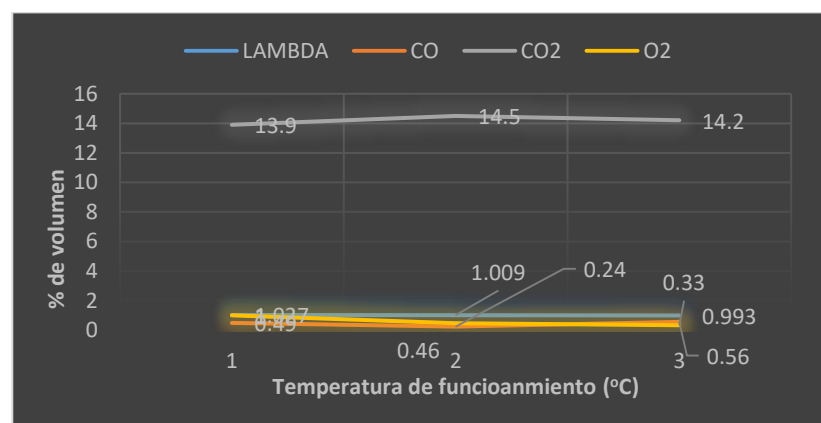
indistinto para los dos casos. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 140 NOx (condición de simulación CMP vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta condición se produce a una simulación de 200 hz y es de 407 ppm, con una diferencia de 71 ppm que es una disminución del 14.8 % frente a la condición normal.

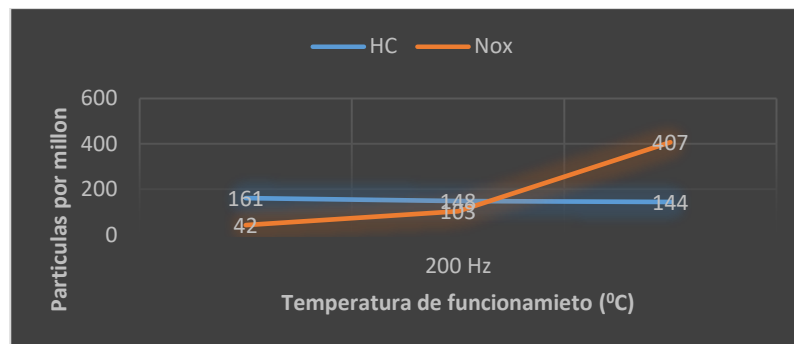
- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 141 Gráfica de gases en % de volumen-simulación sensor CMP**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura normal de funcionamiento se evidencia un valor de lambda de 0.993 lo que indica una

tendencia a enriquecer la mezcla, mientras que el CO<sub>2</sub> cuenta con 14.2 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye 0.4 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%. Donde se puede decir que no hay mayor variación frente a sus condiciones normales.



**Figura 142 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación sensor CMP**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura normal de funcionamiento se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 407 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en CMP)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo en estado óptimo de funcionamiento, permiten establecer el valor de presión absoluta del colector con un factor lambda cercano a 1 que implica una mezcla ideal.

**Tabla 59**

**Tabla Presión absoluta del colector sin DTC**

Temperatura	Factor lambda	Presión absoluta del colector
°C	$\Lambda$	hPa
20 a 50	1.009	240.2
60 a 80	0.998	256.0
>90	1.006	230.0

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.7$$

**Tabla 60**

**Resultados de aire-combustible para fallas en CMP**

DTC	Temp (°C)	Lambda	Proporción AC		Presión absoluta colector		ΔP (%)
			Real	Teórico	Real (hPa)	Teórico (hPa)	
High	60 a 80	1.051	14.994	14.7	234.6	230	2
Low	60 a 80	1.178	13.788	14.7	225.3	240.2	-6.203
Simulac	>90 (200Hz)	0.993	13.447	14.7	210.4	230	-8.522

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles más altos de NOx permiten evidenciar que la estrategia adoptada por la ECU según la presión absoluta del colector es: empobrecer la mezcla aire-combustible en el DTC HIGH evidenciando un aumento de 2%, mientras que enriquece la mezcla para DTC LOW y Simulación (200Hz) con un 6.203% y un 8.522% respectivamente.

**d) Inyector**

Condición de falla desconectado el inyector

**Tabla 61**

**Datos obtenidos con G-Scan2- desconectado inyector**

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA ALIMENTACIÓN	PRSIÓN DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA COLECTO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V) (hPa)	(ms)	(V) (%)
desconectado	20 a 50	Ralentí	52.5	3.61	1.5 363.7	3	0.1 0
		2000	52.5	3.61	1.3 318.3	3	0.6 7.6
		4000	52.5	3.61	1.1 295.2	3	0.6 8
	60 a 80	Ralentí	52.5	3.61	1.4 356.1	3	0.1 0
		2000	52.5	3.61	1.1 278.2	3	0.3 5
		4000	52.5	3.61	1.1 286.9	3	0.6 7
	>90	Ralentí	52.5	3.61	1.4 353.9	2	0.1 0
		2000	52.5	3.61	1.0 272.5	2	0.3 3
		4000	52.5	3.61	1.1 266.9	2	0.5 6

Tabla 62

Datos obtenidos con Brain Bee- desconectado inyector

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Desconectado	20 a 50	Ralentí	1.593	1.57	8.8	431	10.3	657
		2000	1.444	0.39	9.5	395	6.98	1238
		4000	1.437	0.13	9.8	283	6.60	1528
	60 a 80	Ralentí	3.670	0.02	4.4	191	17.4	22
		2000	2.892	0.49	5.8	238	17.8	326
		4000	2.012	0.03	7.1	351	10.8	60
	>90	Ralentí	2.060	0.01	7.0	203	10.9	59
		2000	2.084	0.01	6.9	189	11.0	62
		4000	1.94	0.01	7.7	121	10.6	172

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**

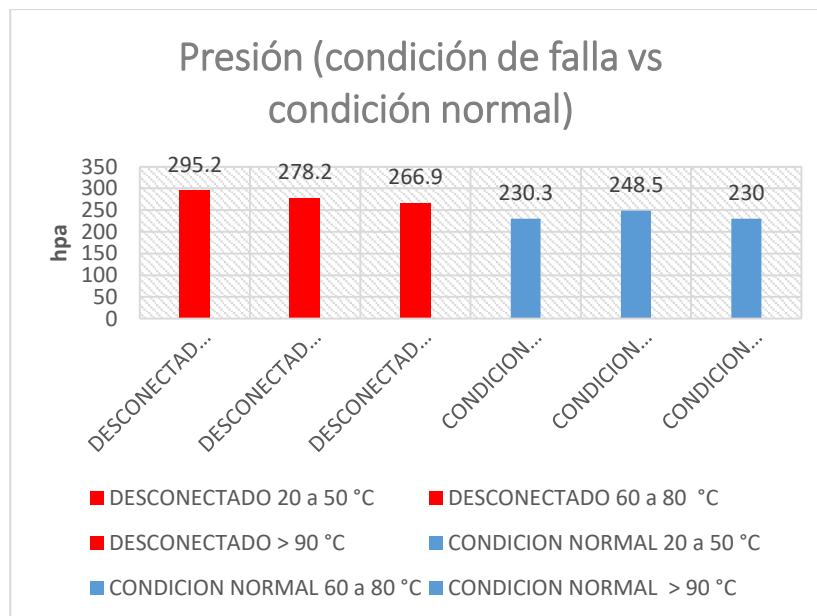
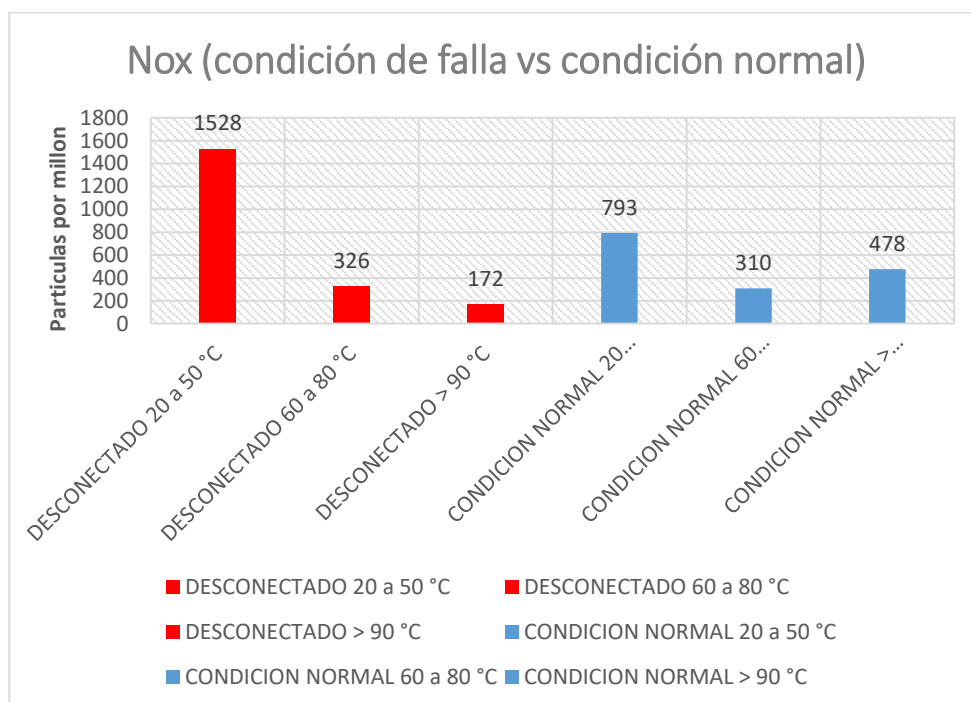


Figura 143 Presión (condición de falla inyector desconectado vs condición normal)

La máxima variación de presión en el colector en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 295.2 hpa (4.28 PSI) con una diferencia de

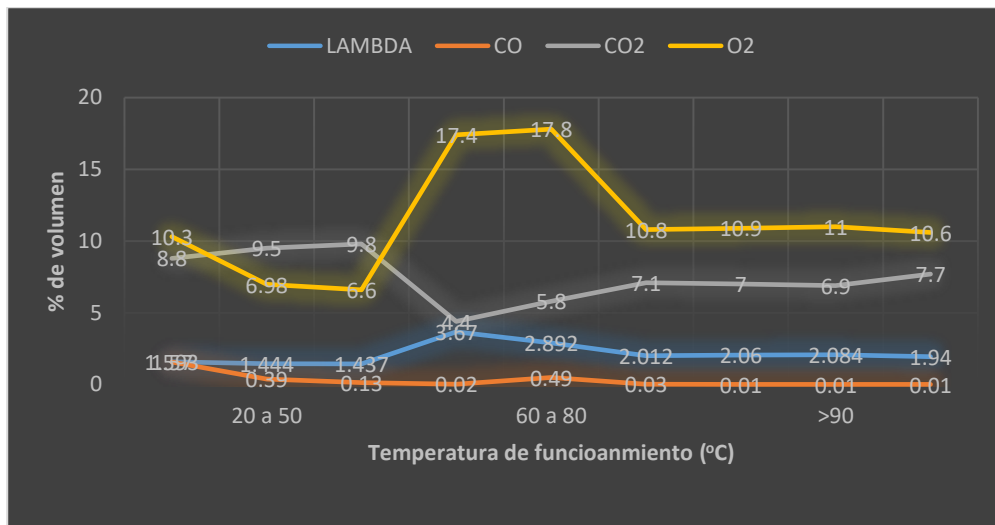
65.2 hpa (0.94 PSI) que es un aumento del 28.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección es esta condición es de 3 ms presentando un aumento frente a los 2 ms en condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 144 NOx (condición de falla inyector desconectado vs condición normal)**

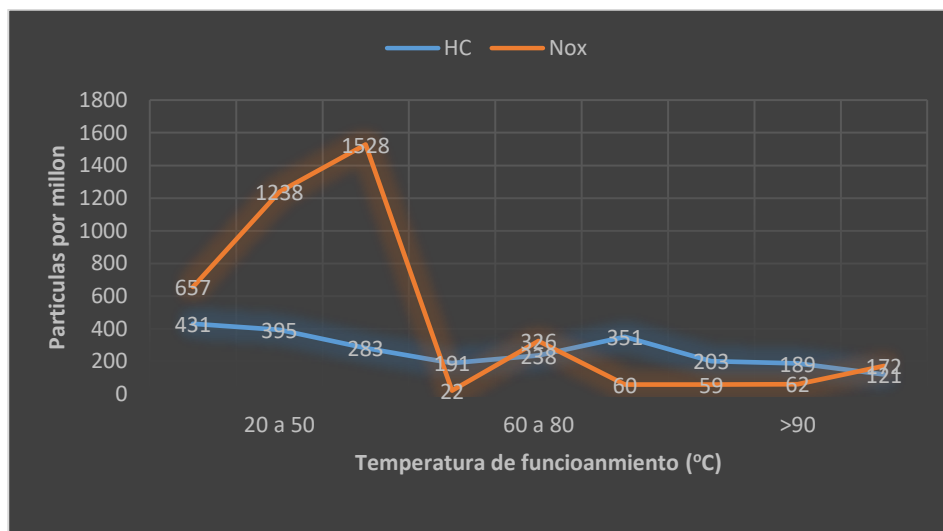
La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 50 °C y es de 1528 ppm, con una diferencia de 735 ppm que es un aumento del 92.6 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos d nitrógeno)**



**Figura 145 Gráfica de gases en % de volumen-inyector desconectado**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura baja se evidencia un valor de lambda de 1.437 lo que indica una mezcla pobre, mientras que el CO<sub>2</sub> cuenta con 9.8 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye en 4.8 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 146 Gráfica de gases en partículas por millón- inyector desconectado**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura baja se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 1528 ppm que es un valor elevado causante de la formación de ácidos en el sistema de escape y en el ambiente, además sobrepasa el máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en inyector)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo en estado óptimo de funcionamiento, permiten establecer el valor de presión absoluta del colector con un factor lambda cercano a 1 que implica una mezcla ideal.

**Tabla 63**

**Tabla Presión absoluta del colector sin falla en inyector**

Temperatura	Factor lambda	Presión absoluta del colector
°C	$\lambda$	HPa
20 a 50	1.009	240.2
60 a 80	0.998	256.0
>90	1.006	230.0

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.7$$

**Tabla 64**

**Resultados de aire-combustible para fallas en inyector**

DTC	Temp (°C)	Lambda	Proporción A/C		Presión absoluta colector		$\Delta P$ (%)
			Real	Teórico	Real (hPa)	Teórico (hPa)	
DESCO	20 a 50	1.437	18.867	14.7	295.2	230	28.348
NECTA	60 a 80	2.012	17.558	14.7	286.9	240.2	19.442
DO	>90	1.94	17.058	14.7	266.9	230	16.043

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles más altos de NOx permiten evidenciar que la estrategia adoptada por la ECU es empobrecer la mezcla aire-combustible lo cual es más notorio a temperatura baja, se puede apreciar un aumento de presión en el colector del 28.348% al pasar de 230hPa a 295.2hPa.

### e) Sensor WTC

Condición de falla en sensor de temperatura del refrigerante (WTC)

**Tabla 65**

#### Datos obtenidos con G-Scan2-desconectado sensor WTC

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA ALIMENTACIÓN	DE PRESIÓN	PRESIÓN ABSOLUT COLECTR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR		
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
Desconectado	>90	Ralentí	52.0	3.58	0.9	240.5	2	0.1	0
		2000	52.0	3.58	0.8	202.3	2	0.3	2
		4000	52.0	3.58	0.8	214.8	2	0.4	5

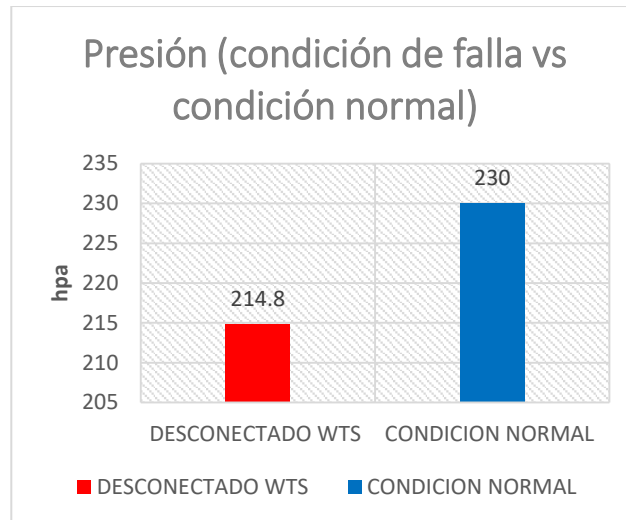
**Tabla 66**

#### Datos obtenidos con Brain Bee-desconectado sensor WTC

ESTADO	TEMPERATURA	REGIM	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Desconectado	>90	Ralentí	1.055	0.14	14.2	108	1.30	82
		2000	0.992	0.23	14.4	85	0.05	225
		4000	0.992	0.37	14.4	80	0.14	627

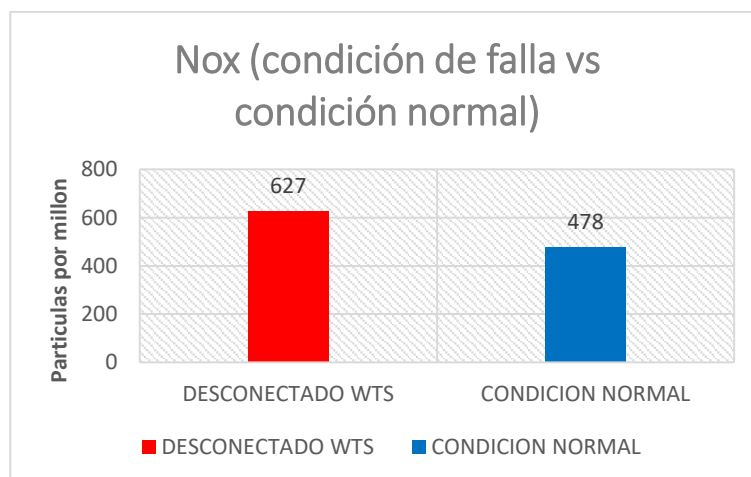


- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 147 Presión (condición de falla en sensor WTC vs condición normal)**

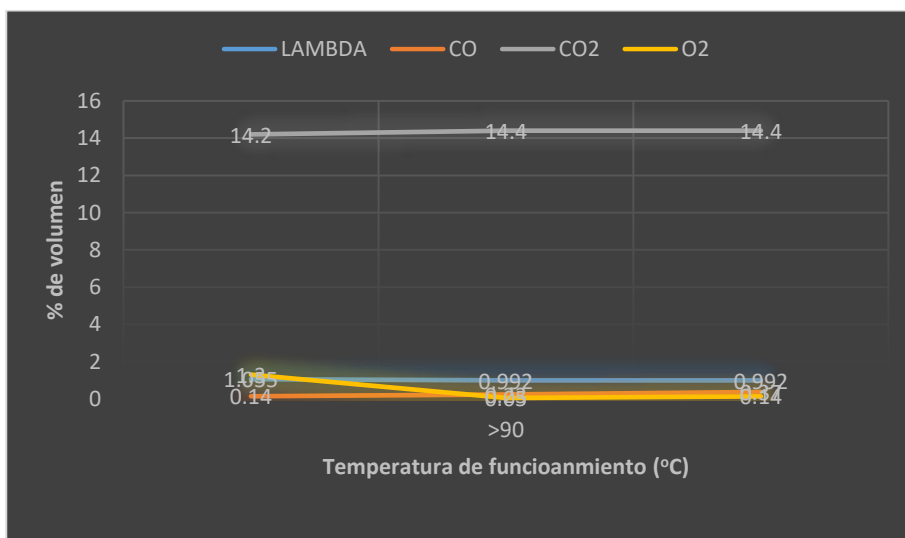
Los datos obtenidos son cuando el motor está caliente, ya que es en este estado es en el cual el motor funciona la mayor parte del tiempo, la máxima variación de presión en el colector en esta condición a 4000 RPM es de 214.8 hpa (3.11 PSI) con una diferencia de 15.2 hpa (0.22 PSI) que es una disminución del 6.6 % frente a la condición normal a las mismas revoluciones. El tiempo de inyección permanece indistinto en comparación para su condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 148 NOx (condición de simulación WTC vs condición normal)**

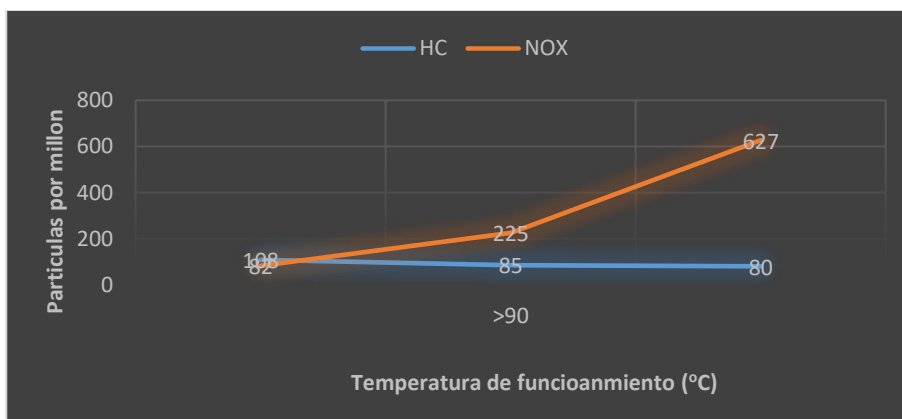
La máxima variación de NOx en esta condición se produce a 4000 RPM y es de 627 ppm, con una diferencia de 149 ppm que es un aumento del 31.1 % frente a la condición normal.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 149 Gráfica de gases en % de volumen-desconectado WTC**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura alta se evidencia un valor de lambda de 0.992 lo que indica una tendencia a mezcla rica, mientras que el CO<sub>2</sub> cuenta con 14.4 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye en 0.2 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 150 Gráfica de gases en partículas por millón- desconectado WTC**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura alta se evidencia un valor NOx de 627 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor WTC)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo en estado óptimo de funcionamiento, permiten establecer el valor de presión absoluta del colector con un factor lambda cercano a 1 que implica una mezcla ideal.

**Tabla 67**

**Tabla Presión absoluta del colector sin DTC en sensor.**

Temperatura	Factor lambda	Presión absoluta del colector
°C	$\Lambda$	hPa
20 a 50	1.009	240.2
60 a 80	0.998	256.0
>90	1.006	230.0

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.7$$

**Tabla 68**

**Resultados de aire-combustible para fallas en sensor WTC**

DTC	Temp (°C)	Lambda	Proporción A/C		Presión absoluta colector		$\Delta P$ (%)
			Real	Teórico	Real (hPa)	Teórico (hPa)	
DESCONECTADO	>90	0.992	13.729	14.7	214.8	230	-6.609

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles más altos de NOx permiten evidenciar que la estrategia adoptada por la ECU es enriquecer la

mezcla aire-combustible lo cual es más notorio a temperatura alta, se puede apreciar un aumento de presión en el colector del 6.609% al pasar de 230hPa a 214.8hPa.

### 4.1.3 Pruebas en condiciones de falla combinada entre sensores e inyector

#### a) Sensor CMP-Inyector

Condición de falla en el sensor CMP e inyector desconectado

**Tabla 69**

#### Datos obtenidos con G-Scan2 falla sensor CMP-inyector

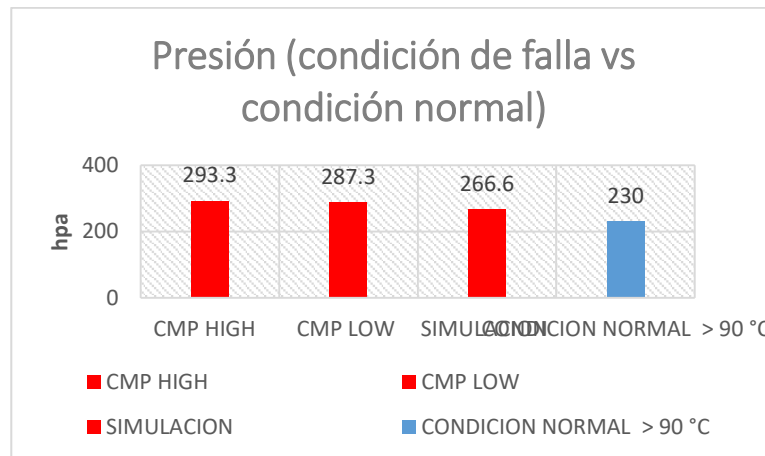
ESTADO	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA ALIMENTACIÓN	DE PRESIÓN COLECTOR	PRESIÓN ABSOLUTA	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR		
DTC	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
<b>HIGHT CMP</b>	Ralentí	52.5	3.61	1.5	378.1	4	0.2	0
	2000	52.5	3.61	1.2	293.3	3	0.6	5
	4000	52.5	3.61	1.1	286.1	3	0.7	7
<b>LOW CMP</b>	Ralentí	52.5	3.61	1.4	351.0	4	0.2	0
	2000	52.5	3.61	1.1	277.7	3	0.3	4
	4000	52.5	3.61	1.1	287.3	3	0.7	7
<b>SIMULACIÓN</b>	Ralentí	52.5	3.61	1.2	308.8	3	0.2	0
<b>CMP (200Hz)</b>	2000	52.5	3.61	1.0	253.4	2	0.3	3
	4000	52.5	3.61	1.0	266.6	3	0.7	7

**Tabla 70**

#### Datos obtenidos con Brain Bee falla sensor CMP-inyector

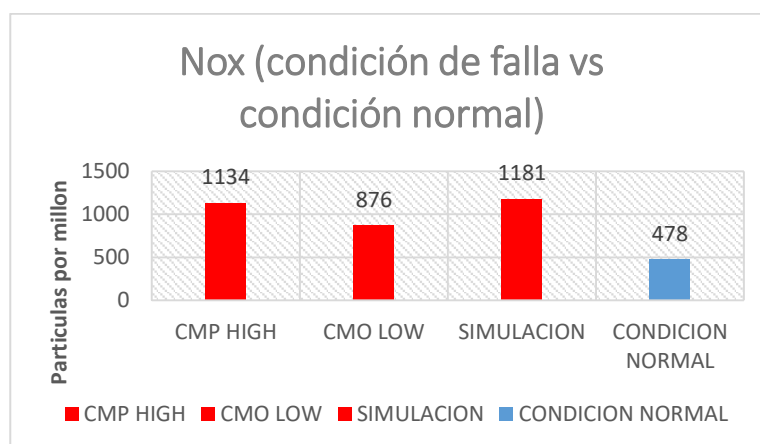
ESTADO	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
<b>HIGHT CMP</b>	Ralentí	2.155	2.17	6.6	323	16.4	458
	2000	1.405	1.17	9.6	316	7.33	1032
	4000	1.352	0.01	10.5	59	5.34	1134
<b>LOW CMP</b>	Ralentí	1.340	1.57	9.5	407	6.82	771
	2000	1.381	0.32	11.0	171	6.54	885
	4000	1.340	0.01	10.8	62	5.30	876
<b>IMULACIÓN</b>	Ralentí	1.459	0.01	10.0	19	6.57	647
<b>CMP (200Hz)</b>	2000	1.423	0.01	10.2	28	6.18	836
	4000	1.376	0.03	11.1	76	6.06	1181

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno).**



**Figura 151 Presión a 4000 rpm (condición de falla en sensor CMP e inyector desconectado vs condición normal)**

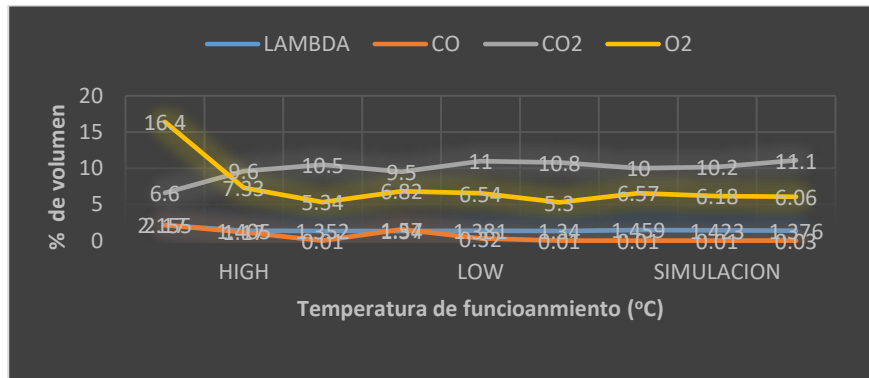
Los datos obtenidos son cuando el motor está caliente, ya que es en este estado es en el cual el motor funciona la mayor parte del tiempo, la máxima variación de presión en el colector en esta falla se produce en un DTC HIGH y es de 293.3 hpa (4.25 PSI) con una diferencia de 63.3 hpa (0.91 PSI) que es un aumento del 27.5 % frente a la condición normal de funcionamiento. El tiempo de inyección en esta condición es de 3 ms presentando un aumento frente a los 2 ms en condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 152 NOx (condición de falla en sensor CMP e inyector desconectado vs condición normal)**

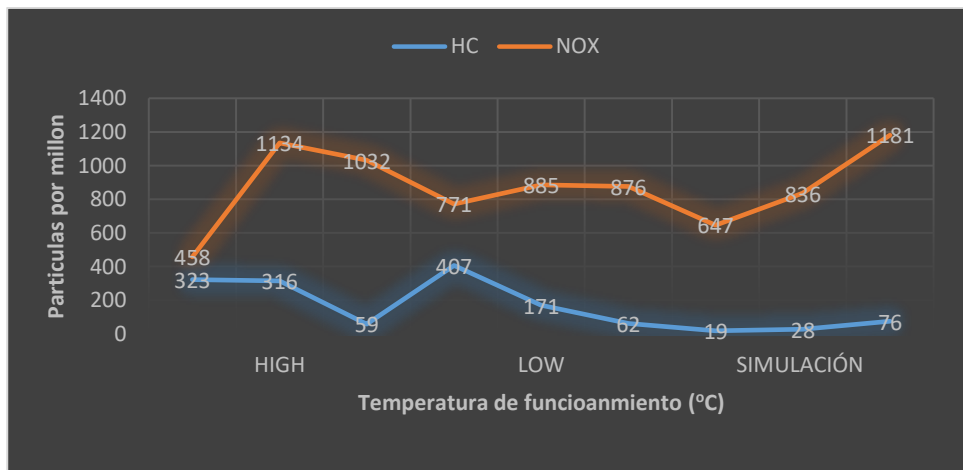
La máxima variación de NOx en esta falla se produce en la condición de simulación y es de 1181 ppm, con una diferencia de 703 ppm que es un aumento del 147 % frente a la condición normal de funcionamiento.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 153 Gráfica de gases en % de volumen- falla en sensor CMP e inyector desconectado**

En los gases de escape a 4000 rpm y cuando existe una condición de simulación en el sensor se evidencia un valor de lambda de 1.376 lo que indica una tendencia a mezcla pobre, mientras que el CO<sub>2</sub> cuenta con 11.1 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye en 3.5 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 154 Gráfica de gases en partículas por millón- falla en sensor CMP e inyector desconectado**

En los gases de escape a 4000 rpm y cuando existe una condición de simulación en el sensor se evidencia un valor NOx de 1181 ppm que es un valor

aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor CMP e inyector desconectado)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo en estado óptimo de funcionamiento, permiten establecer el valor de presión absoluta del colector con un factor lambda cercano a 1 que implica una mezcla ideal.

