

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE MOTORES CRDi (COMMON RAIL DIRECT  
INJECTION) A TRAVÉS DE FORMAS DE ONDA PROCESADAS POR  
OSCILOSCOPIO**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER (MSc) EN  
SISTEMAS AUTOMOTRICES**

**CASTRO MEDIAVILLA JUAN JOSÉ**

**juanjcastro25@hotmail.com**

**SALAZAR MONTALVAN MIGUEL ANGEL**

**masm2581@hotmail.com**

**DIRECTOR: MSc. ING. JORGE ENRIQUE MARTÍNEZ CORAL**

**mcjorge7@hotmail.com**

**QUITO, SEPTIEMBRE 2015**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Juan José Castro Mediavilla y Miguel Ángel Salazar Montalván, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Juan José Castro Mediavilla

---

Miguel Ángel Salazar Montalván

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan José Castro Mediavilla y Miguel Ángel Salazar Montalván bajo mi supervisión.

---

MSc. Ing. Jorge Martínez Coral.  
DIRECTOR DE TESIS

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios, a Jesús y la Virgen María gracias por bendecirme y haberme dado la vida y la oportunidad de poder presentar este trabajo para que sirva de aporte a la sociedad

Agradezco mucho a mis padres Juan Marcelino y Consuelito que han sido mi luz y me han sabido guiar por el buen camino y nunca desmayar en las adversidades que se presentan en el transcurso de la vida.

A mis hermanas María Fernanda, Tatiana, Rocío, Mónica y mi sobrino Juan Sebastián que siempre he contado con su apoyo en las cosas que me he propuesto realizar.

Gracias a la vida por haberme puesto en mi camino personas como Jorge Martínez mi director que siempre tuvo la paciencia y las ganas para que logremos terminar la tesis, muchas gracias también a mi compañero Miguel Ángel que con empeño realizamos el trabajo y terminamos de manera conjunta la tesis

Agradecimiento muy especial a mi novia Cristina, que ha sabido empujarme para que termine de realizar este trabajo, gracias flaca por acolitarme en los momentos que tenía que salir a realizar la tesis y presionarme para culminar una meta más en mi vida gracias mil.

Juan José



## **DEDICATORIA**

Esta obra se la dedico a las personas que cuando se encontraban con vida me dieron todo su amor, cariño, comprensión, paciencia y sabiduría a ellos: Mamita Juana, Papito Pepe, Mamita Ramona (pina) y Papá Juanito, mis abuelitos que los extraño y que siempre les recordaré y sé, que están en el cielo con Dios, muchas gracias por todo mis abuelitos queridos.

**Juan José**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
RESUMEN .....	xvii
PRESENTACIÓN.....	xviii
CAPITULO I.....	1
OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDi.....	1
1.1.1. OBJETIVOS .....	4
1.1.2. JUSTIFICACIÓN .....	5
1.1.3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDi.....	6
1.1.4. COMPOSICIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE .....	7
1.1.5. COMPONENTES DE LA LÍNEA DE BAJA PRESIÓN .....	7
1.2. COMPONENTES DE LA LÍNEA DE ALTA PRESIÓN. ....	9
1.2.1. BOMBA DE ALTA PRESIÓN.....	10
1.2.2. SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL DE COMBUSTIBLE (RPS).....	11
1.2.3. RIEL COMÚN.....	11
1.2.4. CAÑERÍAS DE ALTA PRESIÓN .....	12
1.2.5. INYECTOR.....	12
1.2.6. VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV) .....	14
1.3. CONTROL DEL SISTEMA DE INYECCIÓN.....	15
1.3.1. FORMAS DE ONDA DE SENSORES Y ACTUADORES.....	15

1.3.2.	UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO DEL MOTOR (ECU) .....	15
1.3.2.1.	CONTROL DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE.....	16
1.3.2.2.	CONTROL DE FLUJO DE COMBUSTIBLE. ....	16
1.3.2.3.	CONTROL DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE .....	17
1.3.2.3.1.	CONTROL DEL TIEMPO DE INYECCIÓN PRINCIPAL .....	17
1.3.2.3.2.	CONTROL DE LA INYECCIÓN PILOTO.....	17
1.3.2.3.3.	CONTROL DE POST-INYECCIONES. ....	18
1.3.3.	SENSOR DEL PEDAL DEL ACELERADOR (APS) .....	19
1.3.4.	SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO (BPS).....	19
1.3.5.	SENSOR BAROMÉTRICO (BARO) .....	20
1.3.6.	SENSOR DE TEMPERATURA DE COMBUSTIBLE (FTS) .....	20
1.3.7.	SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM).....	21
1.3.8.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE (IAT).....	22
1.3.9.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (ECT).....	22
1.3.10.	SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP) .....	23
1.3.11.	SENSOR POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS (CMP) .....	23
1.3.12.	SENSOR DE DETONACIÓN (KS).....	24
1.3.13.	ACTUADOR DEL TURBOCARGADOR.....	25
1.3.14.	ACTUADOR DE LA VÁLVULA DE RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE (EGR).....	26
CAPITULO II.....		27
PLANIFICACIÓN E INVESTIGACIÓN .....		27
2.1.	INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL .....	27
2.2.	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	29
2.2.1.	PRUEBAS PRELIMINARES.....	29
2.2.2.	PRUEBAS ESTÁTICAS .....	29
2.2.3.	PRUEBAS DINÁMICAS.....	30

2.2.4.	PRUEBAS DEFINITIVAS.....	32
2.3.	PLANIFICACIÓN DE PRUEBAS.....	34
2.4.	VEHÍCULO DE PRUEBAS.....	34
2.5.	CONDICIONES FÍSICAS.....	36
2.5.1.	TERRENO Y FACTORES AMBIENTALES.....	37
2.5.2.	ALTURA Y PRESIÓN BAROMÉTRICA.....	37
2.5.3.	VELOCIDAD Y DISTANCIA.....	37
2.6.	EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DE PRUEBAS.....	37
2.6.1.	TERMO HIGRÓMETRO Y ALTÍMETRO.....	38
2.6.2.	CELULAR SMARTPHONE CON GPS INCORPORADO.....	38
2.6.3.	ESCÁNER DE DIAGNÓSTICO SCAN 100.....	40
2.6.4.	OSCILOSCOPIO WARELEAD EZ-SCOPE M1.....	41
	CAPITULO III.....	43
	MEDICIÓN FORMAS DE ONDA.....	43
3.1.	CONDICIONES MECÁNICAS.....	43
3.2.	PREPARACIÓN DE CONDICIONES.....	43
3.3.	TABLAS DE VALORES DE SENSORES Y ACTUADORES.....	44
3.3.1.	PRUEBAS ESTÁTICAS.....	45
3.3.1.1.	SEÑAL DEL SENSOR DEL PEDAL DE ACELERACIÓN (APS) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	45
3.3.1.2.	SEÑAL DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	45
3.3.1.3.	SEÑAL DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	46
3.3.1.4.	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	47
3.3.1.5.	AVANCE DE LA INYECCIÓN PRINCIPAL RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	47

3.3.1.6. AVANCE A LA INYECCIÓN PILOTO RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	48
3.3.1.7. SEÑAL DE PRESIÓN DEL TURBO RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	49
3.3.1.8. SEÑAL DEL SENSOR DE DETONACIÓN (KS) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	49
3.3.1.9. SEÑAL DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE (FTS) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES. ....	50
3.3.1.10. SEÑAL DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE (IAT) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES. ....	50
3.3.1.11. SEÑAL DEL ACTUADOR DEL TURBO RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	51
3.3.1.12. SEÑAL DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES. ....	51
3.3.1.13. SEÑAL DEL ACTUADOR DE LA EGR RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.....	52
3.3.2. PRUEBAS DINÁMICAS .....	53
3.3.2.1. VELOCIDAD DEL VEHÍCULO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO DE MANEJO. ....	53
3.3.2.2. REVOLUCIONES DEL MOTOR RESPECTO AL TIEMPO DE CICLO MANEJO.....	53
3.3.2.3. SEÑAL DEL SENSOR DEL PEDAL DE ACCELERACIÓN (APS) RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO .....	54
3.3.2.4. SEÑAL DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS) RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO. ....	55
3.3.2.5. SEÑAL DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM) RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	55
3.3.2.6. SEÑAL DE LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	56

3.3.2.7. SEÑAL DE AVANCE DE LA INYECCIÓN PRINCIPAL RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	57
3.3.2.8. SEÑAL DE AVANCE DE LA INYECCIÓN PILOTO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	57
3.3.2.9. SEÑAL DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	58
3.3.2.10. SEÑAL DEL SENSOR DE DETONACIÓN (KS) DEL MOTOR RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	59
3.3.2.11. SEÑAL DEL ACTUADOR DEL TURBO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	59
3.3.2.12. SEÑAL DE FLUJO DEL ACTUADOR DE LA EGR RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	60
3.3.2.13. SEÑAL ACTUADOR DE EGR RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	61
3.3.2.14. SEÑAL DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV) RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.....	61
CAPITULO IV.....	62
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	62
4.1. PRUEBAS ESTÁTICAS ALTURA VS NIVEL DEL MAR.....	62
4.1.1. FORMAS DE ONDA DE LOS INYECTORES.....	62
4.1.2. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR (APS).....	64
4.1.3. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGUEÑAL (CKP).....	66
4.1.4. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS (CMP).....	68
4.1.5. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM).....	70
4.1.6. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO.....	72
4.1.7. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL.....	74

4.1.8.	FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE DETONACIÓN.....	76
4.1.9.	FORMAS DE ONDA DEL ACTUADOR DEL TURBO .....	78
4.1.10.	FORMAS DE ONDA DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV) .....	81
4.1.11.	FORMAS DE ONDA DE LA VÁLVULA ACTUADORA DEL EGR (EXHAUST GAS RECIRCULATION).....	83
4.2.	PRUEBAS DINÁMICAS ALTURA VS NIVEL DEL MAR.....	85
4.2.1.	FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR APS 1 Y APS 2 EN EL CICLO DE PRUEBA. ....	86
4.2.2.	FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL DURANTE EL CICLO DE PRUEBA. ....	87
4.2.3.	FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO EN EL CICLO DE PRUEBAS .....	88
4.2.4.	FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE EN EL CICLO DE PRUEBAS .....	89
4.2.5.	FORMA DE ONDA DE LOS ACTUADORES IMV, DEL TURBO Y EGR DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.....	90
4.2.5.1.	DESCRIPCIÓN DEL IMV. ....	92
4.2.5.2.	DESCRIPCIÓN DEL ACTUADOR DEL TURBO.....	92
4.2.5.3.	ACTUADOR DEL EGR.....	92
4.2.6.	FORMAS DE ONDA DE LOS SENSORES DE DETONACIÓN, POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS Y CIGÜEÑAL DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS .....	93
4.2.6.1.	DESCRIPCIÓN DEL SENSOR DE DETONACIÓN .....	94
4.2.6.2.	DESCRIPCIÓN DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS. ....	94
4.2.6.3.	DESCRIPCIÓN DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL...	95
4.2.7.	FORMAS DE ONDA DEL INYECTOR DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.....	95

4.2.8. VOLTAJES DE LOS SENSORES Y ACTUADORES.....	98
CAPITULO V.....	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
5.1. CONCLUSIONES.....	99
5.2. RECOMENDACIONES .....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Comparación de presión de inyección.....	2
Figura 1. 2 Evolución sistemas Riel Común .....	2
Figura 1. 3 Desarrollo de la presión de inyección.....	3
Figura 1. 4 Esquema básico riel común .....	6
Figura 1. 5 Circuito hidráulico de la línea de combustible ( Alta presión y Transferencia).....	7
Figura 1. 6 Circuito hidráulico de la línea de combustible de baja presión (Bomba de cebado manual).....	8
Figura 1. 7 Circuito hidráulico de la línea de combustible de baja presión (Bomba eléctrica).....	8
Figura 1. 8 Circuito hidráulico de la línea de combustible de alta presión (Bomba con generador de alta presión) .....	9
Figura 1. 9 Circuito hidráulico de la línea de combustible de alta presión (Bomba con sistema de transferencia y alta presión) .....	10
Figura 1. 10 Bomba sistema Delphi de alta presión .....	10
Figura 1. 11 Sensor de presión de combustible .....	11
Figura 1. 12 Riel común de combustible .....	12
Figura 1. 13 Cañerías de alta presión de combustible.....	12
Figura 1. 14 Componentes del inyector y conductos de combustible .....	13
Figura 1. 15 Válvula de control de ingreso de combustible .....	14
Figura 1. 16 Señales de entrada y salida .....	15



Figura 1. 17 Unidad de control electrónico del motor .....	16
Figura 1. 18 Sensor pedal del acelerador.....	19
Figura 1. 19 Sensor de presión del turbo .....	20
Figura 1. 20 Sensor de temperatura de combustible .....	21
Figura 1. 21 Sensor de flujo de aire .....	21
Figura 1. 22 Sensor de temperatura de refrigerante.....	22
Figura 1. 23 Sensor de posición del cigüeñal .....	23
Figura 1. 24 Sensor de posición del eje de levas .....	24
Figura 1. 25 Sensor de detonación .....	24
Figura 1. 26 Solenoide de control del turbo .....	25
Figura 2.1 a Ciclo básico de investigación experimental de Carles Riba .....	28
Figura 2.1 b Ciclo básico de investigación experimental propuesto.....	28
Figura 2. 1 Ciclo propuesto: Velocidad vs Tiempo .....	32
Figura 2. 2 Punto de control 1 .....	33
Figura 2. 3 Punto de control 2 .....	33
Figura 2. 4 Ssangyong Kyron.....	35
Figura 2. 5 Conexión adicional al harness principal del motor .....	36
Figura 2. 6 Caja de control para conexión del osciloscopio .....	36
Figura 2. 7 (Termo higrómetro y Altímetro) .....	38
Figura 2. 8 Nokia C6 01 con GPS incorporado.....	39
Figura 2. 9 Aplicación para Smart Phone Sports Tracker .....	40
Figura 2. 10 Página de monitoreo Sports Tracker .....	40
Figura 2. 11 Escáner de diagnóstico SCAN 100 .....	41
Figura 2. 12 Osciloscopio Warelead EZ-SCOPE M1 .....	42
Figura 3. 1 Pasos previos para la obtención de oscilogramas .....	43
Figura 3. 2 Señal APS respecto a las revoluciones .....	45
Figura 3. 3 Señal presión del riel de combustible respecto a las revoluciones .....	46
Figura 3. 4 Señal sensor de flujo de aire respecto a las revoluciones .....	46
Figura 3. 5 Cantidad de combustible inyectado respecto a las revoluciones .....	47
Figura 3. 6 Avance de la inyección principal respecto a las revoluciones .....	48
Figura 3. 7 Avance de la inyección piloto respecto a las revoluciones .....	48
Figura 3. 8 Señal de presión del turbo respecto a las revoluciones .....	49
Figura 3. 9 Señal de vibración o ruido del motor respecto a las revoluciones .....	49

Figura 3. 10 Señal del sensor de temperatura de combustible respecto a las revoluciones .....	50
Figura 3. 11 Señal del sensor de temperatura del aire respecto a las revoluciones .....	50
Figura 3. 12 Señal del actuador del turbo respecto a las revoluciones .....	51
Figura 3. 13 Señal de la válvula IMV respecto a las revoluciones .....	51
Figura 3. 14 Señal del actuador de la EGR respecto a las revoluciones .....	52
Figura 3. 15 Comparación de ciclos (0 msnm, 2300 msnm y teórico) .....	53
Figura 3. 16 Señal del sensor del eje del cigüeñal respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	54
Figura 3. 17 Porcentaje (%) sensor (APS) respecto al ciclo de manejo .....	54
Figura 3. 18 Señal del sensor de presión del riel con respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	55
Figura 3. 19 Señal del sensor de flujo de aire respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	56
Figura 3. 20 Señal de combustible inyectado respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	56
Figura 3. 21 Señal de avance de la inyección principal respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	57
Figura 3. 22 Señal de avance de la inyección piloto respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	58
Figura 3. 23 Señal del sensor de presión del turbo respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	58
Figura 3. 24 Señal del sensor de detonación del motor respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	59
Figura 3. 25 Señal del actuador del turbo respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	60
Figura 3. 26 Señal del flujo del actuador de la EGR respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	60
Figura 3. 27 Señal del actuador de la EGR respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	61
Figura 3. 28 Señal de la (IMV) respecto al tiempo del ciclo de manejo .....	61

Figura 4. 1 Forma de onda de los inyectores .....	62
Figura 4. 2 Pulso de inyección respecto a las rpm. ....	63
Figura 4.3 Forma de onda del APS1 y APS 2. ....	64
Figura 4. 4 Forma de onda del APS 1 y APS 2. ....	65
Figura 4. 5 Voltaje del sensor de posición del acelerador respecto a las revoluciones del motor.....	66
Figura 4. 6 Forma de onda del CKP .....	66
Figura 4. 7 Forma de onda del CKP.....	67
Figura 4. 8 Voltaje del sensor del eje del cigüeñal CKP respecto a las revoluciones del motor.....	68
Figura 4. 9 Forma de onda del CMP en diferentes estados de aceleración.....	69
Figura 4.10 Voltaje del sensor de eje de levas CMP respecto a las revoluciones del motor.....	70
Figura 4.11 Forma de onda del HFM en diferentes estados de aceleración.....	71
Figura 4. 12 Voltaje del sensor de flujo de aire respecto a las revoluciones del motor.....	72
Figura 4. 13 Forma de onda del sensor de presión del turbo .....	73
Figura 4. 14 Voltaje del sensor de presión del turbo respecto a las revoluciones del motor.....	73
Figura 4. 15 Forma de onda del sensor de presión del riel.....	74
Figura 4. 16 Voltaje del sensor de presión del riel respecto revoluciones del motor.....	75
Figura 4. 17 Forma de onda del sensor de detonación en contacto y ralentí.....	77
Figura 4. 18 Voltaje del sensor de detonación respecto a las revoluciones del motor.....	78
Figura 4. 19 Forma de onda del actuador del turbo en diferentes estados de aceleración.....	79
Figura 4. 20 Voltaje del actuador del turbo vs revoluciones del motor .....	80
Figura 4. 21 Forma de onda del IMV en diferentes estados de aceleración .....	81
Figura 4. 22 Ciclo de trabajo (-) de la IMV respecto a las revoluciones del motor .....	82
Figura 4. 23 Forma de onda del EGR en diferentes estados de aceleración.....	83

Figura 4. 24 Voltaje del actuador del EGR respecto a las revoluciones del motor.....	84
Figura 4. 25 Zonas de análisis de la prueba dinámica.....	85
Figura 4. 26 Forma de onda APS en el ciclo de prueba .....	86
Figura 4. 27 Forma de onda del sensor de presión del riel en el ciclo de prueba.....	87
Figura 4. 28 Forma de onda del sensor de presión del turbo en el ciclo de prueba.....	88
Figura 4. 29 . Forma de onda del sensor de flujo de aire en el ciclo de prueba ....	89
Figura 4. 30 Referencia para la obtención de formas de onda IMV, Turbo y EGR.....	90
Figura 4. 31 Prueba dinámica de los actuadores de la IMV, Turbo y EGR .....	91
Figura 4. 32. Prueba dinámica de los sensores de golpe, de posición del eje de levas y de posición del cigüeñal .....	94
Figura 4. 33 . Prueba dinámica del inyector .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Lugares de pruebas definitivas.....	33
Tabla 2. 2 Especificaciones del vehículo de pruebas .....	35
Tabla 2. 3 Especificaciones Técnicas Equipo Brunton ADC PRO .....	38
Tabla 2. 4 Características GPS .....	39
Tabla 2. 5 Características del Scanner.....	41
Tabla 2. 6 Características del osciloscopio EZ-SCOPE M1.....	42
Tabla 3. 1 Formato para datos Prueba Estática .....	44
Tabla 3. 2 Formato para datos Prueba Dinámica .....	44
Tabla 4.1 Pulso de inyección y voltaje de inyectores. ....	63
Tabla 4. 2 Valores de voltaje del sensor de posición del acelerador APS. ....	66
Tabla 4. 3 Valores de voltaje del CKP .....	68
Tabla 4. 4 Valores de voltaje del sensor de posición del eje de levas CMP .....	70
Tabla 4. 5 Valores de voltaje del sensor de flujo de aire. ....	71
Tabla 4. 6 Valores de voltaje del sensor de presión del turbo. ....	73
Tabla 4. 7 Valores de voltaje del sensor de presión del riel.....	75
Tabla 4. 8 Valores de voltaje del sensor de detonación .....	77

Tabla 4. 9 Valores de ciclo de trabajo (-) y voltaje del actuador del turbo .....	79
Tabla 4. 10 Valores de voltaje del actuador del IMV .....	82
Tabla 4. 11 Valores de voltaje del actuador del EGR .....	84
Tabla 4. 12 Zonas de análisis para pruebas dinámicas .....	86
Tabla 4. 13 Valores de voltaje del APS 1 y APS 2 en puntos significativos de la prueba de ruta .....	86
Tabla 4. 14 Valores de voltaje del sensor de presión del riel durante el ciclo de prueba .....	87
Tabla 4. 15 Valores de voltaje del sensor de presión del turbo durante el ciclo de prueba.....	88
Tabla 4. 16 Valores de voltaje del sensor de flujo de aire durante el ciclo de prueba.....	89
Tabla 4. 17 Valores de voltaje de los actuadores de la IMV, actuador del turbo y actuador del EGR el ciclo de prueba.....	90
Tabla 4. 18 Valores de voltaje de los sensores de detonación, de posición del eje de levas y de posición del cigüeñal durante el ciclo de prueba .....	93
Tabla 4. 19 Valores de Tiempo de inyección principal y preinyección .....	95
Tabla 4. 20 Voltaje de los sensores y actuadores en los diferentes estados de prueba.....	98

## RESUMEN

La presente investigación inicia indicando los sistemas de inyección diésel convencional y los sistemas de inyección diésel riel común, destacando las ventajas de disminuir el consumo de combustible, el ruido y la reducción de gases contaminantes al medio ambiente.

Luego se detalla la razón que motivó para realizar la investigación y la importancia que tiene el tema en nuestra sociedad.

En la parte teórica se describe la composición de los sistemas de combustible de riel común, los diferentes componentes, los sensores y actuadores que se analizaron durante las pruebas tanto en la altura como a nivel del mar.

Posteriormente se determinó el ciclo de experimentación ajustado a la investigación realizada, se estableció el protocolo de pruebas, ciclo de manejo y lugares a realizar las pruebas. Se muestra el vehículo de pruebas, los equipos de medición que van a ser utilizados y posteriormente se realizan las mediciones con el osciloscopio para la recopilación de datos de las diferentes pruebas realizadas tanto estáticas como dinámicas.

El análisis de resultados de las pruebas estáticas y dinámicas muestra datos interesantes sobre el comportamiento del vehículo tanto en la altura como a nivel del mar. El detalle de los oscilogramas nos permite comprender de manera clara el funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema riel común.

Finalmente se agrega anexos los cuales contienen mucha información de las pruebas realizadas, manual de conexión de los equipos al vehículo y diagramas eléctricos.

## PRESENTACIÓN

En la actualidad la gestión electrónica en los sistemas de inyección diesel está en vehículos livianos y pesados, por lo que su conocimiento, difusión y aplicación son importantes, debido a que este tipo de vehículos están presente en nuestro país.

La presente investigación pretende aportar a los técnicos y entidades que trabajan en el área automotriz con información que será de mucha utilidad debido que los datos son obtenidos en dos regiones del Ecuador, a nivel del mar y la altura de la sierra. Los fabricantes de vehículos no difunden este tipo de información y la que entregan son datos obtenidos de pruebas realizadas a nivel del mar.

La investigación se realizó a 0 msnm y a 2300 msnm, alturas en las cuales se realizaron pruebas estáticas y dinámicas y se determinaron horas específicas en el día, para evitar tráfico de vehículos y con ello garantizar el cumplimiento idóneo del ciclo de prueba.

