



**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: “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MANTENIMIENTO  
DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR HINO AK DEL  
PARQUE AUTOMOTOR DE LA COMPAÑÍA DE TRANSPORTE  
DE TURISMO COTULLARI. S.A. MEDIANTE EL ALGORITMO  
PARA LA MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS HUMOS DE  
ESCAPE”**

**AUTORES: EDWIN JAVIER MURILLO CHILIG  
DANILO PATRICIO BALAREZO SORIA**

**TUTOR: ING. LEÓNIDAS QUIROZ**

**LATACUNGA**

**2017**




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

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, titulado **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR HINO AK DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA COMPAÑÍA DE TRANSPORTE DE TURISMO COTULLARI. S.A. MEDIANTE EL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS HUMOS DE ESCAPE”** realizado por el señores **EDWIN JAVIER MURILLO CHILIG** y **DANILO PATRICIO BALAREZO SORIA**, 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 al señores **EDWIN JAVIER MURILLO CHILIG** y **DANILO PATRICIO BALAREZO SORIA**, para que lo sustente públicamente..

Latacunga, 17 de Febrero de 2017

  
Ing. Leónidas Quiroz  
TUTOR





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

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **EDWIN JAVIER MURILLO CHILIG**, con cédula de identidad N° 1715587513, y **DANILO PATRICIO BALAREZO SORIA** con cédula de identidad N° 0503248510 declaramos que este trabajo de titulación “**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR HINO AK DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA COMPAÑÍA DE TRANSPORTE DE TURISMO COTULLARI. S.A. MEDIANTE EL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS HUMOS DE ESCAPE**” 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 me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 17 de Febrero de 2017

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

Edwin Javier Murillo Chilig  
C.C.: 1715587513

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

Danilo Patricio Balarezo Soria  
C.C.:0503248510



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

## AUTORIZACIÓN

Nosotros, **EDWIN JAVIER MURILLO CHILIG** y **DANILO PATRICIO BALAREZO SORIA**, autorizamos la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación “**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR HINO AK DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA COMPAÑÍA DE TRANSPORTE DE TURISMO COTULLARI. S.A. MEDIANTE EL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS HUMOS DE ESCAPE**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 17 de Febrero de 2017

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

Edwin Javier Murillo Chilig

C.C.: 1715587513

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

Danilo Patricio Balarezo Soria

C.C.:0503248510

## DEDICATORIA

*A Dios por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y así poder ayudar si está a mi alcance al que necesita, a mi Virgencita de los Ángeles, seres que llevo en mi corazón, fuentes de mis suplicas y favorecimientos.*

*Especialmente “A mi Adorada Madre Carmen Chilig, la cual amo hasta el cielo, a mi Hermana Mayra Murillo” ejemplos de lucha, trabajo y perseverancia a mi sobrino Christopher ya que son todo en mi vida, se han convertido en mis ángeles guardianes son únicos y maravillosos.*

*A mi Padre Víctor Murillo que está en mi corazón y que a pesar de haberlo perdido a muy temprana edad ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.*

**JAVIER MURILLO**

## DEDICATORIA

*Este proyecto está dedicado a toda mi familia de manera especial a amados padres, a mi hermana, a mi pequeña sobrina y al motor que me impulsa día a día que es mi querido hijo Gerardo Santiago, ellos han sido mi apoyo incondicional en los momentos más difíciles en mi vida personal, y desde el inicio de mi carrera, gracias a ellos el día de hoy he podido culminar mi carrera en esta prestigiosa institución. También dedico a mis abuelos que desde el cielo estarán orgullosos de que mi persona haya logrado cumplir con esta meta tan anhelada.*

**DANILO BALAREZO**

## AGRADECIMIENTOS

*Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Ing. Leónidas Quiroz quien además de transmitirme su vocación investigadora, me oriento, ayudo y estimulo constantemente y directamente en todos los aspectos de la tesis durante estos años. Agradecerle la plena confianza que siempre me ha demostrado, así como la dedicación y la atención que en todo momento me ha ofrecido.*

*A mi querido amigo el Ing. José Quiroz, por su inestimable apoyo durante toda mi vida universitaria.*

*Muy y eternamente agradecido A mi madre, mi hermana que dieron todo por mí y que siempre han estado cuando las necesito y siempre me han cuidado en los buenos y malos momentos. El logro también es de ellas*

*A todos mis familiares que están dentro y fuera del país, y que han estado junto a mí apoyándome y aconsejándome incondicionalmente para culminar las metas que me proponga y sé que tengo que aprender de la vida cada día más.*

*Por último pero no menos importante gracias a mis compañeros, amigos, profesores, al grupo de la muerte, las moradas, Nombrar a todos sería muy extenso, les agradezco por estar a mi lado apoyándome, animándome en este largo camino.*

*Muchas gracias a todos.*

**JAVIER MURILLO**

## AGRADECIMIENTOS

*Un agradecimiento especial a la carrera de Ingeniería Automotriz que me dio la oportunidad de obtener esta hermosa profesión y por permitirme ser una persona útil para la sociedad, así como también quiero hacer una mención especial a mi director de tesis Ing. Leónidas Quiroz que me brindo sus conocimientos para culminar con el proyecto de titulación, además darles un agradecimiento sincero y especial a mis queridos padres, hermana y mi cuñado sub oficial Marcelo Suarez por apoyarme en todos los momentos difíciles de mi vida tales como la felicidad y la tristeza pero ellos siempre han estado junto a mí y gracias a ellos soy lo que ahora soy y con el esfuerzo de ellos y mi esfuerzo ahora puedo ser una gran profesional y seré un gran orgullo para ellos y para todos los que confiaron en mí.*

**DANILO BALAREZO**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iv
AUTORIZACIÓN .....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xxv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxv
RESUMEN .....	xxvi
ABSTRACT .....	xxv

## CAPÍTULO I

<b>1 GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Descripción resumida del proyecto .....	5
1.4 Justificación e importancia .....	7
1.5 Objetivos .....	9
1.5.1 Objetivo general .....	9
1.5.2 Objetivos específicos .....	9
1.6 Metas.....	10
1.7 Hipótesis.....	10
1.8 Variables de investigación:.....	10
1.8.1 Variables dependientes: .....	10

1.8.2	Variables independientes: .....	10
1.9	Metodología.....	10

## **CAPÍTULO II**

<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1	Motor serie HINO AK.....	17
2.1.1	Características HINO AK.....	17
2.2	Sistema de alimentación diesel Common Rail .....	18
2.2.1	Introducción.....	18
2.2.2	Finalidad.....	19
2.2.3	Componentes del sistema de alimentación .....	19
2.2	Mantenimiento del sistema de alimentación.....	27
2.2.1	Mantenimiento preventivo. ....	27
2.2.2	Mantenimiento correctivo. ....	27
2.2.3	Plan de mantenimiento.....	27
2.2.4	Mantenimiento de los inyectores. ....	29
2.2.5	Mantenimiento de las bombas de inyección.....	30
2.2.6	Proceso de mantenimiento.....	32
2.3	Gestión electrónica del motor.....	34
2.3.1	ECU del motor (unidad de control electrónico).....	34
2.3.2	EDU (unidad de conducción electrónica) .....	35
2.3.3	Sensores .....	36
2.4	Contaminantes producto de la combustión diesel .....	39
2.4.1	Emisiones de humo .....	40
2.4.2	Normativas para el motor diesel.....	40

### CAPÍTULO III

<b>3</b>	<b>Opacidad y sus instrumentos de medición .....</b>	<b>43</b>
3.1	Opacidad .....	43
3.1.1	Definiciones básicas.....	43
3.1.2	Opacómetro.....	44
3.1.3	Límites de emisiones de gases permitidas en el Ecuador.....	44
3.2	Requerimientos técnicos del opacómetro.....	45
3.2.1.	Principio de funcionamiento .....	45
3.2.2.	Principios de medición .....	45
3.2.3	Materiales de referencia certificados (MRC) para la calibración de opacímetros.....	46
3.2.4	Calibración de un opacómetro.....	47
3.2.5	Calibración según la norma ISO 9000.....	48
3.2.6	ISO 17025 comparativo ISO 9001.....	49
3.2.7	SAE J1667 .....	49
3.3	Longitud efectiva del camino óptico .....	50
3.3.1	Ley de Beer–Lambert.....	51
3.4.	Protocolo de pruebas de opacidad .....	51
3.4.1.	Procedimiento de medición de opacidad.....	51
3.4.2	Elementos y equipos utilizados .....	51

### CAPÍTULO IV

<b>4</b>	<b>MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS HUMOS DE ESCAPE .....</b>	<b>55</b>
4.1	Snap-aceleración test.....	55
4.1.1	Preparación del vehículo y revisión de seguridad .....	55
4.1.2	Mantenimiento.....	55
4.1.3	Preparación y equipo de prueba set-up .....	59

4.2	Familiarización con el conductor y acondicionamiento previo del vehículo .....	59
4.2.1	Preparación de pruebas e instalación del equipo.....	60
4.2.2	Familiarización del conductor y acondicionamiento previo del vehículo .....	63
4.3	Ejecución de la prueba snap aceleración .....	65
4.3.1	Especificaciones del equipo de prueba .....	72
4.3.2	Requisitos generales para los equipos de medición de humo.....	75
4.3.3	Requisitos específicos para el equipo de medición de humo .....	76
4.3.4	Instrumento de tiempo de respuesta .....	77
4.3.5	Especificaciones para realizar la prueba auxiliar equipment .....	78
4.4	Cálculos de los resultados de las pruebas finales.....	79
4.4.1	Temperatura del punto de rocío. ....	79
4.4.2	Presión de saturación.....	80
4.4.3	Presión de saturación de agua.....	80
4.4.4	Presión de vapor de agua. ....	80
4.4.5	Densidad del aire seco. ....	80
4.4.6	Densidad del humo. ....	81
4.4.7	Diferencia de densidades. ....	81
4.4.8	Densidad de referencia. ....	81
4.4.9	Densidad del humo %. ....	81
4.4.10	Temperaturas de bulbo húmedo y seco. ....	82
4.4.11	Ejemplo de cálculos utilizados.....	82
4.5	Graficas de las mediciones de opacidad .....	84
4.5.1	Medición de opacidad de todas las unidades.....	85
4.5.2	Medición de opacidad utilizando diferentes diámetros del tubo de escape. ....	86

4.5.3	Tabulación y graficas de las mediciones de opacidad con fallas en el sistema electrónico de alimentación.....	88
4.6	Factor de corrección.....	97
4.6.1	Criterios de validación, en ciclos de prueba de tres, complemento de aceleración.....	104
4.7	Aplicación de corrección de valores humo medido .....	104
4.7.1	Relaciones de beer- lambert .....	104
4.7.2	La secuenciación de correcciones de Beer- Lambert.....	105
4.7.3	Correcciones del medidor de humo fuente de luz de longitud de onda.....	107
4.8	Dispositivos de escape y aplicaciones especiales .....	107
4.9	Pruebas del inyector CRDI en modo circuito abierto de los sensores .....	108
4.9.1	Funcionamiento normal .....	108
4.9.2	Funcionamiento con falla.....	111
4.9.3	Gráficas al estar desconectado dos sensores.....	130
4.9.4	Tres sensores desconectados.....	148
4.9.5	Desconectado 4 sensores .....	161
4.9.6	Desconectado 5 sensores .....	171

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>MARCO ADMINISTRATIVO .....</b>	<b>176</b>
5.1	Recursos .....	176
5.1.1	Recursos humanos .....	176
5.1.2	Recursos tecnológicos .....	177
5.1.3	Recursos materiales.....	177
5.2	Presupuesto .....	178
5.3	Cronograma .....	179

**CAPÍTULO vi**

<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>180</b>
6.1	Conclusiones.....	180
6.2	Recomendaciones.....	184
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	186
	Bibliografía.....	186
	ANEXOS:.....	192

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Diagrama de contorno del Sistema Common Rail (DENSO) .....	19
Figura. 2 Bomba de alta presión .....	20
Figura. 3 Émbolo buzo .....	21
Figura. 4 Bomba de suministro .....	21
Figura. 5 Rampa .....	22
Figura. 6 Limitación de presión .....	23
Figura. 7 Sensor de presión de la rampa .....	23
Figura. 8 Amortiguador de flujo .....	24
Figura. 9 Válvula de descarga de presión .....	24
Figura. 10 Inyector .....	25
Figura. 11 Inyectores .....	26
Figura. 12 ECU del motor .....	35
Figura. 13 Unidad de conducción electrónica) .....	35
Figura. 14 Identificación de sensores .....	36
Figura. 15 Sensor de posición del acelerador .....	37
Figura. 16 Sensor de temperatura de aire de admisión .....	37
Figura. 17 Medidor de caudal de aire .....	38
Figura. 18 Sensor de temperatura del refrigerante .....	38
Figura. 19 Sensor de temperatura del combustible .....	39
Figura 20. Sensor de temperatura de aire de admisión y sensor de presión atmosférica .....	39
Figura. 21 Opacímetro marca CARTEK.....	44
Figura. 22 Filtros de calibración de opacidad .....	46
Figura. 23 Diagrama de flujo de Norma ISO 9000 .....	48
Figura. 24 Diagrama de flujo de Norma SAE J1667 .....	50
Figura. 25 Analizador de gases marca CARTEK .....	52
Figura. 26 Opacímetro y sonda marca CARTEK .....	52
Figura. 27 Regulador de voltaje .....	53
Figura. 28 G-Scan II.....	53
Figura. 29 Multímetro .....	54
Figura. 30 Osciloscopio OWON.....	54
Figura. 31 Pinza Amperimétrica.....	54

Figura. 32 Conexión del analizador .....	65
Figura. 33 Alimentación de corriente .....	65
Figura. 34 Ingreso de usuario y contraseña.....	66
Figura. 35 Conexión de módulo de rpm.....	66
Figura. 36 Selección del diámetro del tubo de escape .....	66
Figura. 37 Registro de datos del vehículo.....	67
Figura. 38 Registro de datos del conductor .....	67
Figura. 39 Diámetro del tubo de escape .....	67
Figura. 40 Verificación de pruebas .....	68
Figura. 41 Autocero del banco .....	68
Figura. 42 Verificación de linealidad .....	68
Figura. 43 Calibración de lentes .....	69
Figura. 44 Verificación de linealidad .....	69
Figura. 45 Registro de rpm .....	69
Figura. 46 Introducción de la sonda.....	70
Figura. 47 Indicación del software .....	70
Figura. 48 Indicación del software .....	70
Figura. 49 Indicación del software .....	71
Figura. 50 Indicación del software .....	71
Figura. 51 Modulo de rpm.....	71
Figura. 52 Indicación del software .....	72
Figura. 53 Bus N°04.....	84
Figura. 54 Reporte de opacidad del bus N°04 .....	85
Figura. 55 Medición de opacidad en los buses .....	86
Figura. 56 Medición de opacidad con diferentes diámetros aplicando el factor de corrección. ....	87
Figura. 57 Medición de opacidad con diferentes diámetros sin aplicar el factor de corrección.....	87
Figura. 58 Medición de opacidad con sensores.....	88
Figura. 59 Medición de opacidad con sensores.....	89
Figura. 60 Medición de opacidad con sensores.....	91
Figura. 61 Medición de opacidad con sensores.....	93
Figura. 62 Medición de opacidad con sensores.....	94



Figura. 63 Medición de opacidad con sensores.....	96
Figura. 64 Bus N°04 con el tubo de escape original. ....	98
Figura. 65 Presión en el interior del tubo de escape original. ....	99
Figura. 66 Temperatura en el interior del tubo de escape original. ....	99
Figura. 67 Velocidad en el interior del tubo de escape original. ....	100
Figura. 68 Bus N°02 con el tubo de escape modificado.....	101
Figura. 69 Presión en el interior del tubo de escape modificado.....	102
Figura. 70 Temperatura en el interior del tubo de escape modificado. ....	102
Figura. 71 Velocidad en el interior del tubo de escape modificado. ....	103
Figura. 72 Grafico de alienación. ....	106
Figura. 73 Curvas de voltaje y corriente .....	110
Figura. 74 Especificación de curvas voltaje – corriente .....	110
Figura. 75 Curva de inyector desconectado el CMP .....	111
Figura. 76 Curva del sensor CMP.....	112
Figura. 77 Inyector desconectado el MAP .....	112
Figura. 78 Curva del sensor MAP .....	113
Figura. 79 Inyector desconectado el SCV.....	114
Figura. 80 Curva de la SCV .....	114
Figura. 81 Curva de inyector desconectado el sensor FRP .....	115
Figura. 82 Curva sensor FRP .....	115
Figura. 83 Inyector desconectado el HINO AK .....	116
Figura. 84 Curva del FTS.....	117
Figura. 85 Inyector desconectado el sensor ECT .....	117
Figura. 86 Curva del sensor ECT.....	118
Figura. 87 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre- inyección tiempos vs voltaje .....	120
Figura. 88 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre- inyección tiempos vs corriente.....	121
Figura. 89 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs voltaje.....	122
Figura. 90 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs corriente .....	123
Figura. 91 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo	

de pre- inyección tiempos vs opacidad .....	124
Figura. 92 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre- inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo .....	125
Figura. 93 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad.....	126
Figura. 94 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo .....	127
Figura. 95 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo pre-inyección vs corriente de apertura vs voltaje .....	128
Figura. 96 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal vs corriente de apertura vs voltaje .....	128
Figura. 97 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo pre-inyección vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo .....	129
Figura. 98 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo.....	130
Figura. 99 Curva al estar desconectado sensor FRP-CMP .....	131
Figura. 100 Curva al estar desconectado sensor FRP-MAP .....	131
Figura. 101 Curva al estar desconectado sensor FTS-CMP.....	132
Figura. 102 Curva al estar desconectado sensor FTS-MAP .....	132
Figura. 103 Curva al estar desconectado sensor MAP-CMP.....	133
Figura. 104 Curva al estar desconectado sensor ECT-CMP .....	133
Figura. 105 Curva al estar desconectado sensor ECT-FRP .....	134
Figura. 106 Curva al estar desconectado sensor ECT-MAP .....	134
Figura. 107 Curva al estar desconectado sensor ECT-FTS .....	135
Figura. 108 Curva al estar desconectado sensor FTS-FRP .....	135
Figura. 109 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre- inyección tiempos vs voltaje .....	137
Figura. 110 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs corriente.....	138
Figura. 111 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs voltaje.....	139

Figura. 112 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs corriente .....	140
Figura. 113 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre- inyección tiempos vs opacidad .....	141
Figura. 114 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre- inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo ....	142
Figura. 115 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad.....	143
Figura. 116 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo .....	144
Figura. 117 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo pre- inyección vs corriente de apertura vs voltaje .	145
Figura. 118 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal vs corriente de apertura vs voltaje.....	146
Figura. 119 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo pre- inyección vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo .....	147
Figura. 120 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo.....	148
Figura. 121 Curva al estar desconectado sensores MAP-ECT-CMP .....	149
Figura. 122 Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-MAP .....	149
Figura. 123 Curva al estar desconectado sensores ECT-CMP-FTS.....	150
Figura. 124 Curva al estar desconectado sensores ECT-FRP-FTS.....	150
Figura. 125 Curva al estar desconectado sensores FRP-ECT-MAP.....	151
Figura. 126 Curva al estar desconectado sensores FRP-CMP-MAP .....	151
Figura. 127 Curva al estar desconectado sensores FTS-CMP-FRP.....	152
Figura. 128 Curva al estar desconectado sensores FTS-FRP-MAP .....	152
Figura. 129 Curva al estar desconectado ECT-FRP-CMP .....	153
Figura. 130 Curva al estar desconectado sensores FTS-CMP-MAP .....	153
Figura. 131 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs voltaje .....	155
Figura. 132 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo	

de inyección tiempos vs corriente .....	156
Figura. 133 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad.....	157
Figura. 134 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo .....	158
Figura. 135 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal ciclo duty vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo .....	159
Figura. 136 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección principal corriente de apertura vs opacidad promedio vs opacidad de pruebas de ensayo .....	160
Figura. 137 Curva al estar desconectado sensores FTS-ECT-FRP-MAP..	161
Figura. 138 Curva al estar desconectado sensores FTS-ECT-FRP-CMP .	161
Figura. 139 Curva al estar desconectado ECT-FRP-CMP-MAP .....	162
Figura. 140 Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-MAP-FRP..	162
Figura. 141 Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-CMP-MAP.	163
Figura. 142 Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-FRP-CMP ..	163
Figura. 143 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs voltaje .....	165
Figura. 144 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs corriente .....	166
Figura. 145 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad.....	167
Figura. 146 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo .....	168
Figura. 147 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal RPM vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo .....	169
Figura. 148 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal corriente vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo .....	170
Figura. 149 Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-FRP-CMP-MAP .....	171

Figura. 150 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs voltaje vs corriente .....	173
Figura. 151 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo tiempos de pre-inyección vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo .....	174
Figura. 152 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección principal tiempos vs voltaje vs corriente .....	174
Figura. 153 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo tiempos de pre-inyección vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo .....	175

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de las metodologías .....	13
Tabla 2 Características HINO AK .....	17
Tabla 3 Funciones de las piezas y componentes .....	20
Tabla 4 Fallas y localización de los inyectores .....	29
Tabla 5 Diagnóstico de fallas en las bombas de inyección .....	31
Tabla 6 Common Rail (Riel Común) .....	33
Tabla 7 Desmontaje, inspección y montaje bomba de suministro de combustible.....	33
Tabla 8 Desmontaje, inspección y montaje del inyector .....	34
Tabla 9 Límites máximos de opacidad de emisiones.....	45
Tabla 10 Cuadro comparativo de la norma ISO.....	49
Tabla 11 Mantenimiento del HINO AK.....	57
Tabla 12 Proceso de instalación del opacímetro .....	62
Tabla 13 Ficha técnica del opacímetro .....	73
Tabla 14 Cuantificación de humos de escape .....	82
Tabla 15 Datos de meteorología del INAMHI .....	84
Tabla 16 Tabulación de los valores de opacidad realizados con fallas en un sensor .....	89
Tabla 17 Tabulación de los valores de opacidad realizados con fallas en dos sensores.....	90
Tabla 18 Tabulación con fallas en tres sensores.....	92
Tabla 19 Tabulación con fallas en cuatro sensores.....	93
Tabla 20 Tabulación con fallas en cinco sensores.....	95
Tabla 21 Tabulación de Corrientes, voltajes, opacidad con fallas de circuito abierto de un sensor .....	119
Tabla 22 Tabulación de Corrientes, voltajes, opacidad con fallas de circuito abierto de dos sensores.....	136
Tabla 23 Valores tabulados cuando se desconecta tres sensores .....	154
Tabla 24 Valores tabulados cuando se desconecta cuatro sensores .....	164
Tabla 25 Valores tabulados cuando se desconecta cinco sensores.....	172
Tabla 26 Recursos humanos .....	176
Tabla 27 Recursos tecnológicos .....	177

Tabla 28 Recursos materiales .....	177
Tabla 29 Presupuesto .....	178

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1 Coeficiente de la energía radiante .....	46
Ecuación 2 Coeficiente de Absorción .....	47
Ecuación 3 Longitud efectiva del camino óptico .....	50
Ecuación 4 Relaciones entre coeficientes de absorción de luz.....	51
Ecuación 5 Temperatura del punto de rocío .....	79
Ecuación 6 Presión de saturación.....	80
Ecuación 7 Presión de saturación de agua.....	80
Ecuación 8 Presión de vapor de agua .....	80
Ecuación 9 Densidad del aire seco .....	80
Ecuación 10 Densidad del humo .....	81
Ecuación 11 Diferencia de densidades.....	81
Ecuación 12 Diferencia de densidades.....	81
Ecuación 13 Densidad de referencia .....	81
Ecuación 14 Densidad de referencia .....	81
Ecuación 15 Temperatura del bulbo húmedo .....	82
Ecuación 16 Ley de Beer Lambert.....	105
Ecuación 17 Opacidad.....	105
Ecuación 18 Revoluciones por minuto.....	109
Ecuación 19 Frecuencia .....	109



## RESUMEN

El sector del transporte de turismo y su parque automotor, dadas las normativas de control para el cumplimiento de parámetros de carácter técnico vigente para alcanzar los permisos de operación y circulación es necesario y de carácter obligatorio cumplir con revisiones técnico vehiculares que considere alcanzar características de funcionamiento y emisiones dentro del campo de dichas normas, ayudando con el cuidado del medio ambiente, de tal manera que se sometió a varias pruebas de ajuste y análisis del sistema de alimentación de las unidades de la Compañía De Transporte De Turismo COTULLARI S.A. con la finalidad de establecer que factores afectan al correcto funcionamiento y control de emisiones para el cumplimiento de estas normativas. Se realizó el estudio y análisis de los componentes del sistema de alimentación de combustible desde el punto de vista de la gestión electrónica, determinando la influencia en los valores de opacidad del motor serie HINO AK mediante una comparación con los valores en condiciones normales de funcionamiento y pruebas inducidas de fallo electrónico de los sensores que intervienen en la gestión electrónica del sistema de alimentación. A fin de solventar y solucionar la problemática de la contaminación ambiental producido por los altos niveles de opacidad que generan el parque automotor serie HINO AK de la compañía turística, provocado por inadecuado procesos de mantenimiento que repercuten en el funcionamiento del sistema de control electrónico CRDI. Con el único fin de garantizar el respeto de la normativa vigente en cuanto a niveles de opacidad permitidos por los vehículos evitando inconvenientes en la obtención de los permisos que otorgan las entidades de control respectivas.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **MOTOR SERIE HINO AK - CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**
- **SISTEMA DE RIEL COMÚN**
- **NORMA J1667**
- **UNIDAD DE CONDUCCIÓN ELECTRÓNICA**

## **ABSTRACT**

The tourism transport sector and its motor vehicle park, given the control regulations for compliance with technical parameters in force to achieve the operating and circulation permits, it is necessary and mandatory to comply with the technical requirements of the vehicles that consider the Operating characteristics Emissions within the scope of the criteria, helping with the care of the environment, in the way that underwent several tests of adjustment and analysis of the feeding system of the units of the COTULLARI SA Transport Company with The purpose of establishing that factors affect the correct functioning and control of emissions for compliance with these regulations. The study and analysis of the components of the fuel supply system from the point of view of electronic management was carried out, determining the influence on the opacity values of the HINO AK engine by a comparison with the values under normal operating conditions and tests Induced of electronic failure of the sensors that take part in the electronic management of the feeding system. In order to solve and solve the problem of environmental pollution caused by the high levels of opacity generated by the car park HINO AK of the tourist company, caused by inadequate maintenance processes that have an impact on the operation of the electronic control system CRDI. For the sole purpose of ensuring compliance with the current regulations regarding levels of opacity allowed by vehicles avoiding inconveniences in obtaining the permits granted by the respective control entities.

### **KEYWORDS:**

- **HINO AK series ENGINE - ENVIRONMENTAL POLLUTION**
- **COMMON RAIL SYSTEM**
- **STANDARD J1667**
- **ELECTRONIC CONDUCTION UNIT**

## CAPÍTULO I

### 1 GENERALIDADES

#### 1.1 ANTECEDENTES

(BOSCH, 2015) “El rendimiento fiable y económico de los motores Diesel requiere sistemas de que trabajen con elevada precisión para que el Sistema de Diesel pueda ofrecer todos los beneficios y ventajas necesita revisiones periódicas y estar afinado de esa forma el motor siempre recibirá el caudal de combustible adecuado a cada momento de funcionamiento, generando mejor desempeño con menor consumo y más baja emisión de gases contaminantes”

(Mora & Cabezas, 2014) “Los niveles de polución producido por los procesos de combustión de motores es una problemáticas a nivel mundial. En el campo de motores diesel se han desarrollado sistemas de inyección que son más eficientes por ende disminuyen su impacto al ambiente. El procedimiento para la evaluación de las emisiones de humo de los vehículos en uso accionados por los motores diesel de gran potencia es mediante pruebas realizadas de acuerdo con valores de referencia de humo, tiene como objetivo proporcionar una indicación del estado de mantenimiento y/o la manipulación de motor y el sistema de combustible con relación a los parámetros que afectan al humo de escape. “Common-Rail”, basa en la introducción del combustible a un depósito de manera continua, lo que genera presión al interior del mismo, convirtiéndolo así en un acumulador hidráulico (Rail). Este sistema además de reducir los ruidos de combustión brinda otras ventajas, tales como el mejor rendimiento y un menor consumo. Considerando que es necesario un correcto mantenimiento de su sistema de inyección, de combustible.

Los motores de combustión interna tienen más de 150 años. Con la crisis petrolera de los años 70, los fabricantes iniciaron una verdadera revolución tecnológica intentando hacer de estos motores una maquina muy eficiente, es así como se inicia la construcción de motores a diesel desde esa época muchos países comienzan a verse afectadas por altos índices de

contaminación lo que obliga a los constructores a crear motores menos contaminantes, más eficientes, con menor consumo de combustible y por ende mayor respeto por el medio ambiente, sin embargo para que esto pueda ser posible, el motor diesel necesita de un excelente mantenimiento y sobre todo de un combustible de alta calidad. En Ecuador, a partir del año 2011 (principalmente en las ciudades de Quito Guayaquil y Cuenca) se cumple los objetivos del plan de mejoramiento de combustible que se oferta al público, se adoptan estándares internacionales de calidad que tienen como principal objetivo disminuir la contaminación ambiental”

El consumo de combustible en vehículos de ciclo diesel respecto de un ciclo Otto es menor en proporción, pero su incidencia en las emisiones generadas se incrementa alrededor de cuatro veces más, de los principales contaminantes del aire. (Godó, 2007)

Las emisiones de diesel causan una mayor contaminación y tienen peores efectos en la salud. Estas emisiones son una de las mayores causas del dióxido de nitrógeno, óxidos de azufre.

Las partículas producidas por las emisiones en motores diesel más pequeñas que un micrón, por lo que causan efectos respiratorios adversos en las personas. (German, 2012)

(INEN, 2000) “Para obtener la muestra de gas se deberá realizar una fuerte y rápida aceleración hasta obtener los gases apropiados para realizar las mediciones requeridas. La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 202, establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de opacidad y sus niveles permitidos de las emisiones de escape de vehículos con motor diesel mediante el método de aceleración libre”

(INEN, 2002) “La tasa de emisiones gaseosas para vehículo con motores a diesel están dadas por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 207 donde establece los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel y tomando en consideración rangos del año de

1999 y anteriores a este el porcentaje de opacidad es de 60%, y el año 2000 y posteriores a este el porcentaje de opacidad es de 50%”.

(SAE, 1996) “Los valores de referencia de humo, tiene como objetivo proporcionar una indicación del estado de mantenimiento y/o la manipulación de motor y el sistema de combustible con relación a los parámetros que afectan a humo de escape”.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La investigación se originó dada la necesidad de la compañía de transporte de turismo COTULLARI. S.A. la problemática de los niveles de opacidad producidos en parque automotor de la compañía y su incidencia en las emisiones que tienen un motor serie HINO AK como sistema de propulsión de energía, provocado por inadecuado procesos de mantenimiento que repercuten en el sistema de control electrónico CRDI. La normativa vigente de opacidad y sus valores permisibles en vehículos de trabajo pesado generado inconvenientes al momento de cumplir las mismas para que puedan circular en concordancia con las leyes de tránsito.

El parque automotor de la compañía de transporte COTULLARI S.A. presenta problemas en las revisiones e inspecciones de agencias que regulan el control de tránsito especialmente encaminadas a realizar las revisiones técnicas vehicular con característica particular en los niveles de opacidad “emisiones de escape”, teniendo incumplimiento a las normativas y certificaciones medio ambiental lo que genera una problemática de carácter técnico–científico que requiere de ayuda para determine cuáles son las causas recurrentes que la generan y las soluciones desde un punto de vista que fundamente una solución sustentable y sostenible en el tiempo. El análisis de las técnicas de mantenimiento aplicado a su sistema de alimentación es un punto principal de preocupación de los propietarios y dueños de los vehículos diesel de trabajo pesado con motor serie HINO AK.

El transporte de turismo realiza dos revisiones vehiculares anuales lo que representa un alto índice económico para cada revisión vehicular. El

sistema de alimentación funciona correctamente si se inyecta la cantidad de combustible adecuada en el momento preciso y si se realiza el análisis de la composición de los gases de combustión y la temperatura en el escape, se tendrá una indicación de cómo se está realizando la combustión.

Los trabajos de mantenimiento automotriz requieren estandarizar procesos y procedimiento de control de cada uno de sus componentes con equipos de monitoreo y medición bajo normas vigentes en el control de los niveles de opacidad de tal manera que se determine el grado de incidencia y afectación que puede generar una deficiente operación de los elementos del sistema de alimentación de riel común característico de los motores del parque automotor de la compañía determinado la influencia del mantenimiento del sistema de alimentación del motor serie HINO AK mediante el algoritmo para la medición y cuantificación de los humos de escape, de tal forma que se establezca un protocolo para monitoreo que se ejecute en cumplimiento con las exigencias de las normas INEN e ISO pertinentes al estudio.

El correcto funcionamiento de la inyección, de combustible controlada electrónicamente entrega ventajas, da ahí parte la gran importancia de un adecuado mantenimiento preventivo de la gestión electrónica del sistema de inyección y su buen estado; los fallos generados en este sistema provocarán alteraciones en el proceso de la combustión, generando altos niveles de los humos de escape.

Los contaminantes emitidos y sus partículas carbonosas conforman la mayor proporción de elementos generados por la combustión en los motores diesel; medidos por equipos denominados opacímetros, que determina la proporción de luz transmitida de una fuente que se le impide llegar a una luz detector, representando mediante un valor K que es la densidad de humo también conocido como " Coeficiente de extinción de luz " y "coeficiente de absorción de luz ") porcentaje la cantidad de hollín suspendido en los gases de análisis.

La densidad de humo es función del número de partículas de humo por unidad de volumen del gas, la distribución del tamaño de las partículas de humo, y la luz propiedades de absorción y dispersión de las partículas. En ausencia de humo azul o blanco, el tamaño la distribución y la absorción de la luz / propiedades de dispersión son similares para todas las muestras de gases de escape de motores diesel y la densidad de humo es principalmente una función de la densidad de las partículas de humo.

La base legal en el país que regulan las emisiones permitidas por los vehículos con motores diesel, se fundamentan a partir de las normativas técnicas del instituto ecuatoriano de normalización a partir de 2207:2002, mediante el método de aceleración libre. Y a nivel internacional reguladas por Medición de humo según la SAE J255a - motor diesel Procedimiento de prueba de emisiones de Auditoría de Producción según la SAE J1243 – Diesel. Y los equipos de medición según la ISO 11614 CD - Aparato para la medición de la opacidad del coeficiente de absorción de luz de Los gases de escape de motores de combustión interna.

A partir de esta consideración y problemas ambientales producidas por partículas suspendidas producidos por motores diesel es necesario que exista personal capacitado en diagnóstico y mantenimiento sistemas CRDI y la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga requiere de un sistema de medición y cuantificación de humos de escape con un equipo de diagnóstico automotriz adecuado, que permita que los vehículos estén en perfectas condiciones de funcionamiento, mediante protocolos de manteniendo y puedan cumplir con la normativa nacional.

### **1.3 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO**

La investigación se desarrolló en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, las pruebas de medición y cuantificación se llevaron a cabo en el laboratorio de Mecánica De Patio De La Carrera De Ingeniería Automotriz en condición de aceleración de humo con procedimiento de prueba para vehículos con motor para trabajo pesado y

condición de aceleración libre, de acuerdo a las normas (SAE) J1667 y NTE INEN2202:2013 respectivamente.

Se obtuvo datos de gestión electrónica del motor de actuadores y sensores mediante el uso de equipos de medición y diagnóstico para recopilar datos en condiciones normales de funcionamiento y mediante fallos generados en el sistema inyección de riel común relacionando PIDs con los mismos, valorando de esta manera estrategias de diagnóstico del sistema de inyección CRDI.

Se procedió a obtener datos aceleración de humo procedimiento de ensayo para vehículos diesel pesados práctica recomendada por SAE se aplica a las mediciones de humo de escape, esta prueba se llevó a cabo en un taller de reparación de vehículos. La prueba está destinada a ser ejecutada en el parque automotor de autobuses de la compañía de transporte de turismo COTULLARI. S.A. propulsados por motores diesel serie HINO AK, mediante el principio de extinción de luz de medición de humos.

Este procedimiento describe cómo la prueba a presión de aceleración del cual se obtuvo mediante un algoritmo que cuantifica los humos de escape medidos durante la prueba, considerando factores que influyen en los resultados y métodos de ensayo complemento de aceleración para corregir aspectos inherentes a los procesos de mantenimiento.

Se determinó metodologías de corrección como parte integral del procedimiento de prueba de aceleración. y mediciones proporcionando un sistema de evaluación de las emisiones de humo, en combinación con valores de referencia de humo, que proporcione una indicación del estado de mantenimiento y/o la manipulación del motor y el sistema de combustible con relación a los parámetros que afectan a humo de escape.

A partir Ley de Beer-Lambert se describió las relaciones físicas entre el humo densidad (K) y los parámetros de humo de la transmitancia (T), y la



longitud efectiva del camino para calcular (K), cuando la opacidad son conocidos, llegando a obtener un factor de corrección para el escape mediante la longitud efectiva del camino óptico que es una función del diseño de tubo de escape.

Las pruebas se realizaron a una altitud de 2507 msnm, temperatura del Aire-en un rango de 2 a 30 °C (36 a 86 °F) limitando las condiciones de viento ya que si los vientos son excesivos alteran el tamaño, la forma o la ubicación de la estela de escape del vehículo en la región cuando se tomen muestras de escape o donde se mide la columna de humo. El conductor del vehículo fue instruido sobre la correcta ejecución de la complemento de aceleración secuencia de prueba. Es de vital importancia que el operador del vehículo comprender plenamente el movimiento apropiado del acelerador del vehículo durante la prueba.

Se implementó un software para la medición y cuantificación de los niveles opacidad para vehículos diesel de trabajo pesado en el analizador de gases CARTEK del laboratorio de Mecánica de Patio de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE LATACUNGA.

Para el cálculo y presentación de informes del resultado final de la prueba se comprobó el cumplimiento de los criterios de validación, considerando el promedio del máximo corregido 0,5 valores de humo delos ciclos de prueba de tres, complemento de aceleración; utilizando filtros de densidad neutra con una distorsión mínima, se calculó y presentó el resultado final del proyecto de investigación.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El uso de gestiones ambientales en el país para vehículo diesel, donde deben ser sometidos análisis de gases y de opacidad con el fin de obtener el permiso de circulación se realiza en algunas ciudades del país y por este motivo se lo impartirá el conocimiento del estudio realizado a la zona 3, (este análisis de gases va en aumento en las ciudades del país y por ende cada

vez con mayor rigidez para mejores prestaciones en los motores diesel y el medio ambiente.

El número de vehículos motorizados matriculados en el 2013 a nivel nacional está constituido por 8281 unidades, de los cuales representa el 0.48% de total de vehículos matriculados en ese año. Sabiendo que su utilización en el medio está en constante crecimiento y que actualmente presentan diversas actualizaciones tecnológicas, aplicadas a trabajo pesado en la que se incluye el sistema de inyección CRDI, es obligatorios salvaguardar información técnica y especializada que permita usar equipos para medición y cuantificación de los niveles de opacidad y considerar un mantenimiento adecuado a los vehículos con este tipo de inyección diesel.

Mediante el análisis y la cuantificación de los humos de escape de los motores serie HINO AK determinará los parámetros óptimos de funcionamiento, con la finalidad de mostrar su mayor eficiencia en el trabajo y a la vez contribuir disminuyendo la contaminación ambiental y pasando exitosamente pruebas de inspección y revisión de los niveles de polución en este tipo de transporte.

El estudio de leyes y ecuaciones matemáticas donde describen relaciones físicas son de vital importancia ya que la densidad del humo no se puede medir directamente y entre otras más variables fueron tomadas en cuenta para el análisis del algoritmo para el filtrado de niveles de humo de escape, así se podrá obtener lecturas de alta frecuencia que se produce en la prueba de aceleración completa y así documentar las metodologías y cálculos para su correcta utilización.

Los datos que resulten de la investigación se utilizaron para determinar la influencia de los componentes dentro del sistema de alimentación, así conocer si existe beneficios en cuanto al rendimiento del motor, mejorando parámetros de cuidado del medio ambiente y logrando la certificación requerida como operadoras turísticas que pueden circular y prestar sus servicios en el país.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

- Analizar la influencia del mantenimiento del sistema de alimentación del motor serie HINO AK del parque automotor de la compañía de transporte de turismo COTULLARI. S.A. mediante el algoritmo para la medición y cuantificación de los humos de escape

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Fundamentar teórica y científicamente los conocimientos necesarios para el desarrollo del proyecto de tesis.
- Establecer un protocolo de pruebas para la medición y cuantificación de los humos de escape para vehículos diesel de trabajo pesado.
- Implementar un software para la medición de opacidad al analizador de gases CARTEK de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE LATACUNGA,
- Determinar la influencia del estado de mantenimiento y/o la manipulación de motor y el sistema de combustible con relación a los parámetros que afectan a humo de escape del motor serie HINO AK realizando mediciones de los niveles de opacidad de los autobuses compañía de transporte de turismo COTULLARI. S.A. en condiciones normales de funcionamiento y mediante fallos generados en el sistema inyección de riel común para relacionarlos con los PIDs
- Determinar un factor de corrección para el escape mediante un software en relación a la longitud efectiva del camino óptico que es una función del diseño de tubo de escape.
- Aplicar el algoritmo para la cuantificación de los humos de escape a partir de la medición de los niveles de opacidad mediante el cumplimiento de criterios de validación, en ciclos de prueba de tres, complemento de aceleración con una distorsión mínima para tabular los datos obtenidos, para generar un registro de las variaciones en los niveles de opacidad de acuerdo al elemento del sistema de combustible que genere un mal funcionamiento.

## **1.6 METAS**

- Establecer el protocolo de pruebas para la medición y cuantificación de los humos de escape para vehículos diesel de trabajo pesado.
- Implementar un software para la medición de opacidad al analizador de gases CARTEK de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE LATACUNGA, perteneciente al Laboratorio De Mecánica De Patio.
- Determinar como la manipulación del sistema de alimentación combustible y los parámetros de gestión electrónica afectan e inciden en los humos de escape del motor serie HINO AK y relacionarlos con los PIDs.

## **1.7 HIPÓTESIS**

- Mediante la medición y cuantificación de los humos de escape en los motores serie HINO AK, se determinará la influencia del mal funcionamiento de la electrónica aplicada al sistema de alimentación de riel común en los niveles de opacidad para vehículos diesel de trabajo pesado.

## **1.8 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN:**

### **1.8.1 VARIABLES DEPENDIENTES:**

MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS HUMOS DE ESCAPE

### **1.8.2 VARIABLES INDEPENDIENTES:**

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR SERIE HINO AK

## **1.9 METODOLOGÍA**

- **MÉTODO DEDUCTIVO**

Dado que la investigación enfoca su impacto en los niveles de opacidad y su incidencia ambiental generadas tomando como muestra vehículos de trabajo pesado de motor diesel con sistemas CRDI del parque automotor de

la compañía COTULLARI. S.A., se analizó los niveles de emisiones que generan, representado por los estudios realizados en los autobuses con motor serie HINO AK.

- **MÉTODO INDUCTIVO**

La investigación se ejecutó en los Autobuses con motor serie HINO AK, con sistema de riel común diesel, por lo que los resultados y conclusiones generadas fueron aplicados a los vehículos de motor diesel de trabajo pesado para obtener una certificación aprobatoria de que los vehículos están en perfectas condiciones para revisiones e inspecciones de los organismos de control del tránsito.

- **MÉTODO ANALÍTICO**

En la presente investigación se analizó las fallas de los sensores como CMP, CKP, ECT, FTS entre otros del sistema de inyección del vehículo de prueba, obteniendo datos y valores de su incidencia en los niveles de opacidad, y su incidencia en el mantenimiento y/o manipulación del motor; analizados bajo distintos modos de operación para el desarrollo experimental.

- **MÉTODO SÍNTESIS**

Se aplicó un método de medición y cuantificación de los humos de escape en motores diesel de trabajo pesado mediante la aplicación de un protocolo en concordancia con normativas nacionales e internacionales bajo condiciones específicas.

- **MÉTODO EXPERIMENTAL**

Mediante metodología experimental se trabajó mediante mediciones y pruebas de laboratorio bajo diferentes condiciones inducidas por diferentes situaciones en condiciones normales y con fallos al funcionamiento del sistema del motor serie HINO AK, que permitirán el análisis del mantenimiento en los niveles de humo de escape en vehículos diesel de trabajo pesado, mediante protocolos, procesos y procedimientos de mantenimiento para diagnóstico del sistema de alimentación de combustible.

- **MÉTODO COMPARATIVO**

Permitió establecer variaciones de los parámetros analizados basándose en mediciones y cuantificaciones realizadas en condiciones normales y de falla de funcionamiento del sistema de alimentación.

- **MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA**

Aprobó la verificación y validación de los criterios de registro de datos en el promedio del máximo corregido 0,5 valores de humo de los ciclos de prueba de tres, complemento de aceleración como indicador de que los cambios en las condiciones de mantenimiento afectan al funcionamiento bajo condiciones normales y de prestaciones.

- **MÉTODO DE MEDICIÓN**

Con el método de medición a partir del protocolo de pruebas con sustento legal a partir de la normativas técnicas NTE INEN 2207:2002, NTE INEN 2202:2013, SAE J255a, SAE J1243 y la ISO 11614 se manejó los datos para la medición y cuantificación de los niveles de opacidad.

- **MÉTODO DE MATE MATIZACIÓN**

Mediante Ley de Beer-Lambert describe las relaciones físicas entre el humo densidad y los parámetros de humo de la transmitancia, y la longitud efectiva del camino para a obtener un factor de corrección para el diseño del tubo escape mediante un software mediante la generalización del aspecto cuantitativo – cuantitativo de los anómalas analizados, bajo condiciones establecidas en las pruebas mediante protocolos.

- **MÉTODO ANALÍTICO**

Mediante la implementación de un sistema de medición de opacidad se logró optimizar un equipo de diagnóstico automotriz en su máxima capacidad para el laboratorio de mecánica de patio de la universidad de las fuerzas armadas para así lograr obtener datos y tabular para generar un registro de las variaciones en los niveles de opacidad de acuerdo al elemento del sistema de combustible que genere un mal funcionamiento.

Tabla 1

## Descripción de las metodologías

Fase de proyecto	Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
<b>Elaboración de Protocolo de pruebas</b>	Lógico Deductivo	Permite establecer los principios y relaciones existentes para la investigación de la temática propuesta como son: vehículos a usarse, revisión técnica mecánica previa y mantenimiento preventivo.	Vehículos: Autobuses con motor serie HINO AK. Scanner de Diagnóstico Automotriz Programa/software De HINO Explore 3.1.2 Diagnóstico	Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE-L
	Lógico Inductivo	Se conocen con exactitud el número de elementos que forma el objeto de estudio, como son humo densidad (K) y los parámetros de humo de la transmitancia (T), y la longitud efectiva del camino para la investigación.	Computador, sistema de medición y cuantificación de los niveles de opacidad	Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE-L

CONTINÚA 

<p>De medición</p>	<p>Genera la información y datos numéricos referentes tiempo de respuesta del instrumento global (t) deberá ser: 0,500 s 0,015 s. Se define como la diferencia entre los tiempos en que la salida del opacímetro alcanza 10 % y el 90 % de la escala completa cuando la opacidad del gas que se está midiendo se cambia en menos de 0.01 s. Incluye tiempos de respuesta física, eléctricas y de filtro. Matemáticamente, que está representado por las Ecuaciones.</p>	<p>Monitor-scanner marca SKU Analizador de gases marca CARTEK Scanner de Diagnóstico Automotriz Programa/software De HINO Explore 3.1.2 Diagnóstico</p>	<p>Venta, alquiler, capacitación y servicio técnico por parte de Gobla tech Diagnóstico  Automotriz Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE-L</p>
<p><b>Pruebas en ciclo</b> Experimental</p>	<p>Con este método se crean las condiciones necesarias para la realización de la investigación según el criterio de ciclos de prueba de aceleración se calcula y presentan como el resultado final del ensayo y por nivel de experiencia de conductor.</p>	<p>Monitor-scanner marca Analizador de gases marca CARTEK Scanner de Diagnóstico Automotriz Programa/software De HINO Explore 3.1.2 Diagnóstico FILTROS DE DENSIDAD NEUTRA Termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo</p>	<p>Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE-L</p>



Observacional  
sistematizado

Permite alcanzar un mayor grado de precisión al controlar el entorno de desarrollo del proyecto como son: en ciclos de prueba de tres, complemento de aceleración con una distorsión mínima y software de corrección para el diseño del tubo de escape.

Muestreo opacímetro  
satisfacer las  
especificaciones

Unidad de procesamiento  
de datos do.

Impresora y / o un soporte  
electrónico para registrar e  
imprimir el individuo  
corregidos máximo

Catalogo electrónico para  
valores de humos promedio  
de cada ciclo de pruebas  
complemento de  
aceleración, y el promedio  
final complemento de  
aceleración resultado de la  
prueba.

Laboratorio de  
Mecánica de Patio  
ESPE-L

<b>Análisis de Resultados</b>	Analítico	Se distingue y revisa de forma ordenada cada uno de los resultados de las pruebas por separado, examinando valores promedio, totales, máximos y mínimos y relacionándolos con la forma de operación del vehículo por parte del conductor.	Computador, software Office 2013. Microsoft Word
	De concordancia	Con los resultados obtenidos de la prueba en ciclos de prueba de tres, complemento de aceleración con una distorsión mínima para señalar la diferencia entre los criterios de estudio y validación.	Computador, software Office 2013. Microsoft Excel
	Síntesis	Se consolida la información obtenida del análisis y la comparación en una conclusión respaldada con evidencias y magnitudes registradas en las pruebas, para posteriormente emitir el protocolo de medición y cuantificación de los humos de escape a partir de un algoritmo.	Computador software Office 2013. Microsoft Word. Microsoft Power Point

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Motor serie HINO AK

Los nuevo chasis de buses HINO AK se han desarrollado utilizando conceptos tecnológicos mundiales, diferenciados por un motor EURO 3, cuya calidad asegura una excelencia en transporte de pasajeros.

##### 2.1.1 Características HINO AK

La siguiente tabla 2 realiza la descripción del vehículo

**Tabla 2**

**Características HINO AK**

MODELOS AK	
<b>Configuración</b>	4x2
<b>CAPACIDADES DEL MOTOR</b>	
<b>Peso bruto vehicular/Peso chasis total aproximado</b>	14200 Kg/4700 Kg
<b>Largo / Ancho</b>	11.140 / 2.445 mm
<b>Capacidad de pasajeros</b>	45
<b>Neumáticos</b>	11R 22.5" 16 Lonas Tubuless
<b>Gradeabilidad tangencial</b>	38%
<b>Tipo</b>	Diesel
<b>Sistema de</b>	electrónica de riel común
<b>Norma anticontaminación</b>	Euro III
<b>Potencia Máxima</b>	260 HP °2500 RPM
<b>Torque Máximo</b>	745 NM °1500
<b>Cilindraje</b>	7684 CC
<b>Cilindros</b>	6 en línea
<b>Válvulas</b>	24 en la culata

**Fuente:** (HINO CORPORATION, 2015)

## 2.2 Sistema de alimentación DIESEL COMMON RAIL

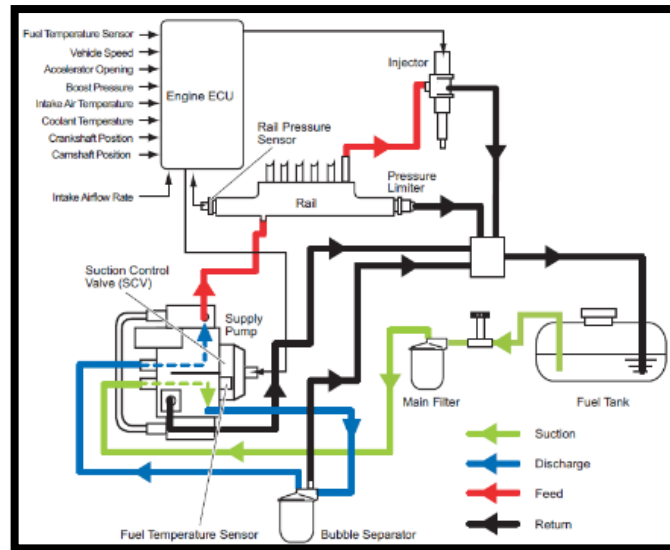
### 2.2.1 Introducción

( ROBERT BOSCH GMBH,, 2005) “El Sistema Common Rail se basa en los sistemas de inyección gasolina pero adaptada debidamente a las características de los motores diesel de inyección directa. La principal diferencia entre los dos sistemas se basa en las presiones de trabajo en los motores diesel con 1350 bares que puede desarrollar un sistema "Common Rail", con 5 bares que realiza el sistema de inyección gasolina.

El sistema de inyección por acumulador y rampa común “Common rail” son unos de los sistemas más perfeccionados la ventaja principal son las amplias variaciones en la configuración de presiones donde las inyecciones queda separada, la generación de presión y la inyección como se muestra en la figura 1. La presión de inyección puede generar independientemente del número de revoluciones del motor y de la cantidad de combustible a inyectar, (Bomba de alta presión) pudiendo ser elegida libremente dentro de determinados límites. Durante la inyección, ésta es prácticamente constante delante del inyector, alcanzando un máximo de 1600 bares.”

(DELPHI, 2007) Define que: “El sistema de inyección Riel común ha sido diseñado para obtener:

- Reducir el ruido.
- Reducir las emisiones contaminantes.
- Reducir consumo de combustible.
- Aumento de las prestaciones.”



**Figura. 1 Diagrama de contorno del Sistema Common Rail (DENSO)**  
**Fuente:** (Denso Corporation, 2004)

## 2.2.2 Finalidad

Introducir aire en el cilindro y comprimir a presión el diesel en la cámara de combustión. EL aire se comprime a gran presión entre 36 a 45 Kg en el interior de la cámara de combustión, de este modo alcanza la temperatura adecuada para la inflamación. (PUNINA, 2013)

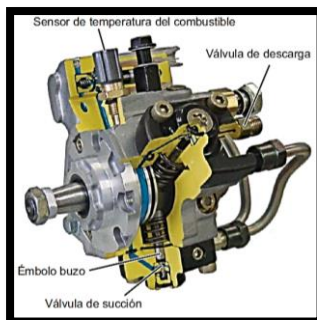
## 2.2.3 Componentes del sistema de alimentación

El sistema Common rail se conforma por los siguientes elementos: bomba de suministro de combustible, riel de alta presión e inyectores. Existen los siguientes tipos según la bomba de suministro (Denso Corporation, 2004)

### a) Bomba de alta presión

- **Construcción y características**

La bomba de suministro consta de una leva excéntrica, leva anular, émbolo buzo, válvula de control de succión, el sensor de temperatura del combustible y la bomba de alimentación, entre otros como se muestra en la figura 2. Tiene tres émbolos a 120° con una capacidad de suministro de combustible es de 1,5 veces más, el volumen de descarga de combustible se controla mediante la SCV.”



**Figura. 2 Bomba de alta presión**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

- **Funciones de los componentes del sistema de alimentación.**

La bomba de alta presión de sistema de inyección de combustible Common Rail utiliza sensores para controlar las condiciones de funcionamiento el motor operará bajo óptimas condiciones. Las funciones de los componentes de este sistema se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

**Funciones de las piezas y componentes.**

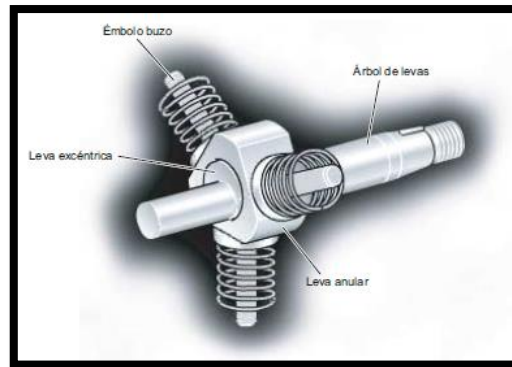
Piezas componentes		Funciones
Bomba de alimentación		Aspirar combustible
Válvula reguladora		Control de presión
SCV (válvula de control de succión)		Control de flujo del diesel.
Unidad de bomba	Leva excéntrica	Movimiento anular.
	Leva anular	Movimiento lineal
	Émbolo buzo	Movimiento alternativo
Válvula de succión		Evita el flujo inverso.
Válvula de descarga		Evita el flujo inverso

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

- **Unidad de bomba (leva excéntrica, leva anular, émbolo buzo)**

(Denso Corporation, 2004) “Hay una leva anular triangular instalada en la leva excéntrica del eje impulsor, y tres émbolos buzo instalado en la leva anular a intervalos de 120° como se muestra en la figura 3.