**Tabla 71**

**Tabla Presión absoluta del colector sin falla en sensor CMP.**

Temperatura	Factor lambda	Presión absoluta del colector
°C	$\Lambda$	hPa
20 a 50	1.009	240.2
60 a 80	0.998	256.0
>90	1.006	230.0

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.7$$

**Tabla 72**

**Resultados de aire-combustible falla en sensor CMP e inyector**

DTC	Temp (°C)	Lambda	Proporción A/C		Presión absoluta colector		$\Delta P$ (%)
			Real	Teórico	Real (hPa)	Teórico (hPa)	
High	>90	1.405	18.746	14.7	293.3	230	27.522
Low	>90	1.381	16.995	14.7	277.7	240.2	15.612
Simulac	>90	1.376	17.039	14.7	266.6	230	15.913

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles más altos de NOx permiten evidenciar que la estrategia adoptada por la ECU es empobrecer la mezcla aire-combustible lo cual es más notorio al existir un DTC HIGH, se puede apreciar un aumento de presión en el colector del 27.522% al pasar de 230hPa a 293.3hPa.

## b) Sensor MAP-Inyector

Condición de falla sensor MAP e Inyector desconectado

**Tabla 73**  
**Datos obtenidos con G-Scan2 falla sensor MAP-inyector**

ESTADO	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR
DTC	(RPM)	(PSI) (Bar)	(V) (hPa)	(ms)	(V) (%)
HIGH MAP	Ralentí	52.5 3.61	5.0 713.4	8	0.2 0
	2000	52.5 3.61	5.0 538.6	6	0.3 3
	4000	52.5 3.61	5.0 426.7	4	0.8 9
LOW MAP	Ralentí	52.5 3.61	4.0 410.8	5	0.1 0
	2000	52.5 3.61	4.5 400.0	6	0.4 3
	4000	52.5 3.61	5.0 540.6	4	0.5 5
SIMULACIÓN	Ralentí	52.5 3.61	4.0 480.6	4	0.2 0
MAP	2000	52.5 3.61	4.0 417.3	4	0.5 5
	4000	52.5 3.61	4.2 402.4	4	0.5 5

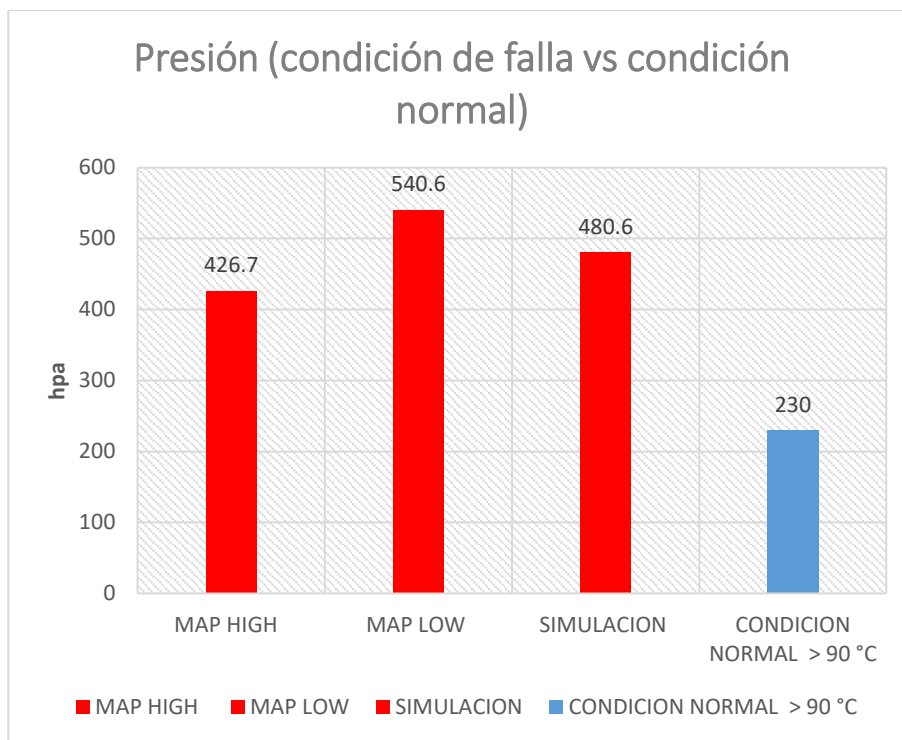
**Tabla 74**

**Datos obtenidos con Brain Bee falla sensor MAP-inyector**

ESTADO	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(RPM)	(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)	
HIGH MAP	Ralentí	0.867	9.99	4.6	9.32	5.33	130
	2000	0.992	2.23	4.7	706	5.56	88
	4000	0.827	5.78	10.8	512	0.12	324
LOW MAP	Ralentí	0.907	2.15	6.0	440	2.84	258
	2000	0.820	2.58	7.2	270	3.01	363
	4000	0.921	6.68	11.2	356	1.53	562
SIMULACIÓN	Ralentí	0.911	5.00	4.3	250	8.03	290
MAP	2000	0.809	6.00	5.9	390	6.20	89
	4000	0.846	8.01	10.0	212	3.41	116

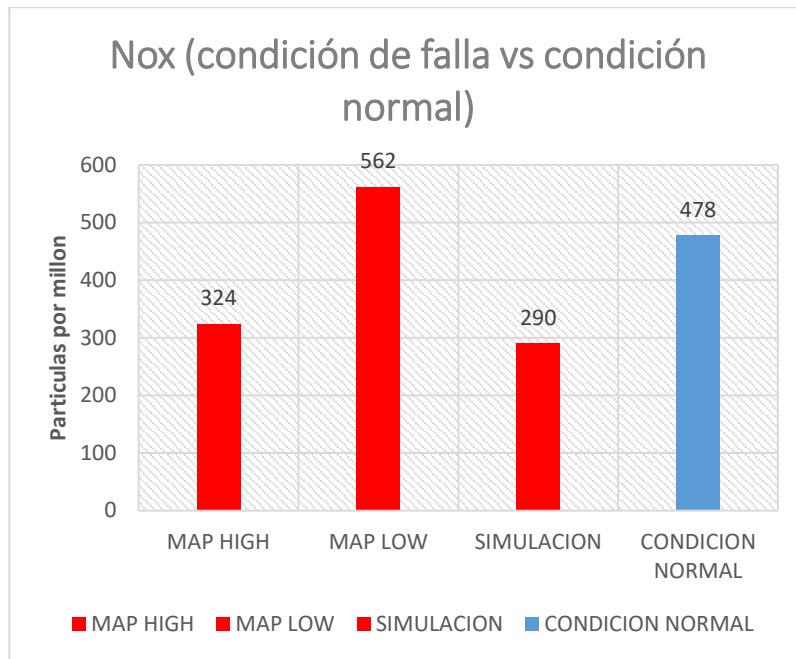


- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 155 Presión (condición de falla en sensor MAP e inyector desconectado vs condición normal)**

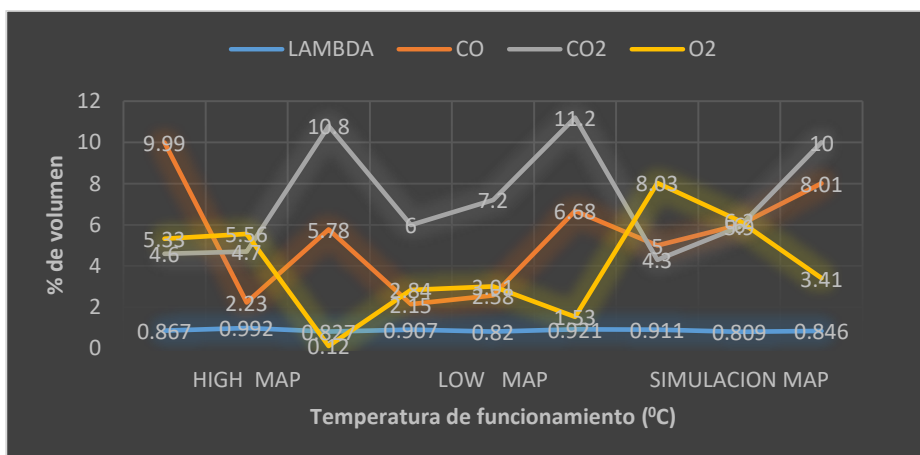
Los datos obtenidos son cuando el motor está caliente, ya que es en este estado es en el cual el motor funciona la mayor parte del tiempo, la máxima variación de presión en el colector en esta falla se produce en un DTC LOW y es de 540.6 hpa (7.84 PSI) con una diferencia de 310.6 hpa (4.50 PSI) que es un aumento del 135 % frente a la condición normal de funcionamiento. El tiempo de inyección es esta condición es de 4 ms presentando un aumento frente a los 2 ms en condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 156 NOx (condición de falla en sensor MAP e inyector desconectado vs condición normal)**

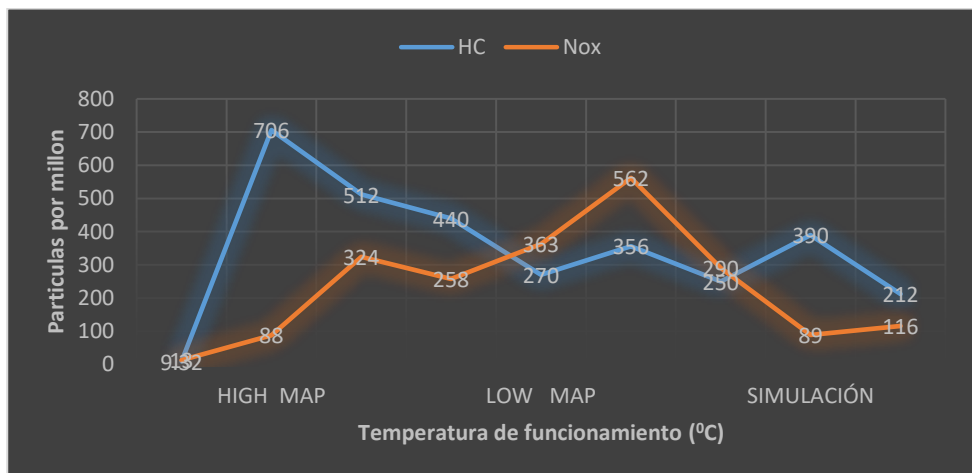
La máxima variación de NOx en esta falla se produce en la condición de DTC LOW y es de 562 ppm, con una diferencia de 84 ppm que es un aumento del 17.57% frente a la condición normal de funcionamiento.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 157 Gráfica de gases en % de volumen- falla en sensor MAP e inyector desconectado**

En los gases de escape a 4000 rpm y cuando existe una condición de DTC Low en el sensor se evidencia un valor de lambda de 0.921 lo que indica una tendencia a mezcla rica, mientras que el CO<sub>2</sub> cuenta con 11.2 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye en 3.4 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 158 Gráfica de gases en partículas por millón- falla en sensor MAP e inyector desconectado**

En los gases de escape a 4000 rpm y cuando existe una condición de DTC Low en el sensor se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 562 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos, con

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor MAP e inyector desconectado)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo en estado óptimo de funcionamiento, permiten establecer el valor de presión absoluta del colector con un factor lambda cercano a 1 que implica una mezcla ideal.

Tabla 75

## Tabla Presión absoluta del colector sin falla en sensor MAP

Temperatura	Factor lambda	Presión absoluta del colector
°C	$\Lambda$	hPa
20 a 50	1.009	240.2
60 a 80	0.998	256.0
>90	1.006	230.0

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.7$$

Tabla 76

## Resultados de aire-combustible falla en MAP e inyector

DTC	Temp (°C)	Lambda	Proporción A/C		Presión absoluta colector		$\Delta P$ (%)
			Real	Teórico	Real (hPa)	Teórico (hPa)	
High	>90	0.827	27.272	14.7	426.7	230	85.522

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles más altos de NOx permiten evidenciar que la estrategia adoptada por la ECU es enriquecer la mezcla aire-combustible lo cual es más notorio al existir un DTC HIGH, se puede apreciar una disminución de presión en el colector del 85.522% al pasar de 230hPa a 426.7hPa.

## c) Sensor WTC-Inyector

Condición de falla en sensor WTC e inyector desconectado

Tabla 77

## Datos obtenidos con G-Scan2- falla en WTC-inyector

ESTADO	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
HIGH WTC	Ralentí	52.5	3.61	1.4	345.7	3	0.1	0
	2000	52.5	3.61	0.8	228.7	2	0.3	3
	4000	52.5	3.61	1.1	265.0	2	0.5	7

Tabla 78

## Datos obtenidos con Brain Bee-falla en WTC-inyector

ESTADO	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
HIGH	Ralentí	1.450	0.01	10.0	23	6.45	600
	2000	1.490	0.01	9.9	33	6.99	659
	4000	1.357	0.02	10.9	47	5.92	1186

- Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)

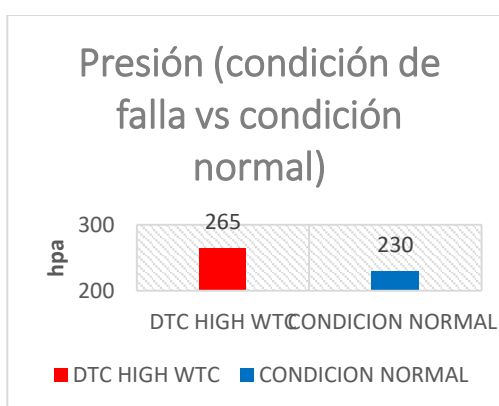
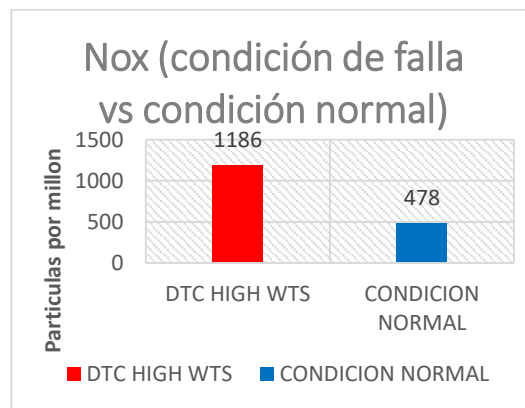


Figura 159 Presión (condición de falla en sensor WTC e inyector desconectado vs condición normal)

Los datos obtenidos son cuando el motor está caliente, ya que es en este estado es en el cual el motor funciona la mayor parte del tiempo, la máxima

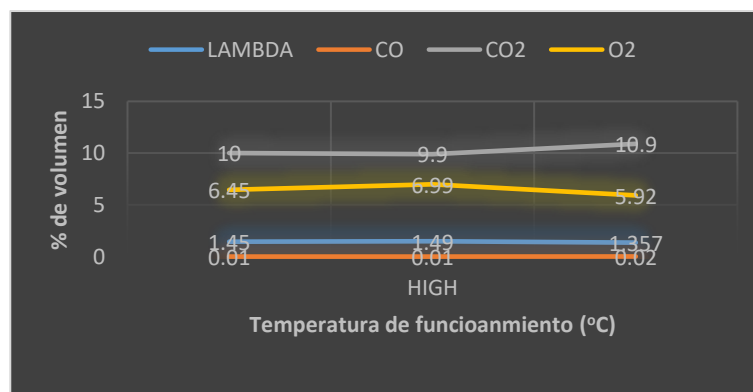
variación de presión en el colector en esta condición a 4000 RPM es de 265 hpa (3.84 PSI) con una diferencia de 35 hpa (0.50 PSI) que es un aumento del 15.2 % frente a la condición normal a las mismas revoluciones. El tiempo de inyección permanece indistinto en comparación para su condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 160 NOx (condición de falla en WTC e inyector desconectado vs condición normal)**

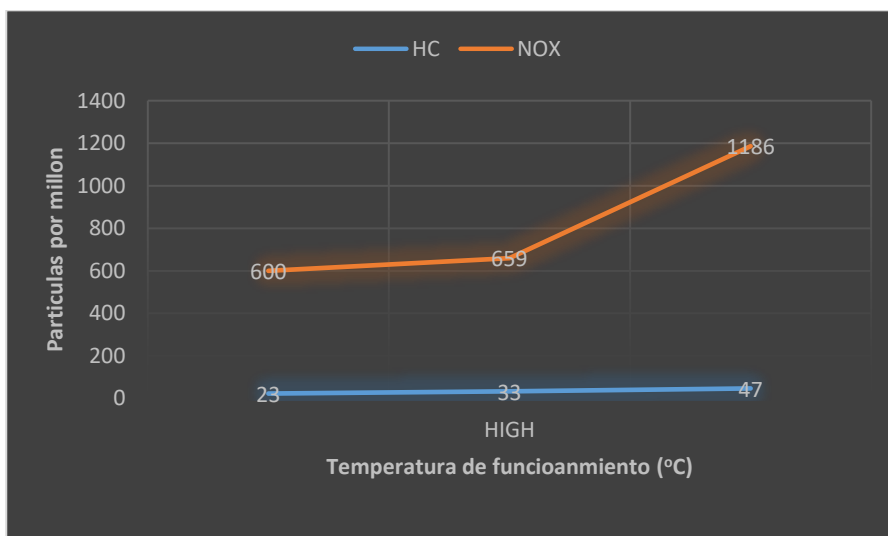
La máxima variación de NOx en esta condición se produce a 4000 RPM y es de 1186 ppm, con una diferencia de 708 ppm que es un aumento del 148.1 % frente a la condición normal.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 161 Gráfica de gases en % de volumen- falla en sensor WTC e inyector desconectado**

En los gases de escape a 4000 rpm y cuando existe una condición de DTC high en el sensor se evidencia un valor de lambda de 1.357 lo que indica una tendencia a mezcla pobre, mientras que el CO<sub>2</sub> cuenta con 10.9 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye en 3.7 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 162 Gráfica de gases en partículas por millón- falla en sensor WTC e inyector desconectado**

En los gases de escape a 4000 rpm y cuando existe una condición de DTC high en el sensor se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 1186 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor WTC e inyector desconectado)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo en estado óptimo de funcionamiento, permiten establecer el valor de presión absoluta del colector con un factor lambda cercano a 1 que implica una mezcla ideal.

Tabla 79

## Tabla Presión absoluta del colector, sin falla en WTC

Temperatura	Factor lambda	Presión absoluta del colector
°C	$\Lambda$	hPa
20 a 50	1.009	240.2
60 a 80	0.998	256.0
>90	1.006	230.0

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.7$$

Tabla 80

## Resultados de aire-combustible para fallas en WTC e inyector

DTC	Temp (°C)	Lambda	Proporción AC		Presión absoluta colector		$\Delta P$ (%)
			Real	Teórico	Real (hPa)	Teórico (hPa)	
High	>90	1.357	16.937	14.7	265	230	15.217

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles más altos de NOx permiten evidenciar que la estrategia adoptada por la ECU es empobrecer la mezcla aire-combustible lo cual es más notorio al existir un DTC HIGH, se puede apreciar un aumento de presión en el colector del 15.217% al pasar de 230hPa a 265hPa.

## d) Sensor TPS-Inyector

Condición de simulación en sensor TPS e inyector desconectado



Tabla 81

## Datos obtenidos con G-Scan2- simulación en TPS-inyector

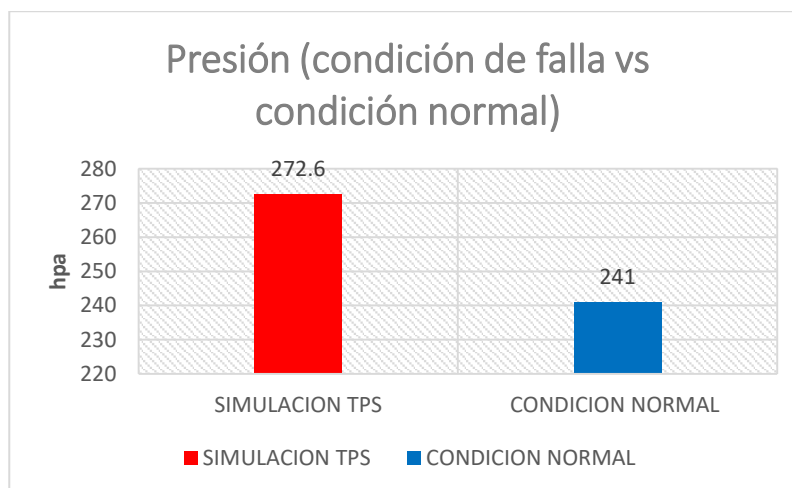
ESTADO	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
<b>SIMULACIÓN</b>	2000	52.5	3.61	1.0	272.6	2	0.3	4
<b>TPS (0.3)</b>	4000	52.5	3.61	1.1	281.4	3	0.4	5

Tabla 82

## Datos obtenidos con Brain Bee-simulación en TPS-inyector

ESTADO	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(RPM)	(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)	
<b>SIMULACIÓN</b>	2000	1.488	0.28	9.7	210	7.37	1444
<b>TPS (0.3)</b>	4000	1.233	0.01	11.6	68	3.92	1409

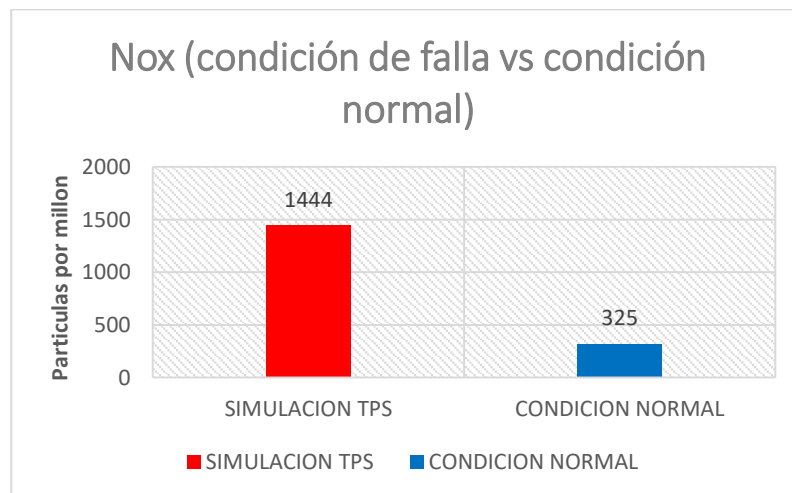
- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 163 Presión (condición de simulación en sensor TPS e inyector desconectado vs condición normal)**

Los datos obtenidos son cuando el motor está caliente, ya que es en este estado es en el cual el motor funciona la mayor parte del tiempo cuando se

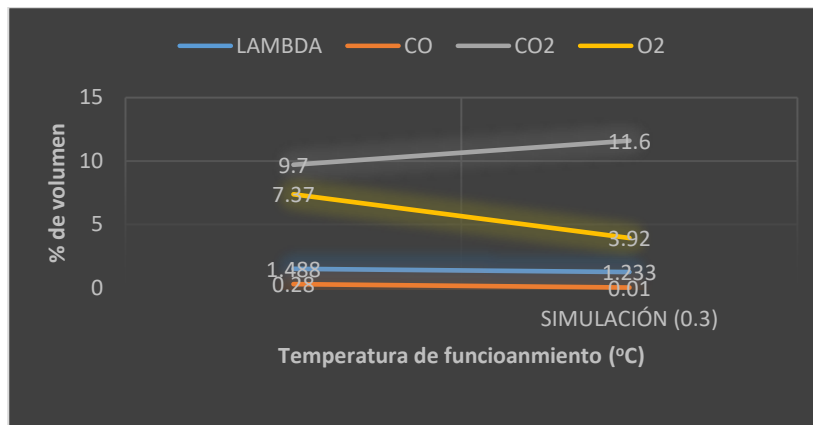
incrementa la aceleración también lo hace el voltaje de señal del sensor TPS hasta alcanzar su máximo valor a aceleración total, en este caso se simuló hasta un valor de 0.3v voltaje de funcionamiento del sensor cuando está en ralentí, la máxima variación de presión en el colector en esta condición a 2000 RPM es de 272.6 hpa (3.95 PSI) con una diferencia de 31.6 hpa (0.45 PSI) que es un aumento del 13.1 % frente a la condición normal a las mismas revoluciones. El tiempo de inyección permanece indistinto en comparación para su condición normal. La presión del sistema de alimentación de combustible permanece invariante ya que este circuito no puede ser afectado por el sensor con avería en cuestión.



**Figura 164 NOx (condición de simulación en sensor TPS e inyector desconectado vs condición normal)**

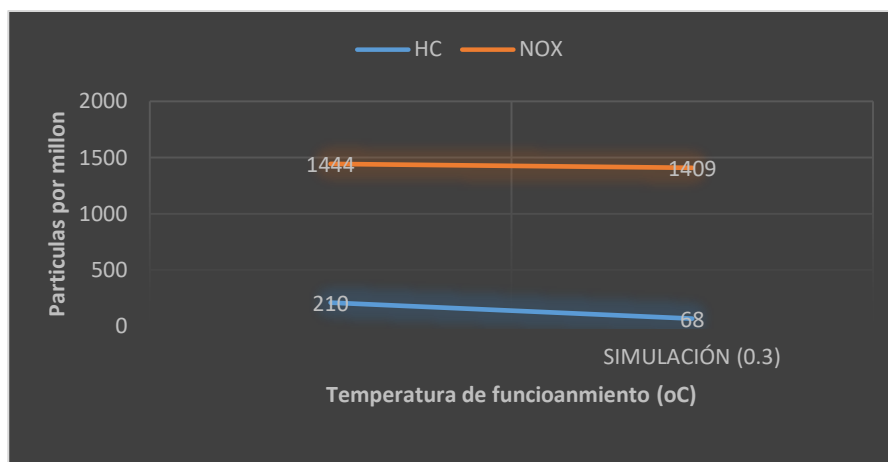
La máxima variación de NOx en esta condición se produce a 2000 RPM y es de 1444 ppm, con una diferencia de 1119 ppm que es un aumento del 344.3 % frente a la condición normal.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 165 Gráfica de gases en % de volumen- simulación en sensor TPS e inyector desconectado**

En los gases de escape a 2000 rpm y cuando existe una condición de simulación en el sensor, se evidencia un valor de lambda de 1.488 lo que indica una tendencia a mezcla pobre, mientras que el CO<sub>2</sub> cuenta con 11.6 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye en 3 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 166 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación en sensor TPS e inyector desconectado**

En los gases de escape a 2000 rpm y cuando existe una condición de simulación en el sensor, se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 1444 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor TPS e inyector desconectado)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo en estado óptimo de funcionamiento, permiten establecer el valor de presión absoluta del colector con un factor lambda cercano a 1 que implica una mezcla ideal.

**Tabla 83**

**Tabla Presión absoluta del colector sin falla en TPS.**

Temperatura	Factor lambda	Presión absoluta del colector
°C	$\lambda$	hPa
20 a 50	1.009	240.2
60 a 80	0.998	256.0
>90	1.006	230.0

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.7$$

**Tabla 84**

**Resultados de aire-combustible para falla en TPS e inyector**

DTC	Temp	Lambda	Proporción AC		Presión absoluta colector		$\Delta P$
			Real	Teórico	Real (hPa)	Teórico (hPa)	
Simulac	>90 (0.3V)	1.488	17.423	14.7	272.6	230	18.522

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles más altos de NOx permiten evidenciar que la estrategia adoptada por la ECU es empobrecer la mezcla aire-combustible lo cual es más notorio al existir un voltaje fijo de 0.3V, se puede apreciar un aumento de presión en el colector del 18.52% al pasar de 230hPa a 272.6hPa.