Se ocuparon equipos muy modernos y sofisticados para la recopilación de datos, tanto en las pruebas estáticas como en las dinámicas, para su posterior análisis.

Con la obtención y análisis de datos se comprueba que los sistemas de inyección de combustible riel común es un sistema muy eficiente, comparado con los sistemas de inyección diésel convencionales.

Todo esto garantiza que el trabajo realizado será de gran aporte al sector automotriz

# CAPITULO I

## OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### 1.1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDi

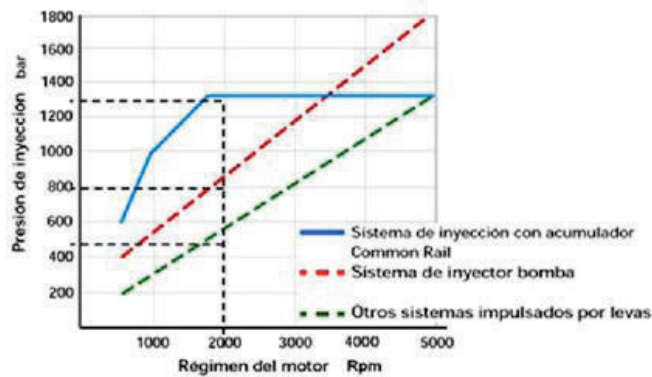
La tecnología Riel Común mejora el proceso de pulverización del combustible obteniendo una economía de 25 a 35% en comparación con un motor diesel de inyección mecánica y una importante reducción de ruido, debido a una operación de temporización más sincronizada.

Los motores diesel convencionales de inyección directa en repetidas ocasiones deben generar la presión del combustible para cada inyección. Pero en los motores CRDi (Inyección Directa Riel Común), la presión es de manera independiente de la secuencia de inyección y se mantiene permanentemente en la línea de combustible. El sistema CRDi utiliza sensores para proporcionar datos en tiempo real para realizar el proceso de inyección, además la generación de alta presión constante de hasta 1600 bares y con ayuda de la gestión electrónica del motor se consigue una sincronización y cantidad de combustible inyectado adecuado para un rendimiento óptimo de los motores.

La generación de presión y la inyección de combustible son independientes una de otra. Esto es una ventaja importante de inyección del sistema CRDi (Inyección Directa Riel Común), comparado con los sistemas convencionales de inyección de combustible, este sistema aumenta la capacidad de control de los procesos individuales de inyección y atomización del combustible pulverizándolo aún más, ahorrando combustible y reduciendo las emisiones.

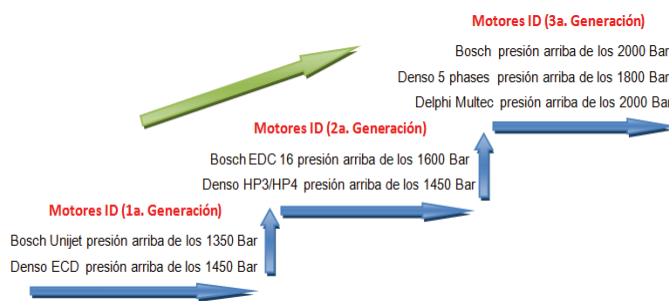
Así mismo el aumento de la presión de alimentación de combustible en estos sistemas en comparación a otros sistemas de inyección diesel convencionales hace que se obtengan altas presiones de inyección a bajas revoluciones con ello una mejor combustión en el motor diesel. (Figura 1.1).





**Figura 1. 1** Comparación de presión de inyección<sup>1</sup>

La evolución de los sistemas Riel Común se basa en el aumento de la presión de combustible y su manera de gestionar su inyección. En la (figura 1.2), se aprecia como ha evolucionado los diferentes sistemas.



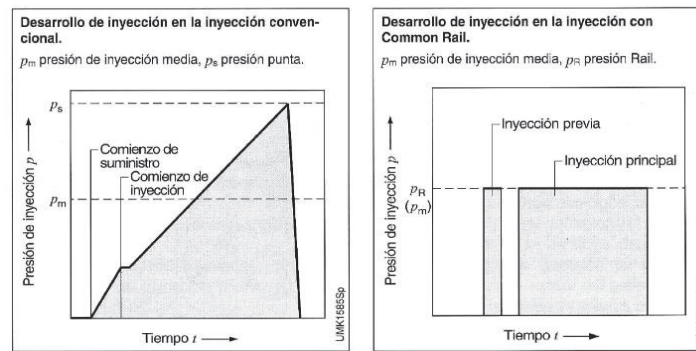
**Figura 1. 2** Evolución sistemas Riel Común

La generación de presión está separada de la dosificación y de la inyección de combustible, esto tiene la ventaja de obtener una presión de inyección constante que no dependa del número de revoluciones (en altas rpm).

Adicionalmente las variaciones en el momento del avance o retraso de la inyección es mucho más grande, lo que provoca que motores equipados con el sistema Riel Común sean más versátiles y desarrollen su mayor rendimiento en toda gama de revoluciones.

En la (Figura 1.3), se muestra la definición de la presión en función del tiempo y se muestra la inyección previa.

<sup>1</sup> Alarcón, C Jaramillo J. (2007), Guía para el diagnóstico del sistema de inyección CRDi Bosch,. Tesis de pregrado en Ingeniería Automotriz, Universidad Salesiana, Cuenca.(Cap 1; Pág 9)



**Figura 1. 3** Desarrollo de la presión de inyección

Estos sistemas tienen posibilidad de tener inyección piloto (preinyección), inyección principal y en algunos casos una post-inyección (inyección posterior).

La inyección piloto comienza antes de la inyección principal y es una pequeña cantidad de combustible inyectado para ayudar a la combustión correcta y ambientar la cámara de combustión reduciendo el ruido y la vibración.

La inyección principal aporta la energía para el trabajo realizado por el motor. Así mismo es responsable de la generación del par motor. La magnitud de la presión de inyección es casi constante durante todo el proceso.

La post-inyección sigue a la inyección principal durante el tiempo de expansión o de expulsión, hasta  $200^\circ$  del cigüeñal después del PMS (Punto Muerto Superior)<sup>2</sup>. Esta o varias inyecciones se introducen en los gases de escape, con una cantidad de combustible exactamente dosificada. Al contrario de la inyección piloto y principal, el combustible no se quema sino se evapora por el calor residual en los gases de escape/combustible y es conducida en el tiempo de expulsión, a través de las válvulas de escape.

Mediante la retroalimentación de gases de escape se conduce otra vez una parte del combustible a la combustión y actúa como una inyección piloto muy avanzada. El combustible en los gases de escape sirve como medio reductor del óxido de nitrógeno (NOx) en catalizadores apropiados.

<sup>2</sup> Bennett S, (2013). Medium/Heavy Duty Truck Engines, Fuel and Computerized Management Systems, (pp. 828). EEUU. (Cap. 46; Pág. 828)

De lo anteriormente descrito se tiene varias ventajas de los sistemas Riel Común y son:

- Presión de combustible disponible bajo demanda.
- Alta presión de inyección y atomización fina de combustible.
- Presión de inyección no varía en altas rpm del motor.
- Inyecciones múltiples por cilindro son posibles.

Además de los beneficios siguientes:

- Reducción de emisiones de escape.
- Reducción de emisiones de material particulado.
- Reducción de ruido.
- Eficiencia en el consumo de combustible.
- Alto rendimiento de los motores.

### **1.1.1. OBJETIVOS**

En la presente investigación se establecerán y analizarán las diversas formas de obtener las ondas generadas de los sensores y actuadores, obtenidos con osciloscopio en un motor diesel CRDi (Common Rail Direct Injection).

Se llegará a obtener las diferentes formas de onda de los sensores y actuadores del motor CRDi con osciloscopio, en dos lugares geográficos, a 0 msnm con otra a 2300 msnm y se establecerá la metodología para interpretar cada una de las señales obtenidas, para elaborar un patrón de ondas y realizar las comparaciones respectivas con los manuales de los vehículos con motor CRDi.

Se analizarán los resultados obtenidos con criterios técnicos para realizar un documento que sea fácil de entender e interpretar, para que sea un aporte al área técnica del sector automotriz.

Mediante este trabajo se busca incentivar a las nuevas generaciones de estudiantes para que realicen investigaciones de carácter técnico en las condiciones geográficas de nuestro país, debido que la mayoría de literatura técnica se la obtiene con datos realizados a nivel del mar.

Se recopilarán datos y se mostrará toda la investigación realizada de las formas de ondas generadas de los sensores y actuadores para que sean el inicio de estudios más profundos en el futuro.

### **1.1.2. JUSTIFICACIÓN**

El avance de la electrónica está presente en muchas áreas y aplicaciones de la vida moderna, en el campo automotriz no es la excepción. El vertiginoso avance tecnológico permite llegar de una forma casi certera y eficiente a las distintas fallas de los vehículos, el osciloscopio es una de las herramientas que permite una gran versatilidad en el diagnóstico, ya que permite graficar en tiempo real el comportamiento de una señal u orden, es decir no solo brinda un parámetro numérico sino también gráfico.

En base a escalas usadas en el osciloscopio se obtienen señales que son fáciles de interpretar, estas a su vez se las puede analizar, grabar, transferir y registrar.

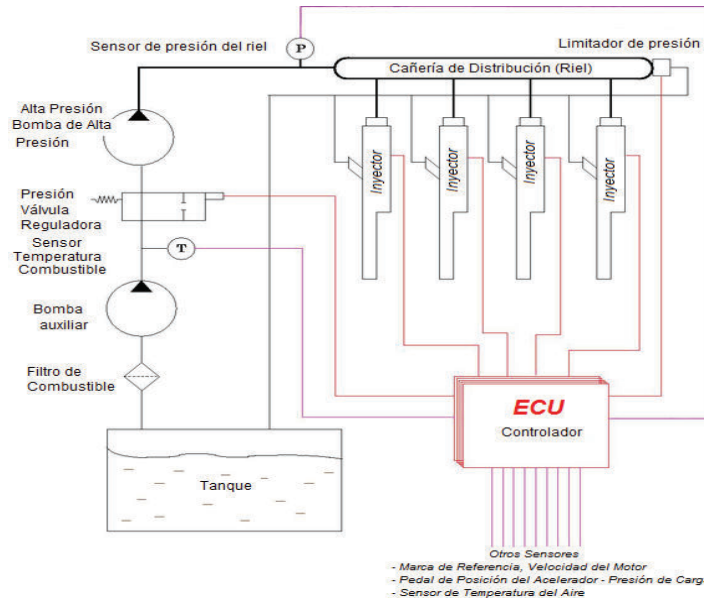
La capacidad de análisis se multiplica y el tiempo de diagnóstico se reduce, siendo más efectivo y en menor tiempo. Los técnicos que no entren en el rol de 'capacitación constante' van a sufrir los efectos de un mundo que avanza a pasos agigantados, especialmente en el campo automotriz.

La falta de aplicación con el uso del osciloscopio como herramienta fundamental de diagnóstico en talleres y concesionarios automotrices, conlleva a que se desperdicie tiempo y recursos económicos en determinar fallas específicas en motores con control electrónico, así como también molestias causadas para el propietario que pierde tiempo y dinero dejando su vehículo en un proceso de diagnóstico y reparación.

Adicionalmente la realización de este estudio generará una fuente de información para universidades e instituciones educativas técnicas, ya que esta información es de tipo práctica y real.

### 1.1.3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI

Es esencialmente igual a la inyección multipunto de un motor de gasolina, en la cual hay un conducto común para todos los inyectores, con la diferencia de que los motores diesel trabajan a una presión más alta. Para ello se recurre a unos orificios más pequeños, dispuestos radialmente en la punta del inyector (tobera), compensando esta pequeña sección de paso con una presión mucho mayor.



**Figura 1. 4** Esquema básico riel común

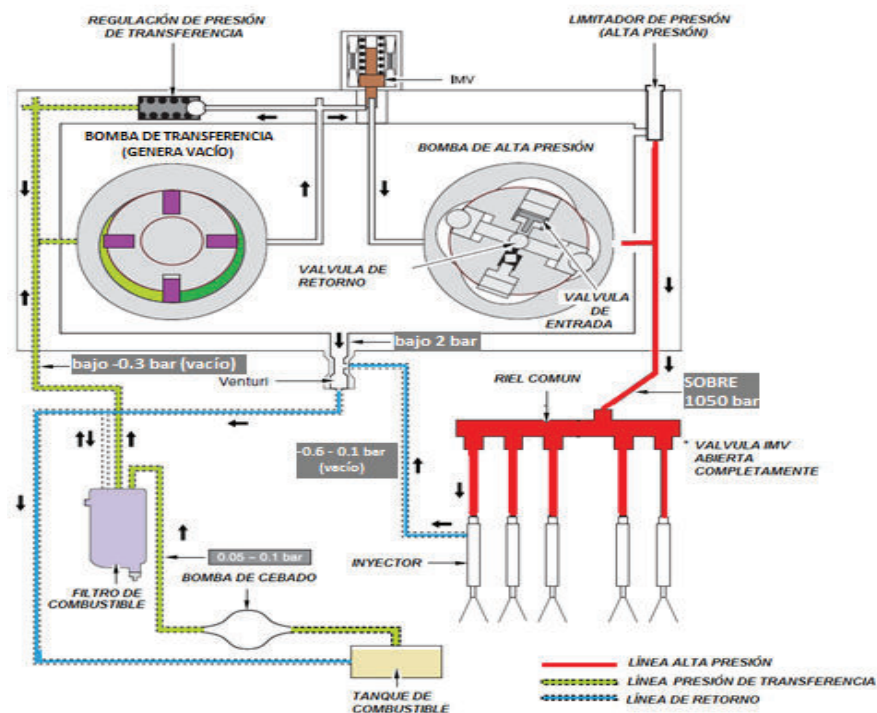
El combustible almacenado en el tanque a baja presión, es aspirado por una bomba de transferencia que puede estar internamente en la bomba de alta presión o presurizado por una bomba eléctrica dentro del tanque de combustible, las presiones de inyección pueden variar desde unos 300 bar hasta 1600 bar, según las condiciones de funcionamiento.

La bomba eleva el combustible a alta presión y transfiere a la línea de alimentación común "Riel Común", que se distribuye a los inyectores.

La apertura de los inyectores es controlada por la Unidad de Control Electrónico (ECU), además mejora el funcionamiento y reduce los niveles de emisiones de gases de escape, el sistema "Riel Común" permite al motor diésel alcanzar nuevas metas en nuestro mundo siempre exigente (Figura 1.4).

### 1.1.4. COMPOSICIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

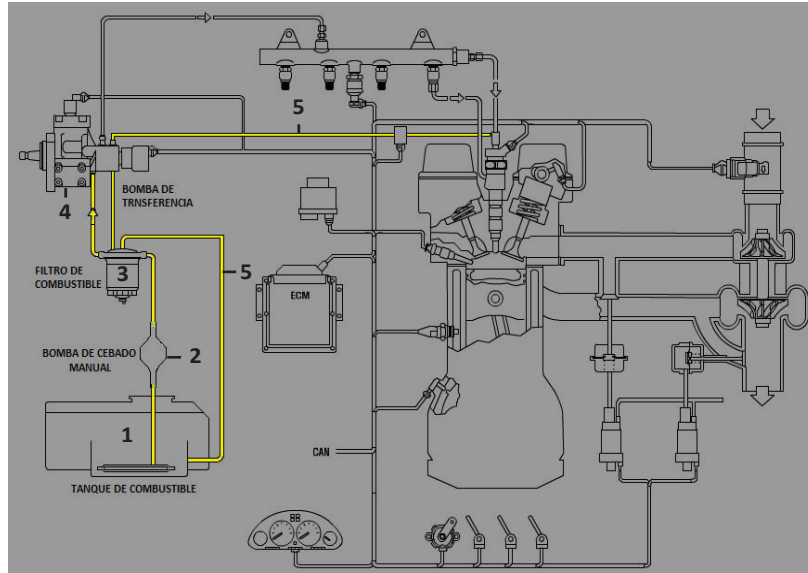
Los componentes en el sistema de combustible (Figura 1.5) son diseñados para generar y distribuir alta presión, los que son controlados electrónicamente por la ECU (Unidad de Control Electrónico), en consecuencia el sistema de combustible CRDi, es completamente diferente de los sistemas de inyección diésel convencionales.



**Figura 1. 5** Circuito hidráulico de la línea de combustible (Alta presión y Transferencia)

### 1.1.5. COMPONENTES DE LA LÍNEA DE BAJA PRESIÓN

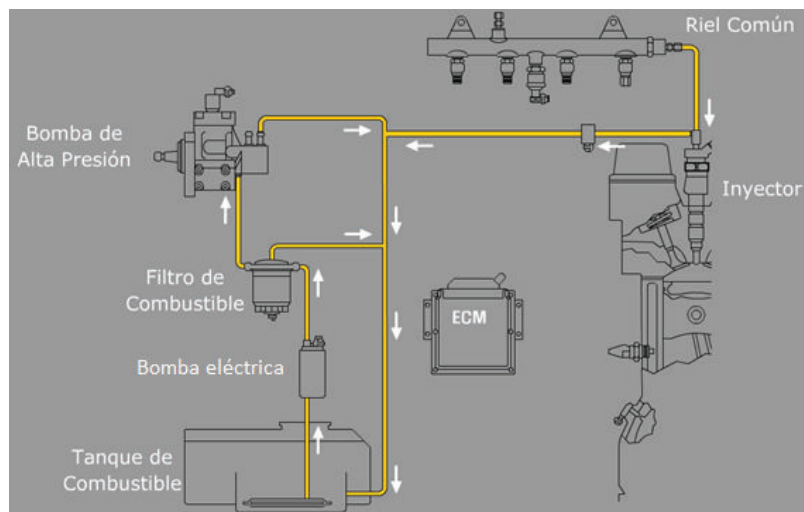
El circuito de baja presión (Figura 1.6) sirve para proveer combustible suficiente a la sección de alta presión y los componentes son los mencionados a continuación:



**Figura 1. 6** Circuito hidráulico de la línea de combustible de baja presión (Bomba de cebado manual)

1. Tanque de combustible.
2. Bomba de cebado manual.
3. Filtro de combustible.
4. Bomba de transferencia.
5. Otras mangueras de baja presión.

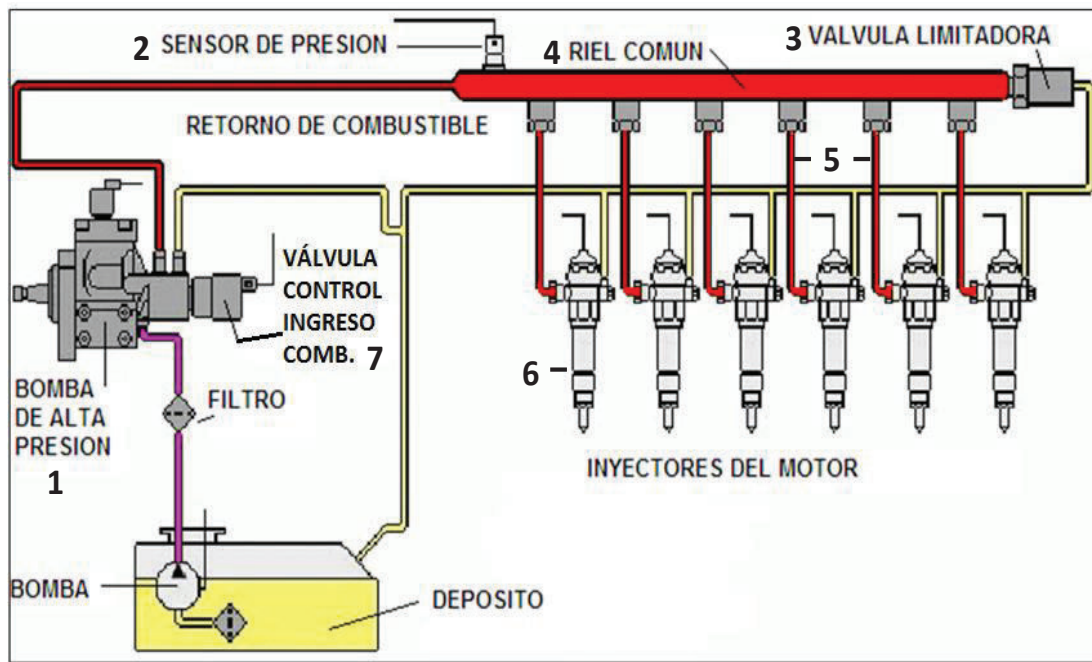
Existen otros sistemas de inyección (Figura 1.7) que funcionan con una bomba eléctrica, puede ser interna o externa en el tanque de combustible la cual transfiere combustible a la bomba de alta presión.



**Figura 1. 7** Circuito hidráulico de la línea de combustible de baja presión (Bomba eléctrica)

## 1.2. COMPONENTES DE LA LÍNEA DE ALTA PRESIÓN.

En el circuito de alta presión, la bomba aumenta la presión del combustible que es enviado al riel común donde se almacena y distribuye a los inyectores.



**Figura 1. 8** Circuito hidráulico de la línea de combustible de alta presión (Bomba con generador de alta presión)

Los componentes son:

1. Bomba de alta presión, las cuales pueden ser :
  - a) Con sistema de alta presión (Figura 1.8) y;
  - b) Con el sistema de transferencia y alta presión (Figura 1.9).
2. Sensor de presión del riel.
3. Válvula limitadora de presión.
4. Riel común.
5. Cañerías de alta presión.
6. Inyector.
7. Válvula de control de ingreso de combustible. (Inlet metering valve – IMV).



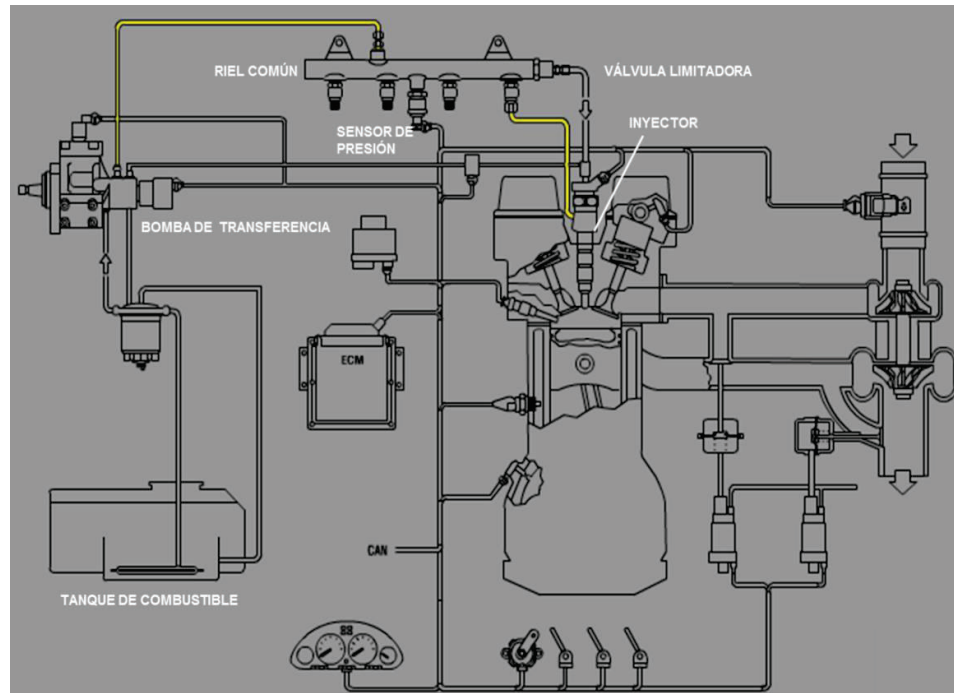


Figura 1. 9 Circuito hidráulico de la línea de combustible de alta presión (Bomba con sistema de transferencia y alta presión)

### 1.2.1. BOMBA DE ALTA PRESIÓN.

Es una bomba de émbolo que genera alta presión. La misma que aumenta la presión del sistema aproximadamente hasta unos 1600 bar y el combustible comprimido se transfiere al acumulador de presión (Riel Común) (Figura 1.10).