Debido a que la rotación del árbol de levas hace que la leva excéntrica rote excéntricamente, la leva anular sigue este movimiento, lo que a su vez mueve los tres émbolos buzo recíprocamente. (La propia leva anular no gira).”

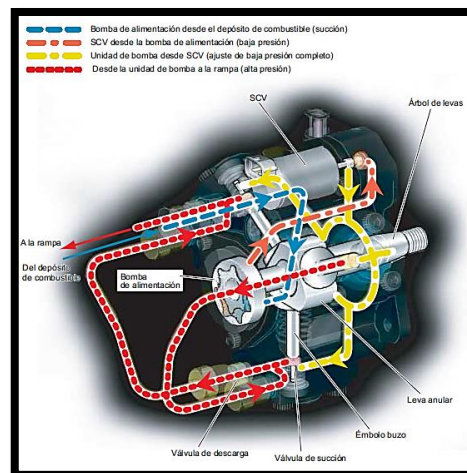


**Figura. 3 Émbolo buzo**

Fuente: (Showa-cho; Kariya-shi; Aichi-ken, 2010)

- **Funcionamiento de la bomba de suministro**

El volumen de descarga del diesel se dosifica a partir de la válvula de control combustible, enviándolo hacia el riel de alta presión. El volumen de descarga se controla mediante la SCV. La apertura de válvula se ajusta mediante el control del porcentaje de servicio. La bomba de alimentación succiona el combustible del depósito y lo envía a la SCV. En ese momento, la válvula reguladora ajusta la presión del combustible por debajo de cierto nivel. El volumen de descarga requerido del combustible enviado desde la bomba de alimentación se ajusta mediante la SCV y se introduce en la unidad de bomba a través de la válvula de succión. La unidad de bomba bombea el combustible hacia la rampa a través de la válvula de descarga como se observa en la figura 4.



**Figura. 4 Bomba de suministro**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

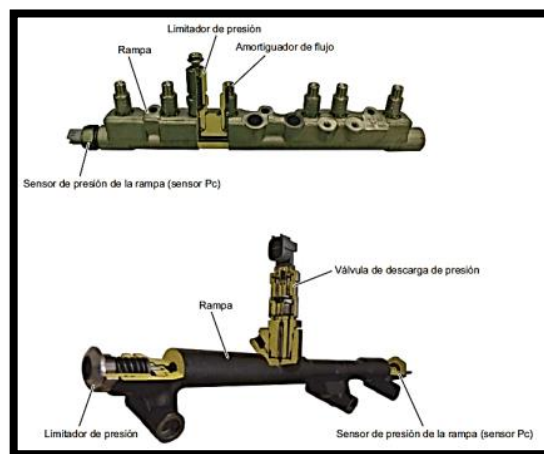
## a) Rampa

- **Funciones y composición de la rampa**

(Denso Corporation, 2004) “La función de la rampa es distribuir el combustible a presión a cada inyector de cilindro mediante la bomba de suministro.

La forma de la rampa depende del modelo y las piezas componentes varían en consonancia como se muestra en la figura 5.

Las piezas componentes son el sensor de presión de la rampa (sensor Pc), el limitador de presión y en algunos modelos un amortiguador de flujo y la válvula de descarga de presión.”



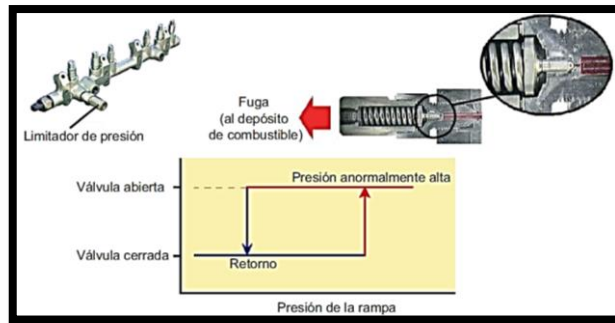
**Figura. 5 Rampa**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

- **Limitador de presión**

(Cho, Kariwa, & Prefecture, 2004) “El limitador de presión se abre para liberar la presión en caso de que se genere una presión anormalmente alta. El limitador de presión funciona (se abre) si se alcanza una presión anormalmente alta en el interior de la rampa. Reanuda su funcionamiento (se cierra) una vez que la presión ha caído a un cierto nivel. El combustible liberado por el limitador de presión vuelve al depósito de combustible.”

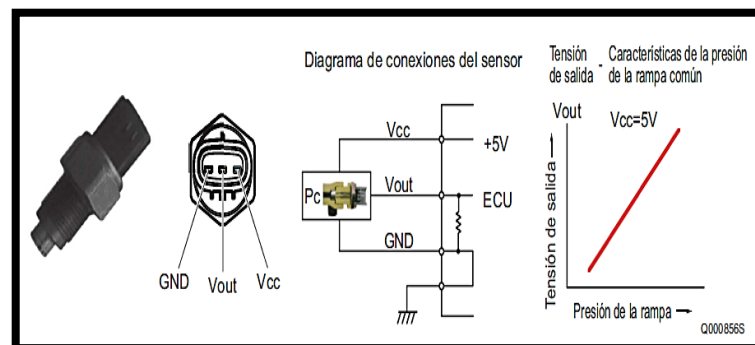




**Figura. 6 Limitación de presión**  
Fuente: (Denso Corporation, 2004)

- **Sensor de presión de la rampa (sensor Pc)**

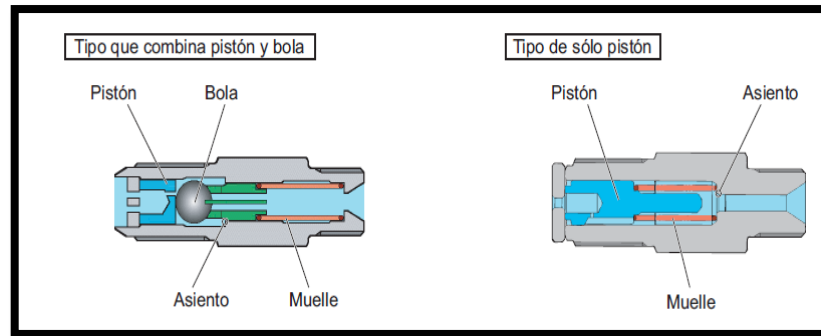
(Denso Corporation, 2004) “El sensor de presión de la rampa (sensor Pc) está instalado en la rampa. Detecta la presión del combustible en la rampa y envía una señal a la ECU del motor. Se trata de un sensor semiconductor que utiliza el efecto piezoeléctrico de la resistencia eléctrica que varía cuando se aplica presión al elemento de silicón.”



**Figura. 7 Sensor de presión de la rampa**  
Fuente: (Denso Corporation, 2004)

- **Amortiguador de flujo**

(Denso Corporation, 2004) “El amortiguador de flujo reduce las pulsaciones de la presión del combustible en el tubo a presión y suministra combustible a los inyectores a una presión estabilizada. Asimismo, el amortiguador de flujo presenta una descarga anormal de combustible al cerrar el conducto de combustible en caso de que haya una descarga excesiva del mismo, por ejemplo debido a la fuga de combustible desde un tubo de inyección o inyector. Algunos amortiguadores de flujo combinan un pistón y una bola y otros tienen solamente un pistón.”

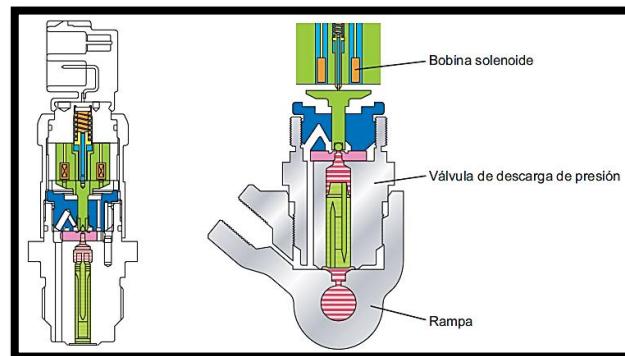


**Figura. 8 Amortiguador de flujo**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

- **Válvula de descarga de presión**

Controla la presión del a partir de datos de la unidad de control, generando una señal para descarga de presión recirculando el combustible al depósito.



**Figura. 9 Válvula de descarga de presión**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

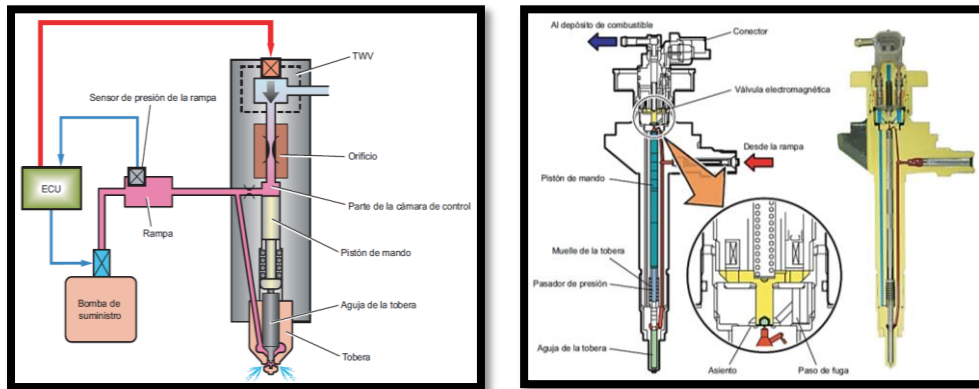
**b) Inyector**

- **Descripción general**

Inyecta combustible al interior del motor en función de los valores de operación y funcionamiento de sensores y actuadores comandados por su gestión electrónica.

(Denso Corporation, 2004) “La inyección se controla utilizando una TWV (válvula de dos vías) y un orificio. La TWV controla la presión de la cámara de control para controlar el principio y el final de la inyección. El orificio controla la relación de moderando el régimen en el cual se abre la tobera. El pistón de mando abre y cierra la válvula al transmitir la presión de la cámara de control a la aguja de la tobera, cuando la válvula de la aguja de la tobera

se abre, la tobera pulveriza el combustible y lo inyecta. Para asegurar una presión alta, el inyector ha mejorado la fuerza de la presión, el rendimiento del sellado y la resistencia del desgaste de la presión. Ha mejorado también el funcionamiento a un régimen alto, haciendo posible un control de la inyección más preciso y la inyección múltiple.”



**Figura. 10 Inyector**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

- **Funcionamiento**

(Denso Corporation, 2004) “El inyector controla la inyección a través de la presión del combustible de la cámara de control. La TWV lleva a cabo el control de fugas de combustible en la cámara de control para controlar la presión del combustible dentro de esa cámara. La TWV varía según el tipo de inyector.”

- **Sin inyección**

(Denso Corporation, 2004) “Cuando la TWV no está excitada, cierra el paso de fuga desde la cámara de control, de forma que la presión del combustible de la cámara de control y la presión del combustible que se aplica a la aguja de la tobera sea la misma presión de la rampa. Así, la aguja de la tobera se cierra debido a la diferencia entre el área de la superficie sometida a presión del pistón de mando y la fuerza del muelle de la tobera, y el combustible no se inyecta. El paso de fuga desde la cámara de control se cierra mediante la válvula exterior, que se aprieta contra el asiento por la fuerza del muelle y la presión del combustible dentro de la válvula exterior. En

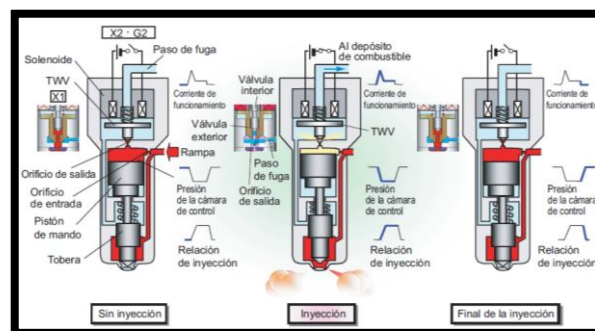
los otros tipos, el orificio de salida de la cámara de control se cierra directamente por la fuerza del muelle.”

- **Inyección**

(Denso Corporation, 2004) “Cuando empieza la excitación de la TWV, esta válvula se levanta, abriendo el paso de fuga de la cámara de control. Cuando este paso de fuga se abre, el combustible de la cámara de control sale y la presión baja. Debido a la caída de presión dentro de la cámara de control, la presión de la aguja de la tobera vence la fuerza que la aprieta hacia abajo, la aguja es empujada hacia arriba y empieza la inyección. Cuando hay fugas de combustible desde la cámara de control, el volumen del flujo se restringe mediante el orificio, de modo que la tobera se abre gradualmente. La relación de inyección sube cuando la tobera se abre. Al continuar aplicando corriente a la TWV, llega un momento en que la aguja de la tobera alcanza la elevación máxima, lo que da como resultado la máxima relación de inyección. El combustible excedente vuelve al depósito de combustible a través del camino mostrado.”

- **Final de la inyección**

(Denso Corporation, 2004) “Cuando termina la excitación de la TWV, la válvula desciende, cerrando el paso de fuga de la cámara de control. Cuando se cierra el paso de fuga, la presión del combustible dentro de la cámara de control vuelve instantáneamente a la presión de rampa, la tobera se cierra de repente y la inyección se detiene.”



**Figura. 11 Inyectores**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

## **2.2 Mantenimiento del sistema de alimentación.**

### **2.2.1 Mantenimiento preventivo.**

Para el óptimo funcionamiento del sistema de alimentación, es necesario un mantenimiento preventivo, donde se efectúan múltiples operaciones de revisión mecánica y electrónicas acordes con los rigurosos manuales de fábrica, que detalla el servicio y los tiempos que se deben realizar las operaciones de mantenimiento.

### **2.2.2 Mantenimiento correctivo.**

Para el diagnóstico y la reparación de los componentes del sistema de alimentación es necesario un mantenimiento correctivo de operaciones mayores de su vehículo, porque requieren de un tiempo mayor en el taller, con técnicos y equipos de alta tecnología. Se le realiza un diagnóstico general, que permite emitir un programa de mantenimiento preventivo y correctivo del mismo.

### **2.2.3 Plan de mantenimiento**

#### **a) Desgaste de los elementos de presión del sistema de inyección.**

(Matos Veleverde, 2013) “Este sistema posee una serie de filtros, destinados a proteger a los inyectores, estos filtros deben cambiar de acuerdo a la recomendación de un centro de servicio especializado. El filtro externo, debe ser cambiado de 10000 a 15000 Km. El filtro interno, debe ser cambiado cuando el diagnostico así lo requiera, se ha observado que frecuentemente después de 100.000 Km. Las mediciones indican que se requiere la limpieza y/o cambio de este filtro. El micro filtro de los inyectores, se debe reemplazar cuando se tape y cause que el inyector falle.

El sistema de control electrónico no requiere de mantenimiento preventivo y posee un sistema de auto diagnostico que le permite reconocer fallas de sus componentes y reportarlas, logrando un diagnostico confiable si se tienen las herramientas electrónicas adecuadas, como lo son los scanner, los multímetros y los osciloscopios.

Los inyectores requieren de una limpieza periódica recomendada entre los 25.000 y 60.000 Km para desprender las gomas o compuestos químicos.

Debido a las condiciones de trabajo a las que está sometido el sistema de inyección diesel, sus elementos de presión puede sufrir los siguientes tipos de desgaste:”

- Desgaste corrosivo.
- Desgaste abrasivo.
- Desgaste mecánico.

**b) Desgaste corrosivo.**

(Matos Veleverde, 2013) “Se produce debido a la presencia de agua y de azufre en el combustible; la acción es esta sustancia generalmente sacan de servicio muy rápidamente a los elementos de precisión debido al desarrollo de un proceso de corrección superficial.

- **Ácidos corrosivos (fórmico y acético):** Efecto: Corroen las piezas metálicas. Tipo de daño: Corrosión del equipo de inyección.
- **Ácidos orgánicos de cadena larga:** Causan las mismas consecuencias que los ácidos grasos libres.
- **Productos resultantes de la polimerización:** Efecto: Formación de depósitos, especialmente si el combustible es una mezcla de varios combustibles Tipo de daño: Obturación del filtro y lacado de zonas de las piezas sometidas al calor.”

**c) Desgaste abrasivo.**

(Matos Veleverde, 2013) “Es producido por partículas sólidas incluyendo el polvo, presentes en el combustible. La acción de estas partículas cuando llegan a las holguras entre superficies conjugados de los elementos de presión produce desgastes acelerados que se traducen en la pérdida de principales características de la inyección; es decir se alteran aquellos parámetros tales como el suministro cíclico del combustible, el momento de la inyección y la presión de inyección. Para eliminar el máximo

de los desgastes tanto por corrección como por abrasivo, los fabricantes de los motores Diesel instalan filtros cada vez más exigentes en cuanto a la capacidad de captación o separación tanto de agua y de partículas sólidas. En algunos motores el sistema de alimentación de combustible llevan dos o tres filtros, más un separador de agua. Solo así, se asegura el trabajo confiable y duradero del sistema de inyección.”

**d) Zona de desgaste.**

(Matos Veleverde, 2013) “El desgaste en los elementos de presión del sistema de inyección Diesel tiene un carácter local. Las partículas abrasivas al entrar junto con el combustible en las holguras de las piezas en movimiento, extraen materiales de las mismas en forma de micro virutas, las mismas partículas. Como resultado, en la superficie tanto de los elementos de la bomba de inyección, como de las toberas se forman ralladuras que se diferencian de las huellas propias del proceso de maquinado.”

**2.2.4 Mantenimiento de los inyectores.**

(Matos Veleverde, 2013) “En la tabla 4 se presenta posibles fallas de los inyectores, localización y consecuencias en el funcionamiento del motor.

**Tabla 4**

**Fallas y localización de los inyectores.**

FALLAS	CAUSAS	CONSECUENCIAS
Presión de apertura de la tobera demasiado alta	1.- Aguja de la tobera agarrotada	Humo negro o gris oscuro a velocidades altas medios con pérdida de potencia
	2.- Orificios de tobera sucios y obstruidos	
	3.- Tornillo de regulación de presión mal ajustado	Humo de escape intermitente o a bocanadas y acompañados de golpes.
	4.- Arandela de compresión (regulación) mal selecciona	

CONTINÚA 

<b>Presión de apertura de la tobera demasiado baja</b>	1.- Resorte de la tobera roto o con pérdida de tensión. 2.- Tornillo de regulación de presión mal ajustado. 3.- Arandela de compensación mal seleccionada.	Humo de escape intermitente o a bocanadas y acompañados de golpeteos.
<b>Tobera que gotea</b>	1.- Tobera desbocada 2.- Aguja de la tobera averiada (desgastada, carbonizada). 3.- Orificios de la tobera con residuos de carbonilla.	2.- Humo negro o gris oscuro a plena carga tanto a bajas como a altas velocidades.
<b>Choro de inyección deformado.</b>	1.- Tobera sucia. 2.- Aguja averiada. 3.- Tobera desbocada.	Humo negro, golpeteo, con pérdida de potencia.
<b>Tobera agrietada</b>	1.- Orificios obstruidos. 2.- Excesiva presión de apertura.	2.- Huma azul o blancuzco particularmente a cargas ligeras o en frío, acompañado de golpeteos.
<b>Caudal excesivo de combustible por la tobera</b>	1.- Desgaste exagerado de la aguja. 2.- Tornillo a arandela de compensación desreglada.	Humo negro o gris oscuro en cualquier régimen de velocidad de carga.
<b>Tobera azulada</b>	1.-Montaje defectuoso. 2.-Falta de refrigeración.	Agarrotamiento posterior de la aguja del inyector.

Fuente: (Matos Veleverde, 2013)

### 2.2.5 Mantenimiento de las bombas de inyección.

(Matos Veleverde, 2013) “Los principales índices de potencia y economía del motor Diesel dependerá del buen funcionamiento de la bomba de inyección así el desgaste pronunciado de los elementos de precisión de la bomba pueden provocar en el motor diesel pérdida de potencia, aumentando el consumo de combustible, disminución de la vida útil y aumento de los humos en los gases de escape. Cualquier alteración, por más leve que sea de las características de la bomba de inyección se refleja en un aumento de los humos. Estos tratándose de las bombas de inyección pueden ser de color negro o blanco, dependiendo del origen y el lugar de la falla en la bomba de inyección. Por esta razón algunos fabricantes de motores recomiendan usar



un código de falla a través de los humos cuando se trata de determinar la causa de alguna falla o avería de la bomba de inyección Diesel. La Tabla 5. Detalla las fallas más comunes en las bombas de inyección, su diagnóstico a través de los humos y solución.”

**Tabla 5**

**Diagnóstico de fallas en las bombas de inyección**

<b>COLOR DE HUMO</b>	<b>FALLA (SINTOMA)</b>	<b>POSIBLE CAUSA</b>	<b>SOLUCIÓN</b>
<b>NEGRO O GRIS OSCURO</b>	Humo a plenas cargas con velocidades altas y bajas y sin pérdida de potencia.	Caudal máximo del combustible de la bomba mal regulado.	Quite la bomba y proceda a regular el caudal en el laboratorio de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
	Humo a plena carga, con velocidades altas y medias y el motor más silencioso que de costumbre.	Avance retardado de la inyección, o dispositivo de avance funciona mal.	Sincronizar el avance de acuerdo a las especificaciones del fabricante o repare el dispositivo de arranque.
	Humo a plena carga, principalmente a velocidades medias y bajas, el motor más ruidoso que de costumbre.	Avance de la inyección, dispositivo de avance funciona mal.	Sincronizar el avance de acuerdo a las especificaciones del fabricante o repare el dispositivo de arranque.
<b>NEGRO O GRIS OSCURO</b>	Humo a plena carga y velocidades altas, funcionamiento con mayor velocidad máxima que de costumbre.	Regulador de la bomba mal regulado.	Quite la bomba de inyección del motor y regule la velocidad máxima de corte de caudal por el regulador de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

	Humo a plena carga, sobre todo a velocidades Altas y medias, con pérdida de potencia del motor.	Tubería de alta presión contiene aire, una longitud incorrecta.	Cebat el sistema y montar tuberías de acuerdo a lo indicado por el fabricante.
	Humo a cualquier velocidad, acompañado de arranque difícil.	Perdida de compresión en los cilindros del motor.	Reparar el motor.
<b>AZUL GRIS GRISASEO BLANCO</b>	Humo azul o blancuzco, pero cambiando a negro o disminuyendo cuando aumenta la temperatura, y a plena carga.	Sincronización retardada del avance de la inyección o dispositivo de arranque funciona mal.	Corrija el avance de la inyección.
	Humo azul a cualquier velocidad, frío o caliente.	Se quema aceite del motor, por traspaso hacia la cámara de combustión ya sea por anillos, o por las válvulas.	Repare el motor
	Humo azulado, acompañado de olor agrio.	Motor funcionan demasiado frío.	Repare el termostato del motor.

**Fuente:** (Matos Veleverde, 2013)

### 2.2.6 Proceso de mantenimiento

El proceso de mantenimiento para el sistema en una reparación rápida y confiable, en Common Rail la ECU realiza un autodiagnóstico, si se produce un problema o fallo, se encenderá la luz de advertencia en el tablero del vehículo donde se grabara el código de falla la cual notificara al conductor el mal funcionamiento, para proceder con el técnico y equipo de diagnóstico adecuado a su respectiva revisión donde se muestra en la tabla 6 y del mismo modo para las bombas de alta presión en una verificación e instalación de la

bomba de inyección se procederá a realizar un inspección de tiempo de inyección donde se lo realiza de acuerdo a lo descrito en las Tablas 7 y 8.

**Tabla 6**

**Common Rail (Riel Común)**

INSPECCIÓN EL SENSOR DE PRESIÓN.

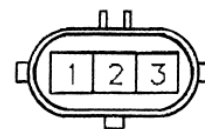
Si la lámpara de chequeo del motor se enciende, y el siguiente malfuncionamiento se muestra en la pantalla del sistema de diagnóstico, reemplace el sensor de presión.

- a) Desconexión del colector de cables o corto circuito en el circuito del sensor de presión.
  - b) La presión del Common Rail no cambia en cierto tiempo mientras el motor está funcionando.
- Mida la resistencia entre los terminales.

Si es que no es el valor estándar, reemplace el sensor.

Estándar: (Condición del motor detenido)

Terminales 2 y 3: 6.5 - 18.5 K $\Omega$  Terminales 1 y 2: 0.5 - 3.0 K $\Omega$



Fuente: (Hino Motors, Ltd, 2016)

**Tabla 7**

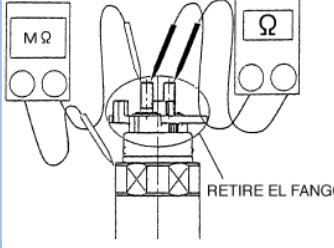
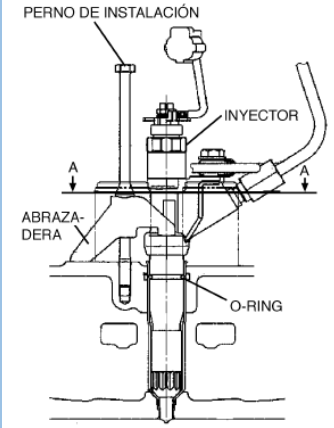
**Desmontaje, inspección y montaje bomba de suministro de combustible.**

<p>VÁLVULA DE CONTROL DE LA BOMBA (PCV)</p> <p>SUB-SENSOR DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR</p>	<p><b>INSPECCIONE LA VÁLVULA DE CONTROL DE LA BOMBA (PCV) Y EL SUBSENSOR DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mida la resistencia entre los terminales.</li> <li>• Si es que no tiene el valor estándar, reemplace el conjunto de la bomba de suministro.</li> </ul> <p>Estándar:</p> <p><b>Válvula de control de la bomba (PVC): 2.9-3.5 K<math>\Omega</math></b></p> <p><b>Sub-sensor de velocidad del motor: 4.5-5.5 K<math>\Omega</math> a 20°C {68°F}</b></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: (Hino Motors, Ltd, 2016)

Tabla 8

## Desmontaje, inspección y montaje del inyector

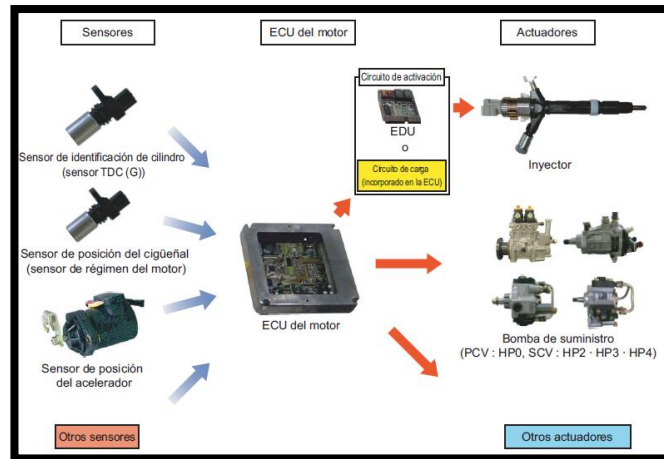
	<p>1. INSPECCIONE EL INYECTOR.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mida la resistencia entre los terminales.</b></li> <li>• <b>Si es que no es el valor estándar, reemplace el conjunto del inyector.</b></li> </ul> <p>Estándar: 0.4-0.5 KΩ a 20°C {68°F}</p> <p><b>Mida la resistencia del aislamiento entre los terminales y el cuerpo superior. Si es que el valor no es el estándar, reemplace el conjunto del inyector.</b></p> <p>Estándar: Más que 10 MΩ</p>
	<p><b>INSPECCIONE EL INYECTOR.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mida la resistencia entre los terminales.</li> </ul> <p>Si es que no es el valor estándar, reemplace el conjunto del inyector.</p> <p><b>Estándar: 0.4-0.5 Ω a 20°C {68°F}</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mida la resistencia del aislamiento entre los terminales y el cuerpo superior. Si es que el valor no es el estándar, reemplace el conjunto del inyector.</li> </ul> <p><b>Estándar:</b></p> <p><b>Más que 10 MΩ</b></p>

Fuente: (Hino Motors, Ltd, 2016)

## 2.3 Gestión electrónica del motor

### 2.3.1 ECU del motor (unidad de control electrónico)

La gestión electrónica es comandada por la ECU que monitorea las necesidades de operación a través de los sensores, para utilizar una estrategia y calcular el tiempo de inyección de combustible óptimo a partir de la activación de los actuadores como se muestra en la figura 12.



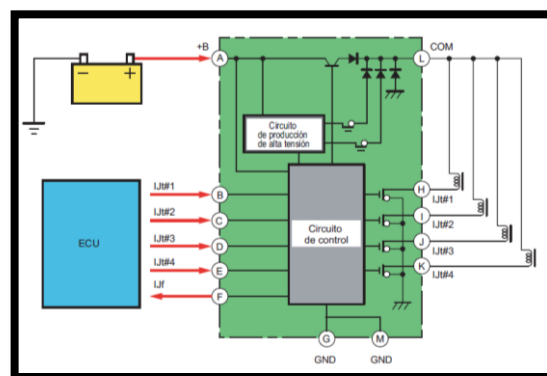
**Figura. 12 ECU del motor**  
Fuente: (Denso Corporation, 2004)

### 2.3.2 EDU (unidad de conducción electrónica)

(Denso Corporation, 2004) “El sistema cuenta con una EDU para posibilitar el funcionamiento de los inyectores a alta velocidad. La EDU tiene un dispositivo generador de alta tensión (convertidor DC/DC) y suministra alta tensión a los inyectores para activarlos a alta velocidad.”

#### a) Funcionamiento

(Denso Corporation, 2004) “El dispositivo generador de alta tensión de la EDU transforma en alta tensión la tensión de la batería. La ECU envía señales a los terminales B a E de la EDU según las señales captadas por los sensores. Al recibir estas señales, la EDU emite señales a los inyectores de los terminales H a K. En ese momento, el terminal F emite la señal de verificación de inyección a la ECU.”



**Figura. 13 Unidad de conducción electrónica)**  
Fuente: (Denso Corporation, 2004)

### 2.3.3 Sensores

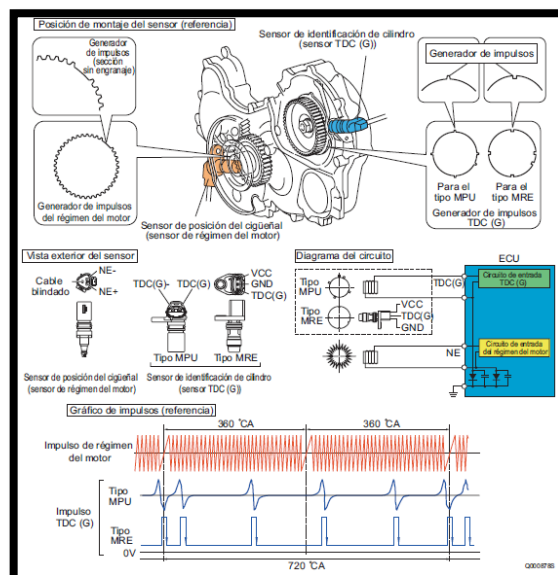
#### a) Sensor de posición del cigüeñal

Es un captor magnético que genera pulsos en relación al régimen de giro de la distribución variando el voltaje alterno generado.

#### b) Sensor de identificación de cilindro Sensor TDC (G)

(Denso Corporation, 2004) “El sensor de identificación de cilindro está instalado en la unidad de la bomba de suministro, (bombas de alta presión) está instalado cerca del engranaje de distribución de la bomba de suministro.

La estructura de la unidad del sensor es del tipo MPU, que es el mismo que el del sensor de posición del cigüeñal y del tipo MRE (elemento de resistencia magnética). En el tipo MRE, cuando el generador de impulsos pasa el sensor, la resistencia magnética cambia, al igual que la tensión que pasa a través del sensor. Este cambio de tensión se amplifica mediante el circuito IC interno y se emite a la ECU del motor. El número de impulsos por generador de impulsos TDC depende de las especificaciones del vehículo en el que está montado el sensor.”

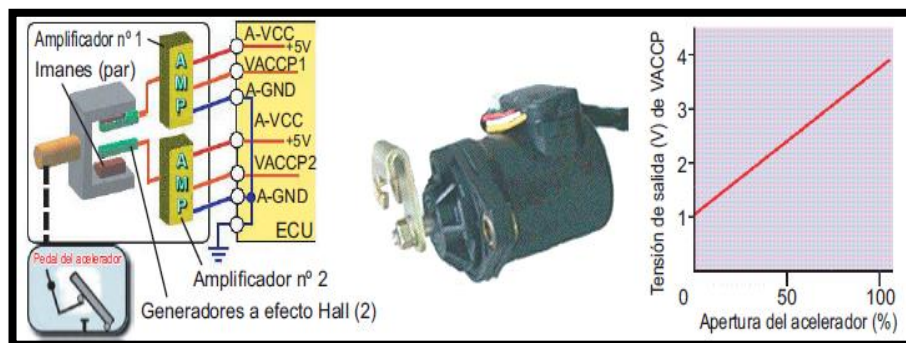


**Figura. 14 Identificación de sensores**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

### c) Sensor de posición del acelerador

(Denso Corporation, 2004) “El sensor de posición del acelerador convierte la apertura del acelerador en una señal eléctrica y la emite a la ECU del motor. Hay dos tipos de sensor de posición del acelerador: el tipo generador a efecto Hall y el tipo contacto. Además, con el fin de proporcionar una reserva en caso de avería, hay dos sistemas y la tensión de salida está desfasada.”

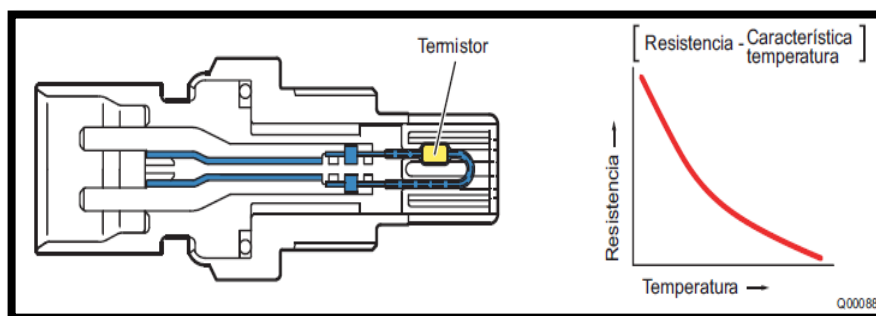


**Figura. 15 Sensor de posición del acelerador**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

### d) Sensor de temperatura de aire de admisión

(Denso Corporation, 2004) “El sensor de temperatura de aire de admisión detecta la temperatura del aire de admisión después de que haya pasado por el turbocompresor. La parte del sensor que detecta la temperatura contiene un termistor. El termistor, provisto de una resistencia eléctrica que cambia con la temperatura, se utiliza para detectar la temperatura del aire de admisión.”

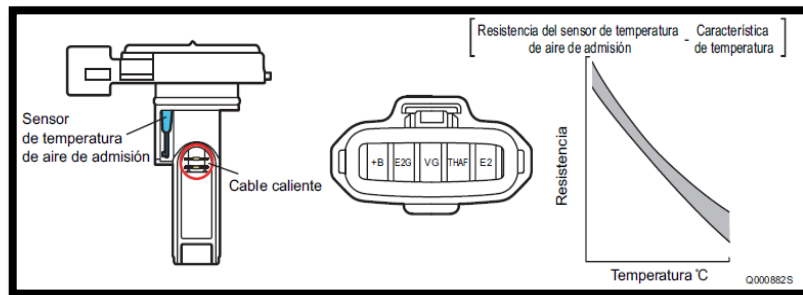


**Figura. 16 Sensor de temperatura de aire de admisión**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

**e) Medidor de caudal de aire (con sensor de temperatura de aire de admisión incorporado)**

(Denso Corporation, 2004) “El medidor de caudal de aire está instalado detrás del filtro de aire y detecta el caudal de aire de admisión (caudal de aire). Este sensor es de tipo de cable caliente. Como la resistencia eléctrica del cable caliente varía con la temperatura, esta característica se utiliza para medir el volumen de aire de admisión. El medidor de caudal de aire cuenta también con un sensor de temperatura de aire de admisión incorporado (tipo termistor) y detecta la temperatura del aire de admisión (temperatura atmosférica).”

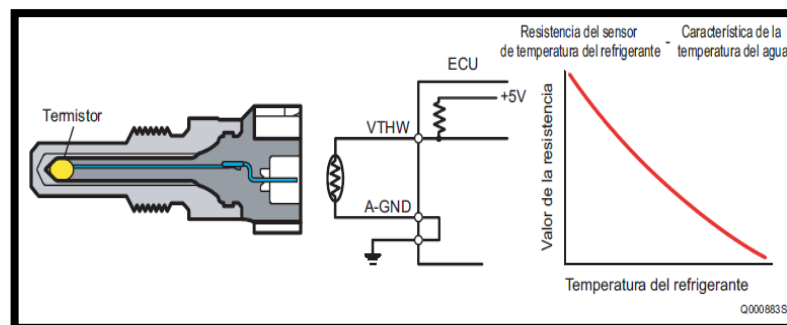


**Figura. 17 Medidor de caudal de aire**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

**f) Sensor de temperatura del refrigerante**

(Denso Corporation, 2004) “El sensor de temperatura del refrigerante está instalado en el bloque de cilindros y detecta la temperatura del refrigerante. Este sensor es de tipo termistor.”



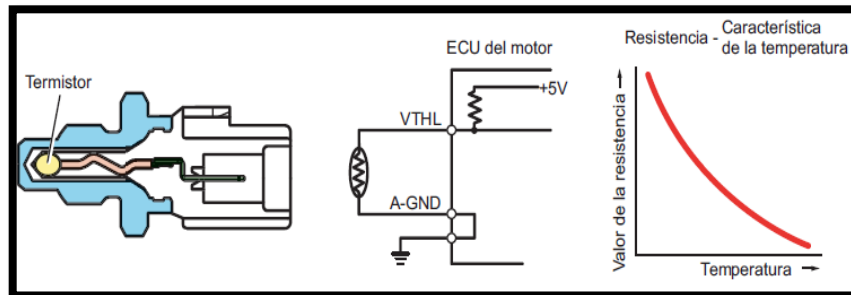
**Figura. 18 Sensor de temperatura del refrigerante**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)



### g) Sensor de temperatura del combustible

(Denso Corporation, 2004) “Este sensor es de tipo termistor y detecta la temperatura del combustible. En los sistemas HP2, HP3 y HP4, este sensor está instalado en la unidad de la bomba de suministro, mientras que en el sistema HP0, se encuentra en el tubo de fugas de un inyector.”

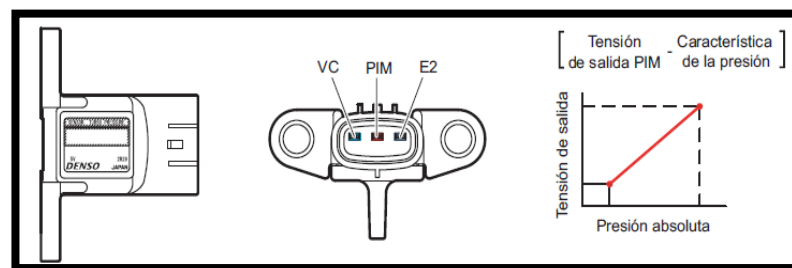


**Figura. 19 Sensor de temperatura del combustible**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

### h) Sensor de presión atmosférica

Mide la diferencia de presión del aire de admisión y atmosférica bajo alguna de las condiciones determinadas por la ECU del motor, para detectar la presión atmosférica.



**Figura 20. Sensor de temperatura de aire de admisión y sensor de presión atmosférica**

Fuente: (Denso Corporation, 2004)

## 2.4 Contaminantes producto de la combustión diesel

(Northeast Diesel Collaborative, 2016) “Las emisiones de motores diesel son una fuente significativa de la contaminación atmosférica. El material producido por las emisiones de diesel puede agravar el asma, causar daño pulmonar, e incluso son un factor de riesgo para muertes prematuras. Motores

diesel en camiones, autobuses, trenes, embarcaciones marinas, y equipo de construcción, emiten materia particulada, óxidos de nitrógeno, gases de invernadero y tóxicos. Estas emisiones contribuyen a niveles de contaminación atmosférica insalubres en noreste de los Estados Unidos, incluyendo a Puerto Rico e Islas Vírgenes, donde millones de habitantes están siendo afectados.”

#### **2.4.1 Emisiones de humo**

(Northeast Diesel Collaborative, 2016) “Los principales contaminantes que emite un motor diesel esencialmente son de material derivado de la combustión, el cual es demasiado pequeño, con medidas promedio a dos micras, además su gran composición contiene hidrocarburos policíclicos aromáticos con alto grado cancerígeno, siendo fácilmente respirable.

#### **2.4.2 Normativas para el motor diesel**

##### **a) Norma NTE INEN 2 202:2000 2000**

La Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria NTE INEN 2 202:2000 2000 dice: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE.

Esta norma permite realizar un método de ensayo para determinar el porcentaje de opacidad de las emisiones de escape de las fuentes móviles con motor de diesel mediante el método de aceleración libre, la cual es utilizada en vehículos con carburante Diesel.

Aceleración libre: Es el aumento de revoluciones del motor de la fuente móvil, llevado rápidamente desde marcha mínima a máxima revoluciones, sin carga y en neutro (para transmisiones manuales) y en parqueo (para transmisiones automáticas).

Las casas comerciales de opacímetros deben trabajar bajo una certificación emitida por la casa fabricante o propietarios del equipo o

laboratorio autorizado basada bajo certificación de opacímetros con la Norma ISO 11614.

**b) Norma NTE INEN 2 207:2002**

La Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria NTE INEN 2 207:2002 dice: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE DIESEL. Donde se establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes en vehículos que funcionen con Diesel.

Se aplica a vehículos con más de tres ruedas y establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de diesel y a sus motores excluyendo a vehículos que utilicen diferente tipo de combustible.

La Determinación de la opacidad de gases de motores diesel se realizara mediante la prueba estática en aceleración libre, la cual se debe seguir el procedimiento descrito en la NTE INEN 2 202.

**c) SAE**

La normativa SAE habla sobre la PRÁCTICA RECOMENDADA SUPERFICIE VEHÍCULOS. En donde el humo de escape del vehículo se aplica a mediciones que realicen el procedimiento de prueba Ajuste-Aceleración, es decir a lo largo de la carretera, en un camión, un servicio de reparación de vehículos, u otras instalaciones de prueba. La prueba está perfilada en camiones pesados o autobuses diesel.

Se aplica a las mediciones de humo de escape de vehículos, utilizando el procedimiento de ensayo Snap-aceleración. Debido a que esta es una prueba donde el vehículo no se encuentra en movimiento, y se puede realizar en cualquier parte que este estacionado el vehículo. La prueba está destinada a ser utilizado en vehículos propulsados por motores diesel. Se utiliza en conjunto con Medidores de humos utilizando el principio de extinción de la luz de medición de humos. El procedimiento describe cómo la prueba a presión de aceleración se va a realizar. También especificaciones donde las lecturas del opacidad y así describe el algoritmo para la medición y cuantificación de los humos de escape producidos durante la prueba.

**d) EURO III**

(LIDERES, 2016) “La clasificación Euro 3 fue expedida en 2000 y derogada por la Euro 4 en 2005. En la actualidad, en Europa se rige bajo la norma Euro 6. Desde 1992, en Ecuador, los requisitos ambientales son equivalentes a una Euro 1.

Las normas Euro se establecieron con el fin de poner límites de emisiones en fuentes móviles. Contaminantes como óxido de nitrógeno y material particulado son los que predominan en la normativa de contaminación Euro y sobre emisiones contaminantes, es un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos.

Los motores con Euro 3 requieren otro nivel de combustible por lo que “si este no es apto el vehículo igual tendrá un alto nivel de contaminación”. Los motores con regulación Euro 3 requieren un combustible categoría 2.

## CAPÍTULO III

### 3 OPACIDAD Y SUS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

#### 3.1 Opacidad

Es el grado de reducción de la intensidad de luz evidente que origina una sustancia. Como principal contaminante en motores Diesel se tiene Hollín el nivel de emisión se mide con un instrumento llamado Opacímetro.

La propiedad de la materia, que tiene diversos grados es la Opacidad. Cualquier tipo de material presenta opacidad al no dejar pasar luz en una proporción estimable. Un material es traslúcido cuando deja pasar luz, pero de manera irreconocible, es decir la opacidad es inversamente proporcional a la luz.

##### 3.1.1 Definiciones básicas

- **Humo Diesel.** Son partículas, que se encuentran suspendidas en el escape del motor que al absorber reflejar o refractar la luz permisible.
- **La transmitancia (T).** Se llama así a la fracción de luz que es transmitida desde una fuente dada desde un detector de luz.
- **Opacidad (N).** Porcentaje de luz transmitida desde una fuente que impide llegar a un detector de luz.
- **La longitud efectiva del camino óptico (L) o (EOPL).** Se encuentra entre la fuente de luz y el detector.
- **La densidad del humo (K).** Conocida como "luz" y "coeficiente de extinción del coeficiente de absorción de la luz"). La densidad del humo se expresa por metro ( $m^{-1}$ ) y es una función del número de partículas de humo por unidad de volumen de gas.
- **Ley de Beer Lambert.** Es la ecuación que describe las relaciones físicas entre la densidad del humo y el humo. De los parámetros de la transmitancia, y la longitud efectiva del camino óptico.

- **Opacímetro Humo.** Un tipo de medidor de humo diseñado que mide la Opacidad de una muestra de humo por medio del principio de extinción de luz

### 3.1.2 Opacímetro

(Engineering, 2010) “El Opacímetro, está diseñado para valorar la cantidad del hollín que emite un motor Diesel., en estos motores sólo se analiza la cantidad de carbón como minúsculas partículas en suspensión las cuales no pueden ser tratadas como un gas está compuesto de cámara de medición, analizador y un terminal portátil. Por medio de un tubo y una manguera se conectan la salida del escape y la cámara de medición.”



**Figura. 21 Opacímetro marca CARTEK**

Fuente: (Engineering, 2010)

### 3.1.3 Límites de emisiones de gases permitidas en el Ecuador

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en la norma NTE INEN 2 207:2002, en los cuales manifiesta los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel.

Toda fuente móvil con motor diesel en condiciones de aceleración libre, no podrá descargar al aire y humos en cantidades superiores a las indicadas en la siguiente Tabla 9

**Tabla 9**  
**Límites máximos de opacidad de emisiones**

Año modelo	% opacidad
<b>2000 y posteriores</b>	50
<b>1999 y anteriores</b>	60

Fuente: (INEN, 2002)

### 3.2 Requerimientos técnicos del opacímetro

La unidad de medición cumple con los siguientes requerimientos internacionales como CE Directive Regarding Emission Test In Europe y SAE J1667

#### 3.2.1. Principio de funcionamiento

El opacímetro contiene la cámara de medición u opacímetro y la unidad del ordenador que procesa las señales de la cámara y presenta los resultados en término de opacidad y/o de coeficiente de absorción luminosa. La sonda introducida en el escape está encargada de conducir los gases de escape hacia la cámara de medición. Un sensor comprueba la temperatura del aceite del motor, se introduce en el lugar de la varilla de aceite y las rpm del mismo mediante un capacitador que se abrocha a un tubo de inyección, la cámara de admisión donde se hace pasar una muestra de los gases de escape emitidos por el motor del vehículo.

Esta cámara con longitud de medición efectiva tiene una fuente y de un receptor luminoso. La iluminación depende del ennegrecimiento de los humos.

#### 3.2.2. Principios de medición

El principio de medición que determina la opacidad es la transmitancia ( $\tau$ ), es el proceso físico donde la energía radiante que incide sobre una superficie es parcialmente transmitida, sin cambio en la frecuencia; es expresada como una relación del cociente de la energía radiante incidente y la energía radiante transmitida según lo indica la ecuación 1:

$$\tau = \frac{\varnothing_1}{\varnothing_0}$$

### Ecuación 1 Coeficiente de la energía radiante

**Dónde:**

$\varnothing_1$  = Energía radiante transmitida.

$\varnothing_0$  = Energía radiante incidente.

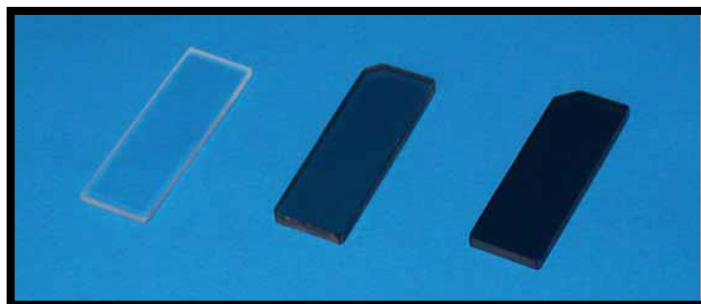
**Nota:** Se considera el símbolo  $\varnothing$  como energía radiante o flujo de energía.

### 3.2.3 Materiales de referencia certificados (MRC) para la calibración de opacímetros

Los MRC son filtros, grises o de reflexión de la opacidad, con valores entre 0% y 100% que cubren el mayor alcance de la escala del opacímetro como se muestra en la figura 22.

Las características de los MRC son:

- Respuesta espectral neutra en la región visible del espectro electromagnético.
- Valores en diferentes niveles de opacidad;
- Datos Trazables al patrón nacional de transmitancia, absorbancia y reflectancia espectrales;
- La transmitancia y opacidad de cada filtro con longitudes de 430 a 680 nm;
- La fluctuación de cada filtro con un factor de cobertura  $k= 2$  con un nivel de confianza de aproximadamente 95 % no debe exceder de dos unidades en la escala lineal.



**Figura. 22 Filtros de calibración de opacidad**

Fuente: (MetAs, 2008)



### 3.2.4 Calibración de un opacímetro

(MetAs, 2008) La calibración de un opacímetro se realiza por el método de comparación que consiste en conocer la diferencia entre un valor medido y un valor de referencia (valor verdadero) de un patrón de referencia (MRC) que en este caso son los filtros de opacidad. La calibración debe utilizar cuatro filtros de opacidad con una diferencia de por lo menos 15 unidades uno del otro.

El intervalo típico de medición de opacidad instrumental es entre 0 % y 100 % en la región visible del espectro electromagnético. Para la calibración de un opacímetro deberá considerarse el diseño y longitud de cámara, ya que es muy importante determinar la trayectoria del haz de luz dentro de la cámara del instrumento, motivo por el cual se debe conocer el coeficiente de absorción de luz (K) y el camino óptico. Tales consideraciones son fundamentales debido a que en el mercado existen diferentes diseños de instrumentos y se deberá contar con los conocimientos para trabajar y u o calibrar los instrumentos haciendo uso correcto de sus características de diseño.

El coeficiente K de absorción de luz se obtiene de la Ley de Beer-Lambert.

$$K = \frac{-1 \cdot \ln(1 - N)}{L \cdot 100}$$

#### Ecuación 2 Coeficiente de Absorción

**Cuando:**

$$N = 100\% - \tau$$

**Dónde:**

K = Coeficiente de Absorción de luz;

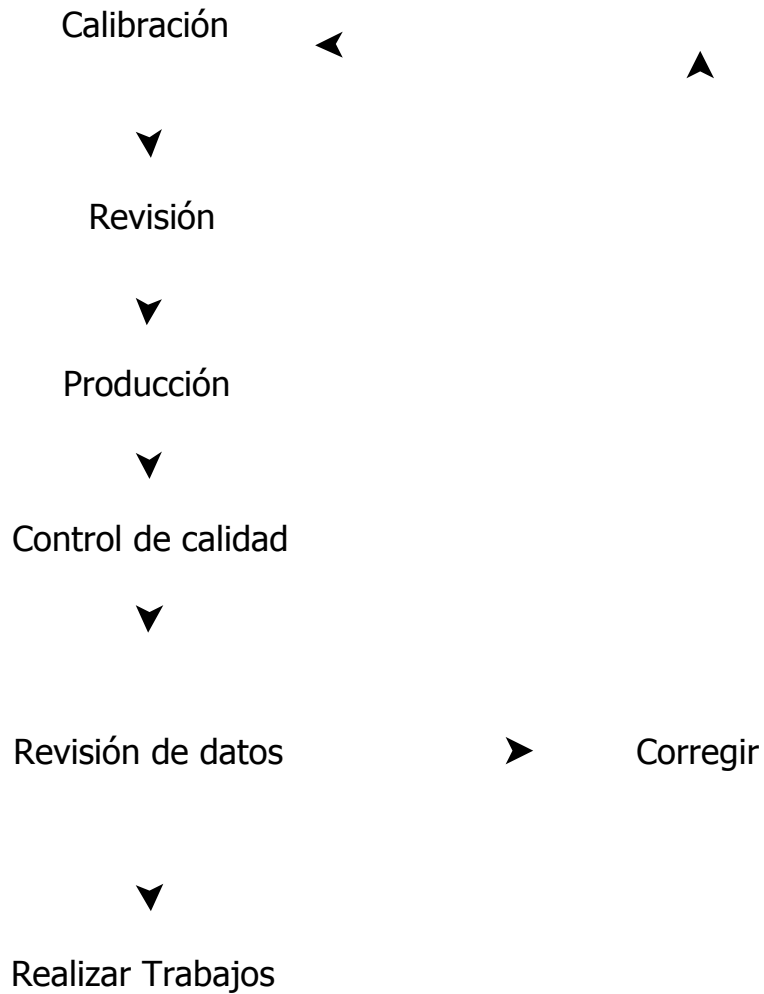
N = Opacidad;

$\tau$  = Transmitancia;

L = Longitud efectiva del paso de la luz a través de la muestra de gas.

### 3.2.5 Calibración según la norma ISO 9000

Consiste en una serie de directrices que sirven para la selección y su uso de un documento la cual están diseñados para el aseguramiento de la calidad la cual se detalla en la siguiente figura 23.



**Figura. 23 Diagrama de flujo de Norma ISO 9000**

### 3.2.6 ISO 17025 comparativo ISO 9001

El aseguramiento de la calidad de gestión empresarial o de calidad técnica se determina en la siguiente tabla 10.

**Tabla 10**

**Cuadro comparativo de la norma ISO**

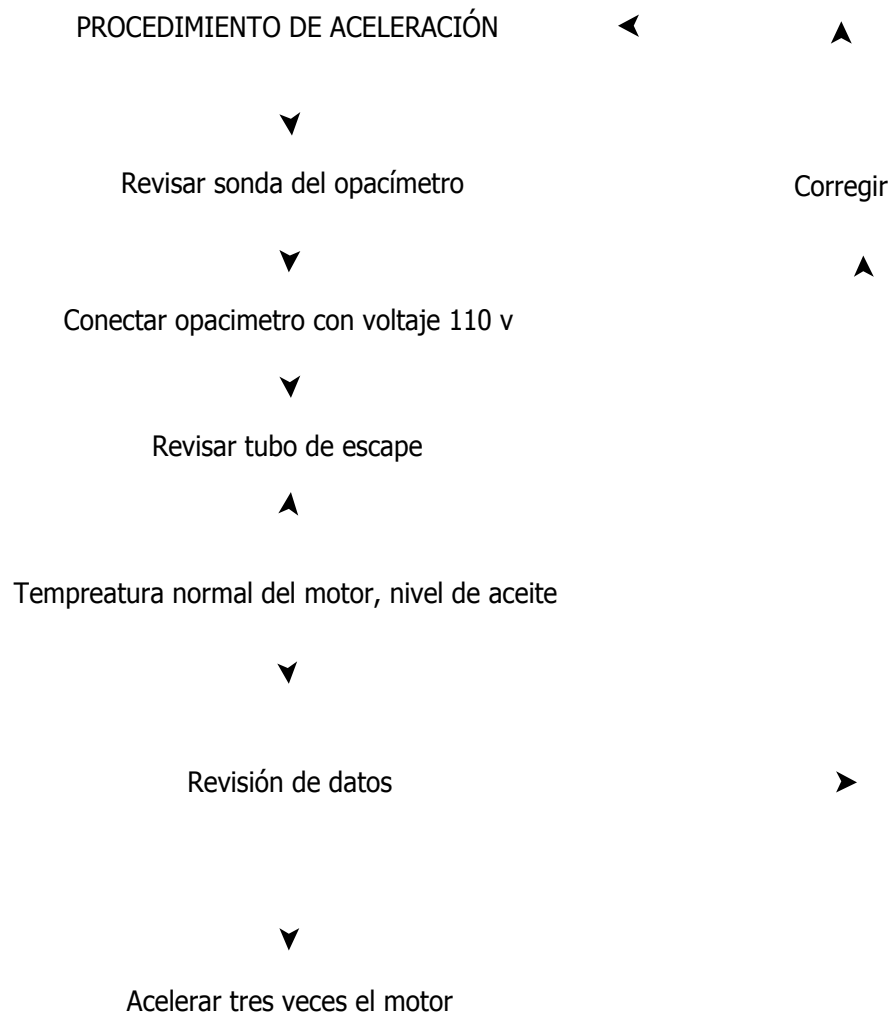
<b>Norma</b>	<b>ISO 17025</b>	<b>ISO 9001</b>
<b>Alcance</b>	LEC	Empresa
<b>Facetas principales</b>	Gestión y técnica	Gestión
<b>Entidad auditora</b>	ENAC	Entidad de certificación (Ejemplo: AENOR; BVC, etc.)
<b>Estatus de la entidad auditada</b>	Laboratorio acreditado	Empresa certificada
<b>Garantía</b>	- Disponible de un sistema de gestión de calidad - Produce datos y resultados técnicamente válidos	Disponible de un sistema de gestión de calidad

**Fuente:** (jmarcos, 2013)

### 3.2.7 SAE J1667

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) da alusión el procedimiento de prueba J1667 aceleración libre que se aplica a las mediciones de humo de escape de vehículos. La prueba está destinada a camiones pesados y autobuses diesel donde se muestra en la figura 24.