#### 4.1.4 Condición de falla mecánica

a) Reducción de área por obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI de presión

Tabla 85

Datos obtenidos con G-Scan2- obstrucción hasta 20 PSI

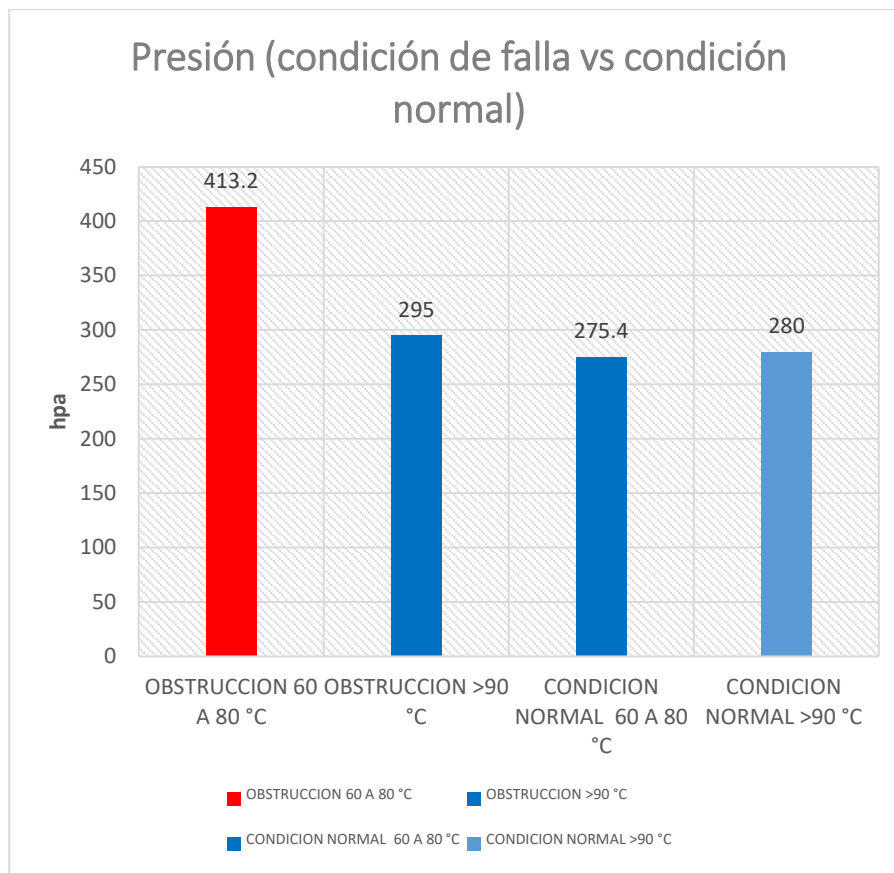
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA ALIMENTACIÓN	DE PRESIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR		
Falla	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(hPa)	(ms)	(V)	(%)
Obstrucción en línea de Combustible 20 PSI	60 a 80	Ralentí	20.0	1.378	1.6	413.2	3	0.4	0
		2000	20.0	1.378	2.7	685.5	2	2.1	35
		4000	20.0	1.378	1.7	426.2	2	1.1	14
	>90	Ralentí	20.0	1.378	1.2	295.0	3	1.2	0
		2000	20.0	1.378	1.4	333.4	2	0.7	7
		4000	20.0	1.378	1.0	230.4	2	0.6	5

Tabla 86

Datos obtenidos con Brain Bee- obstrucción hasta 20 PSI

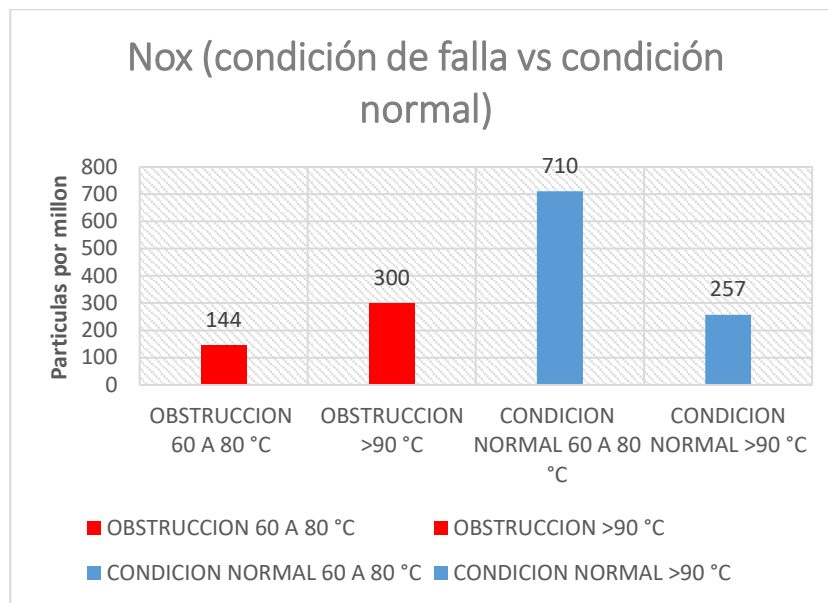
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Obstrucción en línea de Combustible 20 PSI	60 a 80	Ralentí	1.060	0.04	13.8	201	1.39	144
		2000	1.508	0.24	8.6	1696	8.72	71
		4000	1.349	0.03	8.1	1105	5.33	143
	>90	Ralentí	1.084	0.07	12.8	38	1.61	300
		2000	1.103	0.01	11.8	123	1.85	241
		4000	1.409	0.08	10.4	129	6.30	271

- Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)



**Figura 167 Presión (obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI vs condición normal)**

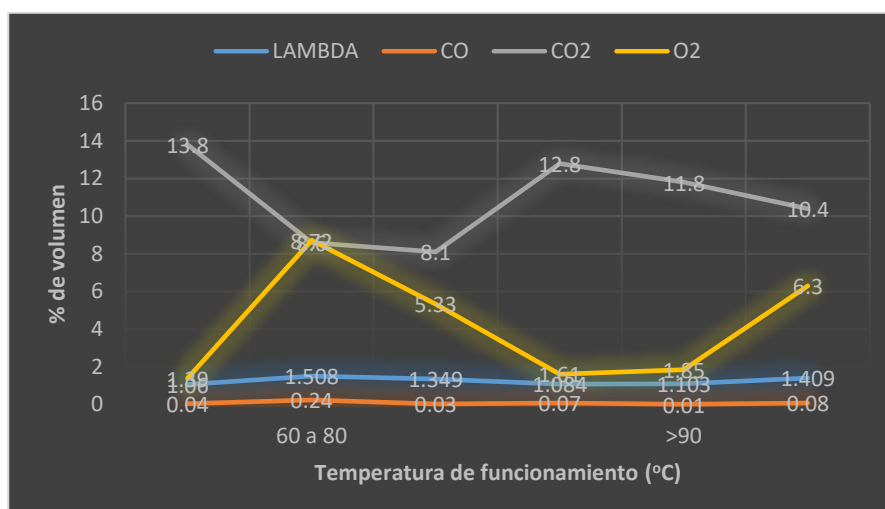
Los datos obtenidos son cuando se produce una obstrucción en la línea de combustible, la máxima variación de presión en el colector en esta condición con una temperatura de 60 a 80 °C es de 413.2 hpa (5.99 PSI) con una diferencia de 137.8 (1.99PSI) hpa que es un aumento del 50.03 % frente a su condición normal a la misma temperatura. El tiempo de inyección permanece indistinto en comparación para su condición normal.



**Figura 168 NOx (obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI vs condición normal)**

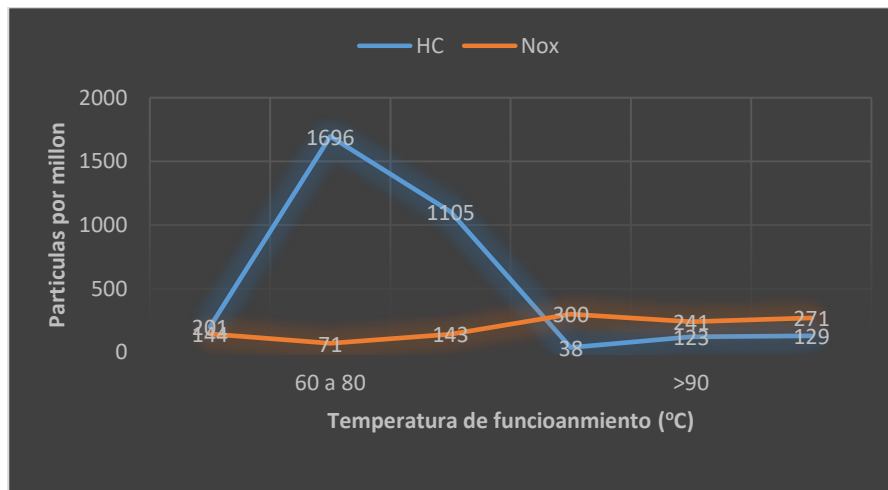
La máxima variación de NOx en esta condición se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 300 ppm, con una diferencia de 43 ppm que es un aumento del 16.7 % frente a la condición normal.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 169 Gráfica de gases en % de volumen- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI**

En los gases de escape a 700 rpm y con una temperatura mayor a 90 C° se evidencia un valor de lambda de 1.084 lo que indica una tendencia a empobrecer la mezcla, y una disminución del CO2 al 12.8 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye 1.8 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



**Figura 170 Gráfica de gases en partículas por millón- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 20 PSI**

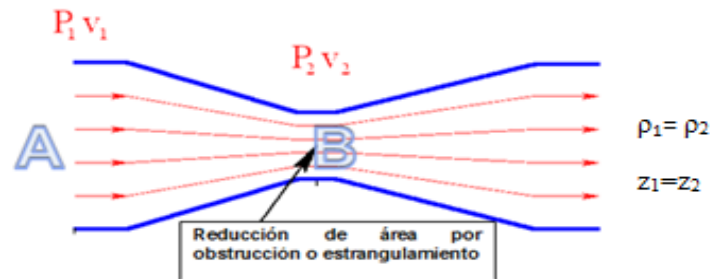
En los gases de escape a 700 rpm y con una temperatura mayor a 90 C° se evidencia un valor NOx de 300 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos, con **Análisis de caída de presión**

Datos sección A:

- Densidad del fluido= $\rho=680 \text{ kg/m}^3$
- Presión de combustible= 52 psi=3.5258 bar =358,527kPa
- Diámetro sección transversal= 5/16in=8mm= $8 \times 10^{-3} \text{ m}$
- Área sección transversal= $A= 50 \times 10^{-6} \text{ m}^2$
- Caudal del fluido= $Q=1.960 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- Velocidad del fluido= $v=39.2 \text{ m/s}$
- Gravedad= $g=9.8 \text{ N/kg}$



$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + z_1 g = \frac{v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + z_2 g$$



**Figura 171 Reducción de área para cálculo**

Datos sección B:

- Densidad del fluido= $\rho=680 \text{ kg/m}^3$
- Gravedad= $g=9.8 \text{ N/kg}$
- Presión de combustible= $P_2= 20 \text{ psi}=1.379 \text{ bar}=139.7\text{kPa}$
- Velocidad del fluido= $v_2=?$
- Caudal del fluido= $Q=?$
- Área sección transversal= $A=?$

Cálculo de  $v_2$  despejando de la ecuación de Bernoulli:

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1 - P_2}{\rho}\right) * 2}$$

$$v_2 = 54.08 \text{ m/s}$$

Ecuación 5 Cálculo de  $V_2$  para obstrucción de presión a 20 PSI

Cálculo de  $Q_2$  con  $P_1$  y  $P_2$ :

$$358.527\text{kPa} \longrightarrow 1.960 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$139.7\text{kPa} \longrightarrow Q_2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = 0.763 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de  $A_2$  despejando de fórmula de caudal:

$$A_2 = \frac{Q_2}{v_2}$$

$$A_2 = \frac{0.763 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{54.08 \text{ m/s}}$$

$$A_2 = 1.41 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Ecuación 6 Cálculo de  $A_2$  para obstrucción de presión a 20 PSI

**Tabla 87**

**Resultados de la variación de presión**

Variable	Sección A	Sección B	Variación
Presión (kPa)	358.527	139.7	-61.035%
Velocidad (m/s)	39.2	54.08	+37.959%
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	1.960x10 <sup>-3</sup>	0.763x10 <sup>-3</sup>	-61.071%
Área (m <sup>2</sup> )	50x10 <sup>-6</sup>	1.41x10 <sup>-5</sup>	-71.782%

Observando los resultados se puede apreciar que las condiciones que da a conocer el efecto Venturi se cumplen, al tener inicialmente una presión de 358.527kPa y al reducir el área de la sección en un 77.782% se genera una caída de presión a un valor de 139.7kPa lo cual es una disminución del 61.035%, en el caudal también se aprecia una disminución del 61.071% mientras que la velocidad del fluido aumenta en un 37.959%.

**b) Reducción de área por obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI de presión**

**Tabla 88**

**Datos obtenidos con G-Scan2- obstrucción hasta 35 PSI**

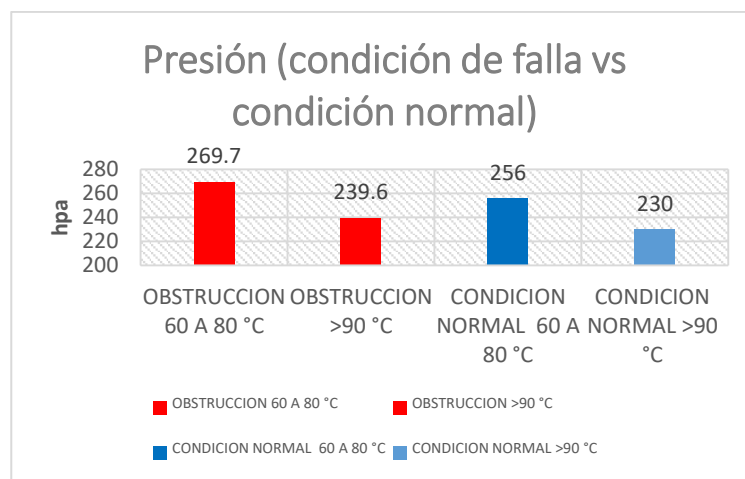
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA ALIMENTACIÓN	PRESIÓN DE ABSOLUTA COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR
Falla	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V) (hPa)	(ms) (V) (%)
<b>Obstrucción en línea de Combustible</b>	60 a 80	Ralentí	35.0	2.413	1.1 287.7	3 0.4 0
		2000	35.0	2.413	1.1 275.0	2 0.6 5
		4000	35.0	2.413	1.1 269.7	3 0.7 7
<b>35 PSI</b>	>90	Ralentí	35.0	2.413	1.1 291.1	3 1.1 0
		2000	35.0	2.413	1.2 281.9	2 0.6 5
		4000	35.0	2.413	0.9 239.6	2 0.7 6

Tabla 89

## Datos obtenidos con Brain Bee- obstrucción hasta 35 PSI

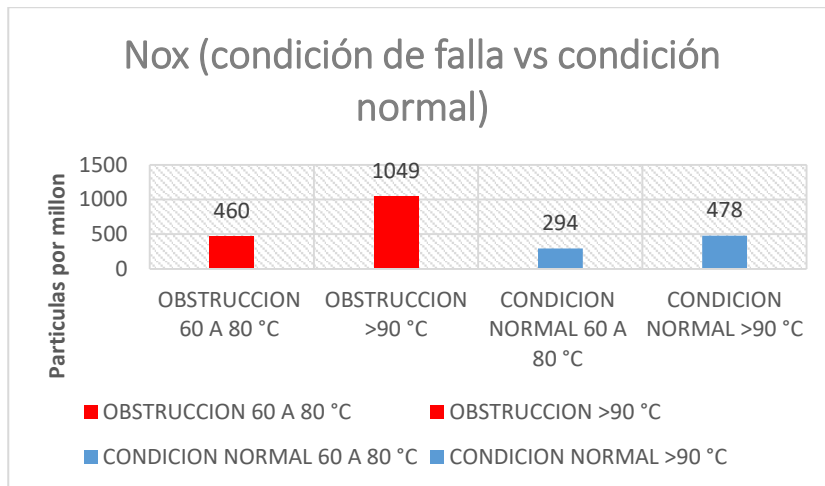
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Obstrucción en línea de Combustible 35 PSI	60 a 80	Ralentí	1.033	0.78	13.1	279	1.38	124
		2000	1.075	0.06	12.7	230	1.61	136
		4000	1.006	0.13	14.1	193	0.36	460
35 PSI	>90	Ralentí	1.040	0.16	14.0	36	0.94	48
		2000	1.221	0.01	11.9	75	3.83	251
		4000	1.073	0.03	13.2	33	1.43	1049

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 172 Presión (obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI vs condición normal)**

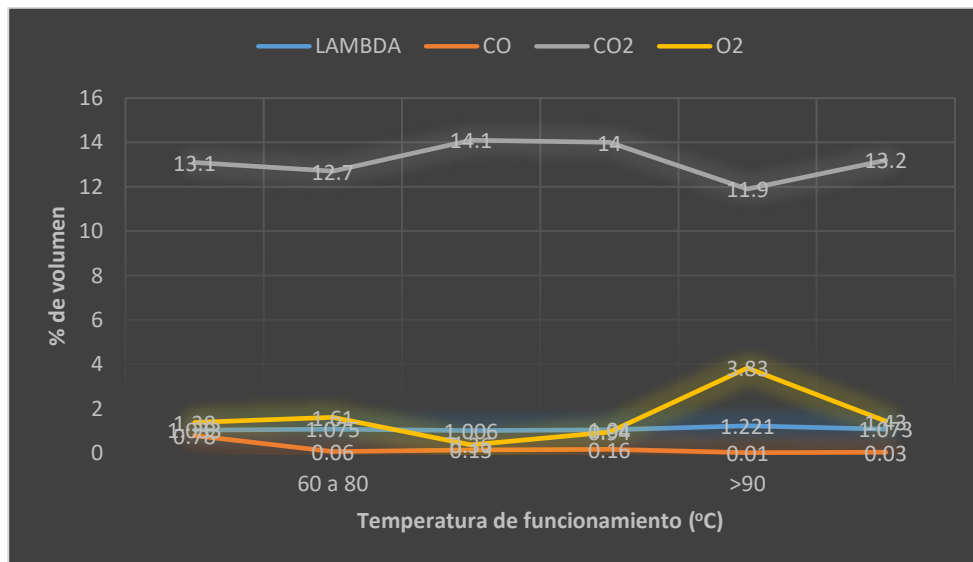
Los datos obtenidos son cuando se produce una obstrucción en la línea de combustible, la máxima variación de presión en el colector en esta condición con una temperatura de 60 a 80 °C y es de 269.7 (3.91 PSI) hpa con una diferencia de 13.7 hpa (0.19 PSI) que es un aumento del 5.3 % frente a su condición normal a la misma temperatura. El tiempo de inyección permanece indistinto en comparación para su condición normal.



**Figura 173 NOx (obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI vs condición normal)**

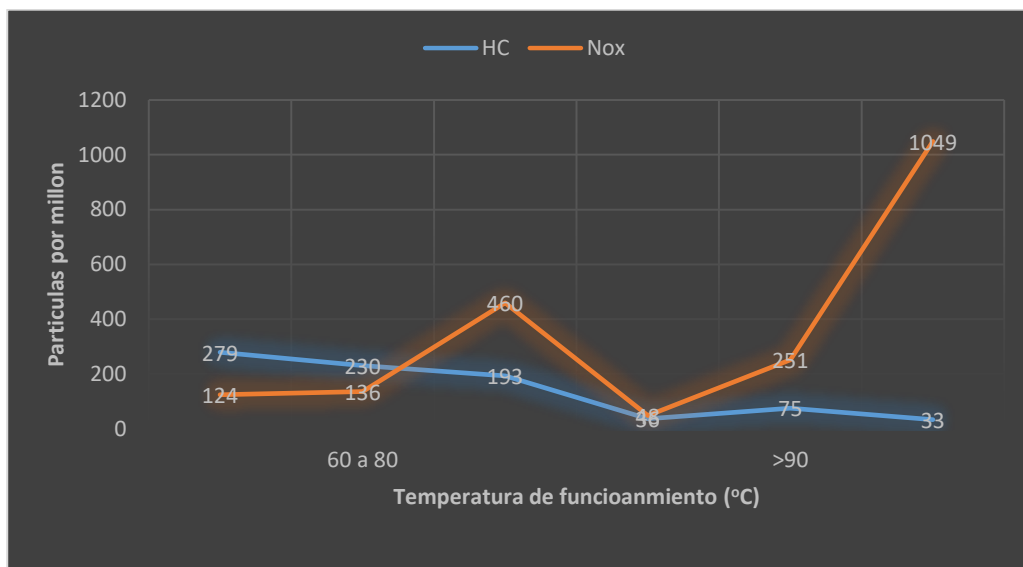
La máxima variación de NOx en esta condición se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 1049 ppm, con una diferencia de 571 ppm que es un aumento del 119.4 % frente a la condición normal.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos d nitrógeno)**



**Figura 174 Gráfica de gases en % de volumen- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura mayor a 90 C° se evidencia un valor de lambda de 1.073 lo que indica una mínima tendencia a empobrecer la mezcla, y una disminución del CO<sub>2</sub> al 13.2 %, esto refleja que la eficiencia de la combustión disminuye 1.4 % frente al parámetro de aprobación en revisión vehicular que es de 14.6%.



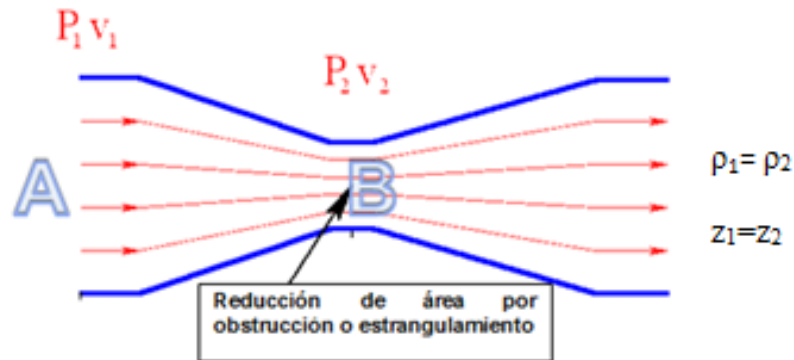
**Figura 175 Gráfica de gases en partículas por millón- obstrucción o estrangulamiento en la línea de combustible hasta 35 PSI**

En los gases de escape a 4000 rpm y con una temperatura mayor a 90 C° se evidencia un valor NO<sub>x</sub> de 1049 ppm que es un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos, con

Datos sección A:

- Densidad del fluido= $\rho=680 \text{ kg/m}^3$
- Presión de combustible= 52 psi=3.5258 bar =358,527kPa
- Diámetro sección transversal= 5/16in=8mm= $8 \times 10^{-3} \text{ m}$
- Área sección transversal= $A= 50 \times 10^{-6} \text{ m}^2$
- Caudal del fluido= $Q=1.960 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- Velocidad del fluido= $v=39.2 \text{ m/s}$
- Gravedad= $g=9.8 \text{ N/kg}$

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + z_1 g = \frac{v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + z_2 g$$



**Figura 176 Reducción de área para cálculo**

Datos sección B:

- Densidad del fluido= $\rho=680 \text{ kg/m}^3$
- Gravedad= $g=9.8 \text{ N/kg}$
- Presión de combustible= $P_2= 35 \text{ psi}=2.41317 \text{ bar}=241.317\text{kPa}$
- Velocidad del fluido= $v_2=?$
- Caudal del fluido= $Q=?$
- Área sección transversal= $A=?$

Cálculo de  $v_2$  despejando de la ecuación de Bernoulli:

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1 - P_2}{\rho}\right) * 2}$$

$$v_2 = 39.204 \text{ m/s}$$

Ecuación 7 Cálculo de  $V_2$  para obstrucción de presión a 35 PSI

Cálculo de  $Q_2$  con  $P_1$  y  $P_2$ :

$$358.527\text{kPa} \rightarrow 1.960 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{array}{ccc}
 241.317\text{kPa} & & Q_2 \text{ m}^3/\text{s} \\
 & \longrightarrow & \\
 Q_2 = 1.319 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} & & 
 \end{array}$$

Cálculo de  $A_2$  despejando de fórmula de caudal:

$$A_2 = \frac{Q_2}{v_2}$$

$$A_2 = \frac{1.319 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{39.204 \text{ m/s}}$$

$$A_2 = 3.364 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Ecuación 8 Cálculo de  $A_2$  para obstrucción de presión a 35 PSI

**Tabla 90**

**Resultados de la variación de presión**


Variable	Sección A	Sección B	Variación
Presión (kPa)	358.527	241.317	-32.692%
Velocidad (m/s)	39.2	39.204	0.010%
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	1.960x10 <sup>-3</sup>	1.319x10 <sup>-3</sup>	-32.704%
Área (m <sup>2</sup> )	50x10 <sup>-6</sup>	3.364x10 <sup>-5</sup>	-32.71%

Observando los resultados se puede apreciar que las condiciones que da a conocer el efecto Venturi se cumplen, al tener inicialmente una presión de 358.527kPa y al reducir el área de la sección en un 32.71% se genera una caída de presión a un valor de 241.317kPa lo cual es una disminución del 32.692%, en el caudal también se aprecia una disminución del 32.704% mientras que en la velocidad del fluido se nota un pequeño incremento de 0.010%.

#### 4.1.5 TABLAS FINALES DE DATOS OBTENIDOS EN LA INVESTIGACIÓN

En las siguientes tablas se refleja los resultados obtenidos de todas las condiciones a las cuales se ha sometido el vehículo en estudio donde los intervalos son cada 500 ppm ,siendo el tope máximo el establecido en la norma oficial mexicana.

##### INTERVALOS CANTIDADES DE NO<sub>x</sub>

COLOR				
INTERVALO	0 a 500 ppm	501 a 1000 ppm	1001 a 1500 ppm	> 1500 ppm



## a) Tablas de valores pico según medición de NOx

Datos obtenidos del vehículo Kia Rio Xcite 1.4 gasolina.																
SENSOR	ESTADO	TEMP	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PRESIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACCELERADOR			
	DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmVol)	(%Vol)	(ppmVol)	(PSI)	(Bar)	(°)	(kPa)	(ms)	(°)	(%)
----	OK	60 a 80	Ralentí	1,007	0,21	14,1	164	0,41	710	52	3,58	1,1	275,4	3	0,4	0
TPS	High	20 a 50	4000	1,622	2,52	10,5	292	13,6	654	52	3,58	1,1	285,9	3	5	0
		60 a 80	4000	1,021	0,68	13,2	283	1,09	506	52	3,58	0,9	239,6	2	5	0
		>90	4000	1,346	0,01	10,9	25	5,41	750	52	3,58	0,9	227,6	2	5	0
		>90	4000	1,420	1,97	11,8	259	9,79	898	52	3,58	0,9	245,9	3	0	0
	Low	60 a 80	4000	1,151	0,61	12,7	217	3,46	471	52	3,58	0,9	238,6	2	0	0
		>90	4000	1,006	0,04	14,6	30	0,18	176	52	3,58	0,9	214,9	2	0	0
		>90 (0,1v)	2000	1,046	0,34	12,9	123	1,18	274	52	3,58	0,8	218,4	2	0,1	0
		>90 (0,3v)	4000	1,001	0,02	14,7	9	0,04	212	52	3,58	0,8	215,8	2	0,3	4,7
MAP	High	20 a 50	Ralentí	1,985	3,18	6,7	679	17	460	52	3,58	5	474,5	3	0,1	0
		60 a 80	4000	0,871	4,38	11,5	3,88	0,23	218	52	3,58	5	393,3	3	0,8	9
		>90	4000	0,97	0,9	13,9	146	0,06	206	52	3,58	5	294,4	2	0,6	5
		>90	4000	0,993	5,72	11,2	639	1,69	196	52	3,58	0	645,8	3	0,7	7
	Low	60 a 80	4000	0,988	0,94	13,6	383	0,67	165	52	3,58	0	322,6	2	0,6	5
		>90	4000	1,003	0,63	13,8	242	0,67	430	52	3,58	0	303,2	2	0,6	5
		>90	4000	1,242	1,95	11,6	417	6,36	443	52	3,58	1,1	273,7	3	0,6	6
		>90	4000	1,051	0,58	13,4	161	9,52	1612	52	3,58	0,9	234,6	2	0,6	5
CMP	High	20 a 50	Ralentí	1,460	0	10	71	6,63	520	52	3,58	0,9	221,4	2	0,6	5
		60 a 80	4000	1,676	1,03	10,3	495	12,2	330	52	3,58	1,1	276,7	3	0,4	0
		>90	4000	1,178	0,51	13,6	163	4,05	889	52	3,58	0,8	225,3	2	0,6	5
	Low	60 a 80	4000	1,030	0,21	14,2	45	0,8	290	52	3,58	0,8	111	2	0,5	1
		>90 (200Hz)	4000	0,993	0,56	14,2	144	0,33	407	52	3,58	0,8	210,4	2	0,6	4
INYECTOR	Desconectado	20 a 50	4000	1,437	0,13	9,8	283	6,6	1528	52,5	3,61	1,1	295,2	3	0,6	8
		60 a 80	4000	2,012	0,03	7,1	351	10,8	600	52,5	3,61	1,1	286,9	3	0,6	7
		>90	4000	1,94	0,01	7,7	121	10,6	172	52,5	3,61	1,1	266,9	2	0,5	6
WTC	Desconectado	>90	4000	0,992	0,37	14,4	80	0,14	627	52	3,58	0,8	214,8	2	0,4	5
CMP - INYECTOR DESCONECTADO	High	>90	2000	1,405	1,17	9,6	316	7,33	1134	52,5	3,61	1,2	293,3	3	0,6	5
	Low	>90	2000	1,381	0,32	11	171	6,54	885	52,5	3,61	1,1	277,7	3	0,3	4
	Simulación	>90	4000	1,376	0,03	11,1	76	6,06	1181	52,5	3,61	1	266,6	3	0,7	7
MAP - INYECTOR DESCONECTADO	High	>90	4000	0,827	5,78	10,8	512	0,12	324	52,5	3,61	5	426,7	4	0,8	9
WTC - INYECTOR DESCONECTADO	High	>90	4000	1,357	0,02	10,9	47	5,92	1186	52,5	3,61	1,1	265	3	0,5	7
TPS - INYECTOR DESCONECTADO	Simulación (0,3V)	>90	2000	1,488	0,28	9,7	210	7,37	1444	52,5	3,61	1	272,6	3	0,3	4
OBSTRUCCIÓN LÍNEA DE COMBUSTIBLE	Obstrucción 70% (20PSI)	60 a 80	Ralentí	1,06	0,04	13,8	201	1,39	144	20	1,378	1,6	413,2	3	0,4	0
		>90	Ralentí	1,084	0,07	12,8	38	1,61	300	20	1,378	1,2	295	3	1,2	0
		60 a 80	4000	1,006	0,13	14,1	193	0,36	460	35	2,413	1,1	269,7	3	0,7	7
		>90	4000	1,073	0,03	13,2	33	1,43	1049	35	2,413	0,9	239,6	2	0,7	6