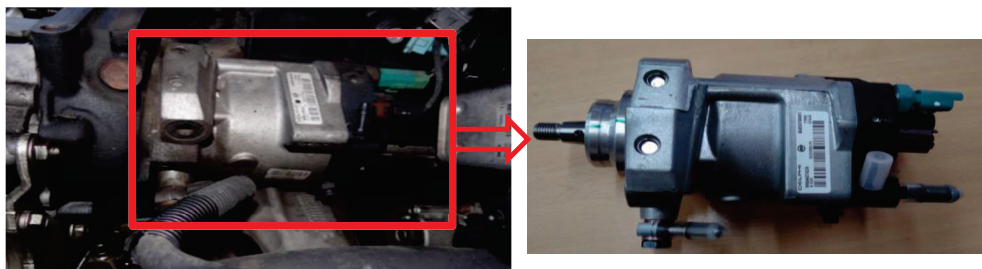


Figura 1. 10 Bomba sistema Delphi de alta presión

El combustible de la presión de transferencia es enviado hacia los émbolos de la bomba de alta presión; la cantidad de combustible que se envía es determinada por la ECU, a través de la válvula de control de ingreso de combustible (IMV).

El combustible que entra al cabezal hidráulico es comprimido por los émbolos que envían hacia la tubería de alta presión y luego hacia el riel común.

Mientras más alta la presión de inyección, más alta la eficiencia termodinámica, haciéndole al motor diesel de inyección directa el más eficiente termodinámicamente dentro de todas las alternativas de combustión interna.

### 1.2.2. SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL DE COMBUSTIBLE (RPS)

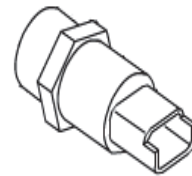


**Figura 1. 11** Sensor de presión de combustible

El sensor de presión de combustible está montado en el riel común, detecta los cambios de presión instantánea de combustible y luego los envía a la ECU. (Figura 1.11); cuando se reciben estas señales, la ECU las utiliza para controlar el volumen de combustible y el tiempo de inyección.

#### ► **Función y Descripción.**

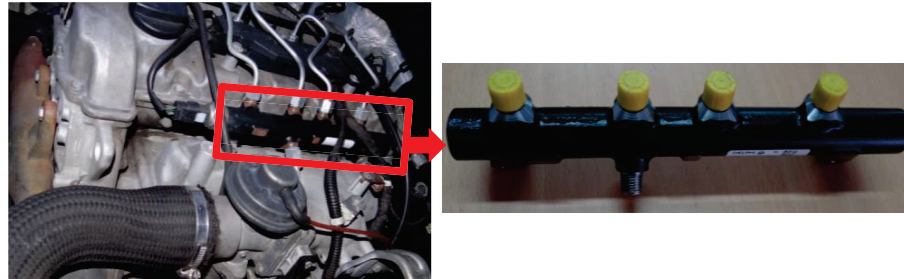
- Detecta la presión de combustible del riel común, enviado por la bomba de alta presión.
- Cuando la señal esta en corto a tierra, el motor se apaga de inmediato.
- Cuando la señal esta en circuito abierto, la presión del riel común se mantiene a 1800 – 2000 bar.
- El máximo voltaje es aproximado es de 4.8 V a 1600 bar en condiciones normales.



### 1.2.3. RIEL COMÚN

Almacena el combustible transferido por la bomba de alta presión, debido que los inyectores inyectan el combustible del riel común, la presión es mantenida a un valor específico (Figura 1.12); asegurando que la presión de inyección se mantenga desde cuando el inyector se abre.

Alivia las pulsaciones de presión del conjunto, tiene al sensor de presión de combustible (RPS) y al regulador de presión de combustible en ciertos casos.



**Figura 1. 12** Riel común de combustible

#### **1.2.4. CAÑERÍAS DE ALTA PRESIÓN**

Son cañerías de combustible que soportan alta presión, son de acero para soportar los cambios de presión intermitente de alta frecuencia que ocurren con la presión máxima del sistema y cuando se detiene la inyección. (Figura 1.13)

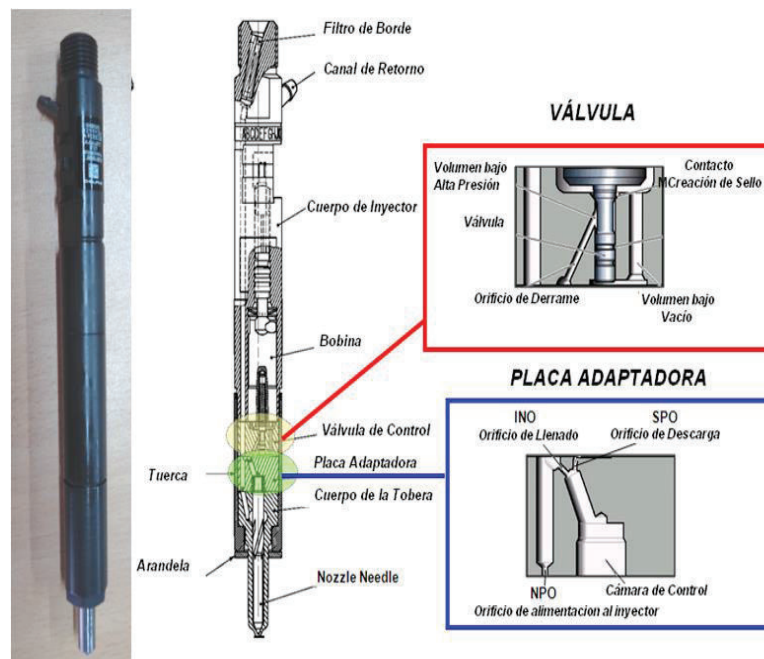


**Figura 1. 13** Cañerías de alta presión de combustible

#### **1.2.5. INYECTOR**

Es un componente o elemento electro-hidráulico de inyección de combustible y está compuesto por una válvula eléctrica solenoide, aguja y una tobera. La tobera del inyector se abre cuando la válvula solenoide es activada por la ECU para inyectar directamente combustible a la cámara de combustión del motor. Cuando la tobera se abre, el remanente de combustible después de la inyección retorna al tanque de combustible a través de la línea de retorno.

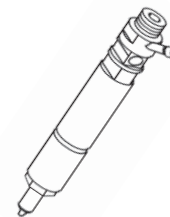
Las presiones de inyección máximas son de aproximadamente 1.600 bar. Las fuerzas que hay que superar para levantarla aguja del inyector son muy grandes. Debido a esto, es imposible controlar directamente el inyector mediante un actuador electromagnético. El inyector está por lo tanto, indirectamente controlado por medio de una válvula que controla la presurización o la descarga de la cámara de control situado por encima de la aguja. (Figura 1.14). Es decir a parte del control electrónico comandado por la ECU, se requiere control hidráulico dado en diferencia de presiones.



**Figura 1. 14** Componentes del inyector y conductos de combustible

► **Función y Descripción.**

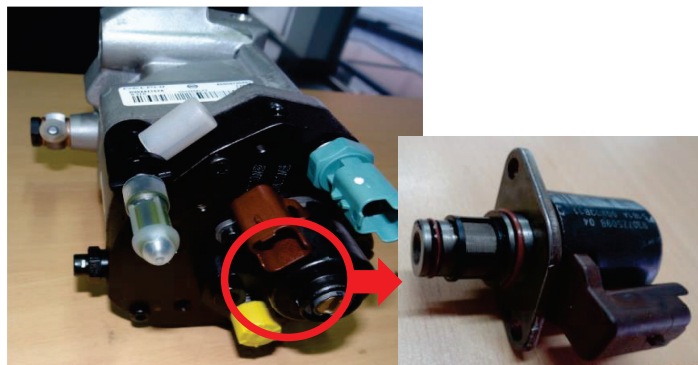
- *La inyección comprende la piloto y principal*
- *La ECU suministra alimentación y masa cuando operan los inyectores.*



### 1.2.6. VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV)

Controla la presión del riel, regulando la cantidad de combustible que se envía a la bomba de alta presión.

Permite mejorar la eficiencia del sistema de inyección, ya que la bomba de alta presión solo comprime la cantidad de combustible necesario para mantener el nivel de presión del riel requerido para el funcionamiento del sistema y las condiciones de funcionamiento del motor. (Figura 1.15)

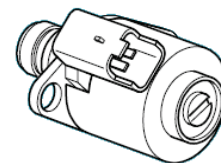


**Figura 1. 15** Válvula de control de ingreso de combustible

Permite disminuir la temperatura del combustible que va al tanque, cuando el excedente del combustible es descargado en el circuito de retorno por la expansión del fluido (de la presión del riel a la presión atmosférica) se libera una fuerte cantidad de calor.

#### ► **Función y Descripción.**

- La cantidad de combustible que se envía a la bomba de alta presión es determinada por la ECU a través de la IMV.
- Normalmente abierto sin energía



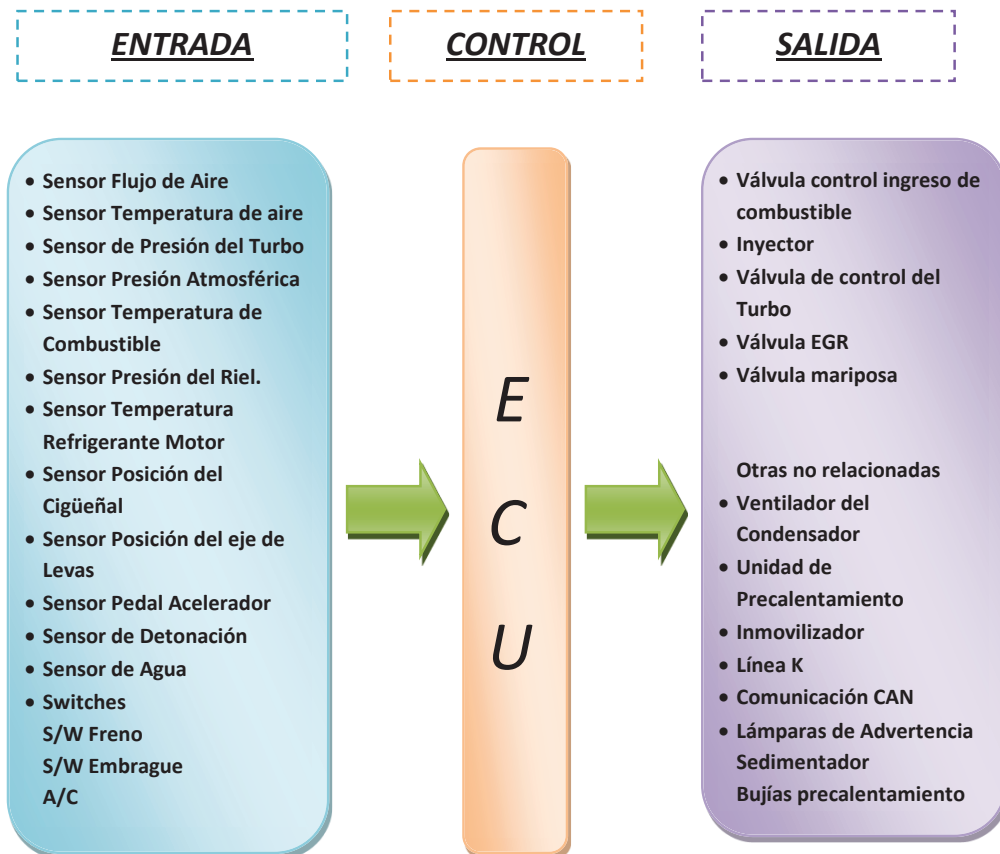
#### ► **Ciclo de Trabajo.**

CONDICIÓN	VALOR	PRESIÓN DEL RIEL
Ralentí	Aprox. 30.5 -32.9 %	240 – 260 bar
Prueba aceleración en vacío	Aprox. 28 %	950 – 1050 bar

### 1.3. CONTROL DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

#### 1.3.1. FORMAS DE ONDA DE SENSORES Y ACTUADORES.

Para la determinación de formas de onda de un sistema Riel Común se debe conocer las señales de entrada al control y salida del mismo, es decir los sensores y actuadores del sistema. (Figura 1.16)



**Figura 1. 16** Señales de entrada y salida

#### 1.3.2. UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO DEL MOTOR (ECU)

Es el corazón del sistema de control de la inyección, asegura el funcionamiento del sistema de inyección y también el funcionamiento del motor, incluso del vehículo. (Figura 1.17)





**Figura 1. 17** Unidad de control electrónico del motor

La ECU administra:

- La señal que envían los sensores.
- La alimentación de los actuadores.
- El pilotaje de los actuadores.
- El tratamiento de las señales de sensores y actuadores.
- El control de las estrategias.
- La comunicación con otras unidades de control del vehículo.

La ECU gestiona la inyección de combustible de las siguientes etapas

- Etapa de Control de presión de combustible.
- Etapa de Control de inyección de combustible.
- Etapa de Control de flujo de combustible.

#### **1.3.2.1. CONTROL DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE.**

En la etapa de presión de combustible se determina el valor de la presión del riel, así como también está encargado de pilotar la válvula de control de ingreso de combustible (IMV) para que la presión del riel alcance el valor determinado.

#### **1.3.2.2. CONTROL DE FLUJO DE COMBUSTIBLE.**

La bomba de alta presión eleva la presión de combustible que se transforma en caudal y el inyector las divide en varias inyecciones. El caudal principal es la cantidad de combustible inyectado en el cilindro durante la inyección principal, el caudal total inyectado en un ciclo es la suma de la inyección principal y de las demás inyecciones.

Los caudales se calculan en función del régimen del motor y de la presión, para la puesta en fase de la inyección, los factores de corrección se aplican a las inyecciones principales.

### **1.3.2.3. CONTROL DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE**

El control de inyección es usado para determinar las características de inyección.

El control de inyección consiste en:

1. Tiempo de inyección.
2. Volumen de inyección.
3. Activación del inyector dependiendo de valores del tiempo y volumen de inyección.
  - a) Referencia del PMS (Punto Muerto Superior).
  - b) Retraso entre PMS y el comienzo del pulso *T<sub>off</sub>* (Tiempo apagado).
  - c) Tiempo del pulso *T<sub>on</sub>* (Tiempo encendido).

#### **1.3.2.3.1. CONTROL DEL TIEMPO DE INYECCIÓN PRINCIPAL**

El pulso necesario para la inyección principal que está determinado en función de la velocidad del motor, carga del motor y temperatura del refrigerante.

Las correcciones están determinadas de acuerdo a la temperatura del aire, refrigerante del motor, presión atmosférica y apertura de la válvula EGR, estos parámetros ajustan el avance del tiempo de inyección disminuyendo o incrementando.

#### **1.3.2.3.2. CONTROL DE LA INYECCIÓN PILOTO.**

El tiempo de la inyección piloto es determinado en función de la velocidad del motor y de la cantidad de aire que ingresa al motor.



En lo que se refiere a la corrección de la inyección piloto.

- Una primera corrección se efectúa en función de la temperatura del aire que ingresa al motor y del refrigerante, esta corrección permite adaptar el caudal de la inyección piloto a la temperatura de funcionamiento del motor. Cuando el motor está caliente el tiempo de inflamación disminuye, debido que la temperatura al final de la compresión aumenta. El caudal de la inyección piloto es reducido, debido que el ruido de la combustión es más bajo cuando el motor está caliente.
- Una segunda corrección se utiliza para adaptar el caudal de la inyección piloto en función de la presión atmosférica.

#### **1.3.2.3.3. CONTROL DE POST-INYECCIONES.**

Estas inyecciones situadas después de la principal tienen por objetivo calentar la línea de escape.

- Se utiliza las post-inyecciones para limpiar rápidamente el catalizador.
- En los vehículos equipados con un filtro de partículas, se utiliza las post-inyecciones para aumentar y estabilizar el filtro a su temperatura de regeneración. ( $>650^{\circ}\text{C}$ ).

Las inyecciones tienen también correcciones y los factores correctivos más importantes son:

- La temperatura antes del turbo.
- La temperatura del catalizador.
- La temperatura del filtro de partículas.

### 1.3.3. SENSOR DEL PEDAL DEL ACELERADOR (APS)

El sensor del pedal del acelerador transforma la posición del pedal en señal eléctrica y luego la envía a la ECU para conocer la demanda del conductor.

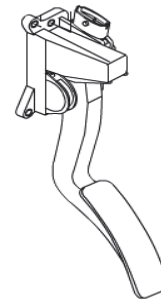


**Figura 1. 18** Sensor pedal del acelerador

Contiene 2 sensores. El primero (APS1) determina el volumen de la inyección de combustible y el tiempo de inyección durante la conducción, mientras el segundo (APS2) compara si la señal del primer sensor es correcto el valor (Figura 1.18).

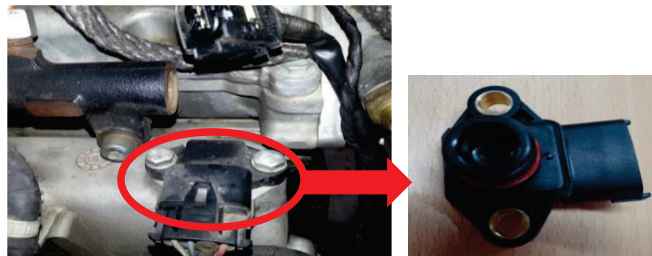
#### ► **Función y Descripción.**

- *Recibe la demanda del conductor que se envía a la ECU, para realizar la inyección de combustible.*
- *Posee dos sensores el primero APS 1 es la señal principal y el segundo APS 2 monitorea el funcionamiento del primero.*
- *Su malfuncionamiento produce una reducción de la potencia de aprox. 50%*
- *Si los dos sensores fallan la aceleración es nula.*



### 1.3.4. SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO (BPS)

El sensor de presión del turbo utiliza un elemento piezoeléctrico, el cual detecta la presión en el múltiple de admisión y es usado para el funcionamiento del turbo y la operación de la EGR. (Figura 1.19).

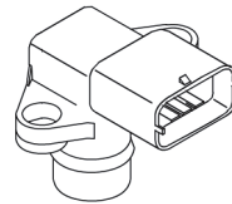


**Figura 1. 19** Sensor de presión del turbo

Su señal sirve para fijar el tiempo de inyección y corregir el volumen del tiempo de inyección acorde con la presión atmosférica.

► **Función y Descripción.**

- Detecta la presión en el múltiple de admisión y es usado para determinar el control del EGR y Turbo cargador.
- Cuando la señal está en corto o circuito abierto, la potencia del motor decrece en un 20%.



### 1.3.5. SENSOR BAROMÉTRICO (BARO)

Detecta la presión atmosférica para corregir el tiempo de inyección y volumen de inyección de acuerdo a la altitud, puede ser externo o formar parte de la ECU.

En algunos vehículos la presión atmosférica se obtiene por la señal enviada de los sensores como: MAF (Sensor de flujo de Aire) o el BPS (Sensor de presión del turbo).

### 1.3.6. SENSOR DE TEMPERATURA DE COMBUSTIBLE (FTS)

El sensor de temperatura del combustible es una resistencia NTC (Coeficiente Negativo de Temperatura), la resistencia disminuye si la temperatura del combustible aumenta, esta información es enviada a la ECU. (Figura 1.20)

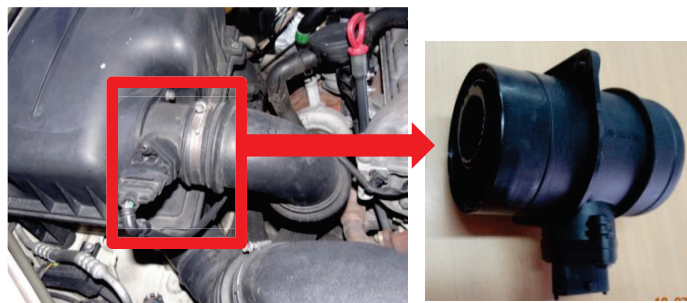


**Figura 1. 20** Sensor de temperatura de combustible

### 1.3.7. SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM)

El sensor flujo de aire se encuentra localizado en el conducto de admisión de aire entre el filtro de aire y el colector de admisión y mide el volumen de aire que ingresa a la cámara de combustión del motor (Figura 1.21), está internamente compuesto por un filamento de platino a alta temperatura y un circuito de control electrónico.

El incremento en el flujo de aire ocasionará que el filamento de platino pierda calor con lo que disminuiría su temperatura y en esos milisegundos, el circuito de control electrónico adentro del sensor compensará esa pérdida de calor del filamento enviando más corriente eléctrica para mantenerlo caliente.



**Figura 1. 21** Sensor de flujo de aire

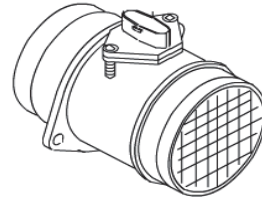
Las principales funciones del sensor de flujo de aire son:

1. Envía la información a la ECU para el control de EGR.
2. Envía la información a la ECU para el control del actuador del turbocargador.
3. Envía la información a la ECU para la compensación del combustible inyectado.

El sensor de flujo de aire incluye en su cuerpo un sensor de temperatura del aire (IAT).

► **Función y Descripción.**

- Envía la información de la cantidad de aire que ingresa para optimizar la operación de la EGR.
- La ECU utiliza la señal para calcular el torque del motor de acuerdo con las rpm y la cantidad de inyección.
- Su mal funcionamiento hace que se reduzca la potencia en un 20%



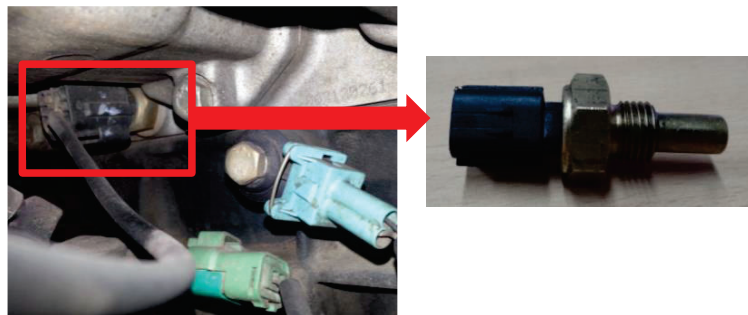
### 1.3.8. SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE (IAT)

La temperatura del aire es medido por una resistencia de tipo NTC integrada al sensor de flujo de aire. El termistor detecta los cambios de temperatura del aire que ingresa al motor, el sensor de temperatura proporciona un alto voltaje cuando la temperatura es baja y un bajo voltaje cuando la temperatura es alta.

### 1.3.9. SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (ECT)

El sensor de temperatura del refrigerante es una resistencia de tipo NTC que envía la señal de la temperatura del refrigerante a la ECU (Figura 1.22).

El sensor detecta la temperatura del refrigerante y el cambio de temperatura varía el voltaje que se envía a la ECU.



**Figura 1. 22** Sensor de temperatura de refrigerante

Las funciones que cumple el sensor de temperatura del refrigerante del motor son:

1. Cuando el motor está frío la ECU controla el volumen de combustible para una velocidad correcta del ralentí.

2. Cuando el motor se sobre calienta, la ECU activa el ventilador eléctrico del aire acondicionado y el compresor del mismo para proteger el motor.
3. Envía la señal a la ECU para el control de las emisiones.

### 1.3.10. SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP)

El sensor de posición del cigüeñal es de tipo inductivo o de efecto hall, el cual envía señales a la ECU para reconocer la posición del cigüeñal, posición del pistón y la velocidad del motor. La posición del pistón con relación al cigüeñal respecto al cilindro #1 son factores importantes para calcular el tiempo de inyección y el ancho de pulso (Figura 1.23).

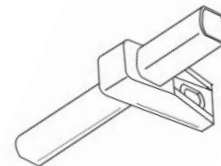


**Figura 1. 23** Sensor de posición del cigüeñal

Mediante la posición de los dientes de la rueda de referencia (volante del motor) y del sensor de posición del cigüeñal, pueden reconocer el cilindro No1 y calcular la velocidad del motor.

#### ► **Función y Descripción.**

- El sensor CKP, identifica la posición de los dientes del volante, envía la información a la ECU para que calcule el tiempo de inyección.
- Cuando está defectuoso, se detiene el giro del motor y no enciende.