Se incluyen discusiones de los factores que influyen en los resultados y métodos de ensayo complemento de aceleración para corregir estas condiciones. A menos que se indique lo contrario, estas metodologías de corrección deben ser consideradas una parte integral del procedimiento de prueba aceleración libre.



**Figura. 24 Diagrama de flujo de Norma SAE J1667**

### 3.3 Longitud efectiva del camino óptico

Se refiere a la distancia recorrida, a la velocidad de la luz en el vacío, en un tiempo (t) empleado por la luz para recorrer la distancia (l) en un medio con índice de refracción n.

$$L = nl$$

**Ecuación 3 Longitud efectiva del camino óptico**

### 3.3.1 Ley de Beer–Lambert

Describe las relaciones entre el coeficiente de absorción de luz, los parámetros de transmitancia y la longitud efectiva, debido a que el coeficiente de absorción de luz no puede ser medido directamente.

$$\emptyset = \emptyset_0 * e^{-KL}$$

#### Ecuación 4 Relaciones entre coeficientes de absorción de luz

##### Dónde:

L= Longitud efectiva del paso de la luz a través de la muestra de gas.

$\emptyset_0$ = Flujo incidente.

$\emptyset$ = Flujo emergente.

K= Coeficiente de absorción de luz.

### 3.4. Protocolo de pruebas de opacidad

#### 3.4.1. Procedimiento de medición de opacidad

Las mediciones de humo se llevaron acabo de acuerdo con las prácticas recomendadas del SAE-J-1667.

#### 3.4.2 Elementos y equipos utilizados

##### a) Analizador de gases

Es un equipo capaz de medir en porcentaje y analizar los gases o emisiones de escape de un motor diesel, y así determinando compuestos químicos y algunos componentes considerados como la causa de la contaminación del aire y perjudiciales para los seres vivos.



**Figura. 25 Analizador de gases marca CARTEK**

**b) Opacímetro**

El Opacímetro es un equipo de medición de humos bajo el principio de funcionamiento de flujo parcial sus lecturas de escala a partir de una relación entre la intensidad de radiación transmitida por un material absorbente y la intensidad de radiación proveniente de una fuente de radiación visible. Para la medición de opacidad el analizador se debe utilizar una sonda siliconada con una dimensión no menor a 74 centímetros con una agarradera metálica capaz de sujetarse al tubo de muestreo durante la realización de la prueba y una punta sonda flexible para insertarse en cualquier tubo de escape.



**Figura. 26 Opacímetro y sonda marca CARTEK**

**c) Regulador de voltaje**

Los reguladores permiten mantener el voltaje de la salida y fijo independiente de las variaciones de carga u ondulación de la entrada.



**Figura. 27 Regulador de voltaje**

**d) Scanner (G-Scan II)**

El G-SCAN-2 es un equipo Hyundai y Kia así como también para vehículos de Corea y Japón es un Scanner automotriz que contiene 63 marcas livianos/pesados (Original Hyundai/kia) cuenta con Osciloscopio 100% automotriz de 4 + 1 canales con guía de formas de onda y funciones especiales + multímetro con baragrafico + SIMULADOR de señal sensores + cable 16pines universal gscan2 en Español



**Figura. 28 G-Scan II**

**e) Multímetro**

El multímetro digital es un instrumento electrónico de medición que generalmente calcula voltaje, resistencia y corriente, aunque dependiendo del modelo de multímetro puede medir otras magnitudes como capacitancia y temperatura, el multímetro se comprueba el correcto funcionamiento de los componentes y circuitos electrónicos.



**Figura. 29 Multímetro**

**f) Osciloscopio OWON**

El osciloscopio realiza mediciones electrónicas para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Presenta los valores de las señales eléctricas en forma de coordenadas en una pantalla, en la que normalmente el eje X (horizontal) representa tiempos y el eje Y (vertical) representa tensiones. La imagen así obtenida se denomina oscilograma.



**Figura. 30 Osciloscopio OWON**

**g) Pinza Amperimétrica**

La pinza Amperimétrica permite la medición de intensidades en conductores activos sin la necesidad de interrumpir el circuito.



**Figura. 31 Pinza Amperimétrica**



## CAPÍTULO IV

### 4 MEDICION Y CUANTIFICACION DE LOS HUMOS DE ESCAPE

#### 4.1 Snap-aceleración test

Esta práctica de humos de escape realizada en los buses de transporte de turismo COTULLARI.S.A se realizó mediante el procedimiento de ajuste aceleración. Esta prueba no se la puede realizar con el bus en movimiento ni a lo largo de la carretera, dicha prueba está diseñada para vehículos pesados en nuestro caso para buses impulsados por motores a diesel. El equipo utilizado para realizar esta prueba es el analizador de opacidad marca CARTEK el cual usa el principio de extinción de luz de medición de humo.

(SAE, 1996) “El procedimiento de prueba de ajuste aceleración emite referencias para el medidor de humo, además describe el algoritmo para la medición y cuantificación del humo de escape producido durante la prueba.”

Mediante el test de aceleración y en combinación con los valores de referencia de humo, se puede proporcionar un diagnostico preliminar del estado del motor y con esto poder realizar el mantenimiento y/o la manipulación del motor y sistema de combustible.

##### 4.1.1 Preparación del vehículo y revisión de seguridad

##### 4.1.2 Mantenimiento

(Hino, Motors Ltd., 2011) “Las operaciones de mantenimiento en los buses son descritas como mantenimiento regular lo que involucra operaciones de servicio tales como inspección, lubricación, ajuste, y reemplazo, las cuales deberían llevarse a cabo a intervalos específicos: primeros 1000 km {600 millas}, cada 5000 km (3000 millas) etc.

Los intervalos de mantenimientos tienen la intención de aplicar a los buses que circulan en rutas de transporte normales, una atención más frecuente será necesaria para los buses que trabajan bajo condiciones

adversas tales como arena empedrados o bajo terreno severo y condiciones adversas.”

**a) Mantenimiento preventivo**

(Hino, Motors Ltd., 2011) “El mantenimiento preventivo que se realiza a un bus es el destinado a la conservación del motor mediante la realización de revisión y reparación, que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.”

(Hino, Motors Ltd., 2011) Según la tabla 11 de mantenimiento recomendada por el fabricante:

**b) Mantenimientos periódicos.**

- Chequee y ajuste si es necesario
- Inspeccione, limpie y corrija o reemplace según sea necesario
- Lubrique
- Reemplace o cambie
- Ajuste al torque especificado

Tabla 11

## Mantenimiento del HINO AK

INTERVALOS DE SERVICIO  (Lectura del odómetro o meses, lo que ocurra)	LECTURA DEL ODÓMETRO	PRIMERO		CADA												MESES  (CADA)	
		1	5	5	10	15	20	25	30	40	45	50	60	90	120		
		0.6	3	3	6	9	12	15	18	24	27	30	36	54	72		
<b>SISTEMA DE COMBUSTIBLE</b>																	
Filtro de combustible (Primario y							R										-
Colador de la bomba de alimentación de							I										-
Manguera de	Lado del motor																R:36
	Lado del depósito de																R:48
<b>SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b>																	
Aceite de motor y filtro de aceite	Con aceite de motor	Tipo 1		R			R										-
		Tipo 2		R				R									-
	Con aceite de motor	Tipo 1		R		R											-
		Tipo 2		R		R											-
<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>																	
Funcionamiento de la tapa del radiador															A		-
Refrigerante (Concentración 50%)				Reemplace: cada 600000 km {360000 millas}												36	

CONTINÚA →

Manguera de goma para el radiador													A			12
<b>SISTEMA DE ENTRADA DE AIRE Y ESCAPE</b>																
Depurador													R			-
Ajuste de cada parte de la admisión y del		A											I			I:24
Cada una de las partes del		T														-
Operación del rotor del turbocargador		A											I			24
Adosamientos de tubo de escape y del silenciador flojos y dañados	A					A										A:3
Función del silenciador														A		A:12
Manguera de caucho para el interenfriador														A		-
<b>EQUIPO ELÉCTRICO</b>																
Cableado, conectores y clips ajuste y daño		A												A		12
Condición de los terminales de batería																A:3

Fuente: Manual de usuario HINO, BS06

### 4.1.3 Preparación y equipo de prueba set-up

Con la finalidad de realizar las la prueba de ajuste aceleración en los buses de la compañía los mismos que poseen motores diesel HINO se tiene en cuenta algunos factores ambientales que son muy importantes tales como: altitud, presión atmosférica y densidad del aire, ya que estos agentes externos influyen de manera significativa en los resultados obtenidos, sin embargo para corregir estos errores causados por las condiciones ambientales existe el factor de corrección.

(Comite de Normas de Emision SAE J1667, 1996) “Las siguientes condiciones para aplicar el factor de corrección:

- Altitud superior a 457m (1500 pies) sobre el nivel del mar.
- La temperatura del aire debe estar por encima o por debajo de 1 a 30 °C.
- El viento en exceso debe ser evitado.
- El rango útil de densidad del aire seco debe estar entre 0,908 a 1,235 kg/m<sup>3</sup>
- La humedad no es visible pero se debe evitar realizar en condiciones de niebla, lluvia y nieve.”

### 4.2 Familiarización con el conductor y acondicionamiento previo del vehículo

Antes de realizar la prueba de ajuste aceleración en los motores serie HINO AK a diesel de los buses de la compañía de transporte de turismo COTULLARI. S.A.

(Comite de Normas de Emision SAE J1667, 1996) “Los aspectos de seguridad que se deben tener en cuenta con cada uno de los buses antes de realizar las pruebas de ajuste aceleración:

- Como el bus está equipado con una transmisión manual, la transmisión debe estar en el punto muerto (neutro) y el embrague debe ser liberado completamente.

- Debe estar activado el mando de bloqueo de las ruedas del bus, para evitar desplazamientos durante la prueba.
- La climatización y el aire acondicionado del bus debe estar apagado.
- El freno de motor debe estar desactivado durante la prueba.
- Todos los dispositivos instalados en el motor o la carrocería que alteran las características de aceleración normal del motor e influyen en el sistema de carga deben ser desactivados antes de la prueba.
- Para la verificación de la velocidad, de limitar la capacidad del gobernador del motor de acuerdo al siguiente procedimiento: Con el motor al ralentí, se pisa lentamente el acelerador del motor con lo que se permite que la velocidad del motor aumente gradualmente hacia su máximo valor, rigiendo la velocidad de ralentí alto. Como la velocidad del motor aumenta, se observa cuidadosamente cualquier indicación visual o audible que el motor o el bus puede ser de dudosa solidez en caso de haber algún indicio de que la capacidad de limitación de velocidad del gobernador no está funcionando, o de posibles daños en el motor, o condiciones peligrosas para el personal o el equipo, el acelerador debe ser liberado inmediatamente y el complemento de pruebas de aceleración del bus será anulada.
- Se debe inspeccionar el bus en busca de fugas de escape. Los escapes severos en el sistema puede causar la introducción de aire en la corriente de gases de escape que pueden causar baja erróneamente los resultados de la prueba.
- Los propietarios de los buses deben tener la precaución con respecto a la observancia de humo azul o humo blanco en el escape. Humo azul puede ser un indicador del diesel no quemado (posible la quema de petróleo o el mal funcionamiento de la boquilla), y el humo blanco puede ser un indicador de vapor de agua (posibles fugas de refrigerante interno)".

#### **4.2.1 Preparación de pruebas e instalación del equipo.**

Antes de la realización de las pruebas de ajuste aceleración en los buses de la línea HINO AK se debe tener en cuenta factores ambientales que

son muy importantes como por ejemplo: altitud, presión atmosférica y densidad del aire, ya que estos agentes externos influyen de manera significativa en los resultados obtenidos, sin embargo para corregir estos errores causados por las condiciones ambientales existe el factor de corrección.

Según el (Comite de Normas de Emision SAE J1667, 1996) “El factor de corrección se aplica bajo las siguientes condiciones:

- Altitud superior a 457m (1500 pies) sobre el nivel del mar.
- La temperatura del aire debe estar por encima o por debajo de 1 a 30 °C.
- El viento en exceso debe ser evitado.
- El rango útil de densidad del aire seco debe estar entre 0,908 a 1,235 kg/m<sup>3</sup>
- La humedad no es visible pero se debe evitar realizar en condiciones de niebla, lluvia y nieve.”


(INAMHI, 2016) “El INAMHI es una entidad pública de carácter científico y técnico, dependiente de la Secretaria Nacional de agua, encargada de manejar y normar el sector hidro-meteorológico nacional, con el fin de generar productos científico-técnicos de calidad. Su función principal es la instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura hidro-meteorológica básica para obtener, recopilar, estudiar, procesar, publicar y difundir los datos, las informaciones y las previsiones que permitan un conocimiento detallado de las condiciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas del país, y según los datos obtenidos por el boletín es posible realizar a prueba de ajuste aceleración en la ciudad de Latacunga, así como también el poder aplica el factor de corrección.”

#### **a) Proceso de instalación del equipo**

Una vez revisado las condiciones meteorológicas en la ciudad de Latacunga en donde se realizó las pruebas de ajuste aceleración es necesario realizar la conexión del equipo analizador de opacidad realizando la siguiente secuencia mostrada en la tabla 12.

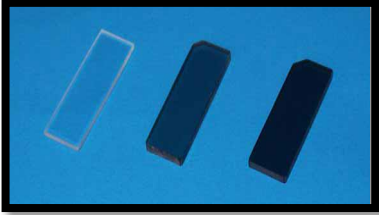

Tabla 12

## Proceso de instalación del opacímetro

1. Conexión del opacímetro al analizador de gases mediante el cable de datos.	2. Instalación del software de medición - opacímetro CARTEK.
	
3. Generación de cuenta de administrador usuario y contraseña para el laboratorio de Mecánica de Patio.	4. Generación de una cuenta operador del equipo usuario y contraseña para el laboratorio de Mecánica de Patio.
	
5. Ingreso de las series de registro del opacímetro para compatibilidad del analizador de gases con el opacímetro.	6. Inicio del proceso de calibración con la introducción del lente de opacidad 0%, de calibración del equipo.
	

CONTINÚA →



<p>7. Introducción del filtro de opacidad 100% en la muesca de la carcasa del opacímetro.</p>	<p>8. Finalización e inicio de la pruebas de ajuste aceleración.</p>
	

#### 4.2.2 Familiarización del conductor y acondicionamiento previo del vehículo

Antes de realizar la prueba de ajuste aceleración es necesario realizar una capacitación al conductor del bus, sobre la secuencia de ejecución de la prueba. Es muy importante que haya una correcta sincronización y cumplimiento de las señales generadas por el software del equipo mostradas en la pantalla, con los movimientos adecuados del acelerador que realice el operador en el menor tiempo posible, y así poder conseguir datos con mayor exactitud y que las pruebas no sean anuladas por fallas de ejecución.

(Comite de Normas de Emision SAE J1667, 1996) “El operador deberá realizar los siguientes movimientos durante toda la prueba de ajuste aceleración.”

- El operador debe tener visibilidad al tacómetro indicador del software mostrado en la pantalla, y cuando este indique el operador debe mover el acelerador a la posición totalmente abierta tan rápidamente como sea posible.
- El operador debe mantener el acelerador en la posición totalmente abierta hasta el momento en que el motor alcanza su máxima velocidad

regulada, y lo confirme el tacómetro indicador del software más un adicional de 3 segundos.

- Después de que el tacómetro indicador muestra la finalización de los 3 segundos con el motor en su máxima velocidad regulada, el operador debe soltar el acelerador y dejar que el motor se estabilice y vuelva a su velocidad de ralentí bajo.
- Una vez que el motor alcanza su velocidad de ralentí bajo, el operador debe permitir que el motor permanezca en reposo durante 5 segundos, antes de iniciar el siguiente ciclo de prueba de aceleración de complemento. el período de tiempo al ralentí del motor permite que el turbocompresor pueda desacelerar a su velocidad normal con el motor a ralentí. Esto ayuda a reducir la variabilidad entre ciclos de ajuste aceleración.
- Los pasos anteriores se repiten durante cuatro ciclos de aceleración, que se dividen en una prueba de ensayo y tres pruebas de medición para obtener el porcentaje de opacidad.

#### **a) Acondicionamiento del vehículo**

Previamente a la realización de la prueba de ajuste aceleración es necesario el pre acondicionamiento del motor el cual consta de una revisión rutinaria de niveles de fluidos como el del refrigerante así como también el de aceite, para cerciorarse que cuando el motor esté en funcionamiento trabaje dentro de su rango normal de temperatura, una vez concluida la revisión el motor es puesto en funcionamiento durante un lapso de 15 minutos en condiciones de ralentí para asegurarse de que este llegue a su temperatura optima de trabajo que es de 82°C, y la aguja señale hacia la mitad del medidor de temperatura.

Una vez concluido el proceso de revisión rutinaria se estaciona el bus en un lugar plano, con el respectivo bloqueo central de las cuatro ruedas, y para seguridad de que no exista movimiento del mismo, la colocación de trabas en las ruedas posteriores para el inicio de la prueba ajuste aceleración.

### 4.3 Ejecución de la prueba snap aceleración

Los siguientes puntos expuestos a continuación es la secuencia que se realizó para la conexión de los equipos previo a la ejecución de las pruebas de ajuste aceleración en los buses de la compañía de transporte de turismo COTULLARI. S.A.

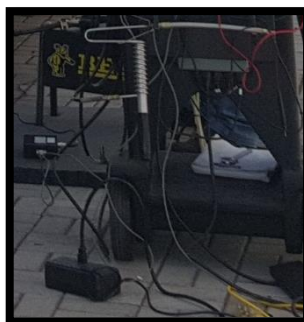
#### a) Proceso de ejecución de la prueba de medición opacidad

- Conexión del analizador de gases con el opacímetro mediante el cable de datos.



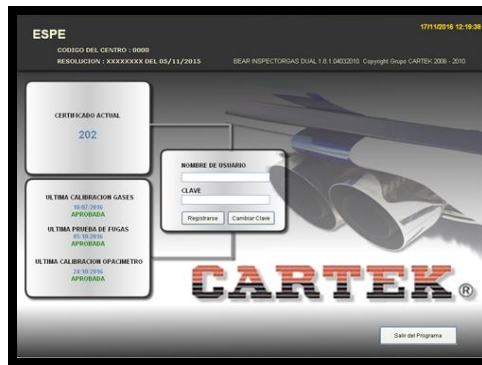
**Figura. 32 Conexión del analizador**

- Alimentación de corriente por medio del regulador de voltaje a los equipos y precalentamiento de 2 minutos.



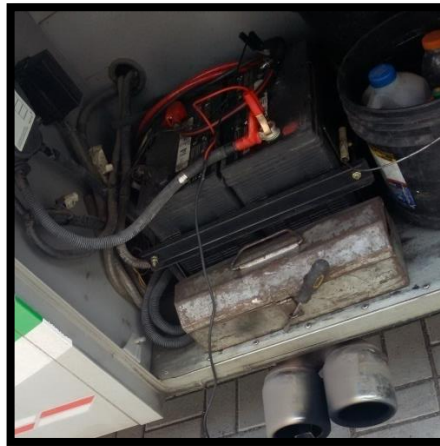
**Figura. 33 Alimentación de corriente**

- Sincronización del analizador con el opacímetro mediante el ingreso de usuario y contraseña.



**Figura. 34 Ingreso de usuario y contraseña**

- Conexión del módulo de rpm a una batería de 12 voltios.



**Figura. 35 Conexión de módulo de rpm**

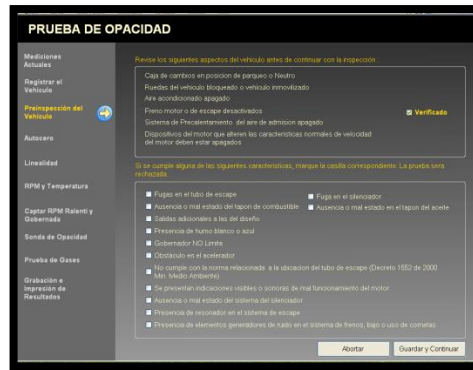
- Introducción de un valor aproximado del diámetro interno del tubo de escape.



**Figura. 36 Selección del diámetro del tubo de escape**

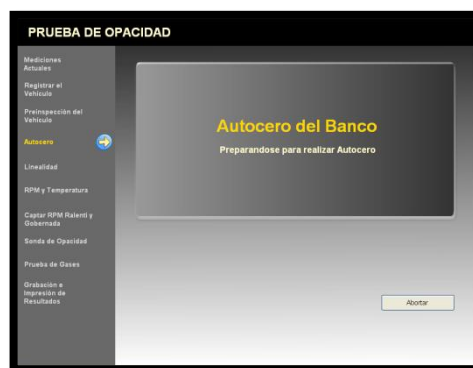
- Registro de los datos únicos del bus como son: placa, marca, modelo.





**Figura. 40 Verificación de pruebas**

- Autocero del opacímetro el cual consta de los siguientes pasos:



**Figura. 41 Autocero del banco**

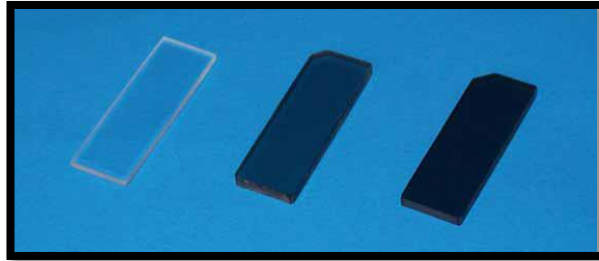
- a) El software del opacímetro indica en su pantalla el momento en que debe ser ingresado el filtro de opacidad 0% en la muesca de la carcasa que se encuentra ubicado en el centro del opacímetro, este filtro es prácticamente transparente el cual permite que el haz de luz emanado por el emisor de luz sea captado en su totalidad sin ninguna obstrucción por el detector.



**Figura. 42 Verificación de linealidad**

- b) Después de 5 segundos el software requiere el ingreso del filtro de

opacidad 100% el cual no permite el paso del haz de luz entre el emisor y el receptor. Cada fase de calibración del equipo tiene un tiempo de duración de 15 segundos. Siendo esta la última fase de calibración del Autocero.



**Figura. 43 Calibración de lentes**

- El equipo comprueba y configura la intensidad de luz de 0% a 100%, en 32 diferentes puntos de opacidad para garantizar la correcta linealidad del equipo.



**Figura. 44 Verificación de linealidad**

- Se procede al registro de rpm tanto en ralentí como con el motor gobernado.



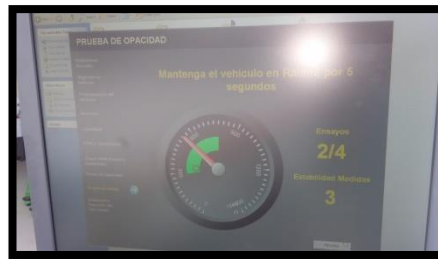
**Figura. 45 Registro de rpm**

- Introducción de la sonda de muestreo en el interior del tubo de escape.



**Figura. 46 Introducción de la sonda**

- Realización de la prueba de gases.
  - a) El software indica que es necesario mantener al vehículo en ralentí durante 5 segundos.



**Figura. 47 Indicación del software**

- b) Después indica que se realice la aceleración a fondo hasta alcanzar la aceleración gobernada registrada anteriormente tratando de que este cambio de aceleración se realice en el menor tiempo posible, manteniéndose la aceleración gobernada durante 5 segundos.



**Figura. 48 Indicación del software**

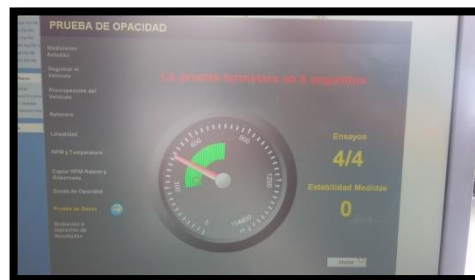
- c) Nuevamente el software indica que el motor debe permanecer en ralentí durante 5 segundos para después realizar nuevamente el literal b) ya expuesto.





**Figura. 49 Indicación del software**

- d) Este proceso se realiza durante cuatro ciclos de prueba las cuales consta de:
- Prueba de ensayo:
  - Prueba 1:
  - Prueba 2:
  - Prueba 3:
- e) Registrando los valores de opacidad en cada uno de las diferentes pruebas, para después arrojar un valor promedio de las mismas el cual será el valor límite de opacidad.



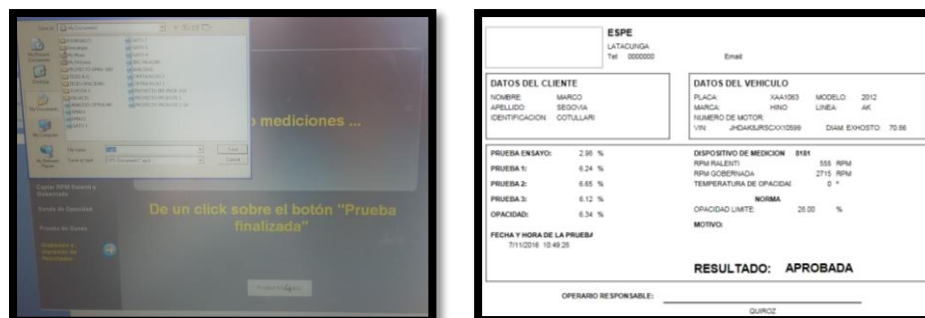
**Figura. 50 Indicación del software**

- Remoción de la conexión del módulo de rpm y la sonda de muestreo del tubo de escape.



**Figura. 51 Módulo de rpm**

- Finalmente se procede con el grabado e impresión del reporte de cada una de las mediciones.



**Figura. 52** Indicación del software

(SAE, 1996) “Precedentemente antes de realizar las pruebas es necesario efectuar dos ciclos de pruebas preliminares de ajuste aceleración en cada uno de los buses, estos ciclos preliminares permiten que el operador del bus pueda familiarizarse con el movimiento adecuado del acelerador, y también eliminar cualquier suciedad suelta que pueda haberse acumulado en el sistema de escape del bus durante la operación anterior. Los ciclos preliminares también pueden proporcionar la oportunidad para verificar el correcto funcionamiento del motor y del sistema de medición de opacidad, y para comprobar si los criterios de validación de prueba según la calibración del equipo aplicando el factor de corrección el porcentaje de opacidad no debe variar en  $\pm 2\%$  de las mediciones de opacidad.”

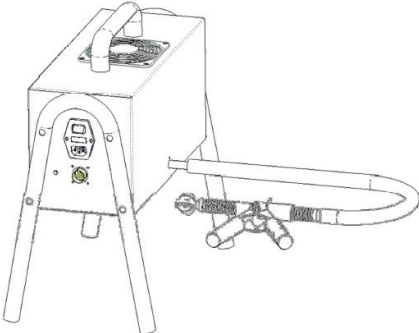
#### 4.3.1 Especificaciones del equipo de prueba

(Margalef, Ferrer, 2011) “El opacímetro, es el instrumento de medida que se utiliza para medir el valor de las partículas producidas por los motores de combustión diesel. La tecnología de flujo parcial implementada en los medidores de opacidad es la norma internacional actual para la medición de opacidad del escape de motores diesel.

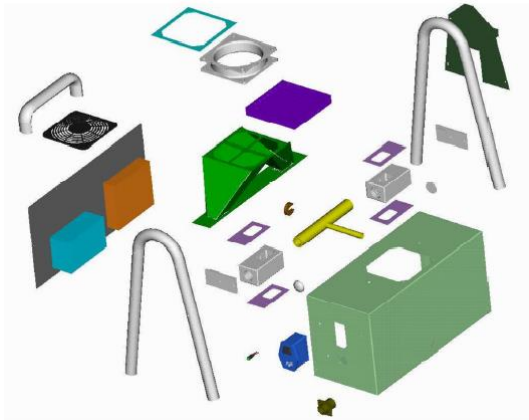
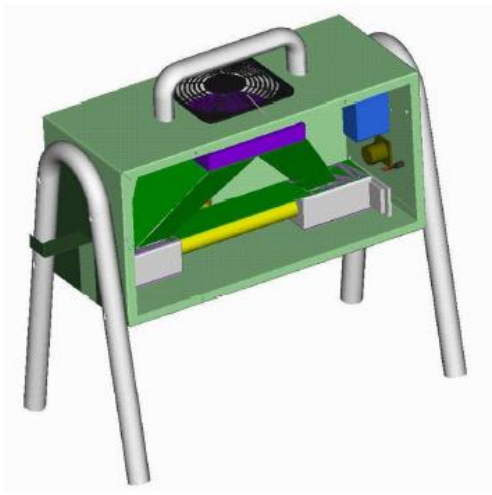
El principio para la medición de opacidad mediante el principio de flujo parcial es el siguiente: un haz luminoso (emisor apuntando al receptor y a una distancia constante entre los dos) pasa a través de una muestra de gas. La proporción de luz incidente que alcanza el receptor es inversamente proporcional a la tasa de partículas en suspensión en el gas.”

Tabla 13

## Ficha técnica del opacímetro

<b>ANALIZADOR DE OPACIDAD</b> <b>CARTEK 57-220</b>	
	
<p style="text-align: center;"><b>INTRODUCCIÓN</b></p> <p>El Nuevo Opacímetro diseñado por CARTEK Engineering trae los beneficios de la tecnología más avanzada. Es compacto, ligero y altamente confiable, seguro que dará la satisfacción completa para que usted se posicione en el Mercado del análisis de opacidad común producto particularmente robusto y con un concepto de desarrollo de vanguardia</p>	<p style="text-align: center;"><b>REFERENCIA NORMATIVA</b></p> <p>El Opacímetro CARTEK 57-220 es un equipo de medición de humos bajo el principio de funcionamiento de flujo parcial y está diseñado de acuerdo a las especificaciones NF R 10-025.</p> <p>La unidad de medición cumple con los siguientes requerimientos internacionales</p> <p>ISO standard, ISO3173, ISO11614</p> <p>CE Directive regarding smoke measurement: 72/306/CEE, 91/441/CEE</p> <p>CE Directive regarding emission test in Europe: 96/96/CE du 20 diciembre 1996 2003/27/CE du 03 abril 2003 SAE J1667</p>

CONTINÚA →

GRAFICO GENERAL EN EXPLOSIÓN	COMPONENTES DEL OPACIMETRO
	<p>Case</p> <p>Celda de medida</p> <p>Largo efectivo</p> <p>Paredes del tubo de muestreo</p> <p>Ventanas de protección</p> <p>sonda de muestreo</p> <p>Emisor de señal</p> <p>Fuente de poder</p> <p>Ventilación</p> <p>Calentamiento</p> <p>Escala del rango</p> <p>Resolución</p> <p>Precisión</p> <p>Tasa de registro de datos</p> <p>Tiempo de respuesta</p>
<p><b>GRAFICO ENSAMBLADO</b></p> 	<p><b>FUNCIONES INTERNAS DEL OPACIMETRO</b></p> <p>Zero</p> <p>Control de linealidad</p> <p>Control de Hollín en los lentes</p> <p>Protección del sistema de calentamiento</p> <p>Autosleep</p>

Fuente: (Kodiak Engineering, 2015)

#### 4.3.2 Requisitos generales para los equipos de medición de humo

(INEN, 1988) “GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE.”

(INEN, 1988) “La medición de opacidad es de gran importancia en materia ambiental, ya que está referida a evaluación de la emisión de gases a la atmosfera generados por la combustión del diesel. Según las disposiciones generales establecidas por esta norma se debe cumplir con los siguientes parámetros para poder adquirir un opacímetro:

##### b) Disposiciones generales

- Los importadores y distribuidores de opacímetros deben obtener una certificación de cumplimiento, expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del equipo o de un laboratorio autorizado por ella y avalada por la autoridad competente del país de origen. El procedimiento de evaluación base para certificar los opacímetros a ser utilizados debe cumplir con la Norma ISO 11614.
- Los importadores y distribuidores, están obligados a suministrar copia de la certificación establecida en el numeral anterior, a quienes adquieran los opacímetros.
- La autoridad competente, podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y distribuidores, sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para medir la opacidad en aceleración libre.

En la actualidad en los centros de revisión vehicular dispuestos por las municipalidades de cada provincia, utilizan este tipo de opacímetros de flujo parcial como instrumentos de medición, en donde los vehículos deben cumplir

con los límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor diesel según lo dispuesto por la norma.

(SAE, 1996) “Los requisitos generales para realizar la prueba ajuste-aceleración de humo, requiere la utilización de una medición de humo y un sistema de procesamiento de datos que incluya tres unidades funcionales. Estas unidades pueden ser integradas en un solo componente o como un sistema de componentes interconectados. Las tres unidades funcionales son:

- Un medidor de humo de flujo completo, que cumpla con una linealidad de  $\pm 2\%$  de opacidad o densidad  $\pm 0,30 \text{ m}^{-1}$ , y una tasa de derivación cero y no sobrepasar  $\pm 1\%$  de opacidad/hora.
- Una unidad de procesamiento de datos capaz de desempeñar las funciones mencionadas.
- Una impresora y/o medio de almacenamiento electrónico para registrar y emitir el máximo individual corregido en 0,5 s promedio de los valores de humo de cada ciclo de prueba de aceleración rápida, y el promedio final.”

#### **4.3.3 Requisitos específicos para el equipo de medición de humo**

(SAE, 1996) “Los requisitos generales con los cuales debe cumplir un medidor de humo de escape para poder realizar las pruebas ajuste aceleración, a continuación se exponen las características internas del analizador de opacidad.”

(Kodiak Engineering, 2015) “Los valores que posee el equipo:

##### **a) Escala de rango:**

N valor: Escala rango desde 0.00 a 99.9 %.

K valor: Escala rango desde 000 hasta  $9.99 \text{ m}^{-1}$ .

##### **b) Resolución:**

El Opacímetro posee una resolución cuando lee en porcentaje de 0,1%. El máximo valor que el Opacímetro obtiene cuando mide densidad de humo es de  $0.001 \text{ m}^{-1}$ .

**Precisión:**

< 1.0 % de opacidad en rango full.

< 0.5 % garantizado en el chequeo final de producción.

**c) Tasa de registro de datos:**

El opacímetro tiene una capacidad de registro de datos de 50 datos por segundo.”

**4.3.4 Instrumento de tiempo de respuesta****a) Tiempo de calentamiento del equipo de ensayo.**

(Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 1988/06/17) “Es el período de tiempo expresado en segundos entre el momento en que el equipo es energizado o encendido y el momento en que cumple con los requerimientos de estabilidad, al analizador de opacidad marca CARTEK le lleva un tiempo de 2 minutos incluyendo la sincronización con el analizador de gases.”

**b) Tiempo de respuesta del equipo de medición.**

(INEN, 1988) “Es el período de tiempo expresado en segundos que el equipo requiere para medir y entregar los resultados de los ensayos realizados.”

**c) Tiempo de respuesta física**

(Kodiak Engineering, 2015) “Este es el tiempo entre el momento en que una muestra del gas sale del tubo de escape y del momento cuando el transductor mide la opacidad gruesa del incidente (no- filtrada), este valores de 0,200 segundos.”

**d) Tiempo de respuesta eléctrica**

(Kodiak Engineering, 2015) “Este es el tiempo para que el transductor lea el 90 % del valor de la opacidad cuando la muestra se lleva de 0 a 100%,

este valor es de 0,01 segundos, esta depende directamente del tipo de filtro usado en la curva de opacidad.”

#### **4.3.5 Especificaciones para realizar la prueba auxiliar equipment**

##### **a) filtro densidad neutra**

(Kodiak Engineering, 2015) “El filtro de densidad neutra que se utilizó en conjunción con la calibración de medidor de humo, mediciones de linealidad o ajuste de envío tendrá su valor conocido en 0,5% de opacidad o  $0,04\text{m}^{-1}$ . El valor de dicho filtro debe ser comprobado con exactitud de al menos una vez al año mediante una referencia trazables a la norma nacional INEN 2 202:2000. (INEN-2-202, 2000)

A través de un proceso interno el equipo ejecuta rutinas de comprobación cada determinado tiempo, es posible configurar la intensidad de la luz del LED a un valor comprendido entre 0 % y 100% en 32 diferentes puntos de opacidad para garantizar la correcta linealidad del equipo.”

##### **b) Proceso de calibración del analizador de opacidad CARTEK 57-220**

- **Calibración del 0 %.**

(Engineering, Kodiak) “Para iniciar esta calibración se introdujo el filtro 0% en la muesca que se encuentra entre el emisor y el receptor con la finalidad de que circuito eléctrico de la fuente de luz y del receptor estén ajustados de tal manera que la lectura de salida marque cero cuando el flujo de luz pase a través de la zona de medición en ausencia de emisiones de escape.”

- **Calibración del 100 %.**

(Kodiak Engineering, 2015) “Para realizar esta calibración se utilizó un filtro de densidad óptica neutral que fue colocado perpendicularmente al haz de luz, con un valor correspondiente al 100 % de opacidad, el cual permitió bloquear completamente la fuente de luz, en ausencia de emisiones de escape.”



- **Calibración intermedia.**

(Kodiak Engineering, 2015) “Que para la realización se utilizó un filtro calibrado correspondiente al 50% de densidad, en ausencia de emisiones de escape.”

**c) Corrección para condiciones ambientales de la prueba**

(SAE, 1996) “Las pruebas han demostrado que los factores más influyentes están en las condiciones ambientales del sitio en donde se realizan las mismas. Los factores ambientales ocasionados en el punto de medición en forma de altitud, presión atmosférica, temperatura del aire y la humedad se han combinado en el único parámetro de la densidad del aire seco a fin de proporcionar un medio de contabilidad por la influencia de estos factores sobre los resultados de la prueba de aceleración de complemento. Algunos motores son más sensibles a los cambios de las condiciones medioambientales en donde se realiza las pruebas de ajuste aceleración, pero en este caso se trabajó solo con motores de la misma marca como son HINO de la línea de buses AK, por tal motivo no hubo desventaja al momento de realizar las mediciones para ninguna unidad. Y además recomendación de la norma SAE J1349 y J1995, que especifican la potencia nominal neta en condiciones bruscas para motores a diesel la referencia de la densidad del aire seco es: 1.1567 kg/m<sup>3</sup> (0.0722 lbm/ft<sup>3</sup>).”

#### **4.4 Cálculos de los resultados de las pruebas finales.**

A continuación se presentan las ecuaciones de ajuste aceleración que dan cuenta de los efectos de densidad del aire ajuste aceleración de humo. El valor medido de humo del vehículo se ajusta a la referencia de la densidad del aire en el momento de la prueba.

##### **4.4.1 Temperatura del punto de rocío.**

$$NT = (T - TL) * (TH - TL)$$

**Ecuación 5 Temperatura del punto de rocío**

**Dónde:**

NT: Temperatura del punto de rocío normalizada.

T: Temperatura.

TH: Constante de temperatura +40°C; +104°F

TL: Constante de temperatura -30°C; -22°F

#### 4.4.2 Presión de saturación.

$$NP - 4.959658E-5 + (4.956673E-2 * NT) \\ + (9.455172E-2 * NT^2) + (4.199096E-1 * NT^3) \\ + (-7.549164E-2 * NT^4) + (5.114628E-1 * NT^5)$$

#### Ecuación 6 Presión de saturación

#### 4.4.3 Presión de saturación de agua.

$$SPT = PL + (NP * (PH - PL))$$

#### Ecuación 10

#### Ecuación 7 Presión de saturación de agua

#### 4.4.4 Presión de vapor de agua.

$$WVP = SPT * (RH / 100)$$

#### Ecuación 11

#### Ecuación 8 Presión de vapor de agua

**Dónde:**

SPT: Presión de saturación de agua a la temperatura ambiente.

RH: Humedad relativa.

#### 4.4.5 Densidad del aire seco.

$$r = (u * (BARO - WVP)) / (Tabs)$$

#### Ecuación 12

#### Ecuación 9 Densidad del aire seco

**Dónde:**

BARO: presión barométrica absoluta.

WVP: presión de vapor de agua.

Tab: Temperatura absoluta.

#### 4.4.6 Densidad del humo.

$$K = (-1/L) * \ln (1 - (N /100))$$

#### Ecuación 10 Densidad del humo

##### Dónde:

L: Longitud del camino óptico.

A: Opacidad.

#### 4.4.7 Diferencia de densidades.

$$\Delta\rho_1 = \rho_{ref} - \rho_{base}$$

#### Ecuación 14

#### Ecuación 11 Diferencia de densidades

$$\Delta\rho_2 = \rho_t - \rho_{base}$$

#### Ecuación 12 Diferencia de densidades

##### Dónde:

$\Delta\rho_1$ : Densidad 1.

$\Delta\rho_2$ : Densidad 2.

$\rho_{base}$ : Densidad base.

$\rho_{ref}$ : Densidad de referencia.

#### 4.4.8 Densidad de referencia.

$$K_{ref} = K_t * ((c * (\Delta\rho_1)^2 + 1) / (c * (\Delta\rho_2)^2 + 1))$$

#### Ecuación 13 Densidad de referencia

##### Dónde:

K: Densidad del humo.

#### 4.4.9 Densidad del humo %.

$$N_{ref} = (1 - e^{(-K_{ref} * L)}) * 100$$

#### Ecuación 14 Densidad de referencia

##### Dónde:

$K_{ref}$ : Densidad de referencia.

L: longitud efectiva del camino óptico.

#### 4.4.10 Temperaturas de bulbo húmedo y seco.

$$WBT = NT*(TH - TL) + TL$$

#### Ecuación 15 Temperatura del bulbo húmedo

##### Dónde:

WBT: presión barométrica absoluta.

NT: Temperatura del punto de rocío normalizada.

TH: Constante de temperatura +40°C; +104°F

TL: Constante de temperatura -30°C; -22°F

#### 4.4.11 Ejemplo de cálculos utilizados

El bus con nivel de humo ajuste aceleración de 6.87% de opacidad en una densidad de aire seco de 0,06922 lbm/ft<sup>3</sup> sería proyectada para producir un valor de humo de opacidad de 6,02% y la referencia de la densidad del aire seco de 0,06922 lbm/ft<sup>3</sup>.

**Tabla 14**

#### Cuantificación de humos de escape

CUANTIFICACIÓN DE LOS HUMOS DE ESCAPE				CONSTANTES		
HUMO	A =	6,87	% de opacidad	-22	°F	
PRESIÓN ATMOSFÉRICA		29,88	In-Hg	c=	104	°F
TEMPERATURA	T=	98,6	°F	TL =	1,5046E-02	In-Hg
HUMEDAD RELATIVA		100	%	TH =	2,178	In-Hg
TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCIO		0	°F	PL=	1,50E+02	In-Hg
				PH=	2.178	In-Hg

#### TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCIO NORMALIZADA

##### ECUACIÓN 6

$$NT = 0,957143 \text{ °F}$$

#### PRESION DE SATURACION NORMALIZADA

##### ECUACIÓN 7

$$NP = 0,84972 \text{ In-Hg}$$

#### PRESION DE SATUARCION DE AGUA A LA TEMPERATURA AMBIENTE

##### ECUACIÓN 8

$$SPT = 1,85295 \text{ In-Hg}$$

#### PRESION DE VAPOR DE AGUA

CONTINÚA 

## ECUACIÓN 9

$$\text{WVP} = 1,85295 \text{ In-Hg}$$

## DENSIDAD DEL AIRE SECO

## ECUACIÓN 10

$$\rho = 0,06922 \text{ lbm/ft}^3$$

## DENSIDAD DEL HUMO

## ECUACIÓN 11

$$K = 0,5604 \text{ lbm/ft}^3$$

## DIFERENCIAS DE DENSIDAD DEL AIRE

## ECUACIÓN 12

$$\Delta\rho_1 = -0,0033 \text{ lbm/ft}^3$$

## ECUACIÓN 13

$$\Delta\rho_2 = -0,00628 \text{ lbm/ft}^3$$

## DENSIDAD DE REFERENCIA

## ECUACIÓN 14

$$K_{\text{ref}} = 0,4891 \text{ lbm/ft}^3$$

## DENSIDAD DE HUMO

## ECUACIÓN 15

$$N_{\text{ref}} = 6,02 \%$$

## BULBO HUMEDO

## ECUACIÓN 16

$$\text{WBT} = 98,6 \text{ }^\circ\text{F}$$

## LEY DE BEER LAMBERT

## ECUACIÓN 17

$$T = 0,93130$$

## OPACIDAD

## ECUACIÓN 18

$$N = 6,87 \%$$

Para culminar el proceso de cálculos de las pruebas finales de opacidad en los buses, se consideró datos registrados del INAMHI, los cuales muestran los valores de las condiciones meteorológicas.

Tabla 15

## Datos de meteorología del INAMHI

PARÁMETROS	MAXIMA	MINIMA
TEMPERATURA °C	19.8	8.9
PRESION hPa	7320	7314
HUMEDAD RELATIVA hPa	100	42

Fuente: (INAMHI, 2016)

#### 4.5 Graficas de las mediciones de opacidad

Se realizó la medición a cada una de las unidades de transporte pertenecientes a la Compañía De Turismo COTULLARI.S.A., además de un análisis de los datos de las mediciones ejecutadas mediante la inducción de fallas en el sistema de gestión electrónico de alimentación.



Figura. 53 Bus N°04

Reporte de opacidad emitido por el analizador de opacidad marca CARTEK, el mismo que indica los porcentajes que se obtuvieron en cada una de las mediciones:

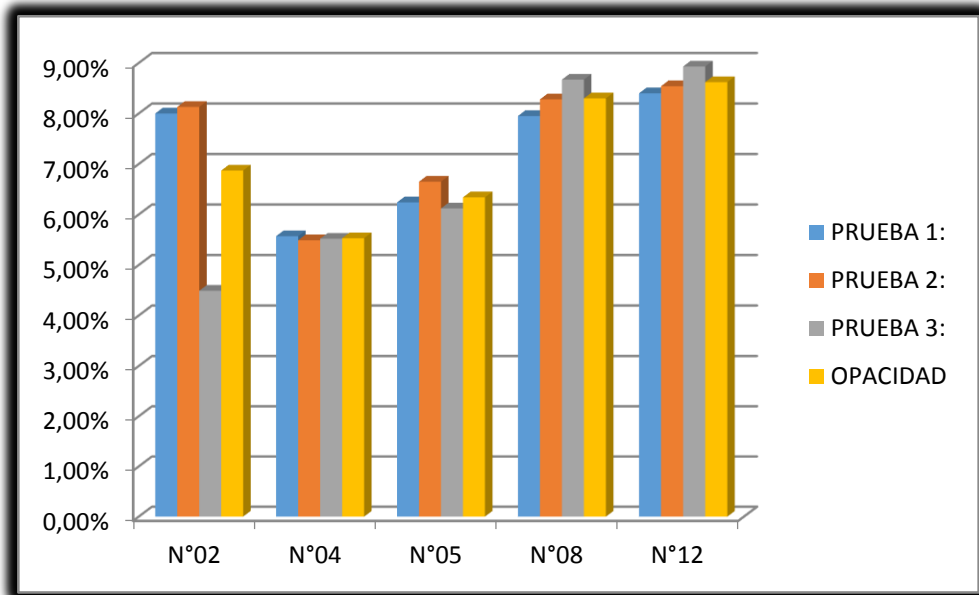
<b>ESPE</b> LATACUNGA Tel: 0000000		Email:	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b> NOMBRE: FERNADO APELLIDO: VELASTEGUI IDENTIFICACION: COTTULLARI		<b>DATOS DEL VEHICULO</b> PLACA: XAA2134      MODELO: 2016 MARCA: HINO      LINEA: AK NUMERO DE MOTOR: VIN: JHDAK8JRSGXX13662      DIAM. EXHOSTO: 90.68	
PRUEBA ENSAYO: 5.55 % PRUEBA 1: 5.57 % PRUEBA 2: 5.49 % PRUEBA 3: 5.52 % OPACIDAD: 5.53 %  <b>FECHA Y HORA DE LA PRUEBA</b> 7/11/2016 11:19:42	DISPOSITIVO DE MEDICION 8181 RPM RALENTI 575 RPM RPM GOBERNADA 3064 RPM TEMPERATURA DE OPACIDAD 0 °  <b>NORMA</b> OPACIDAD LIMITE: 28.00 %  MOTIVO:	<b>RESULTADO: APROBADA</b>	
OPERARIO RESPONSABLE: _____ QUIROZ			

**Figura. 54 Reporte de opacidad del bus N°04**

#### 4.5.1 Medición de opacidad de todas las unidades

En la figura 55 se muestra cada uno de los porcentajes obtenidos en las diferentes mediciones de opacidad realizadas a cada una de las unidades, este esquema muestra la variación existente entre la opacidad de cada uno de los buses, las mismas que se ven afectadas por diferentes factores como son, año de fabricación del bus y la más importante e influyente las modificaciones realizadas a los tubos de escape lo que implica una mayor contaminación ambiental.

A pesar de los resultados obtenidos y en cumplimiento con la norma vehicular vigente se obtuvo reportes favorables de todos los buses para su circulación en el territorio ecuatoriano.



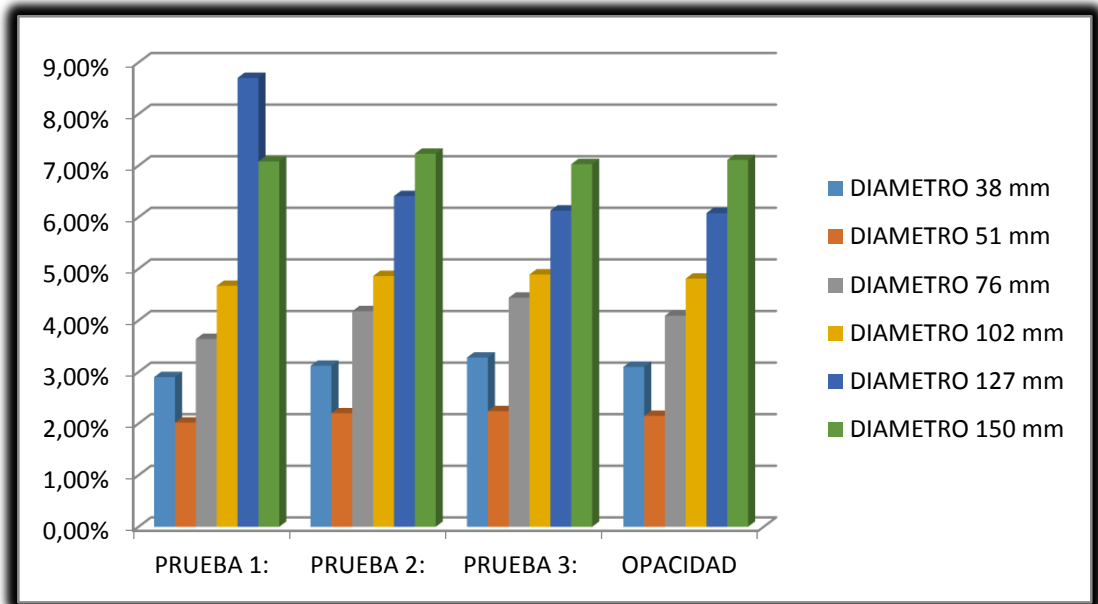
**Figura. 55 Medición de opacidad en los buses**

#### 4.5.2 Medición de opacidad utilizando diferentes diámetros del tubo de escape.

Las pruebas de medición de opacidad se efectuaron en la misma unidad de transporte, bajo las mismas condiciones meteorológicas y mecánicas, alterando únicamente la dimensión interna del tubo de escape en el registro del software.

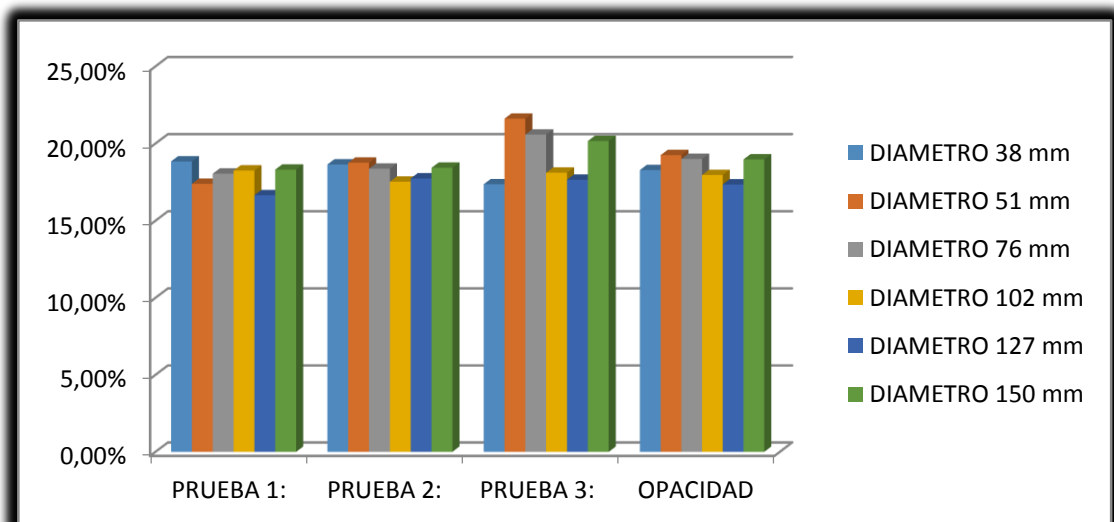
- a) Para la obtención del primer valor de opacidad se registró un diámetro interno del tubo de escape de 38 mm, donde existe una variación normal entre sus valores manteniendo un registro de opacidad bajo, cuando se realizó la prueba registrando un valor del tubo de escape interno opacidad de 51mm claramente indica una menor variación entre sus valores de opacidad y una reducción de la opacidad, una vez aplicado un diámetro de 76mm de diámetro existe un incremento en el registro de los valores de opacidad, mientras más se incrementa el valor del diámetro interno del tubo de escape mayor será el incremento en los valores de opacidad, el valor más alto se registró cuando se aplicó un diámetro de 127mm como se muestra en la figura 56.





**Figura. 56 Medición de opacidad con diferentes diámetros aplicando el factor de corrección.**

- b) A continuación se muestra el incremento significativo de los valores de opacidad registrados cuando realizo las mediciones sin aplicar el factor de corrección, visiblemente no muestra una variación significativa entre los rangos de medición, mostrando el valor más alto, cuando se midió con un diámetro de 51mm y el valor más bajo registrado con un diámetro de 127mm en la prueba de opacidad.



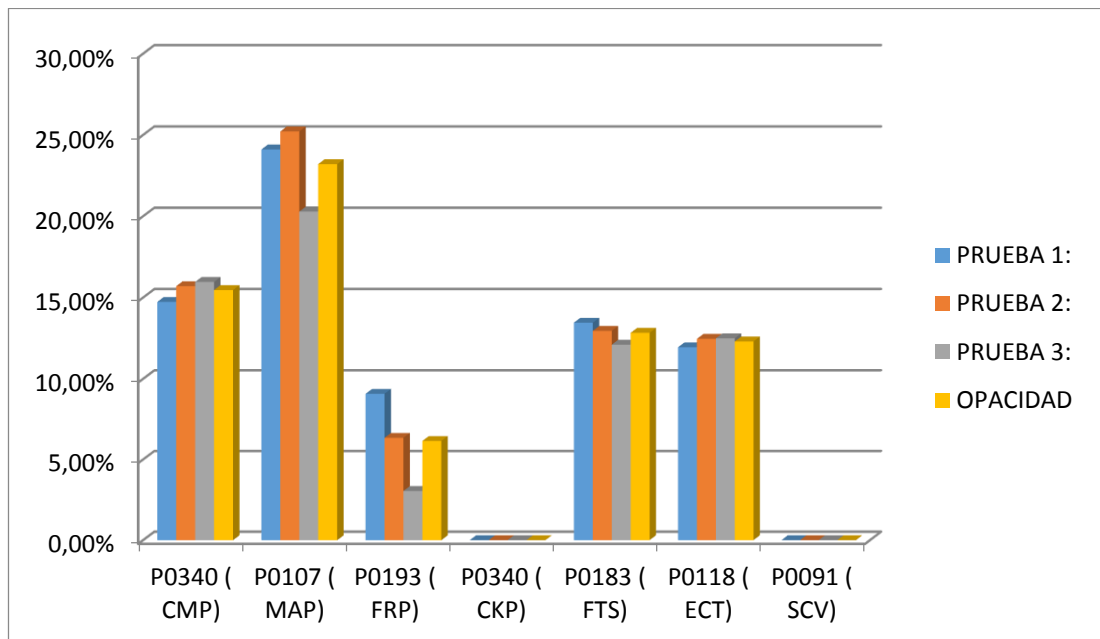
**Figura. 57 Medición de opacidad con diferentes diámetros sin aplicar el factor de corrección.**

### 4.5.3 Tabulación y graficas de las mediciones de opacidad con fallas en el sistema electrónico de alimentación.

Las fallas en el sistema electrónico de combustible son muchas de tal manera que una de estas afecta significativamente al funcionamiento y rendimiento del motor, de tal manera que los porcentajes de opacidad que se registran se ven afectados, y esto con lleva a que el bus emane más contaminación, y la prueba de circulación sea rechazada.