b) Tablas generales de valores

Datos Generales obtenidos del vehículo Kia Rio Xcite 1.4 gasolina.																	
SENSOR	ESTADO	TEMP	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PRSIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRSIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACCELERADOR				
	DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmVol)	(%Vol)	(ppmVol)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)	
----	OK	20 a 50	Ralentí	1.009	2.17	12	297	1.83	159	52	3.58	1	240.2	3	0.4	1	
			2000	1.342	4.08	9.4	352	9.65	314	52	3.58	0.9	260	2	0.3	2	
			4000	1.036	0.74	13.1	236	1.39	792	52	3.58	1	230.3	2	0.5	4	
		60 a 80	Ralentí	1.007	0.21	14.1	164	0.41	710	52	3.58	1.1	275.4	3	0.4	0	
			2000	1.005	0.87	13.6	138	0.77	310	52	3.58	1	248.5	3	0.6	4	
			4000	0.998	0.07	14.4	35	0.07	294	52	3.58	1	256	3	0.7	6	
	>90	Ralentí	1.211	0.45	9.5	104	3.38	287	52	3.58	1.1	280	3	0.7	0		
		2000	1.053	0.35	12.9	72	1.28	325	52	3.58	1	241	2	0.8	4		
		4000	1.006	0.63	13.2	41	0.56	478	52	3.58	0.8	230	2	0.6	5		
	TPS	Hiqh	20 a 50	Ralentí	0.742	0.46	13.4	380	0.91	474	52	3.58	1.4	361.4	5	5	0
				2000	0.743	0.54	13.2	384	1.12	414	52	3.58	1.1	278.3	3	5	0
				4000	0.744	2.52	10.5	392	13.6	654	52	3.58	1.1	285.9	3	5	0
60 a 80			Ralentí	0.745	2.15	12	332	3.84	214	52	3.58	1.5	363.8	4	5	0	
			2000	0.746	0.58	13.2	285	1.01	223	52	3.58	1	255.7	2	5	0	
			4000	0.747	0.68	13.2	283	1.09	506	52	3.58	0.9	239.6	2	5	0	
>90			Ralentí	0.748	0	10.3	55	9.03	182	52	3.58	1.5	366.3	2	5	0	
			2000	0.749	0	9.9	28	7.2	104	52	3.58	0.9	231.2	2	5	0	
			4000	0.75	0.01	10.9	25	5.41	750	52	3.58	0.9	227.6	2	5	0	
Low			20 a 50	Ralentí	0.751	0.76	13.3	318	1.42	216	52	3.58	1.1	278.8	3	0	0
				2000	0.752	2.07	12.2	277	6.58	636	52	3.58	0.9	246.5	2	0	0
				4000	0.753	1.97	11.8	259	9.79	898	52	3.58	0.9	245.9	3	0	0
		60 a 80	Ralentí	0.754	2.24	10.9	382	11.4	142	52	3.58	1.1	271.2	3	0	0	
			2000	0.755	0.49	13.7	246	0.77	182	52	3.58	0.9	239.5	3	0	0	
			4000	0.756	0.61	12.7	217	3.46	471	52	3.58	0.9	238.6	2	0	0	
		>90	Ralentí	0.757	0.19	12.4	60	4.92	170	52	3.58	0.9	245.3	2	0	0	
			2000	0.758	0.48	11.5	59	2.27	165	52	3.58	0.8	214.1	2	0	0	
			4000	0.759	0.04	14.6	30	0.18	176	52	3.58	0.9	214.9	2	0	0	
		Simulación	>90 (0.1V)	Ralentí	0.76	0.24	14.3	180	0.41	54	52	3.58	0.9	245.6	2	0.1	0
				2000	0.761	0.34	12.9	123	1.18	274	52	3.58	0.8	218.4	2	0.1	0
				4000	0.762	0.12	14.7	40	0.05	148	52	3.58	0.7	205.8	2	0.1	0
>90 (0.3V)		Ralentí	0.763	0	14.7	10	0.04	48	52	3.58	0.6	101	2	0.3	2		
		2000	0.764	0.02	14.7	9	0.04	212	52	3.58	0.8	215.8	2	0.3	4.7		
		4000	0.765	3.18	4.7	679	17	460	52	3.58	5	474.5	3	0.1	0		
MAP	Hiqh	20 a 50	Ralentí	0.766	9.99	6.5	1754	1.22	46	52	3.58	5	436.3	3	0.6	4	
			2000	0.767	5.78	10.8	512	0.12	324	52	3.58	5	248.8	3	0.6	5	
			4000	0.768	9.99	7.7	818	0.57	21	52	3.58	5	500.1	3	0.1	0	
		60 a 80	Ralentí	0.769	9.45	6.7	938	8.77	42	52	3.58	5	328.9	2	0.4	4	
			2000	0.77	4.38	11.5	388	0.23	318	52	3.58	5	393.3	3	0.8	9	
			4000	0.771	1.71	13	294	0.36	60	52	3.58	5	422.2	2	0.1	0	
	>90	Ralentí	0.772	0.52	14	180	0.35	53	52	3.58	5	305.3	2	0.5	3		
		2000	0.773	0.9	13.9	146	0.06	206	52	3.58	5	294.4	2	0.6	5		
		4000	0.774	9.99	6.3	1452	1.16	36	52	3.58	0	766	9	0.7	7.5		
	Low	20 a 50	Ralentí	0.775	7.24	9.6	857	1.96	177	52	3.58	0	1013	3	0.7	7.2	
			2000	0.776	5.72	11.2	689	1.69	196	52	3.58	0	645.8	3	0.7	7	
			4000	0.777	9.99	5.9	1890	7.91	15	52	3.58	0	590.3	4	0.1	0	
60 a 80		Ralentí	0.778	2.36	12.8	417	0.37	131	52	3.58	0	320.9	2	0.5	4		
		2000	0.779	0.84	13.8	383	0.37	170	52	3.58	0	322.6	2	0.6	5		
		4000	0.78	4.63	11.4	511	0.66	67	52	3.58	0	432.1	2	0.1	0		
>90	Ralentí	0.781	0.32	14.2	197	0.38	350	52	3.58	0	316.9	2	0.5	3			
	2000	0.782	0.63	13.8	242	0.67	430	52	3.58	0	303.2	2	0.6	5			
	4000	0.783	0.52	13.2	230	0.6	300	52	3.58	0	292.6	2	0.4	0			

<b>CMP</b>	High	60 a 80	4000	0.785	1.95	11.6	417	6.36	443	52	3.58	1.1	273.7	3	0.6	6		
			Ralentí	0.786	0.64	13.2	252	1.07	187	52	3.58	1	262.8	2	0.1	0		
			2000	0.787	0.8	13.2	234	0.98	573	52	3.58	0.8	213	2	0.5	2		
		4000	0.788	0.58	13.4	161	9.52	1612	52	3.58	0.9	234.6	2	0.6	5			
		Ralentí	0.789	0.01	10.8	128	5.66	63	52	3.58	1.4	343.6	2	0.1	0			
		2000	0.79	0	10.5	88	6.04	410	52	3.58	0.8	217.3	2	0.5	2			
	Low	20 a 50	4000	0.791	0	10	71	6.63	520	52	3.58	0.9	221.4	2	0.6	5		
			Ralentí	0.792	1.03	10.3	495	12.2	330	52	3.58	1.1	276.7	3	0.4	0		
			2000	0.793	3.38	11	336	6.6	241	52	3.58	1	242.4	3	0.5	3		
		4000	0.794	2.4	10.6	289	5.6	209	52	3.58	1	258.7	2	0.6	4			
		Ralentí	0.795	0.59	13.6	213	0.71	38	52	3.58	1.2	298.4	3	0.4	0			
		2000	0.796	0.64	13.5	169	2.14	322	52	3.58	0.9	223.5	2	0.5	2			
	Simulación	>90 (200Hz)	4000	0.797	0.51	13.6	163	4.05	889	52	3.58	0.8	225.3	2	0.6	5		
			Ralentí	0.798	0.24	11.5	58	3.33	170	52	3.58	1	254.8	2	0.4	0		
			2000	0.799	0.21	14.3	45	0.8	290	52	3.58	0.8	111	2	0.5	1		
		4000	0.8	0.03	14.5	13	0.08	157	52	3.58	0.9	216.6	2	0.6	4			
		Ralentí	0.801	0.49	13.9	161	1	42	52	3.58	1	261.2	2	0.2	0			
		2000	0.802	0.24	14.5	148	0.46	103	52	3.58	0.8	210.3	2	0.3	2			
<b>INTECTOR</b>	Desconectada	20 a 50	4000	0.803	0.56	14.2	144	0.33	407	52	3.58	0.8	210.4	2	0.6	4		
			Ralentí	0.804	1.57	8.8	421	10.3	657	52.5	3.61	1.5	363.7	3	0.1	0		
			2000	0.805	0.39	9.5	395	6.98	1238	52.5	3.61	1.3	318.3	3	0.6	7.6		
		4000	0.806	0.13	9.8	283	6.6	1528	52.5	3.61	1.1	295.2	3	0.6	8			
		Ralentí	0.807	0.02	4.4	191	17.4	220	52.5	3.61	1.4	356.1	3	0.1	0			
		2000	0.808	0.49	5.8	238	17.8	326	52.5	3.61	1.1	278.2	3	0.3	5			
	Simulación	>90	4000	0.809	0.03	7.1	351	10.8	600	52.5	3.61	1.1	286.9	3	0.6	7		
			Ralentí	0.81	0.01	7	203	10.9	59	52.5	3.61	1.4	353.9	2	0.1	0		
			2000	0.811	0.01	6.9	189	11	62	52.5	3.61	1	272.5	2	0.3	3		
		4000	0.812	0.01	7.7	121	10.6	172	52.5	3.61	1.1	266.9	2	0.5	6			
		Ralentí	0.813	0.14	14.2	108	1.3	82	52	3.58	0.9	240.5	2	0.1	0			
		2000	0.814	0.23	14.4	85	0.05	225	52	3.58	0.8	202.3	2	0.3	2			
	<b>WTC</b>	Desconectada	>90	4000	0.815	0.37	14.4	80	0.14	627	52	3.58	0.8	214.8	2	0.4	5	
				Ralentí	0.816	2.17	6.6	323	16.4	458	52.5	3.61	1.5	378.1	4	0.2	0	
				2000	0.817	1.17	9.6	316	7.33	1134	52.5	3.61	1.2	293.3	3	0.6	5	
			4000	0.818	0.01	10.5	59	5.34	1032	52.5	3.61	1.1	286.1	3	0.7	7		
			Ralentí	0.819	1.57	9.5	407	6.82	771	52.5	3.61	1.4	351	4	0.2	0		
			2000	0.82	0.32	11	171	6.54	895	52.5	3.61	1.1	277.7	3	0.3	4		
Simulación		>90 (200Hz)	4000	0.821	0.01	10.8	62	5.3	876	52.5	3.61	1.1	287.3	3	0.7	7		
			Ralentí	0.822	0.01	10	19	6.57	647	52.5	3.61	1.2	308.8	3	0.2	0		
			2000	0.823	0.01	10.2	28	6.18	836	52.5	3.61	1	253.4	2	0.3	3		
		4000	0.824	0.03	11.1	76	6.06	1181	52.5	3.61	1	266.6	3	0.7	7			
		Ralentí	0.825	9.99	4.6	9.32	5.33	130	52.5	3.61	5	713.4	8	0.2	0			
		2000	0.826	2.23	4.7	706	5.56	88	52.5	3.61	5	538.6	6	0.3	3			
<b>CMP - INTECTOR DESCONECTADO</b>		High	>90	4000	0.827	5.78	10.8	512	0.12	324	52.5	3.61	5	426.7	4	0.8	9	
				Ralentí	1.450	0.01	10	23	6.45	600	52.5	3.61	1.4	345.7	2	0.1	0	
				2000	1.490	0.01	9.9	33	6.99	659	52.5	3.61	0.8	228.7	2	0.3	3	
			4000	1.357	0.02	10.9	47	5.92	1186	52.5	3.61	1.1	265	3	0.5	7		
			Ralentí	1.488	0.28	9.7	210	7.37	1444	52.5	3.61	1	272.6	2	0.3	4		
			2000	1.233	0.01	11.6	68	3.92	1409	52.5	3.61	1.1	281.4	3	0.4	5		
	Simulación	>90 (0,3V)	4000	1.06	0.04	13.8	201	1.39	144	20	1.378	1.6	412.2	3	0.4	0		
			2000	1.508	0.24	8.6	1696	8.72	71	20	1.378	2.7	685.5	2	2.1	35		
			4000	1.349	0.03	8.1	1105	5.33	143	20	1.378	1.7	426.2	2	1.1	14		
		Ralentí	1.084	0.07	12.8	38	1.61	300	20	1.378	1.2	295	3	1.2	0			
		2000	1.103	0.01	11.8	123	1.85	241	20	1.378	1.4	333.4	2	0.7	7			
		4000	1.409	0.08	10.4	129	6.3	271	20	1.378	1	230.4	2	0.6	5			
	Obstrucción 70% (20 PSI)	60 a 80	4000	1.033	0.78	13.1	279	1.38	124	35	2.413	1.1	287.7	3	0.4	0		
			2000	1.075	0.06	12.7	230	1.61	136	35	2.413	1.1	275	2	0.6	5		
			4000	1.006	0.13	14.1	193	0.36	460	35	2.413	1.1	269.7	3	0.7	7		
		Ralentí	1.04	0.16	14	36	0.94	48	35	2.413	1.1	291.1	3	1.1	0			
		2000	1.221	0.01	11.9	75	3.83	251	35	2.413	1.2	281.9	2	0.6	5			
		4000	1.073	0.03	13.2	33	1.43	1049	35	2.413	0.9	239.6	2	0.7	6			
Obstrucción 30% (35 PSI)	60 a 80	4000	1.073	0.03	13.2	33	1.43	1049	35	2.413	0.9	239.6	2	0.7	6			

## 4.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL VEHICULO MAZDA BT-50 2.5 TURBODIESEL

### 4.2.1 Pruebas en condiciones normales de funcionamiento

En los siguientes resultados se refleja los niveles de emisiones contaminantes que se producen en el vehículo cuando no presenta ninguna falla y cuando su puesta a punto ya fue realizada.

**Tabla 91**

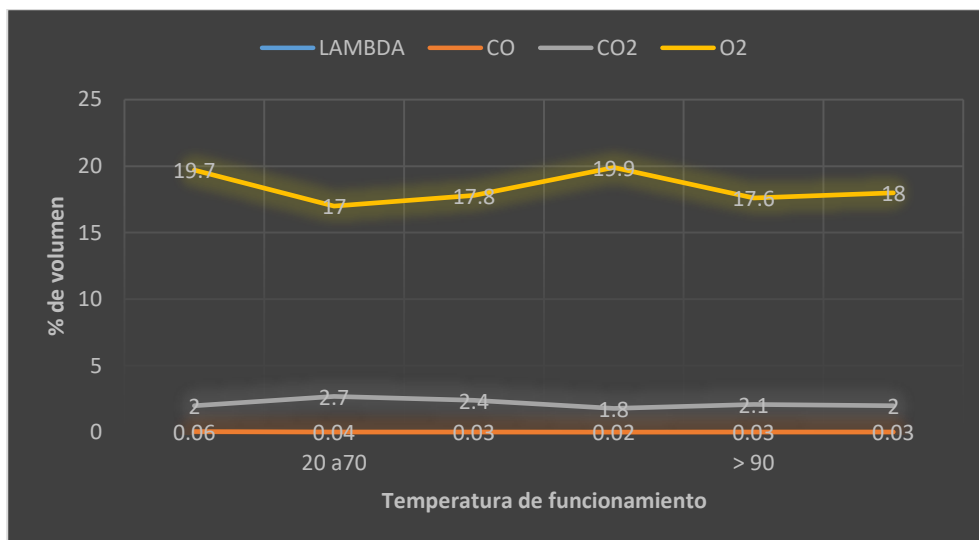
#### Datos obtenidos con el G-scan2 condiciones normales

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRSIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR	TIEMPO INyec.	POSICION ACELERADOR
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V) (kPa)	(ms) (V) (%)
OK	20 a 70	Ralentí	5546.2	382.4	1.32 78	7 0.57 0
		2000	7776.9	536.2	1.48 87	4 1.27 16
		3000	10773.4	742.8	1.77 108	2 1.45 24
	> 90	Ralentí	5546.2	382.4	1.32 78	6 0.57 0
		2000	7713.1	531.8	1.44 84	3 1.25 16
		3000	10422.4	718.6	1.49 89	2 1.45 24

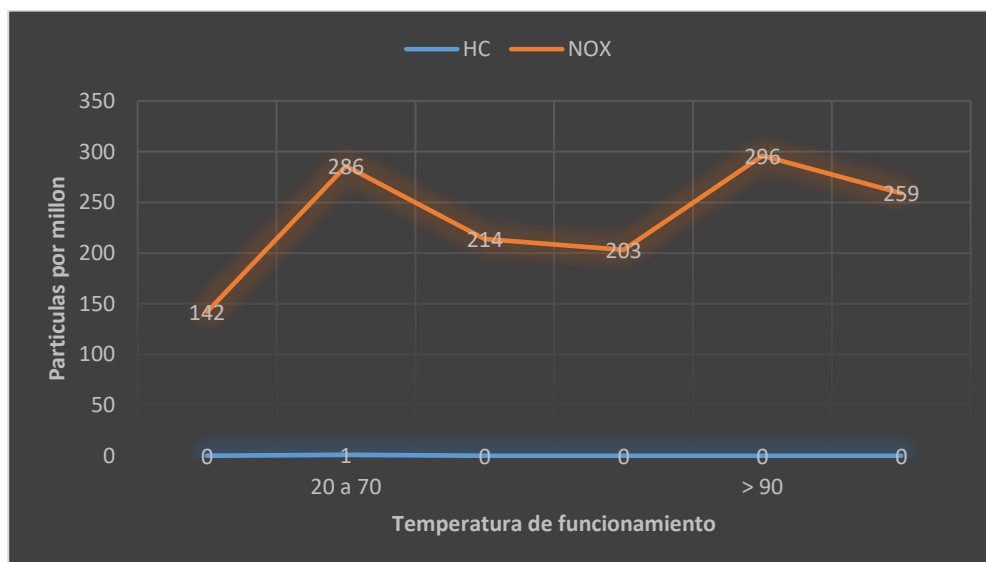
**Tabla 92**

#### Datos obtenidos con Brain Bee condiciones normales

ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)	(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)	
OK	20 a 70	Ralentí	---	0.06	2.0	0	19.7	142
		2000	---	0.04	2.7	1	17.0	286
		3000	---	0.03	2.4	0	17.8	214
	> 90	Ralentí	---	0.02	1.8	0	19.9	203
		2000	---	0.03	2.1	0	17.6	296
		3000	---	0.03	2.0	0	18.0	259



**Figura 177 Gráfica de gases en % de volumen-condiciones normales**



**Figura 178 Gráfica de gases en partículas por millón-condiciones normales**

En las gráficas se identifica el comportamiento de los gases a las diferentes temperaturas y revoluciones en condiciones normales de funcionamiento tanto para gases en % de volumen y en Partículas por millón respectivamente.

## 4.2.2 Pruebas en condiciones de falla en sensores

### a) Sensor MAP

Condición de falla alto (DTC HIGH, señal= 5V) para sensor de presión absoluta del colector (MAP).

**Tabla 93**

#### Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC High sensor MAP

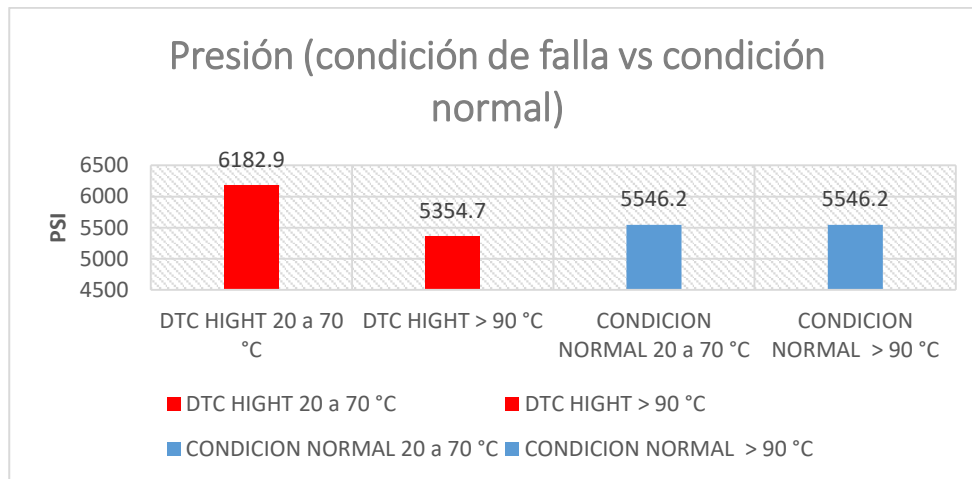
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
High MAP	20 a 70	Ralentí	6182.9	426.3	5.12	255	6	0.56	0
		2000	9275.1	639.5	5.12	255	3	1.35	20
	> 90	3000	9019.8	621.9	5.12	255	2	1.44	23
		Ralentí	5354.7	369.2	5.12	255	4	0.57	0
		2000	7266.3	501	5.12	255	2	1.20	14
		3000	8478.9	584.6	5.12	255	1.5	2.53	65

**Tabla 94**

#### Datos obtenidos con Brain Bee - DTC high sensor MAP

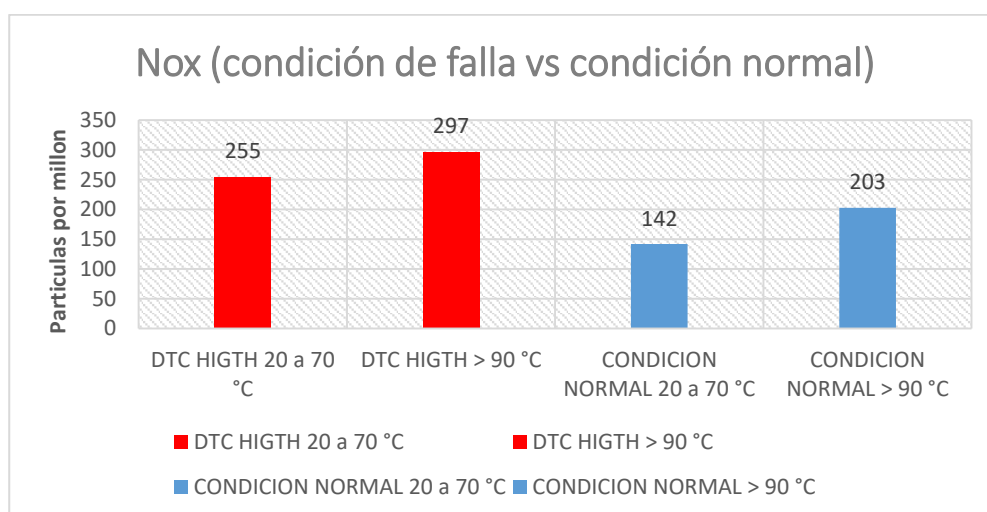
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
High MAP	20 a 70	Ralentí	4.704	0.07	3.0	4	16.2	255
		2000	4.889	0.06	2.9	4	16.4	245
	> 90	3000	---	0.06	2.7	3	16.6	201
		Ralentí	---	0.03	2.2	0	18.0	297
		2000	---	0.03	2.1	0	18.0	283
		3000	---	0.04	2.1	0	17.9	294

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 179 Presión (condición de falla high MAP vs condición normal)**

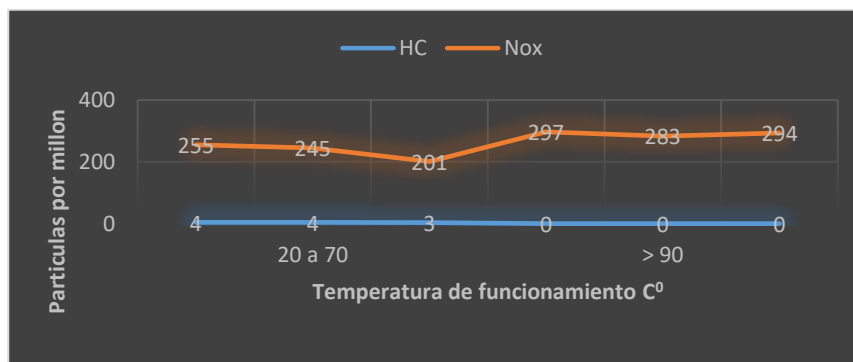
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 6182.9 PSI con una diferencia de 636.7 PSI que es un aumento del 11.74 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 6 ms disminuye frente al tiempo de inyección en condición normal que es de 7 ms



**Figura 180 NOx (condición de falla high MAP vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 297 ppm, con una diferencia de 94 ppm que es un aumento del 46.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 181 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAP**

En los gases de escape a 700 rpm y a temperatura mayor 90 °C, se evidencia un valor NOx de 297, siendo aun así un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de falla alto (DTC LOW, señal= 0V) para sensor de presión absoluta del colector (MAP).

**Tabla 95**

**Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC low sensor MAP**

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
<b>Low</b>	20 a 70	Ralentí	5672.4	391.1	0.00	20	7	0.56	0
<b>MAP</b>	20 a 70	2000	8191.7	564.8	0.00	20	4	1.28	17
		3000	8764.6	604.3	0.00	20	2	2.24	54
		Ralentí	4588.9	316.4	4.83	255	8	0.57	0
	> 90	2000	4876.2	336.2	4.83	255	4	1.22	15
		3000	6310.5	435.1	4.83	255	4	29.61	68



Tabla 96

## Datos obtenidos con Brain Bee -DTC Low sensor MAP

ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
		MOTOR						
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Low MAP	20 a 70	Ralentí	---	0.07	2.6	0	19.0	156
		2000	4.541	0.06	3.3	1	16.9	231
		3000	4.186	0.19	3.4	10	16.4	136
	> 90	Ralentí	---	0.03	2.0	0	19.3	223
		2000	---	0.03	2.6	0	18.2	246
		3000	---	0.03	2.0	0	18.3	232

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**

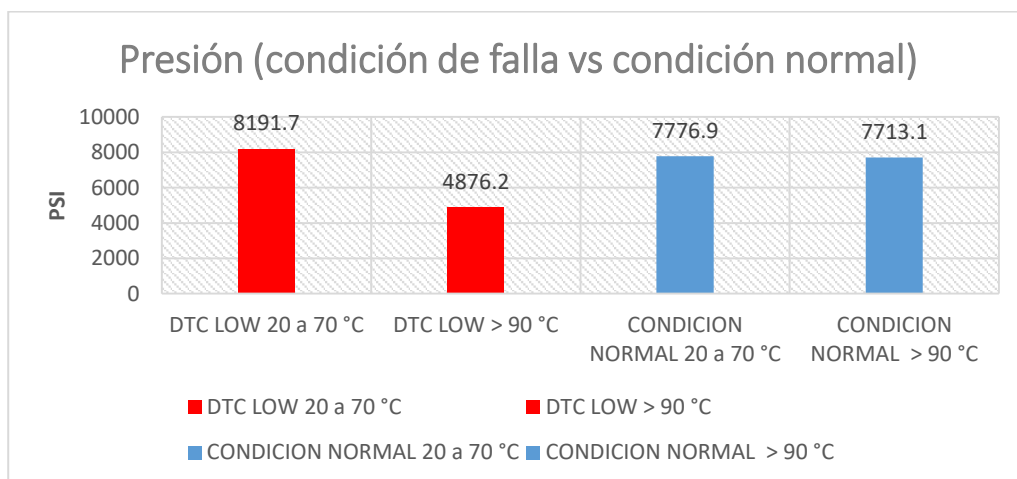
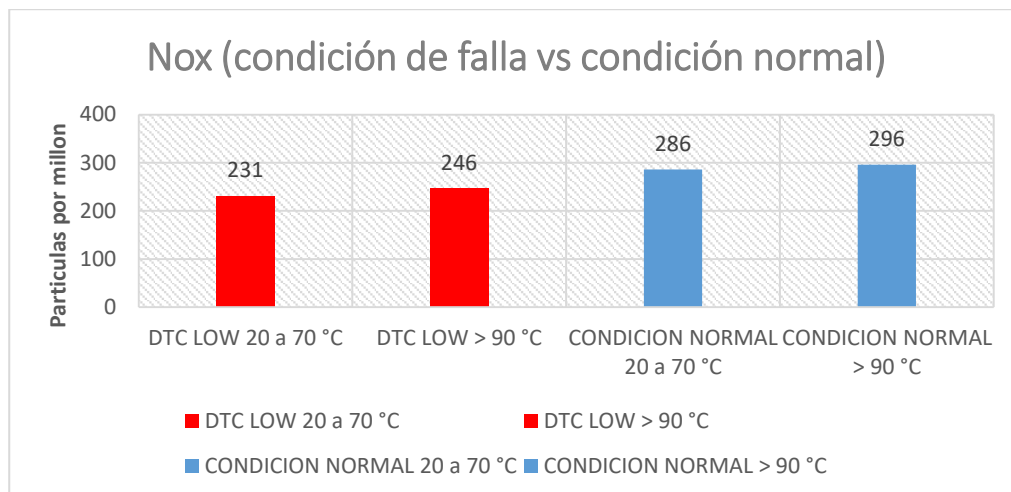


Figura 182 Presión (condición de falla low MAP vs condición normal)

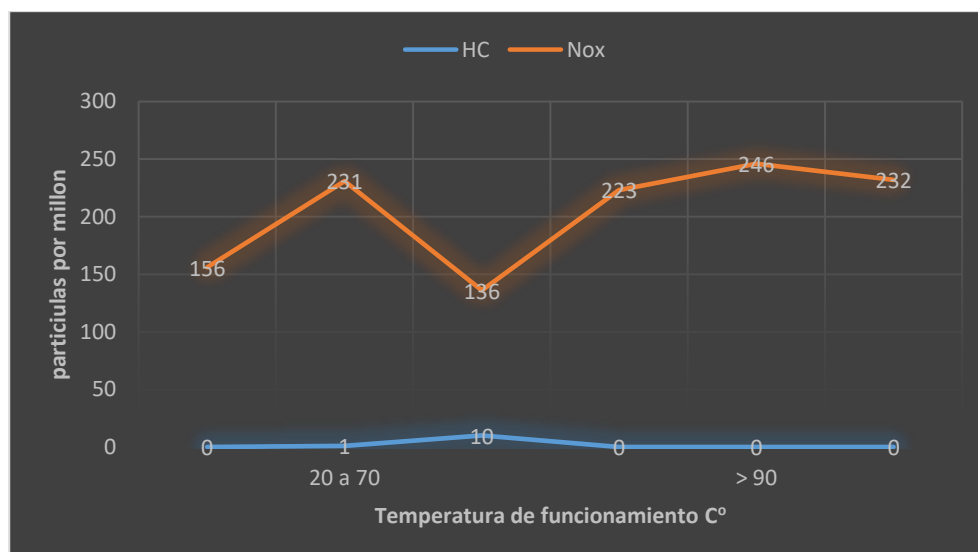
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 8191.7 PSI con una diferencia de 478.6 PSI que es un aumento del 6 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso se mantiene indistinto frente al tiempo de inyección en condición normal.



**Figura 183 NOx (condición de falla low MAP vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 246 ppm, con una diferencia de 50 ppm que es una disminución del 16.8 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 184 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAP**

En los gases de escape a 2000 rpm y a temperatura > 90 °C, se evidencia un valor NOx de 246 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor MAP)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo, permiten establecer el valor real de mezcla estequiométrica (*(Proporción A/C) real*) con la cual trabaja el motor y además la variación de presión de alimentación.