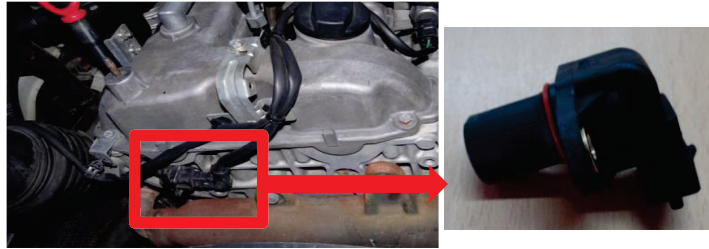


#### ► **Resistencia.** 1.09 k $\Omega$ $\pm$ 15%

### 1.3.11. SENSOR POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS (CMP)

Cuando un pistón se mueve en dirección al PMS, la posición del eje de levas determina si está en la fase de compresión con encendido subsiguiente, o en la

fase de escape. Esta información no se genera únicamente con el dato del eje del cigüeñal durante la fase de partida. (Figura 1.24)

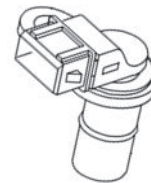


**Figura 1. 24** Sensor de posición del eje de levas

El sensor del eje de levas puede ser de efecto electromagnético (Hall) o tipo inductivo e informa la posición del eje de levas a la ECU que el cilindro No. 1 ha ingresado a la fase de compresión.

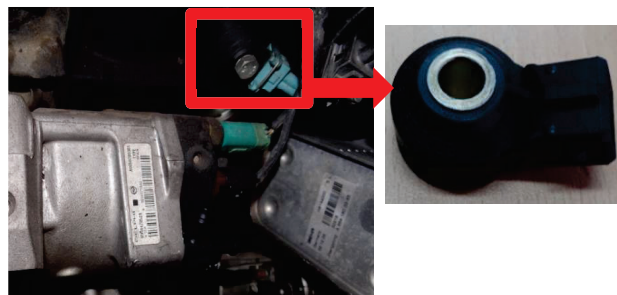
► **Función y Descripción.**

- Detecta el PMS del cilindro No.1 en el piñón del eje de levas y calcula la optimización del tiempo de inyección conjuntamente con el CKP
- Su malfuncionamiento durante el manejo no afecta la operación del motor.
- De igual manera antes del arranque, el motor no podría encender



### 1.3.12. SENSOR DE DETONACIÓN (KS)

El sensor de detonación tiene un elemento piezoeléctrico fijado sobre una placa de vibración que se coloca en el block del motor. (Figura 1.25)



**Figura 1. 25** Sensor de detonación

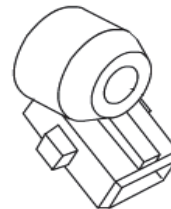
Si ocurre golpeteo de pistones o brazos de biela, producen sonidos fuertes que son detectados por el sensor, el sensor de detonación se utiliza para detectar aquellas detonaciones causadas por combustiones anormales.



Controla la estabilidad en ralentí y enciende la luz de advertencia del motor cuando detecta los daños del inyector, también controla la inyección. Si el sensor de detonación es defectuoso, la ECU del motor corrige el tiempo de inyección basada en valores internos de la ECU que dependen de la velocidad, el volumen de admisión de aire y la temperatura del refrigerante.

► **Función y Descripción.**

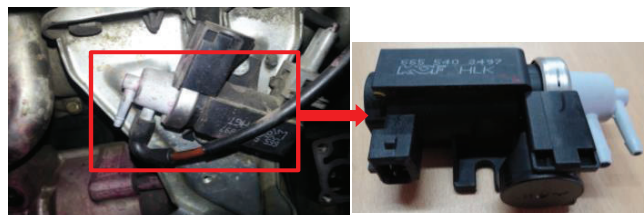
- Detecta la alta frecuencia de las vibraciones de los cilindros mediante un elemento piezoeléctrico.
- Es usado principalmente para la adaptación de la inyección piloto.



► **Resistencia:** sobre 4.7 MΩ

### 1.3.13. ACTUADOR DEL TURBOCARGADOR

Reduce la descarga peligrosa de gases de escape y evita que el motor se sobrecargue por el turbocompresor (Figura 1.26).



**Figura 1. 26** Actuator del turbocargador

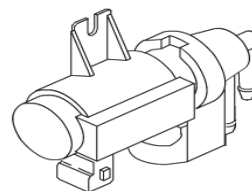
En el turbo se controla la excesiva presión de salida, debido que puede causar daños críticos para el motor, para controlar las presiones indeseadas, la válvula de control de presión está instalada en el turbo cargador, el control de ésta se logra mediante la utilización del actuador del turbo cargador diseñado para controlar la presión de la válvula de control.

La válvula de control opera mediante alimentación de energía eléctrica que genera un fuerza magnética a través de la señal de la ECU y controla el nivel de vacío y la amplitud de un émbolo el cual sube - baja con un movimiento repetitivo (vacío ON/OFF)



► **Función y Descripción.**

- *Evita que el motor se sobrecargue por el turbocompresor y lo controla adecuadamente*



► **Ciclo de Trabajo**

Condición	VALOR
Ralentí	Aprox. 74.8 % (VGT)
Prueba aceleración	Aprox. 45 -55 % (VGT)

### 1.3.14. ACTUADOR DE LA VÁLVULA DE RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE (EGR)

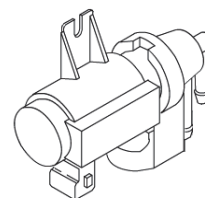
El sistema EGR controla la apertura de la válvula EGR mediante la señal eléctrica (Control ECU) al modulador de vacío, también la ECU recibe señales de información de la cantidad de flujo de aire a través del HFM sensor.

La válvula EGR re-circula algunos de los gases de escape al sistema de admisión para reducir los NOx tóxicos del motor acorde las señales de la ECU.

El modulador de la EGR recibe señal de la ECU, ésta a su vez a la válvula EGR mediante la presión de vacío que es generada por una bomba de vacío. Es el mismo tipo de válvula que se utiliza para el control del turbo cargador.

► **Función y Descripción.**

- *Controla la válvula del Sistema de Recirculación de Gases.*
- *Condiciones de corte EGR:  
Sobre 2950 rpm/ sobre 105 km/h / temperatura sobre los 100 °C. o bajo los 10°C. / ralentí pasados los 50 seg.*



► **Ciclo de Trabajo**

Condición	VALOR	
Ralentí	Aprox. 0 %	50 segundos de operación después de encendido el motor con temperatura normal de funcionamiento.
1000-2950 rpm	Aprox. 50-60 %	

## CAPITULO II.

### PLANIFICACIÓN E INVESTIGACIÓN

#### 2.1. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

La investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

Se trata de un experimento porque precisamente el investigador provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esa variable y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas<sup>3</sup>.

Se tiene insuficiente información relacionada con el análisis de formas de onda del sistema CRDi (COMMON RAIL DIRECT INJECTION), luego se procede a buscar en el internet, en el cual existe información pero de forma muy general, se consulta a personas que día a día están en el mundo de los motores con sistemas CRDi, para obtener de alguna manera una guía y poder hacer una investigación efectiva.

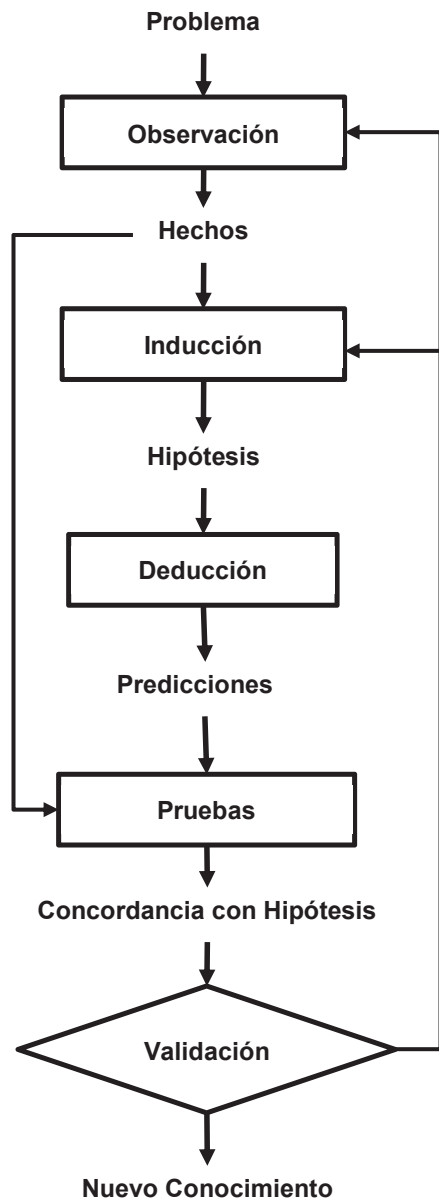
Es un gran limitante obtener información suficiente y concreta relacionada con este análisis del presente proyecto.

Cabe mencionar que la investigación que se realiza es nueva en el Ecuador, por lo cual no existe documentación alguna o bibliografía desarrollada respecto al tema, esto se debe a que la mayoría de fabricantes realiza este tipo de análisis a nivel interno y para uso exclusivo de los mismos.

Las pruebas serán de gran aporte como información ya que se están aplicando a nuestra situación geográfica.

---

<sup>3</sup> <http://noemagico.blogia.com/2006/092201-la-investigacion-experimental.php>



**Figura 2.1 a** Ciclo básico de investigación experimental de Carles Riba



**Figura 2.1 b** Ciclo básico de investigación experimental propuesto

Carles Riba en su texto Diseño Concurrente, muestra el Ciclo Básico de investigación experimental (figura 2.1a<sup>4</sup>), adicionalmente, en la (figura 2.1b), se presenta un ciclo adaptado para la investigación que se quiere realizar.

## **2.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS**

El protocolo de pruebas, se establece para obtener un orden definido de los pasos que se tiene que realizar antes de iniciar cualquier tipo de pruebas con el fin de obtener repetitividad y que pueda ser realizado por cualquier persona en las condiciones de prueba que se establecen en esta investigación.

Para la obtención de datos se realizarán pruebas: preliminares, estáticas y dinámicas, las cuales ayudan a determinar los parámetros a diferentes condiciones del motor.

### **2.2.1. PRUEBAS PRELIMINARES**

Para el análisis de la presente investigación se toma las señales de los sensores que varían durante el transcurso de las pruebas que se realizarán posteriormente en un vehículo determinado.

Para los sensores de temperatura de refrigerante, combustible, aire y presión atmosférica se considerarán como constantes ya que su variación es despreciable porque se mantienen constante durante el tiempo de las pruebas.

Se realizan con el propósito de simular las condiciones a las cuales se someterá el vehículo y comprobar así, el correcto funcionamiento de los equipos, verificar conexiones y determinar el protocolo de pruebas que se utilizará para que sea repetible por cualquier persona.

### **2.2.2. PRUEBAS ESTÁTICAS**

Estas pruebas se las realiza con el vehículo estacionado, debe estar en posición neutral y accionado el freno de mano.

---

<sup>4</sup>Riba, Carles. (2002). Diseño Concurrente, Libro Digital universidad Politécnica de Cataluña. Capítulo 2; pág. 76

Debido que las pruebas a realizar, deben cumplir con una referencia en la parte del procedimiento, antes de iniciar la prueba se crea un Protocolo de Pruebas, el mismo que sirve de patrón para que la prueba se pueda repetir las veces que sean necesarias, se ha tomado un protocolo de pruebas ya diseñado y probado<sup>5</sup>, así se evita olvidos o problemas antes de empezar con las pruebas, los protocolos se realizan tanto para las pruebas estáticas como para las dinámicas, los datos obtenidos son mediante el escáner y su opción de grabado de datos (Snapshot).

A continuación se detalla el protocolo de pruebas estáticas:

1. Preparar todos los instrumentos de medición.
2. Confirmar la altura geográfica.
3. Confirmar la temperatura del refrigerante mayor a 80°C.
4. Apagar el vehículo.
5. Poner la llave de encendido en posición ON.
6. Encender el vehículo y mantener en ralentí.
7. Llenar la tabla de datos para posición en ralentí.
8. Subir las revoluciones del motor a 1800 rpm y estabilizar.
9. Llenar la tabla de datos.
10. Volver a ralentí.
11. Subir las revoluciones del motor a 2500 rpm y estabilizar.
12. Llenar la tabla de datos.
13. Volver a ralentí.
14. Subir las revoluciones del motor a 3500 rpm y estabilizar.
15. Llenar la tabla de datos.
16. Volver a ralentí.
17. Con el equipo osciloscopio grabar las curvas para las diferentes revoluciones del motor.

### **2.2.3 PRUEBAS DINÁMICAS.**

La prueba dinámica se entiende cuando el vehículo se encuentra en movimiento, se la puede realizar de varias formas; utilizando un dinamómetro o poniendo el vehículo en marcha y sometiendo a una operación bajo condiciones especificadas

---

<sup>5</sup> Martínez J, Robles F: Estudio del comportamiento de las variables de un motor de inyección electrónica respecto a la altura sobre el nivel del mar. Tesis EPN. Diciembre 2010.(Cap. 2;Pág. 34)

Se optó en realizar la prueba dinámica con el motor en marcha (Figura 2.1) (vehículo en carretera), debido que la prueba se debe realizar a diferentes alturas y el dinamómetro es un equipo estático y de difícil transporte.

La SAE ha desarrollado protocolos para la evaluación de numerosos parámetros que definen el comportamiento de los vehículos en carretera. Estos protocolos están aprobados internacionalmente, por lo tanto se adoptaron para la evaluación de los vehículos, debido a las condiciones geográficas, tráfico vehicular y pericia del conductor, los protocolos de prueba realizados por la SAE son difíciles de aplicar, por tal motivo se aplicará el protocolo de pruebas utilizado en un trabajo de investigación anterior, se comprueba que su realización ofrece los mejores resultados para nuestras pruebas. Los datos obtenidos son mediante el escáner y su opción de grabado de datos (Snapshot).

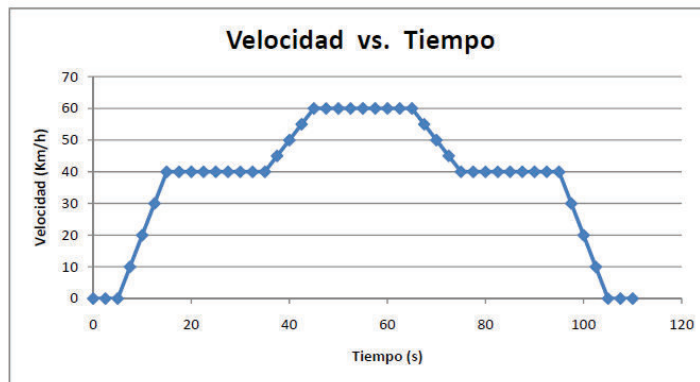
El ciclo elaborado<sup>6</sup> dura 110 segundos y se desarrolla en 1.1 Km.

1. Verificar que la temperatura del refrigerante sea mayor a 80°C.
2. Se inicia el cronometraje con el motor encendido y el vehículo detenido.
3. Luego de 5 segundos se pone en marcha el vehículo partiendo de 0 Km/h hasta alcanzar una velocidad de 40 Km/h, este cambio de velocidad debe darse en 10 segundos.
4. Una vez en 40 Km/h se mantiene esta velocidad por un lapso de 20 segundos.
5. Se incrementa la velocidad desde 40 hasta 60 Km/h, esto debe suceder en 10 segundos.
6. Se mantiene la velocidad de 60 Km/h por 20 segundos.
7. Se disminuye la velocidad de 60 a 40 Km/h en 10 segundos.
8. Se mantiene la velocidad a 40 Km/h por 20 segundos.
9. Se disminuye la velocidad desde los 40 Km/h hasta detener el vehículo en 10 segundos.
10. Luego de estar detenido el vehículo por 5 segundos se concluye la prueba.

---

<sup>6</sup> Martínez J, Robles F: Estudio del comportamiento de las variables de un motor de inyección electrónica respecto a la altura sobre el nivel del mar. Tesis EPN. Diciembre 2010.(Cap. 2.Pág. 22)

Todo este procedimiento se refleja en la (figura 2.1), en la que además se nota que los datos son tomados cada 2.5 segundos.



**Figura 2. 1** Ciclo propuesto: Velocidad vs Tiempo

Establecido el ciclo de manejo, se detalla el protocolo de las pruebas dinámicas.

1. Preparar todos los instrumentos de medición.
2. Confirmar altura geográfica.
3. El recorrido debe hacerse en mínimo 1.1 Km de longitud y con una pendiente menor a 6°.
4. Aplicar las condiciones del ciclo de manejo propuesto.
5. Grabar las formas de onda generadas en el osciloscopio.
6. Verificar si se cumplió el ciclo de manejo.
7. Repetir de ser necesario, caso contrario archivar para tabular Posteriormente.

#### **2.2.4. PRUEBAS DEFINITIVAS**

Se decidió que las pruebas se realizarán en dos lugares geográficos específicos: en la altura a 2300 msnm (Figura 2.2) y a nivel del mar 0 msnm (Figura 2.3), se realiza de esta manera para obtener un patrón de comparación y de funcionamiento de los sistemas CRDi, ya que en nuestro territorio podemos llegar a estos lugares en pocas horas, adicionalmente el parque automotor de este tipo de vehículos se encuentran distribuidos en estos lugares.

Los lugares escogidos por motivos de cercanía, tráfico vehicular y logística son los siguientes:

Altura (msnm)	Punto de Control	Lugar
2300	Llano de Jerusalén	Vía San José de Minas
0	Playa de Atacames	Atacames

**Tabla 2. 1** Lugares de pruebas definitivas



**Figura 2. 2** Punto de control 1

Llano de Jerusalén (Vía San José de Minas)



**Figura 2. 3** Punto de control 2

Playa de Atacames (Atacames)



### **2.3. PLANIFICACIÓN DE PRUEBAS**

Las carreteras en las cuales se realizarán las pruebas dinámicas al vehículo, son lugares donde la pendiente es de  $6\pm 1\%$ , este tipo de vías deben ser rectas por lo menos unos 1100 metros, para poder cumplir el ciclo de conducción propuesto.

En la Vía a San José de Minas, en el Llano de Jerusalén, se encuentra una recta aproximada de 3 km, totalmente asfaltada, la carretera se encuentra a una altitud de 2300 msnm, se escogió horarios en los cuales la circulación de vehículos es baja, en la mañana 7 a.m. y en la tarde 2 p.m., estos fueron los horarios donde hay menor cantidad de vehículos circulando por el sector y en las cuales se puede obtener los mejores resultados en las pruebas dinámicas.

En la carretera a Sua provincia de Esmeraldas, existe un camino de aproximadamente 2 km, apropiado para realizar las pruebas, además la altitud a la que se encuentra dicha carretera es de 0 msnm, por ser una ruta de tráfico moderado las pruebas para la obtención de datos fue a las 7 a.m., con el fin de no ocasionar molestias de las personas que transitan por el sector.

### **2.4. VEHÍCULO DE PRUEBAS**

El sistema de inyección Diesel Riel común significa una evolución importante a la inyección Diesel convencional, debido que trabajando a elevadas presiones y con una serie de componentes electrónicos permiten regular con gran precisión el caudal óptimo de inyección de combustible de acuerdo a la carga del motor y generando un sensible ahorro de combustible, reducción de la contaminación por combustión incompleta, mejora de rendimientos de potencia y prácticamente la eliminación del característico “ruido a Diesel”.

El Ecuador está obligado a la protección del medio ambiente y las nuevas reformas gubernamentales exigen la reducción de gases contaminantes, menor consumo de combustibles, en definitiva sistemas que sean amigables con el medio ambiente, además las nuevas leyes de la Unión Europea, primero sobre la utilización de Euro 3 como límites de niveles de emisiones contaminantes y luego las Euro IV y V, significan una decisiva posición sobre nuestro país también. Muchos de los fabricantes de vehículos livianos con tecnología CRDi han visto un

buen mercado en nuestro país como marcas: asiáticas y europeas, y entre ellas están Hyundai (Terracan, Tucson), Kia (Sorento, Sportage, Carnival), Ssangyong (Rexton, Kyron (Figura 2.4), Korando), Mazda (BT50, TSX), Mitsubishi (L2000), Nissan (Navara), Toyota (Hilux), Volkswagen (Amarok, Touareg, Tiguan), Great Wall (H3, H5, Hover), Chevrolet (D-max), etc, es decir existen varias marcas que están presentes en nuestro país y la mayoría de ellos utilizan el sistema de inyección riel común de segunda generación y con normas Europeas Euro III, Euro IV, es decir de inyección múltiple de 1600 bar e inyectores tipo solenoide o piezo eléctricos.

El vehículo en el cual se realizan las pruebas para la investigación es un vehículo coreano de la marca Ssangyong modelo Kyron de las siguientes características:



**Figura 2. 4** Ssangyong Kyron

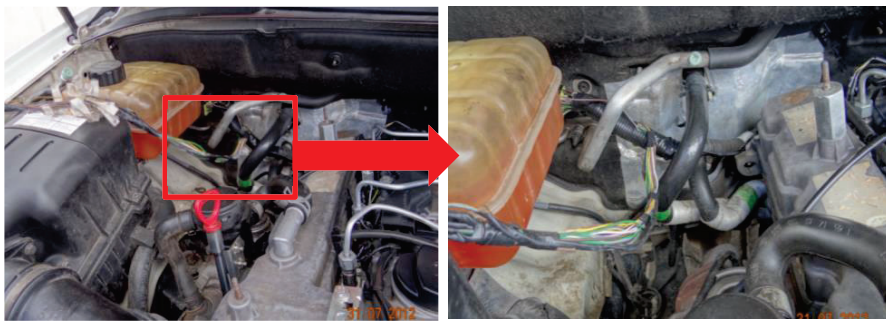
<b>Marca</b>	<b>Ssangyong</b>
<b>Modelo</b>	Kyron
<b>Procedencia</b>	Corea del Sur
<b>Año de fabricación</b>	2007
<b>Cilindraje</b>	2000 cc
<b>No. de cilindros</b>	4 en línea
<b>Combustible</b>	Diesel
<b>Inyección</b>	Riel Común 2 <sup>a</sup> . Generación (Delphi)
<b>Sobrealimentación</b>	Turbo VGT + intercooler
<b>Válvulas</b>	16 DOHC
<b>Kilometraje</b>	95000 km

**Tabla 2. 2** Especificaciones del vehículo de pruebas<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Ssangyong Motor Company: Manual del Propietario Kyron. (Cap. 1: pág. 3)

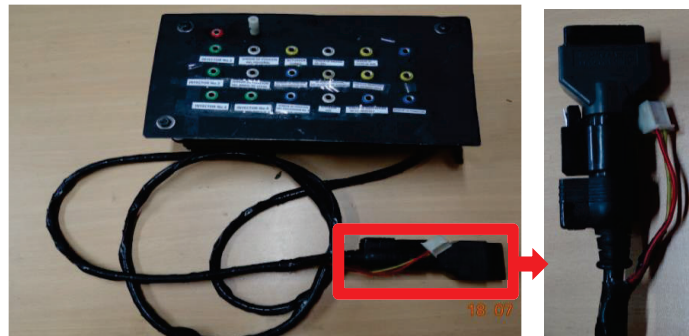
Se realiza ciertas modificaciones para la obtención de datos, adicionalmente el sistema de inyección es utilizado por varias marcas del mercado, los cuales permite que los parámetros que se obtienen sean aplicables y similares para dichas marcas.

Para poder visualizar las ondas generadas por los diferentes sensores y actuadores del sistema CRDi, se realizó unas conexiones adicionales (figura 2.5) en el harness principal del motor, el cual es un grupo de cables que sale desde los sensores y actuadores del motor al ECU (Unidad de control electrónico).



**Figura 2. 5** Conexión adicional al harness principal del motor

Adicionalmente se realiza una adaptación en la conexión de cables a una caja de control que permita de mejor manera conectar las puntas del osciloscopio y obtener los oscilogramas deseados (figura 2.6).