Sin embargo como se muestra en la siguiente figura 58 existen algunos sensores que afectan de manera reveladora en los porcentajes de opacidad de los reportes.

En el siguiente figura 58 se muestra un análisis de opacidad una vez inducida las fallas por un solo sensor, y en comparación de los porcentajes de opacidad se muestra un incremento de opacidad cuando el sensor (MAP) no se encuentra en funcionamiento, de manera contraria la opacidad producida por el sensor (CKP) y (SCV) registran una opacidad del 0% esto debido a que la prueba de opacidad no fue realizada por el motivo de funcionamiento anormal del motor.



**Figura. 58 Medición de opacidad con sensores**

Tabla 16

### Tabulación de los valores de opacidad realizados con fallas en un sensor.

REGISTRO DE VALORES DE OPACIDAD CON FALLAS EN LOS SENSORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACION							
	FALLA 1	FALLA 2	FALLA 3	FALLA 4	FALLA 5	FALLA 6	FALLA 7
SENSORES	P0340(CMP)	P0107(MAP)	P0193(FRP)	P0340(CKP)	P0183(FTS)	P0118(ECT)	P0091(SCV)
PRUEBA DE ENSAYO:	14,47%	27,34%	11,01%	0,00%	12,46%	11,70%	0,00%
PRUEBA 1:	14,73%	24,11%	9,07%	0,00%	13,45%	11,94%	0,00%
PRUEBA 2:	15,70%	25,22%	6,34%	0,00%	12,95%	12,46%	0,00%
PRUEBA 3:	15,96%	20,29%	3,05%	0,00%	12,10%	12,49%	0,00%
OPACIDAD	15,46%	23,21%	6,15%	0,00%	12,83%	12,30%	0,00%
REPORTE	REPROBADA	REPROBADA	REPROBADA	APROBADA	REPROBADA	REPROBADA	APROBADA

En la figura 59 se muestra el análisis de porcentajes de opacidad registrados cuando se realizan las pruebas de medición induciendo fallas en dos sensores a la vez, muestran que la variación de porcentajes de opacidad registrados de cada una de las pruebas no varía de manera abrupta, pero si se hace la comparación entre valores de pruebas diferentes denota una clara variación de los porcentajes sobre todo cuando se induce la falla de los sensores (MAP) y (CMP), que son los valores de opacidad más altos registrados.

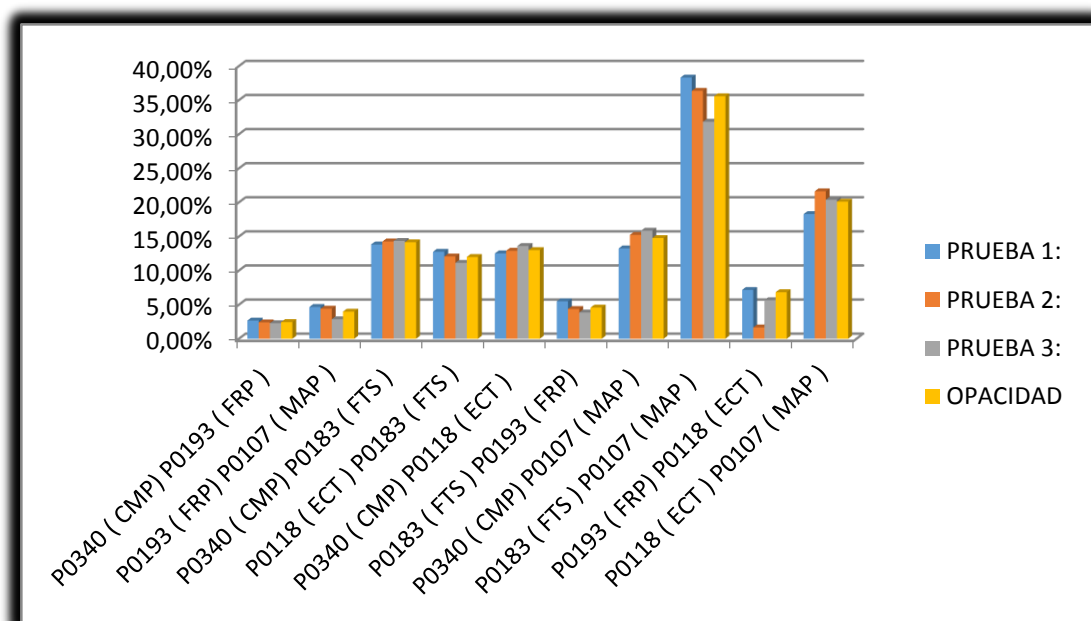
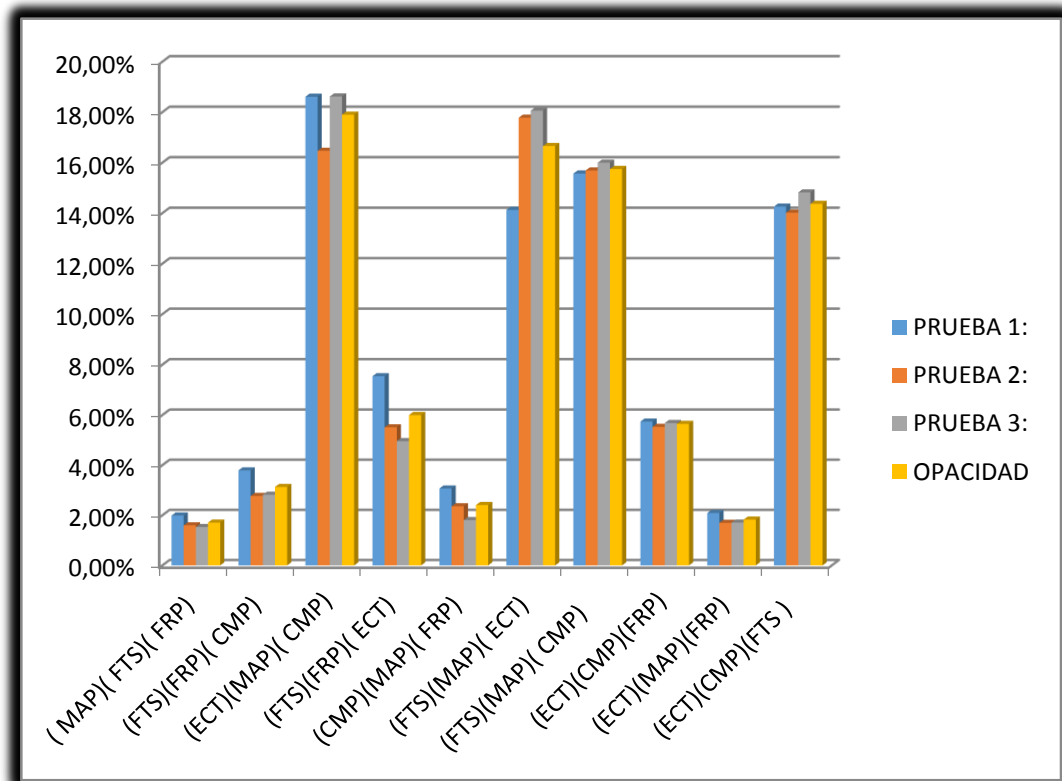


Figura. 59 Medición de opacidad con sensores



El análisis de los valores de opacidad registrados con la introducción de fallas en tres sensores a la vez del sistema electrónico, mostró un incremento de opacidad en todas las pruebas realizadas llegando a obtener los valores más altos de opacidad en la falla generada por los sensores (ECT), (MAP) y (CMP), en la figura 60 se muestra la variación entre las fallas con tres sensores.



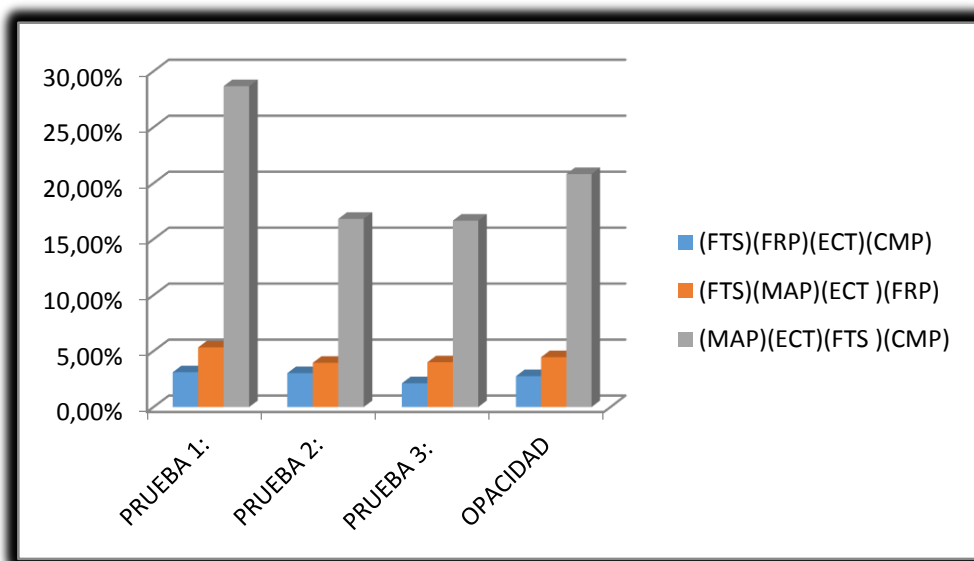
**Figura. 60 Medición de opacidad con sensores**

Tabla 18

## Tabulación con fallas en tres sensores

REGISTRO DE VALORES DE OPACIDAD CON FALLAS EN LOS SENORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACION										
SENSORES	P0107 (MAP) P0183 (FTS) P0193 (FRP)	P0183 (FTS) P0193 (FRP) P0340 (CMP)	P0118 (ECT ) P0107 (MAP) P0340 (CMP)	P0183 (FTS ) P0193 (FRP) P0118 (ECT )	P0340 (CMP) P0107 (MAP) P0193 (FRP)	P0183 (FTS ) P0107 (MAP) P0118 (ECT )	P0183 (FTS ) P0107 (MAP) P0340 (CMP)	P0118 (ECT ) ) P0340 (CMP) P0193 (FRP)	P0118 (ECT ) P0107 (MAP) P0193 (FRP)	P0118 (ECT ) P0340 (CMP) P0183 (FTS )
	FALLA 18	FALLA 19	FALLA 20	FALLA 21	FALLA 22	FALLA 23	FALLA 24	FALLA 25	FALLA 26	FALLA 27
PRUEBA DE ENSAYO:	1,89%	5,21%	17,95%	10,00%	5,59%	15,15%	13,89%	6,31%	3,10%	13,01%
PRUEBA 1:	1,99%	3,79%	18,61%	7,54%	3,07%	14,13%	15,57%	5,74%	2,09%	14,26%
PRUEBA 2:	1,60%	2,77%	16,47%	5,51%	2,36%	17,78%	15,69%	5,53%	1,70%	14,02%
PRUEBA 3:	1,53%	2,82%	18,62%	4,96%	1,81%	18,06%	16,00%	5,68%	1,71%	14,82%
OPACIDAD	1,71%	3,13%	17,90%	6,00%	2,41%	16,66%	15,75%	5,65%	1,83%	14,37%
REPORTE	APROBADA	REPROBADA	REPROBADA	REPROBADA	REPROBADA	REPROBADA	REPROBADA	APROBADA	REPROBADA	REPROBADA

Al momento de generar fallas en combinación de cuatro sensores en el sistema electrónico de alimentación de combustible, claramente se muestra que la opacidad registrada con la falla de los sensores (MAP), (CMP), (ECT), (FTS) es la más alta en comparación de las demás, mostrando el funcionamiento anormal del motor, en la figura 61 se muestra la variación de opacidad.



**Figura. 61 Medición de opacidad con sensores**

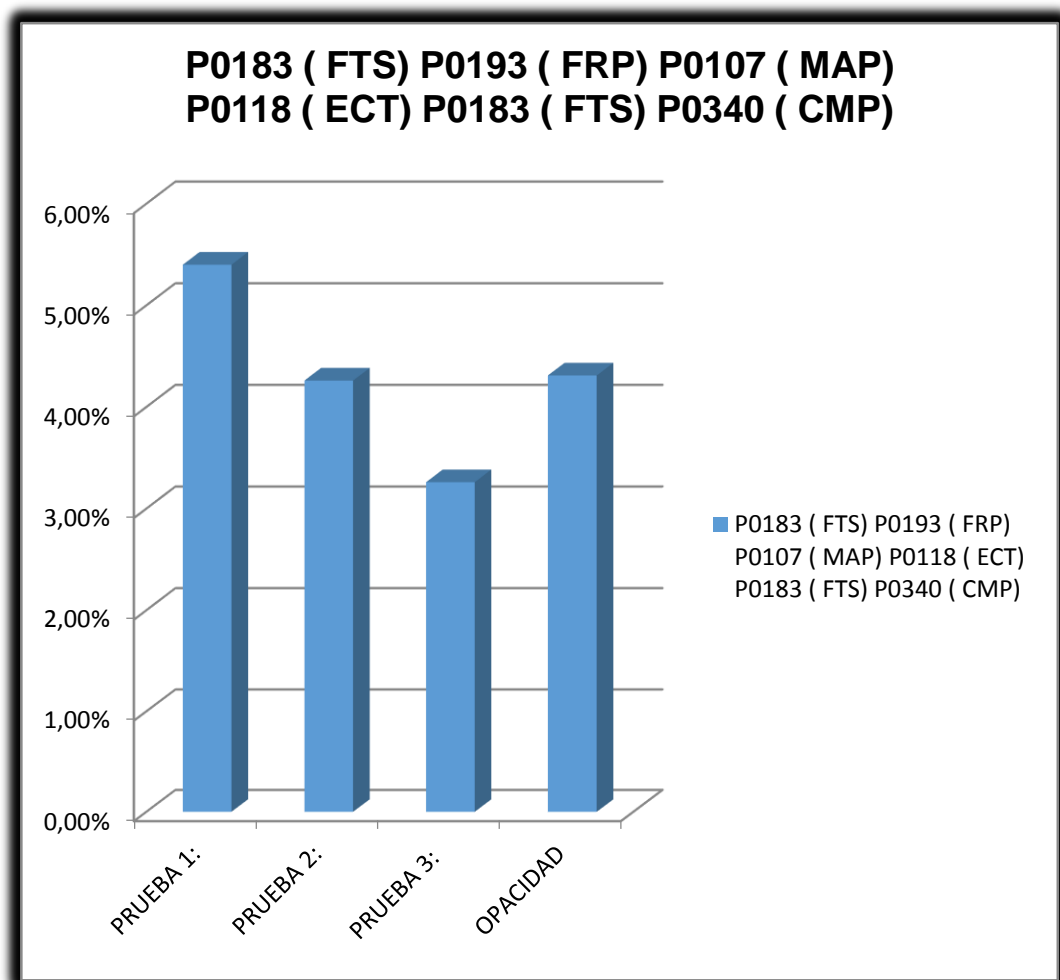
**Tabla 19**

**Tabulación con fallas en cuatro sensores**

REGISTRO DE VALORES DE OPACIDAD CON FALLAS EN LOS SENORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACION

SENSORES	(FTS)(FRP)(ECT)(CMP)	(FTS)(MAP)(ECT)(FRP)	(MAP)(ECT)(FTS)(CMP)
	FALLA28	FALLA29	FALLA30
PRUEBA DE ENSAYO:	5,29%	9,84%	15,65%
PRUEBA 1:	3,11%	5,33%	28,66%
PRUEBA 2:	3,03%	3,95%	16,81%
PRUEBA 3:	2,13%	4,00%	16,65%
OPACIDAD	2,76%	4,46%	20,81%
REPORTE	REPROBADA	REPROBADA	REPROBADA

En la única falla inducida con cinco sensores a la vez y que el vehículo logro mantenerse en ralentí se logró realizar la prueba bajo condiciones anormales de funcionamiento, los cuales se comprobaron con ruidos anormales y el valor de la opacidad insignificante ya que el motor no logro alcanzar su pleno funcionamiento, y como es lógico mientras más fallas existan en el sistema de alimentación de combustible el desarrollo a plenitud del motor será con dificultad, en la figura 62 se muestra los valores de opacidad registrados.



**Figura. 62 Medición de opacidad con sensores**



**Tabla 20****Tabulación con fallas en cinco sensores**

REGISTRO DE VALORES DE OPACIDAD CON FALLAS EN LOS SENORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACION

SENSORES	P0183 ( FTS) P0193 ( FRP) P0107 ( MAP) P0118 ( ECT) P0183 ( FTS) P0340 ( CMP)
<b>FALLA 31</b>	
PRUEBA DE ENSAYO:	<b>5,61%</b>
PRUEBA 1:	<b>5,40%</b>
PRUEBA 2:	<b>4,26%</b>
PRUEBA 3:	<b>3,26%</b>
OPACIDAD	<b>4,31%</b>
REPORTE	<b>REPROBADA</b>

A continuación en la figura 63 se muestra los porcentajes de opacidad registrados en cada medición con las diferentes fallas en el sistema electrónico de alimentación de combustible muestra la variación existente entre ellas, el mayor registro de opacidad se obtuvo al realizar la prueba de medición de la falla 15 la misma que indica una falla en los sensores de (FTS) sensor de temperatura de combustible y (MAP) sensor de presión atmosférica, mientras que los valores de opacidad más bajo son pertenecientes a la falla 4 y la falla que son los sensores de posición del cigüeñal (CKP) y la válvula de succión de control (SCV) respectivamente debido a que en el primer caso el vehículo no alcanza los rangos de funcionamiento es decir no alcanza la velocidad gobernada, mientras que para la realización de la prueba de la SCV el vehículo se mantiene encendido durante 1 minuto a partir de su desconexión.

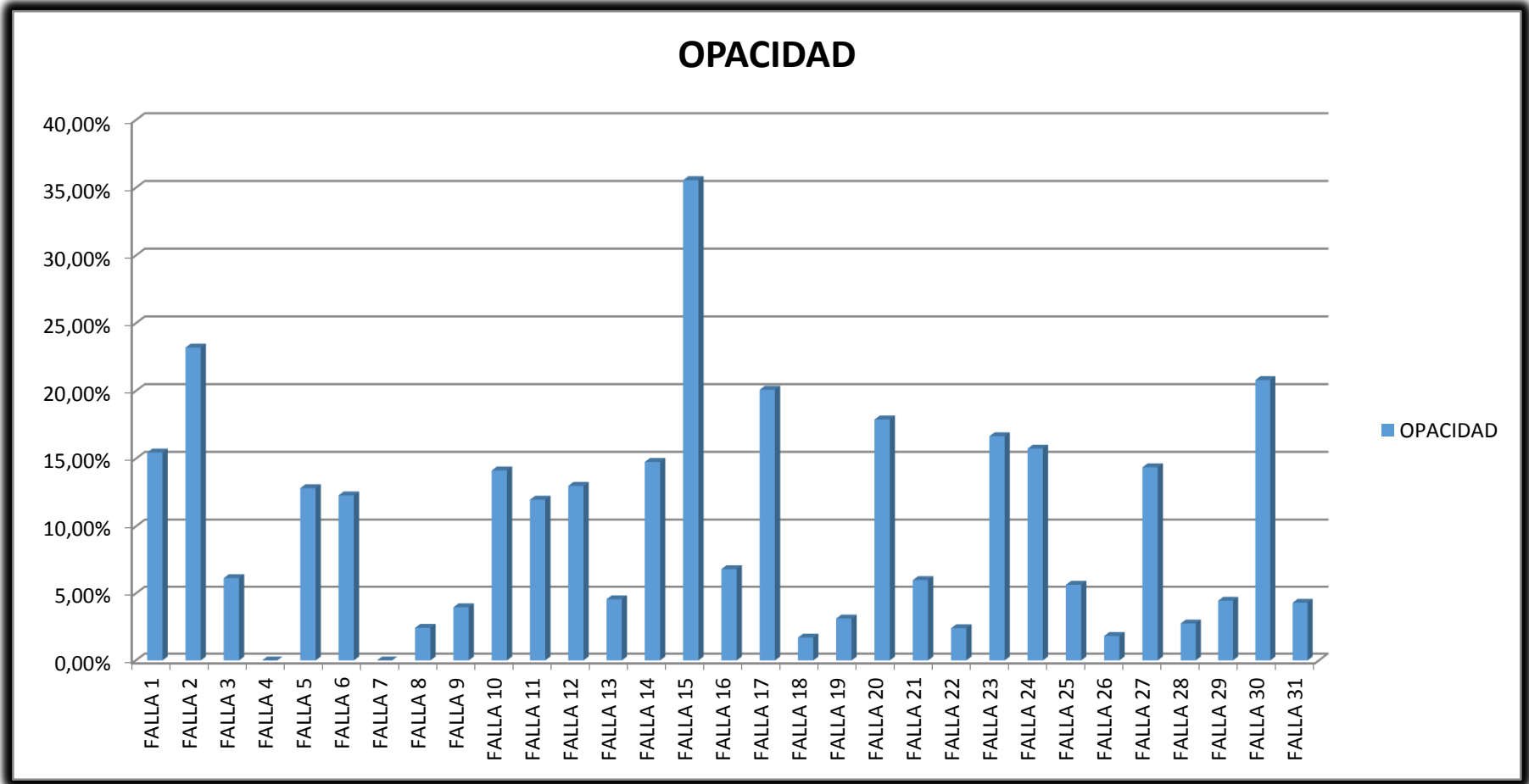


Figura. 63 Medición de opacidad con sensores

## 4.6 Factor de corrección

### a) Función del diseño de tubo de escape

(PEREZ, 2017) “El sistema de escape es un conjunto de elementos por los cuales el bus es capaz de dar salida de los gases peligrosos producidos por la combustión interna del motor hacia afuera, y también reduce el sonido de los mismos al ser arrojados, es de vital importancia tener este sistema en buen estado para el uso del bus para que no presente ningún riesgo para el mismo y el resto de conductores.

El tubo de escape se encuentra en la parte trasera del bus y es la última parte del sistema de tuberías de escape; éste es el encargado de liberar los gases restantes. Este tubo es colocado generalmente hacia abajo para dirigir los gases lejos del vehículo y para asegurarse de que los contaminantes no retrocedan e ingresen en la carrocería del bus.”

En la flota de buses realizadas las mediciones se encontró con dos diseños de tubos de escape:

- a) El primero el diseño del tubo de escape original, es decir con el cual el chasis es adaptado y el recomendado para la circulación de los buses, lógicamente este diseño trae ciertas ventajas y desventajas:

#### **Ventajas**

- Mayor vida útil del motor.
- Menor consumo de combustible.
- Menor contaminación.
- Menor contaminación auditiva.

#### **Desventajas**

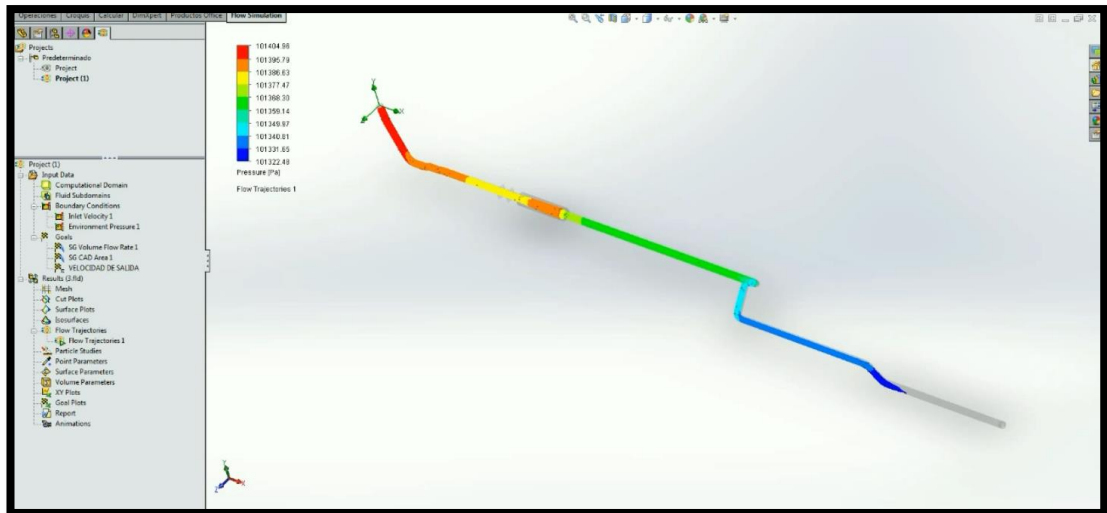
- Desarrollo tardío.
- Mayor tiempo de evacuación de gases.



**Figura. 64 Bus N°04 con el tubo de escape original.**

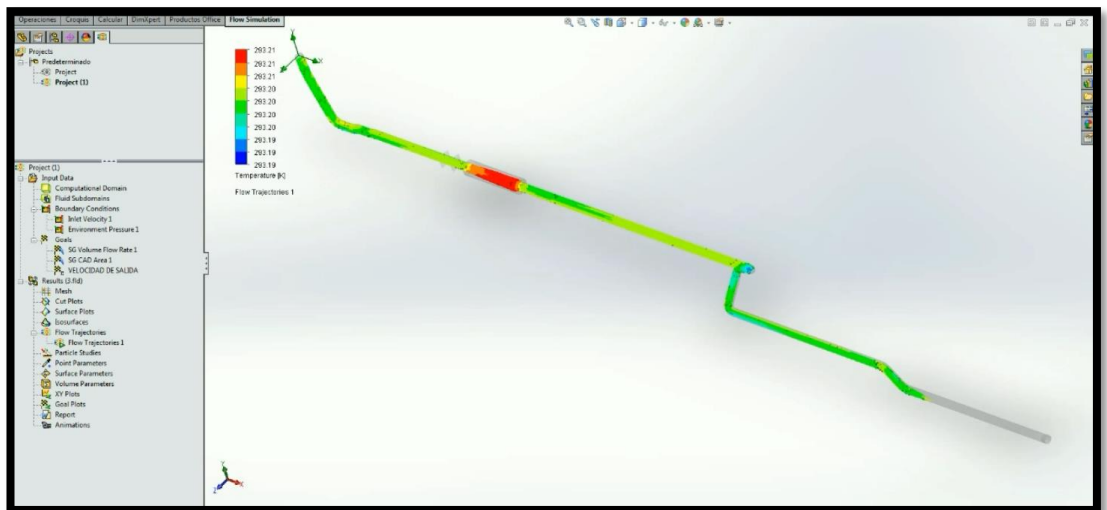
**b) Simulación del diseño del tubo de escape original del chasis HINO AK.**

Como se puede observar la coloración de la en la figura 65, la presión de los gases de escape es superior a la salida del múltiple de escape mostrando un color rojo, y mientras sigue su curso se observa como la presión va disminuyendo al igual que su color cambia a tomate para después al final de la desembocadura del tubo de escape la presión ser casi nula como muestra la coloración azul.



**Figura. 65 Presión en el interior del tubo de escape original.**

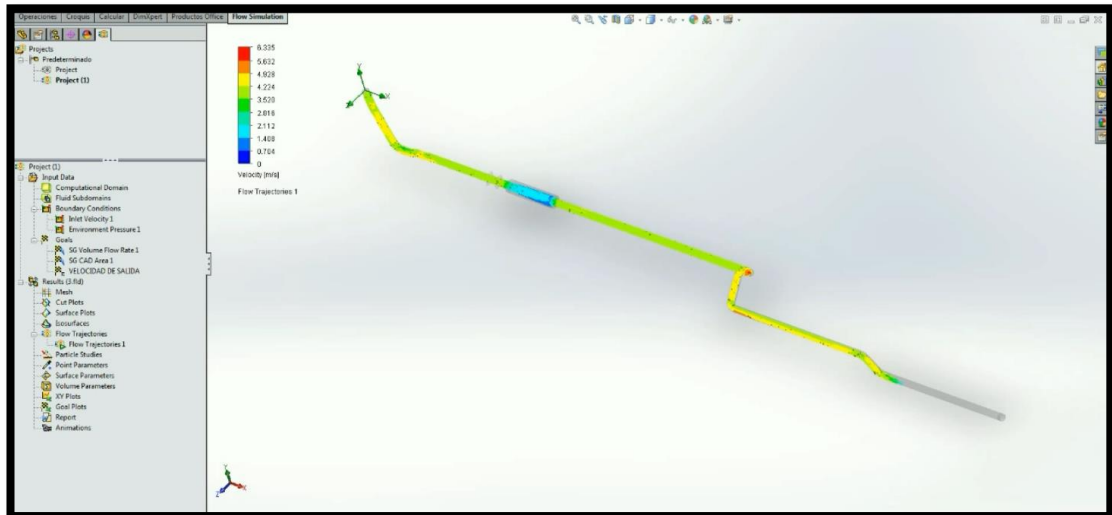
En la figura 66 la temperatura de los gases de escape varía en función de las curvas que tenga el tubo de escape, generando la mayor la concentración de temperatura a la salida del múltiple de escape como se muestra con una coloración más oscura, de igual manera la temperatura disminuye progresivamente según la distancia de separación de la salida del múltiple de escape al mostrar un color verde claro indicación de que la temperatura es muy baja.



**Figura. 66 Temperatura en el interior del tubo de escape original.**

En la figura 66 la temperatura de los gases de escape varía en función de las curvas que tenga el tubo de escape, generando la mayor la concentración de temperatura a la salida del múltiple de escape como se

muestra con una coloración más oscura, de igual manera la temperatura disminuye progresivamente según la distancia de separación de la salida del múltiple de escape al mostrar un color verde claro indicación de que la temperatura es muy baja.



**Figura. 67 Velocidad en el interior del tubo de escape original.**

c) El segundo es el diseño de tubo de escape modificado, donde se pudo observar que es recortado a menos de la mitad de la longitud original, evitando curvas del tubo de escape y evadiendo el uso de ciertos elementos necesarios para evitar la contaminación como son el catalizador y el silenciado, con todo esto la salida final del tubo de escape es más cercana al colector de escape teniendo en cuenta que sus ventajas son menores a las desventajas que presenta este tipo de diseño de tubo de escape.

### **Ventajas**

- Desarrollo del motor rápido.
- Mayor velocidad.
- Menor tiempo de evacuación de los gases.

### **Desventajas**

- Mayor consumo de combustible.
- Mayor contaminación ambiental.

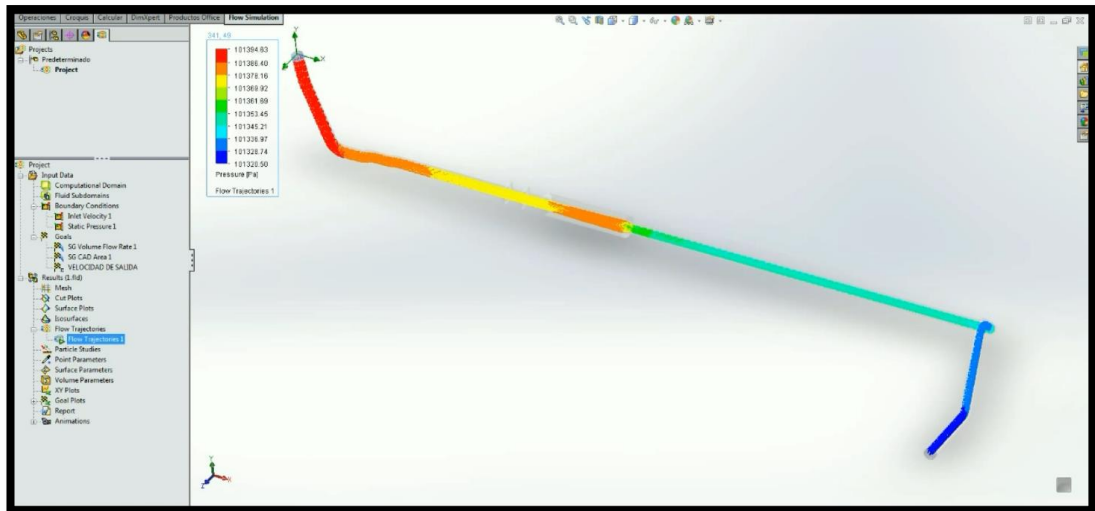
- Mayor contaminación auditiva.
- Menor tiempo de vida útil del motor.



**Figura. 68 Bus N°02 con el tubo de escape modificado.**

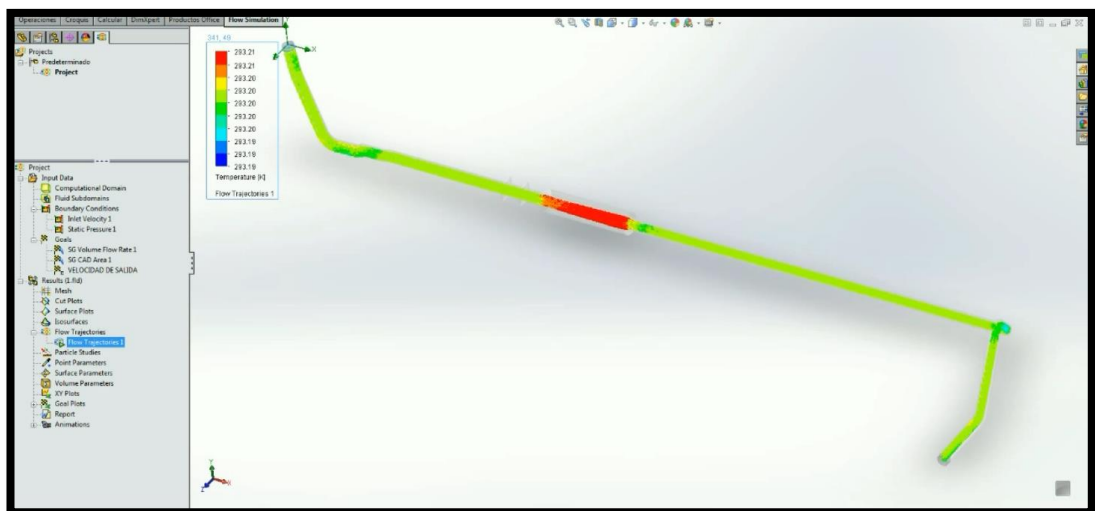
**d) Simulación del diseño del tubo de escape modificado del chasis HINO AK.**

De igual manera que en el diseño de tubo de escape original la mayor concentración de presión existe en la salida del múltiple de escape mostrando una coloración roja, debido que esta sección del tubo se encuentra más cerca a la salida de los gases de escape del motor, mientras que la presión al final del tubo de escape sigue siendo menor que la del inicio, pero en comparación con la presión final del tubo de escape original es superior por el motivo de que el tubo es recortado, como se puede observar en la figura 69 la coloración va cambiando en función de la distancia al partir la coloración fue roja luego cambio a tomate, amarillo y al final celeste.



**Figura. 69 Presión en el interior del tubo de escape modificado.**

El color verde mostrado en la figura 70 indica la temperatura registrada a lo largo del tubo de escape modificado es superior al inicio del tubo de escape, es decir a la salida del múltiple de admisión, mientras que al final la temperatura es menor que al inicio, sin embargo como en todo los casos del tubo de escape modificado existe un incremento en los valores.

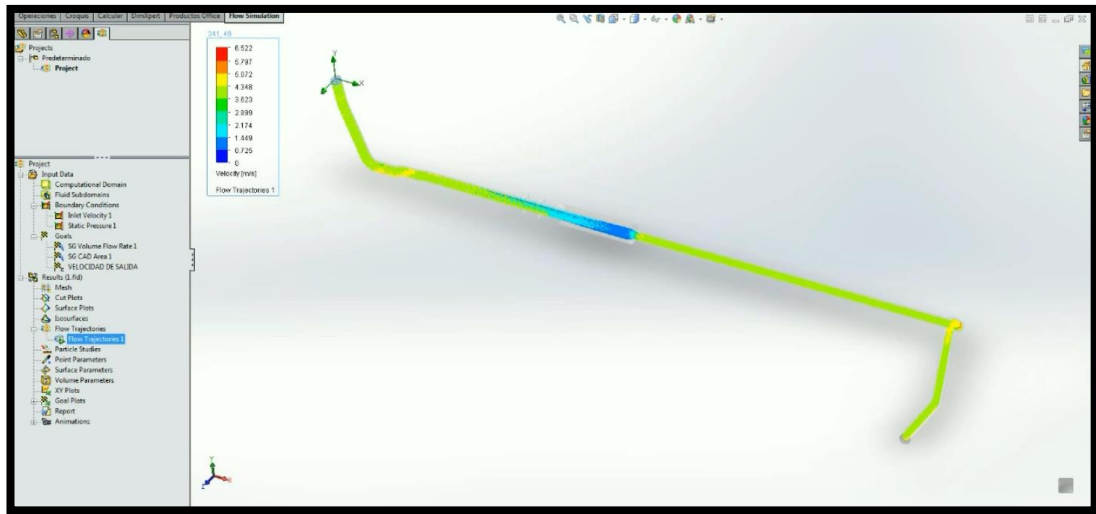


**Figura. 70 Temperatura en el interior del tubo de escape modificado.**

La velocidad interna del tubo de escape es constante pero es superior a la velocidad del tubo de escape original, esto es ocasionado por la disminución de longitud del mismo, y la supresión de algunas curvas del



diseño original, haciendo que la expulsión de gases sea más rápida y efectiva, la coloración verde mostrada en la figura 71 es constante durante todo el tubo de escape.



**Figura. 71 Velocidad en el interior del tubo de escape modificado.**

#### **b) Valores entrada Longitud efectiva del camino óptico**

(SAE, 1996) “La longitud efectiva del camino óptico ha sido definida como la longitud del humo que oculta la ruta entre la fuente de luz y el detector de medidor de humo. Partes de la fuente de luz de longitud de ruta de detector de humo que no están oscurecidos no contribuyen a la longitud efectiva del camino óptico.”

(Kodiak Engineering, 2015) “El Opacímetro CARTEK 57-220 posee la longitud efectiva de muestreo de 215 mm, en trayectoria sencilla después de la medida. La longitud útil que se utiliza para los cálculos de opacidad en densidad de humo se debe hacer con una longitud útil de 430 milímetros.”

(SAE, 1996) “La longitud útil del sistema depende del flujo de aire perpendicular producido por el sistema de ventilación. Puede ser por lo menos igual a la longitud del tubo e igual a la distancia entre los ambos lentes. De esta manera el control de ventilación permite más seguridad que la verdadera longitud efectiva no sea mayor que la longitud efectiva utilizada en los cálculos.”

#### **4.6.1 Criterios de validación, en ciclos de prueba de tres, complemento de aceleración.**

La variación existente entre las mediciones realizadas en forma de prueba, provocadas por las condiciones ambientales y vehiculares, acarreo a que se determine un número de cuatro mediciones por cada una de las pruebas, en donde consta una prueba de ensayo y tres pruebas con los valores que serán de referencia para obtener el promedio y así poder determinar el porcentaje final de opacidad de cada uno de los buses, además teniendo en cuenta que para las mediciones que se realizó con fallas en el sistema de alimentación era necesario cuatro mediciones para poder observar de mejor manera el comportamiento del sistema de escape y la variación de los porcentajes de contaminación ambiental.

En el reporte del bus N°05 se observa como varían los porcentajes de opacidad cuando el sensor de temperatura del refrigerante no está en funcionamiento, claramente se distingue que existe una desviación superior al 1%, con el cual el resultado es una prueba y un vehículo rechazado para su circulación, hasta que se tome las debidas medidas de mantenimiento.

#### **4.7 Aplicación de corrección de valores humo medido**

(SAE, 1996) “Normalmente se desea cuantificar y reportar las emisiones de humo de escape en unidades de opacidad del humo. Además, si el nivel de humo se informa como opacidad, entonces también es necesario informar de la longitud efectiva del camino óptico asociado a especificar completamente el nivel de humo del bus. Esto es debido a que la opacidad del humo medido es una función de la longitud efectiva del camino óptico utilizada para realizar la medición.”

##### **4.7.1 Relaciones de beer- lambert**

(INEN, 1988) “La ley de Beer- Lambert se define la relación entre la transmitancia, la densidad del humo y la longitud efectiva del camino óptico, como se muestra en la siguiente ecuación.”

$$T = e^{-kL}$$

**Ecuación 16 Ley de Beer Lambert**

**Donde**

T = Transmitancia

N = Opacidad

K = Densidad del humo

L = Longitud efectiva del camino óptico.

(SAE, 1996) “Una vez conocidos los valores de la transmitancia y opacidad, la relación entre estos parámetros pueden ser definidos como se muestra en la siguiente ecuación.”

$$\text{Opacidad \%} = 100 * (1 - \text{Transmitancia})$$

**Ecuación 17 Opacidad**

Cabe mencionar que para obtener los valores de la densidad de humo y la longitud efectiva del camino óptico fue necesario realizar los cálculos mediante la relación de Beer Lambert con el ejemplo de cálculo se muestra a continuación los valores obtenidos.

**4.7.2 La secuenciación de correcciones de Beer- Lambert**

(SAE, 1996) “El método preferido para lograr el más alto grado de precisión, los cálculos de conversión de Beer-Lambert descrito anteriormente debe realizarse en cada valor instantáneo de humo medido antes de cualquier procesamiento adicional de los datos que se lleve a cabo. Para realizar los cálculos de esta manera durante las pruebas de aceleración de complemento requiere una considerable capacidad de procesamiento de datos desde el procesamiento de taza mínima de humo es de 20 Hz.

En algunos casos, es posible que los usuarios deseen utilizar métodos alternativos de sistemas de procesamiento de datos, que no son capaces de realizar las correcciones Beer-Lambert en estos casos, cualquiera de las siguientes técnicas alternativas pueden ser empleadas; sin embargo, se advierte a los usuarios que habrá cierta pérdida de precisión.

Las ecuaciones de conversión Beer-Lambert apropiadas, pueden aplicarse después de mediciones de humos instantáneas y que hayan sido valores promediados mediante los procedimientos. El complemento de error en la prueba de aceleración que resulta de la utilización de este método, en la mayoría de los casos, suele ser inferior a un 1% de opacidad o densidad del humo de  $0,15 \text{ m}^{-1}$  pero podría ser algo mayor cuando el complemento de pruebas de aceleración genera un humo muy alto y afilado pico.

Conversiones Beer-Lambert pueden realizarse manualmente en promedio medido como valores de humos mediante la alineación del gráfico, dicho procedimiento explica que cuando se haya logrado obtener un valor de opacidad medido con la longitud efectiva del camino óptico, mediante el uso del grafico poder determinar un valor aproximado de opacidad con su respectiva longitud del camino óptico.”

A continuación se muestra la figura 72 de referencia:

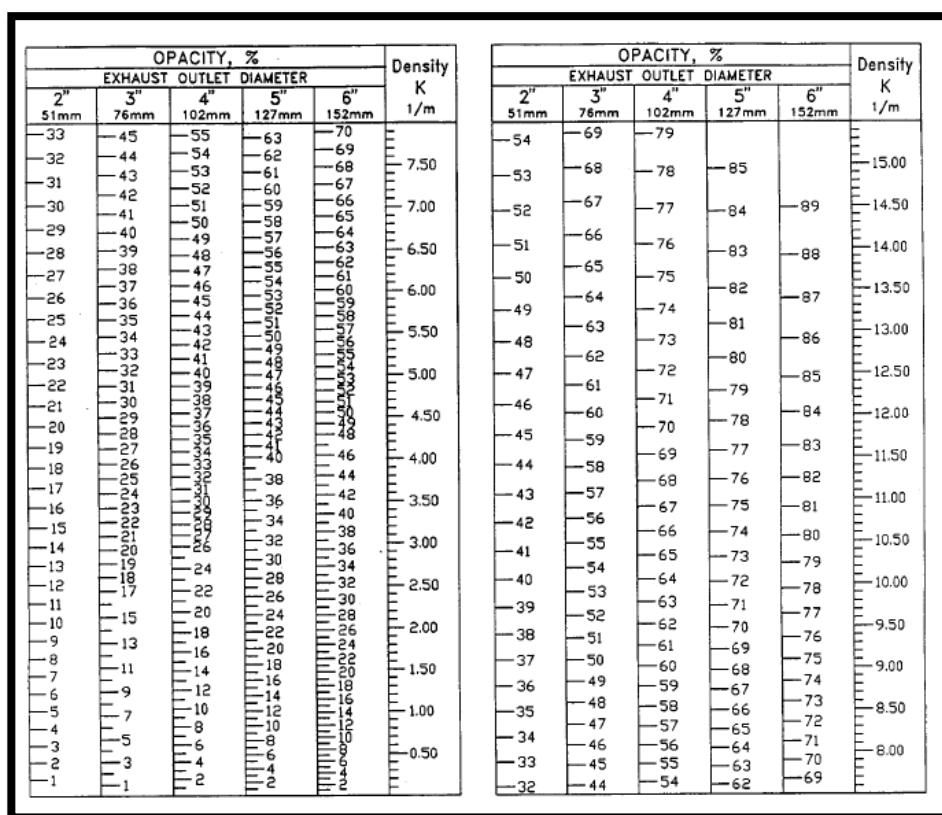


Figura. 72 Grafico de alienación.

### **4.7.3 Correcciones del medidor de humo fuente de luz de longitud de onda**

(SAE, 1996) “La capacidad de humo de diesel para absorber la luz de longitud de onda es dependiente (es decir, el humo diesel no tiene densidad espectral neutra). Por esta razón, el medidor de humo usando diferentes fuentes de luz responde de forma diferente a la misma muestra de humo y las correcciones son necesarias para conseguir resultados comparables.

Dado que el medidor de humo utiliza una fuente de luz incandescente, con un equivalente de emisividad espectral pico, este será el complemento estándar de elaboración de informes de resultados de pruebas de aceleración.”

## **4.8 Dispositivos de escape y aplicaciones especiales**

### **a) Tubos de Escape Circular Recto No Biselado**

Este es el diseño del tubo de escape más simple que pueden ser encontrados. En este caso, el haz de luz del medidor de humo debe estar orientado de tal forma que es perpendicular a y pasa a través del eje central del penacho de humo y está dentro de los 70 mm (2,76 pulg.) de la salida del tubo de escape.

### **b) Tubos de Escape Circular Recto Biselado**

Un tubo de escape está formado cuando la salida del tubo de escape no es corte cuadrado (perpendicular) al eje del caudal de gases de escape. Cuando este tipo de tubo de escape se encuentra, sólo hay una orientación de montaje del medidor de humo recomendado. El eje del haz de luz del medidor de humo debe ser perpendicular y pasar por el eje central del penacho de humo y paralela al eje menor de la forma elíptica de la salida del tubo de escape.

**c) Tubo de Escape Circular**

Cuando el eje central del tubo de escape se curva en el enfoque a la salida, el tubo de escape se dice que es curvo y la sección transversal de la salida del tubo de escape no es circular. Para evitar lecturas bajas erróneamente cuando este tipo de tubo de escape es encontrado, el medidor de humo debe montarse de tal forma que el eje del haz de luz del medidor de humo es perpendicularmente y pasa por el eje central del penacho de humo (no necesariamente la línea central del tubo) y es paralelo al eje menor de la salida del tubo de escape.

**d) Tubo de Escape No Circular**

Si en el tubo de escape la sección transversal no es circular, el medidor de humo debe montarse de tal forma que el haz de luz es perpendicular y pasa a través del eje central del penacho de humo y está dentro de los 70 mm (2,76 pulg.) de la salida del tubo de escape. Si el tubo de escape de la sección transversal es un óvalo o elipse, es recomendable que el haz de luz del medidor de humo este alineada con el eje mayor o menor de la sección transversal del tubo de escape, a fin de facilitar la medición.

**4.9 Pruebas del inyector CRDI en modo circuito abierto de los sensores****4.9.1 Funcionamiento normal****a) Voltaje del inyector**

(Bosch R. , 2005) Señala que: “La activación del inyector se realiza mediante la unidad de control electrónico se prescribe una tensión de activación inicial, la aplicación de la corriente se efectúa en forma de impulsos hasta alcanzar una divergencia mínima entre la tensión de referencia y la tensión de regulación mediante la multiplicación hidráulica, la carrera del actuador genera un incremento de la presión en el acoplador hasta que se elimina la igualdad de fuerzas en la válvula de mando y se abre la válvula. Tan pronto como la válvula de mando alcanza su posición final, comienza a

descender la presión en la cámara de control a través de la aguja y se efectúa la inyección.”

En el manual Common rail principios de funcionamiento (Delphi , 2007) sustenta que “El inyector del sistema CRDI ha sido diseñado para responder a las nuevas normas de descontaminación. Para ello, debe:”

- Permitir inyecciones múltiples.(hasta 5 inyecciones por ciclo)
- Permitir inyectar cantidades cada vez más pequeñas (0,5mg/cp)
- Inyectar a presiones cada vez más elevadas.
- Tener interacciones hidráulicas débiles entre 2 inyecciones sucesivas
- Distribuir de manera homogénea la cantidad inyectada

Hay que tener en cuenta mediante la utilización del osciloscopio OWON, se tiene un periodo de inyección de combustible es de 76.2ms, de la misma manera se observa que existe una curva perteneciente a la de pre- inyección y la otra de inyección principal.

- Cálculo de prueba de RPM en función de la frecuencia

**Datos:**

T= 76.2 ms

$$N = \frac{60000}{T}$$

**Ecuación 18 Revoluciones por minuto**

$$N = \frac{60000}{76.2}$$

$$N = 787.4 \text{ RPM}$$

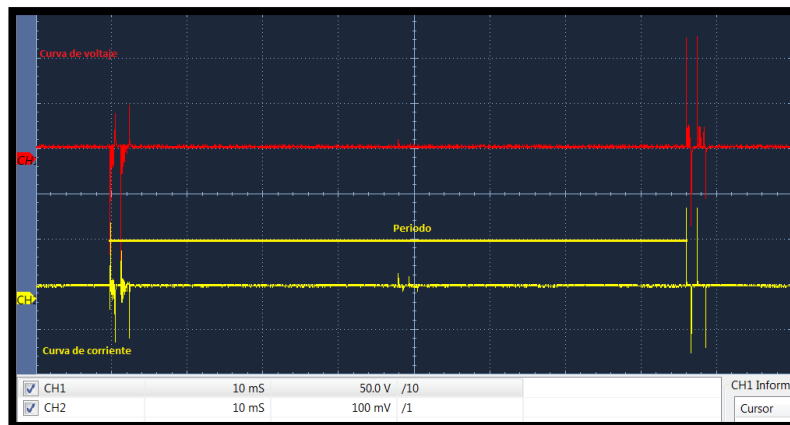
$$f = \frac{1}{T}$$

**Ecuación 19 Frecuencia**

$$f = \frac{1}{76.2}$$

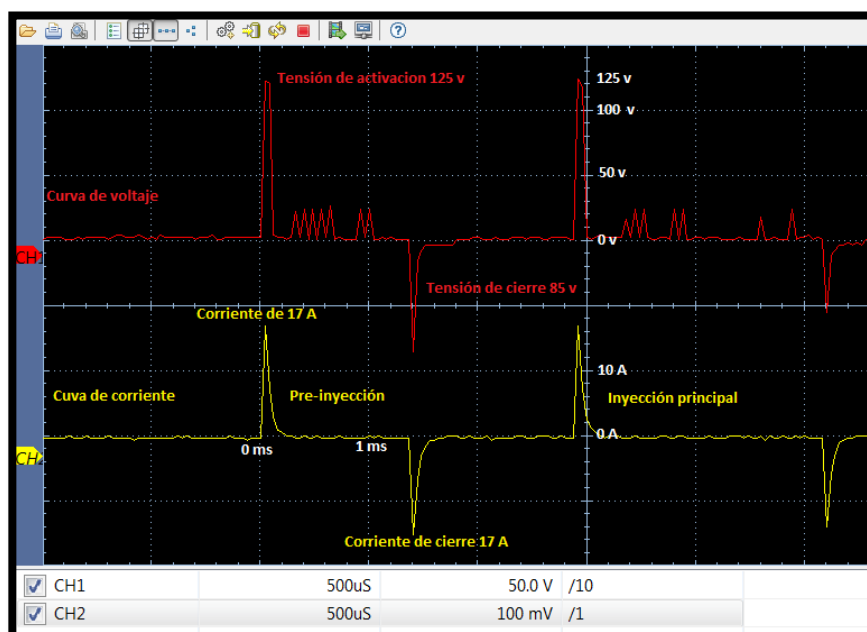
$$f = 13 \text{ Hz}$$

Prueba de Inyector piezoeléctrico del vehículo serie HINO AK a 787.4 RPM desconectado los siguientes sensores de control de motor:



**Figura. 73 Curvas de voltaje y corriente**

En la figura 74 se observa que la curva roja representa al voltaje consumido por el inyector para su activación donde se puede apreciar la obtención de una curva de pre-inyección y la otra de inyección principal, cabe resaltar que la señal enviada hacia los inyectores está calculada por la ECM que envía un voltaje de 70V aproximadamente en un tiempo de 2.2ms la cual este voltaje es aumentado mediante la deformación del cuarzo por lo que el inyector es del tipo piezoeléctrico una vez aumentado se observa una tensión de activación de 125V y un voltaje de cierre del inyector de 85V en otros 0.2ms. La corriente de consumo en activación es de 17A y una corriente de cierre de 17A.



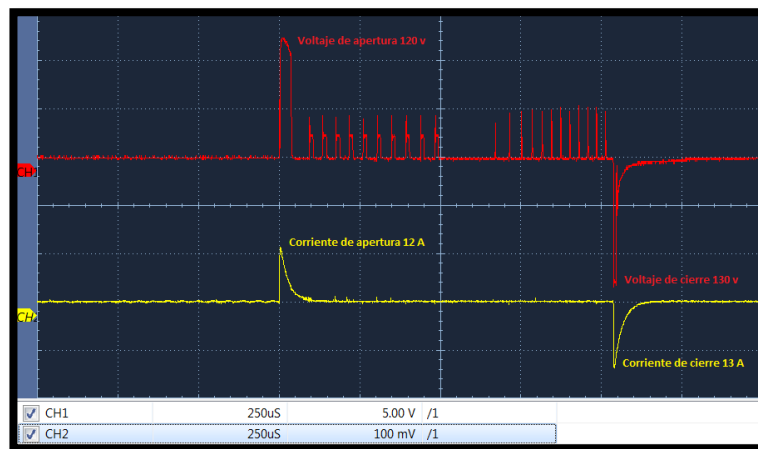
**Figura. 74 Especificación de curvas voltaje – corriente**



## 4.9.2 Funcionamiento con falla

### a) Circuito abierto del sensor CMP

En la figura 75 se observa que al estar desconectado el sensor CMP las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente disminuyen considerablemente teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 120V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 12A y una corriente de cierre de 13A con tiempo de apertura y cierre del inyector de 1.1ms.

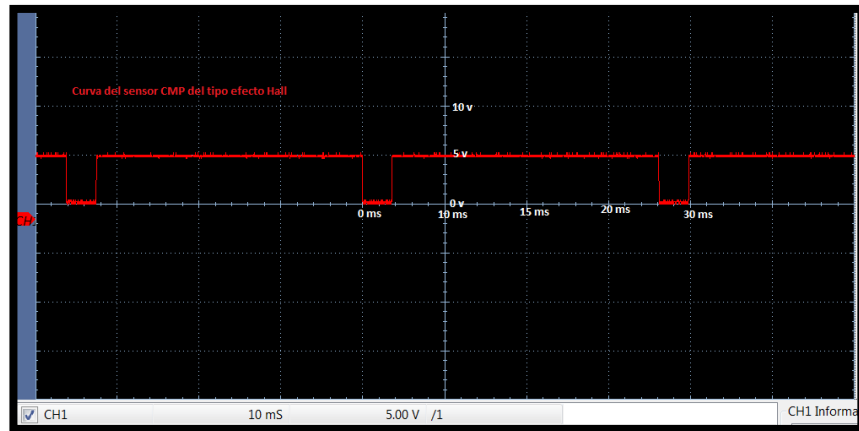


**Figura. 75 Curva de inyector desconectado el CMP**

En el manual (Cise Electronics , 2010) recalca que: “El sensor de efecto Hall se basa en la tensión transversal de un conductor que está sometido a un campo magnético. Colocando un voltímetro entre dos puntos transversales de un cable se puede medir esa tensión. Para ello hay que hacer circular por el cable una intensidad fija y acercar un imán. Los electrones que pasan por el cable se verán desplazados hacia un lado. Entonces aparece una diferencia de tensión entre los dos puntos transversales del cable. Al separar el imán del cable, la tensión transversal desaparece. Para poder utilizar la tensión transversal es necesario amplificarla, porque su valor es muy reducido.”