**Tabla 97**

**Tabla Presión absoluta del colector, sin DTC en sensor MAP.**

Régimen motor	Presión sistema de alimentación		Presión absoluta del colector
(rpm)	(psi)	(bar)	(kPa)
Ralentí	5546.2	382.4	78
2000	7776.3	536.2	87
3000	10773.4	742.8	100

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.5$$

Tabla 98

## Resultados de aire-combustible para fallas en MAP

DTC	Régimen motor	Lambda	Proporción AC		Presión sistema alimentación		$\Delta P$
	(rpm)		Real	Teórico	Normal (bar)	DTC (bar)	
High	Ralentí	4.704	68.208	14.5	382.4	426.3	11.48

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles altos de NOx permiten evidenciar que la ECU aumenta la presión en el riel de inyección un 11.48% al existir un DTC HIGH, y el motor funciona con una mezcla aire-combustible real de 68.2:1.

## b) Sensor MAF

Condición de falla alto (DTC HIGH, señal= 5V) para sensor de Masa de Aire (MAF).

Tabla 99

## Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC high MAF

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN		PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO		TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR	
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
High	20 a 70	Ralentí	5578.1	384.6	1.32	78	9	0.57	0
		2000	6853.0	472.5	1.56	94	4	1.35	20
		3000	11060.5	762.6	1.70	102	4	1.50	25
	> 90	Ralentí	5259.0	362.6	1.32	78	7	0.56	0
		2000	6438.2	443.9	1.49	90	4	1.25	16
		3000	9147.5	630.7	1.65	98	3	1.44	23

Tabla 100

## Datos obtenidos con Brain Bee - DTC high MAF

ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
		MOTOR						
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
High	20 a 70	Ralentí	---	0.04	2.6	0	18.8	168
		2000	---	0.04	2.8	5	16.6	265
		3000	---	0.04	2.6	0	17.3	211
	> 90	Ralentí	---	0.04	1.9	0	18.9	178
		2000	---	0.04	2.6	0	17.7	216
		3000	---	0.05	2.0	0	17.7	213

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**

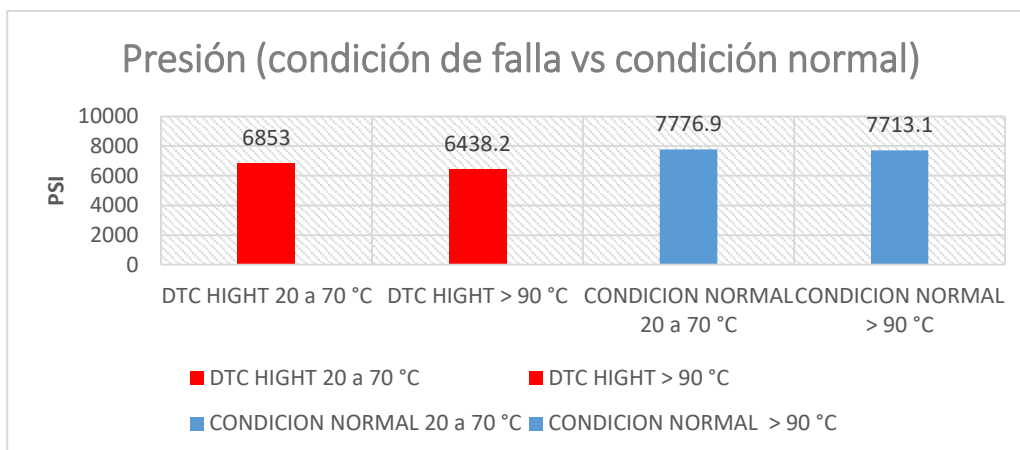


Figura 185 Presión (condición de falla high MAF vs condición normal)

La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 6853 ppm con una diferencia de 860.1 PSI que es una disminución del 11.1 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso máximo se mantiene indistinto frente al tiempo de inyección en condición normal.

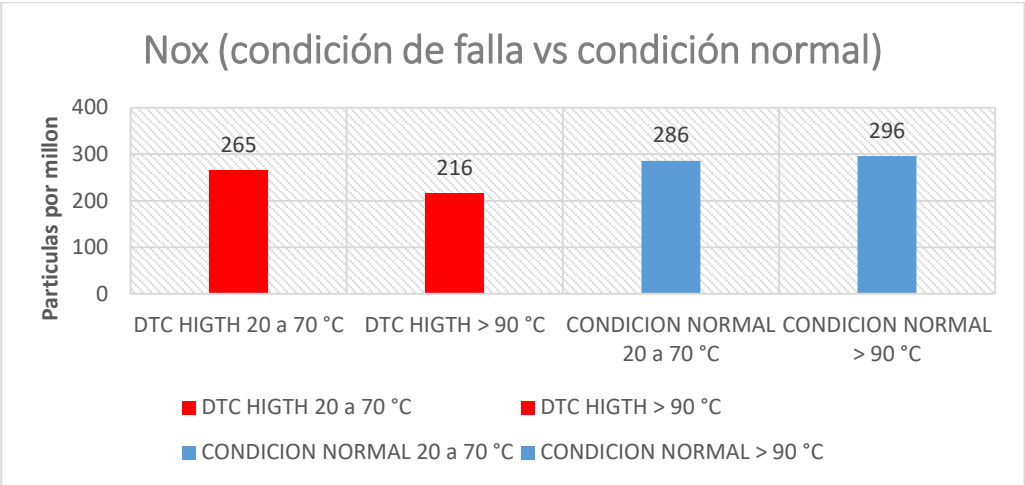


Figura 186 NOx (condición de falla high MAF vs condición normal)

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 265 ppm, con una diferencia de 31 ppm que es una disminución del 10.4 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**

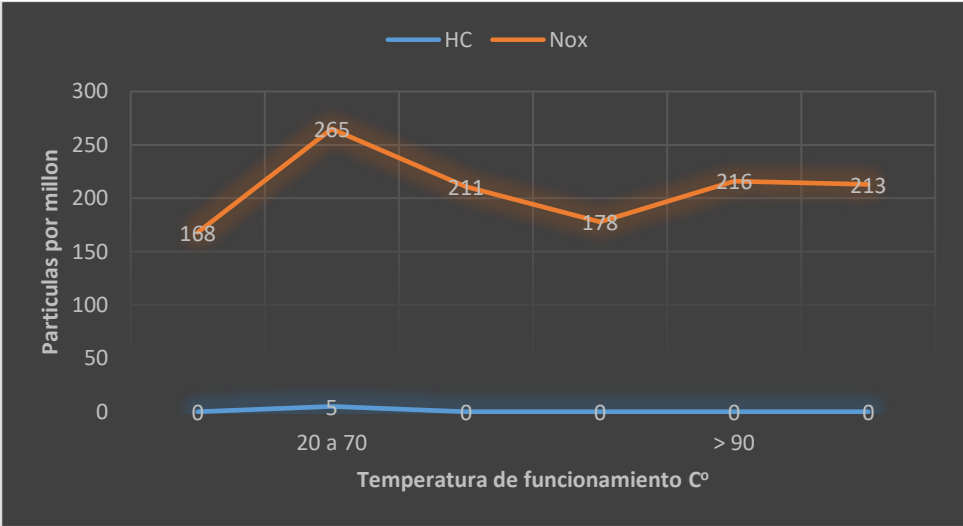


Figura 187 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAF

En los gases de escape a 2000 rpm y a temperatura entre 20 y 70 °C, se evidencia un valor NOx de 265 siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de falla alto (DTC LOW, señal= 0V) para sensor de Masa de Aire (MAF).

**Tabla 101**

**Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC low MAF**

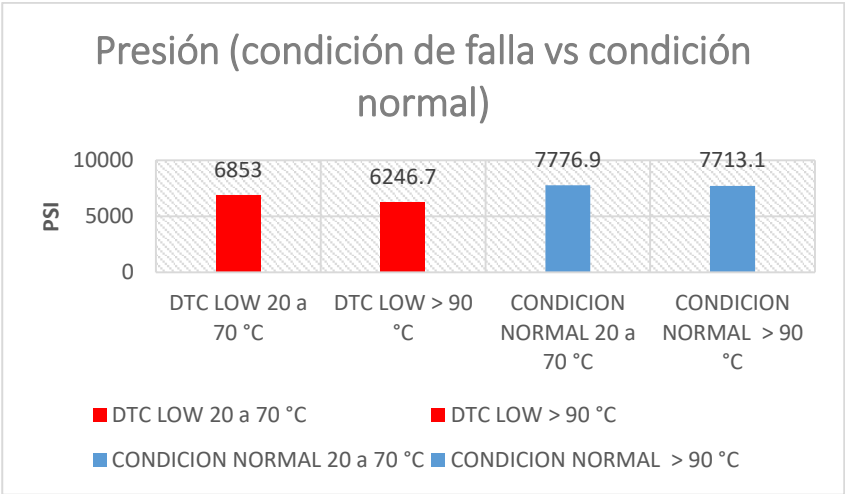
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
Low	20 a 70	Ralentí	5672.4	391.1	1.32	78	8	0.57	0
		2000	6853.0	472.5	1.52	90	4	1.33	19
		3000	10518.1	725.2	1.60	97	2	1.49	25
	> 90	Ralentí	5099.5	351.6	1.32	78	7	0.57	0
		2000	6246.7	430.7	1.4	82	4	1.20	14
		3000	9115.6	628.5	1.67	101	3	1.42	22

**Tabla 102**

**Datos obtenidos con Brain Bee - DTC low MAF**

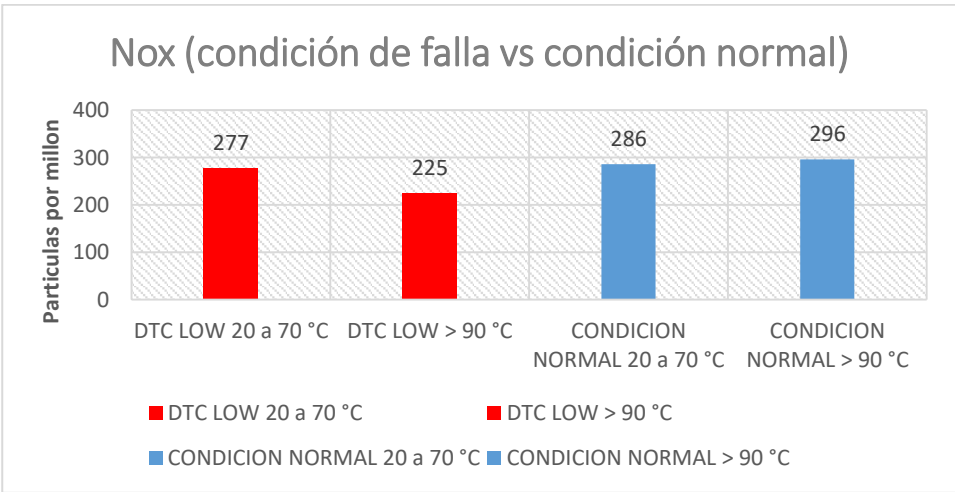
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Low	20 a 70	Ralentí	---	0.04	3.1	0	18.1	244
		2000	---	0.04	2.7	1	16.8	277
		3000	---	0.03	2.6	1	17.4	230
	> 90	Ralentí	---	0.03	2.1	0	19.0	208
		2000	---	0.03	2.2	0	18.1	225
		3000	---	0.03	2.0	0	18.2	219

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 188 Presión (condición de falla low MAF vs condición normal)**

La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 6853 ppm con una diferencia de 860.1 PSI que es una disminución del 11.1 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso se mantiene indistinto frente al tiempo de inyección en condición normal.

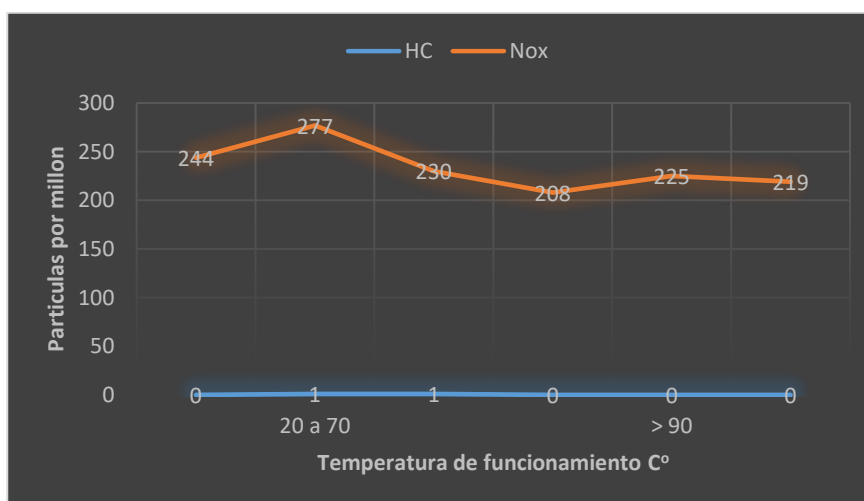


**Figura 189 NOx (condición de falla low MAF vs condición normal)**



La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 277 ppm, con una diferencia de 9 ppm que es una disminución del 3.1% frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 190 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAF**

En los gases de escape a 2000 rpm y a temperatura entre 20 y 70 °C, se evidencia un valor NOx de 277 siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor MAF)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo, permiten establecer el valor real de mezcla estequiométrica (*Proporción A/C real*) con la cual trabaja el motor y además la variación de presión de alimentación.

Tabla 103

## Tabla Presión absoluta del colector sin DTC en sensor MAF.

Régimen motor	Presión sistema de alimentación		Presión absoluta del colector
(rpm)	(psi)	(bar)	(kPa)
Ralentí	5546.2	382.4	78
2000	7776.3	536.2	87
3000	10773.4	742.8	100

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.5$$

Tabla 104

## Resultados de aire-combustible para fallas en MAF

DTC	Régimen motor	Lambda	Proporción AC		Presión sistema alimentación		ΔP
	(rpm)		Real	Teórico	Normal (bar)	DTC (bar)	
Simulac	Ralentí	4.827	69.992	14.5	382.4	380.3	-0.549

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles altos de NOx permiten evidenciar que la ECU disminuye la presión en el riel de inyección un 0.549% al existir un voltaje continuo de 3.0V, y el motor funciona con una mezcla aire-combustible real de 69.9:1.

### c) Sensor ECT

Condición de falla alto (DTC HIGH, señal= 5V) para sensor de Temperatura del Refrigerante (ECT).

**Tabla 105**

**Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC high ECT**

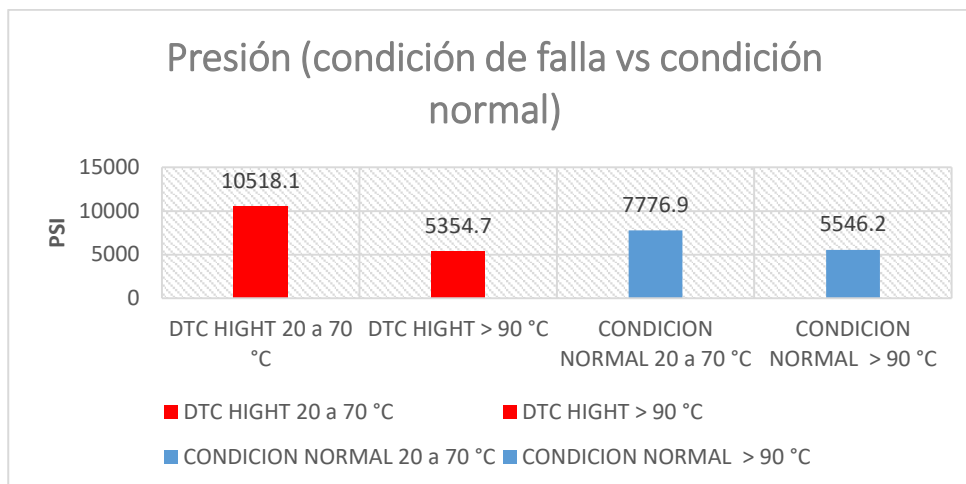
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
High	20 a 70	Ralentí	4588.9	316.4	1.31	77	8	0.57	0
		2000	10518.1	725.2	1.60	96	4	1.40	22
		3000	14534.2	1002.1	1.93	119	3	1.60	29
	> 90	Ralentí	5354.7	369.2	1.32	78	6	0.57	0
		2000	7840.7	540.6	1.39	84	4	1.23	15
		3000	9881.4	681.3	1.56	94	2	1.43	23

**Tabla 106**

**Datos obtenidos con Brain Bee - DTC high ECT**

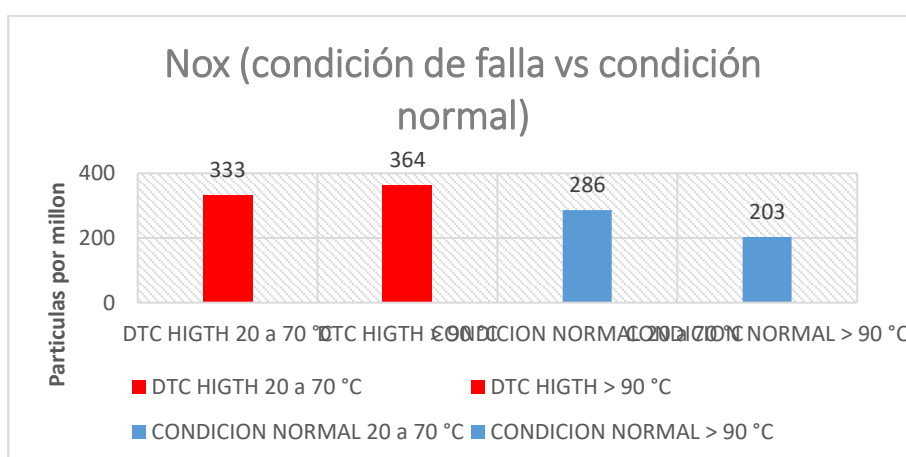
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
High	20 a 70	Ralentí	3.840	0.07	3.3	3	13.6	150
		2000	3.563	0.05	4.0	1	14.8	333
		3000	3.915	0.05	4.2	6	17.6	229
	> 90	Ralentí	---	0.03	3.0	4	17.5	364
		2000	---	0.03	2.6	6	17.0	361
		3000	---	0.03	2.2	0	17.4	299

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 191 Presión (condición de falla high ECT vs condición normal)**

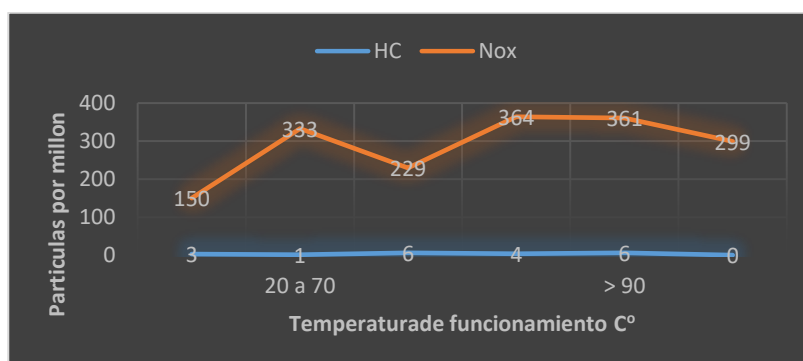
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 10518.1 PSI con una diferencia de 4972.1 PSI que es un aumento del 89.6 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso se mantiene indistinto frente al tiempo de inyección en condición normal.



**Figura 192 NOx (condición de falla high ECT vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 364 ppm, con una diferencia de 161 ppm que es un aumento del 79.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 193 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor ECT**

En los gases de escape a 700 rpm y a temperatura > 90 °C, se evidencia un valor NOx de 364 siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de falla alto (DTC LOW, señal= 0V) para sensor de Temperatura del Refrigerante (ECT).

**Tabla 107**

**Datos obtenidos con el G-scan2 - DTC low ECT**

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
<b>Low</b>	20 a 70	Ralentí	4684.7	323.0	1.30	77	7	0.57	0
		2000	9307.0	641.7	1.57	94	4	1.34	19
		3000	14247.0	982.3	1.76	107	2	1.56	28
	> 90	Ralentí	5418.6	373.6	1.33	78	8	0.57	0
		2000	9466.6	652.7	1.49	89	5	1.39	21
		3000	9784.2	674.6	1.67	101	3	1.41	22

Tabla 108

## Datos obtenidos con Brain Bee- DTC low ECT

ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
		MOTOR						
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Low	20 a 70	Ralentí	4.077	0.05	3.9	1	17.3	275
		2000	3.663	0.05	3.9	1	15.0	333
		3000	3.381	0.11	4.8	4	16.7	288
	> 90	Ralentí	---	0.02	2.9	6	18.3	392
		2000	---	0.02	2.6	6	17.3	382
		3000	---	0.02	2.5	0	17.5	365

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**

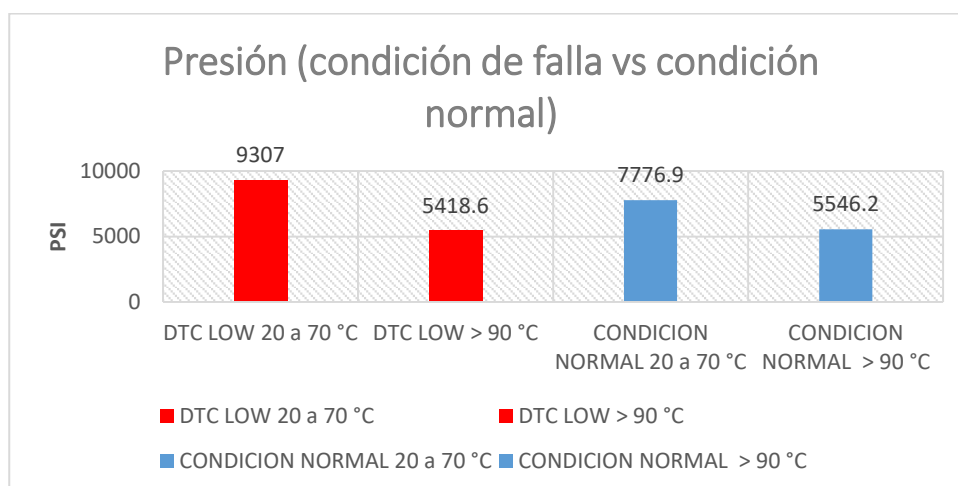
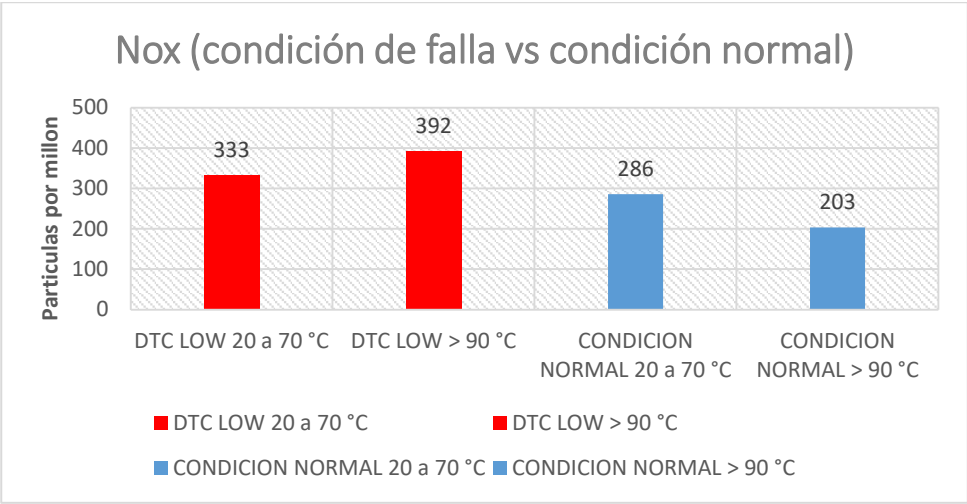


Figura 194 Presión (condición de falla low ECT vs condición normal)

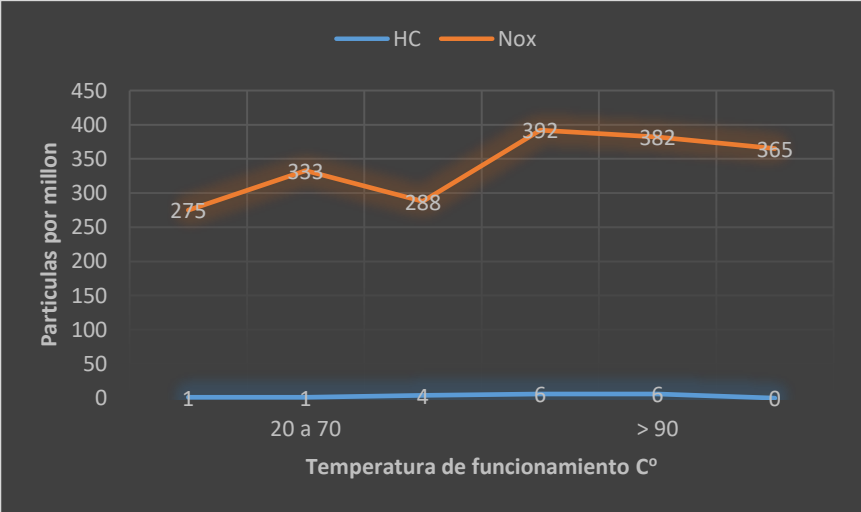
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 9307 PSI con una diferencia de 3760.8 PSI que es un aumento del 40.4 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso se mantiene indistinto frente al tiempo de inyección en condición normal.



**Figura 195 NOx (condición de falla high ECT vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 392 ppm, con una diferencia de 189 ppm que es un aumento del 93.1 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 196 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor ECT**

En los gases de escape a 700 rpm y a temperatura > 90 °C, se evidencia un valor NOx de 392 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor ECT)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo, permiten establecer el valor real de mezcla estequiométrica (*(Proporción A/C) real*) con la cual trabaja el motor y además la variación de presión de alimentación.

**Tabla 109**

**Tabla Presión absoluta del colector sin DTC.**

Régimen motor	Presión sistema de alimentación		Presión absoluta del colector
(rpm)	(psi)	(bar)	(kPa)
Ralentí	5546.2	382.4	78
2000	7776.3	536.2	87
3000	10773.4	742.8	100

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.5$$



**Tabla 110**  
**Resultados de aire-combustible para fallas en ECT**

DTC	Régimen motor (rpm)	Lambda	Proporción A/C		Presión sistema alimentación		$\Delta P$ (%)
			Real	Teórico	Normal (bar)	DTC (bar)	
High	2000	3.563	51.664	14.5	536.2	725.2	35.248

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles altos de NO<sub>x</sub> permiten evidenciar que la ECU aumenta la presión en el riel de inyección un 35.25% al existir un DTC HIGH, y el motor funciona con una mezcla aire-combustible real de 51.66:1.

#### 4.2.3 Pruebas en condiciones de falla combinada entre sensores e inyector

##### a) Sensor MAP - Inyector

Condición de falla: sensor MAP HIGH, señal= 5V e Inyector Desconectado.

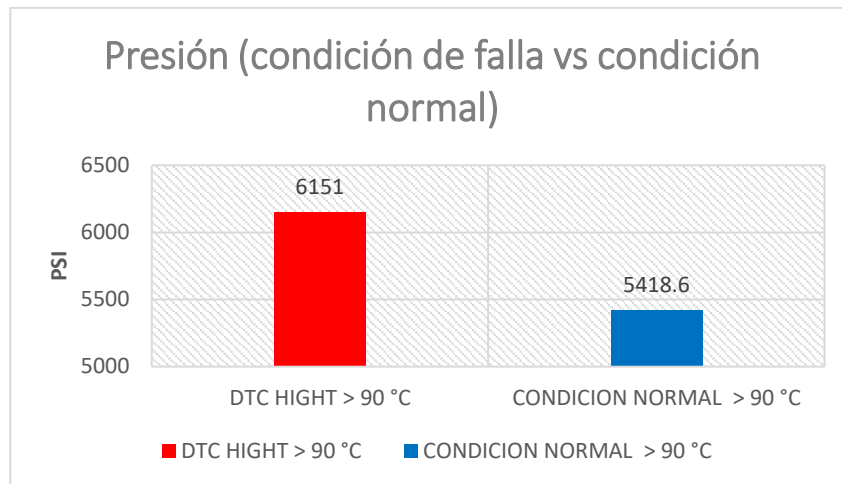
**Tabla 111**  
**Datos obtenidos con el G-scan2 –falla en MAP e inyector**

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI) (Bar)	(V) (kPa)	(ms)	(V) (%)
High	> 90	Ralentí	6151.0 424.1	5.12 255	7	0.57 0
		2000	7425.9 512.0	5.12 255	4	1.21 15
		3000	9051.8 624.1	5.12 255	3	2.56 66

**Tabla 112**  
**Datos obtenidos con Brain Bee falla en MAP e inyector**

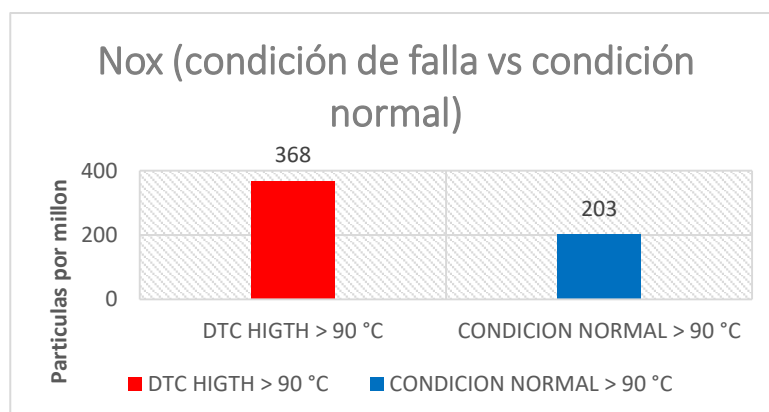
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)	(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)	
High	> 90	Ralentí	---	0.02	2.6	2	17.4	368
		2000	---	0.05	2.6	5	18.3	121
		3000	---	0.02	2.2	0	18.3	315

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 197 Presión (condición de falla high MAP-inyector desconectado vs condición normal)**

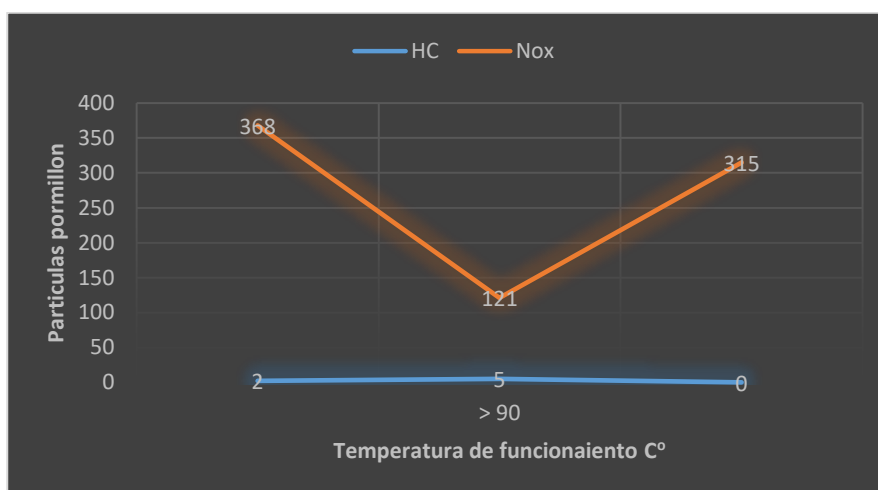
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 6151 PSI con una diferencia de 732.4 PSI que es un aumento del 13.51 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 7 ms presentando una disminución a 6 ms en condición normal.