**Figura 2. 6** Caja de control para conexión del osciloscopio

## 2.5. CONDICIONES FÍSICAS

Las condiciones físicas a considerar para la realización de las pruebas son las siguientes:

- Terreno y factores ambientales.
- Altura y presión barométrica.
- Velocidad y Distancia.

### **2.5.1. TERRENO Y FACTORES AMBIENTALES**

El parámetro respecto al terreno se refiere a la topografía de la carretera o camino donde se realizará las pruebas sean de tipo asfaltado y con las mínimas irregularidades, adicionalmente teniendo en cuenta factores tales como: sin curvas y flujo vehicular mínimo por tal motivo se escoge lugares y horarios que cumplan estas consideraciones.

Con respecto a los factores ambientales, se tendría en cuenta la humedad relativa, temperatura ambiente y visibilidad de los puntos de control sean en lo más similares en todas las pruebas con el fin de obtener un entorno constante.

### **2.5.2. ALTURA Y PRESIÓN BAROMÉTRICA**

La medición de la altura y presión barométrica se tomará en cuenta ya que se realizarán las pruebas a nivel del mar 0 msnm y en la altura 2300 msnm, por tanto se debe registrar la información en las tablas de datos y se requiere los cambios de los oscilogramas en dichos lugares.

### **2.5.3. VELOCIDAD Y DISTANCIA**

La velocidad y distancia son datos muy importantes para las pruebas y obtener los oscilogramas lo más exactos posible apegándose al protocolo de pruebas propuesto.

## **2.6. EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DE PRUEBAS**

Los equipos utilizados para la realización de las pruebas, tanto dinámicas como estáticas son los siguientes:

- Termo higrómetro y altímetro
- Celular Smartphone con GPS incorporado
- Escáner de diagnóstico SCAN 100
- Osciloscopio Warelead EZ-Scope M1

### 2.6.1. TERMO HIGRÓMETRO Y ALTÍMETRO

En la (Figura 2.7) se muestra el equipo utilizado para la medición de la altura y presión barométrica para las pruebas a nivel del mar 0 msnm y en la altura 2300 msnm, equipo fácil de manipular y muestra toda la información de manera muy clara.



**Figura 2. 7** (Termo higrómetro y Altímetro)

<b>Especificaciones</b>	<b>Parámetros</b>
<b>Temperatura</b>	(°F, °C)
<b>Presión barométrica</b>	(in hPa, mb o inHg)
<b>Altitud</b>	(ft, m)
<b>Humedad</b>	(%)
<b>Densidad del aire</b>	(%)
<b>Densidad relativa del aire</b>	(%, relativa a 59°F / 29.9 inHg)

**Tabla 2. 3** Especificaciones Técnicas Equipo Brunton ADC PRO<sup>8</sup>

### 2.6.2. CELULAR SMARTPHONE CON GPS INCORPORADO

Adicionalmente como equipo de medición y ubicación se utiliza un GPS (Global Positioning System) para determinar la ubicación, altura, velocidad, distancia, tiempos y trayectoria de cada una de las pruebas a realizar.

El equipo es un celular inteligente (Smartphone) que tiene incorporado el sistema de posicionamiento global y los datos que se obtengan del equipo se cargan en tiempo real a la red y a su vez a un ordenador mediante una aplicación (Sportstracker) para PCs, celulares y tablets con ello se registra cada una de las pruebas y cualquier usuario pueda acceder a dicha información.

<sup>8</sup> <http://www.brunton.com/collections/adc/products/adc-pro#product-details>

El celular es un modelo Nokia C6 01 con GPS asistido (A-GPS), es un servicio de red que le envía datos de GPS, lo que mejora la velocidad y precisión del posicionamiento (figura 2.8).



**Figura 2. 8** Nokia C6 01 con GPS incorporado

<b>Equipo de medición</b>	Celular Nokia C6 01
<b>Sistema de Posicionamiento</b>	GPS A-GPS
<b>Aplicación</b>	Sportstracker

**Tabla 2. 4** Características GPS

La aplicación que se descarga del internet es una herramienta de altas prestaciones que se necesita para la presente investigación (figura 2.9).

La aplicación utilizada Sports Tracker es un monitor GPS especialmente diseñado para monitorear sesiones de entrenamiento deportiva, en la investigación se utilizará para monitorear los datos del vehículo de pruebas. Anexo No.9.

Sports Tracker y el módulo GPS puede determinar la velocidad actual, la distancia recorrida, el tiempo invertido, rutas y generar estadísticas e históricos de sesiones con la intención de controlar de un modo preciso las pruebas en cuestión.

Aplicación destacable y práctica es su función adicional para guardar rutas y exportarlas a un formato compatible con el visor de mapas Google Earth.

Todas estas características e información de las pruebas realizadas se puede acceder en la siguiente dirección electrónica: [www.sports-tracker.com](http://www.sports-tracker.com); usuario: `masm2581` y clave: `407102` (figura 2.10).

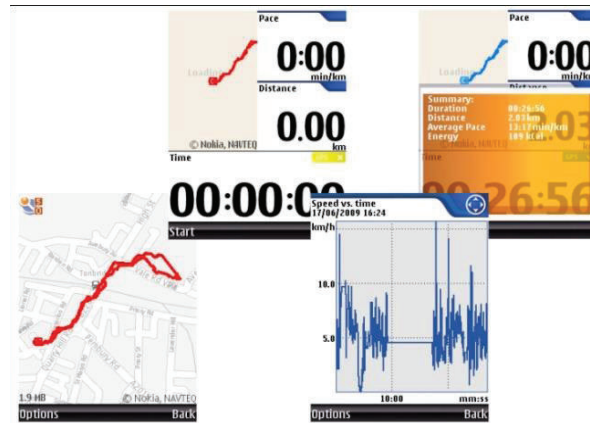


Figura 2. 9 Aplicación para Smart Phone Sports Tracker

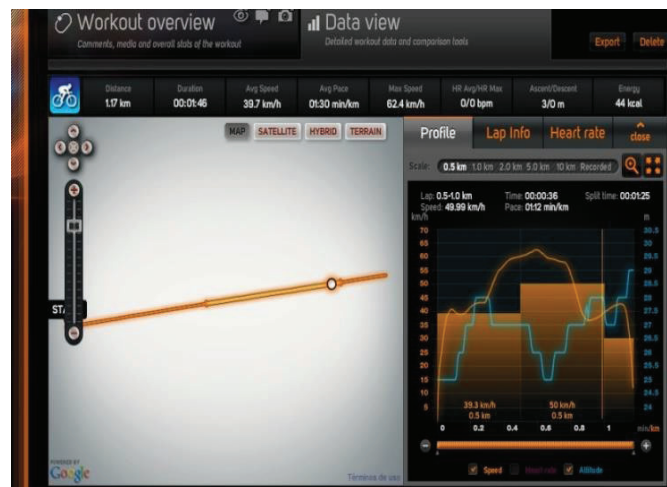


Figura 2. 10 Página de monitoreo Sports Tracker

### 2.6.3. ESCÁNER DE DIAGNÓSTICO SCAN 100

El escáner automatizado es un equipo de diagnóstico que posee varias funciones; acceso a la lectura y borrado de códigos de falla almacenados en la ECU del motor y también permite la lectura de lista de datos que detalla toda la información de sensores y actuadores que se envían a la ECU. (Figura 2.11)





**Figura 2. 11** Escáner de diagnóstico SCAN 100

<b>Equipo de medición</b>	<b>Scan 100 (Ssangyong)</b>
<b>Resolución LCD</b>	320 x 240
<b>Main CPU</b>	32 Bit MPU frecuencia: 32MHz
<b>Protocolo de comunicación</b>	DWMC all ECU OBD-II(ISO-9141-2, PWM, VPWM) KWP-2000
<b>Osciloscopio</b>	2 Channel A/D Sampling : 100 KHz Measuring voltage : 0-100V 12 Bit de resolución

**Tabla 2. 5** Características del Scanner

El escáner SCAN 100 permite funciones adicionales como:

- Grabar información (Lista de Datos) en tiempo real para su posterior análisis en un periodo determinado pre y post activación de esta función (Snapshot)
- Test de actuadores.
- Osciloscopio.

#### **2.6.4. OSCILOSCOPIO WARELEAD EZ-SCOPE M1**

El equipo utilizado es el Osciloscopio Warelead EZ-Scope M1 (Figura 2.12), que es un osciloscopio de altas prestaciones cuyas características se detallan a continuación:





**Figura 2. 12** Osciloscopio Warelead EZ-SCOPE M1

Equipo	EZ-SCOPE M1
Sistema Operativo	Compatible con Windows-XP
CPU	Intel ATOM N270 1.6GHz
Memoria	Disco Duro 250GB SATA
Pantalla	VGA salida (sobre los 2048 x 1536)
Protocolo	KWP 2000, ISO 9141-2, J1850(VPW,PWM) Cable doble CAN(2.0A, 2.0B) J1587, Cable simple CAN, Hi Velocidad Serial
Radio del osciloscopio	Cada canal 25[MHz/s]
Voltaje de entrada	$\pm 10\text{m[V]} \sim 100\text{[V]}$
Tiempo de ajuste	$1[\mu\text{s}] \sim 10\text{[S]}$
AC/DC	Input 100~230[V], output 5[A]/12[V]
Tamaño	240mm x 310mm x 70mm
Peso	3Kg

**Tabla 2. 6** Características del osciloscopio EZ-SCOPE M1

Adicionalmente de obtener mediciones de forma de onda también pueden obtenerse mediciones de corriente, presión, temperatura y gas con los accesorios respectivos del equipo.

El equipo posee 4 canales para la medición de formas de onda y también formas de onda de encendido.

Adicionalmente se detalla un instructivo de conexión del osciloscopio EZ-SCOPE M1, Anexo No. 5.

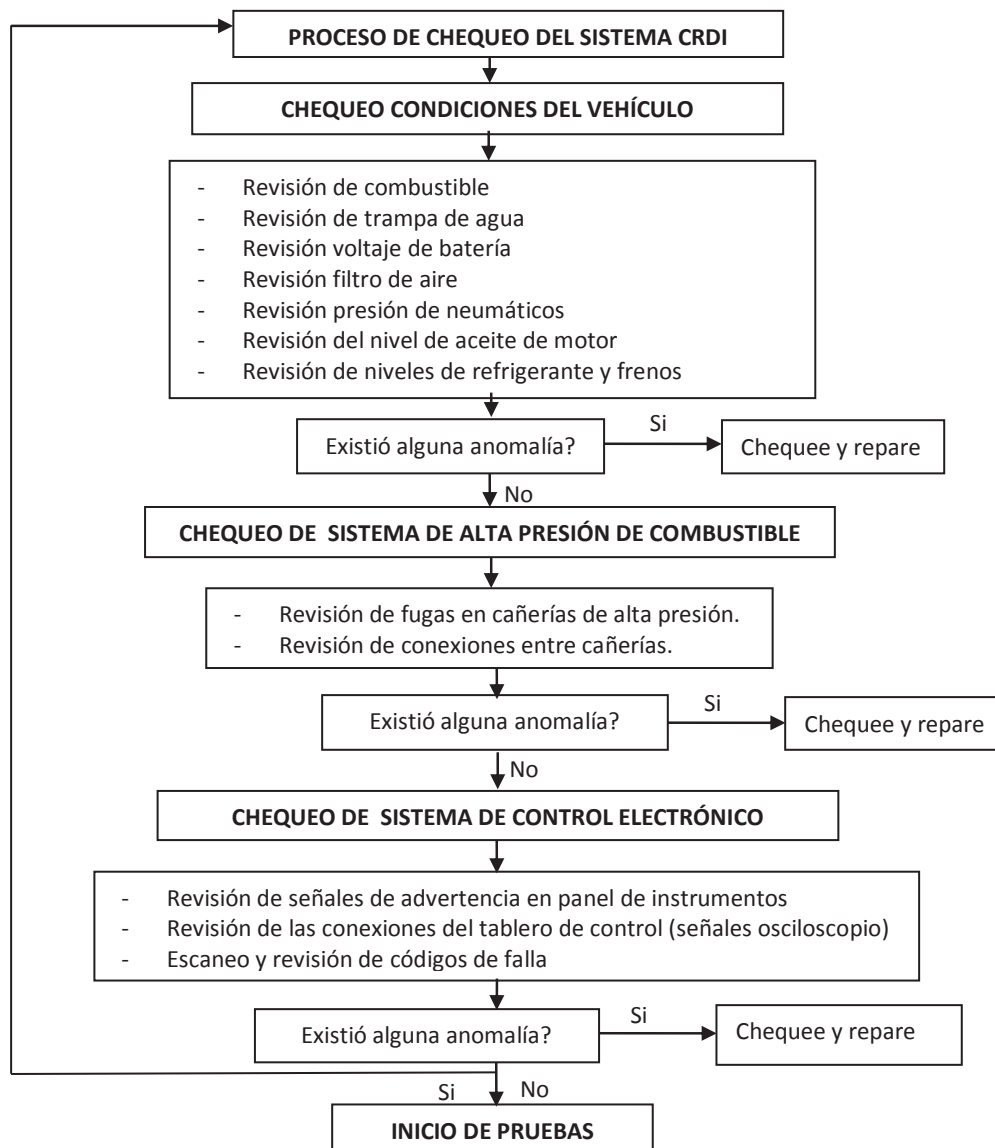
## CAPITULO III

### MEDICIÓN FORMAS DE ONDA

#### 3.1. CONDICIONES MECÁNICAS

Aspectos importantes antes de realizar las pruebas para la obtención de los oscilogramas son: condiciones mecánicas, eléctricas-electrónicas, de seguridad. El vehículo de prueba no es nuevo, además se deben de tomar las siguientes consideraciones (Figura 3.1).

#### 3.2. PREPARACIÓN DE CONDICIONES



**Figura 3. 1** Pasos previos para la obtención de oscilogramas

### 3.3. TABLAS DE VALORES DE SENSORES Y ACTUADORES

A continuación se presentan el formato de las (tablas 3.1 y 3.2) que se elaboró para recolectar los datos obtenidos en cada una de las pruebas tanto dinámicas como estáticas, adicionalmente las gráficas de varios parámetros de interés que ayudará de mejor manera al análisis del comportamiento del sistema Riel Común.

PRUEBA ESTÁTICA													
SECTOR		ALTURA (m)		HORA (hh:mm)	PRESIÓN ATM. (bar)	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. AIRE MOTOR (°C)		TEMP. REFRIGERANTE MOTOR (°C)		TEMP. COMBUSTIBLE (°C)		
PRUEBA	RPM (Rev)	APS 1 (%)	APS 2 (%)	PRESIÓN RIEL (bar)	FLUJO DE AIRE (mg/str)	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO (mg/str)	AVANCE INYECCIÓN PRINCIPAL (°)	AVANCE INYECCIÓN PILOTO (°)	PRESIÓN TURBO (bar)	SENSOR DETON.	TURBO DUTY (%)	EGR DUTY (%)	IMV DUTY (%)
1	0												
2	RALENTI												
3	1800												
4	2500												
5	3500												

**Tabla 3. 1** Formato para datos Prueba Estática

### PRUEBA DINÁMICA

SECTOR		ALTURA (m)		HORA (hh:mm)	PRESIÓN ATM. (bar)	TEMP. AMBIENTE (°C)		TEMP. AIRE MOTOR (°C)		TEMP. REFRIGERANTE MOTOR (°C)						
PRUEBA (seg)	VELOCIDAD TEÓRICA (km/h)	RPM (Rev)	VELOCIDAD (km/h)	APS 1 (%)	APS 2 (%)	PRESIÓN RIEL (bar)	FLUJO DE AIRE (mg/str)	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO (mg/str)	AVANCE INYECCIÓN PRINCIPAL (°)	AVANCE INYECCIÓN PILOTO (°)	PRESIÓN TURBO (bar)	SENSOR DETON.	TEMP. COMB (°C)	TURBO DUTY (%)	EGR DUTY (%)	IMV DUTY (%)
0																
2.5																
5																
7.5																
10																
12.5																
15																
.....																
105																
107.5																
110																

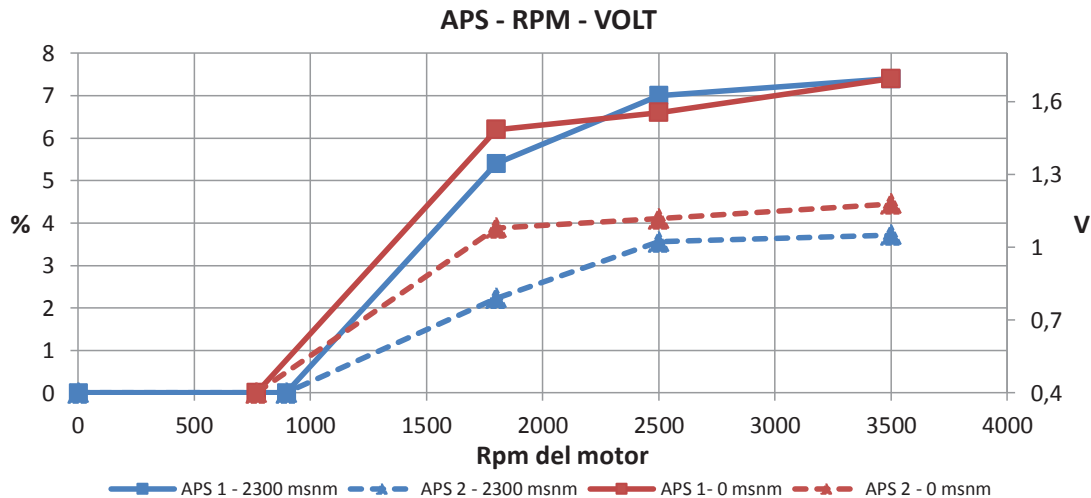
**Tabla 3. 2** Formato para datos Prueba Dinámica

Con la tabulación de los datos se podrá determinar la variación de cada uno de los sensores y actuadores del sistema CRDi, que posteriormente se apoyará para el análisis de los oscilogramas. Anexo No.6 y 7.

### 3.3.1. PRUEBAS ESTÁTICAS

#### 3.3.1.1. SEÑAL DEL SENSOR DEL PEDAL DE ACELERACIÓN (APS) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

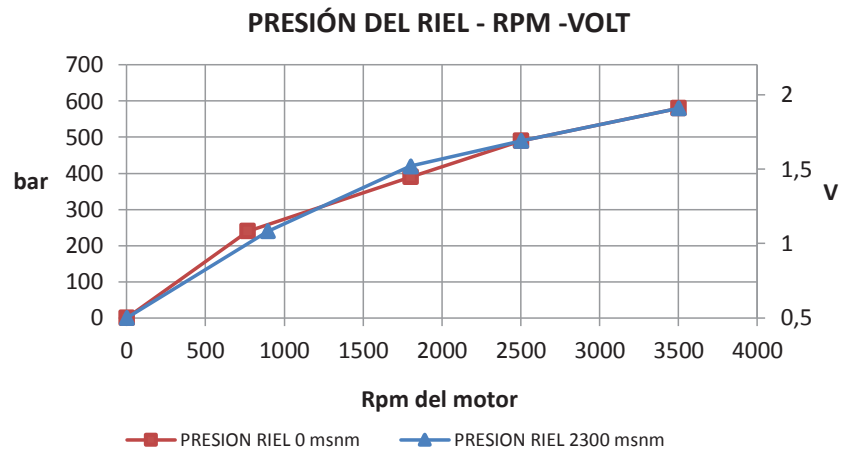
El sensor del pedal de aceleración muestra un valor de porcentaje que va relacionada con la cantidad de combustible inyectado y que aumenta con el número de revoluciones del motor (figura 3.2); a nivel del mar (768 rpm) las revoluciones de ralentí son menores que en la altura (896 rpm). También hay que acotar que en las dos mediciones el valor de porcentaje en la aceleración no supera los 10 puntos debido que el vehículo se encuentra estacionado y sin carga (en vacío).



**Figura 3. 2** Señal APS respecto a las revoluciones

#### 3.3.1.2. SEÑAL DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES

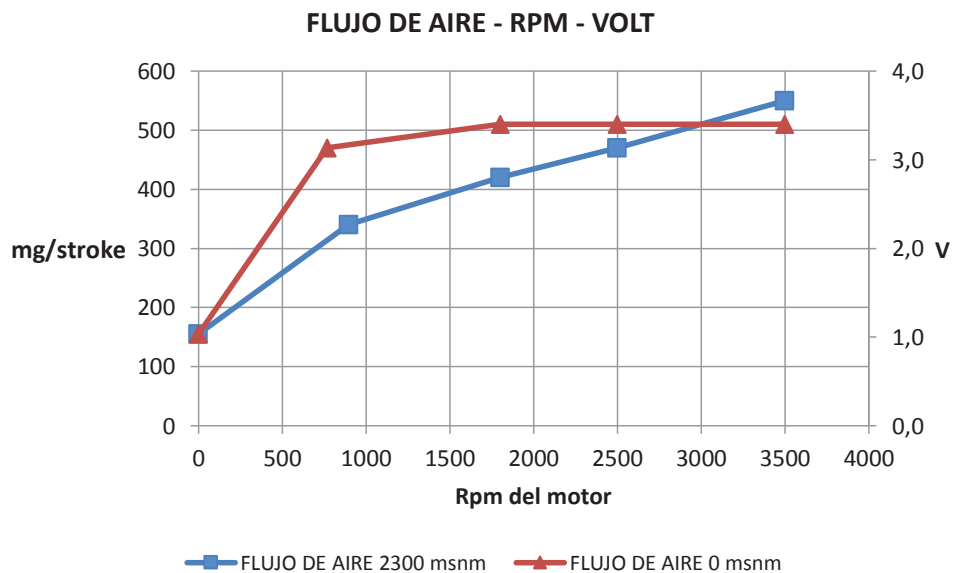
La presión medida es generada por el sensor de presión del riel en [bar] los valores en ralentí tanto en la altura como a nivel del mar son similares (240 bar), a medida que se incrementan las revoluciones hay una ligera diferencia pero se mantiene una uniformidad en los valores llegando hasta un valor de 590 bar de presión máxima en las pruebas, hay que recordar que estos valores se obtienen con el vehículo estacionado y sin carga (Figura 3.3).



**Figura 3. 3** Señal presión del riel de combustible respecto a las revoluciones

### 3.3.1.3. SEÑAL DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

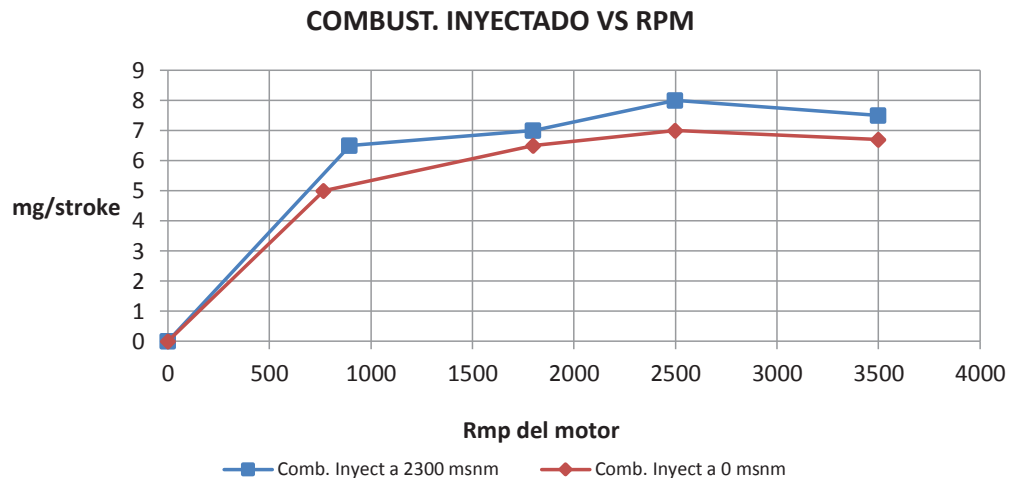
El aire que ingresa al motor es medido por el sensor de flujo de aire (figura 3.4), muestra que los valores de flujo (mg/stroke) son mayores a nivel del mar que en la altura. Con el motor apagado y en la posición de contacto se genera un valor predeterminado de 150 mg/stk, al encender el motor aumenta hasta un valor de 470 mg/stk a nivel del mar y 340 mg/stk en la altura y posteriormente va en aumento con las revoluciones del motor.