Cabe destacar que en sensores de efecto hall se puede encontrar que funcionen con un voltaje de 5 voltios y 12 voltios dando como resultado ondas cuadradas como se observa en la figura 76 con tiempo de activación de 32ms y tiempo de cierre de 4ms y un voltaje de 5V.

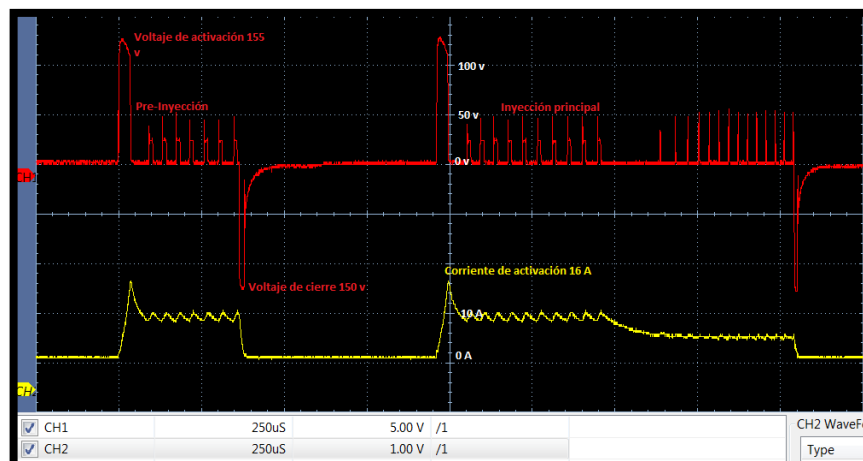
Nota: Mientras este encendido el motor del vehículo se desconecta el sensor CMP no se apagará pero si se lo apaga el motor no se encenderá mientras este desconectado el CMP.



**Figura. 76 Curva del sensor CMP**

#### b) Circuito abierto del sensor MAP

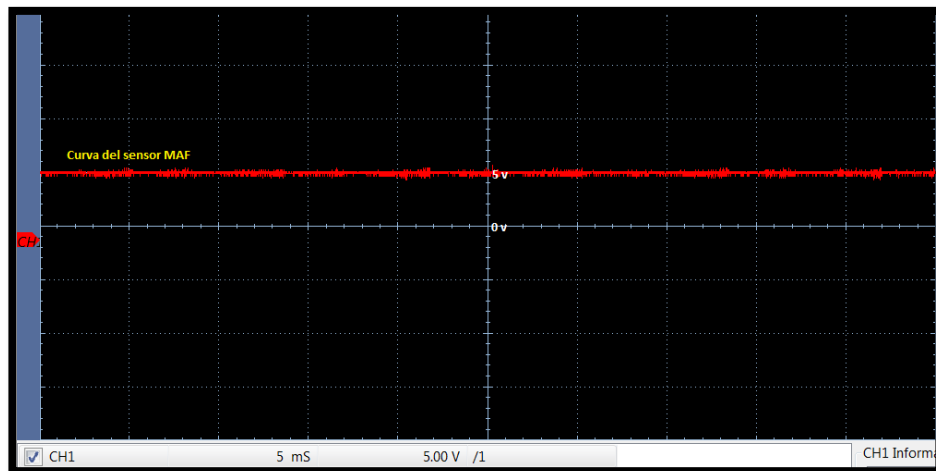
En la figura 77 se observa que al estar desconectado el sensor MAP las curvas de inyección cambian teniendo la curva de pre-inyección e inyección teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 155V y voltaje de cierre de 150V, una corriente de activación de 16A y una corriente de mantenimiento de 10A con tiempo de apertura y cierre del inyector en la pre-inyección de 0.37ms y con un tiempo de apertura y cierre de la inyección principal de 1.1ms.



**Figura. 77 Inyector desconectado el MAP**

En el manual (Denso Corporation, 2004) recalca que “El medidor de caudal de aire está instalado detrás del filtro de aire y detecta el caudal de aire de admisión (caudal de aire). Este sensor es de tipo de cable caliente. Como la resistencia eléctrica del cable caliente varía con la temperatura, esta característica se utiliza para medir el volumen de aire de admisión.”

El valor de voltaje obtenido en la siguiente curva es de un valor de 5V obteniendo así una curva continua durante todo su funcionamiento como lo indica en la figura 78.

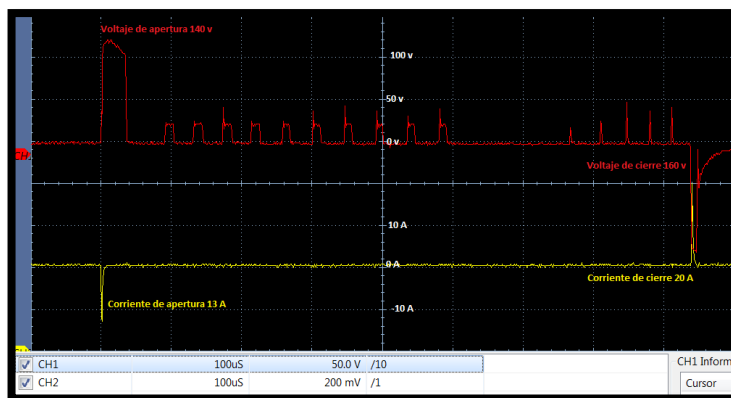


**Figura. 78 Curva del sensor MAP**

### c) Circuito abierto del sensor SCV

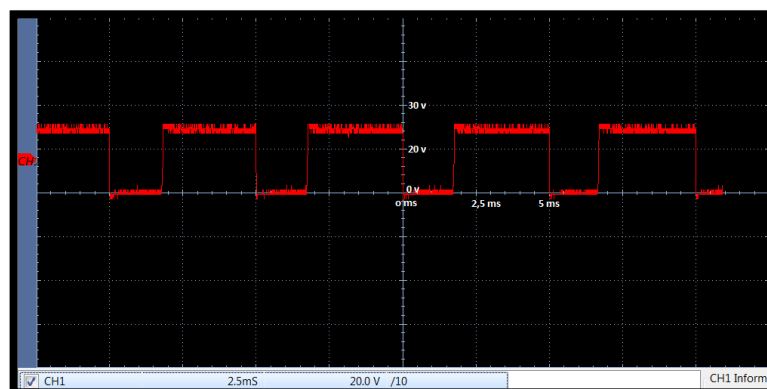
En la figura 79 se observa que al estar desconectado el sensor de presión de la bomba de combustible las curvas de inyección cambian teniendo la curva de inyección principal se tiene así un consumo de voltaje de apertura de 140V y voltaje de cierre de 160V, una corriente de activación inversa de 13A y una corriente de mantenimiento inversa de 20 A con tiempo de apertura y cierre del inyector de la inyección principal de 0.85ms.

Hay que tener en cuenta que la curva de la corriente se comporta de forma inversa dando una conclusión de no poder sensor los datos de sensor la computadora asume valores aleatorios teniendo un mal funcionamiento del inyector.



**Figura. 79 Inyector desconectado el SCV**

Este sensor controla la presión óptima de funcionamiento dentro de la bomba de alta presión mostrando en la curva obtenida una señal del tipo hall con un valor de voltaje de 24V y un tiempo de ciclo de 3.25ms abierto y 0.75ms cerrado como se muestra en la figura 80.

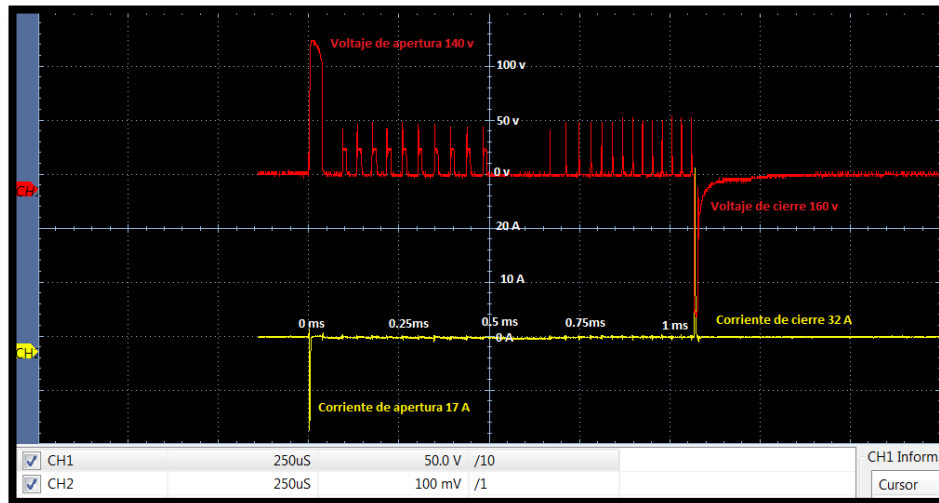


**Figura. 80 Curva de la SCV**

#### d) Circuito abierto del sensor FRP

En la figura 81 se observa que al estar desconectado el sensor de presión de la riel las curvas de inyección cambian teniendo la curva de inyección principal, se tiene así un consumo de voltaje de apertura de 140V y voltaje de cierre de 160V, una corriente de activación inversa de 17A y una corriente de mantenimiento inversa de 32A con tiempo de apertura y cierre del inyector de la inyección principal de 1.75ms. Hay que tener en cuenta que la curva de la corriente se comporta de forma inversa dando una conclusión de no poder sensor los datos de sensor la computadora asume valores aleatorios teniendo un mal funcionamiento del inyector. Nota: Se observa claramente que

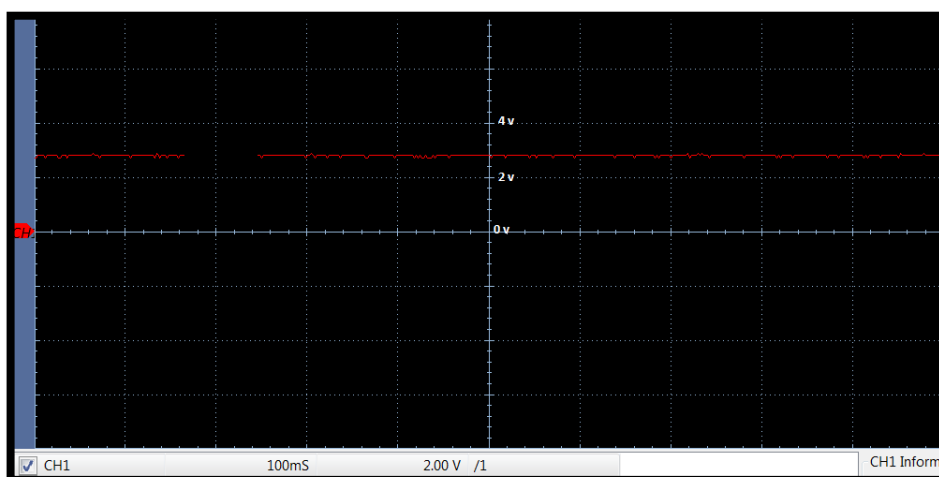
al estar desconectada el sensor FRP el tiempo de activación del inyector aumenta considerablemente alrededor de 0.65ms.



**Figura. 81 Curva de inyector desconectado el sensor FRP**

En el manual de (Volvo, 2006) se refiere a que “El sensor de presión del Common Rail está localizado en el extremo del tubo Rail de alta presión y monitorea la presión momentánea del combustible. El sensor tiene la función de medir la presión en el tubo Rail con precisión suficiente, en tiempo relativamente corto y suministrar una señal de tensión eléctrica al ECM, de acuerdo con la presión existente.”

La forma de curva obtenida del sensor es una línea continua de 3V de voltaje de consumo por el sensor como se indica en la figura 82.



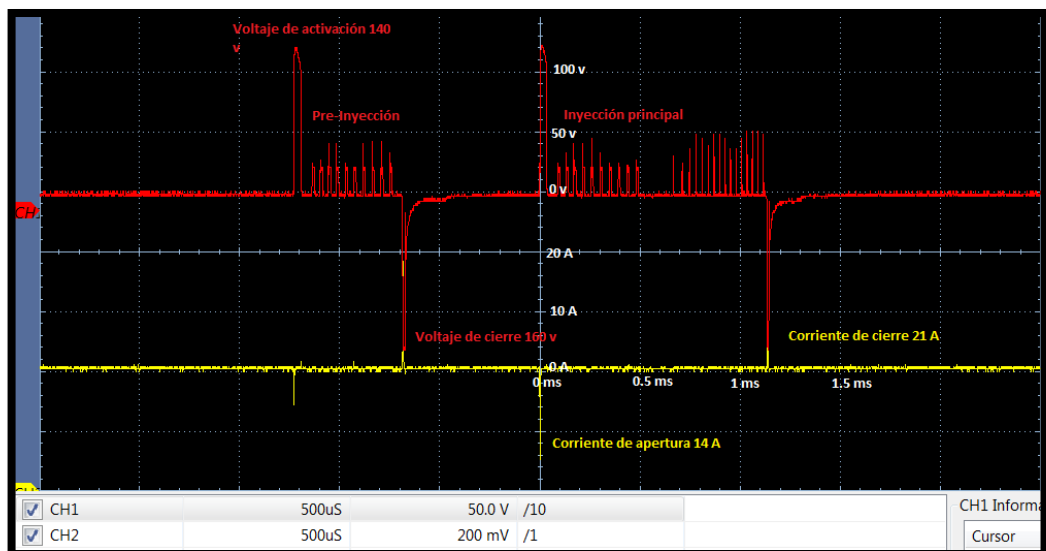
**Figura. 82 Curva sensor FRP**

### e) Circuito abierto del sensor FTS

En la figura 83 se observa que al estar desconectado el FTS las curvas de inyección cambian teniendo la curva de pre-inyección e inyección principal, se tiene así un consumo de voltaje de apertura de la pre-inyección de 140V y voltaje de cierre de 160V, en la inyección principal se tiene un voltaje de apertura de 140V y un voltaje de cierre de 160V, una corriente de activación inversa de 14A y una corriente de mantenimiento inversa de 21A con tiempo de apertura y cierre del inyector de 5.25ms en la pre-inyección y en la inyección principal de 1.1ms.

Hay que tener en cuenta que la curva de la corriente se comporta de forma inversa dando una conclusión de no poder sensar los datos de sensor la computadora asume valores aleatorios teniendo un mal funcionamiento del inyector.

Nota: Se observa claramente que al estar desconectada el sensor de temperatura del combustible el tiempo de activación del inyector se mantiene en el tiempo normal de activación como lo indica en la figura 83.

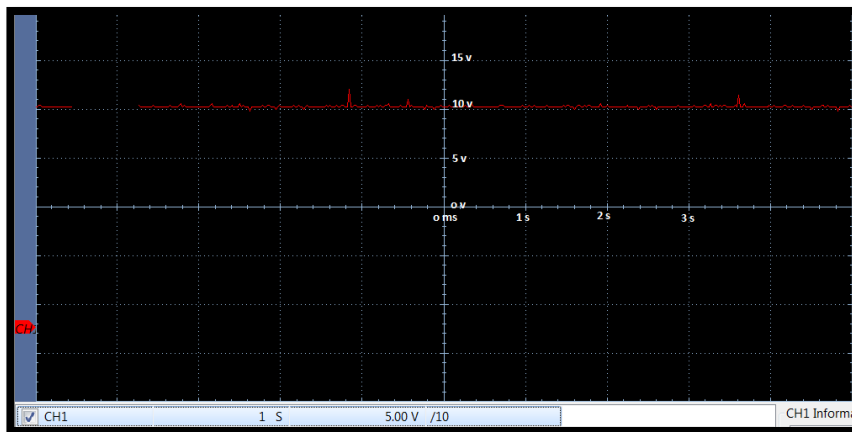


**Figura. 83 Inyector desconectado el HINO AK**

En el manual (Denso Corporation, 2004) manifiesta que “Este sensor es de tipo termistor y detecta la temperatura del combustible. En los sistemas HP2, HP3 y HP4, este sensor está instalado en la unidad de la bomba de

suministro, mientras que en el sistema HP0, se encuentra en el tubo de fugas de un inyector.”

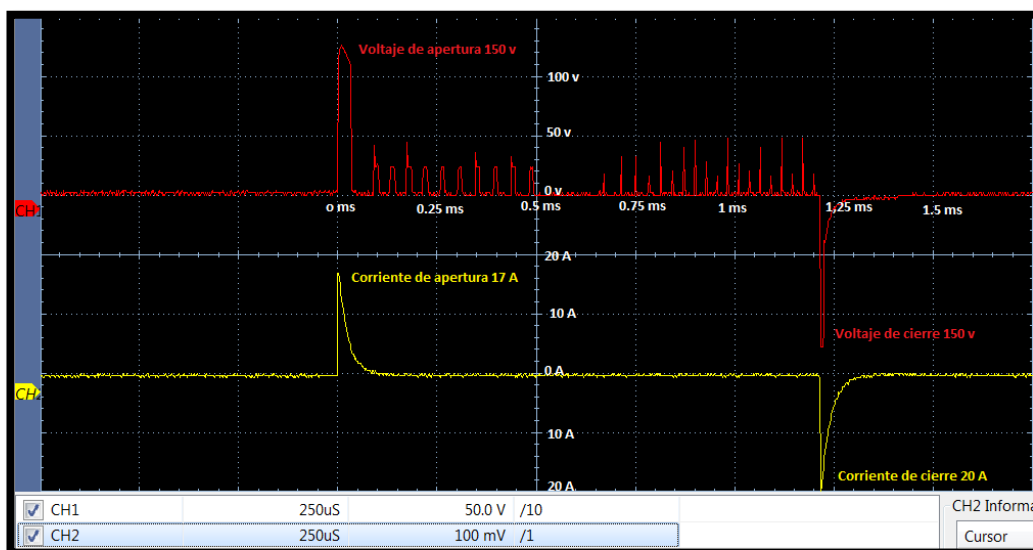
La forma de curva obtenida del sensor es una línea continua de 10V de voltaje de consumo por el sensor como se muestra en la figura 84.



**Figura. 84 Curva del FTS**

#### f) Circuito abierto del sensor ECT

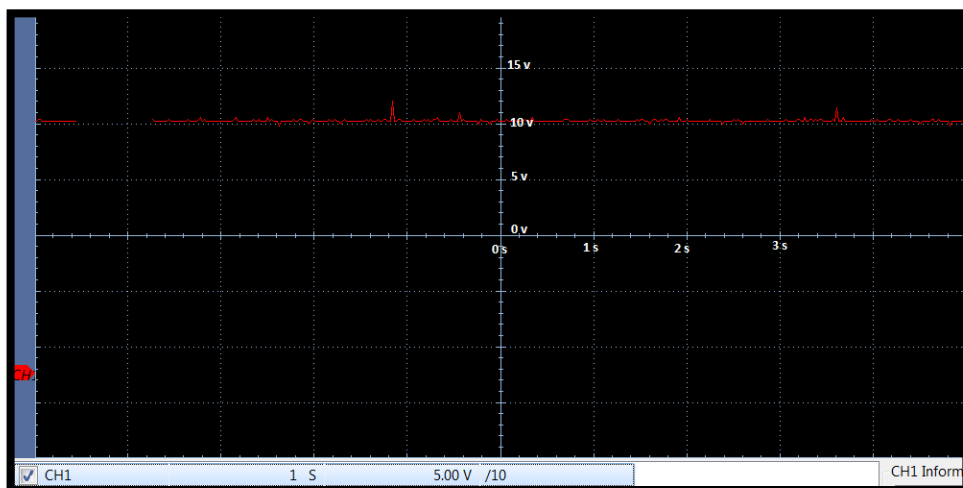
En la figura 85 se observa que al estar desconectado el sensor ECT las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 150V y voltaje de cierre de 135V, una corriente de activación de 17A y una corriente de cierre de 20A con tiempo de apertura y cierre del inyector de 1.2ms.



**Figura. 85 Inyector desconectado el sensor ECT**

En el manual (Denso Corporation, 2004) manifiesta que “El sensor de temperatura del refrigerante está instalado en el bloque de cilindros y detecta la temperatura del refrigerante. Este sensor es de tipo termistor.”

La forma de curva obtenida del sensor es una línea continua de 10V de voltaje de consumo por el sensor donde lo indica la figura 86.



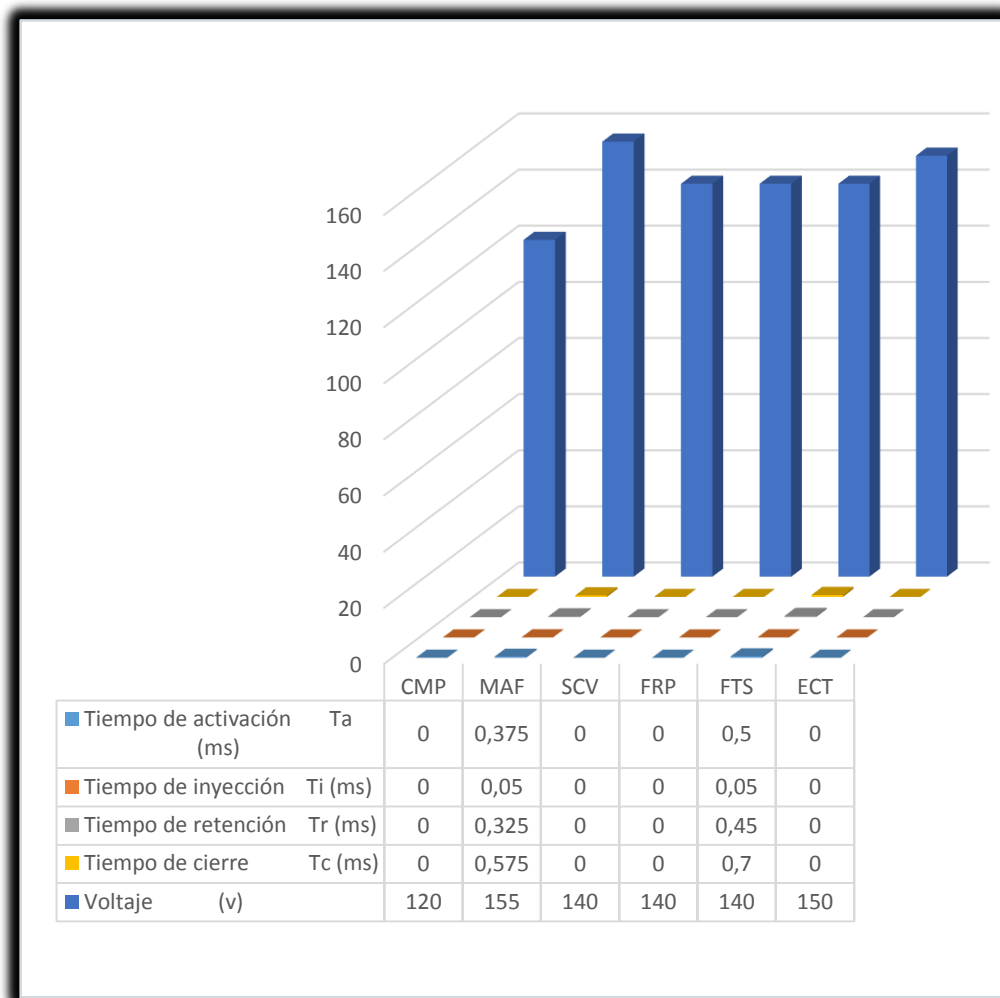
**Figura. 86 Curva del sensor ECT**



Tabla 21

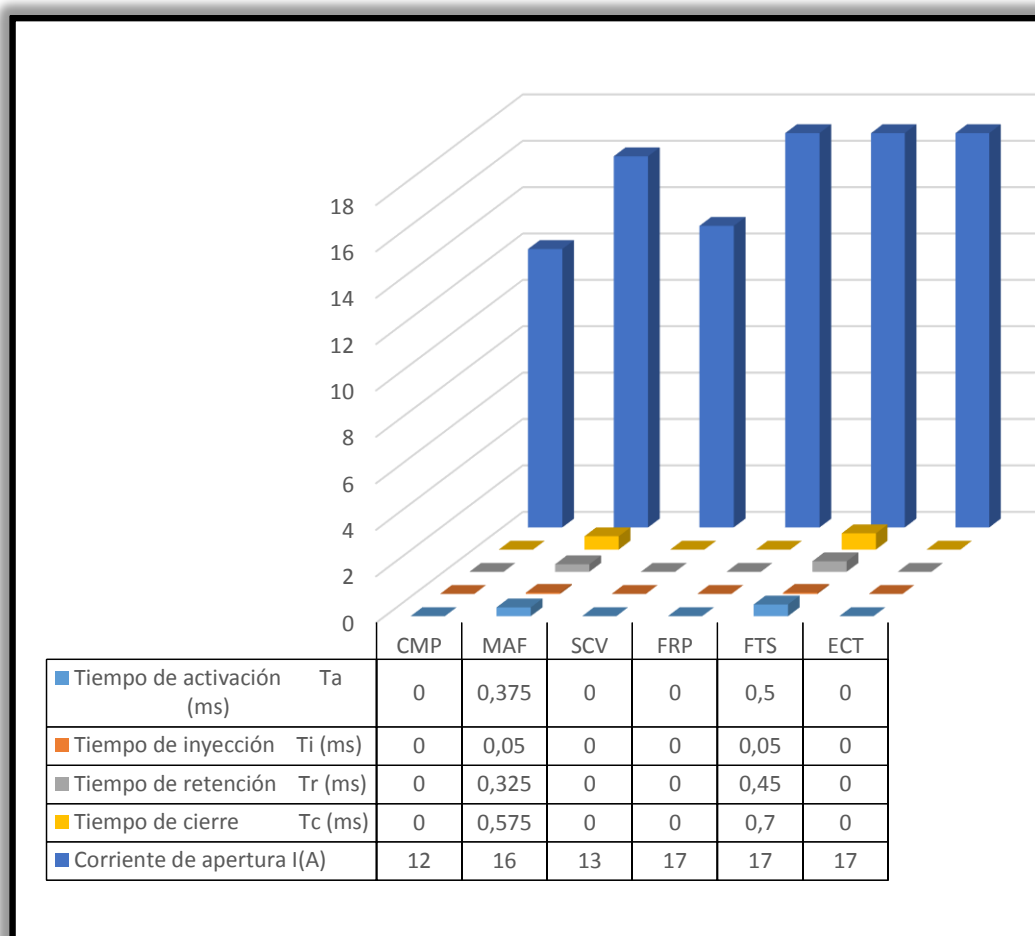
## Tabulación de Corrientes, voltajes, opacidad con fallas de circuito abierto de un sensor

Sensor desconectado	Periodo (ms)	Periodo Pre-iny./l Princi pal (ms)	Pre-Inyección				Inyección principal					Frecuencia (Hz)	RP M	Voltaje (v)	Corriente de apertura I(A)	Opacidad (%)	Opacidad Pruebas de ensayo (%)
			Tiempo de activación Ta (ms)	Tiempo de inyección Ti (ms)	Tiempo de retención Tr (ms)	Tiempo de cierre Tc (ms)	Tiempo de activación Ta (ms)	Tiempo de inyección Ti (ms)	Tiempo de retención Tr (ms)	Tiempo de cierre Tc (ms)							
<b>CMP</b>	76,2	0	0	0	0	0	1,1	0,05	1,05	75,1	13	787,4	120	12	15,46	14,47	
<b>MAF</b>	76,2	0,95	0,375	0,05	0,325	0,575	1,1	0,05	1,05	74,725	13	787,4	155	16	23,21	27,34	
<b>SCV</b>	76,2	0	0	0	0	0	0,85	0,05	0,8	75,35	13	787,4	140	13	0	0	
<b>FRP</b>	76,2	0	0	0	0	0	1,075	0,05	1,025	75,125	13	787,4	140	17	11,01	6,15	
<b>FTS</b>	76,2	1,2	0,5	0,05	0,45	0,7	1,125	0,05	1,075	74,575	13	787,4	140	17	12,83	12,46	
<b>ECT</b>	76,2	0	0	0	0	0	1,22	0,05	1,17	74,98	13	787,4	150	17	12,3	11,7	



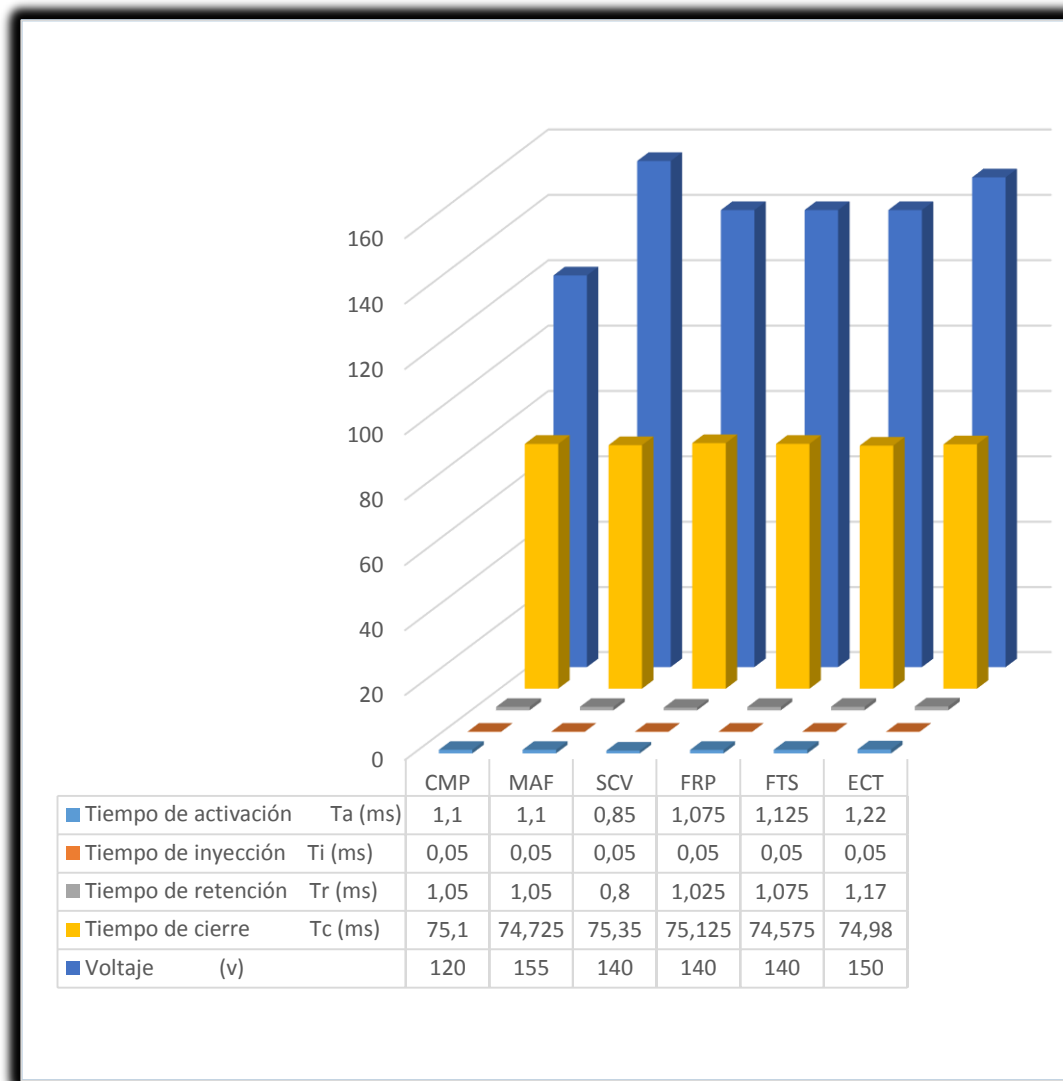
**Figura. 87 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs voltaje**

En la figura 87 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado el sensor MAF realizando un consumo de voltaje de 155V y sensor FTS con un voltaje de consumo de 140V, se concluye que al estar desconectado el sensor FTS los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en el sensor MAF teniendo así un mayor tiempo de activación de 0.5ms respecto a 0.375ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para los dos casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con el sensor FTS desconectado con valores de 0.45ms respecto a 0.325ms y con un tiempo de cierre de 0.7ms respecto a 0.575ms del MAF desconectado.



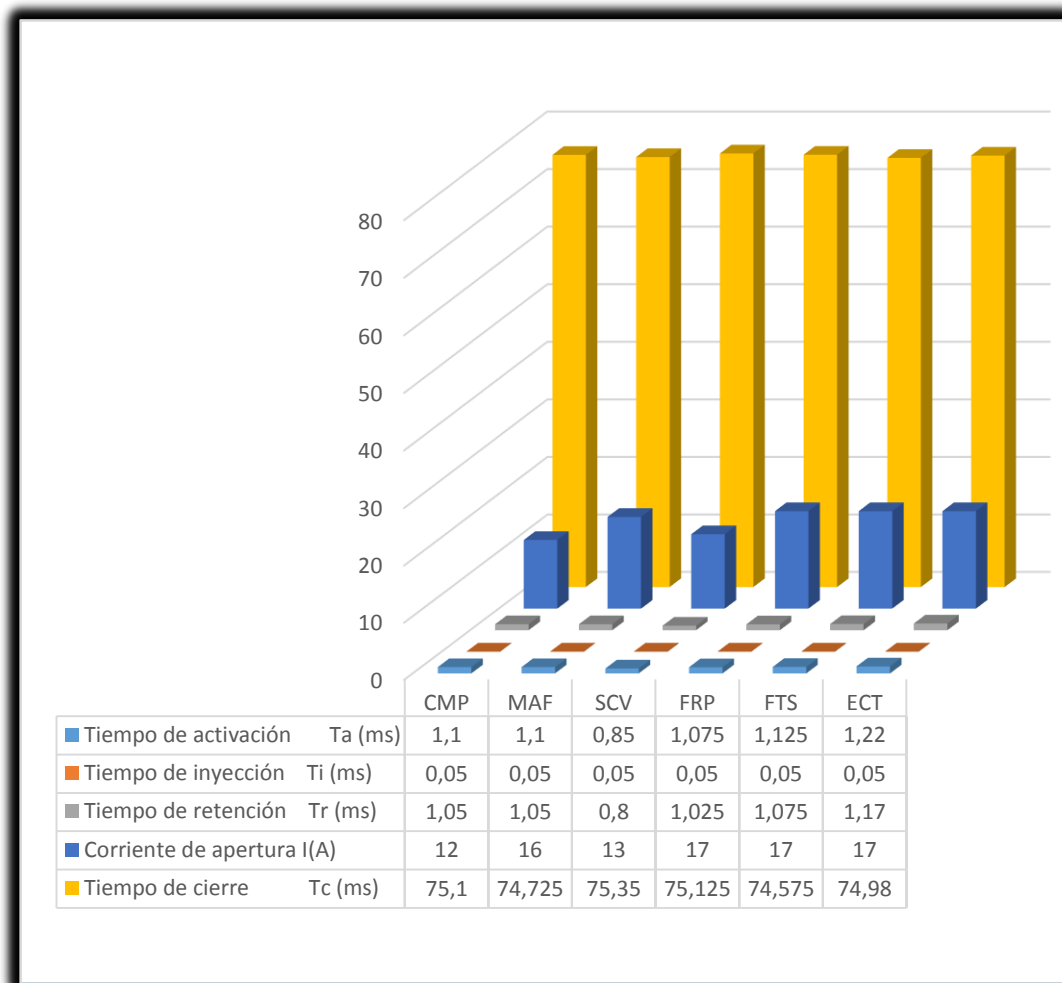
**Figura. 88 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs corriente**

En la figura 88 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado el sensor MAF realizando un consumo de corriente de 16A y sensor FTS con un consumo de corriente de 17A, se concluye que al estar desconectado el sensor FTS los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en el sensor MAF teniendo así un mayor tiempo de activación de 0.5ms respecto a 0.375ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para los dos casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con el sensor FTS desconectado con valores de 0.45ms respecto a 0.325ms y con un tiempo de cierre de 0.7ms respecto a 0.575ms del MAF desconectado.



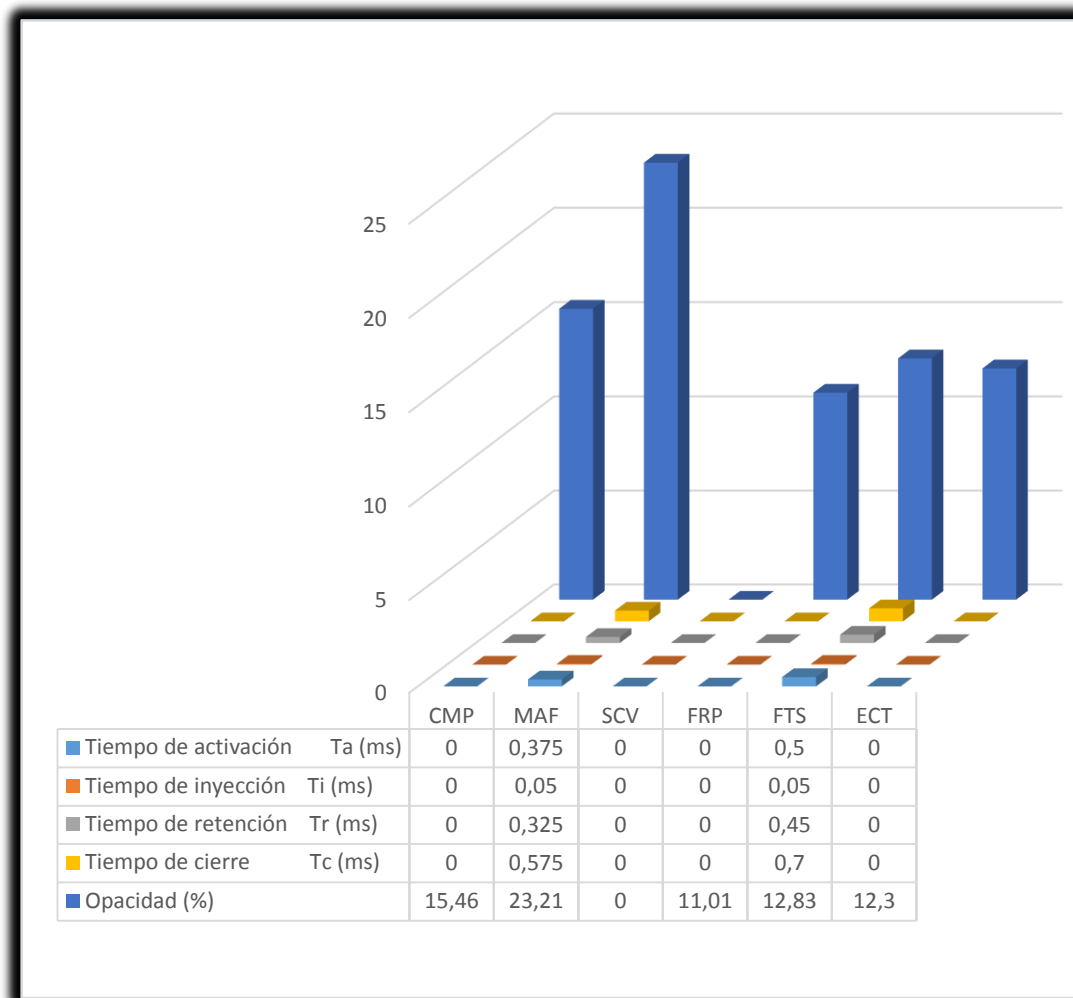
**Figura. 89 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs voltaje**

En la figura 89 se observa que al estar desconectado el sensor MAF realiza un consumo de voltaje de 155V, sensor ECT con un voltaje de consumo de 150V y un consumo muy bajo de voltaje cuando se encuentra en circuito abierto el sensor CMP consumiendo 120V, se concluye que al estar desconectado el sensor FTS el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos, se tiene un tiempo mayor de cierre cuando se encuentra desconectado la válvula SCV con 75.35ms de cierre, el tiempo de retención de la misma manera es superior con el sensor ECT desconectado con valores de 1.17ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5 ms.



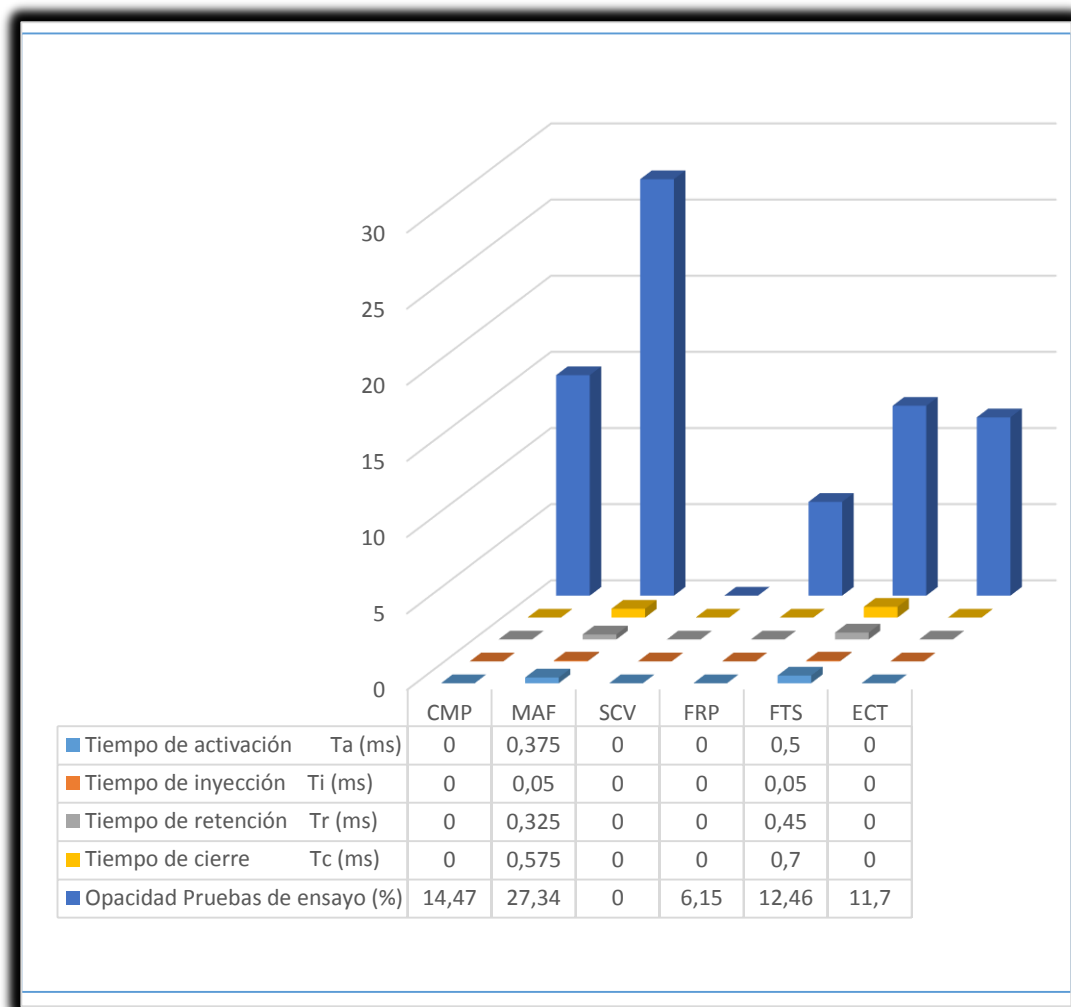
**Figura. 90 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs corriente**

En la figura 90 se observa que al estar desconectado el sensor MAF realiza un consumo de corriente de 16A, sensor ECT con una corriente de consumo de 17A y un consumo muy bajo de corriente cuando se encuentra en circuito abierto el sensor CMP consumiendo 12A, se concluye que al estar desconectado el sensor FTS el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos, se tiene un tiempo mayor de cierre cuando se encuentra desconectado la válvula SCV con 75.35ms de cierre, el tiempo de retención de la misma manera es superior con el sensor ECT desconectado con valores de 1.17ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5 ms.



**Figura. 91 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs opacidad**

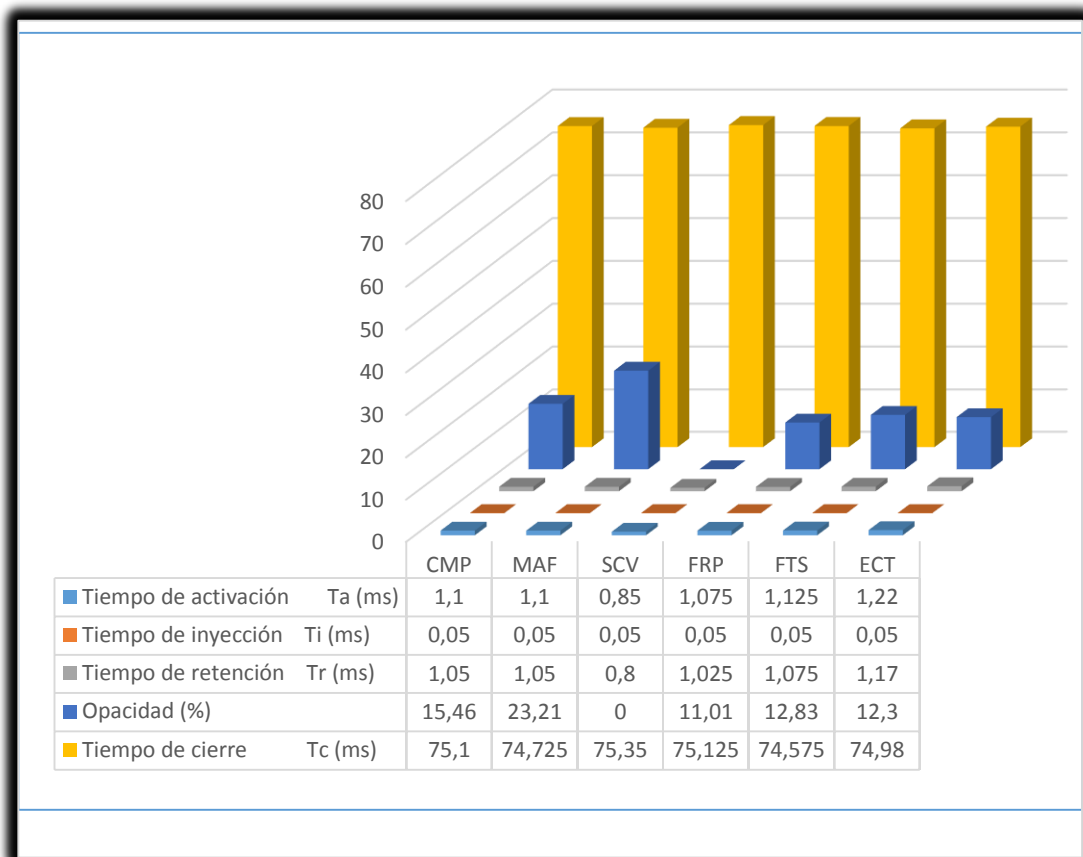
En la figura 91 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado el sensor MAF realizando una opacidad promedio de 23.21% y sensor FTS con una opacidad promedio de 12.83% estos valores de opacidad promedio son establecidas por el opacómetro para distintas pruebas a realizar, se concluye que al estar desconectado el sensor FTS los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en el sensor MAF teniendo así un mayor tiempo de activación de 0.5ms respecto a 0.375ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para los dos casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con el sensor FTS desconectado con valores de 0.45ms respecto a 0.325ms y con un tiempo de cierre de 0.7ms respecto a 0.575ms del MAF desconectado.



**Figura. 92 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 92 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado el sensor MAF realizando una opacidad de pruebas de ensayo de 27.34% y sensor FTS con una opacidad de pruebas de ensayo 11.46% estos valores de opacidad de pruebas de ensayo son obtenidas por el opacímetro al realizarse distintas pruebas, se concluye que al estar desconectado el sensor FTS los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en el sensor MAF teniendo así un mayor tiempo de activación de 0.5ms respecto a 0.375ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para los dos casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con el sensor FTS desconectado con valores de 0.45ms respecto a 0.325ms

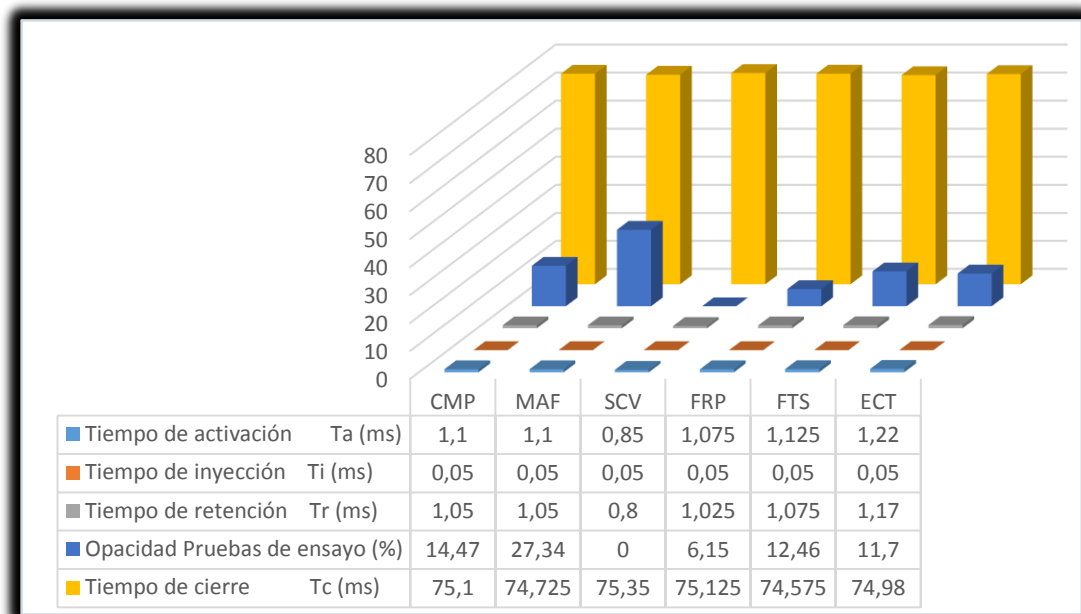
y con un tiempo de cierre de 0.7ms respecto a 0.575ms del MAF desconectado.



**Figura. 93 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad**

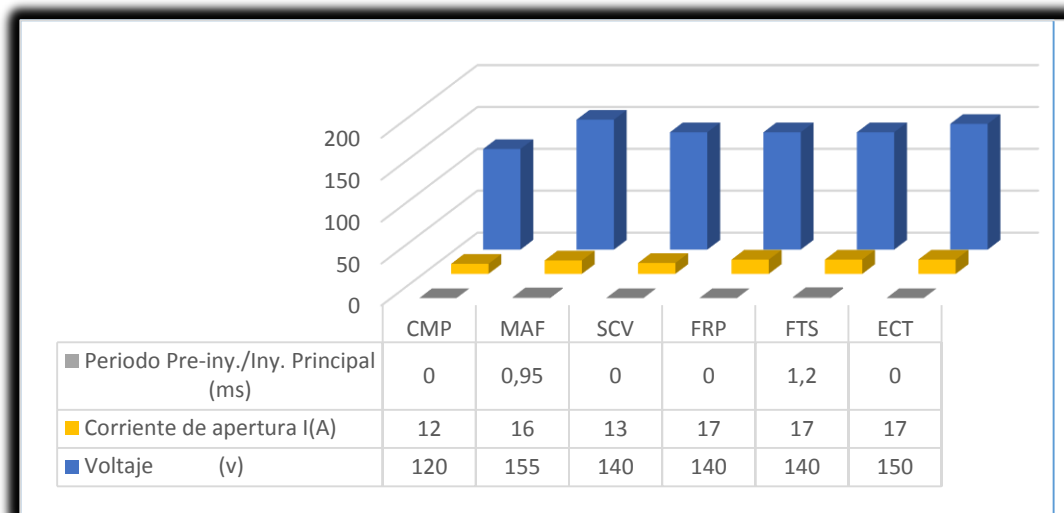
En la figura 93 se observa que al estar desconectado el sensor MAF se realiza una mayor contaminación con un porcentaje de 23.21% y un valor bajo de emisiones cuando el sensor FRP está desconectado con 11.01% cabe recalcar el valor de 0% con la válvula SCV desconectada esto quiere decir que el motor se apaga y no se encenderá bajo ningún motivo si no se conecta dicha válvula, se concluye que al estar desconectado el sensor FTS el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos, se tiene un tiempo mayor de cierre cuando se encuentra desconectado la válvula SCV con 75.35ms de cierre, el tiempo de retención de la misma manera es superior con el sensor ECT desconectado con valores de 1.17ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5 ms.





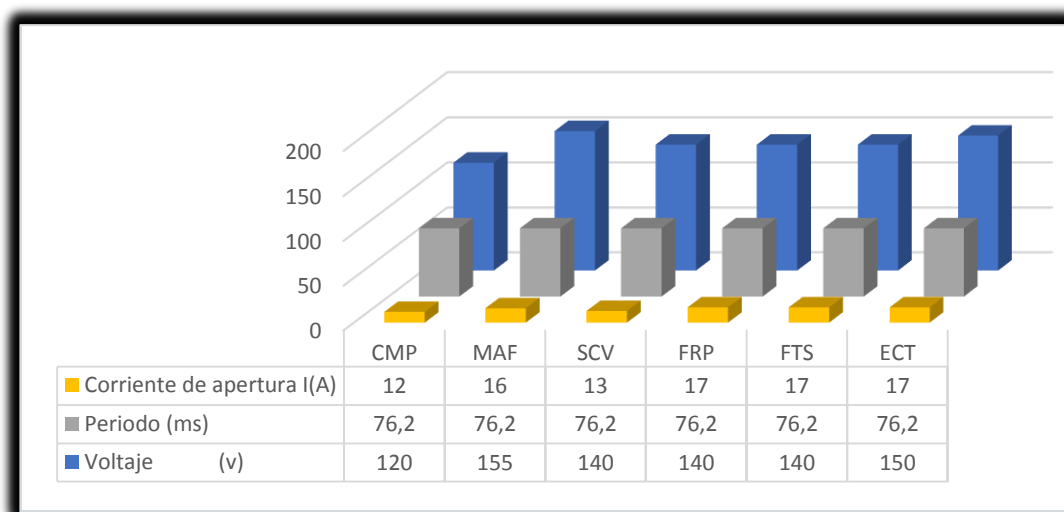
**Figura. 94 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 94 se observa que al estar desconectado el sensor MAF se tiene un valor estándar de contaminantes con un porcentaje de 27.34% y un valor bajo de emisiones estándar cuando el sensor FRP está desconectado con 6.15% cabe recalcar el valor de 0% con la válvula SCV desconectada esto quiere decir que el motor se apaga y no se encenderá bajo ningún motivo si no se conecta dicha válvula, se concluye que al estar desconectado el sensor FTS el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos, se tiene un tiempo mayor de cierre cuando se encuentra desconectado la válvula SCV con 75.35ms de cierre, el tiempo de retención de la misma manera es superior con el sensor ECT desconectado con valores de 1.17ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5 ms.



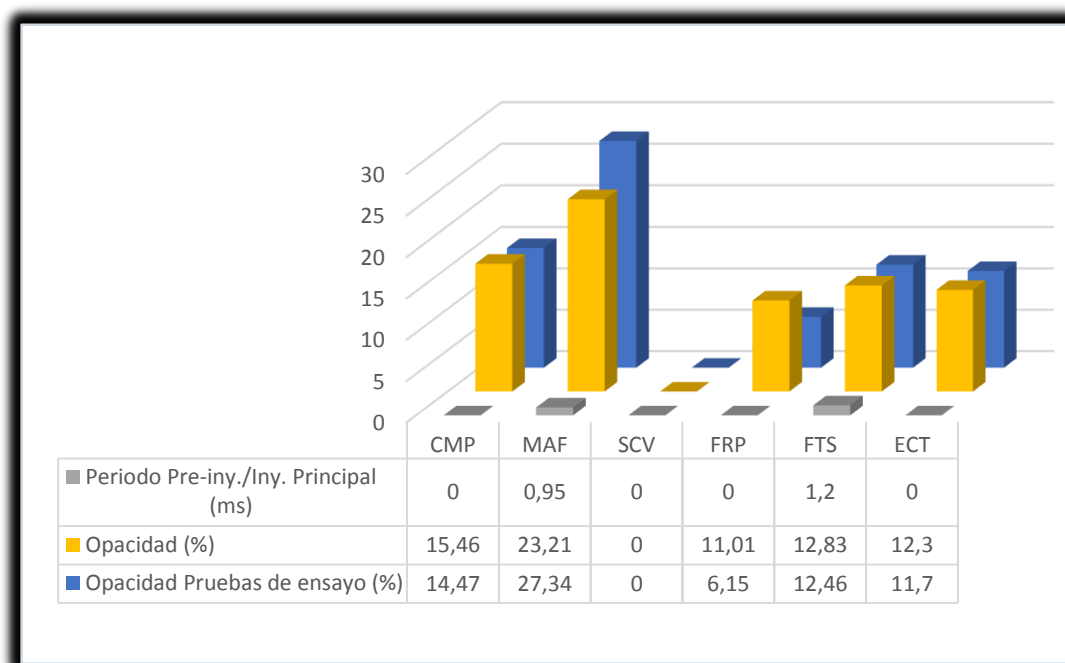
**Figura. 95 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo pre- inyección vs corriente de apertura vs voltaje**

En la figura 95 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado el sensor MAF realizando un consumo de corriente de 16A y voltaje de 155V, sensor FTS con un consumo de corriente de 17A y voltaje de 140V, se concluye que al estar desconectado el sensor FTS los tiempos de funcionamiento en el inyector es claramente superior el tiempo que tarda en activar el pico de inyección principal ya sea en voltaje o corriente, un mejor funcionamiento del motor del vehículo se da cuando existe pre- inyección ya que reduce los ruidos generados en el motor.