**Figura 198 NOx (condición de falla high MAP-inyector desconectado vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 368 ppm, con una diferencia de 165 ppm que es un aumento del 81.2 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 199 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAP, inyector desconectado**

En los gases de escape a 700 rpm y a temperatura > 90 °C, se evidencia un valor NOx de 368 siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de falla: sensor MAP LOW, señal= 0V e Inyector Desconectado.

**Tabla 113**  
**Datos obtenidos con el G-scan2 low MAP e inyector**

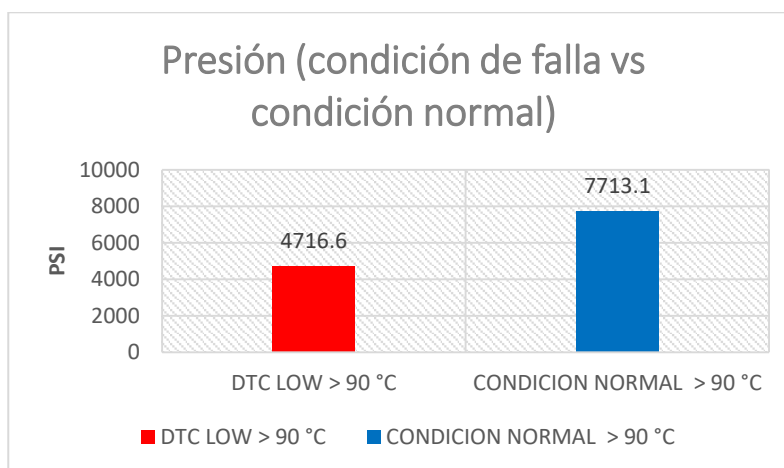
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
Low	> 90	Ralentí	4652.8	320.8	4.83	255	9	0.57	0
		2000	4716.6	325.2	4.83	255	5	1.3	18
		3000	7298.2	503.2	4.83	255	4	2.48	64

Tabla 114

## Datos obtenidos con Brain Bee low MAP e inyector

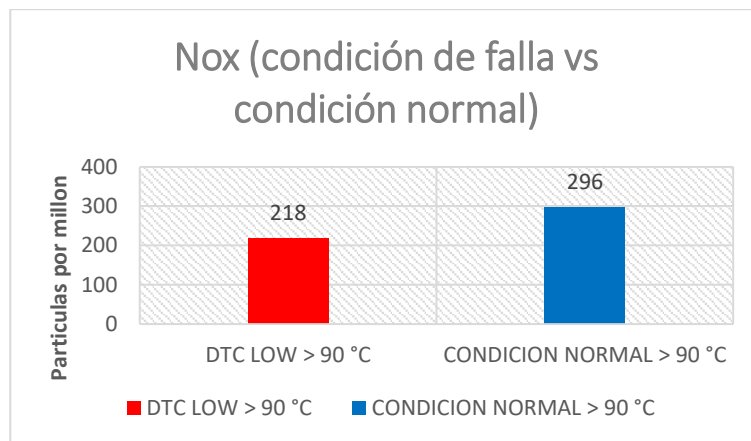
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
		MOTOR						
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Low	> 90	Ralentí	---	0.02	2.1	0	18.6	204
		2000	---	0.02	2.1	0	17.8	218
		3000	4.404	0.28	3.3	6	17.5	175

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 200 Presión (condición de falla low MAP-inyector desconectado vs condición normal)**

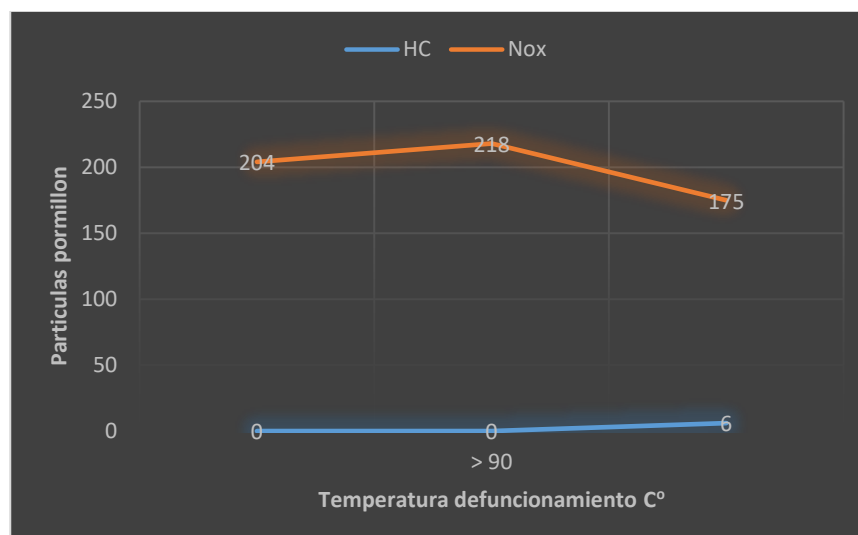
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 4716.6 PSI con una diferencia de 2996.5 PSI que es una disminución del 38.8 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 5 ms presentando un aumento frente a los 3 ms en condición normal.



**Figura 201 NOx (condición de falla low MAP-inyector desconectado vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 218 ppm, con una diferencia de 78 ppm que es un aumento del 26.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 202 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAP, inyector desconectado**

En los gases de escape a 2000 rpm y a temperatura  $> 90^{\circ}\text{C}$ , se evidencia un valor  $\text{NO}_x$  de 218 ppm siendo así un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor MAP)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo, permiten establecer el valor real de mezcla estequiométrica (*(Proporción A/C) real*) con la cual trabaja el motor y además la variación de presión de alimentación.

**Tabla 115**

**Tabla Presión absoluta del colector sin DTC.**

Régimen motor (rpm)	Presión sistema de alimentación		Presión absoluta del colector
	(psi)	(bar)	(kPa)
Ralentí	5546.2	382.4	78
2000	7776.3	536.2	87
3000	10773.4	742.8	100

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(\text{Proporción A/C}) \text{ real}}{(\text{Proporción A/C}) \text{ teórico}}$$

$$(\text{Proporción A/C}) \text{ real} = \lambda * (\text{Proporción A/C}) \text{ teórico}$$

$$(\text{Proporción A/C}) \text{ real} = \lambda * 14.5$$

Tabla 116

## Resultados de aire-combustible para fallas en MAP e inyector

DTC	Régimen motor	Lambda	Proporción AC		Presión sistema alimentación		$\Delta P$
	(rpm)		Real	Teórico	Normal (bar)	DTC (bar)	
Low	3000	4.404	63.858	14.5	742.8	503.2	-32.26

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles altos de NOx permiten evidenciar que la ECU disminuye la presión en el riel de inyección un 32.26% al existir un DTC LOW, y el motor funciona con una mezcla aire-combustible real de 63.86:1.

## b) Sensor MAF - Inyector

Condición de falla: sensor MAF HIGHT, señal= 5V e Inyector Desconectado.

Tabla 117

## Datos obtenidos con el G-scan2 -high MAF e inyector

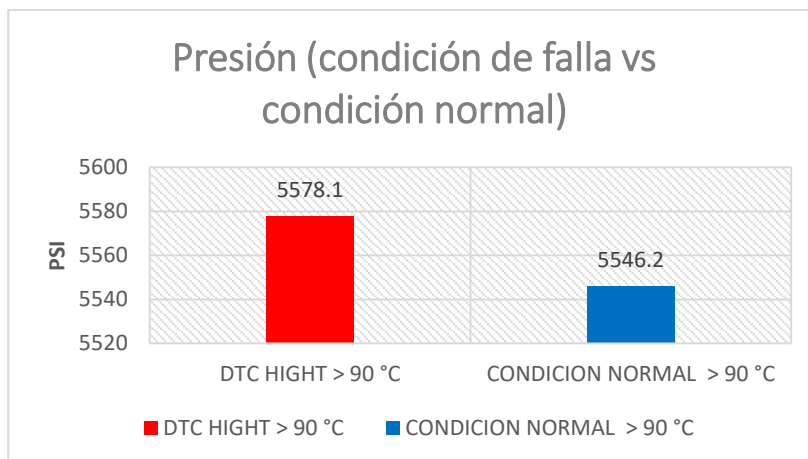
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN		PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR		TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR	
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
High	> 90	Ralentí	5578.1	384.6	1.33	78	6	0.56	0
		2000	7266.3	501.0	1.55	93	5	1.33	19
		3000	10581.9	729.6	1.69	102	3	1.49	25

Tabla 118

## Datos obtenidos con Brain Bee high MAF e inyector

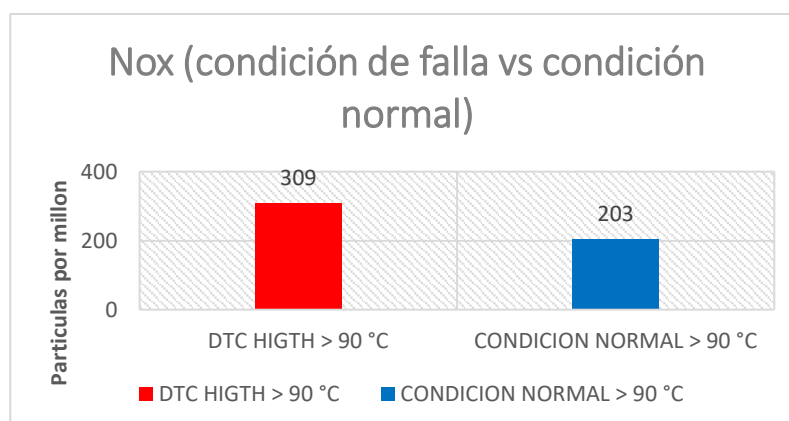
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
High	> 90	Ralentí	---	0.02	2.7	0	17.6	309
		2000	---	0.02	2.2	0	17.5	268
		3000	---	0.02	2.1	0	17.6	253

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 203 Presión (condición de falla high MAF-inyector desconectado vs condición normal)**

La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 5578.1 PSI con una diferencia de 31.9 PSI que es un aumento del 0.57 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es indistinto frente a las condiciones normales

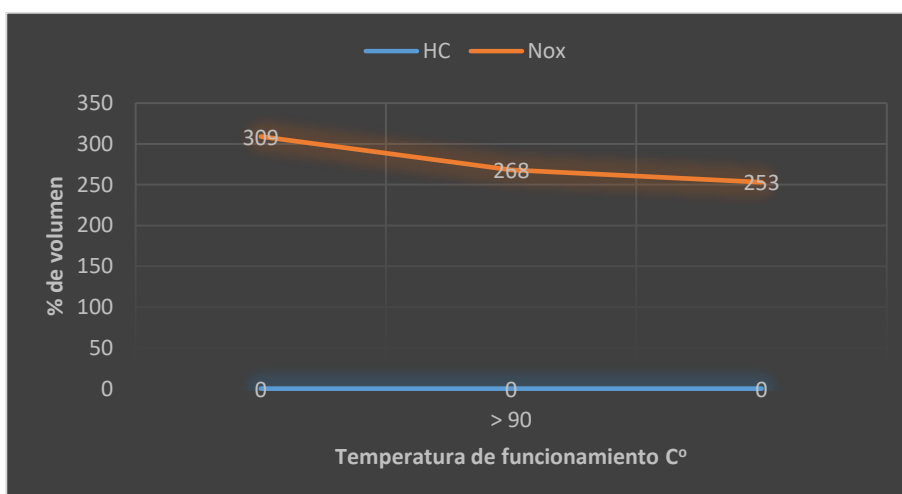


**Figura 204 NOx (condición de falla high MAF-inyector desconectado vs condición normal)**



La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 309 ppm, con una diferencia de 106 ppm que es un aumento del 52.1 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 205 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor MAF, inyector desconectado**

En los gases de escape a 700 rpm y a temperatura > 90 °C, se evidencia un valor NOx de 309 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de falla: sensor MAF LOW, señal= 0V e Inyector Desconectado.

**Tabla 119**  
**Datos obtenidos con el G-scan2 -low MAF e inyector**

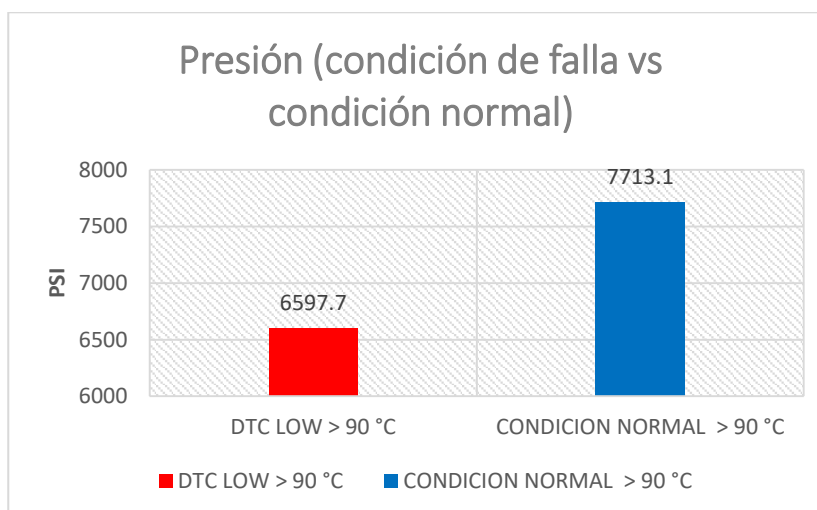
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
Low	> 90	Ralentí	5768.1	397.7	1.33	78	5	0.57	0
		2000	6597.7	454.9	1.51	91	4	1.24	15
		3000	11220.1	773.6	1.80	109	3	1.50	25

Tabla 120

## Datos obtenidos con Brain Bee low MAF e inyector

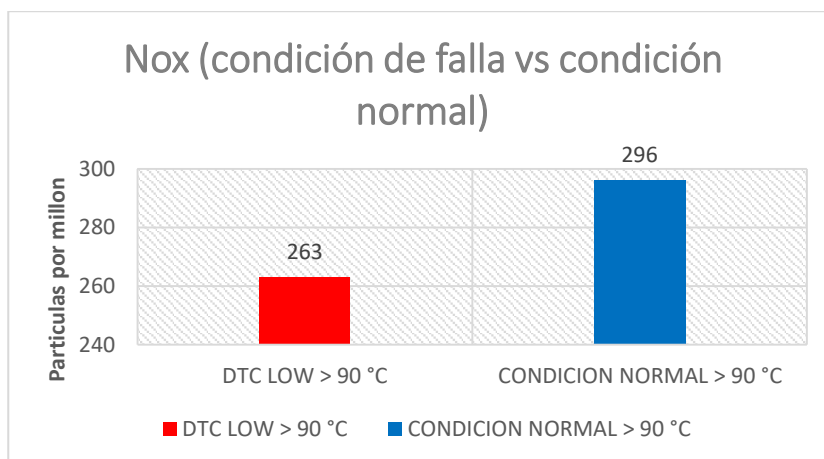
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Low	> 90	Ralentí	---	0.02	2.1	0	18.6	251
		2000	---	0.02	2.1	0	18.1	263
		3000	---	0.02	2.1	0	18.2	257

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 206 Presión (condición de falla low MAF-inyector desconectado vs condición normal)**

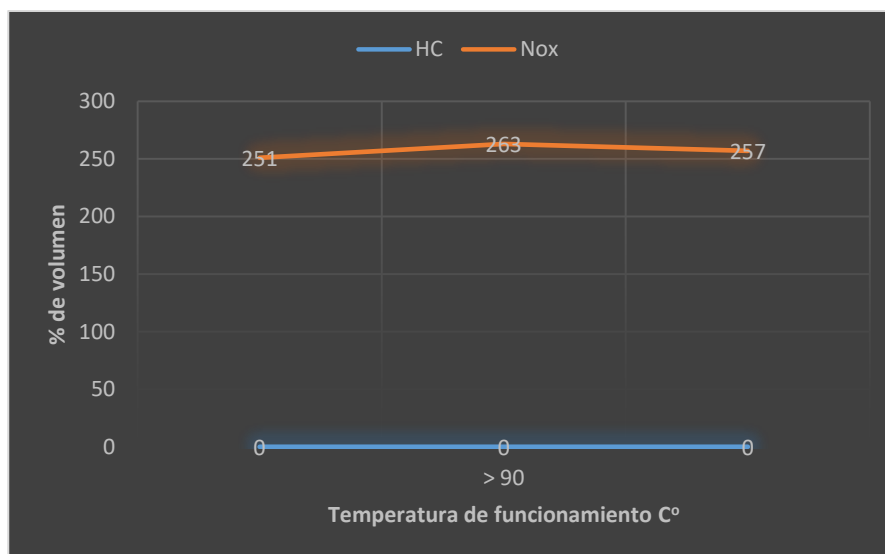
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 6597.7 PSI con una diferencia de 1115.4 PSI que es una disminución del 14.4 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 4 ms presentando un aumento frente a los 3ms en condiciones normales.



**Figura 207 NOx (condición de falla low MAF-inyector desconectado vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 309 ppm, con una diferencia de 33 ppm que es una disminución del 11.1 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 208 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor MAF, inyector desconectado**

En los gases de escape a 2000 rpm y a temperatura > 90 °C, se evidencia un valor NOx de 263 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

### c) Sensor ECT - Inyector

Condición de falla: sensor ECT HIGH, señal= 5V e Inyector Desconectado.

**Tabla 121**

#### Datos obtenidos con el G-scan2 -high ECT e inyector

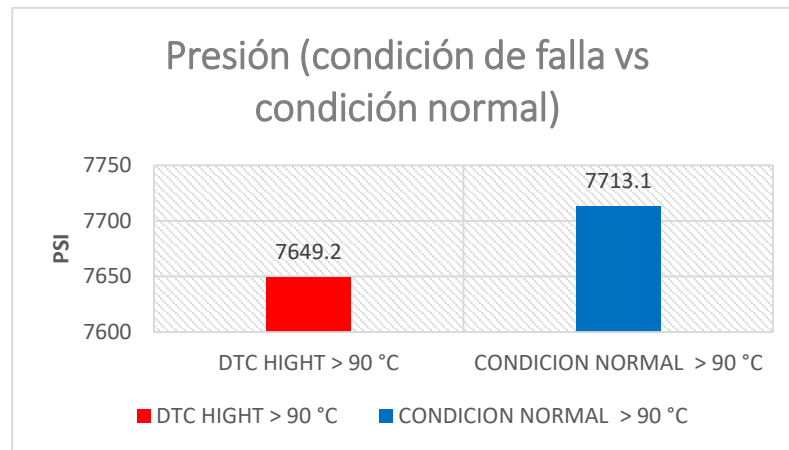
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN		PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO		TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR	
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
High	> 90	Ralentí	5927.6	408.7	1.33	78	9	0.57	0
		2000	7649.2	527.4	1.55	94	5	1.24	15
		3000	10837.2	747.2	1.68	100	2	1.47	24

**Tabla 122**

#### Datos obtenidos con Brain Bee high ECT e inyector

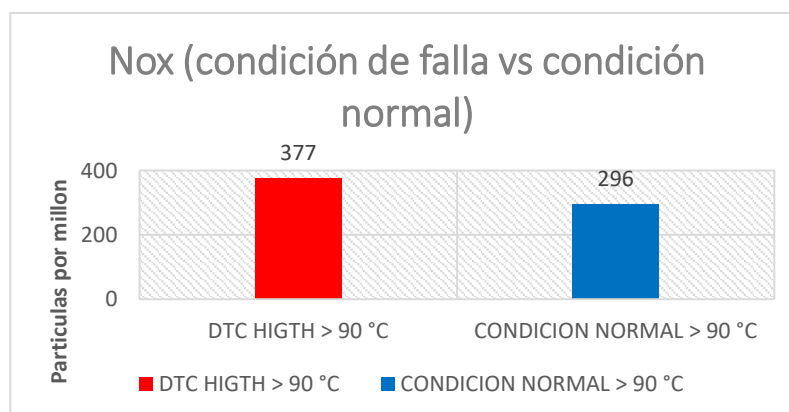
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
High	> 90	Ralentí	---	0.02	2.6	3	18.8	360
		2000	---	0.02	2.5	5	17.5	377
		3000	---	0.02	2.4	0	17.6	358

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 209 Presión (condición de falla high ECT-inyector desconectado vs condición normal)**

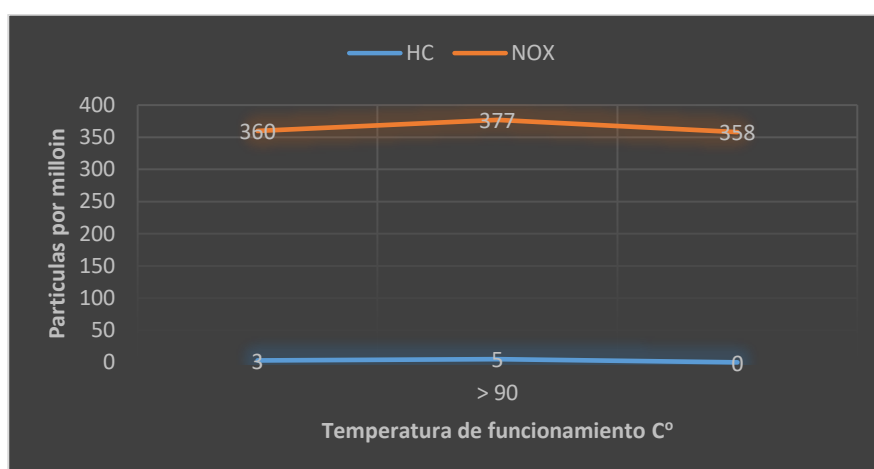
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 7649.2 PSI con una diferencia de 63.9 PSI que es una disminución del 0.82 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 5 ms presentando un aumento frente a los 3 ms en condiciones normales.



**Figura 210 NOx (condición de falla high ECT-inyector desconectado vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 377 ppm, con una diferencia de 81 ppm que es un aumento del 27.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 211 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC high sensor ECT, inyector desconectado**

En los gases de escape a 700 rpm y a temperatura > 90 °C, se evidencia un valor NOx de 377 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de falla: sensor ECT LOW, señal= 0V e Inyector Desconectado.

**Tabla 123**

**Datos obtenidos con el G-scan2 -low ECT e inyector**

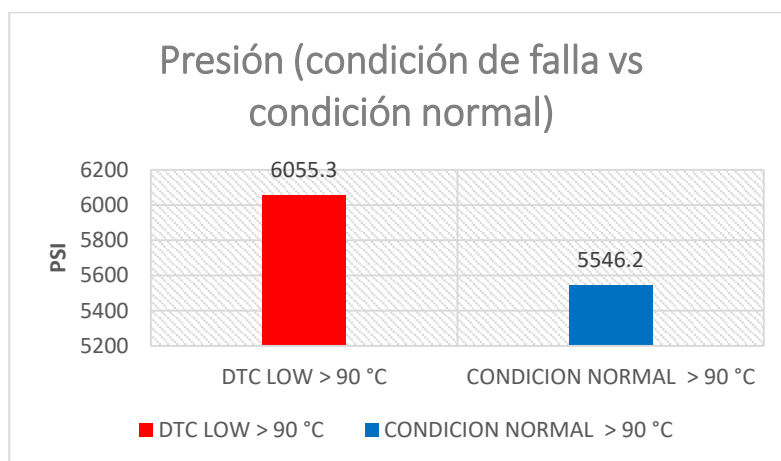
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
DTC	(°C)	(RPM)	(PSI) (Bar)	(V) (kPa)	(ms)	(V) (%)			
Low	> 90	Ralentí	6055.3	417.5	1.33	79	8	0.57	0
		2000	8446.9	582.4	1.41	84	5	1.31	18
		3000	10518.1	725.2	1.64	101	3	1.45	24

Tabla 124

## Datos obtenidos con Brain Bee low ECT e inyector

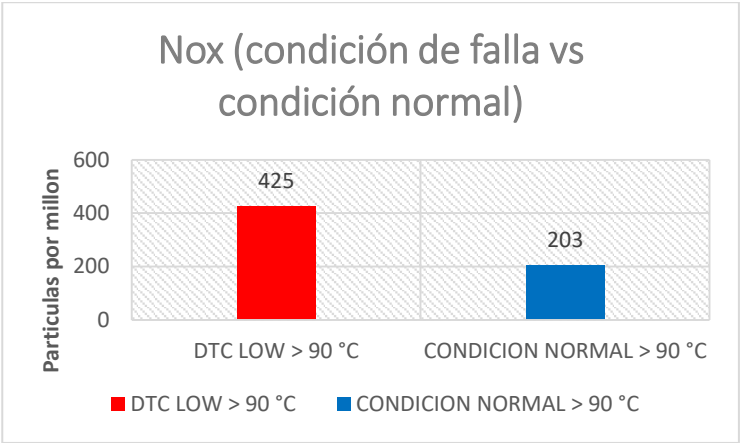
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
Low	> 90	Ralentí	---	0.02	2.9	4	17.4	425
		2000	---	0.02	2.6	7	17.4	392
		3000	---	0.02	2.5	0	17.6	374

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 212 Presión (condición de falla low ECT-inyector desconectado vs condición normal)**

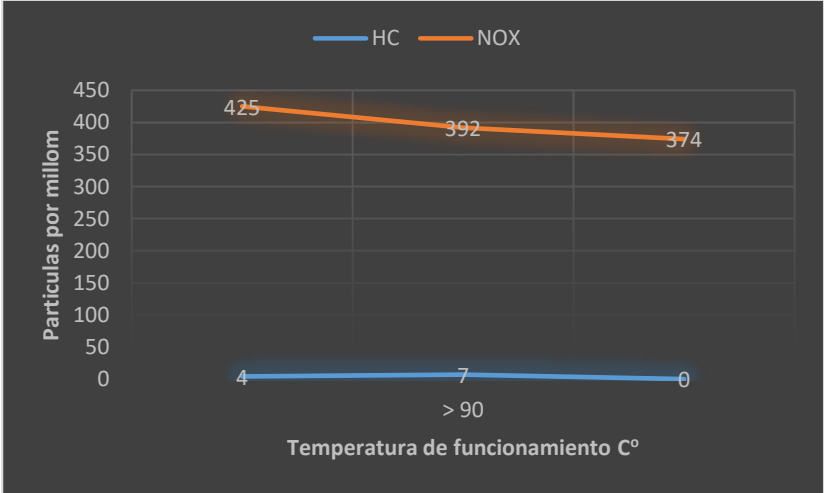
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 6055.3 PSI con una diferencia de 509.1 PSI que es un aumento del 9.17 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso máximo es de 8 ms presentando un aumento frente a los 6 ms en condiciones normales.



**Figura 213 NOx (condición de falla low ECT-inyector desconectado vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 425 ppm, con una diferencia de 222 ppm que es un aumento del 52.2 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 214 Gráfica de gases en partículas por millón- DTC low sensor ECT, inyector desconectado**



En los gases de escape a 700 rpm y a temperatura > 90 °C, se evidencia un valor NOx de 425 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

#### 4.2.4 Pruebas en condiciones de falla mediante señal simulada

##### a) Sensor de Presión del Riel de Combustible ICP o FRP

Condición de simulación sensor FRP: señal de voltaje de 1.3 V

Tabla 125

##### Datos obtenidos con el G-scan2 - simulación de 1.3V FRP

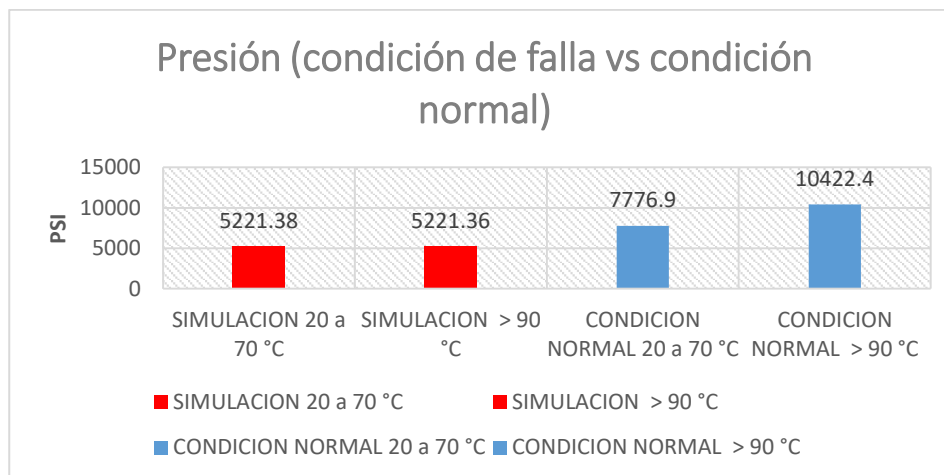
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN		PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO		TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR	
simulación	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
1.3 V	20 a 70	Ralentí	5221.36	360	1.31	77	5	0.57	0
		2000	5221.36	360	1.32	78	4	1.6	22
		3000	5221.36	360	1.33	78	2	0.57	28
	> 90	Ralentí	5221.36	360	1.32	78	9	1.43	0
		2000	5221.36	360	1.48	87	5	1.45	23
		3000	5221.36	360	1.77	108	3	0.57	24

Tabla 126

##### Datos obtenidos con Brain Bee- simulación de 1.3V FRP

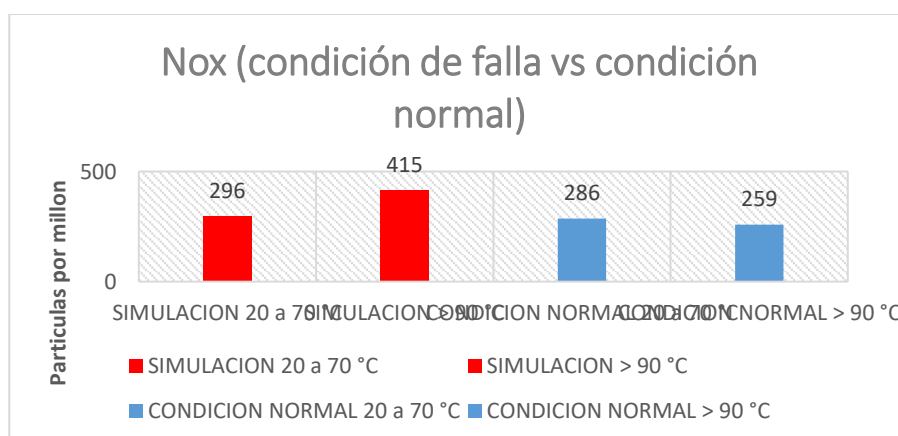
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
simulación	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
1.3 V	20 a 70	Ralentí	---	0.09	2.8	0	19.5	236
		2000	---	0.05	2.8	2	16.9	296
		3000	---	0.05	2.6	8	16.7	226
	> 90	Ralentí	---	0.02	2.4	0	17.8	272
		2000	---	0.02	2.4	0	17.5	271
		3000	4.793	0.33	2.7	10	16.6	415

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 215 Presión (condición de simulación 1.3V en FRP vs condición normal)**

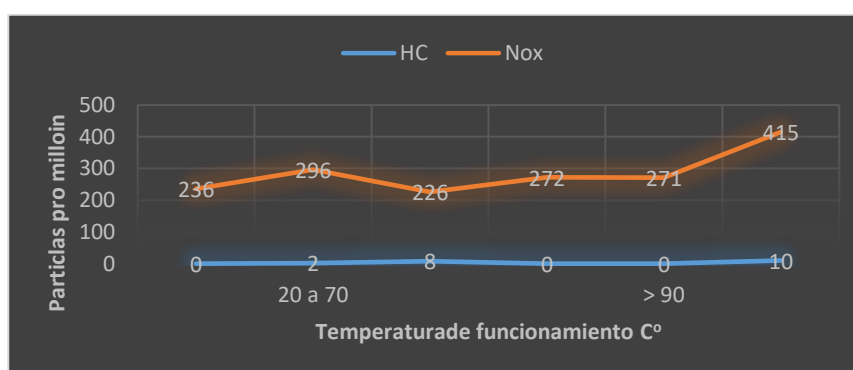
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 5221.38 PSI con una diferencia de 2555.52 PSI que es una disminución del 32.8 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso se mantiene indistinto frente al tiempo de inyección en condición normal.