**Figura 3. 4** Señal sensor de flujo de aire respecto a las revoluciones

### 3.3.1.4. CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

La (Figura 3.5), muestra que la cantidad de combustible inyectado (mg/stroke) aumenta con el número de revoluciones del motor, además la cantidad que se inyecta es menor a nivel del mar, debido que existe mayor ingreso de aire al motor con y ello llegar a la relación estequiométrica.

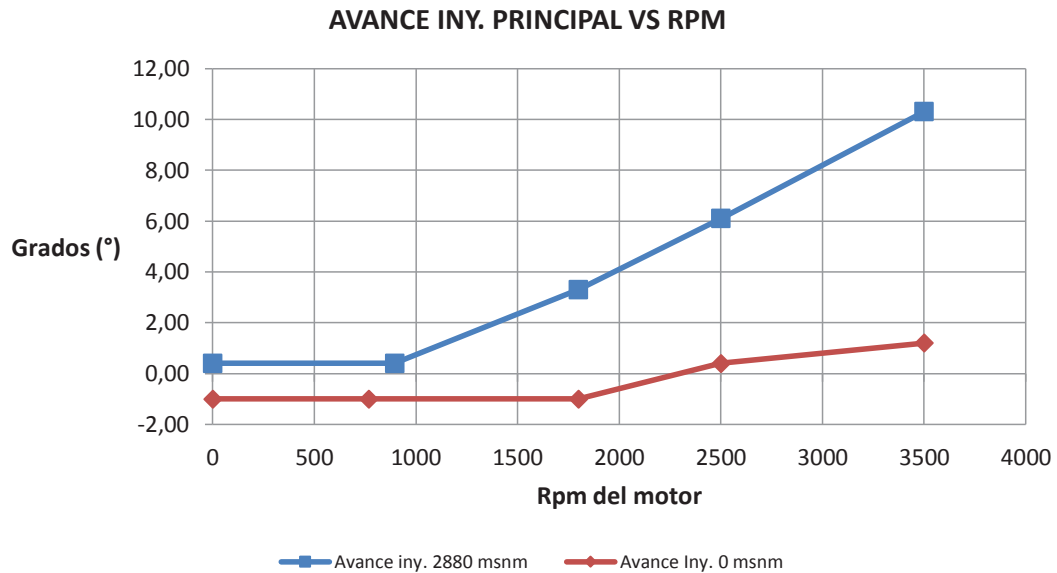


**Figura 3. 5** Cantidad de combustible inyectado respecto a las revoluciones

### 3.3.1.5. AVANCE DE LA INYECCIÓN PRINCIPAL RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

La (figura 3.6), muestra el avance de la inyección principal en grados de giro del cigüeñal dependiendo la carga del motor, en la altura muestra que los valores positivos son superiores que a nivel del mar, estos valores van en aumento con respecto a las revoluciones.

A nivel del mar algunos valores en ciertas revoluciones se muestran negativos, son grados de avance es decir antes del PMS, al contrario en la altura los valores se muestran positivos y son grados que pasaron el PMS.

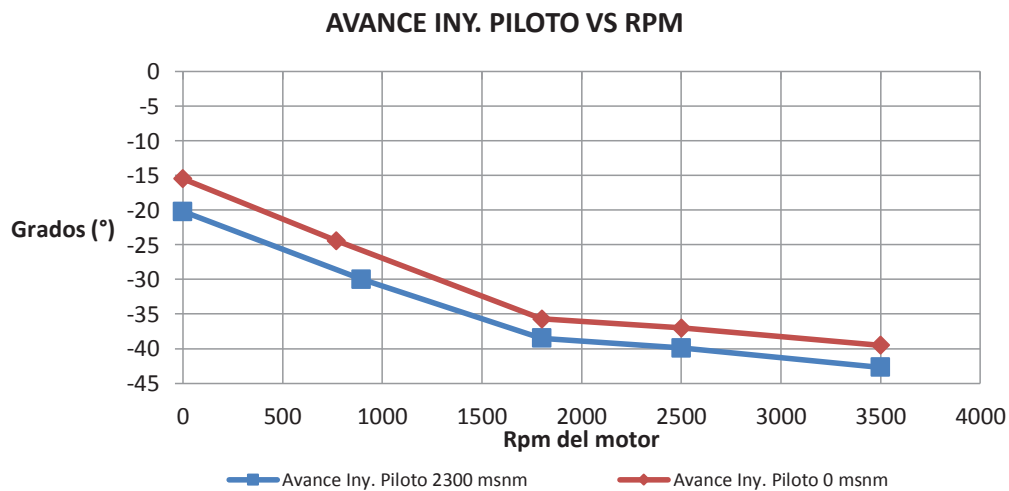


**Figura 3. 6** Avance de la inyección principal respecto a las revoluciones

### 3.3.1.6. AVANCE A LA INYECCIÓN PILOTO RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

En la (figura 3.7), se muestra el avance a la inyección piloto en grados de giro del cigüeñal, en la altura y a nivel del mar son valores negativos, en este caso son grados antes del PMS y se puede notar que en la altura estos valores negativos son mayores que a nivel del mar y van en aumento con el número de revoluciones del motor.

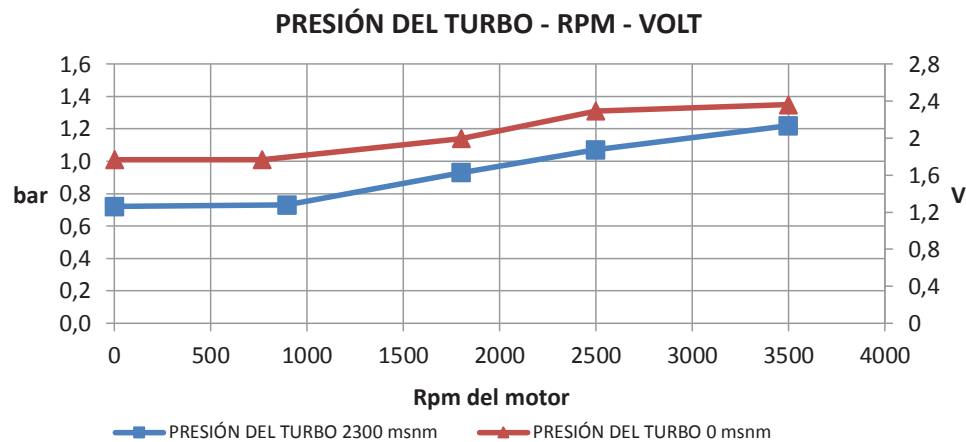
Sus valores fluctúan de  $-20^\circ$  y  $-42^\circ$  en la altura y a nivel del mar entre  $-16^\circ$  y  $-38^\circ$ .



**Figura 3. 7** Avance de la inyección piloto respecto a las revoluciones

### 3.3.1.7. SEÑAL DE PRESIÓN DEL TURBO RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

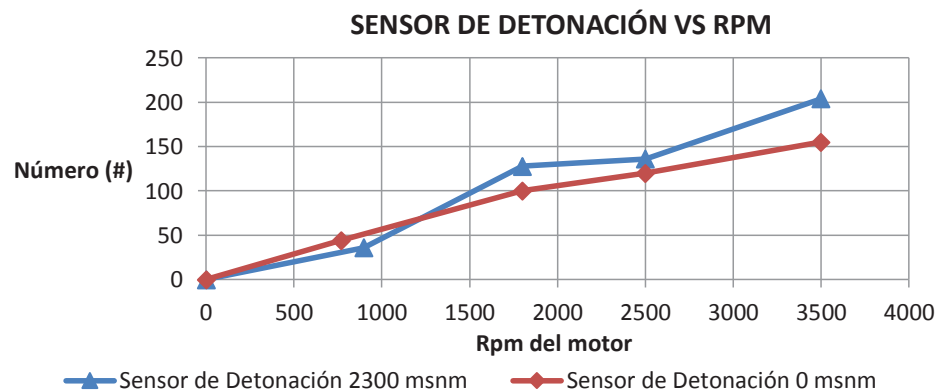
En la (Figura 3.8), la señal es medida en [bar] de presión, los valores en las dos alturas van en aumento con respecto al aumento de las revoluciones del motor. En ralentí la presión a nivel del mar es de 1 bar y en la altura es de 0.7 bar, la presión en general es mayor a nivel del mar debido a la existencia de mayor presión atmosférica en este lugar.



**Figura 3. 8** Señal de presión del turbo respecto a las revoluciones

### 3.3.1.8. SEÑAL DEL SENSOR DE DETONACIÓN (KS) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

La (Figura 3.9), la señal del sensor de detonación es transformada en una unidad numérica por medio de la ECU, estos valores en la altura son mayores que a nivel del mar, adicionalmente van en aumento de acuerdo al incremento del número de revoluciones.

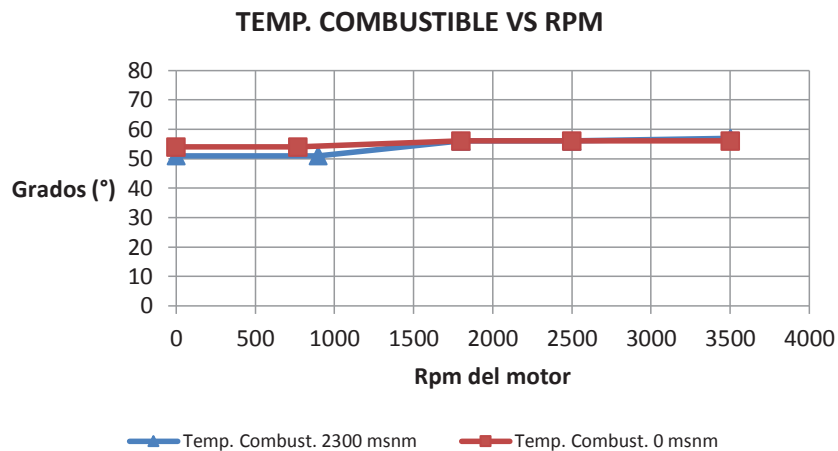


**Figura 3. 9** Señal de vibración o ruido del motor respecto a las revoluciones



### 3.3.1.9. SEÑAL DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE (FTS) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

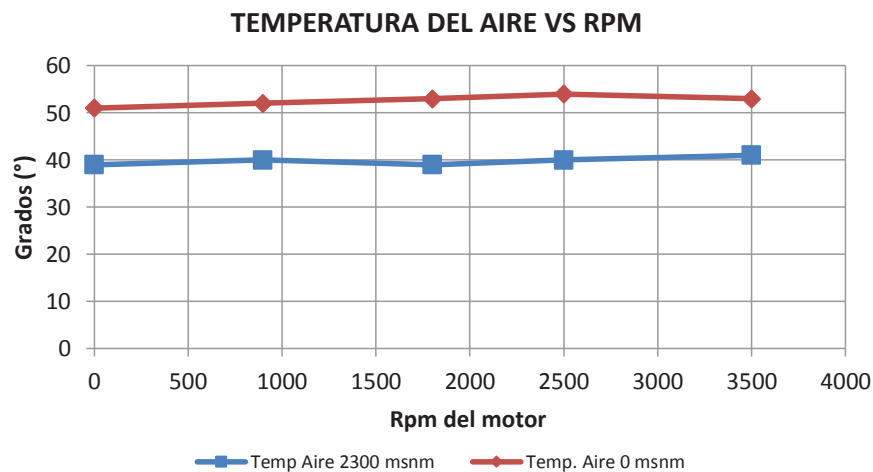
La señal de temperatura de combustible se muestra en la (figura 3.10), en grados centígrados. No existe mayor variación significativa en la temperatura y el valor promedio es de 55 °C.



**Figura 3. 10** Señal del sensor de temperatura de combustible respecto a las revoluciones

### 3.3.1.10. SEÑAL DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE (IAT) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

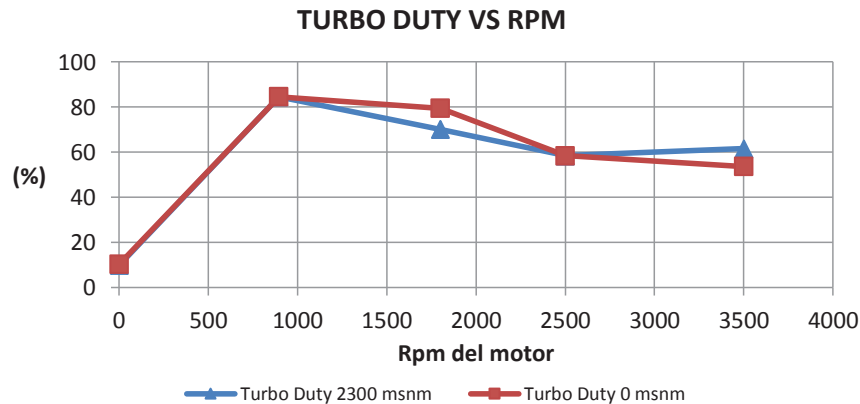
La (figura 3.11), la señal del sensor de temperatura de aire se muestra en grados centígrados. Existe una variación de 15 °C, es decir en la altura la temperatura del aire es de 40 °C permaneciendo ésta casi constante y a nivel del mar es de 53 °C.



**Figura 3. 11** Señal del sensor de temperatura del aire respecto a las revoluciones

### 3.3.1.11. SEÑAL DEL ACTUADOR DEL TURBO RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

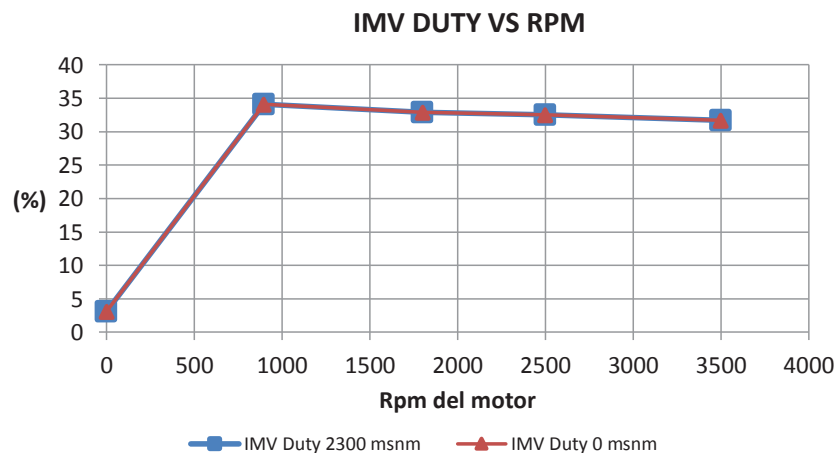
La señal del actuador del turbo es convertida en valor de porcentaje del ciclo de trabajo, la (figura 3.12), muestra con el motor apagado y en contacto, la ECU genera un valor predeterminado de 10% y este se incrementa a 85% en ralentí y disminuye con el aumento de las revoluciones hasta llegar a un valor de 60%.



**Figura 3. 12** Señal del actuador del turbo respecto a las revoluciones

### 3.3.1.12. SEÑAL DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV) RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

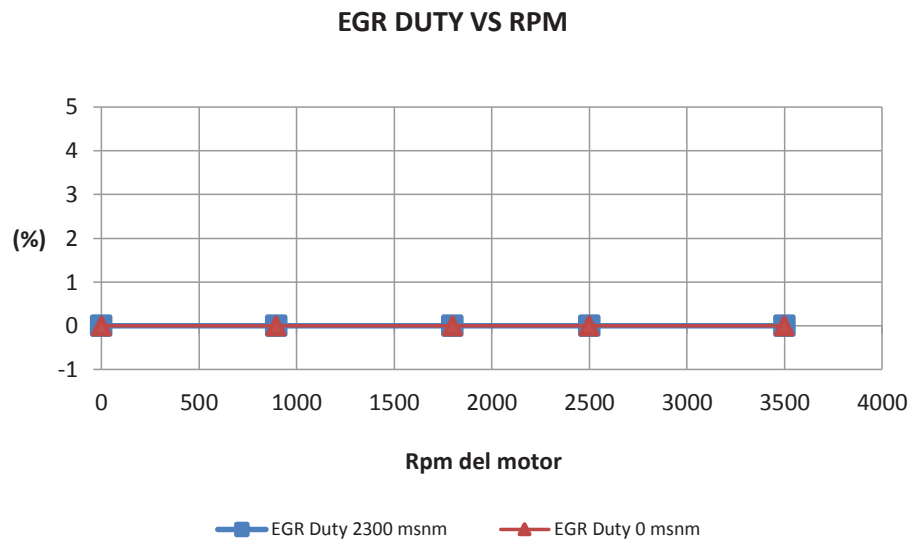
La señal es transformada en valor de porcentaje del ciclo de trabajo de la válvula, por medio de la ECU. El valor es similar tanto en la altura como a nivel del mar, con el motor apagado y en contacto se genera un valor determinado de 4% y aumenta en ralentí hasta 34% y disminuye ligeramente con el aumento de revoluciones a un valor promedio de 33% como muestra la (Figura 3.13).



**Figura 3. 13** Señal de la válvula IMV respecto a las revoluciones

### 3.3.1.13. SEÑAL DEL ACTUADOR DE LA EGR RESPECTO A LAS REVOLUCIONES.

La señal de la EGR es transformada en porcentaje de ciclo de trabajo del actuador por medio de la ECU, en la (figura 3.14), muestra que en ninguna de las alturas existe trabajo, ni tampoco en la variación y aumento de las revoluciones del motor. Esto se debe a que la válvula actúa bajo ciertas condiciones de operación y que para estas pruebas no realiza ningún trabajo.

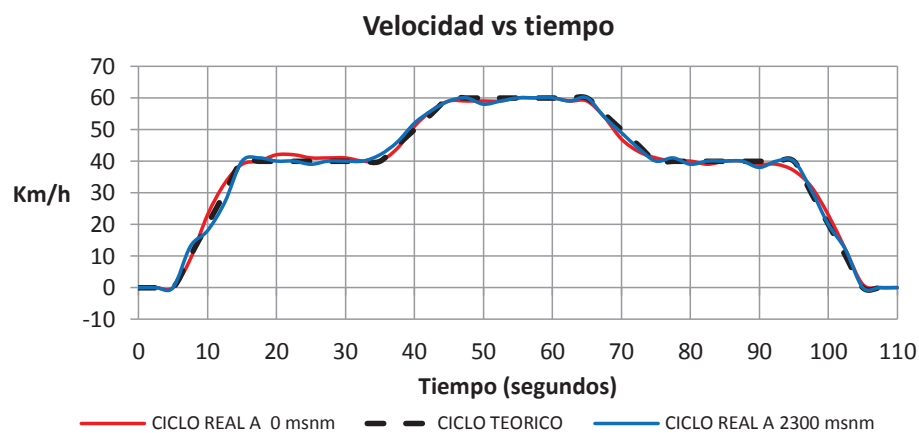


**Figura 3. 14** Señal del actuador de la EGR respecto a las revoluciones

### 3.3.2. PRUEBAS DINÁMICAS

#### 3.3.2.1. VELOCIDAD DEL VEHÍCULO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO DE MANEJO.

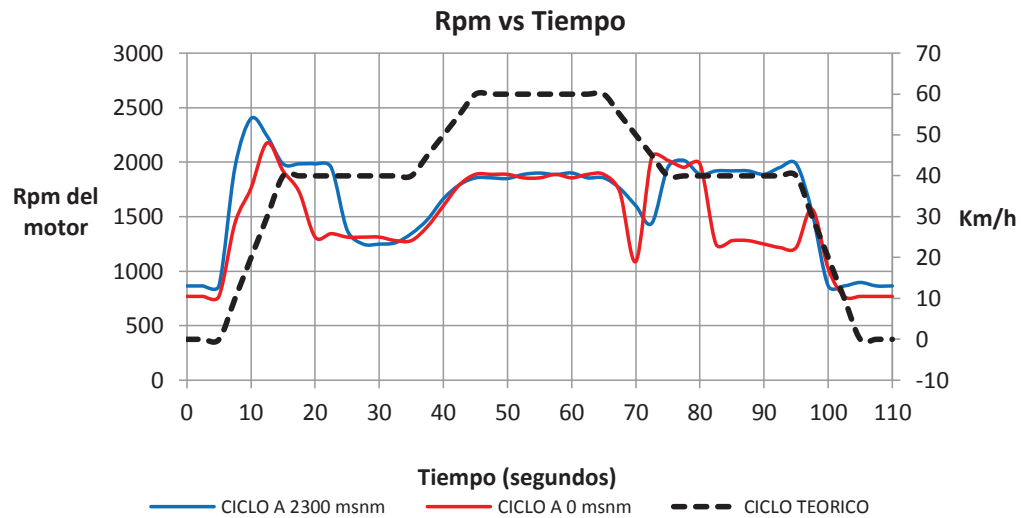
Las velocidades del ciclo de manejo en las dos alturas se muestran en la (figura 3.15), donde se puede notar que se asemejan al ciclo teórico propuesto, y que por obvias razones de sensibilidad en la aceleración se tiene irregularidades. Adicionalmente se debe recalcar que se logró obtener estos ciclos de manejo después de varias pruebas fallidas y que con el pasar del tiempo se adquirió destreza para lograr las pruebas definitivas, valederas y correctas. De la obtención de estas pruebas se tomaron los datos donde se generaron los gráficos que se detallan posteriormente.



**Figura 3. 15** Comparación de ciclos (0 msnm, 2300 msnm y teórico)

#### 3.3.2.2. REVOLUCIONES DEL MOTOR RESPECTO AL TIEMPO DE CICLO MANEJO.

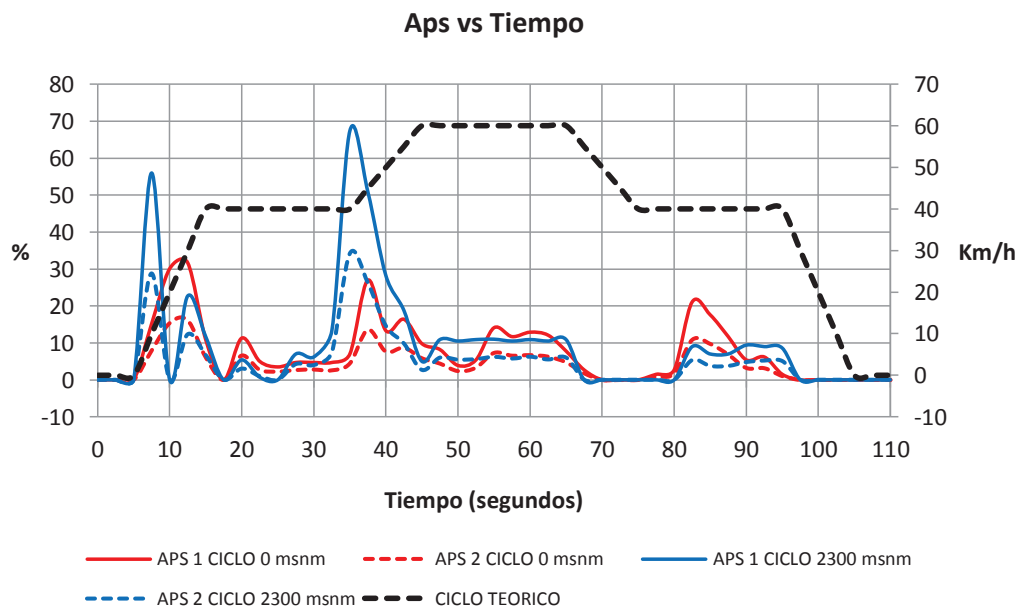
En la (figura 3.16), muestra las revoluciones del motor para cumplir el ciclo de manejo, las revoluciones en las dos alturas son casi similares, teniendo en cuenta que las variaciones se deben al cambio de velocidad y algunas diferencias notorias se deben a los cambios de marchas que se utilizó para poder cumplir con las condiciones del ciclo de manejo.