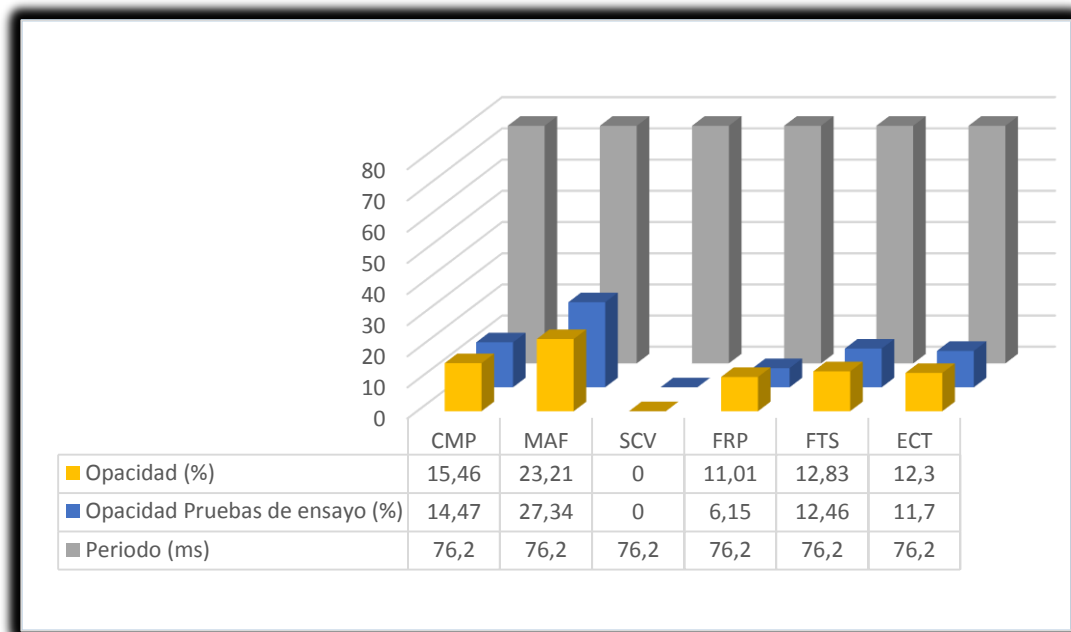
**Figura. 96 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal vs corriente de apertura vs voltaje**

En la figura 96 se observa que el periodo de la curva del inyector es estándar con un valor de 76.2ms para todas las pruebas generadas, un consumo mayor se da cuando el sensor MAF esta desconectado forzando a la ECM entregar una cantidad alta de voltaje de 155V y una corriente de 16A estos valores se da porque no se está monitoreando la cantidad de flujo en masa de aire que ingresa al motor y un consumo menor se dan cuando esta desconectado el CMP con un voltaje de consumo de 120V y una corriente de 12A se denota fácilmente que le motor da signos de obstrucción de mezcla aire combustible teniendo cambios bruscos en las revoluciones del motor .



**Figura. 97 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo pre-inyección vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 97 se observa que al estar desconectado el sensor FTS se tiene un tiempo mayor de cierre de inyector “tiempo que transcurre desde el cierre de pre-inyección hasta el inicio de la inyección principal” de 1.2ms, se tiene mayor emisión de opacidad cuando el sensor MAF se encuentra desconectado del 23.21% de emisiones con límite de valores contaminantes del 27.34%, tener en cuenta que sensor FTS desconectado pasa los valores de contaminación del 12.46% al 12.83% concluyendo que hay más contaminación cuando el sensor FTS está en circuito abierto.



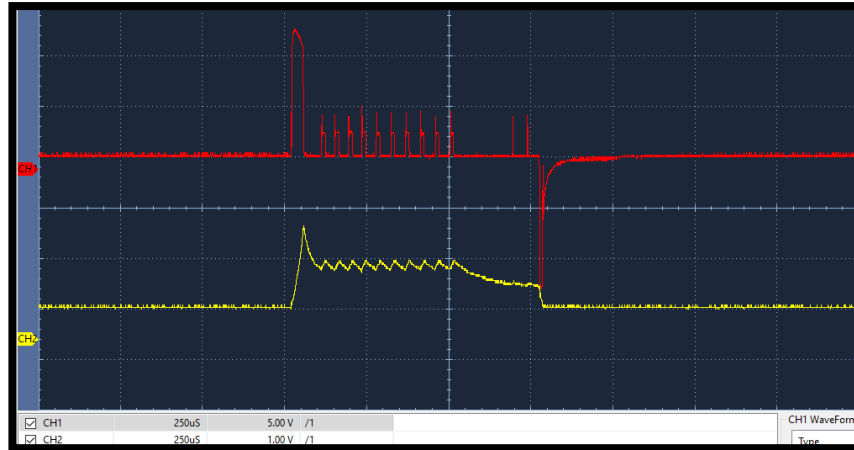
**Figura. 98 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 98 se observa que el periodo de funcionamiento del inyector se mantiene en el valor de 76.2ms, se tiene mayor emisión de opacidad cuando el sensor MAF se encuentra desconectado del 23.21% de emisiones con límite de valores contaminantes del 27.34%, tener en cuenta que sensor FTS desconectado pasa los valores de contaminación del 12.46% al 12.83% concluyendo que hay más contaminación cuando el sensor FTS está en circuito abierto.

#### 4.9.3 Gráficas al estar desconectado dos sensores

##### a) Circuito abierto del sensor FRP-CMP

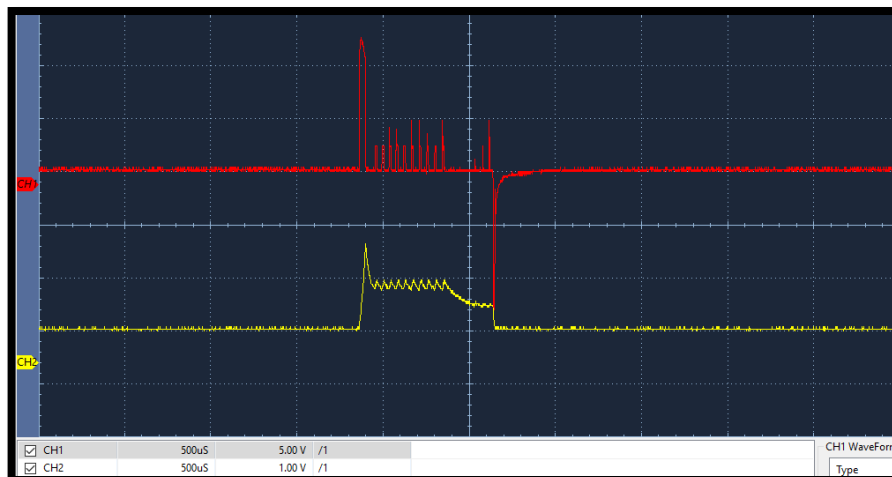
En la figura 99 se observa que al estar desconectado el sensor FRP-CMP las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 135V, una corriente de activación de 17A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.8ms.



**Figura. 99 Curva al estar desconectado sensor FRP-CMP**

**b) Circuito abierto del sensor FRP- MAP**

En la figura 100 se observa que al estar desconectado el sensor FRP-MAP las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 17A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.8ms.

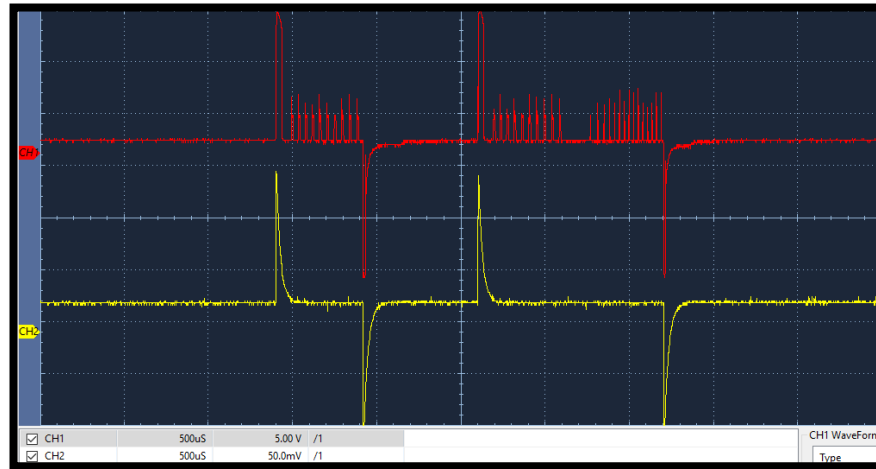


**Figura. 100 Curva al estar desconectado sensor FRP-MAP**

**c) Circuito abierto del sensor FTS - CMP**

En la figura 101 se observa que al estar desconectado el sensor FTS-CMP se tiene la curva de pre-inyección e inyección principal consumiendo un voltaje de 125v en las dos curvas y corriente de activación de 18A, con tiempo de apertura en pre-inyección de 0.5ms, 1.1ms en principal, cierre del

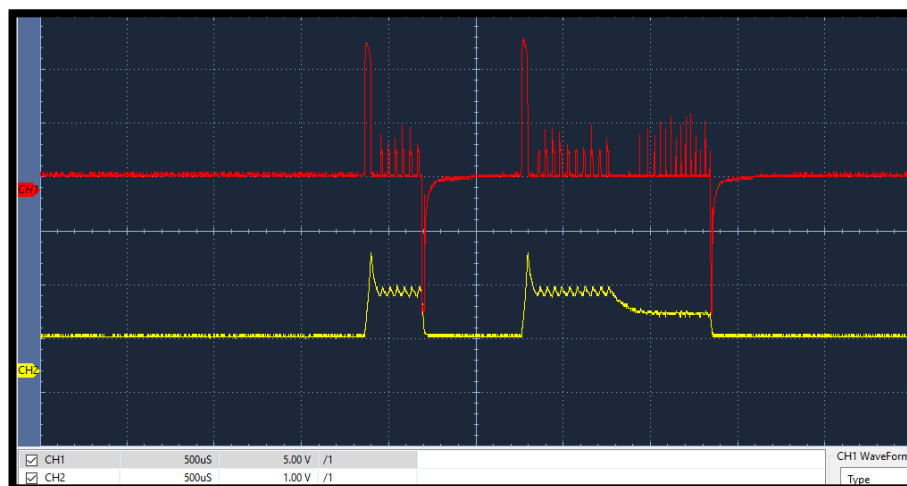
inyector en pre-inyección de 0.6ms y 75.1ms después de finalizar la principal hasta iniciar la pre-inyección.



**Figura. 101 Curva al estar desconectado sensor FTS-CMP**

**d) Circuito abierto del sensor FTS-MAP**

En la figura 102 se observa que al estar desconectado el sensor FTS-MAP se tiene la curva de pre-inyección e inyección principal consumiendo un voltaje de 125v en las dos curvas y corriente de activación de 17A, con tiempo de apertura en pre-inyección de 0.5ms, 1.1ms en inyección principal, cierre del inyector en pre-inyección de 0.5ms y 75.2ms después de finalizar la inyección principal hasta iniciar la pre-inyección.

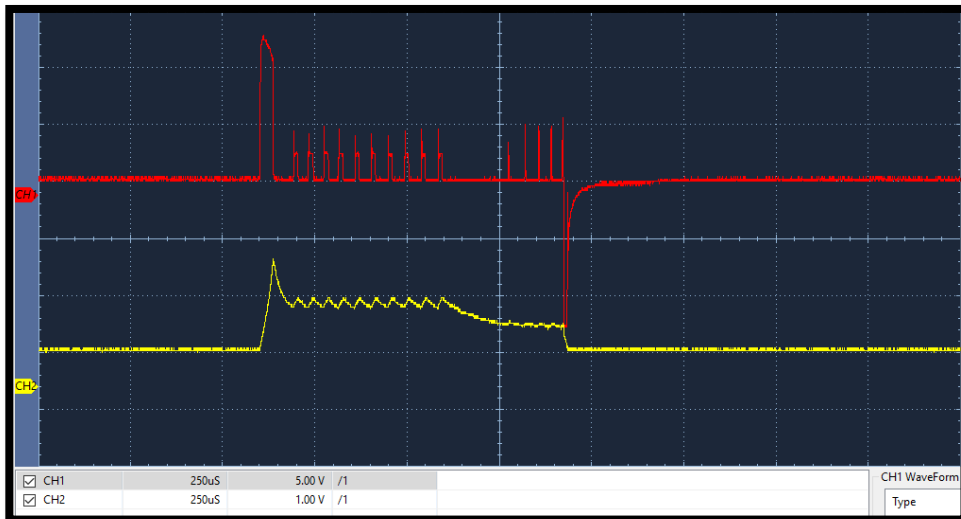


**Figura. 102 Curva al estar desconectado sensor FTS-MAP**

**e) Circuito abierto del sensor MAP-CMP**

En la figura 103 se observa que al estar desconectado el sensor MAP-CMP las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de

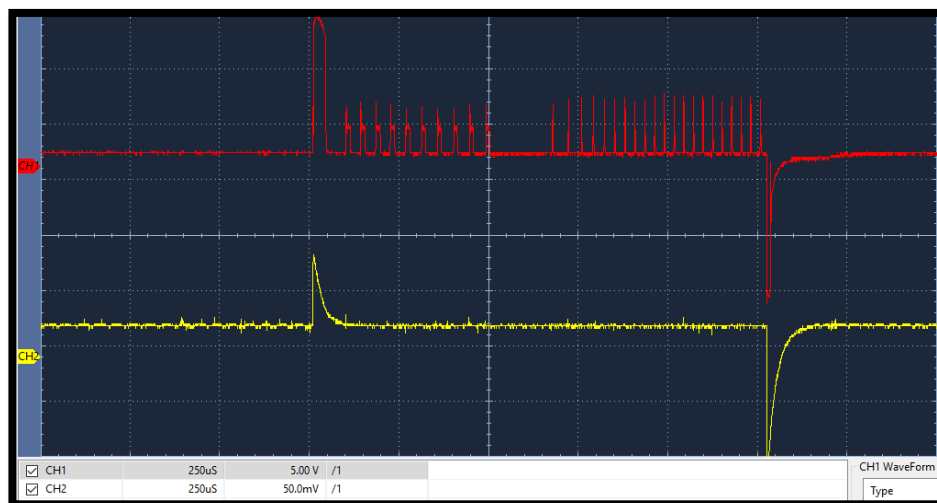
inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.85ms.



**Figura. 103 Curva al estar desconectado sensor MAP-CMP**

#### f) Circuito abierto del sensor ECT-CMP

En la figura 104 se observa que al estar desconectado el sensor ECT-CMP las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 120V, una corriente de activación de 14A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 1.26ms



**Figura. 104 Curva al estar desconectado sensor ECT-CMP**

### g) Circuito abierto del sensor ECT-FRP

En la figura 105 se observa que al estar desconectado el sensor ECT-FRP las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 12A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.9ms.

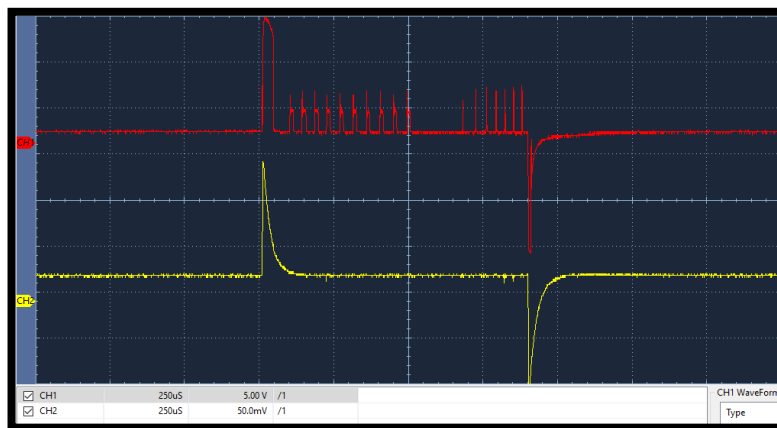


Figura. 105 Curva al estar desconectado sensor ECT-FRP

### h) Circuito abierto del sensor ECT-MAP

En la figura 106 se observa que al estar desconectado el sensor ECT-MAP las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 125V, una corriente de activación de 9A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 1.26ms.

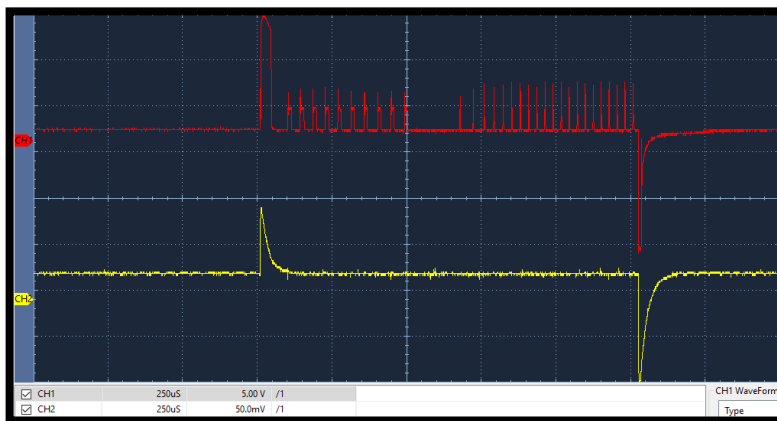
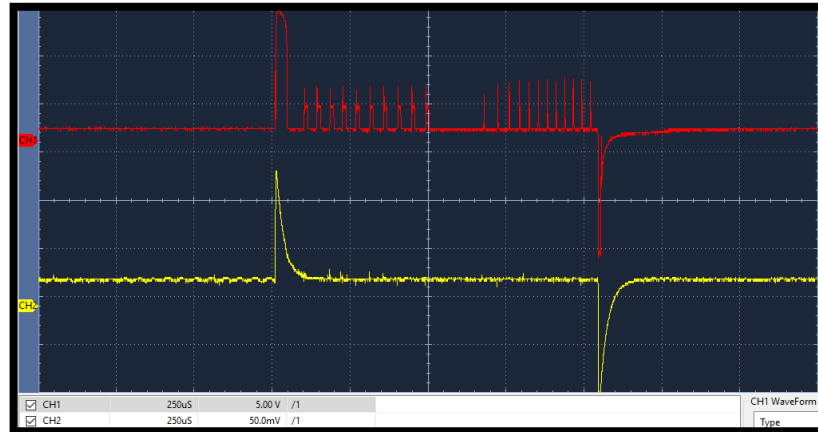


Figura. 106 Curva al estar desconectado sensor ECT-MAP



**i) Circuito abierto del sensor ECT-FTS**

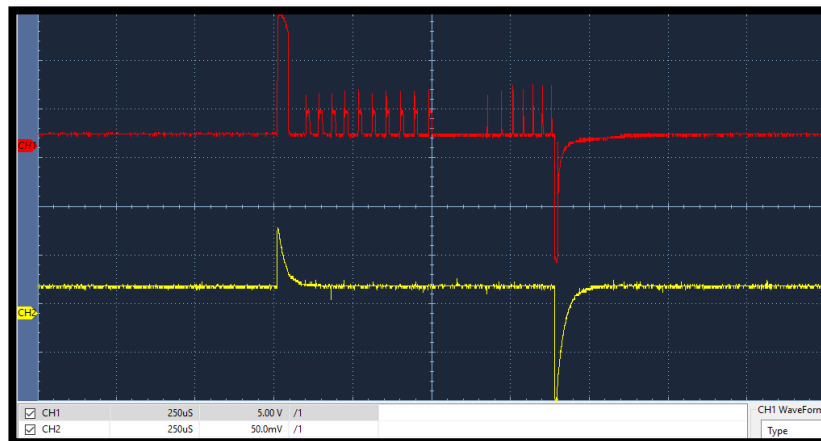
En la figura 107 se observa que al estar desconectado el sensor ECT-FTS las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 130V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 12A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 1.05ms.



**Figura. 107 Curva al estar desconectado sensor ECT-FTS**

**j) Circuito abierto del sensor FTS-FRP**

En la gráfica de la figura 108 se observa que al estar desconectado el sensor FTS-FRP las curvas de inyección cambian teniendo solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 6A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.9ms.

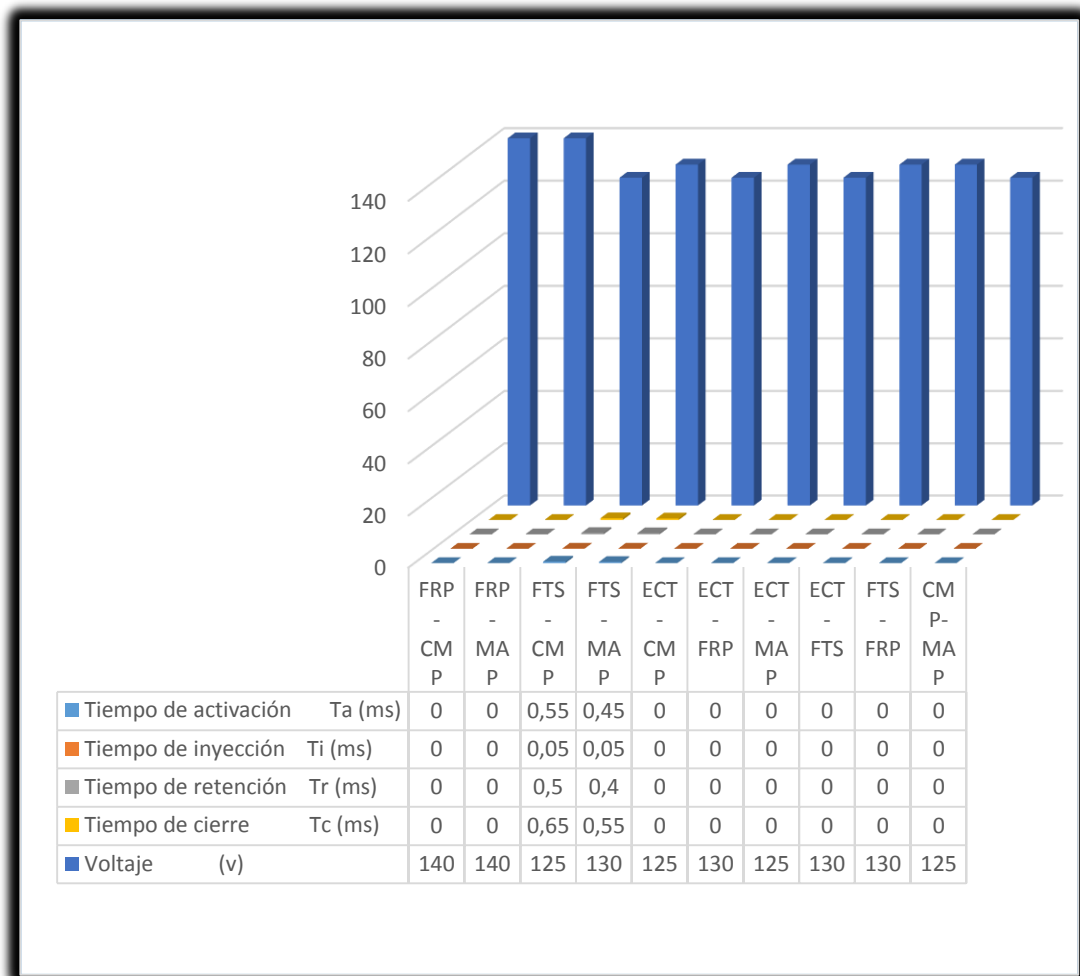


**Figura. 108 Curva al estar desconectado sensor FTS-FRP**

Tabla 22

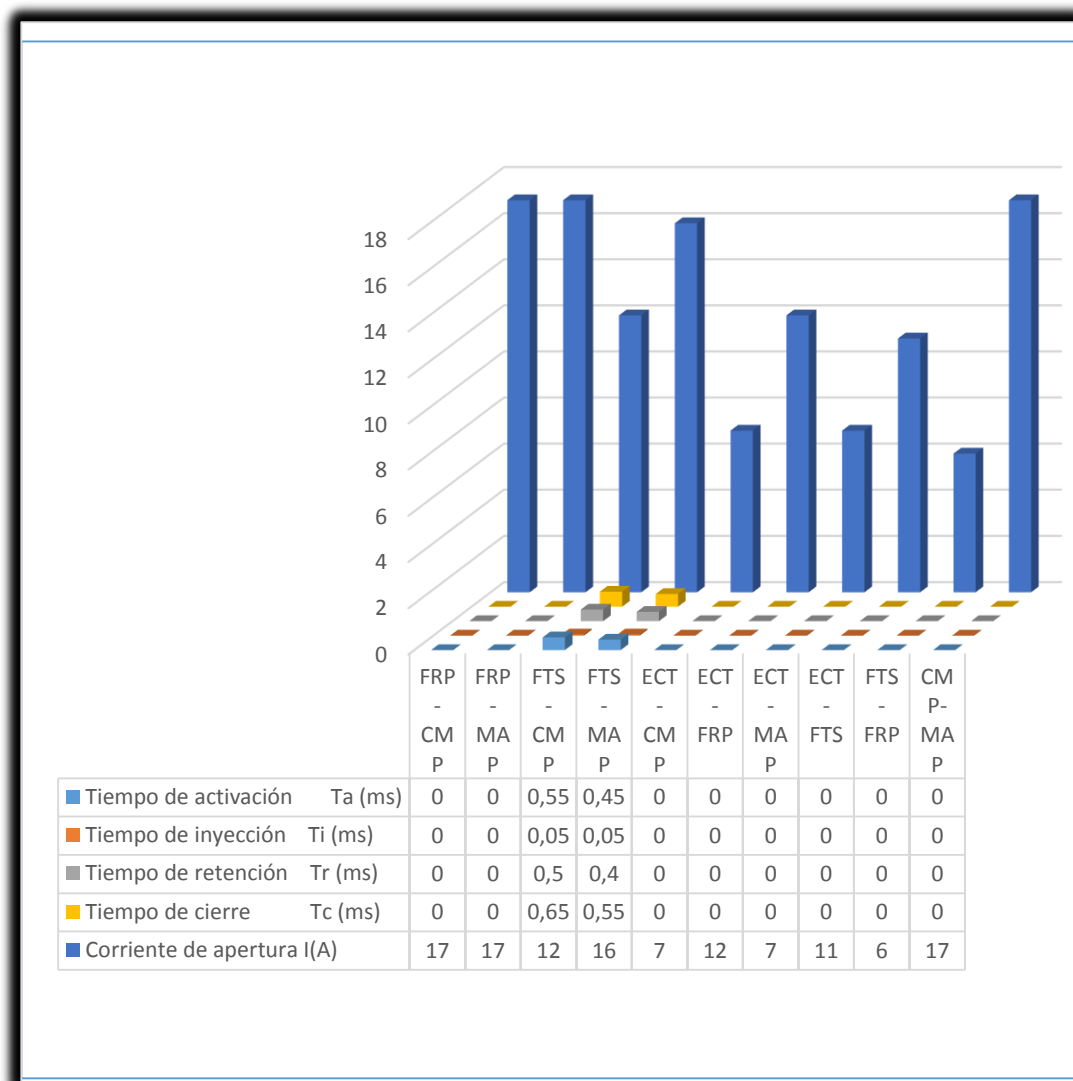
## Tabulación de Corrientes, voltajes, opacidad con fallas de circuito abierto de dos sensores

Sensor desconectado	Periodo (ms)	Pre-Inyección					Inyección principal					Frecuencia (Hz)	RP M	Voltaje (v)	Corriente de apertura I(A)	Opacidad (%)	Opacidad Pruebas de ensayo (%)
		Periodo de Pre-iny./Iny. Principal (ms)	Tiempo de activación Ta (ms)	Tiempo de inyección (ms)	Tiempo de retención (ms)	Tiempo de cierre Tc (ms)	Tiempo de activación Ta (ms)	Tiempo de inyección (ms)	Tiempo de retención (ms)	Tiempo de cierre Tc (ms)							
FRP-CMP	76,2	0	0	0	0	0	0,75	0,05	0,7	75,45	13	787,4	140	17	2,44	4,08	
FRP-MAP	76,2	0	0	0	0	0	0,8	0,05	0,75	75,4	13	787,4	140	17	3,97	6,48	
FTS-CMP	76,2	1,2	0,55	0,05	0,5	0,65	1,1	0,05	1,05	74,55	13	787,4	125	12	14,14	12,44	
FTS-MAP	76,2	1	0,45	0,05	0,4	0,55	1,1	0,05	1,05	74,65	13	787,4	130	16	35,57	37,67	
ECT-CMP	76,2	0	0	0	0	0	1,3	0,05	1,25	74,9	13	787,4	125	7	13	13,84	
ECT-FRP	76,2	0	0	0	0	0	0,9	0,05	0,85	75,3	13	787,4	130	12	6,82	6,76	
ECT-MAP	76,2	0	0	0	0	0	1,05	0,05	1	75,15	13	787,4	125	7	20,1	21,81	
ECT-FTS	76,2	0	0	0	0	0	1,05	0,05	1	75,15	13	787,4	130	11	11,98	13,21	
FTS-FRP	76,2	0	0	0	0	0	0,9	0,05	0,85	75,3	13	787,4	130	6	4,57	7,83	
CMP-MAP	76,2	0	0	0	0	0	0,85	0,05	0,8	75,35	13	787,4	125	17	14,77	12,18	



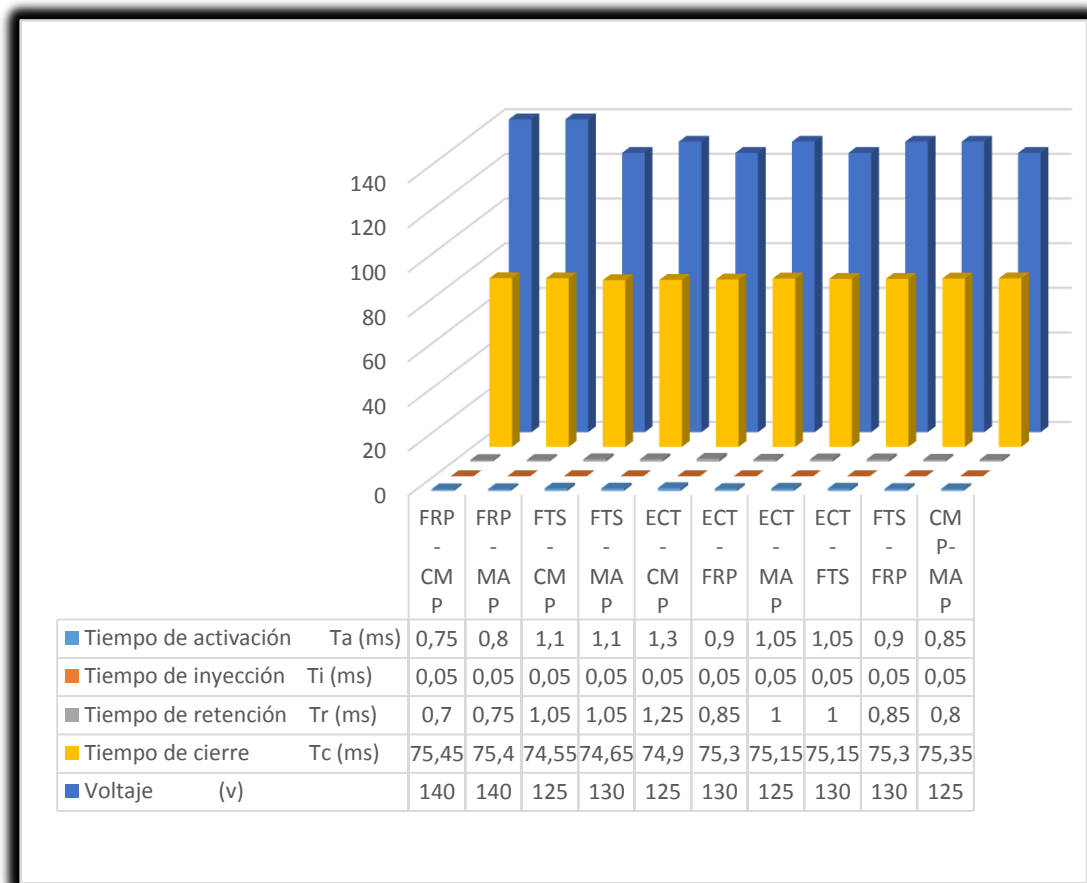
**Figura. 109 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs voltaje**

En la figura 109 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado los sensores FTS-CMP realizando un consumo de voltaje de 125V y sensores FTS-MAP con un voltaje de consumo de 130V, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-CMP los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en los sensores FTS-MAP teniendo así un mayor tiempo de activación de 0.55ms respecto a 0.45ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para los dos casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con los sensores FTS-CMP desconectado con valores de 0.5ms respecto a 0.4ms y con un tiempo de cierre de 0.65ms respecto a 0.55ms del FTS-MAP desconectado.



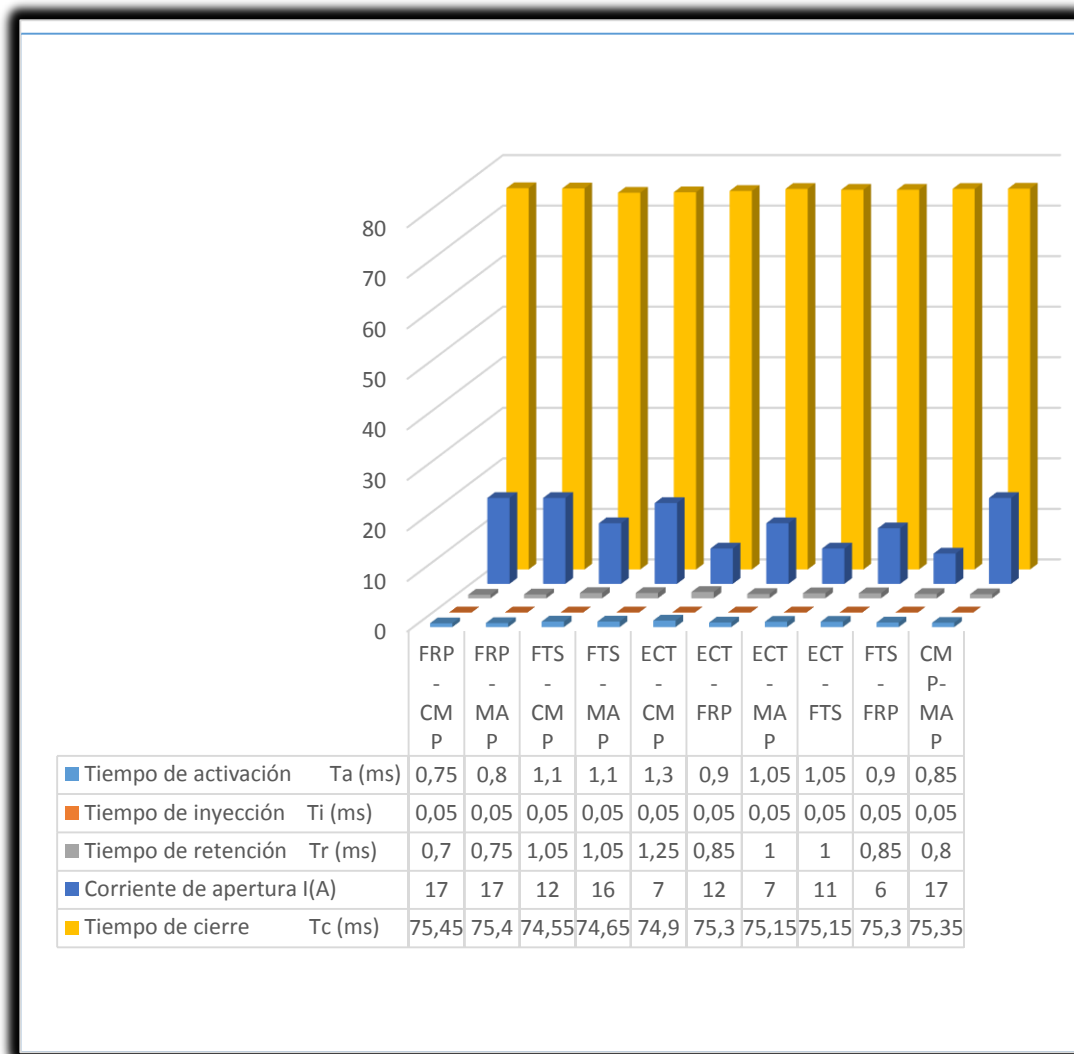
**Figura. 110 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs corriente**

En la figura 110 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado los sensores FTS-CMP realizando un consumo de corriente de 12A y sensores FTS-MAP con una corriente de consumo de 16A, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-CMP los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en los sensores FTS-MAP teniendo así un mayor tiempo de activación de 0.55ms respecto a 0.45ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para los dos casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con los sensores FTS-CMP desconectado con valores de 0.5ms respecto a 0.4ms y con un tiempo de cierre de 0.65ms respecto a 0.55ms del FTS-MAP desconectado.



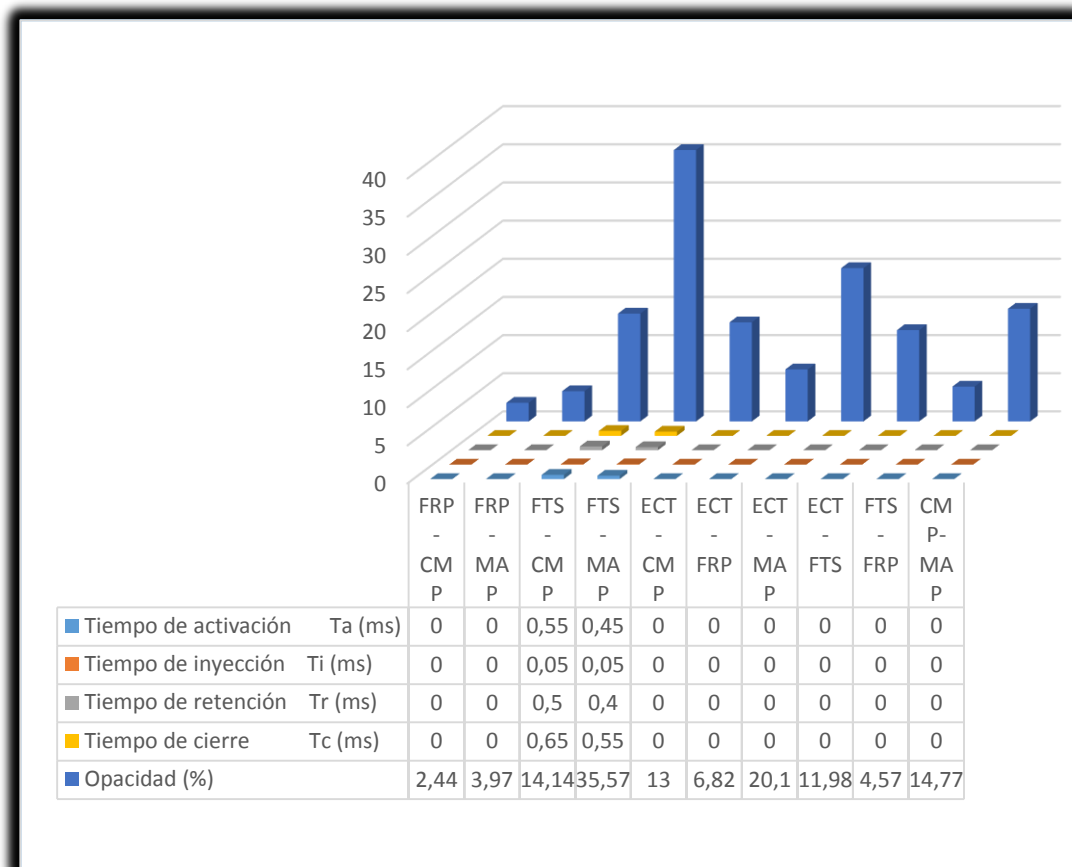
**Figura. 111 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs voltaje**

En la figura 111 de inyección principal se observa que al estar desconectado los sensores FRP-CMP y FRP-MAP realizan un consumo de voltaje normal de 140V, se concluye que al estar desconectado los sensores ECT-CMP los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en los sensores FRP-CMP teniendo así un mayor tiempo de activación de 1.3ms respecto a 0.75ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para todos los casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con valores de 1.25ms respecto a 0.7ms y con un tiempo de cierre de 74.9ms respecto a 75.45ms del FRP-CMP desconectado.



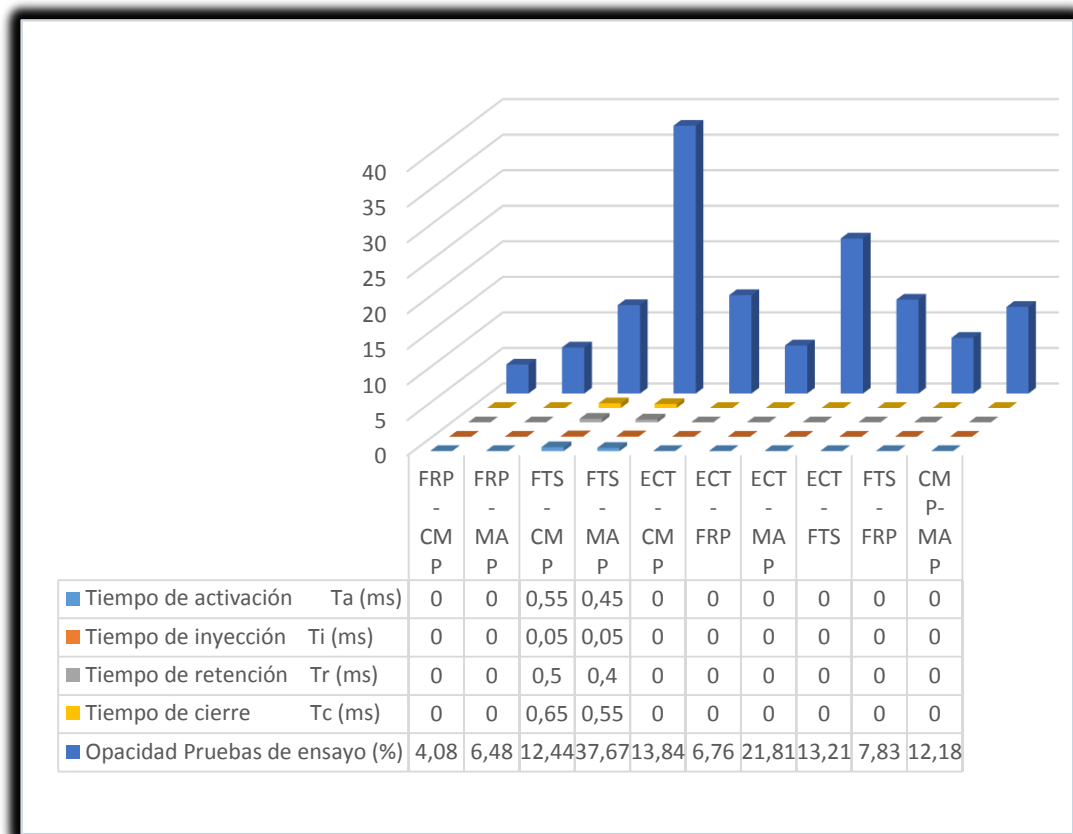
**Figura. 112 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs corriente**

En la figura 112 de inyección principal se observa que al estar desconectado los sensores FRP-CMP y FRP-MAP realizan un consumo de corriente de 17A, se concluye que al estar desconectado los sensores ECT-CMP los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en los sensores FRP-CMP teniendo así un mayor tiempo de activación de 1.3ms respecto a 0.75ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para todos los casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con valores de 1.25ms respecto a 0.7ms y con un tiempo de cierre de 74.9ms respecto a 75.45ms del FRP-CMP desconectado.



**Figura. 113 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs opacidad**

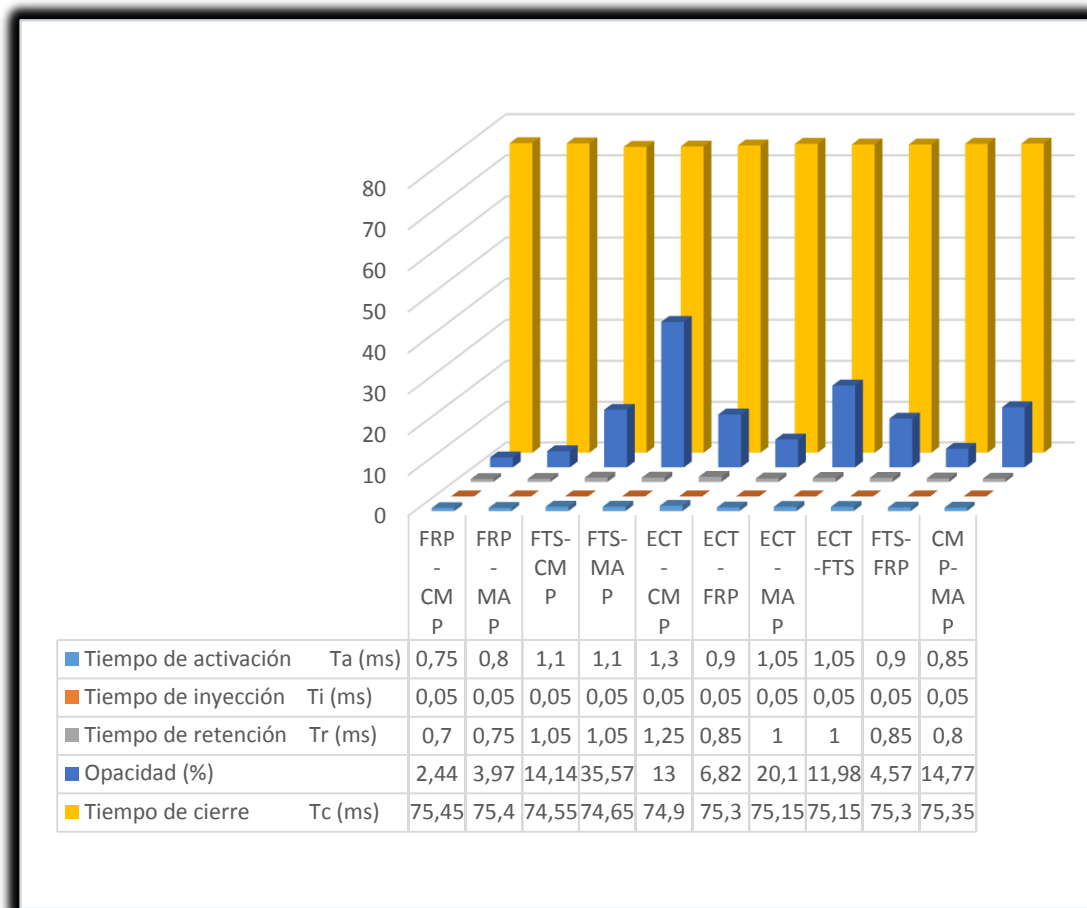
En la figura 113 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado los sensores FTS-CMP con opacidad de 14.14% y sensores FTS-MAP con opacidad de 35.57%, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-CMP los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en los sensores FTS-MAP teniendo así un mayor tiempo de activación de 0.55ms respecto a 0.45ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para los dos casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con los sensores FTS-CMP desconectado con valores de 0.5ms respecto a 0.4ms y con un tiempo de cierre de 0.65ms respecto a 0.55ms del FTS-MAP desconectado.



**Figura. 114 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo**

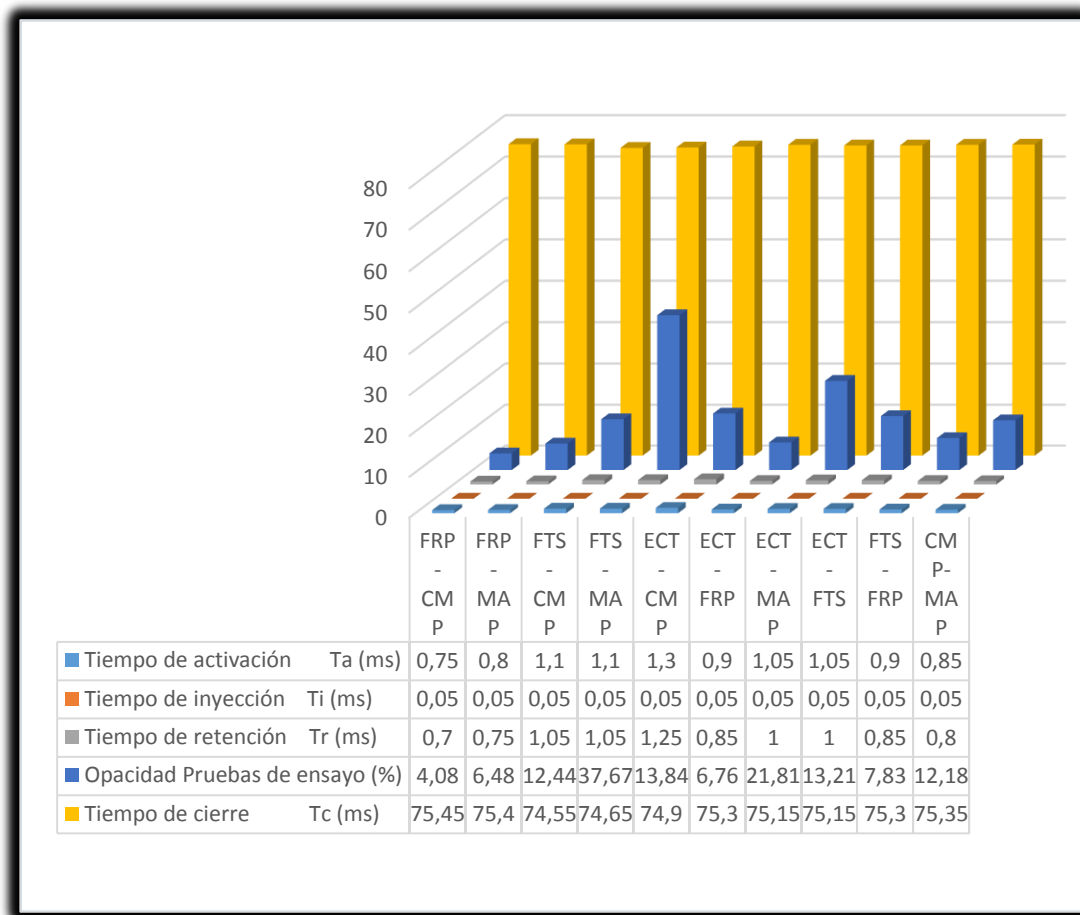
En la figura 114 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado los sensores FTS-CMP con opacidad de pruebas de ensayo de 12.44% y sensores FTS-MAP con opacidad de pruebas de ensayos de 37.67% estos valores de opacidad son dadas por el opacímetro utilizado, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-CMP los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en los sensores FTS-MAP teniendo así un mayor tiempo de activación de 0.55ms respecto a 0.45ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para los dos casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con los sensores FTS-CMP desconectado con valores de 0.5ms respecto a 0.4ms y con un tiempo de cierre de 0.65ms respecto a 0.55ms del FTS-MAP desconectado.





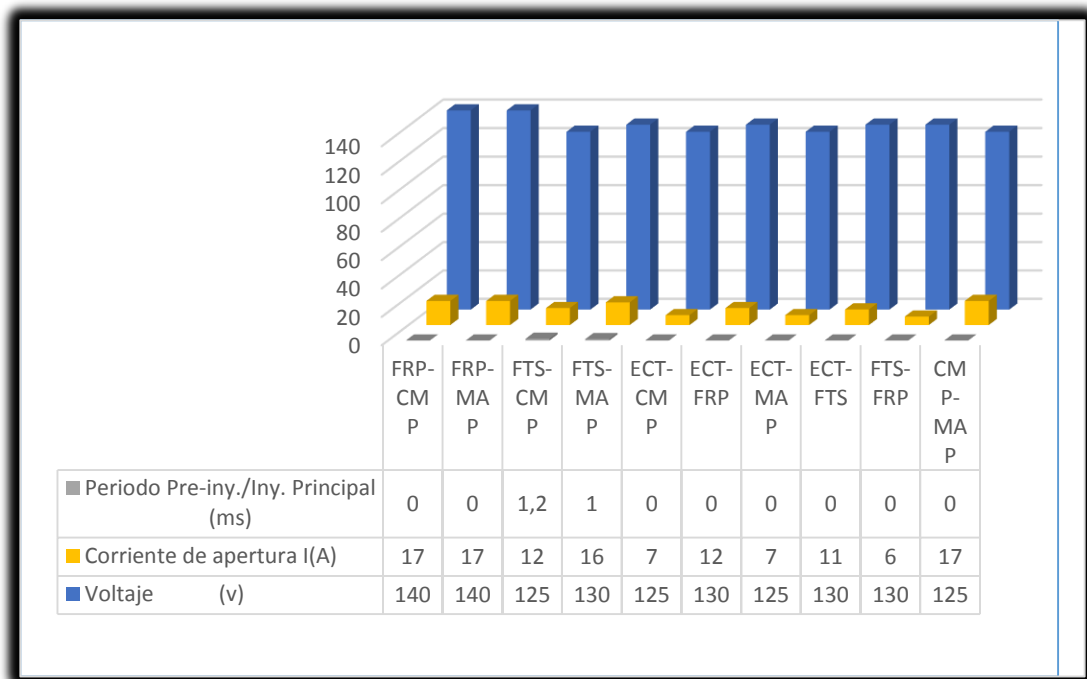
**Figura. 115 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad**

En la figura 115 de inyección principal se observa que al estar desconectado los sensores FRP-CMP la opacidad promedio es de 2.44% y FRP-MAP con opacidad promedio de 3.97% realizan un consumo de corriente de 17A, se concluye que al estar desconectado los sensores ECT-CMP los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en los sensores FRP-CMP teniendo así un mayor tiempo de activación de 1.3ms respecto a 0.75ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para todos los casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con valores de 1.25ms respecto a 0.7ms y con un tiempo de cierre de 74.9ms respecto a 75.45ms del FRP-CMP desconectado.



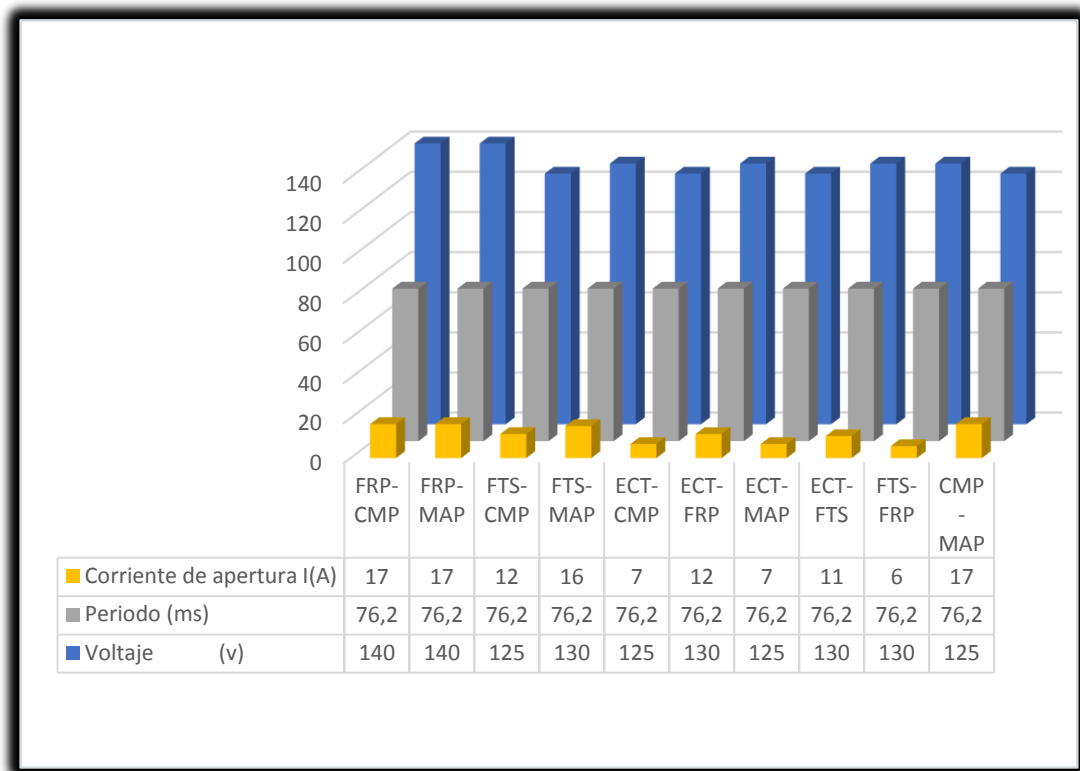
**Figura. 116 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 116 de inyección principal se observa que al estar desconectado los sensores FRP-CMP la opacidad de pruebas de ensayo es de 4.08% y FRP-MAP con opacidad promedio de 6.48% realizan un consumo de corriente de 17A, se concluye que al estar desconectado los sensores ECT-CMP los tiempos de funcionamiento en el inyector son claramente superior a los valores que arroja en los sensores FRP-CMP teniendo así un mayor tiempo de activación de 1.3ms respecto a 0.75ms, tiempo de inyección es de 0.05ms para todos los casos porque este tiempo es estándar para todas las pruebas, el tiempo de retención de la misma manera es superior con valores de 1.25ms respecto a 0.7ms y con un tiempo de cierre de 74.9ms respecto a 75.45ms del FRP-CMP desconectado.