**Figura 216 NOx (condición de simulación 1.3V en FRP vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 415 ppm, con una diferencia de 156 ppm que es un aumento del 37.59 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 217 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación 1.3V en FRP**

En los gases de escape a 3000 rpm y a temperatura > 90 °C, se evidencia un valor NOx de 415 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

Condición de simulación sensor FRP: señal de voltaje de 1.5 V

**Tabla 127**  
**Datos obtenidos con el G-scan2 - simulación 1.5V FRP**

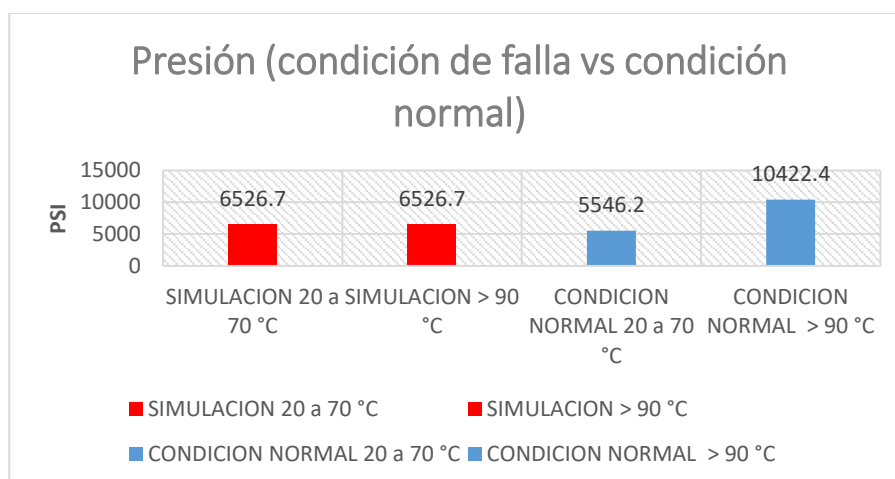
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR	
simulación	(°C)	(RPM)	(PSI) (Bar)	(V) (kPa)	(ms)	(V) (%)	
1.5 V	20 a 70	Ralentí	6526.7	450	1.39 84	8 0.57	0
		2000	6526.7	450	1.51 91	6 1.32	19
		3000	6526.7	450	1.39 94	6 1.41	22
	> 90	Ralentí	6526.7	450	1.32 78	6 0.57	0
		2000	6526.7	450	1.55 93	4 1.4	22
		3000	6526.7	450	1.8 110	4 1.43	23

Tabla 128

## Datos obtenidos con Brain Bee- simulación 1.5V FRP

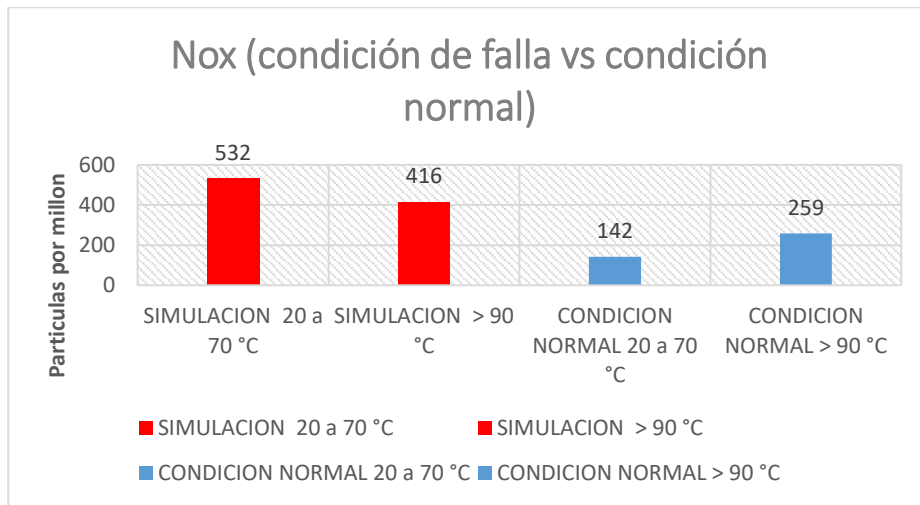
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Simulación	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
1.5 V	20 a 70	Ralentí	4.495	0.06	3.2	8	16.2	532
		2000	4.479	0.07	3.2	8	16.2	523
		3000	4.670	0.06	3.1	7	16.5	515
	> 90	Ralentí	---	0.06	2.8	1	16.8	200
		2000	---	0.09	2.7	9	16.9	141
		3000	3.747	0.41	3.7	5	16.3	416

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 218 Presión (condición de simulación 1.5V en FRP vs condición normal)**

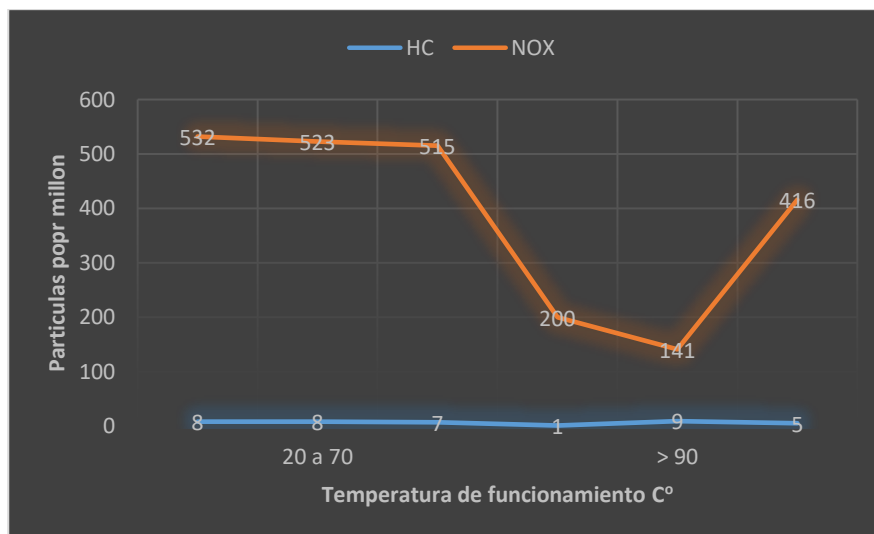
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 6526.7 PSI con una diferencia de 3895.7 PSI que es una disminución del 37.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso máximo es de 2 ms presentando una disminución frente a los 4 ms en condición normal.



**Figura 219 NOx (condición de simulación 1.5V en FRP vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 532 ppm, con una diferencia de 273 ppm que es un aumento del 105.4 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 220 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación 1.5V en FRP**

En los gases de escape a 700 rpm y a una temperatura entre 20 a 70 °C, se evidencia un valor NOx de 532 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

- **Análisis comportamiento del motor (para fallas en sensor FRP)**

Los datos obtenidos con el scanner G-Scann2 y el valor Lambda calcula por el analizador de gases Brain Bee al realizar pruebas con el vehículo, permiten establecer el valor real de mezcla estequiométrica (*(Proporción A/C) real*) con la cual trabaja el motor y además la variación de presión de alimentación.

**Tabla 129**

**Tabla Presión absoluta del colector sin DTC en FRP**

<b>Régimen motor</b>	<b>Presión sistema de alimentación</b>	<b>Presión absoluta del colector</b>
<b>(rpm)</b>	<b>(psi)</b>	<b>(bar)</b>
Ralentí	5546.2	382.4
2000	7776.3	536.2
3000	10773.4	742.8

Cálculo de proporción aire/combustible real admitido, despejando de la fórmula de factor lambda:

$$\lambda = \frac{(Proporción A/C) real}{(Proporción A/C) teórico}$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * (Proporción A/C) teórico$$

$$(Proporción A/C) real = \lambda * 14.5$$

**Tabla 130**  
**Resultados de aire-combustible para fallas en FRP e inyector**

DTC	Régimen motor	Lambda	Proporción A/C		Presión sistema alimentación		$\Delta P$
	(rpm)		Real	Teórico	Normal (bar)	DTC (bar)	
Simulac	Ralentí	4.495	65.178	14.5	382.4	450	17.678

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta los niveles altos de NOx permiten evidenciar que la ECU aumenta la presión en el riel de inyección un 17.678% al existir un voltaje continuo de 1.3V, y el motor funciona con una mezcla aire-combustible real de 65.18:1.

### b) Sensor ECT

Condición de simulación sensor ECT: señal de voltaje de 2.2 V (40°C)

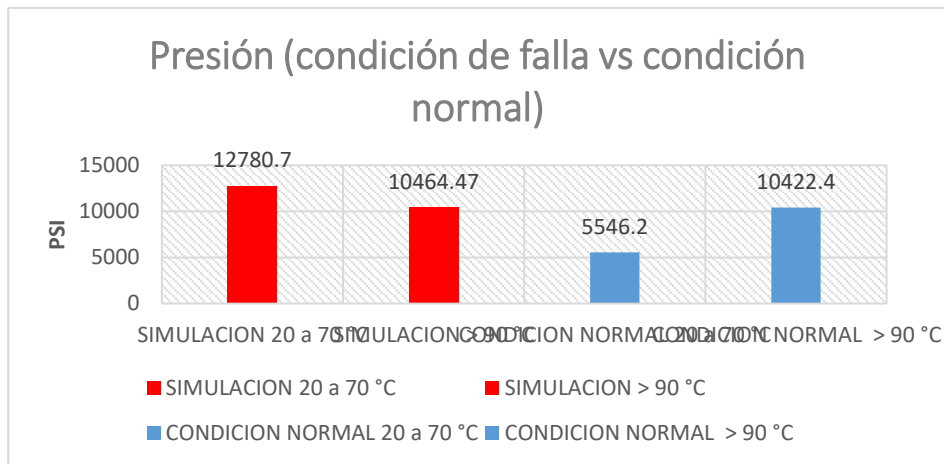
**Tabla 131**  
**Datos obtenidos con el G-scan2 - simulación de 2.2V ECT**

ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
	(°C)	(RPM)	(PSI)	(V)	(ms)	(V)			
simulación 2.2 V (40°C)	20 a 70	Ralentí	12780.7	381.2	1.32	78	6	0.57	0
		2000	7760.96	535.1	1.4	82	4	1.31	18
		3000	10744.39	740.8	1.65	98	2	1.45	24
	> 90	Ralentí	5546.24	382.4	1.32	78	5	0.57	0
		2000	7655.09	527.8	1.44	84	3	1.25	15
		3000	10464.47	721.5	1.67	101	2	1.5	25

**Tabla 132**  
**Datos obtenidos con Brain Bee- simulación de 2.2V ECT**

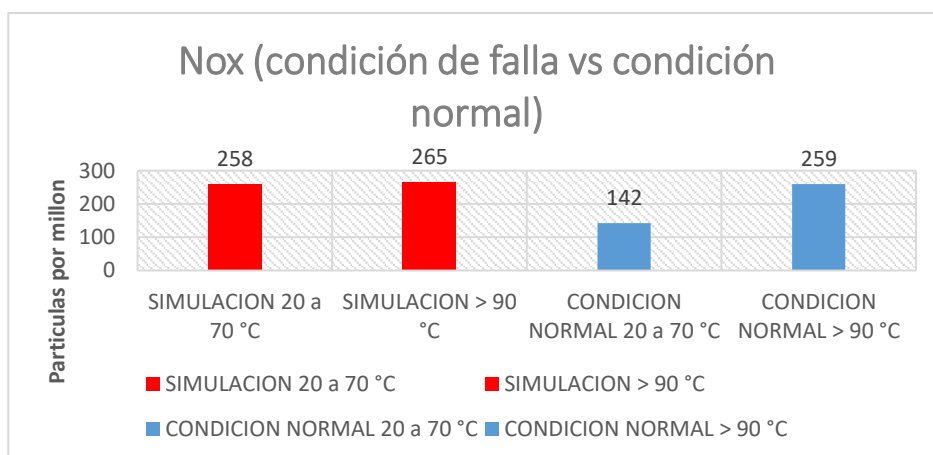
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
simulación 2.2 V (40°C)	20 a 70	Ralentí	4.334	0.07	3.6	4	17.4	258
		2000	4.545	0.07	3.1	7	16.0	255
		3000	4.925	0.07	2.9	5	16.6	222
	> 90	Ralentí	---	0.04	2.1	0	18.6	241
		2000	---	0.04	2.1	0	18.0	256
		3000	---	0.03	2.0	0	18.2	265

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 221 Presión (condición de simulación 2.2V en ECT vs condición normal)**

La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 12780.7 PSI con una diferencia de 7234.5 PSI que es un aumento del 130.4 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 6 ms presentando una disminución frente a los 7 ms en condición normal.

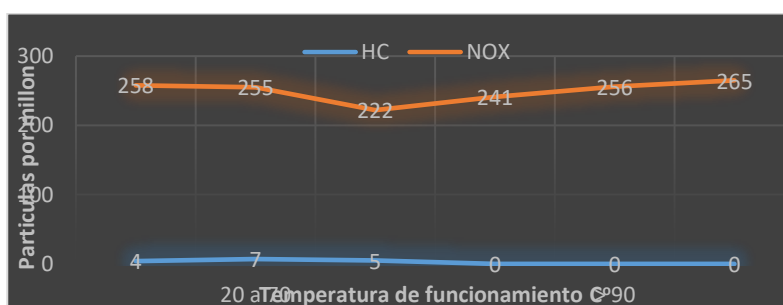


**Figura 222 NOx (condición de simulación 2.2V en ECT vs condición normal)**



La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 265 ppm, con una diferencia de 9 ppm que es un aumento del 2.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 223 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación 2.2V en ECT**

En los gases de escape a 3000 rpm y a una temperatura mayor a 90 °C, se evidencia un valor NOx de 265 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

### c) Sensor ECT - Inyector

Condición de simulación: señal de voltaje de 2.2 V (40°C) sensor ECT e Inyector desconectado

**Tabla 133**

**Datos obtenidos con el G-scan2 -simulación de 2.2V ECT e inyector**

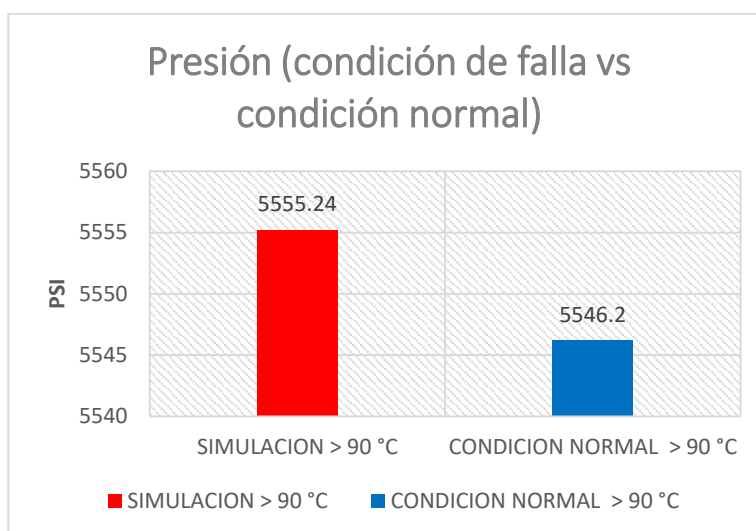
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTRO	TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR			
simulación	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
2.2 V	> 90	Ralentí	5555.24	382.4	1.49	89	5	0.57	0
(40°C)		2000	7655.09	527.8	1.65	98	4	1.3	16
		3000	10464.47	721.5	1.7	107	3	1.5	25

Tabla 134

### Daros obtenidos con Brain Bee-simulación 2.2V ECT e inyector

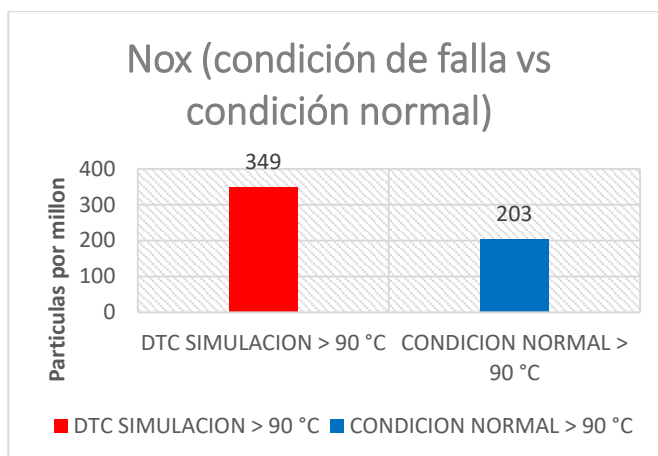
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
		MOTOR						
simulación	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
2.2 V (40°C)	> 90	Ralentí	---	0.02	2.6	5	18.7	349
		2000	---	0.03	2.2	0	17.8	293
		3000	---	0.02	2.1	0	18.0	286

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 224 Presión (condición de simulación de 2.2V sensor ECT e inyector desconectado vs condición normal)**

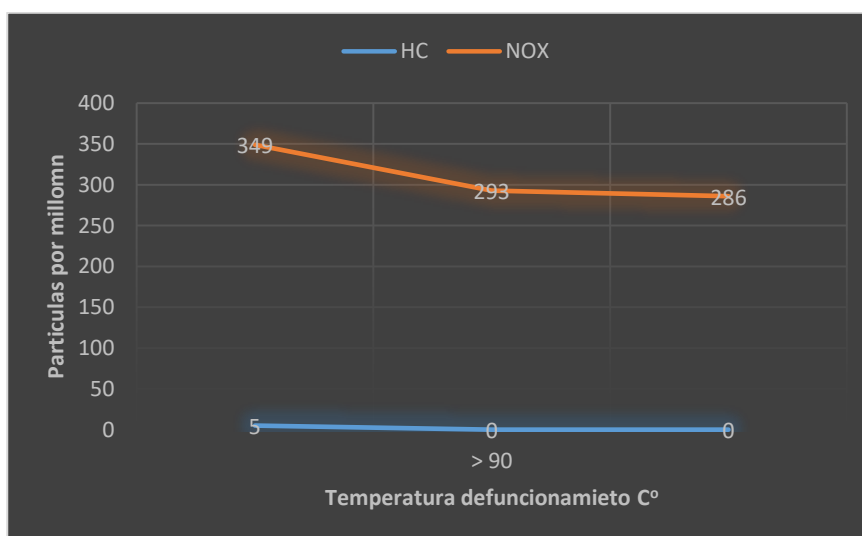
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 5555.24 PSI con una diferencia de 9.04 PSI que es un aumento del 0.16 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 5 ms presentando una disminución frente a los 6 ms en condiciones normales.



**Figura 225 NOx (condición de falla simulación de 2.2V sensor ECT e inyector desconectado vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura mayor de 90 °C y es de 349 ppm, con una diferencia de 146 ppm que es un aumento del 71.92 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 226 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación 2.2V en ECT e inyector desconectado**

En los gases de escape a 700 rpm y a una temperatura mayor a 90 °C, se evidencia un valor NOx de 349 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

#### d) Sensor MAF

Condición de simulación en sensor MAF: señal de voltaje de 3.0 V

**Tabla 135**

#### Datos obtenidos con el G-scan2 - simulación 3.0V MAF

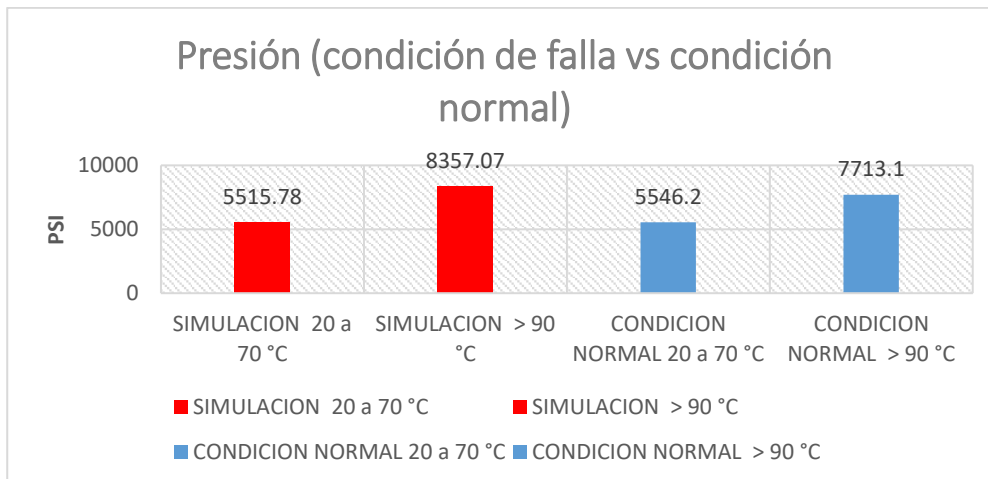
ESTADO	TEMP.	REGIMEN MOTOR	PRESIÓN RIEL DE ALIMENTACIÓN		PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR		TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR	
simulación	(°C)	(RPM)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
3.0 V	20 a 70	Ralentí	5515.78	380.3	1.32	78	5	0.57	0
		2000	7788.53	537	1.48	87	3	1.27	16
		3000	10816.91	745.8	1.77	108	2	1.45	24
	> 90	Ralentí	6531.05	450.3	1.33	79	8	0.57	0
		2000	8357.07	576.2	1.56	94	4	1.33	19
		3000	12541.41	864.7	1.49	89	2	1.54	27

**Tabla 136**

#### Datos obtenidos con Brain Bee - simulación 3.0V MAF

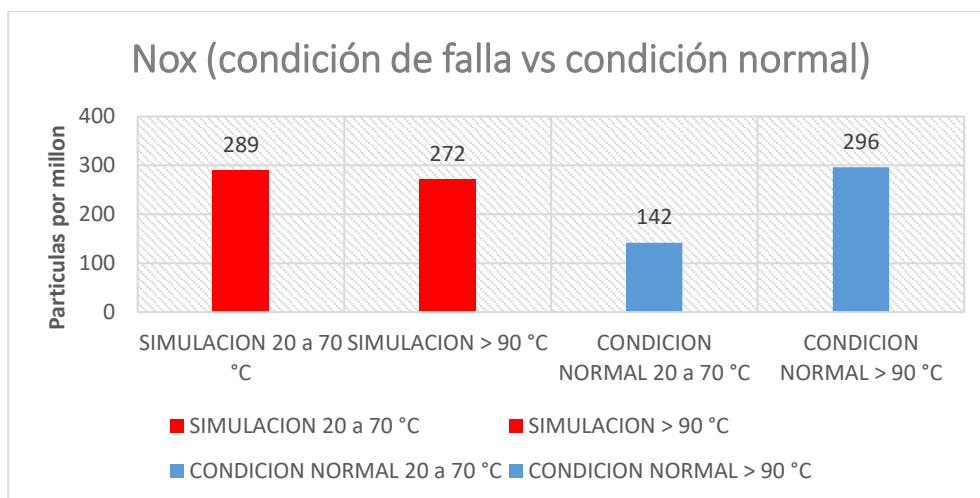
ESTADO	TEMPERATURA	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
simulación	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)
3.0 V	20 a 70	Ralentí	4.827	0.06	3.2	0	17.7	289
		2000	---	0.06	2.8	2	16.9	268
		3000	---	0.06	2.6	2	17.6	236
	> 90	Ralentí	---	0.03	2.1	0	17.9	268
		2000	---	0.03	2.1	0	17.9	272
		3000	---	0.03	2.2	0	18.2	270

- **Análisis de datos entre condición de falla y condiciones normales en función al valor pico NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 227 Presión (condición de simulación 3.0V en MAF vs condición normal)**

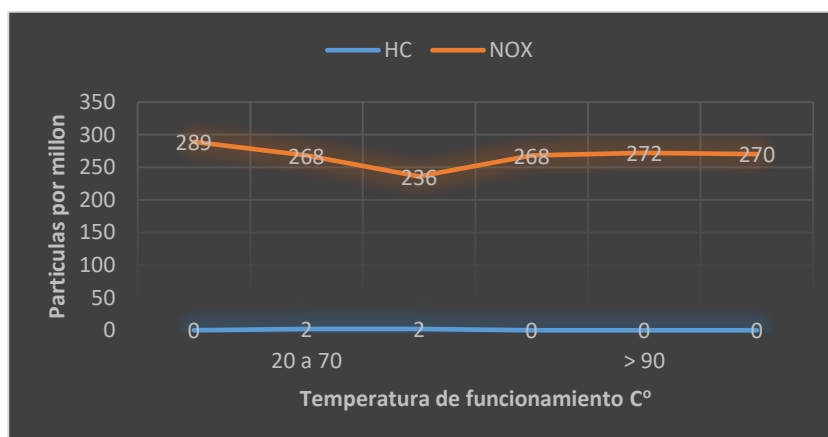
La máxima variación de presión en esta falla se produce a una temperatura mayor a 90 °C y es de 8357.07 PSI con una diferencia de 643.97 PSI que es un aumento del 8.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura. El tiempo de inyección en este caso es de 4 ms presentando un aumento frente a los 3 ms en condición normal.



**Figura 228 NOx (condición de simulación 3.0V en MAF vs condición normal)**

La máxima variación de NOx en esta falla se produce a una temperatura entre 20 a 70 °C y es de 289 ppm, con una diferencia de 7 ppm que es una disminución del 2.3 % frente a la condición normal de funcionamiento a la misma temperatura.

- **Análisis de gases en función a la norma permitida para NOx (óxidos de nitrógeno)**



**Figura 229 Gráfica de gases en partículas por millón- simulación 3.0V en MAF e inyector desconectado**

En los gases de escape a 700 rpm y a una temperatura entre 20 a 70 °C, se evidencia un valor NOx de 289 ppm siendo un valor aceptable frente al máximo de 1500 ppm permitidas por norma para vehículos livianos.

### TABLAS FINALES DE DATOS OBTENIDOS EN LA INVESTIGACIÓN

En las siguientes tablas se refleja los resultados obtenidos de todas las condiciones a las cuales se ha sometido el vehículo en estudio donde los intervalos son cada 500 ppm, siendo el tope máximo el establecido en la norma oficial mexicana.