**Figura 3. 16** Señal del sensor del eje del cigüeñal respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.3. SEÑAL DEL SENSOR DEL PEDAL DE ACELERACIÓN (APS) RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO

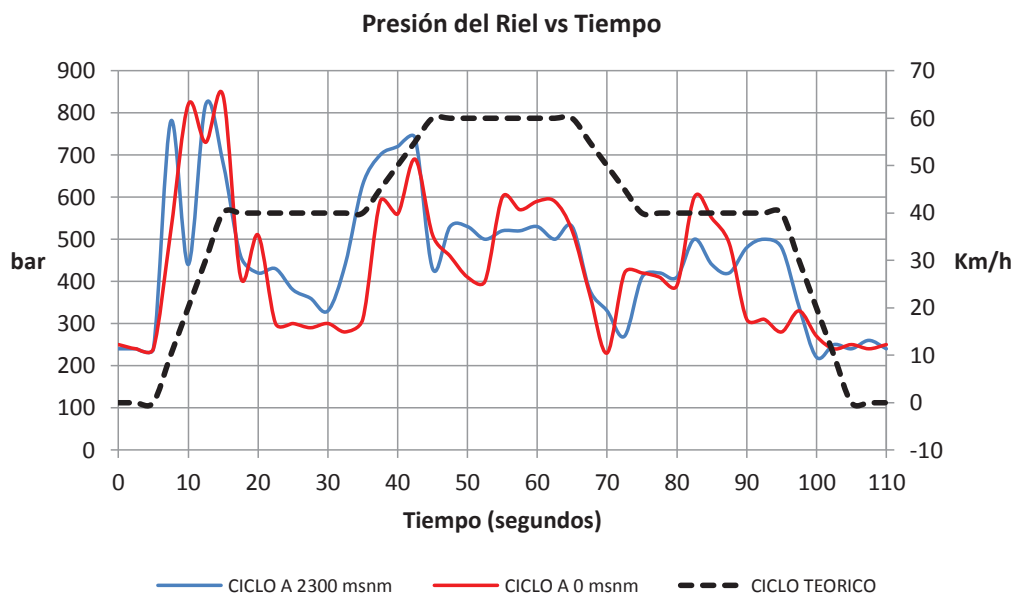
En la (figura 3.17), muestra que para mantener las condiciones de velocidad de prueba se hace necesario un incremento de aceleración en la altura ya que la potencia que proporciona el motor del vehículo decrece con la altura, y a nivel del mar no se necesita de una mayor aceleración para cumplir las condiciones de la prueba.



**Figura 3. 17** Porcentaje (%) sensor (APS) respecto al ciclo de manejo

### 3.3.2.4. SEÑAL DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS) RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

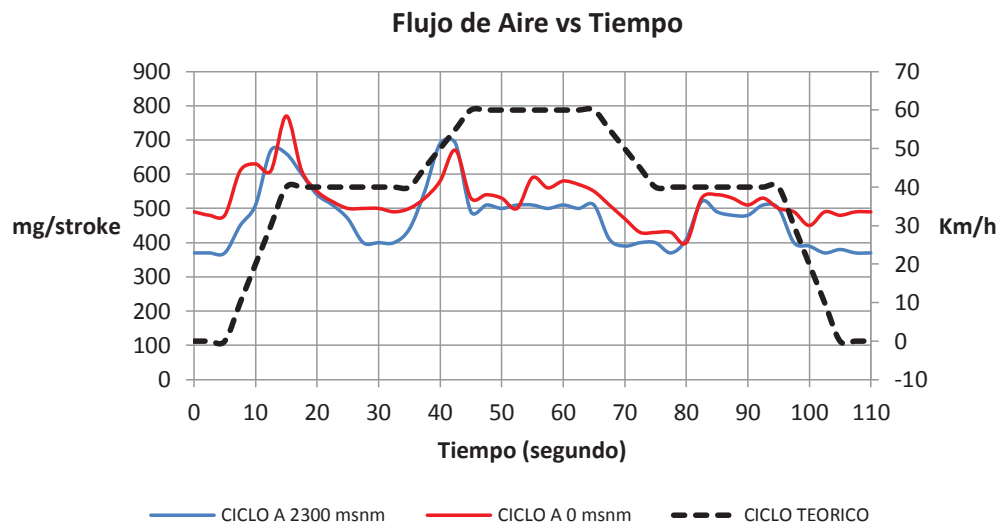
En la (figura 3.18), muestra que durante el tiempo de prueba, en las dos alturas la presión del riel de combustible la señal trata de mantenerse, variando cuando la prueba requiere aceleración y en la altura la presión aumenta. Existen pequeñas variaciones que son debidas a los cambios de velocidad y correcciones en la aceleración para cumplir las condiciones de velocidad de la prueba.



**Figura 3. 18** Señal del sensor de presión del riel con respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.5. SEÑAL DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM) RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO

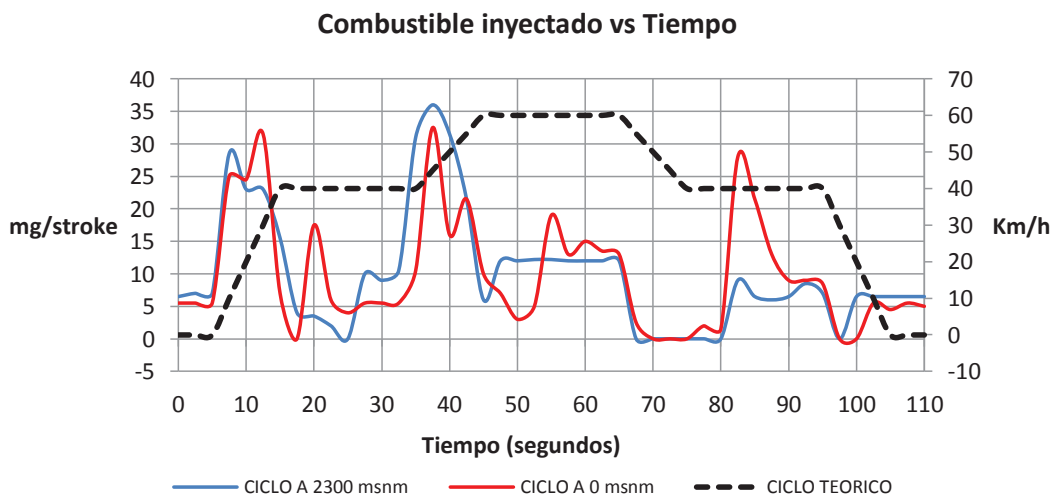
La (figura 3.19), muestra claramente un flujo de aire mayor a nivel del mar por obvias razones se debe a la presión atmosférica mayor, los valores en la altura presentan una tendencia similar pero con valores inferiores que a nivel del mar. Los picos de valores altos en cada uno de los gráficos se deben a las etapas de aceleración de la prueba (aumento de velocidad) y los valores más bajos son las etapas de velocidad constante y desaceleración que tienden a tomar los valores de ralentí.



**Figura 3. 19** Señal del sensor de flujo de aire respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.6. SEÑAL DE LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

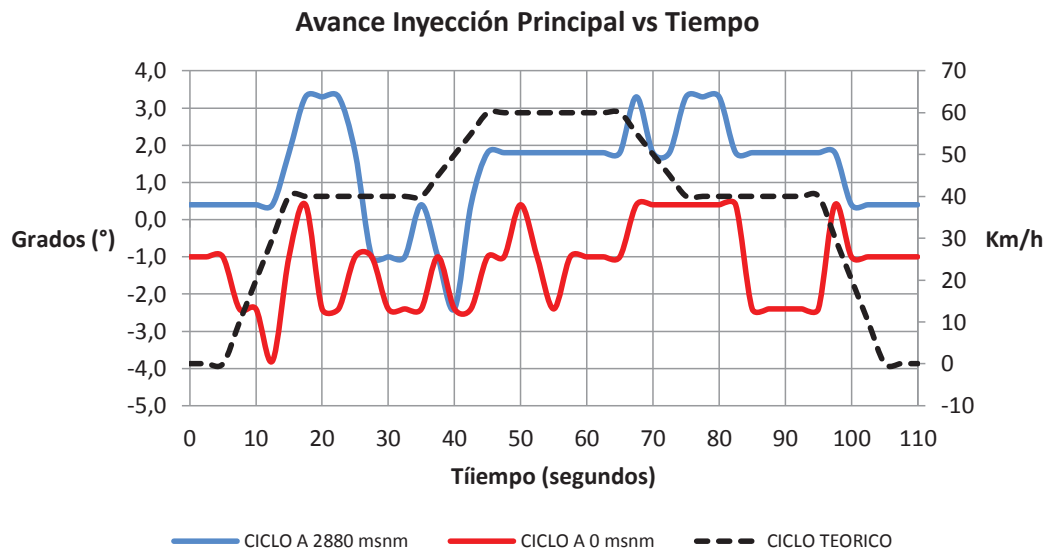
La cantidad de combustible inyectado va relacionado con la aceleración del motor, en la (figura 3.20), indica que el combustible inyectado mantiene una similitud en cantidades, existiendo picos que lo diferencian debido a los cambios de marchas y correcciones en la velocidad de la prueba; aunque mínima la cantidad inyectada es mayor en la altura.



**Figura 3. 20** Señal de combustible inyectado respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.7. SEÑAL DE AVANCE DE LA INYECCIÓN PRINCIPAL RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

El ángulo de avance de la inyección principal difiere en la altura y a nivel del mar, en la (figura 3.21), muestra que en la altura el avance de inyección adquiere o toma valores positivos, es decir la inyección se realiza después del PMS desde  $0^\circ$  a  $3.3^\circ$ , mientras que a nivel del mar estos valores tienden a ser negativos es decir antes del PMS y varían entre  $-4^\circ$  a  $0,5^\circ$ . Las variaciones de los valores se deben a las aceleraciones significativas que se realizan durante la prueba.

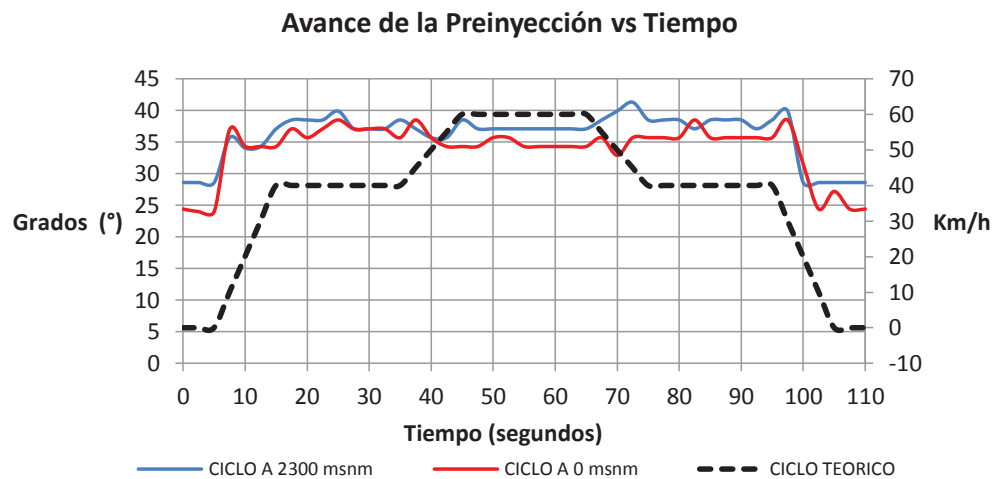


**Figura 3. 21** Señal de avance de la inyección principal respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.8. SEÑAL DE AVANCE DE LA INYECCIÓN PILOTO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

En la (figura 3.22), muestra los grados de adelanto de la inyección piloto, aunque los datos se muestren positivos indica que se realizan antes del PMS. Los grados de avance de la inyección piloto son mayores en la altura variando éstos desde los  $28^\circ$  hasta los  $41^\circ$ , por el contrario a nivel del mar varía desde los  $24^\circ$  hasta los  $38^\circ$ , en ralentí presenta valores de  $24^\circ$  y  $28^\circ$  a nivel del mar y en la altura respectivamente.

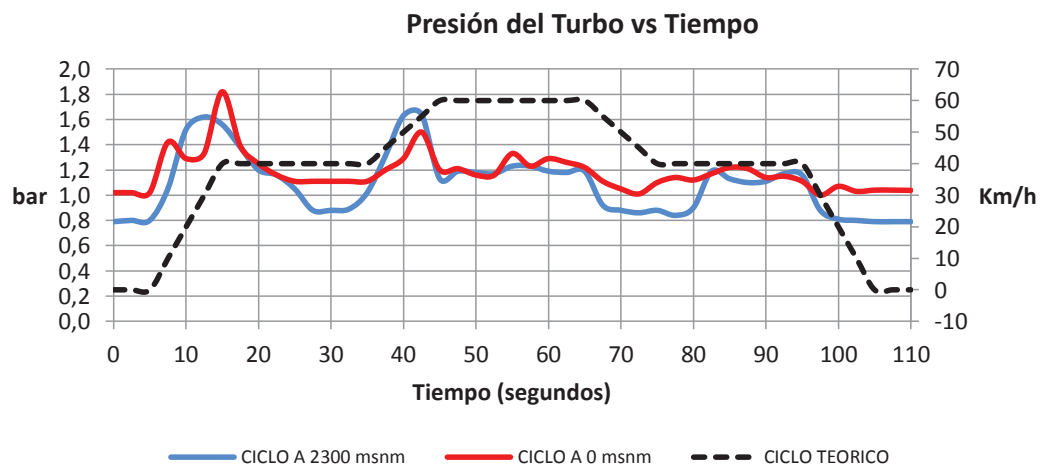




**Figura 3. 22** Señal de avance de la inyección piloto respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.9. SEÑAL DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

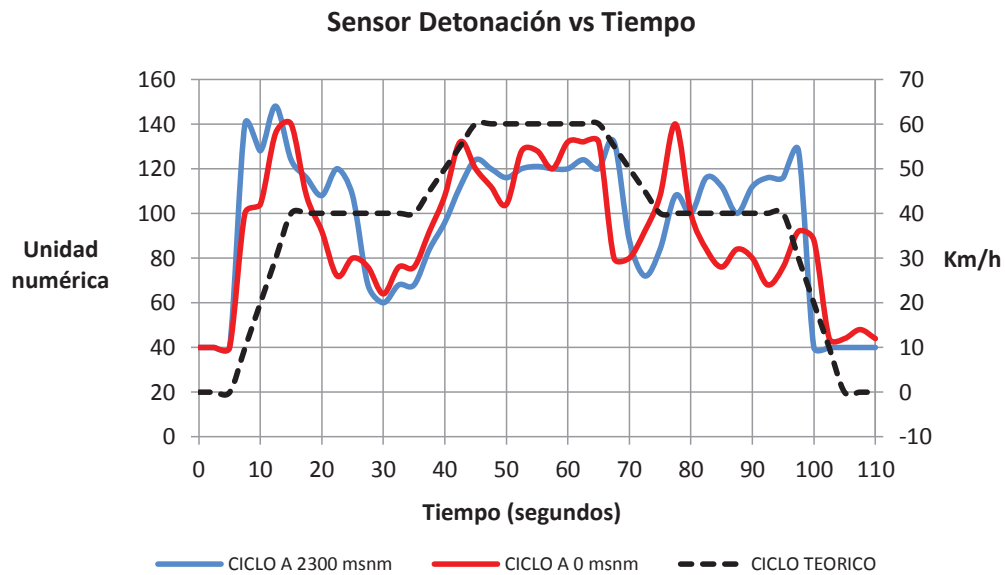
La señal de presión del sensor del turbo (figura 3.23), en la altura es menor que a nivel del mar es decir de 0.8 bar y 1 bar respectivamente, la tendencia de la gráfica indica que a nivel del mar los valores son mayores que en la altura debido a la presión atmosférica, además que las variaciones son debidas a las aceleraciones y desaceleraciones correspondientes al ciclo de prueba para obtener las condiciones deseadas de velocidad, cabe anotar que las tendencias de estas curvas son similares a las de flujo de aire.



**Figura 3. 23** Señal del sensor de presión del turbo respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.10. SEÑAL DEL SENSOR DE DETONACIÓN (KS) DEL MOTOR RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

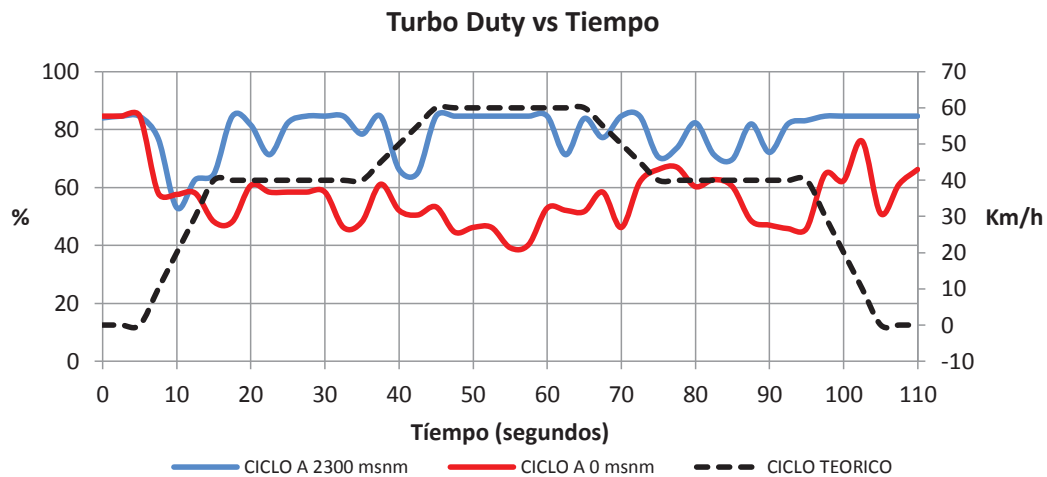
En la (figura 3.24), muestra los valores del sensor de detonación del motor los cuales son relativamente similares en las dos alturas, teniendo en cuenta que el valor varía con las revoluciones del motor que aumentan y disminuyen y por obvias razones el motor genera mayor sonido de funcionamiento a altas revoluciones.



**Figura 3. 24** Señal del sensor de detonación del motor respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.11. SEÑAL DEL ACTUADOR DEL TURBO RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

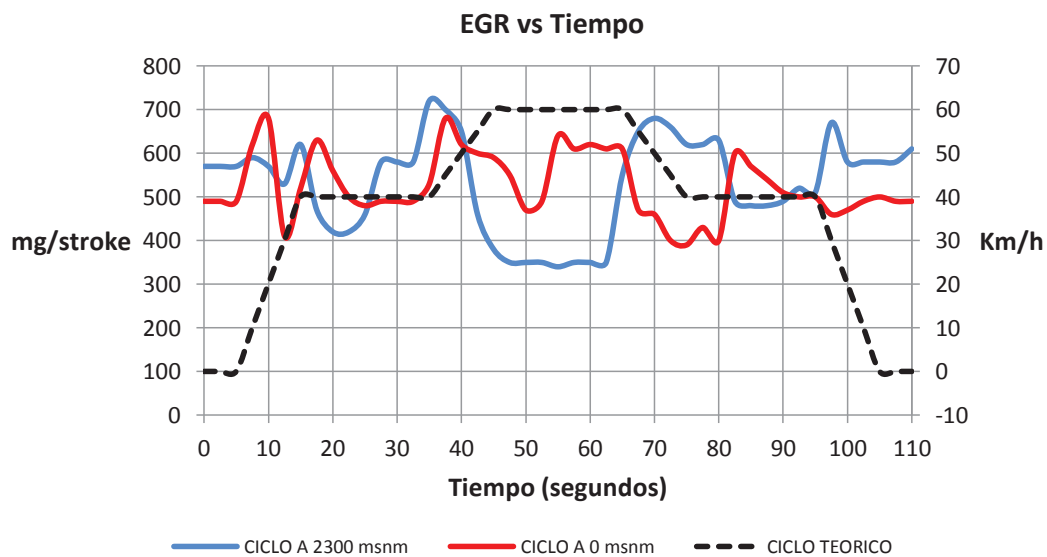
En la (figura 3.25), muestra el ciclo de trabajo del actuador del turbo durante el ciclo de manejo es mayor en la altura llegando a promediar al 75% del ciclo de trabajo del actuador, mientras que a nivel del mar promedia el 55% de ciclo de trabajo. Adicionalmente el ciclo de trabajo aumenta y disminuye dependiendo de las rpm del motor.



**Figura 3. 25** Señal del actuador del turbo respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.12. SEÑAL DE FLUJO DEL ACTUADOR DE LA EGR RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

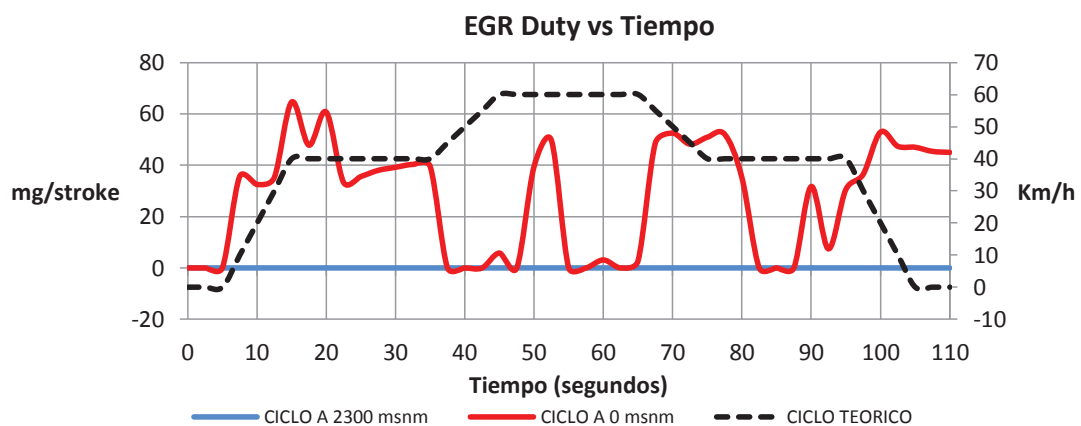
En la (figura 3.26), muestra que el flujo en la altura se obtiene valores indiscriminados que no son de referencia y no tienen algún patrón a seguir y comentar. Mientras tanto como se describió en párrafos anteriores cuando actúa la EGR (a nivel del mar) los valores tienden a ser similares a la del flujo de aire y que comparando estas curvas se comprueba esta particularidad.



**Figura 3. 26** Señal del flujo del actuador de la EGR respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.13. SEÑAL ACTUADOR DE EGR RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

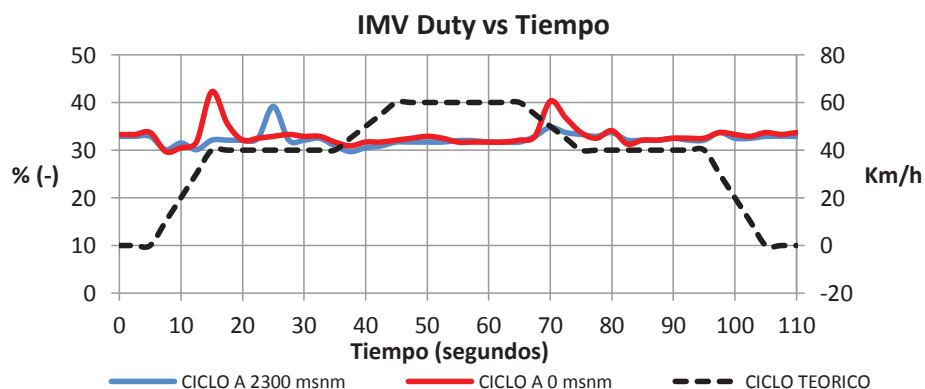
En la (figura 3.27), no existe ninguna señal sobre el actuador de la válvula de la EGR en la altura, a diferencia que a nivel del mar si existe trabajo del actuador y va relacionada con la cantidad de combustible inyectado, es decir a medida que disminuye la cantidad de combustible inyectado aumenta el ciclo de trabajo del actuador y viceversa. Significa que al desacelerar disminuye la cantidad de combustible inyectado y el actuador activa la válvula de recirculación de gases y pasan los gases hacia los cilindros del motor para que puedan ser combustionados y seguir con el funcionamiento del motor.