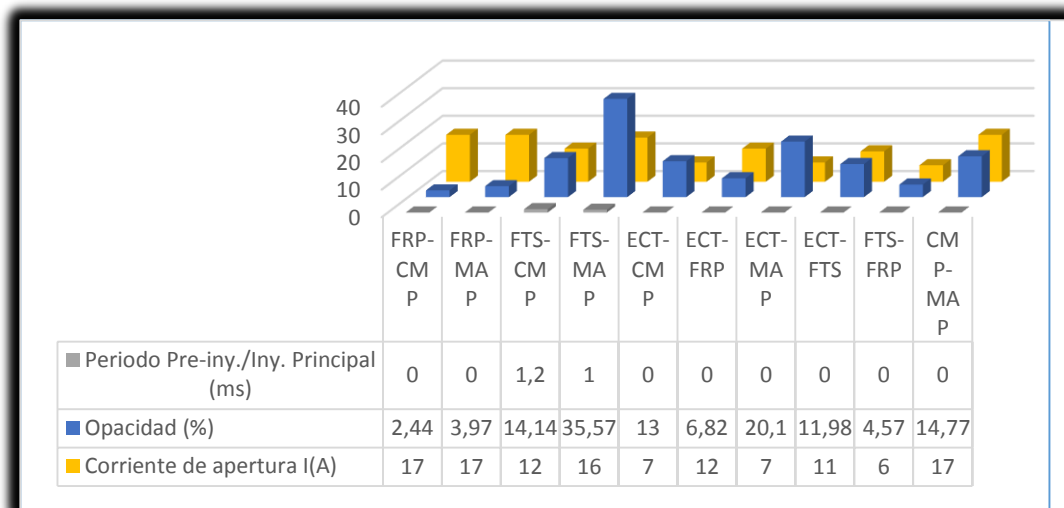
**Figura. 117 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo pre-inyección vs corriente de apertura vs voltaje**

En la figura 117 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado los sensor FTS-CMP realizando un consumo de corriente de 12A y voltaje de 125V, sensores FTS-MAP con un consumo de corriente de 16A y voltaje de 130V, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-CMP el tiempo de funcionamiento en el inyector es claramente superior el tiempo que tarda en activar el pico de inyección principal ya sea en voltaje o corriente con 1.2ms, un mejor funcionamiento del motor del vehículo se da cuando existe pre-inyección ya que reduce los ruidos generados en el motor.



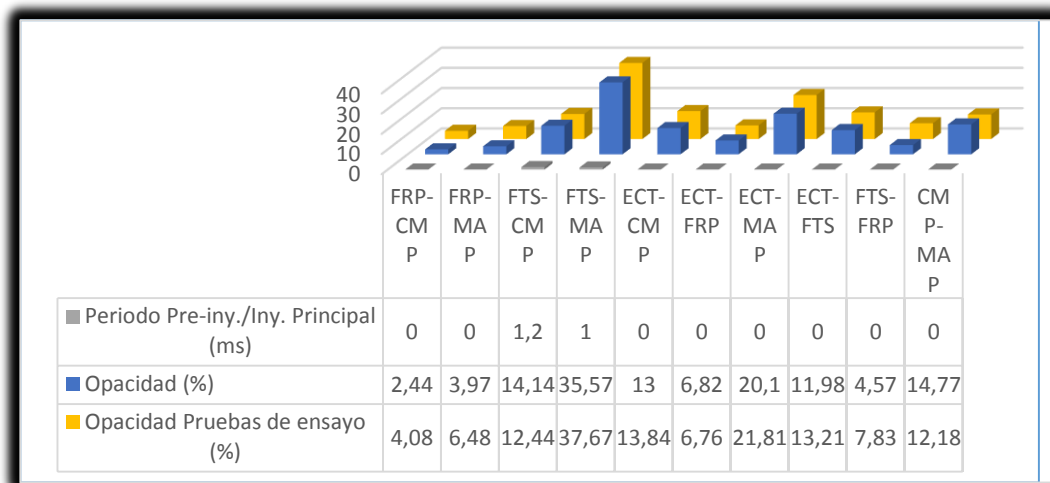
**Figura. 118 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal vs corriente de apertura vs voltaje**

En la figura 118 se observa consumos altos de voltaje cuando se encuentran desconectados los sensores FRP-CMP y FRP-MAP realizando un consumo de corriente de 17A y voltaje de 140V, sensores FTS-MAP con un consumo de corriente de 16A y voltaje de 130V, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-CMP el tiempo de funcionamiento en el inyector es claramente superior el tiempo que tarda en activar el pico de inyección principal ya sea en voltaje o corriente con 1.2ms



**Figura. 119 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo pre- inyección vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 119 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado los sensor FTS-CMP realizando un consumo de corriente de 12A y 14.14% de opacidad emitida hacia el medio ambiente, sensores FTS-MAP con un consumo de corriente de 16A y 35.57% de opacidad emitida hacia el medio ambiente, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-CMP el tiempo de funcionamiento en el inyector es claramente superior el tiempo que tarda en activar el pico de inyección principal ya sea en voltaje o corriente con 1.2ms, un mejor funcionamiento del motor del vehículo se da cuando existe pre-inyección ya que reduce los ruidos generados en el motor.



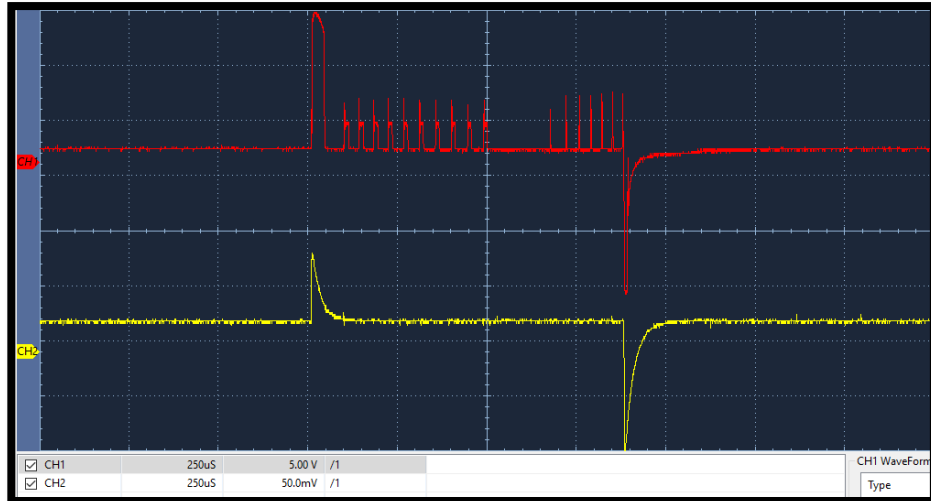
**Figura. 120 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 120 se observa que presenta dos pre-inyecciones al estar desconectado los sensor FTS-CMP realizando un consumo de corriente de 12A, 14.14% de opacidad emitida hacia el medio ambiente y 12.44% de opacidad de pruebas de ensayo valor establecido por el opacímetro, sensores FTS-MAP con un consumo de corriente de 16A, 35.57% de opacidad emitida hacia el medio ambiente y 37.67% de opacidad de pruebas de ensayo valor establecido por el opacímetro, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-CMP el tiempo de funcionamiento en el inyector es claramente superior el tiempo que tarda en activar el pico de inyección principal ya sea en voltaje o corriente con 1.2ms, un mejor funcionamiento del motor del vehículo se da cuando existe pre-inyección ya que reduce los ruidos generados en el motor.

#### 4.9.4 Tres sensores desconectados

##### a) Circuito abierto del sensor MAP-ECT-CMP

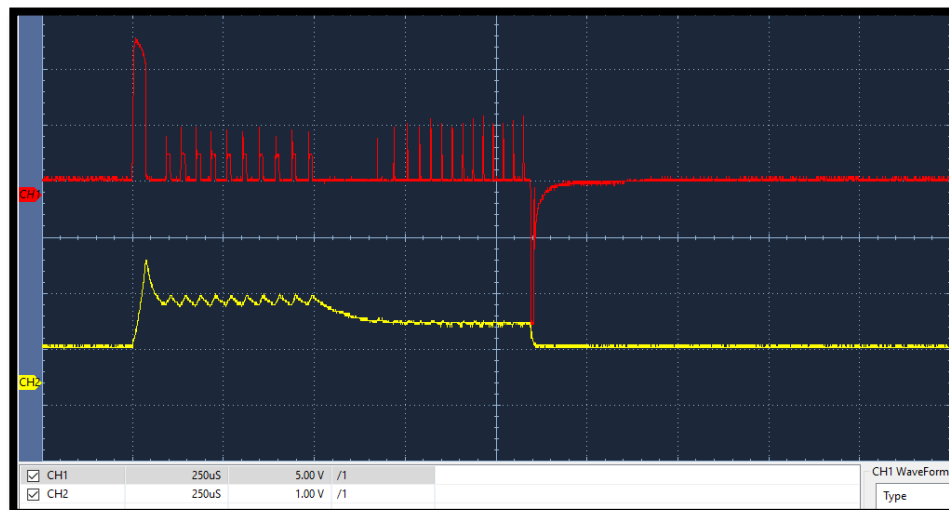
En la gráfica de la figura 121 se observa que al estar desconectado el sensores MAP-ECT-CMP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 135V, una corriente de activación de 7A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.9ms.



**Figura. 121** Curva al estar desconectado sensores MAP-ECT-CMP

**b) Circuito abierto del sensor ECT-FTS-MAP**

En la gráfica de la figura 122 se observa que al estar desconectado el sensores ECT-FTS-MAP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 135V, una corriente de activación de 16 A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 1.1ms.

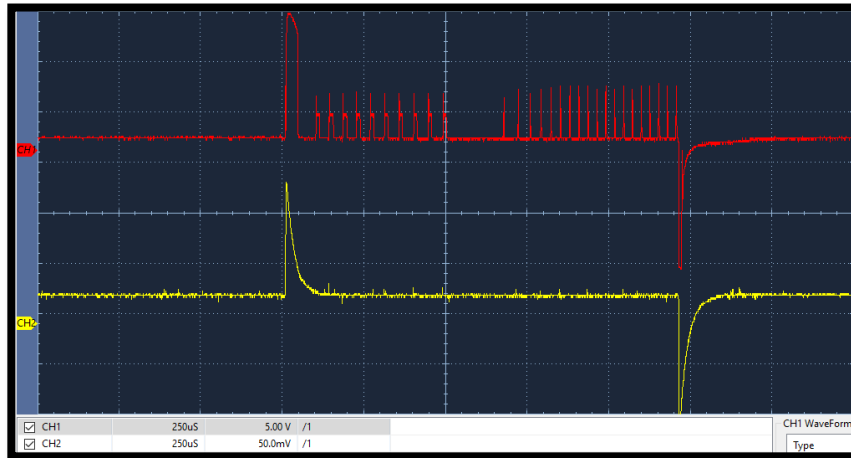


**Figura. 122** Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-MAP

**c) Circuito abierto del sensor ECT-CMP-FTS**

En la gráfica de la figura 123 se observa que al estar desconectado el sensores ECT-CMP-FTS se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de

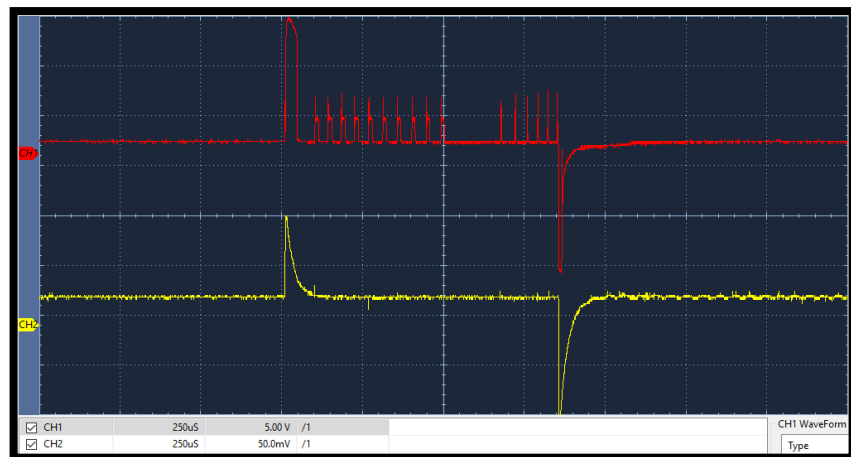
voltaje de apertura de 130V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 12A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 1.23ms.



**Figura. 123 Curva al estar desconectado sensores ECT-CMP-FTS**

**d) Circuito abierto del sensor ECT-FRP-FTS**

En la gráfica de la figura 124 se observa que al estar desconectado el sensores ECT-FRP-FTS se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 130V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 8A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 1.1ms.



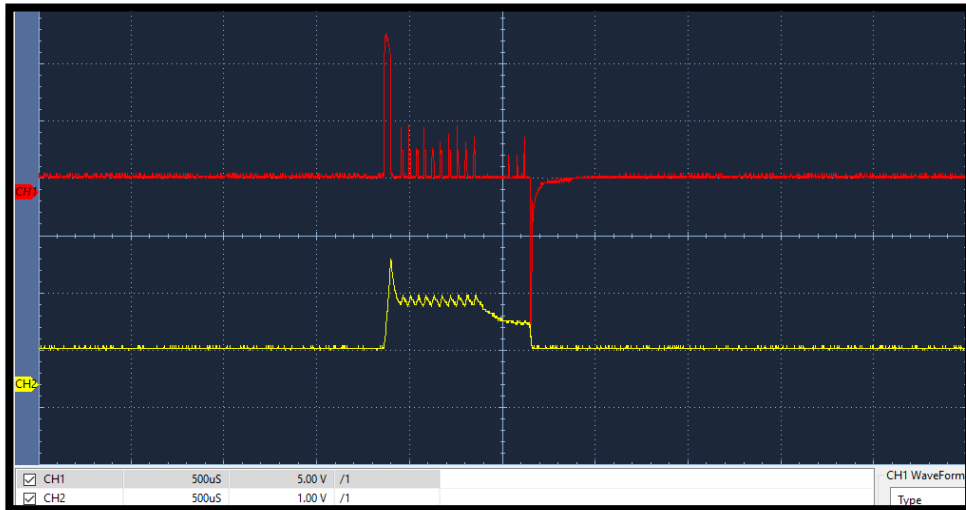
**Figura. 124 Curva al estar desconectado sensores ECT-FRP-FTS**

**e) Circuito abierto del sensor FRP-ECT-MAP**

En la gráfica de la figura 125 se observa que al estar desconectado el sensores FRP-ECT-MAP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de



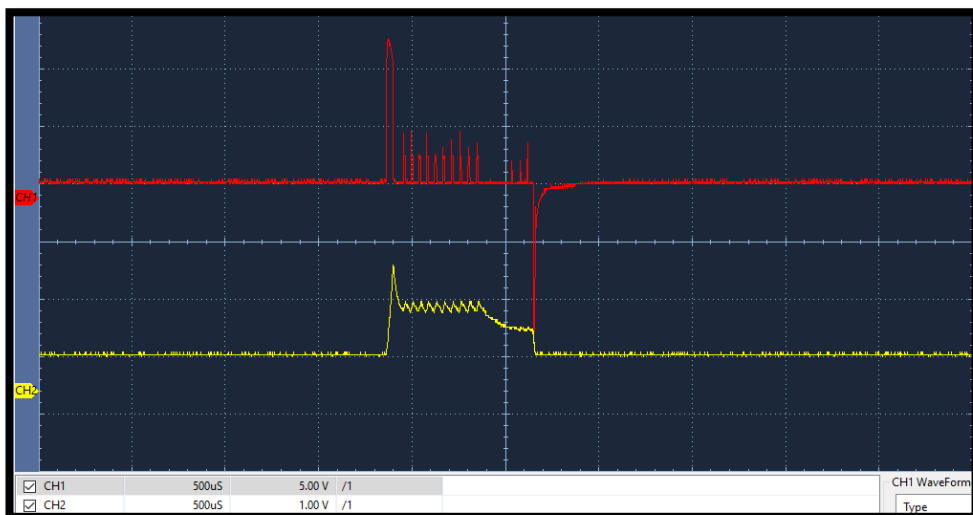
voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.8ms.



**Figura. 125 Curva al estar desconectado sensores FRP-ECT-MAP**

**f) Circuito abierto del sensor FRP-CMP-MAP**

En la gráfica de la figura 126 se observa que al estar desconectado el sensores FRP-CMP-MAP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 17A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.85ms.

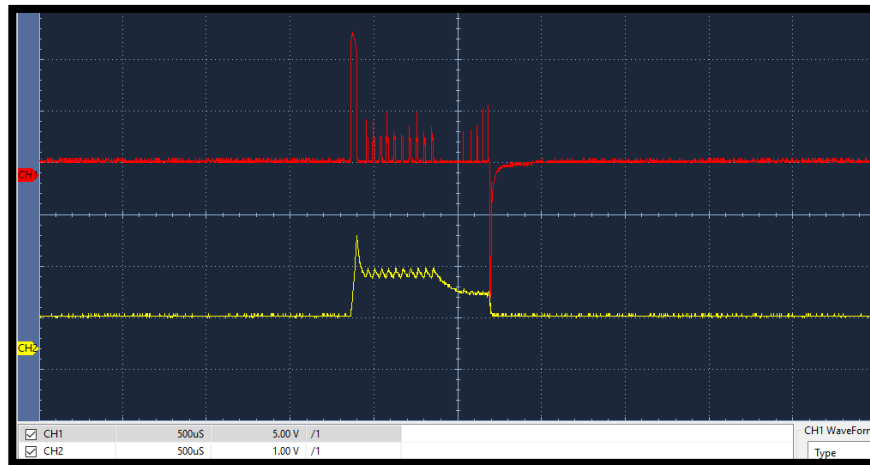


**Figura. 126 Curva al estar desconectado sensores FRP-CMP-MAP**

**g) Circuito abierto del sensor FTS-CMP-FRP**

En la gráfica de la figura 127 se observa que al estar desconectado el sensor FTS-CMP-FRP se tiene solamente la curva de inyección principal, el

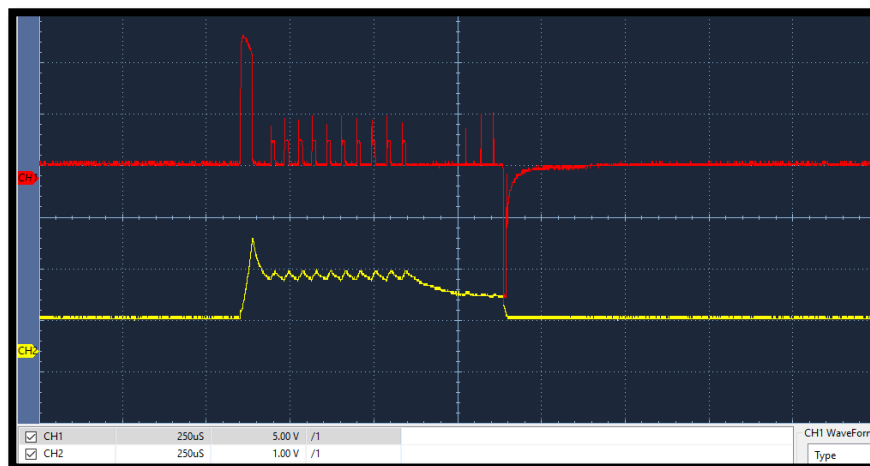
consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.85ms.



**Figura. 127** Curva al estar desconectado sensores FTS-CMP-FRP

#### **h) Circuito abierto del sensor FTS-FRP-MAP**

En la gráfica de la figura 128 se observa que al estar desconectado el sensor FTS-FRP-MAP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 120V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.8ms.

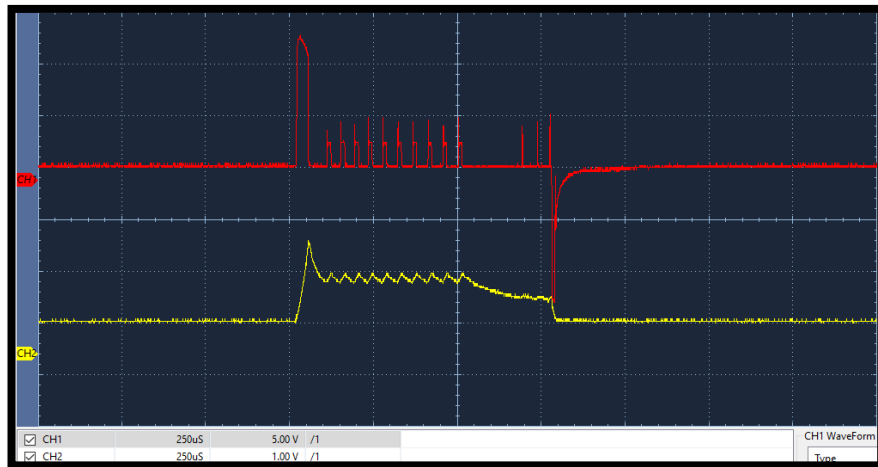


**Figura. 128** Curva al estar desconectado sensores FTS-FRP-MAP

#### **i) Circuito abierto del sensor ECT-FTR-CMP**

En la gráfica de la figura 129 se observa que al estar desconectado el sensor ECT-FTR-CMP se tiene solamente la curva de inyección principal, el

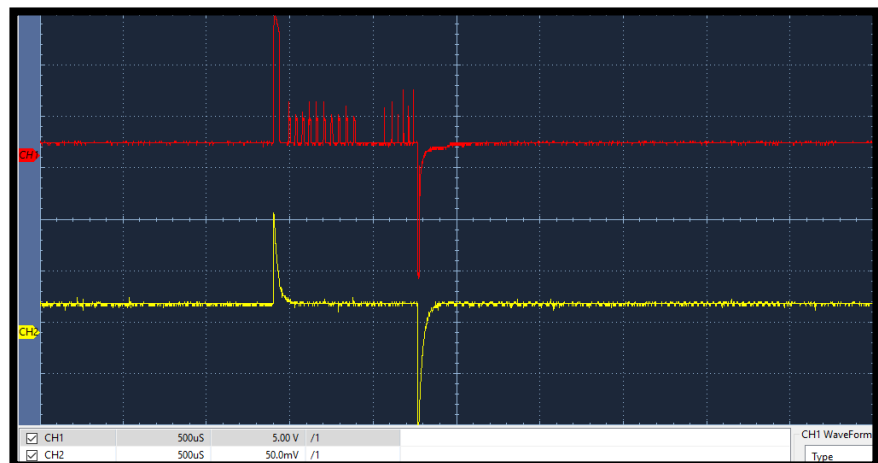
consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.8ms.



**Figura. 129 Curva al estar desconectado ECT-FRP-CMP**

**j) Circuito abierto del sensor FTS-CMP-MAP**

En la gráfica de la figura 130 se observa que al estar desconectado el sensor FTS-CMP-MAP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 9A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.9ms.

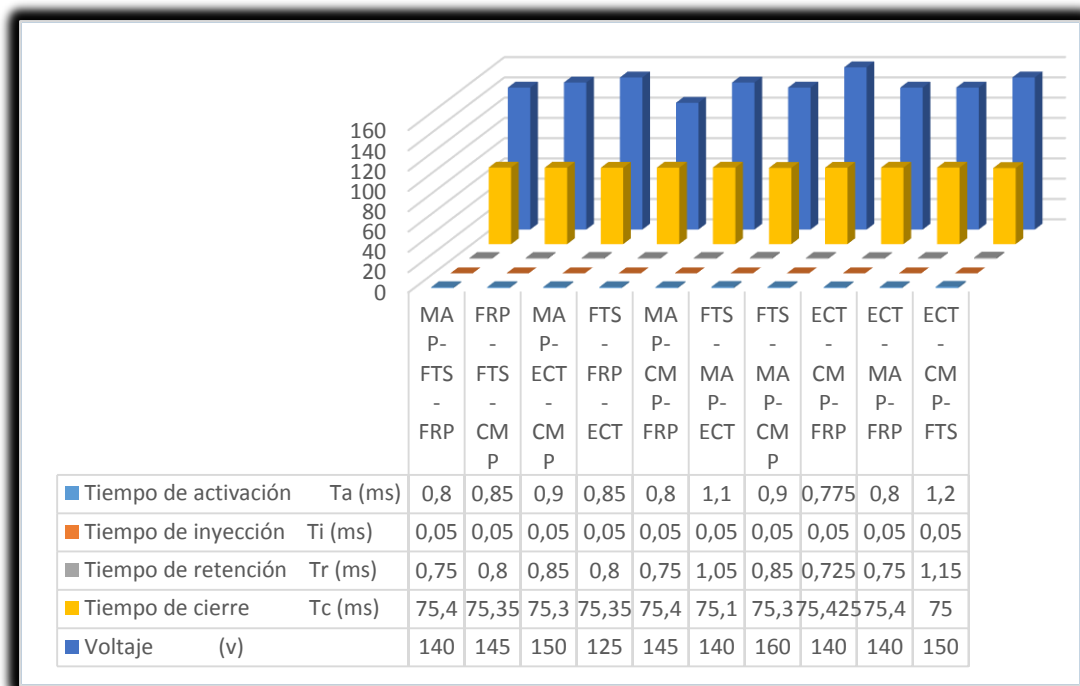


**Figura. 130 Curva al estar desconectado sensores FTS-CMP-MAP**

Tabla 23

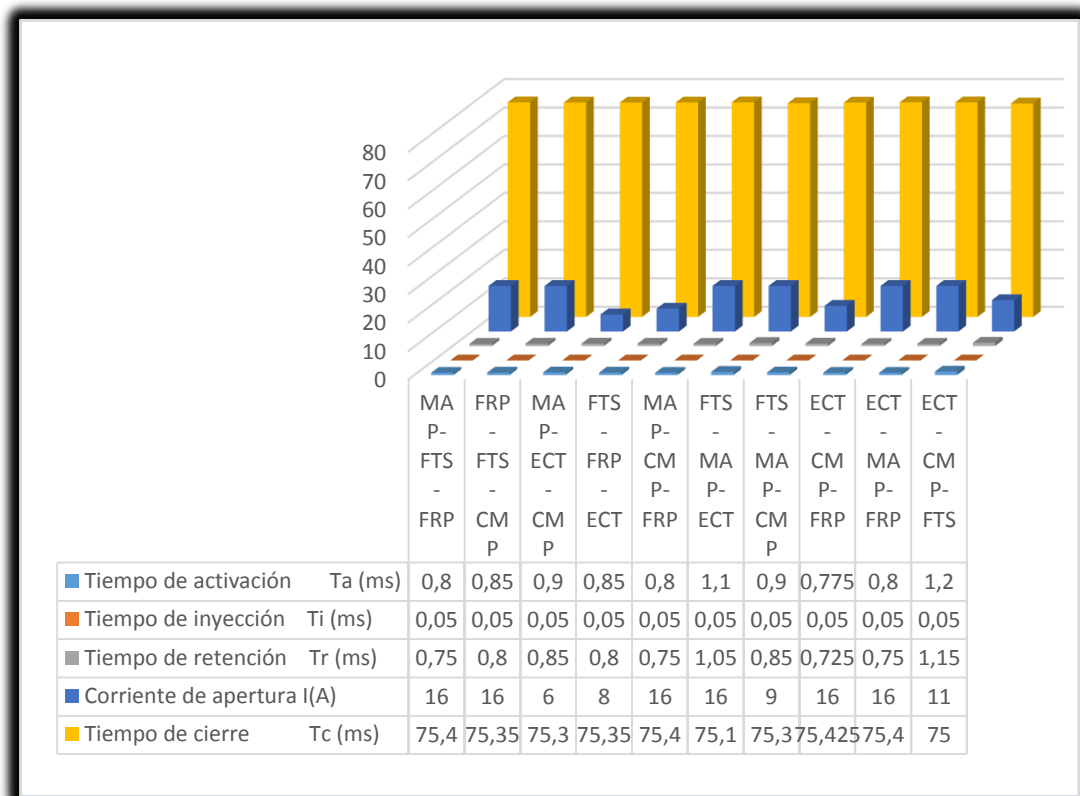
## Valores tabulados cuando se desconecta tres sensores

Inyección principal											
Sensor desconectado	Periodo (ms)	Tiempo de activación Ta (ms)	Tiempo de inyección Ti (ms)	Tiempo de retención Tr (ms)	Tiempo de cierre Tc (ms)	Frecuencia (Hz)	CICLO DUTY (%)	Voltaje (v)	Corriente de apertura I(A)	Opacidad (%)	Opacidad Pruebas de ensayo (%)
MAP-FTS-FRP	76,2	0,8	0,05	0,75	75,4	13	1,05	140	16	1,71	1,89
FRP-FTS-CMP	76,2	0,85	0,05	0,8	75,35	13	1,12	145	16	3,13	5,21
MAP-ECT-CMP	76,2	0,9	0,05	0,85	75,3	13	1,18	150	6	17,9	17,95
FTS-FRP-ECT	76,2	0,85	0,05	0,8	75,35	13	1,12	125	8	6	10
MAP-CMP-FRP	76,2	0,8	0,05	0,75	75,4	13	1,05	145	16	2,41	5,59
FTS-MAP-ECT	76,2	1,1	0,05	1,05	75,1	13	1,44	140	16	16,66	15,15
FTS-MAP-CMP	76,2	0,9	0,05	0,85	75,3	13	1,18	160	9	15,75	13,89
ECT-CMP-FRP	76,2	0,775	0,05	0,725	75,425	13	1,02	140	16	5,65	6,31
ECT-MAP-FRP	76,2	0,8	0,05	0,75	75,4	13	1,05	140	16	1,83	3,1
ECT-CMP-FTS	76,2	1,2	0,05	1,15	75	13	1,57	150	11	14,37	13,01



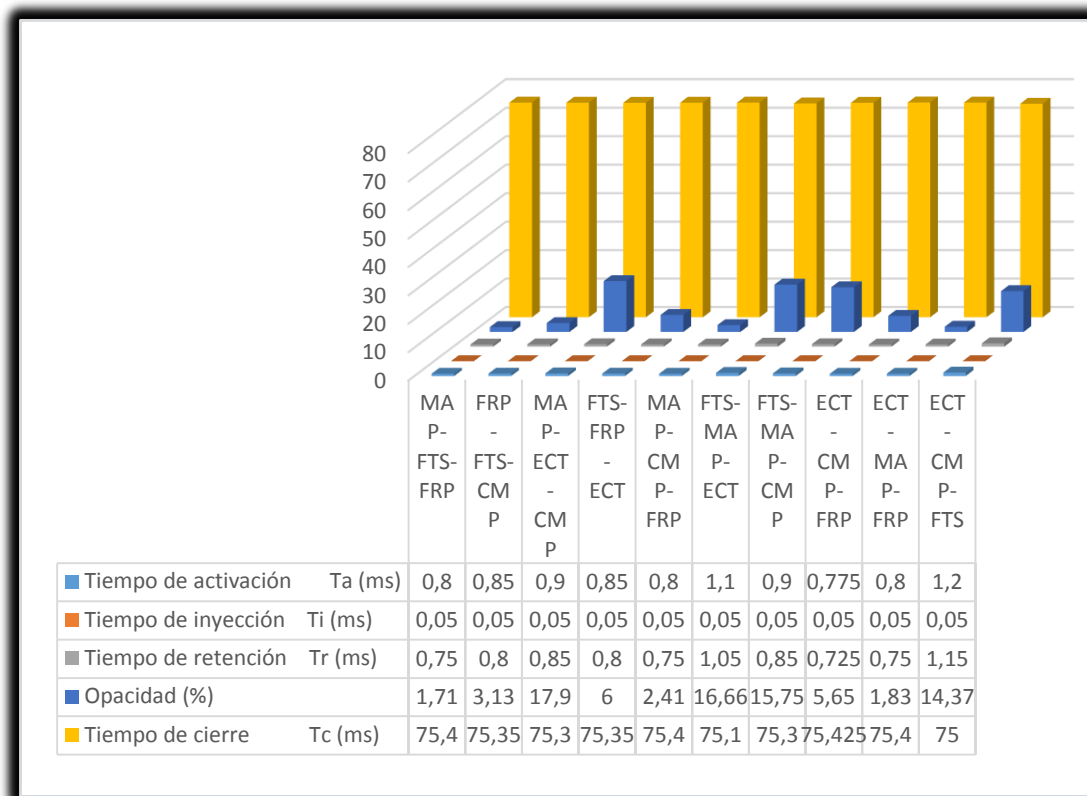
**Figura. 131 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs voltaje**

En la figura 131 se observa que al estar desconectado los sensores FTS-MAP-CMP realiza un consumo mayor de voltaje de 160v y un consumo menor de voltaje al circuito abierto los sensores FTS-FRP-ECT con un voltaje de consumo de 125V, se concluye que al estar desconectado los sensores ECT-CMP-FTS el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos de 1.2ms con tiene un tiempo de cierre de 75ms, el tiempo de retención de la misma manera es superior a todos los demás circuitos abiertos con 1.15ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5 ms.



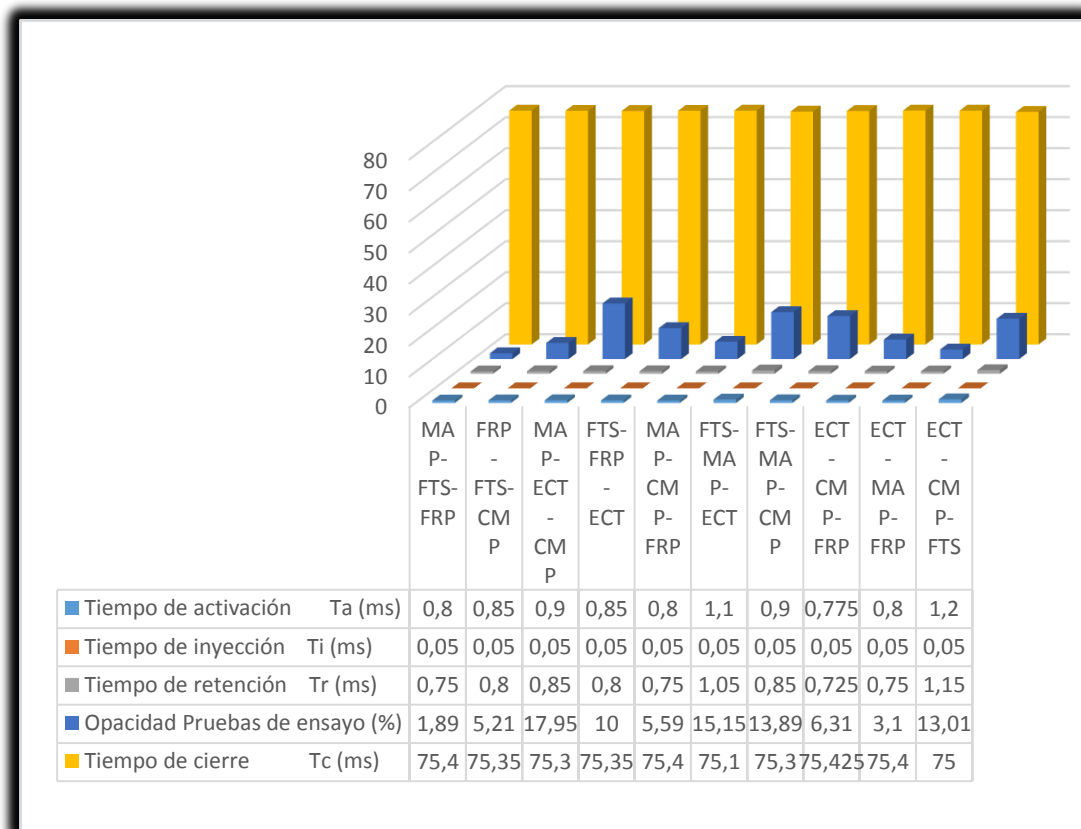
**Figura. 132 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs corriente**

En la figura 132 se observa que al estar desconectado los sensores FTS-MAP-CMP realiza un consumo de corriente de 11A, se concluye que al estar desconectado los sensores ECT-CMP-FTS el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos de 1.2ms con tiene un tiempo de cierre de 75ms, el tiempo de retención de la misma manera es superior a todos los demás circuitos abiertos con 1.15ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5 ms.



**Figura. 133 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad**

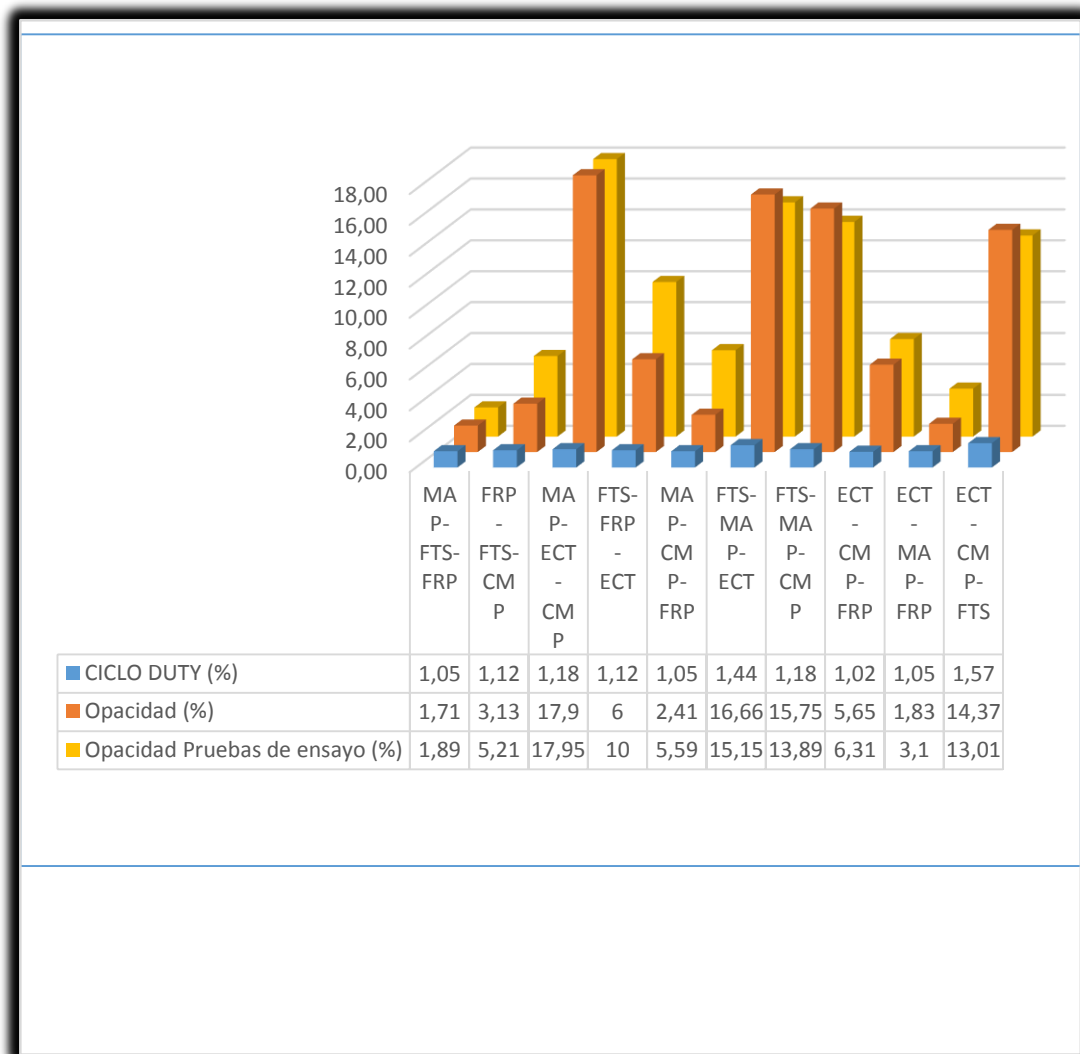
En la figura 133 se observa que al estar desconectado los sensores FTS-MAP-CMP realiza una emisión de contaminantes de 14.37% hacia el ambiente, se concluye que al estar desconectado los sensores ECT-CMP-FTS el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos de 1.2ms con tiene un tiempo de cierre de 75ms, el tiempo de retención de la misma manera es superior a todos los demás circuitos abiertos con 1.15ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5 ms.



**Figura. 134 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo**

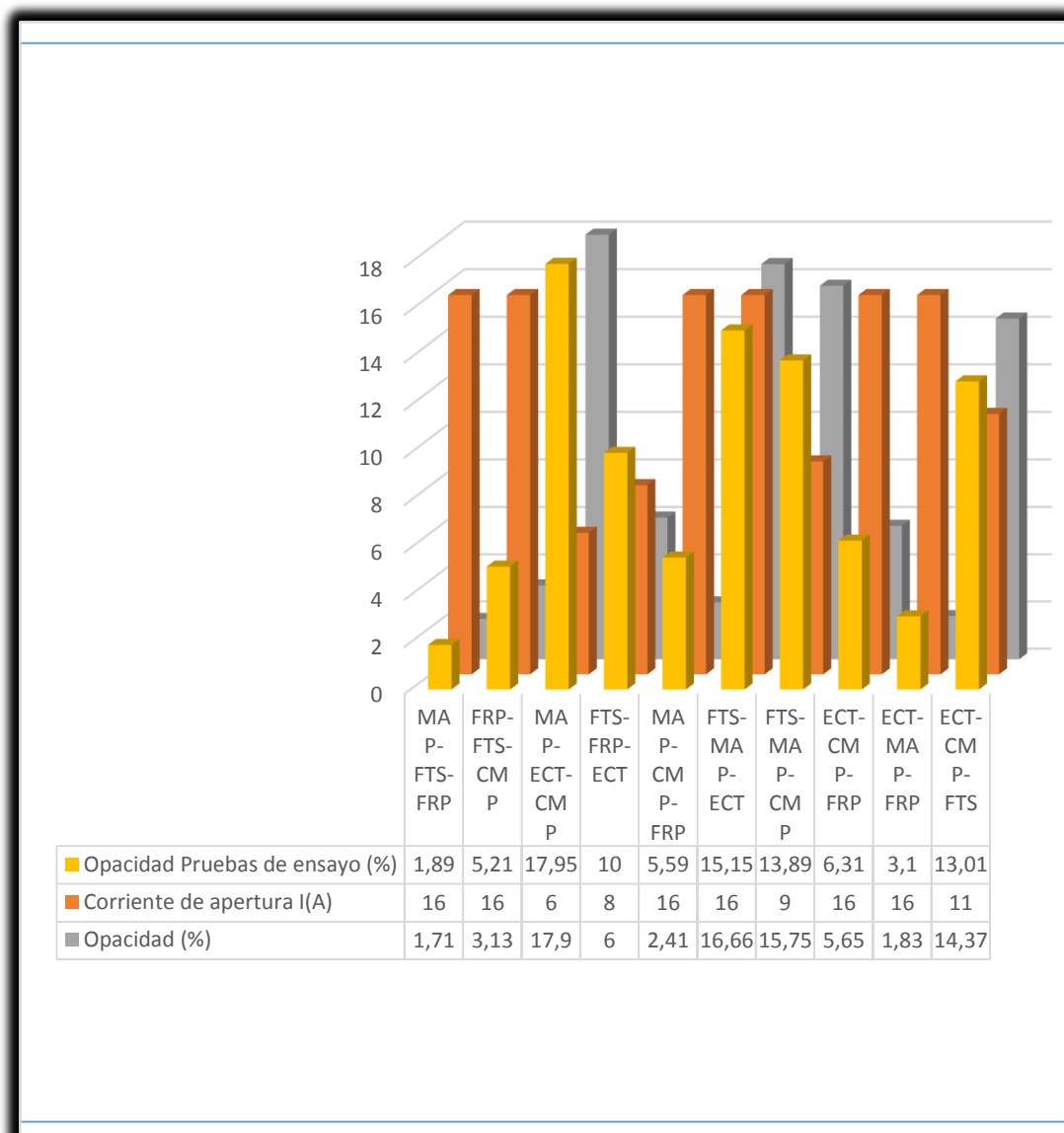
En la figura 134 se observa que al estar desconectado los sensores FTS-MAP-CMP presenta un valor de emisiones estandarizadas hacia el ambiente de 13.01% valores almacenados por opacómetro, se concluye que al estar desconectado los sensores ECT-CMP-FTS el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos de 1.2ms con tiene un tiempo de cierre de 75ms, el tiempo de retención de la misma manera es superior a todos los demás circuitos abiertos con 1.15ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5 ms.





**Figura. 135 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal ciclo duty vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 135 se observa que el periodo de funcionamiento del inyector se mantiene en el valor de 76.2ms obtenida estos valores mediante mediciones con el osciloscopio, se tiene mayor emisión de opacidad cuando los sensores MAP-ECT-CMP se encuentra desconectado del 17.90% de emisiones con límite de valores contaminantes del 17.95%, tener en cuenta que los sensores FTS-MAP-CMP desconectado pasa los valores de contaminación del 13.89% al 15.75% concluyendo que hay más contaminación cuando los sensores ECT-CMP-FTS está en circuito abierto y un mayor apertura del inyector cuando se encuentra abierto los sensores ECT-CMP-FTS con 1.57% de ciclo duty.



**Figura. 136 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección principal corriente de apertura vs opacidad promedio vs opacidad de pruebas de ensayo**

En la figura 136 se observa que el periodo de funcionamiento del inyector se mantiene en el valor de 76.2ms obtenida estos valores mediante mediciones con el osciloscopio, se tiene mayor emisión de opacidad cuando los sensores MAP-ECT-CMP se encuentra desconectado del 17.90% de emisiones con límite de valores contaminantes del 17.95%, tener en cuenta que los sensores FTS-MAP-CMP desconectado pasa los valores de contaminación del 13.89% al 15.75% y consumo menor de corriente de 6A cuando está en circuito abierto los sensores MAP-ECT-CMP.

#### 4.9.5 Desconectado 4 sensores

##### a) Circuito abierto del sensor FTS-ECT-FTR-MAP

En la figura 137 se observa que al estar desconectado el sensor FTS-ECT-FTR-MAP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.8ms.

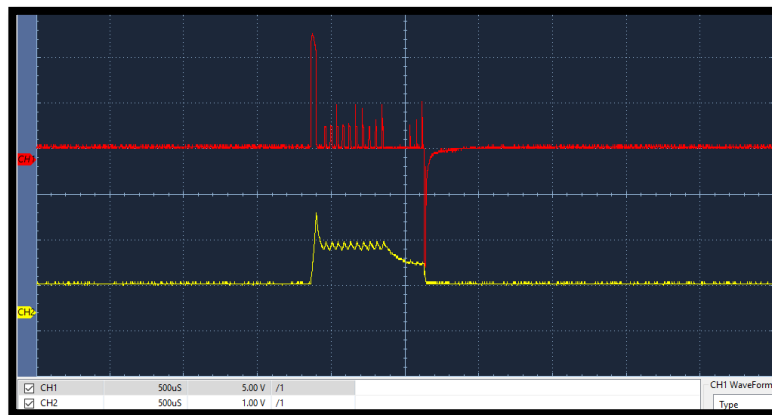


Figura. 137 Curva al estar desconectado sensores FTS-ECT-FRP-MAP

##### b) Circuito abierto del sensor FTS-ECT-FRP-CMP

En la figura 138 se observa que al estar desconectado el sensor FTS-ECT-FRP-CMP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.78ms.

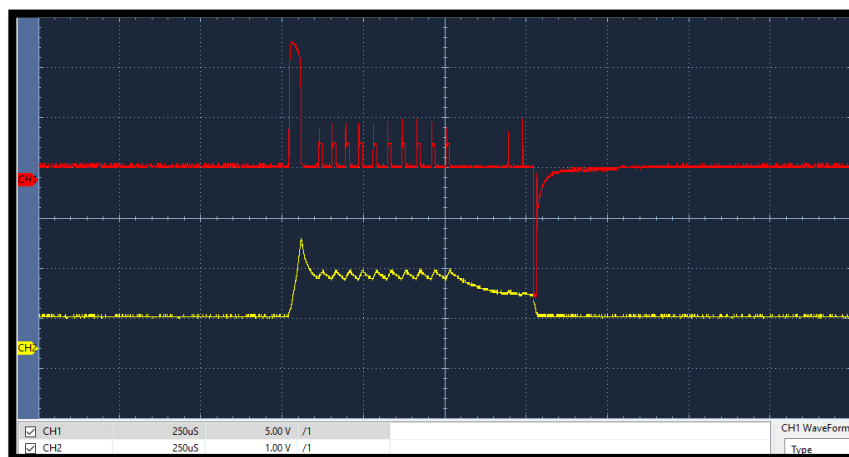
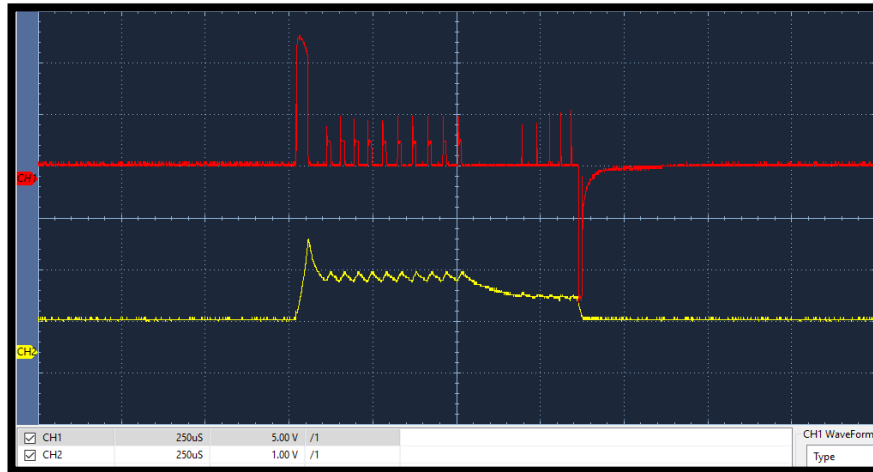


Figura. 138 Curva al estar desconectado sensores FTS-ECT-FRP-CMP

**c) Circuito abierto del sensor ECT-FRP-CMP-MAP**

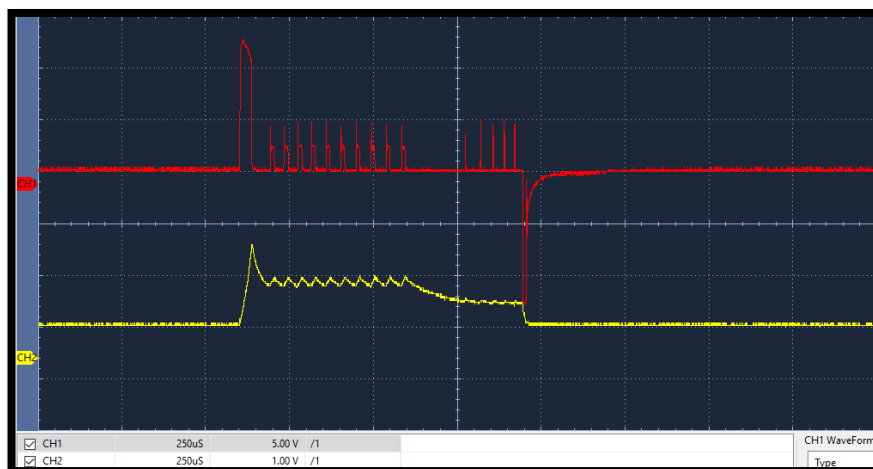
En la figura 139 se observa que al estar desconectado el sensor ECT-FRP-CMP-MAP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.87ms.



**Figura. 139 Curva al estar desconectado ECT-FRP-CMP-MAP**

**d) Circuito abierto del sensor ECT-FTS-MAP-FRP**

En la figura 140 se observa que al estar desconectado el sensor ECT-FTS-MAP-FRP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.85ms.



**Figura. 140 Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-MAP-FRP**

e) **Circuito abierto del sensor ECT-FTS-CMP-MAP**

En la figura 141 se observa que al estar desconectado el sensor ECT-FTS-CMP-MAP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 120V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 17A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.9ms.

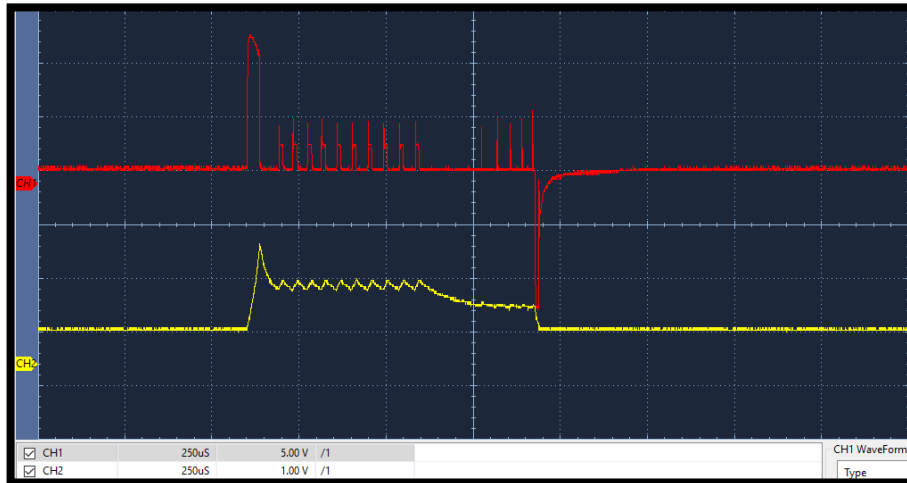


Figura. 141 Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-CMP-MAP

f) **Circuito abierto del sensor ECT-FTS-FRP-CMP**

En la figura 142 se observa que al estar desconectado el sensor ECT-FTS-FRP-CMP se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 120V y voltaje de cierre de 130V, una corriente de activación de 17A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.85ms.