#### INTERVALOS CANTIDADES DE NOx

COLOR	0 a 500	501 a 1000	1001 a 1500	> 1500 ppm
INTERVALO	0 a 500 ppm	501 a 1000 ppm	1001 a 1500 ppm	> 1500 ppm

## a) Datos de valores pico del vehículo Mazda BT-50 2.5 Turbo Diésel.

Datos obtenidos del vehículo Mazda BT-50 2.5 Turbo Diésel.																
SENSOR	ESTADO	TEMP	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PRESIÓN SISTEMA DE		PRESIÓN ABSOLUTA DEL		TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACELERADOR	
	DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmvol)	(%Vol)	(ppmVol)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
----	OK	20 a 70	2000	---	0.04	2.7	1	17	286	7776.9	536.2	1.48	87	4	1.27	16
		> 90	2000	---	0.03	2.1	0	17.6	296	7713.1	531.8	1.44	84	3	1.25	16
MAP	High	20 a 70	Ralentí	4,704	0.07	3	4	16.2	255	6182.9	426.3	5.12	255	6	0.56	0
		> 90	Ralentí	---	0.03	2.2	0	18	297	5354.7	369.2	5.12	255	4	0.57	0
	Low	20 a 70	2000	4,541	0.06	3.3	1	16.9	231	8191.7	564.8	0	20	4	1.28	17
		> 90	2000	---	0.03	2.6	0	18.2	246	4876.2	336.2	4.83	255	4	1.22	15
MAF	High	20 a 70	2000	---	0.04	2.8	5	16.6	265	6853	472.5	1.56	94	4	1.35	20
		> 90	2000	---	0.04	2.6	0	17.7	216	6438.2	443.9	1.49	90	4	1.25	16
	Low	20 a 70	2000	---	0.04	2.7	1	16.8	277	6853	472.5	1.52	90	4	1.33	19
		> 90	2000	---	0.03	2.2	0	18.1	225	6246.7	430.7	1.4	82	4	1.2	14
	Simulación (3.0V)	20 a 70	Ralentí	4,827	0.06	3.2	0	17.7	289	5515.78	380.3	1.32	78	5	0.57	0
		> 90	2000	---	0.03	2.1	0	17.9	272	8357.07	576.2	1.56	94	4	1.33	19
ECT	High	20 a 70	2000	3,563	0.05	4	1	14.8	333	10518.1	725.2	1.6	96	4	1.4	22
		> 90	Ralentí	---	0.03	3	4	17.5	364	5354.7	369.2	1.32	78	6	0.57	0
	Low	20 a 70	2000	3,663	0.05	3.9	1	15	333	9307	641.7	1.57	94	4	1.34	19
		> 90	Ralentí	---	0.02	2.9	6	18.3	392	5418.6	373.6	1.33	78	8	0.57	0
	Simulación (2.2V-40°C)	20 a 70	Ralentí	4,334	0.07	3.6	4	17.4	258	12780.7	381.2	1.32	78	6	0.57	0
		> 90	3000	---	0.03	2	0	18.2	285	10464.5	721.5	1.67	101	2	1.5	25
ICP o FRP	Simulación (1.3V)	20 a 70	2000	---	0.05	2.8	2	16.9	296	5221.36	360	1.32	78	7	1.4	22
		> 90	2000	---	0.02	2.4	0	17.5	271	5221.36	360	1.48	87	4	1.43	23
	Simulación (1.5V)	20 a 70	Ralentí	4,495	0.06	3.2	8	16.2	532	6526.7	450	1.39	84	8	0.57	0
		> 90	3000	3,747	0.41	3.7	5	16.3	416	6526.7	450	1.8	110	4	1.43	23
ECT - INYECTOR DESCONECTADO	High	> 90	2000	---	0.02	2.5	5	17.5	377	7649.2	527.4	1.55	94	5	1.24	15
	Low	> 90	Ralentí	---	0.02	2.9	4	17.4	425	6055.3	417.5	1.33	79	8	0.57	0
	Simulación (2.2V-40°C)	> 90	Ralentí	---	0.02	2.6	5	18.7	349	5546.24	382.4	1.49	89	5	0.57	0
MAF - INYECTOR DESCONECTADO	High	> 90	Ralentí	---	0.02	2.7	0	17.6	309	5578.1	384.6	1.33	78	6	0.56	0
	Low	> 90	2000	---	0.02	2.1	0	18.1	263	6597.7	454.9	1.51	91	4	1.24	15
MAP - INYECTOR DESCONECTADO	High	> 90	Ralentí	---	0.02	2.6	2	17.4	368	6151	424.1	5.12	255	7	0.57	0
	Low	> 90	2000	---	0.02	2.1	0	17.8	218	4716.6	325.2	4.83	255	5	1.3	18

## b) Datos Generales obtenidos del vehículo Mazda BT-50 2.5 Turbo Diésel.

Datos Generales obtenidos del vehículo Mazda BT-50 2.5 Turbo Diésel.																
SENSOR	ESTADO	TEMP	REGIMEN MOTOR	LAMBDA	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PRESIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN		PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR		TIEMPO INYECCIÓN	POSICION ACCELERADOR	
	DTC	(°C)	(RPM)		(%Vol)	(%Vol)	(ppmV)	(%Vol)	(ppmV)	(PSI)	(Bar)	(V)	(kPa)	(ms)	(V)	(%)
	OK	20 a 70	Ralentí	---	0.06	2	0	19.7	142	5546.2	382.4	1.32	78	7	0.57	0
			2000	---	0.04	2.7	1	17	286	7776.9	536.2	1.48	87	4	1.27	16
			3000	---	0.03	2.4	0	17.8	214	10773.4	742.8	1.77	108	2	1.45	24
		> 90	Ralentí	---	0.02	1.8	0	19.9	203	5546.2	382.4	1.32	78	6	0.57	0
			2000	---	0.03	2.1	0	17.6	296	7713.1	531.8	1.44	84	3	1.25	16
			3000	---	0.03	2	0	18	259	10422.4	718.6	1.49	89	2	1.45	24
MAP	High	20 a 70	Ralentí	4,704	0.07	3	4	16.2	255	6182.9	426.3	5.12	255	6	0.56	0
			2000	4,889	0.06	2.9	4	16.4	245	9275.1	639.5	5.12	255	3	1.35	20
			3000	---	0.06	2.7	3	16.6	201	9019.8	621.9	5.12	255	2	1.44	23
		> 90	Ralentí	---	0.03	2.2	0	18	297	5254.7	369.2	5.12	255	4	0.57	0
			2000	---	0.03	2.1	0	18	283	7266.3	501	5.12	255	2	1.2	14
			3000	---	0.04	2.1	0	17.9	294	8478.9	584.6	5.12	255	1.5	2.53	65
	Low	20 a 70	Ralentí	---	0.07	2.6	0	19	156	5672.4	391.1	0	20	7	0.56	0
			2000	4,541	0.06	3.3	1	16.9	231	8191.7	564.8	0	20	4	1.28	17
			3000	4,186	0.19	3.4	10	16.4	126	8764.6	604.3	0	20	2	2.24	54
		> 90	Ralentí	---	0.03	2	0	19.3	223	4588.9	316.4	4.83	255	8	0.57	0
			2000	---	0.03	2.6	0	18.2	246	4876.2	336.2	4.83	255	4	1.22	15
			3000	---	0.03	2	0	18.3	232	6310.5	435.1	4.83	255	4	29.61	68
MAF	High	20 a 70	Ralentí	---	0.04	2.6	0	18.8	168	5578.1	384.6	1.32	78	9	0.57	0
			2000	---	0.04	2.8	5	16.6	265	6853	472.5	1.56	94	4	1.35	20
			3000	---	0.04	2.6	0	17.3	211	11060.5	762.6	1.7	102	4	1.5	25
		> 90	Ralentí	---	0.04	1.9	0	18.9	178	5259	362.6	1.32	78	7	0.56	0
			2000	---	0.04	2.6	0	17.7	216	6438.2	443.9	1.49	90	4	1.25	16
			3000	---	0.05	2	0	17.7	213	9147.5	630.7	1.65	98	3	1.44	23
	Low	20 a 70	Ralentí	---	0.04	3.1	0	18.1	244	5672.4	391.1	1.32	78	8	0.57	0
			2000	---	0.04	2.7	1	16.8	277	6853	472.5	1.52	90	4	1.33	19
			3000	---	0.03	2.6	1	17.4	230	10518.1	725.2	1.6	97	2	1.49	25
		> 90	Ralentí	---	0.03	2.1	0	19	208	5099.5	351.6	1.32	78	7	0.57	0
			2000	---	0.03	2.2	0	18.1	225	6246.7	430.7	1.4	82	4	1.2	14
			3000	---	0.03	2	0	18.2	219	9115.6	628.5	1.67	101	3	1.42	22
	Simulación (3.0 V)	20 a 70	Ralentí	4,827	0.06	3.2	0	17.7	289	5515.78	380.3	1.32	78	5	0.57	0
			2000	---	0.06	2.8	2	16.9	268	7788.53	537	1.48	87	3	1.27	16
			3000	---	0.06	2.6	2	17.6	236	10316.91	745.8	1.77	108	2	1.45	24
		> 90	Ralentí	---	0.03	2.1	0	17.9	268	6531.05	450.3	1.32	79	8	0.57	0
			2000	---	0.03	2.1	0	17.9	272	8357.07	576.2	1.56	94	4	1.33	19
			3000	---	0.03	2.2	0	18.2	270	12541.41	864.7	1.49	89	2	1.54	27



ECT	High	20 a 70	Ralentí	3,840	0.07	3,3	3	13.6	150	4588.9	316.4	1.31	77	8	0.57	0
			2000	3,563	0.05	4	1	14.8	333	10518.1	725.2	1.6	96	4	1.4	22
			3000	3,915	0.05	4.2	6	17.6	229	14534.2	1002.1	1.93	119	3	1.6	29
		> 90	Ralentí	---	0.03	3	4	17.5	364	5354.7	369.2	1.32	78	6	0.57	0
			2000	---	0.03	2.6	6	17	361	7840.7	540.6	1.39	84	4	1.23	15
			3000	---	0.03	2.2	0	17.4	299	9881.4	681.3	1.56	94	2	1.43	23
	Low	20 a 70	Ralentí	4,077	0.05	3.9	1	17.3	275	4684.7	323	1.3	77	7	0.57	0
			2000	3,663	0.05	3.9	1	15	333	9307	641.7	1.57	94	4	1.34	19
			3000	3,381	0.11	4.8	4	16.7	288	14247	982.3	1.76	107	2	1.56	28
		> 90	Ralentí	---	0.02	2.9	6	18.3	392	5418.6	373.6	1.33	78	8	0.57	0
			2000	---	0.02	2.6	6	17.3	382	9466.6	652.7	1.49	89	5	1.39	21
			3000	---	0.02	2.5	0	17.5	365	9784.2	674.6	1.67	101	3	1.41	22
Simulación 2.2 V(40°C)	20 a 70	Ralentí	4,334	0.07	3.6	4	17.4	258	12780.7	381.2	1.32	78	6	0.57	0	
		2000	4,545	0.07	3.1	7	16	255	7760.96	535.1	1.4	82	4	1.31	18	
		3000	4,925	0.07	2.9	5	16.6	222	10744.39	740.8	1.65	98	2	1.45	24	
	> 90	Ralentí	---	0.04	2.1	0	18.6	241	5546.24	382.4	1.32	78	5	0.57	0	
		2000	---	0.04	2.1	0	18	256	7655.09	527.8	1.44	84	3	1.25	15	
		3000	---	0.03	2	0	18.2	265	10464.47	721.5	1.67	101	2	1.5	25	
ICP = FRP	Simulación 1.3 V	20 a 70	Ralentí	---	0.09	2.8	0	19.5	236	5221.36	360	1.31	77	5	0.57	0
			2000	---	0.05	2.8	2	16.9	296	5221.36	360	1.32	78	7	1.4	22
			3000	---	0.05	2.6	8	16.7	226	5221.36	360	1.33	78	7	1.6	28
		> 90	Ralentí	---	0.02	2.4	0	17.8	272	5221.36	360	1.32	78	5	0.57	0
			2000	---	0.02	2.4	0	17.5	271	5221.36	360	1.48	87	4	1.43	23
			3000	4,793	0.33	2.7	10	16.6	415	5221.36	360	1.77	108	4	1.45	24
	Simulación 1.5 V	20 a 70	Ralentí	4,495	0.06	3.2	8	16.2	532	6526.7	450	1.39	84	8	0.57	0
			2000	4,479	0.07	3.2	8	16.2	523	6526.7	450	1.51	91	6	1.32	19
			3000	4,670	0.06	3.1	7	16.5	515	6526.7	450	1.39	94	6	1.41	22
		> 90	Ralentí	---	0.06	2.8	1	16.8	200	6526.7	450	1.32	78	6	0.57	0
			2000	---	0.09	2.7	9	16.9	141	6526.7	450	1.55	93	4	1.4	22
			3000	3,747	0.41	3.7	5	16.3	416	6526.7	450	1.8	110	4	1.43	23
ECT - INECTOR DESCONECTADO	High	> 90	Ralentí	---	0.02	2.6	3	18.8	360	5927.6	408.7	1.33	78	9	0.57	0
			2000	---	0.02	2.5	5	17.5	377	7649.2	527.4	1.55	94	5	1.24	15
			3000	---	0.02	2.4	0	17.6	358	10837.2	747.2	1.68	100	2	1.47	24
	Low	> 90	Ralentí	---	0.02	2.9	4	17.4	425	6055.3	417.5	1.33	79	8	0.57	0
			2000	---	0.02	2.6	7	17.4	392	8446.9	582.4	1.41	84	5	1.31	18
			3000	---	0.02	2.5	0	17.6	374	10518.1	725.2	1.64	101	3	1.45	24
	Simulación 2.2 V(40°C)	> 90	Ralentí	---	0.02	2.6	5	18.7	349	5555.24	382.4	1.49	89	5	0.57	0
			2000	---	0.03	2.2	0	17.8	293	7655.09	527.8	1.65	98	4	1.3	16
			3000	---	0.02	2.1	0	18	286	10464.47	721.5	1.7	107	3	1.5	25
MAP - INECTOR DESCONECTADO	High	> 90	Ralentí	---	0.02	2.7	0	17.6	309	5978.1	384.6	1.33	78	6	0.56	0
			2000	---	0.02	2.2	0	17.5	268	7264.3	501	1.55	93	5	1.33	19
			3000	---	0.02	2.1	0	17.6	253	10581.9	729.6	1.69	102	3	1.49	25
	Low	> 90	Ralentí	---	0.02	2.1	0	18.6	251	5768.1	397.7	1.33	78	5	0.57	0
			2000	---	0.02	2.1	0	18.1	263	6597.7	454.9	1.51	91	4	1.24	15
			3000	---	0.02	2.1	0	18.2	257	11220.1	773.6	1.8	109	3	1.5	25
MAP - INECTOR DESCONECTADO	High	> 90	Ralentí	---	0.02	2.6	2	17.4	368	6151	424.1	5.12	255	7	0.57	0
			2000	---	0.05	2.6	5	18.3	121	7425.9	512	5.12	255	4	1.21	15
			3000	---	0.02	2.2	0	18.3	315	9051.8	624.1	5.12	255	3	2.56	66
	Low	> 90	Ralentí	---	0.02	2.1	0	18.6	204	4652.8	320.8	4.83	255	9	0.57	0
			2000	---	0.02	2.1	0	17.8	218	4716.6	325.2	4.83	255	5	1.3	18
			3000	4,404	0.28	3.3	6	17.5	175	7298.2	503.2	4.83	255	4	2.48	64

## CAPITULO V

### MARCO ADMINISTRATIVO

#### 5.1 Recursos

Este capitulo hace mención a los distintos recursos de los cuales se ha hecho uso para lograr cumplir satisfactoriamente con lo propuesto inicialmente, para la realización de la investigación científica se ha necesitado los siguientes recursos:

##### 5.1.1 Recursos humanos

Para la realización de la investigación científica fue necesario el apoyo de personas con conocimientos amplios sobre el tema, para de esta manera estar correctamente asesorados y encaminados para lograr cumplir con los objetivos planteados.

**Tabla 137**

#### Recursos humanos

Nombre	Función
<b>Ing. Leonidas Quiroz</b>	Director/ Análisis Emisiones
<b>Aarón Correa</b>	Investigador
<b>José Fuentes</b>	Investigador

##### 5.1.2 Recursos físicos

El entorno físico es fundamental en la investigación científica, este debe ser libre de impurezas y contaminación para evitar se altere los resultados y valores obtenidos en cada prueba realizada en los vehículos.

Tabla 138

## Recursos físicos

Actividad	Lugar
Práctica de la investigación	Laboratorio de Autotrónica, Universidad de las fuerzas Armadas ESPE-L, Campus Belisario Quevedo.
	Laboratorio de Mecánica de Patio, Universidad de las fuerzas Armadas ESPE-L, Campus Latacunga.
Teórica de la investigación.	Biblioteca, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, campus Belisario Quevedo.

## 5.1.3 Recursos financieros

Para el desarrollo de la investigación científica es necesario suministros, equipos y herramientas automotrices especiales, esto implica una inversión en mantenimiento para el correcto funcionamiento la cual es asumida por los involucrados en la investigación, para una correcta obtención de muestras.

Tabla 139

## Recursos Financieros

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
<b>MATERIALES-EQUIPO</b>			
Analizador de gases	1	1500	1500
Sensor para medir (NOX)	2	200	400
Filtros para analizador de gases	5	30	150
Combustible	10 gal	2.00	20
Equipo de	2	20	40

CONTINUA 

seguridad personal			
Material eléctrico	1	50	50
Material electrónico	1	80	80
<b>SUMINISTROS</b>			
Internet	4 meses	20	80
Impresiones	1000	0.15	150
Fotocopias	1000	0.02	20
Gastos movilización	16	10	160
Imprevistos	1	100	100
<b>SUMA TOTAL</b>			<b>2750</b>

#### 5.1.4 Recursos materiales

Para la investigación se necesitó dos tipos de materiales: técnicos para preparar las pruebas correspondientes y de oficina para la parte teórica.

**Tabla 140**  
**Recursos Materiales**

Actividad	Material
<b>Práctica de la investigación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de seguridad personal</li> <li>• Cables con terminales para sensores</li> <li>• Alfileres</li> <li>• Cinta aislante</li> <li>• Lagartos o pinzas de sujeción</li> </ul>
<b>Teórica de la investigación.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel bond</li> <li>• Memoria externa</li> <li>• Manuales técnicos de sensores y circuitos</li> <li>• Libreta</li> <li>• Bolígrafos</li> </ul>

#### 5.1.5 Recursos Tecnológicos

Los recursos tecnológicos son los equipos que se utiliza en la parte práctica de la investigación y en la obtención de datos y evidencias.

Tabla 141 Recursos Tecnológicos

Actividad	Equipo
<b>Práctica de la investigación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizador de gases Brain Bee</li> <li>• Medidor de RPM GRPM3000</li> <li>• Osciloscopio OTC</li> <li>• Scanner G- Scan2</li> <li>• Multímetro Fluke</li> <li>• Manómetro de presión de combustible</li> </ul>
<b>Teórica de la investigación.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador</li> <li>• Impresora</li> <li>• Cámara fotográfica</li> <li>• Internet</li> </ul>

## 5.2 Análisis de costo del proyecto

Previo a la realización del presente proyecto e investigación se procedió a realizar una inspección y mantenimiento del sistema de inyección electrónica de combustible de los vehículos a ser sometidos a las distintas pruebas, además se realizó la adquisición de equipo que amplíe y facilite la toma de datos de distintos factores, el costo total fue de 2750 dólares americanos el mismo que fue costeados por el equipo de investigador.

## 5.3 Análisis del costo beneficio

Desde el punto de vista costo beneficio una vez finalizado este proyecto de investigación se puede evidenciar un beneficio múltiple que implica lo personal y social, en el aspecto personal esta los conocimientos y experiencia adquirida al haberse inmiscuido a profundidad en un sistema automotriz que día tras día va evolucionando para tratar de proteger el medio ambiente reduciendo las emisiones, en el aspecto social en primer lugar están los estudiantes que pueden utilizar esta información recolectada para futuras investigaciones y a demás como guía para evaluar un correcto funcionamiento de los componentes del sistema

analizado lo cual a su vez ocasionaría un beneficio social debido a que esto reduciría notablemente las emisiones contaminantes que afectan al medio ambiente.



## CONCLUSIONES

- Luego de generar los diferentes códigos de fallo: mecánicos, eléctricos, y electrónicos se pudo determinar que la presión en el sistema de combustible a gasolina fue invariante, no así con otros parámetros operativos como mezcla estequiometrica, tiempo de inyección y la presión del colector.
- Los valores obtenidos en el vehículo gasolina de concentración de NOx en las emisiones contaminantes en condiciones normales muestran un valor de 793 ppm a temperatura baja y un régimen de 4000 rpm con un lambda de 1.036, las cuales son un 47.13% más bajas q los permitidos por la norma mexicana vigente.
- En el vehículo gasolina se puede evidenciar la mayor emisión de NOx cuando se tiene presente un DTC HIGH en el sensor CMP a temperatura media, esta sobrepasa en un 7.47% al permitido en la norma, en este caso la ECU adopta la estrategia de enriquecer la mezcla a 15.45:1 lo cual es un 5.1% de diferencia al establecido teóricamente.
- En el vehículo gasolina con una mezcla rica en un 0.7% se puede apreciar la mayor variación en la presión absoluta del colector de 168.86% con 3ms de tiempo de inyección a régimen de 4000 rpm y con valores de NOx aceptable de 196 ppm.
- El valor máximo de lambda en vehículo gasolina tiene un incremento del 267% que se genera al estar un inyector inactivo a una temperatura media, existe una variación de presión absoluta del 33.87% y con un NOx de 220 ppm q es aceptable según la norma.



- El valor máximo de CO emitido por el vehículo se genera al existir DTC en el sensor MAP ya sea HIHG o LOW el incremento es de 1048.27%, lo cual indica que está muy por encima de la permitido por la norma y se genera un aumento de presión absoluta del colector de 130.46%
- El valor máximo de CO<sub>2</sub> es de 14.7%Vol se genera al existir un estado de simulación de voltaje fijo en el sensor TPS es valor es 6.52% más elevado del generado en condiciones normales esto se genera un régimen del motor de 4000 rpm y se presenta una disminución de presión del colector del 6.52%.
- El valor máximo de O<sub>2</sub> se produce al momento de existir un inyector desconectado a un régimen de 2000 rpm a temperatura media y existe un aumento de presión del colector de 8.67%.
- Los valores obtenidos en el vehículo diésel de concentración de NOx en las emisiones contaminantes en condiciones normales muestra un valor de 296 ppm a temperatura >90 y un régimen de 2000rpm con presión en el riel de combustible de 531.8bar, las cuales son un 80.26% más bajas que los permitidos por la norma mexicana vigente.
- En el vehículo diésel la mayor concentración de NOx emitida se produjo al existir una simulación constante de 1.5V en el sensor de presión del riel común esto significa una presión de 450 bar a ralentí, esto implica una reducción del 16.08% en comparación del funcionamiento normal.
- En el vehículo diésel con una mezcla pobre con lambda 3.915 se puede apreciar la mayor variación en la presión del sistema de alimentación de 34.91% con 3 ms de tiempo de inyección a régimen de 3000 rpm y con valores de NOx aceptable de 229 ppm.

- El valor máximo de CO<sub>2</sub> en el vehículo diésel es de 4.8%Vol, se genera al existe un DTC LOW en el sensor ECT esto representa un aumento del 100% con respecto al emitido en óptimas condiciones y se genera a un régimen de 3000 rpm con una aumento de presión en el riel de combustible de 32.24%.
- El valor máximo de O<sub>2</sub> en el vehículo diésel es de 19.5%Vol, se genera al existe un estado de presión constante 360 bar (1.3V) en el sensor ICP esto representa una disminución del 1.01% con respecto al emitido en óptimas condiciones y se genera a un régimen de ralentí con una disminución de presión en el riel de combustible de 5.85%.

## RECOMENDACIONES

- Para un uso seguro del analizador de gases Brain Bee la maquina cuenta con dos filtros Mahle KL12 que están al ingreso de los gases, los mismos que estan distribuidos uno a la entrada de la sonda y el otro al cuerpo del equipo, siendo el primero al cual se lo debe prestar más atención debido a que en este quedan las partículas sólidas más grandes las cuales se presentan en su mayoría en vehículos diésel
- Para completar este estudio se debería realizar los mismos procesos, estudios y pruebas en condiciones de fallas, pero bajo condiciones dinámicas y de carga.
- Realizar el estudio sobre el impacto de los Óxidos de nitrógeno (NOx) bajo las mismas condiciones de falla realizadas, pero además considerando el impacto que se obtiene dependiendo del tipo de catalizador con que cuenta el vehículo.
- El vehículos diésel previo a la toma de datos con el analizador de gases Brain Bee debe haber aprobado una prueba de opacidad, de no cumplir con los estándares oficiales se debe realizar el procedimiento pertinente para su aprobación.
- Para el análisis de las distintas fallas que se pueda dar en los inyectores de un motor diésel como: bloqueo de la aguja, suciedad en el asiento de la tobera, obstrucción de orificios y pérdida de presión, se debe tratar con la mayor precaución del caso y con el equipo adecuado debido que pueden provocar daños irreparables en el motor.

## BIBLIOGRAFÍA

Alonso, J. (2015). *Consumo de Combustible*. Lima: Edi-Creativa

Autodata 3.38. (septiembre de 2010). *Características vehiculos*.

Barriopedro, M. L. (2009). *Análisis del Impacto Medio Ambiental de un Vehículo*. Madrid: Editoriales-Cumbre.

Bosch, R. (2002). *Sensores en el automóvil*. Alemania: GH-Editorial.

Bosch, R. (2005). *Manual de la Técnica del Automóvil*. Barcelona: Reverté.

Bosch, R. (2014). *Sistema de Inyección Diesel por acumulador Common Rail*. Stuttgart: Reverté-ed.

Brain Bee. (2016). *Manual de uso AGS-688*. Italia: Brain bee S.A.

CEAC, M. (2003). *Manual CEAC del Automóvil*. Argentina: Editorial-Cad.

Cengel, Y. A. (2006). *Mecánica de Fluidos 1ra edición*. México. D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

Cise, E. (2010). *Inyectores Diesel Piezoeléctricos*. Buenos Aires: CISE Electronics.

Cise, E. (2012). *Sensores y actuadores Cise electronics*. Florida USA.

Coello, E. (2006). *Sistemas de Inyección*. Quito - Ecuador: Editorial América.

Domenech, R. (2004). *Impacto ambiental de los residuos*. Madrid: Mariguano ediciones.

Gil Martínez, H. (2004). *Manual del Automóvil*. Madrid-España.: Editorial Cultural S.A.

- Globaltech. (2009). *Interpretación de gases de escape*. Quito.
- INEN. (2000). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:2000, Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o ralenty prueba estatica*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalizacion .
- INEN. (2000). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 202:2000 Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores diésel mediante prueba estática*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2002). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204: 2002 Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de Gasolina* . Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2002). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207: 2002 Límites permitidos de emisiones por fuentes móviles terrestres de diésel*. Quito : Instituto Ecuatoriano de Normalización .
- INEN. (2003). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 349:2003 Revisión técnica vehicular*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Moretton, J. (2006). *Contaminacion del aire en Argentina*. Argentina: Ediciones universo.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos, 6ta Edición*. México.D.F.: Pearson Education.
- Reid, V. (2013). *Manual Técnico del Automovil 2da Edicion*. Madrid: V-ediciones.
- SEMARNAT. (2014). *Norma Oficial Mexicana NOM-047*. México. D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales .

Torres, M. (2000). *Manual Básico de Mantenimiento*. Loja - Ecuador: Saut editorial.

## NETGRAFÍA

Aficionados a la mecánica. (2 de Diciembre de 2014). Recuperado el 08 de Junio de 2016, Obtenido de Aficionados a la mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sonda-lambda.htm>

Agudo, D. (2010). Emisiones Contaminantes motores Diesel-Gasolina. *Revistamotor*. Recuperado el 08 de Junio de 2016, Obtenido de <http://revistamotor.eu/index.php/de-calle/mecanica/3331-emisiones-contaminantes-en-motores-diesel-y-gasolina>

Ambiente-España, M. d. (10 de Enero de 2014). *Registro Estatal de emisiones y fuentes contaminantes España*. Recuperado el 10 de Junio de 2016, Obtenido de <http://www.prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html>

Autoavance. (16 de octubre de 2016). *Scanner Automotriz*. Recuperado el 12 de Junio de 2016, Obtenido de <http://www.autoavance.co/>

Automotriz, S. (01 de Abril de 2013). Ingeniería y Solución Automotriz S.A. Recuperado el 9 de noviembre del 2016 de <http://www.solucionautomotriz.com/equipos-automotrices/osciloscopio-automotriz/item/62-osciloscopio-automotriz-otc-3840f>

Barbadillo, F. (3 de Enero de 2013). *Inyectores Piezoelectricos*. Recuperado el 12 de Junio de 2016, Obtenido de <http://fbelectronica.com/Infosistemas/Sistemas%20Diesel/Inyector%20piezoelectrico.html>

Fernandez, P. (5 de Septiembre de 2009). *Libros.redsauce.net*. Recuperado el 18 de Junio de 2016, Obtenido de Libros.redsauce.net: <http://files.pfernandezdiez.es/CentralesTermicas/PDFs/33CT.pdf>

Fidalgo, R. (7 de octubre de 2015). Reducción de emisiones en los coches . *Autocasión* , 32. Recuperado el 18 de Junio de 2016, Obtenido de Autocasión: <http://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/201164/como-reducen-las-emisiones-los-coches/>

Globaltech. (12 de Agosto de 2007). *Globaltech*. Recuperado el 20 de Junio de 2016, Obtenido de Globaltech: <http://globaltech-car.com/detalle.php?idlin=13&idprd=79>

Ingeniería y Solución Automotriz S.A. (01 de Abril de 2013). Recuperado el 20 de Junio de 2016, Obtenido de <http://www.solucionautomotriz.com/equipos-automotrices/osciloscopio-automotriz/item/62-osciloscopio-automotriz-otc-3840f>

I-partes. (2 de Abril de 2015). *I-partes repuestos.com*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, Obtenido de <http://ipartes.com/10200-repuestos-kia-rio>

Juarez, A. (18 de Marzo de 2008). *Motor Giga*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/mezcla-estequiometrica>

Kia Motors Ecuador. (6 de Enero de 2016). *Tecnología Kia*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, Obtenido de <https://www.kia.com.ec/>

Mazda Ecuador. (Enero de 2016). *Vehiculos BT-50*. Recuperado el 26 de Junio de 2016, Obtenido de <http://www.mazda.com.ec/>

Orozco, D. (16 de Febrero de 2014). *Full-Mecanica*. Recuperado el 26 de Junio de 2016, Obtenido de <http://www.fullmecanica.com/definiciones/l/1294-lambda>

Ren,Motor. (15 de Enero de 2013). *Ren,Motor*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, Obtenido de <http://renumotor.es/blog/problemas-provocan-inyectores-sucios/>

Sanchez, R. (2 de Marzo de 2012). *Glosario Automocion*. Recuperado el 28 de Junio de 2016, Obtenido de <http://glosarios.servidor-alicante.com/automocion/mezcla-estequiometrica>

Vallejo, C. (26 de Junio de 2014). *OBD2 Soluciones*. Recuperado el 28 de Junio de 2016, Obtenido de <http://www.obd2soluciones.com/wp-content/uploads/2015/12/Brochure-G-scan-2-2016-ficha-tecnica.pdf>

Villareal, D. (25 de septiembre de 2015). *Diariomotor*. Recuperado el 28 de Junio de 2016, Obtenido de Diariomotor: <http://www.diariomotor.com/2015/09/25/nox-emisiones/>



# ANEXOS



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

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el siguiente trabajo fue desarrollado por los señores: **AARÓN ISRAEL CORREA ALDAZ** y **JOSÉ LUIS FUENTES ALTAMIRANO**.

En la ciudad de Latacunga, a los **diecisiete días del mes de febrero del 2017**.

**ING. LEÓNIDAS QUIROZ**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**



APROBADO:

**ING. DANILO ZAMBRANO**  
**DIRECTOR DE CARRERA**

**DR. JUAN CARLOS DÍAZ**  
**SECRETARIO ACADÉMICO**