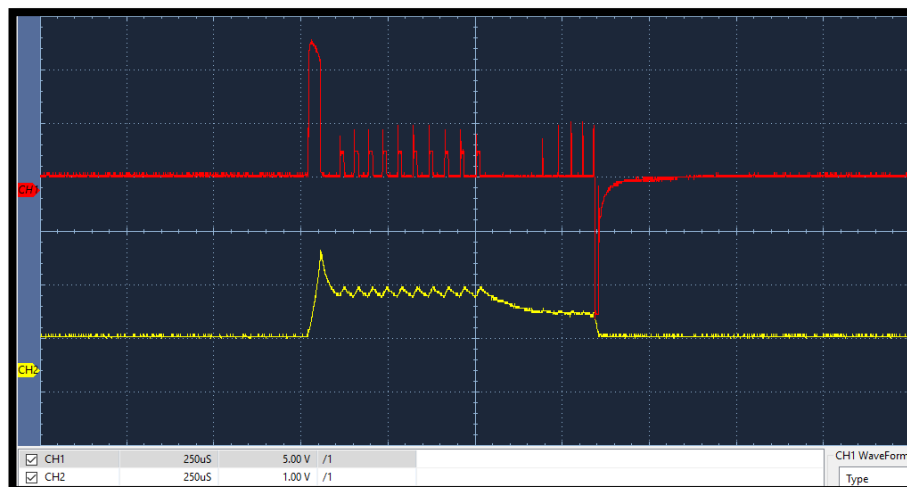
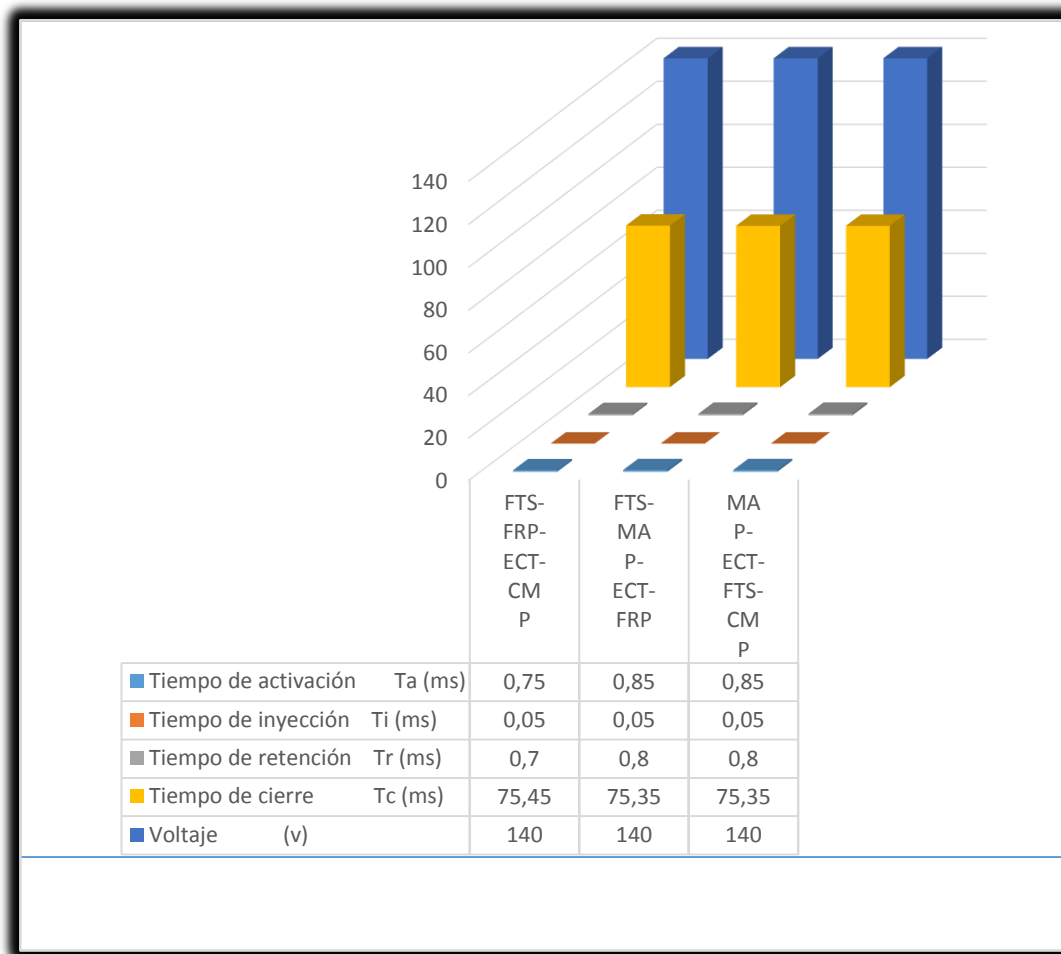


Figura. 142 Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-FRP-CMP

Tabla 24

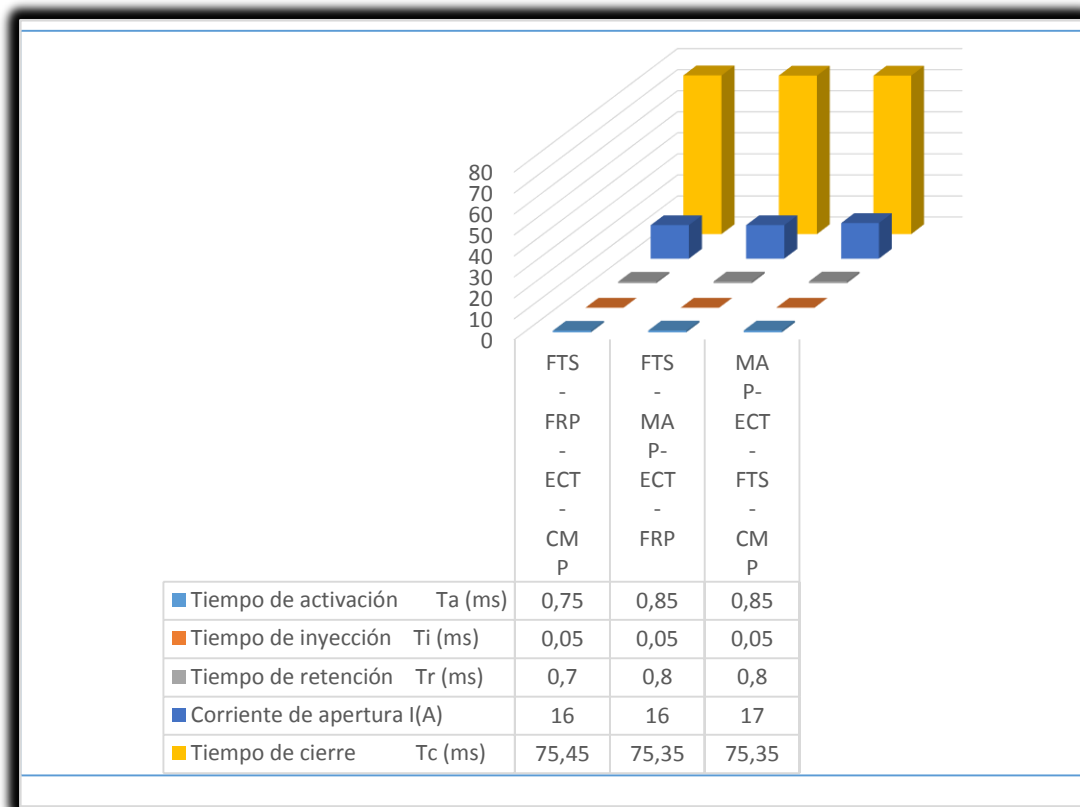
Valores tabulados cuando se desconecta cuatro sensores

Sensor desconectado	Periodo (ms)	Tiempo de activación Ta (ms)	Tiempo de inyección Ti (ms)	Tiempo de retención Tr (ms)	Tiempo de cierre Tc (ms)	Frecuencia (Hz)	RPM	Voltaje (v)	Corriente de apertura I(A)	Opacidad (%)	Opacidad Pruebas de ensayo (%)
<b>FTS-FRP-ECT-CMP</b>	76,2	0,75	0,05	0,7	75,45	13	787,4	140	16	2,76	5,29
<b>FTS-MAP-ECT-FRP</b>	76,2	0,85	0,05	0,8	75,35	13	787,4	140	16	4,46	9,84
<b>MAP-ECT-FTS-CMP</b>	76,2	0,85	0,05	0,8	75,35	13	787,4	140	17	20,81	15,65



**Figura. 143 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs voltaje**

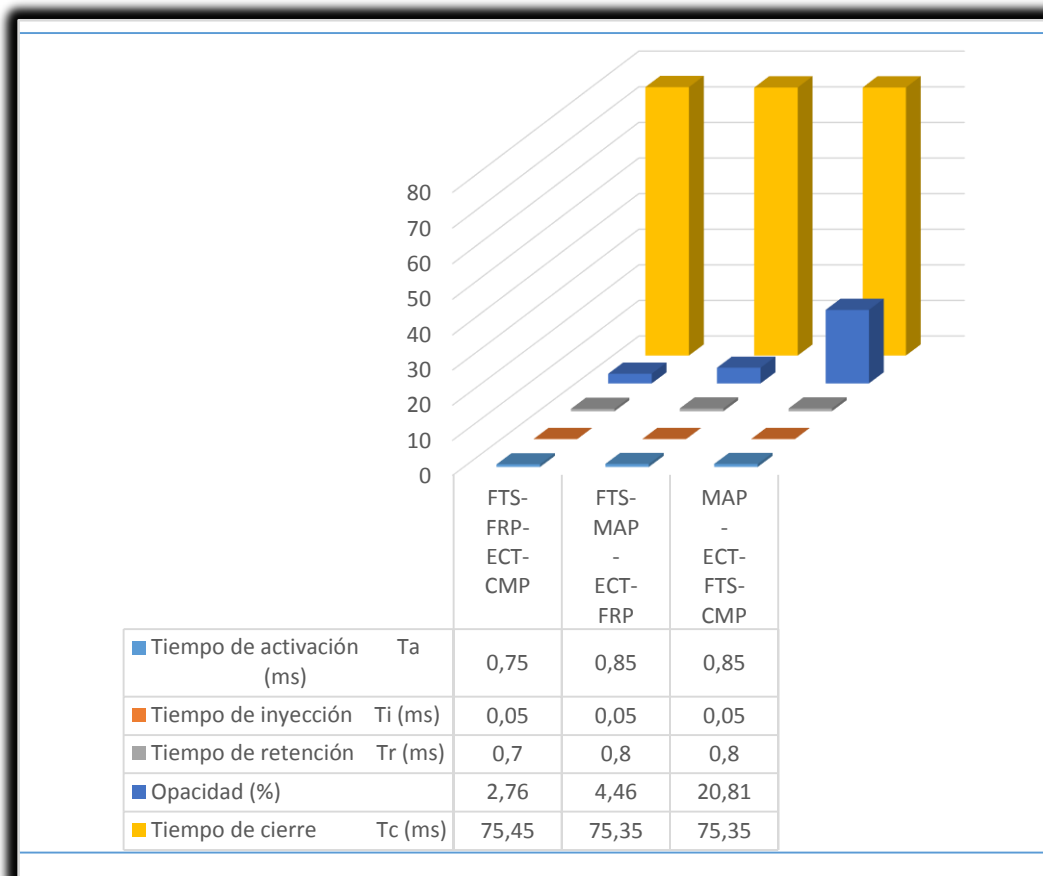
En la figura 143 se observa que al estar desconectado los sensores de los 3 tipos de pruebas en modo circuitos abiertos realiza un consumo mayor de voltaje de 140V, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-MAP-ECT-FRP y MAP-ECT-FTS-CMP el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos de 0.85ms con tiene un tiempo de cierre de 75.35ms, el tiempo de retención de la misma manera es superior a todos los demás circuitos abiertos con 0.8ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5 ms.



**Figura. 144 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs corriente**

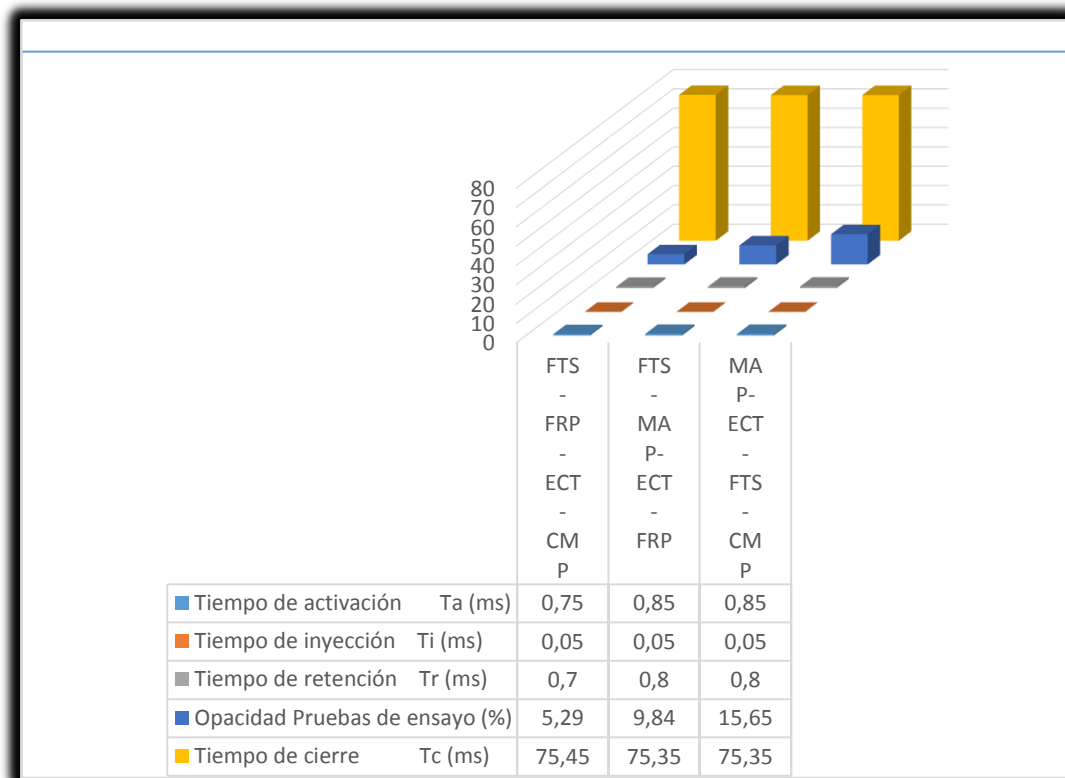
En la figura 144 se observa que al estar desconectado los sensores de los 3 tipos de pruebas en modo circuitos abiertos realiza un consumo mayor de voltaje de 140V y un consumo de corriente de 16A, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-MAP-ECT-FRP y MAP-ECT-FTS-CMP, el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos de 0.85ms con tiene un tiempo de cierre de 75.35ms, el tiempo de retención de la misma manera es superior a todos los demás circuitos abiertos con 0.8ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5ms.





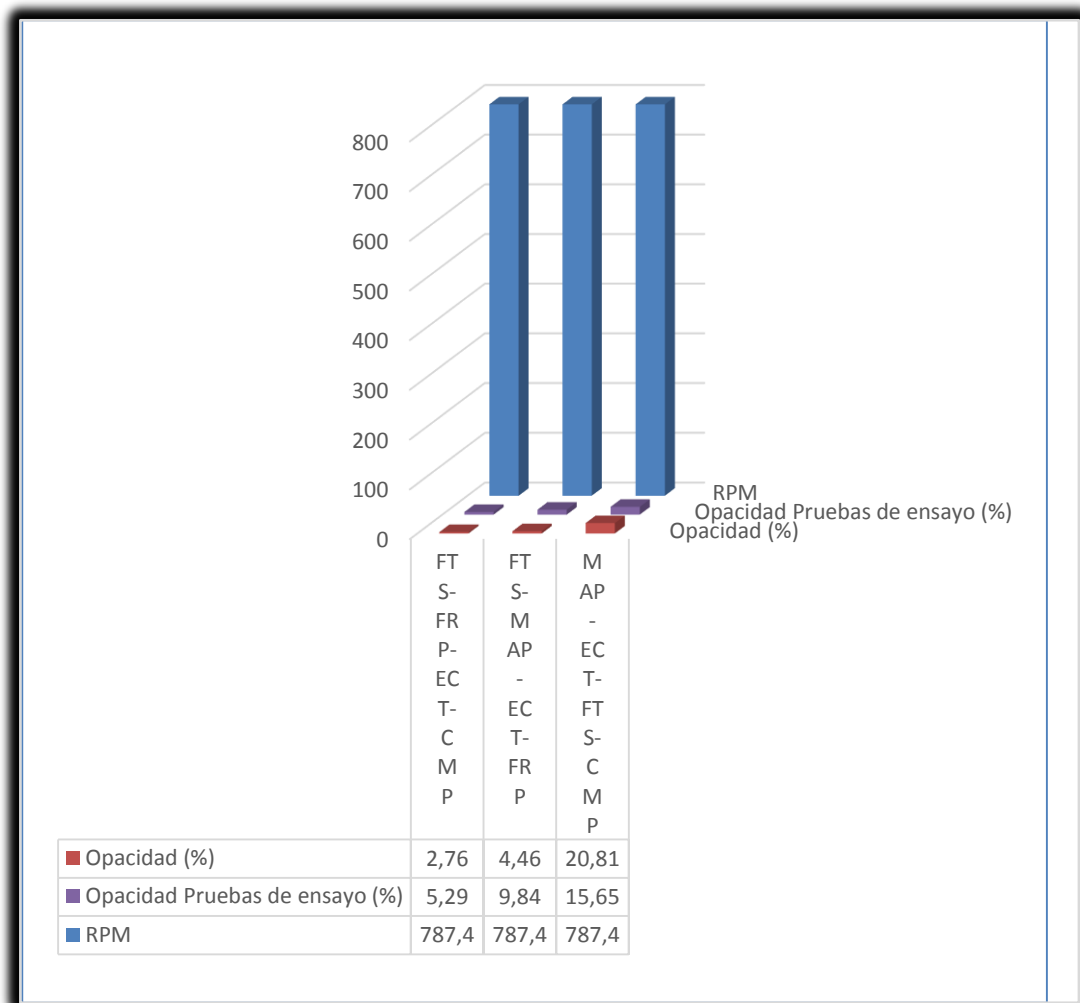
**Figura. 145 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad**

En la figura 145 se observa que al estar desconectado los sensores de los 3 tipos de pruebas en modo circuitos abiertos realizan emisiones contaminantes con valores de 2.76%, 4.46% y 20.81% en orden sucesivo, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-MAP-ECT-FRP y MAP-ECT-FTS-CMP el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos de 0.85ms con tiene un tiempo de cierre de 75.35ms, el tiempo de retención de la misma manera es superior a todos los demás circuitos abiertos con 0.8ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5ms.



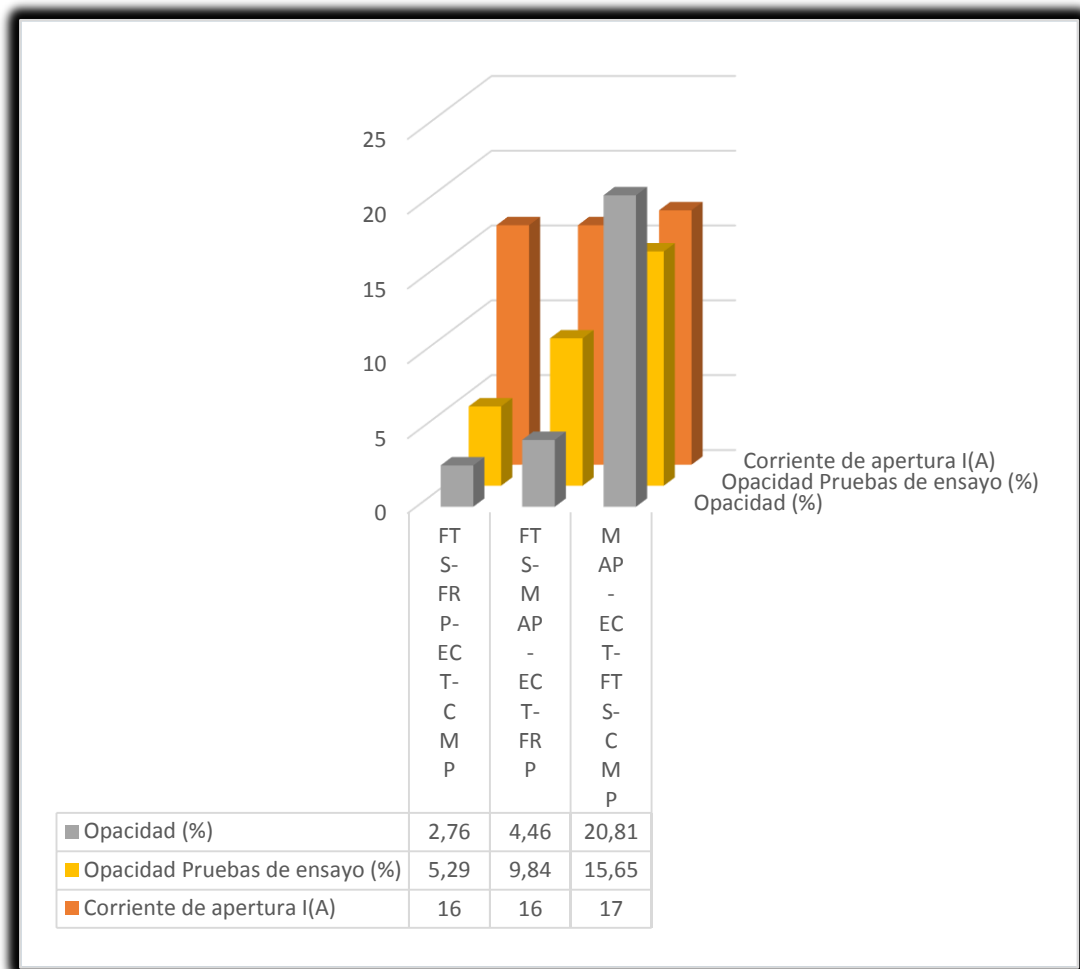
**Figura. 146 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección tiempos vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 146 se observa que al estar desconectado los sensores de los 3 tipos de pruebas en modo circuitos abiertos realizan emisiones contaminantes con valores de 5.29%, 9.84% y 15.65% en orden sucesivo, se concluye que al estar desconectado los sensores FTS-MAP-ECT-FRP y MAP-ECT-FTS-CM el tiempo de activación es mayor que los demás circuitos abiertos de 0.85ms con tiene un tiempo de cierre de 75.35ms, el tiempo de retención de la misma manera es superior a todos los demás circuitos abiertos con 0.8ms y con un tiempo de activación establecida por la ECM de 0.5ms.



**Figura. 147 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal RPM vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 147 se aprecia el de 20.81% cuando esta desconectado los sensores MAP-ECT-FTS-CMP pasa límites de valores de emisiones permitidas teniendo una mayor contaminación hacia el ambiente, en esta prueba las RPM se mantienen en 787.4 rpm en ralentí.



**Figura. 148 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de periodo inyección principal corriente vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 148 se aprecia el de 20.81% cuando esta desconectado los sensores MAP-ECT-FTS-CMP pasa límites de valores de emisiones permitidas teniendo una mayor contaminación hacia el ambiente, en esta prueba las RPM se mantienen en 787.4 rpm en ralentí y una corriente de consumo de 17A en modo circuito abierto de dichos sensores.

#### 4.9.6 Desconectado 5 sensores

##### a) Circuito abierto del sensor ECT-FTS-FRP-CMP-MAP

En la figura 149 se observa que al estar todos los sensores de prueba se tiene solamente la curva de inyección principal, el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 140V, una corriente de activación de 16A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.85ms.

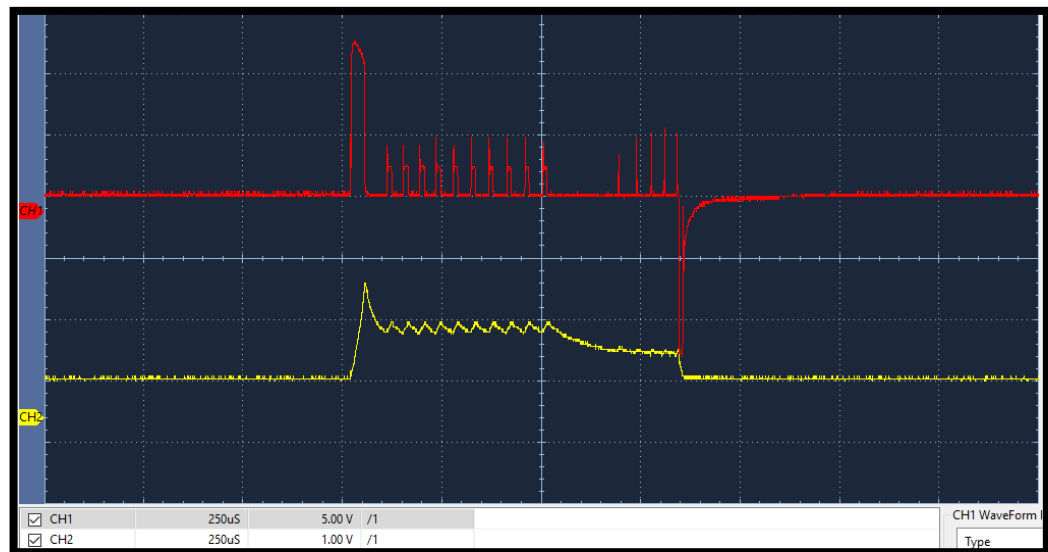
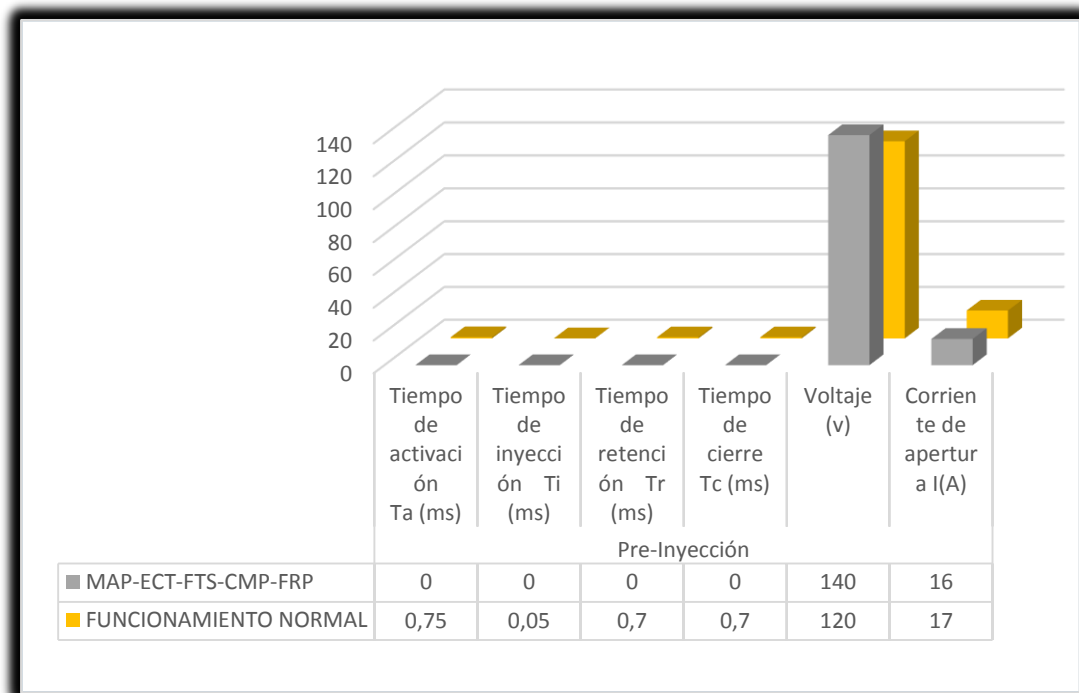


Figura. 149 Curva al estar desconectado sensores ECT-FTS-FRP-CMP-MAP

Tabla 25

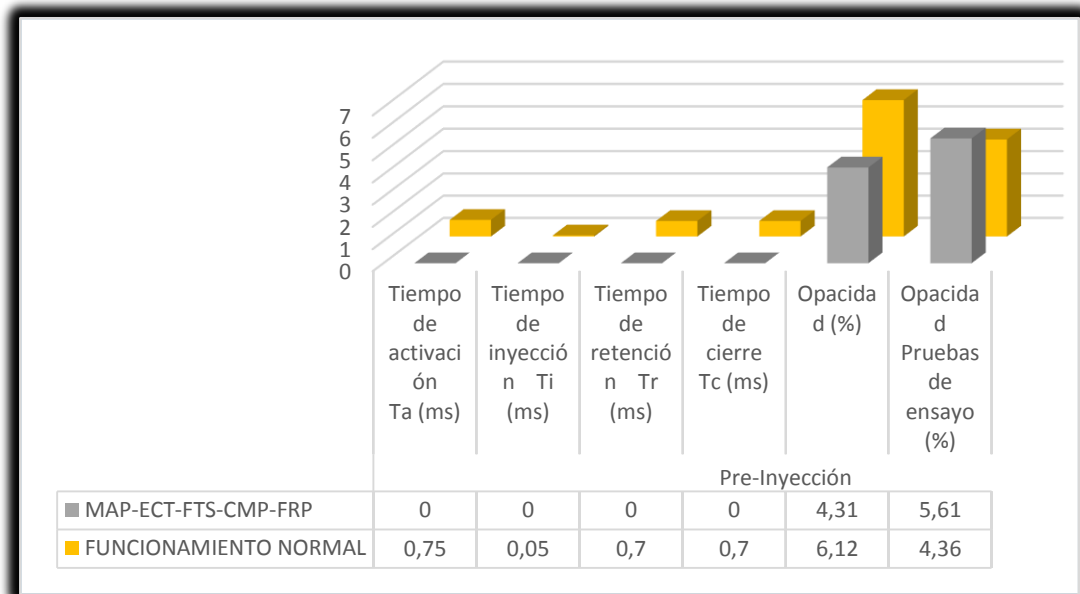
## Valores tabulados cuando se desconecta cinco sensores

Sensor desconectado	Pre-Inyección						Inyección principal					Frecuencia (Hz)	RP M	Voltaje (v)	Corriente de apertura I(A)	Opacidad (%)	Opacidad Pruebas de ensayo (%)
	Periodo (ms)	Periodo Pre-iny./Iny. Principal (ms)	Tiempo de activación Ta (ms)	Tiempo de inyección Ti (ms)	Tiempo de retención Tr (ms)	Tiempo de cierre Tc (ms)	Tiempo de activación Ta (ms)	Tiempo de inyección Ti (ms)	Tiempo de retención Tr (ms)	Tiempo de cierre Tc (ms)							
<b>MAP-ECT-FTS-CMP-FRP</b>	76,2	0	0	0	0	0	1,1	0,1	1	75,1	13	78 7,4	140	16	4,31	5,61	
<b>FUNCIONAMIENTO NORMAL</b>	76,2	1,45	0,75	0,05	0,7	0,7	1,2	0,05	1,15	74,2 5	13	78 7,4	120	17	6,12	4,36	



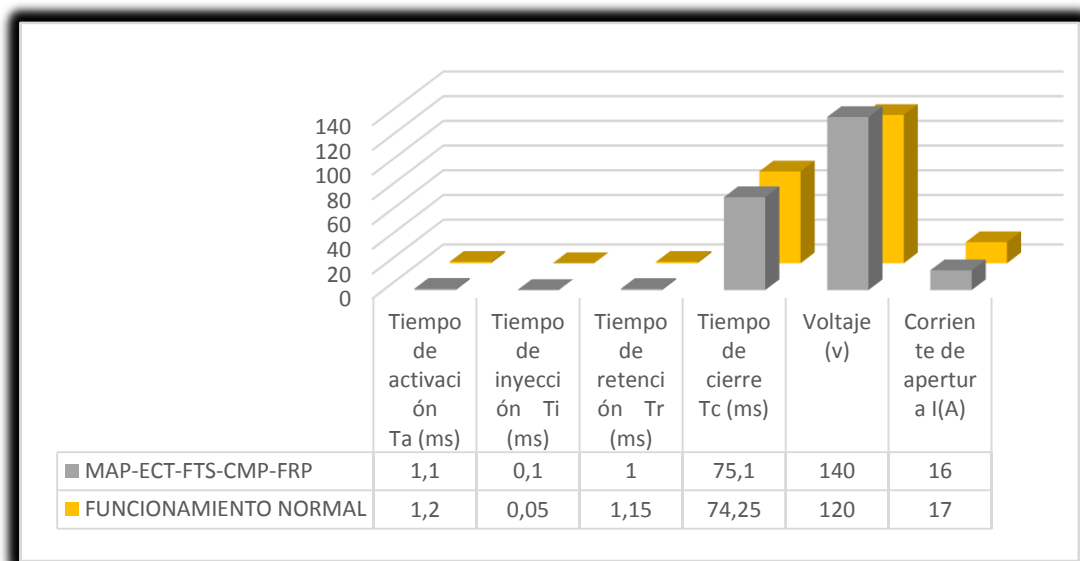
**Figura. 150 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de pre-inyección tiempos vs voltaje vs corriente**

En la figura 150 se observa que cuando está desconectado los 5 sensores de prueba no se tiene señal de pre-inyección teniendo tan solo un consumo de voltaje de 140V y una corriente de 16A, para la señal de la gráfica sin desconectar ningún sensor el voltaje consumido por el inyector para su activación donde se puede apreciar la obtención de una curva de pre-inyección, cabe resaltar que la señal enviada hacia los inyectores está calculada por la ECM que envía un voltaje de 70V aproximadamente en un tiempo de 0.2ms teniendo en cuenta que el tiempo de activación del inyector para la pre-inyección es de 0.75ms la cual este voltaje es aumentado mediante la deformación del cuarzo por lo que el inyector es del tipo piezoeléctrico una vez aumentado se observa una tensión de activación de 125V y un voltaje de cierre del inyector de 85V en otros 0.2ms. La corriente de consumo en activación es de 17A y una corriente de cierre de 17A.



**Figura. 151 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo tiempos de pre-inyección vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo**

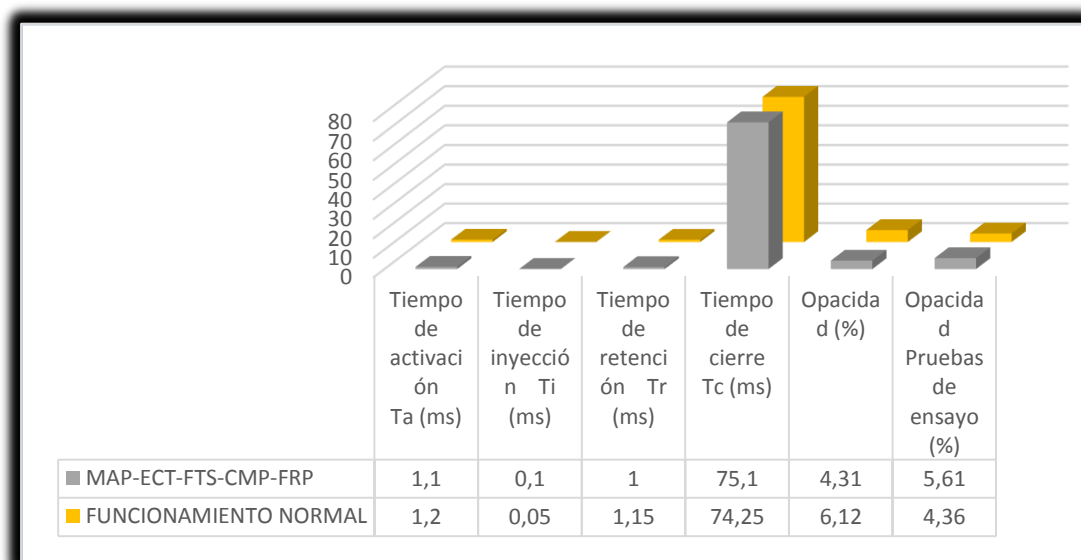
En la figura 151 se observa que al estar desconectado todos los sensores de prueba no existe una pre-inyección tanto que tampoco existe exceso de contaminación de hidrocarburos hacia el ambiente teniendo un tiempo de activación del inyector de 0.75ms, tiempo de activación de 0.05ms este tiempo se mantiene estándar desde la ECM, tiempo de retención de 0.7ms y un tiempo de cierre del ciclo del inyector de 0.7ms.



**Figura. 152 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo de inyección principal tiempos vs voltaje vs corriente**



En la figura 152 se observa que cuando está desconectado los 5 sensores de prueba no se tiene señal de pre-inyección teniendo tan solo un consumo de voltaje de 140V y una corriente de 16A, para la señal de la gráfica sin desconectar ningún sensor el voltaje consumido por el inyector para su activación donde se puede apreciar la obtención de una curva de inyección principal, cabe resaltar que la señal enviada hacia los inyectores está calculada por la ECM que envía un voltaje de 70V aproximadamente en un tiempo de 0.2ms la cual este voltaje es aumentado mediante la deformación del cuarzo por lo que el inyector es del tipo piezoeléctrico una vez aumentado se observa una tensión de activación de 125V y un voltaje de cierre del inyector de 85V en otros 0.2ms. La corriente de consumo en activación es de 17A y una corriente de cierre de 17A.



**Figura. 153 Comparaciones de valores obtenidos en el ciclo tiempos de pre-inyección vs opacidad promedio vs opacidad pruebas de ensayo**

En la figura 153 se observa que al estar desconectado todos los sensores de prueba no existe una pre-inyección tanto que tampoco existe exceso de contaminación de hidrocarburos hacia el ambiente teniendo un tiempo de activación del inyector de 1.1ms, tiempo de activación de 0.1ms este tiempo se mantiene estándar desde la ECM, tiempo de retención de 1ms y un tiempo de cierre del ciclo del inyector de 75.1ms

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO ADMINISTRATIVO

#### 5.1 Recursos

La realización de la investigación mencionada requiere de diferentes medios, infraestructura y equipos de vital importancia. Estos recursos se dividen en varias categorías como son humanos, tecnológicos, materiales y financieros que fueron de gran ayuda para poder llegar a culminar el proyecto de titulación.

Los recursos necesarios para garantizar un estudio confiable con alta eficiencia y calidad considerando la documentación a lo largo del proceso.

##### 5.1.1 Recursos humanos

Son un factor primordial ya que de ello depende el manejo y funcionamiento de los demás recursos. La investigación empleó los recursos humanos que contribuyeron su intelectualidad, experiencia y supervisión para la realización del proyecto de investigación titulado “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR HINO AK DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA COMPAÑÍA DE TRANSPORTE DE TURISMO COTULLARI. S.A. MEDIANTE EL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS HUMOS DE ESCAPE”. Donde se detallara continuación.

**Tabla 26**

#### Recursos humanos

No	Nombre	Detalle
1	Murillo Javier	Investigador
2	Balarezo Danilo	Investigador
3	Ing. Quiroz Leónidas	Tutor de la investigación

El trabajo de la investigación fue realizado por: Edwin Javier Murillo Chilig, Danilo Patricio Balarezo Soria, con la designación del tutor Ing. Quiroz Erazo Leónidas Antonio quien guio al proyecto en su inicio y terminación del mismo.

### 5.1.2 Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos facilitaron la realización de las tareas de las diferentes áreas, medición, comprobación, detección y arreglo de daños, análisis e interpretación, de resultados obtenidos durante el proyecto de investigación. Herramientas tecnológicas, también se requirió el software de cuantificación de humos.

Los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto se describen a continuación:

**Tabla 27**

#### Recursos tecnológicos

No	Nombre
1	Analizador de gases marca CARTEK
2	Opacímetro marca CARTEK
3	Software
4	G-Scan II
5	Pinza Amperimétrica
6	Osciloscopio OWON
7	Computadora
8	Cámara

### 5.1.3 Recursos materiales

Los recursos materiales son todos los elementos mecánicos y electrónicos que forman parte de la logística necesaria para la realización del proyecto de investigación.

**Tabla 28**

#### Recursos materiales

No	Nombre
1	Herramientas
2	Vehículo de la cooperativa COTULLARI S.A
3	Regulador de Voltaje
4	Multímetro
5	Pinza Amperimétrica
6	Internet

## 5.2 Presupuesto

El recurso económico fue de vital importancia y el equipo de apoyo con la colaboración de ESPE fue necesario un presupuesto económico total, sumando los componentes de los recursos tecnológicos junto con los recursos materiales.

**Tabla 29**  
**Presupuesto**

Ord	Cantida	Unidad	Detalle	Costos	Costo total
1	1	Unid.	Software de opacidad marca	2000	1500
2	2	Unid.	Equipo de seguridad personal	100	100
3	1	Jgo.	Herramientas manuales	300	100
4	1	Unid.	Elementos fungibles	100	100
5	5	\$	Alquiler vehículo	40	200
6	1	Unid.	Computador personal	1200	1000
7	1	\$	Calibración opacímetro	500	500
8	1000	\$	Impresiones	0.01	10
9	1	Unid.	Imprevistos	400	100
10		1	Pruebas autobuses	100	100.00
11		1	Pruebas Escáner	1000	100.00
12		1	Imprevistos – otros	100	100.00
<b>Total</b>					<b>3610.00</b>



## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Un vehículo de trabajo pesado con 6.87% de opacidad medido con una densidad de aire seco de 0,06922 lbm/ft<sup>3</sup> su valor de opacidad cuantificado es de 6,02%, por lo que la variación porcentual entre los valores medidos con el equipo vs los cuantificados a partir del algoritmo es de 12.37.
- Cuando las mediciones se ejecutan sin aplicar el factor de corrección SAE, se observa una variación significativa entre los valores de medición de opacidad, para lo cual es necesario considerar el diámetro del tubo de escape; es así que considerando los diámetro se tiene: 38 mm la opacidad con el factor es de 3.10% y sin el factor es de 18.28% lo que evidencia una variación del 35.96%; 51 mm la opacidad con el factor es de 3.10% y sin el factor es de 18.28% lo que evidencia una variación del 16.95%; 76 mm la opacidad con el factor es de 4.09% y sin el factor es de 19.00% lo que evidencia una variación del 21.51%; 102 mm la opacidad con el factor es de 4.81% y sin el factor es de 17.96% lo que evidencia una variación del 26.70%; 127 mm la opacidad con el factor es de 6.08% y sin el factor es de 17.35% lo que evidencia una variación del 35.04% y 150 mm la opacidad con el factor es de 7.11% y sin el factor es de 18.97% lo que evidencia una variación del 37.48%.
- La variación de los valores promedios de variación representa 24.80% de medición promedio de opacidad sin el factor de corrección SAE 18.46 respecto de medición promedio de opacidad con el factor de corrección SAE es de 4.55% considerando los diferentes diámetros aplicados.
- Los porcentajes de opacidad registrados cuando se realizan las pruebas de medición induciendo fallas en dos sensores a la vez genera un incremento en la opacidad, es así que la falla combinada CMP+FRP

registra el valor de menor opacidad que es de 2.44%, mientras tanto la falla que mayor incidencia en la opacidad fue la combinación FTS+MAP con un valor medido de opacidad de 35.57 lo que significaría que para el primer caso aun cuando el vehículo tenga este mal funcionamiento de los sensores aprobaría la norma Euro III y en el segundo caso no aprobaría la prueba pues el límite máximo de la norma EURO III es de 27%,

- Los valores de opacidad registrados con fallas en tres sensores se obtuvo valores de opacidad que no sobrepasa la norma Euro III en ninguno de los casos; donde el menor valor es de 1.71% con la combinación MAP+FTS+FRP; mientras tanto la que mayor opacidad fue la combinación ECT+MAP+CMP.
- El mayor valor de opacidad registrada con 4 sensores fallando fue con la combinación MAP+CMP+ECT+FTS con un 28.66%; mientras tanto con cinco fallando a la vez FTS+ FRP+MAP+ECT+FTS+CMP la opacidad medida es de 4.31% debido a que el motor no logro alcanzar su pleno funcionamiento, en el mismo se originó ruidos anormales.
- Mediante la obtención de la gráfica de voltaje y corriente se concluyó que se trata de un inyector del tipo piezoeléctrico ya que la curva presenta un pico de apertura positiva de 70v en voltaje y 16A de corriente en un tiempo de 0.2ms y un pico negativo de 70v y aproximadamente de 16A en un tiempo de 0.2ms que sería el valor de cierre del inyector, todo este sistema del inyector piezoeléctrico es una placa de puente H quién simula las deformaciones del cuarzo en apertura y la otra deformación del cuarzo para el regreso del cuarzo a su posición normal.
- El sistema CRDI del vehículo HINO AK presenta una curva de pre-inyección la cual ayuda a disminuir los ruidos y vibraciones del motor, la curva de inyección principal es la que ayuda a generar mayor potencia para un mejor funcionamiento del vehículo. Hay que tener en cuenta que en el mercado mundial existe vehículos con múltiples inyecciones de hasta 5.

- Al estar desconectado el sensor CMP se tiene solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente disminuyen considerablemente teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 120 V y voltaje de cierre de 130 V, una corriente de activación de 12 A y una corriente de cierre de 13 A con tiempo de apertura y cierre del inyector de 1.1ms. Cabe recalcar si se desconecta el sensor CMP con el motor encendido no se apagará pero si se intenta prender el motor con el sensor desconectado el vehículo no se encenderá ya que la ECM no recibirá la señal del CMP.
- Al estar desconectado el sensor MAP las curvas de inyección cambian teniendo la curva de pre-inyección e inyección principal teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 155 V y voltaje de cierre de 150 V, una corriente de activación de 16 A y una corriente de mantenimiento de 10 A con tiempo de apertura y cierre del inyector en la pre-inyección de 0.37ms y con un tiempo de apertura y cierre de la inyección principal de 1.1ms.
- Al desconectar el sensor FRP-CMP se tiene solamente la curva de inyección principal de la misma manera el consumo de voltaje y corriente se mantiene teniendo así un consumo de voltaje de apertura de 125V y voltaje de cierre de 135V, una corriente de activación de 17 A y una corriente de mantenimiento de 9A, con tiempo de apertura y cierre del inyector de 0.8ms.
- Al desconectar el socket de la válvula SCV el motor se apaga instantáneamente esto se da porque se corta el pasó del combustible la válvula es normalmente cerrada por ende no recibe corriente para activar y abrir la válvula para el pasó de combustible.
- El combustible diesel que se expende en el país tiene altos contenidos de azufre (entre 500 a 7000ppm), por lo que no permite la incorporación al país de vehículos cuyos motores dispongan de tecnologías avanzadas para el control de emisiones de gases contaminantes y de material particulado.
- El mantenimiento del sistema de alimentación de combustible es uno de los factores de mayor importancia para no exceder los niveles de



opacidad de las unidades de la transporte de turismo COTULLARI.S.A., donde se debe tener un especial cuidado en la gestión electrónica, ya que se encontró sensores, conectores y bornes en mal estado, lo que hacía que los niveles de opacidad estén fuera del parámetro establecido por la normativa para revisión técnica.

## 6.2 Recomendaciones

- Fortalecer las iniciativas que aumenten la cantidad de proyectos referentes a sistemas CRDI ya que los vehículos actuales cuentan con esta tecnología que cada vez el sistema CRDI está enfocado en la disminución del consumo de combustible con múltiples inyecciones a su paso y esto ayuda a un mejor desempeño del vehículo como también este sistema disminuye las emisiones contaminantes.
- Revisión previa del manual de usuario antes de iniciar con el uso del equipo de prueba al igual que con el sistema de alta presión del vehículo ya que puede existir fugas.
- Realizar una revisión previa a la utilización de los equipos con cables en mal estado ya que este sistema tiene consumos de voltaje y corriente valores elevados en su funcionamiento esto puede ocasionar una descarga en circuito cerrado y dañar elementos importantes del sistema eléctrico y electrónico del vehículo o a su vez puede ocasionar una descarga hacia el personal que esté realizando las pruebas.
- Antes de la operación de los equipos de análisis de gases leer detenidamente el manual de usuario para conocer el funcionamiento, precauciones que se debe tener con el analizador de opacidad.
- Realizar inspección de los vehículos de acuerdo al manual de mantenimiento, con el fin de obtener datos exactos y evitar posibles daños en el motor.
- Tomando en cuenta la opinión de Mgs. Alex Guzmán Jefe del Departamento Técnico de la Secretaria del Ambiente, la opacidad puede ser reducida en un 10% de los límites establecidos en el país los cuales varían entre un 50% y 60% dependiendo del año de fabricación del vehículo.
- Tener precaución antes de realizar la conexión de los cables de los inyectores ya que este tipo de actuador posee polaridad en caso de una mala conexión bien puede quedar el inyector abierto o cerrado.

- Se recomienda la calibración del equipo cada dos meses de uso, utilizando lentes de opacidad certificados por la empresa para evitar lecturas erróneas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

- Bosch, R. (2005). *Sistemas de inyección diesel por acumulador common rail* (Tercera ed.). Alemania: Robert Bosch GmbH. Recuperado el 25 de Agosto de 2015
- Bosch, R. G. (2005). *Manual de la Técnica del Automóvil*. Germany: Bosch Robert GmbH.
- CAIZA, P. S. (2012). *Elaboración de un plan de mantenimiento para los automotores multimarca perteneciente a epmaps*. Quito: Epn.
- Calle, A. C. (2014). *Sistemas de Inyección en Motores Diesel*. Sevilla: Grupo de Máquinas y Motores Térmicos de Sevilla.
- CASTRO, M. D. (2002). *Sistemas electrónicos de la inyección diesel*. España: CEAC.
- CEAC. (2003). *Manual ceac del automovil*. Barcelona: CEAC.
- CERVANTES, A. I. (2015). *Diseño y construcción de un opacímetro para motores diesel*. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECAUDOR.
- Cho, S., Kariwa, & Prefecture, A. (2004). *Manual de servicio*. Japón, JAPÓN: Denso corporation. Recuperado el 10 de 02 de 2017
- Cise Electronics . (2010). *Inyectores piezoeléctricos. Inyectores diesel piezoeléctricos, 1-5*.
- Comite de Normas de Emision SAE J1667. (1996). *SAE J1667*. Estados Unidos.

- Comvil. (23 de November de 2015). *MC Diagnóstico Automotriz*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2016 Obtenido de Analizador De Gases QROTECH:  
[http://mcautomotriz.com.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=18&Itemid=19](http://mcautomotriz.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=19)
- Delphi . (2007). *Manual common rail principios de funcionamiento*. Francia: Delphi France SAS Diesel Aftermarket.
- DELPHI. (2007). *Manual common rail principios de funcionamiento* (1 de 09/2007 ed.). FRANCIA: Delphi France SAS.
- DELPHI. (01 de 09 de 2007). Principio de funcionamiento. *manual common rail*, 78.
- Denso Corporation. (2004). Manual de servicio. En D. Corporation, *Common Rail System* (pág. 90). Denso Corporation.
- Denso Corporation. (2004). *Manual de servicio Common Rail System*. DENSO CORPORATION. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016
- DHgate. (23 de November de 2015). *DHgate*. Obtenido de OBD II HUD:  
<http://www.dhgate.com/store/product/car-hud-head-up-display-obd2-speed-speed/159965114.html>
- Ecodrives. (18 de November de 2015). *Conducción Eficiente*. Obtenido de Ecodrives:  
[http://www.ecodrives.org/en/home/conduccion\\_eficiente\\_el\\_concepto.htm](http://www.ecodrives.org/en/home/conduccion_eficiente_el_concepto.htm)
- Engineering, K. (2010). Documentacion tecnica analizador de opacidad cartek 57-220. *Kodiak Engineering*, 10.
- Fredy, P. Q. (2013). *Investigación de emisiones contaminantes de vehículos que circulan dentro de la universidad técnica del norte*. Ibarra.

German. (01 de 03 de 2012). *Tecnologías automotrices especializadas*.  
obtenido de tecnologías automotrices especializadas:

Godó, J. (14 de Marzo de 2007). *LA VANGUARDIA*. Recuperado el 15 de 01  
de 2016, de MOTOR:  
<http://www.lavanguardia.com/motor/20070214/51308219723/los-vehiculos-diesel-contaminan-cuatro-veces-mas-que-los-de-gasolina.html>

Halderman, J., & Linder, J. (2011). *Automotive Fuel and Emissions Control System*. New Jersey: Prentice Hall.

HermanosGarcía, T. A. (15 de 01 de 2015). *Consejos Sistema de Alimentación, Sistema de Dirección, Sistema de Encendido, Sistema de Escape*. Obtenido de Consejos Sistema de Alimentación, Sistema de Dirección, Sistema de Encendido, Sistema de Escape:  
<http://garciahermanos.com.mx/garciah/consejos-seccion-4/>

Heywood, J. (1988). *Internal Combustion Engine*. McGraw-Hill.

HINO CORPORATION. (01 de Junio de 2015). *Hino AK*. Recuperado el 01 de  
Noviembre de 2016, de SLIDESHARE:  
[http://es.slideshare.net/arturoespinosa35/hino-ak?qid=94cea8eb-5f2a-4c0f-a3cf-cb0815b4b882&v=&b=&from\\_search=1](http://es.slideshare.net/arturoespinosa35/hino-ak?qid=94cea8eb-5f2a-4c0f-a3cf-cb0815b4b882&v=&b=&from_search=1)

Hino Motors, Ltd. (14 de Noviembre de 2016). *Manual de taller*.

Hino, Motors Ltd. (2011). *Manual de mantenimiento*. Japón.

INAMHI. (26 de Octubre de 2016). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Recuperado el 25 de Enero de 2017, de  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>.

INEN. (1988). *Norma NTE Inen 2 202*. Quito: Inen.

- INEN. (2000). Gestión ambiental. aire. vehículos automotores. determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diesel mediante la prueba estática. método de aceleración libre. *norma técnica ecuatoriana NTE inen 2 202*, 5.
- INEN. (2002). Gestión ambiental. aire. vehículos automotores. límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel. *norma técnica ecuatoriana NTE inen 2 207*, 6.
- jmarcos. (28 de 01 de 2013). *Ingeniería de calidad y metrología*. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de ingeniería de calidad y metrología: <http://www.icm-calidad.com/Articulos/acreditacion/17025versus9001>
- Kindler, H., & Kynast, H. (1984). *Matemática aplicada para la técnica del Automovil*. Barcelona: Reverté.
- Kodiak Engineering. (2015). *Analizador de opacidad cartek 57-220*. 6950 East N Avenue, Kalamazoo, Michigan, USA 49048.
- Lideres. (17 de Octubre de 2016). *Lideres*. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de lideres: <http://www.revistalideres.ec/lideres/vehiculos-seguridad-medio ambiente-regulaciones.html>
- Mafla, M., & Ortiz, M. (2007). *Metodología para certificar la calibración de Analizadores de gases y opacímetros*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Margalef, Ferrer. (2011). *Certificado de examen de modelo*. Milán.
- MARTÍNEZ, D. H. (2000). *Manual práctico del automóvil reparación y mantenimiento*. Madrid: cultural s.a.
- Matos Veleverde, M. A. (26 de 05 de 2016). *Mantenimiento Y Reparación Del Sistema De Inyección Diesel*. Recuperado el 10 de 01 de 2017, de Mantenimiento Y Reparación Del Sistema De Inyección Diesel:

<https://es.scribd.com/presentation/143771319/mantenimiento-y-reparacion-del-sistema-de-inyeccion-diesel-2-ppt>

Mecánica, A. a. (23 de November de 2015). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de Gases de Escape y Sistemas Anticontaminación: <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>

Mena, I. A. (2016). *Inamhi Boletín Agrometeorológico*. Quito.

MetAs, L. G. (02 de 2008). Opacidad. *La Guía MetAs*, 8.

Mora, & Cabezas. (2014). *Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diesel*. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.

Mafla alvear, m. o. (2007). *Metodología para certificar la calibración de analizadores de gases y opacímetros*. quito: epn.

Northeast Diesel Collaborative. (12 de Mayo de 2016). *Principales Contaminantes Atmosfericos*. Recuperado el 09 de Noviembre de 2016, de <https://www.northeastdiesel.org/aire-diesel-esp.html>

Orovio, M. (2010). *Tecnología del Automóvil*. Madrid: Paraninfo.

Pablo Daniel Luna Mora, J. F. (2010). *Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diesel*". Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.

Paucar, A. (2016). *Termografía Aplicada al Diagnóstico de un Motor HYUNDAU Diésel 2.0 CRDI de Combustión Interna*. Quito.

PAÚL ROSALES, D. P. (2012). *Construcción de bancos de entrenamiento para la capacitación en los sistemas de inyección diesel y gasolina multipunto y monopunto*. Cuenca : UPS.

PEREZ, E. R. (2017). *Investigación del Sistema de Escape y Componentes*.



- PUNINA, A. (14 de 03 de 2013). *Sistema de alimentacion diesel*. Recuperado el 02 de 11 de 2016, de sistema de alimentacion diesel: <http://soloautomotriz13.blogspot.com/2013/05/sistema-de-la-estos-motores-se-realiza.html>
- SAE. (1996). *Procedimiento de prueba de humo de aceleración para motores a diesel*. CALIFORNIA: Society of Automotive Engineers.
- SAE. (1996). *SAE-J1667*. CALIFORNIA: Society of Automotive Engineers.
- SAE-J1667. (1996). CALIFORNIA: Society of Automotive Engineers.
- Showa-cho; Kariya-shi; Aichi-ken. (2010). *Manual de servicio de operacion del sistema common rail*. japon, japon: corporation, denso. Recuperado el 01 de Noviembre de 2016
- Showa-cho; Kariya; Aichi. (2004). *Manual de servicio Common Rail System*. DENSO CORPORATION. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016
- Valencia, G. (2008). *Trazabilidad en las Mediciones de Opacidad*. Santiago de Querétaro: Centro Nacional de Metrología.
- VALLADARES Q, E. A., & torres m, a. m. (2010). *Estudio de factibilidad para la creación de un centro de revisión vehicular y control de emisión de gases de escape, previa a la matriculación y prevención de la contaminación ambiental*. Ibarra: Universidad Técnica Del Norte.
- VALVERDE, M. A. (26 de Mayo de 2013). *Mantenimiento y reparación del sistema de inyección diésel*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2016, de slideshare: <https://es.scribd.com/presentation/143771319/mantenimiento-y-reparacion-del-sistema-de-inyeccion-diesel-2-ppt>
- Volvo. (2006). Common Rail VM. En Volvo, *Common Rail* (pág. 39). Volvo.

# ANEXOS



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

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **EDWIN JAVIER MURILLO CHILIG Y DANILO PATRICIO BALAREZO SORIA.**

En la ciudad de Latacunga, a los **diecisiete días del mes de febrero del 2017.**



**ING. LEÓNIDAS QUIROZ  
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**Aprobado por:**



**ING. DANILO ZAMBRANO  
DIRECTOR DE CARRERA**



**DR. JUAN CARLOS DÍAZ  
SECRETARIO ACADÉMICO**