**Figura 3. 27** Señal del actuador de la EGR respecto al tiempo del ciclo de manejo

### 3.3.2.14. SEÑAL DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV) RESPECTO AL TIEMPO DEL CICLO.

El ciclo de trabajo de la IMV (figura 3.28), en la altura y a nivel del mar el funcionamiento del actuador es similar, teniendo variaciones notorias con el aumento de revoluciones del motor en el cambio de velocidad del ciclo de manejo.



**Figura 3. 28** Señal de la (IMV) respecto al tiempo del ciclo de manejo

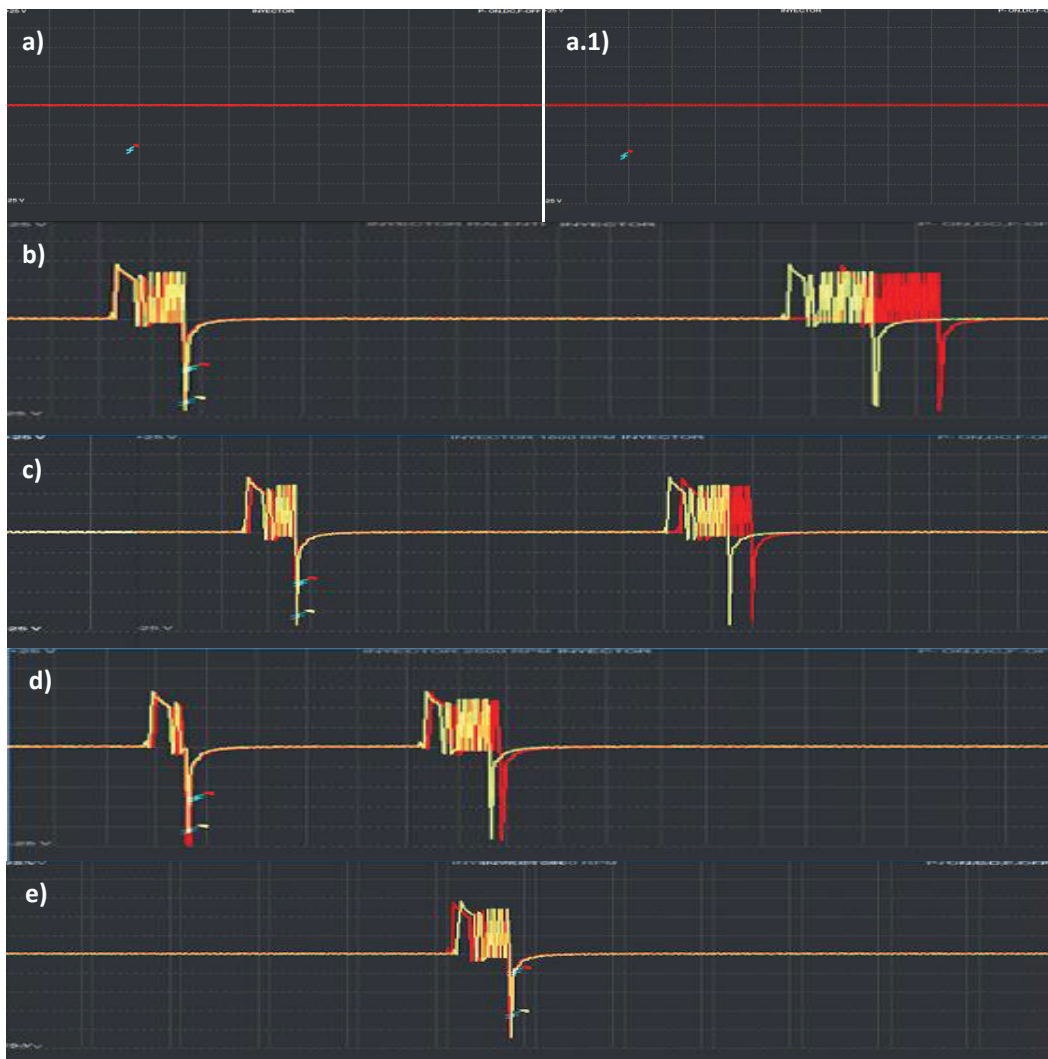
## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

El siguiente compilado de oscilogramas son el resumen de las pruebas estáticas realizadas a 2300 msnm y a 0 msnm y su detalle de escalas y valores se encuentran en los Anexos No. 1, 2, 3, 4 y 10.

#### 4.1. PRUEBAS ESTÁTICAS ALTURA VS NIVEL DEL MAR

##### 4.1.1. FORMAS DE ONDA DE LOS INYECTORES.



**Figura 4. 1** Forma de onda de los inyectores

a) y a1) Formas de onda en contacto a 2300 msnm y 0 msnm respectivamente.

b) Ralentí. c) 1800 rpm. d) 2500 rpm. e) 3500 rpm.

**Onda amarilla:** 2300 msnm. **Onda roja:** 0 msnm

La forma de onda es obtenida del inyector No. 1. Cuando el motor del vehículo está apagado y en contacto no existe señal de voltaje y se lo muestra en la (figura 4.1) a) y a1), mientras tanto para las revoluciones de ralentí (864 rpm), 1800 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm el inyector genera un voltaje pico máximo promedio de 14 V positivos y un pico máximo negativo de 24 V en las dos condiciones de medición en la altura (2300 msnm) y a nivel del mar (0 msnm). (Tabla 4.1).

MEDICIÓN DEL PULSO DE LA PRE-INYECCIÓN Y PRINCIPAL								
PRUEBA (rpm)	RALENTÍ		1800		2500		3500	
	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm
DESCRIPCIÓN								
PRE-INYECCIÓN (ms)	0,52	0,54	0,43	0,45	0,34	0,35	N/A	N/A
INYECCIÓN PRINCIPAL (ms)	0,73	0,86	0,56	0,55	0,49	0,5	0,53	0,51

VALORES DE VOLTAJE								
ESTADO (rpm)	RALENTÍ		1800		2500		3500	
	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm
DESCRIPCIÓN								
VOLTAJE MÁXIMO (V)	14,4	14,4	14	14,4	14,05	14,5	14,05	14,4
VOLTAJE MÍNIMO (V)	-24,35	-21,25	-23,15	-24	-25,6	-22,5	-23,4	-22,5

Tabla 4.1 Pulso de inyección y voltaje de inyectores.

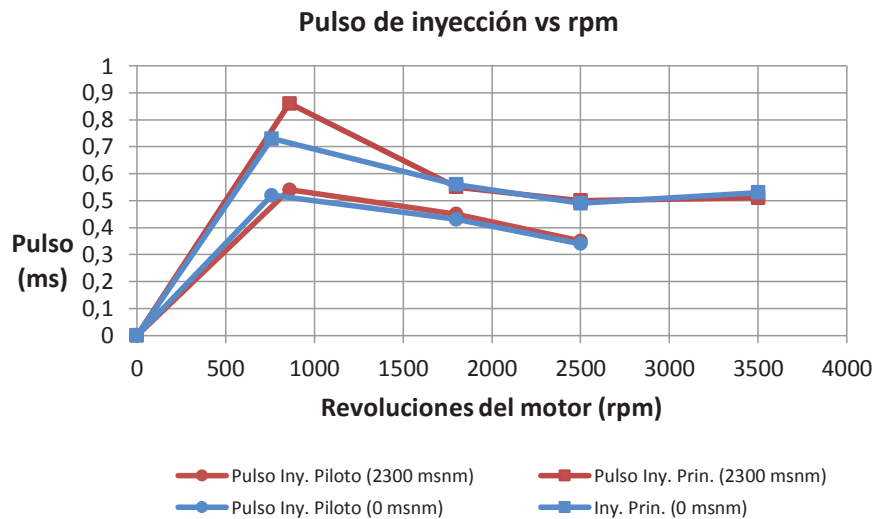
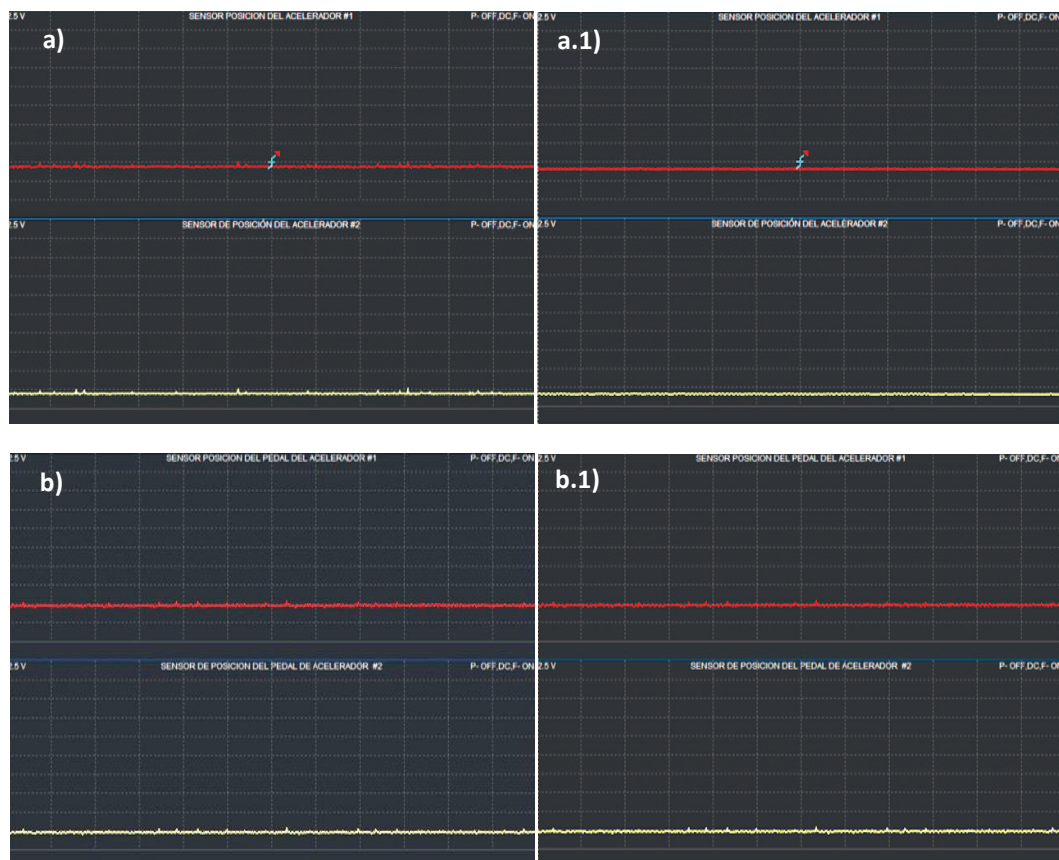


Figura 4. 2 Pulso de inyección respecto a las rpm.

Con respecto al pulso de inyección, es el tiempo que el inyector se abre para dejar pasar combustible en la inyección piloto y la principal, los pulsos son mayores cuando están en ralentí, pero van disminuyendo al aumentar las

revoluciones, este efecto se presenta tanto en la altura como a nivel del mar, cabe mencionar que los pulsos son los mismos, donde existe una variación es en el adelanto y retraso del tiempo de inyección por efecto de la variación de altura como se muestran en las figuras subsecuentes b, c, d y e. Una característica adicional, donde se puede notar una pequeña variación es en el pulso de las revoluciones de ralentí (figura 4.2).

#### 4.1.2. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR (APS).



**Figura 4.3** Forma de onda del APS1 y APS 2.

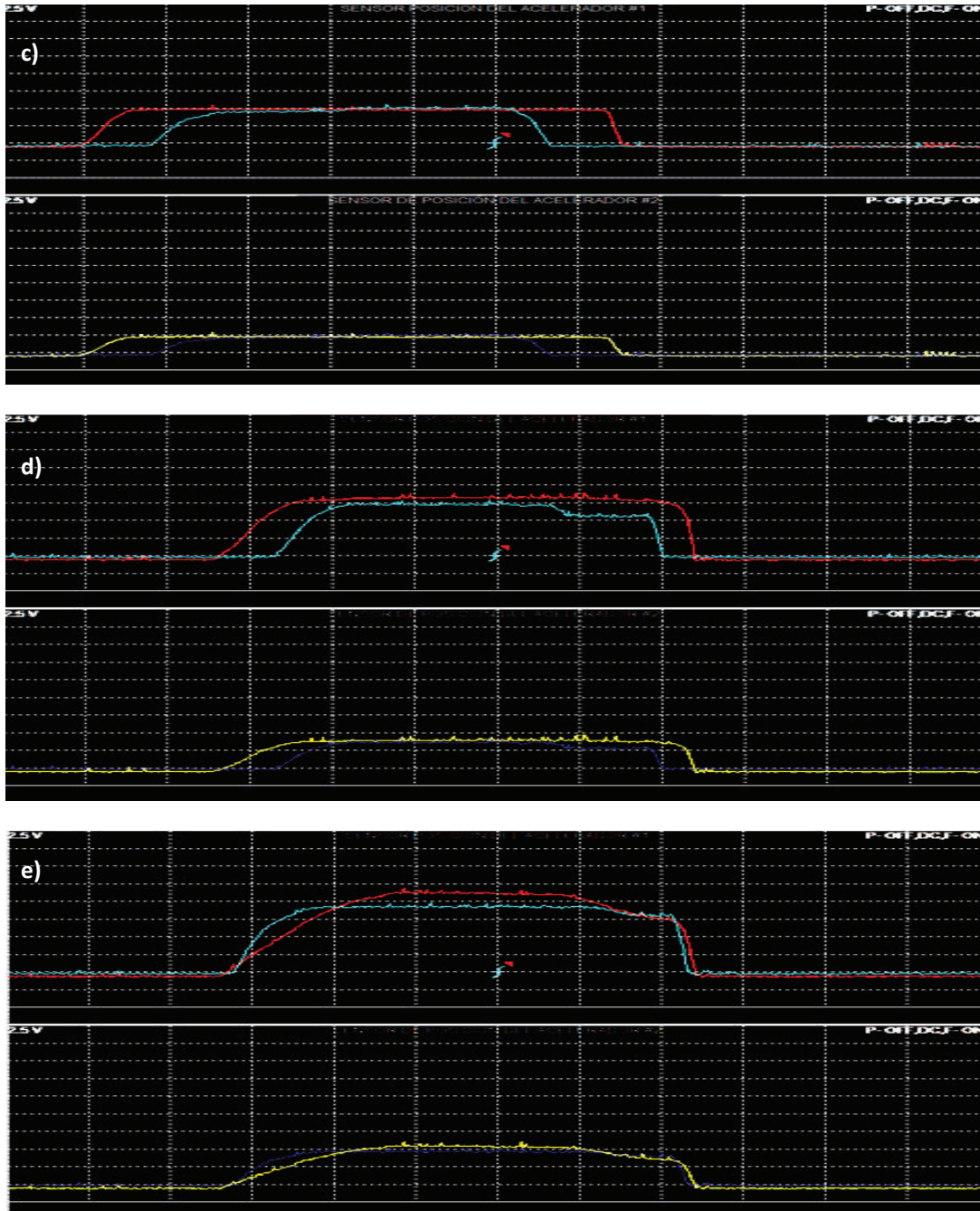
a) y a.1) Formas de onda del APS en contacto a 2300 msnm y 0 msnm.

b) y b.1) Forma de onda del APS en ralentí a 2300 msnm y 0 msnm.

**Rojo:** APS 1 **Amarillo:** APS 2.

Los valores de voltaje del sensor no varían en los estados de contacto y ralentí debido que a 2300 msnm como a 0 msnm no existe presión al pedal del acelerador por parte del conductor (figura 4.3).





**Figura 4. 4** Forma de onda del APS 1 y APS 2.  
 Forma de onda a 1800 rpm. d) Forma de onda a los 2500 rpm.  
 e) Forma de onda a 3500  
**Rojo:** APS 1 a 2300 msnm **Amarillo:** APS 2 a 2300 msnm.  
**Verde:** APS 1 a 0 msnm **Azul:** APS 2 a 0 msnm.

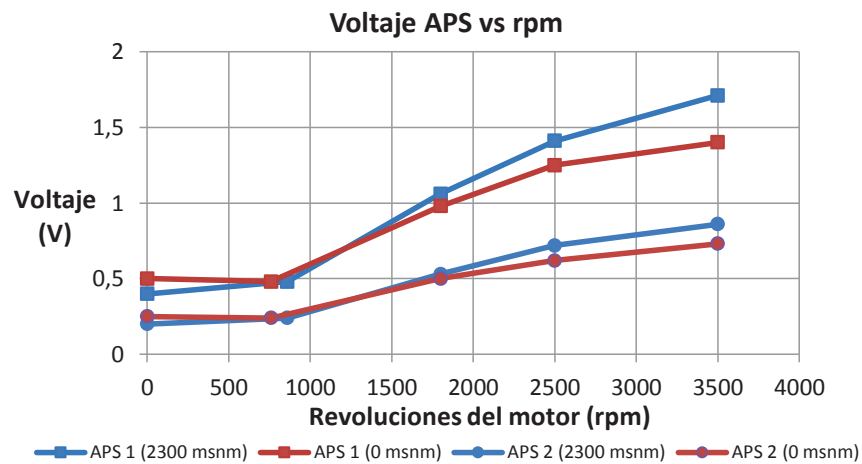
El APS mide la variación de la posición del pedal, al acelerar el motor genera una variación de voltaje aumentándolo (figura 4.4), la característica principal



presentada, es que a revoluciones de 1800 rpm los voltajes son similares, pero en revoluciones altas a 2300 msnm existe un aumento de voltaje en comparación con los valores obtenidos a 0 msnm (tabla 4.2), y se debe a que se exige más al motor en la altura para alcanzar mayores revoluciones y también se oprime más el pedal del acelerador como se observa en la (figura 4.5).

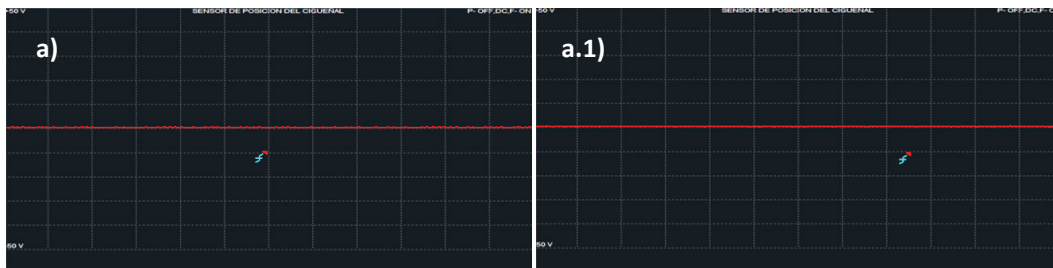
TABLA DE VALORES										
PRUEBA (rpm) DESCRIPCIÓN	CONTACTO		RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
APS 1 (V)	0,41	0,44	0,50	0,48	1,06	0,98	1,41	1,25	1,71	1,4
APS 2 (V)	0,18	0,20	0,26	0,24	0,53	0,5	0,72	0,62	0,86	0,73

**Tabla 4. 2** Valores de voltaje del sensor de posición del acelerador APS.



**Figura 4. 5** Voltaje del sensor de posición del acelerador respecto a las revoluciones del motor.

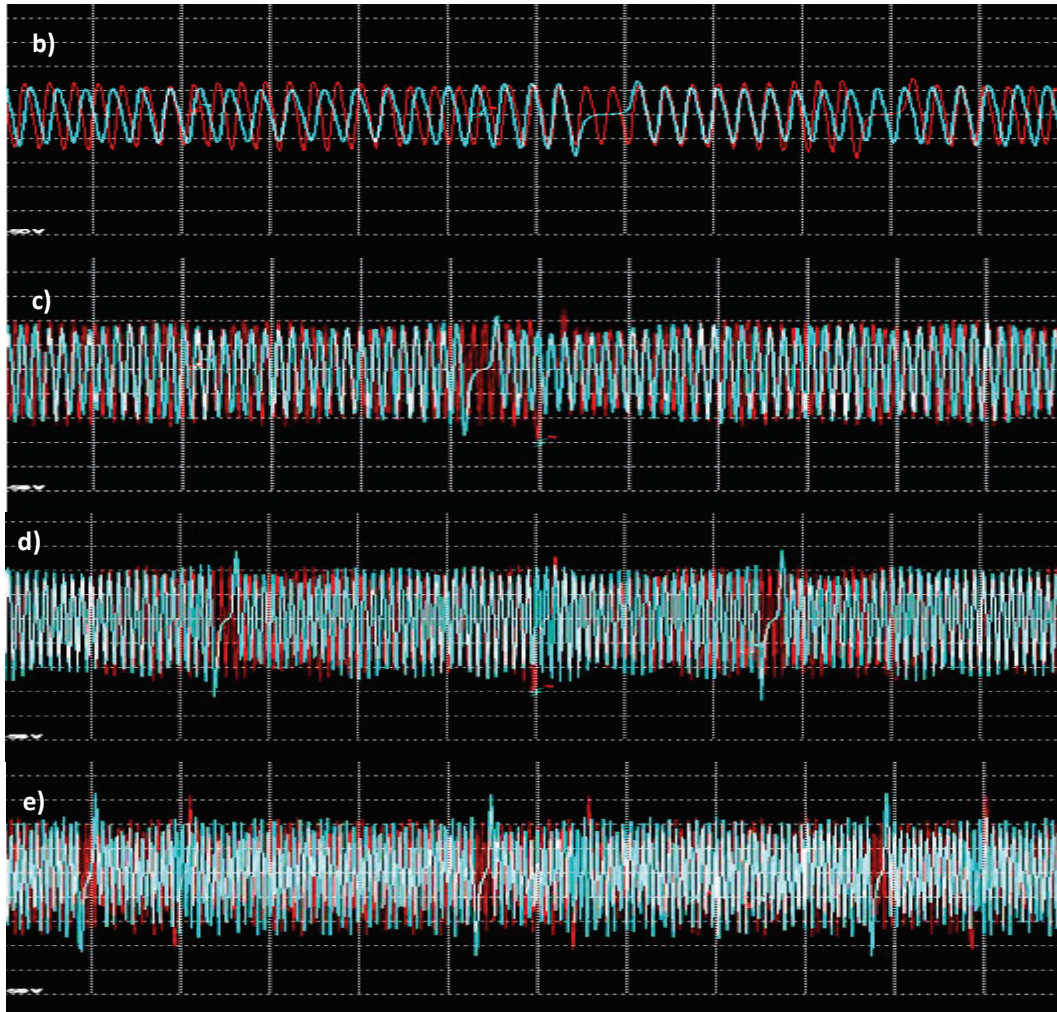
#### 4.1.3. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGUEÑAL (CKP)



**Figura 4. 6** Forma de onda del CKP

En contacto a) y a.1) a 2300 msnm y a 0 msnm respectivamente.

No existen valores de voltaje en el sensor del cigüeñal en contacto ya que para generar voltaje debe existir giro en el eje del cigüeñal para generar señal y en este caso el motor se encuentra apagado (Figura 4.6).



**Figura 4. 7** Forma de onda del CKP.

b) ralentí. c) 1800 rpm d) 2500 rpm e) 3500 rpm  
 Rojo: **2300 msnm** Turquesa: **0 msnm**

Los oscilogramas del sensor de posición del cigüeñal muestran una similitud de valores entre alturas (tabla 4.3). Aumentando su amplitud mientras aumentan las revoluciones del motor (Figura 4.8), esto se debe a que independientemente de la altura que se encuentre funcionando el motor, el CKP mide las revoluciones. Las pequeñas variaciones se deben a la precisión con que se realiza la prueba (figura 4.7).

TABLA DE VALORES								
ESTADO (rpm)	RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
DESCRIPCIÓN								
VALOR DE VOLTAJE MÁXIMO (V)	12	12	20,1	17	21,3	20,4	22,5	22
VALOR DE VOLTAJE MÍNIMO (V)	-13,1	-13	-22,1	-19	-24,1	-23,1	-26,1	-24
FRECUENCIA	892 Hz	833,3 Hz	2,0 KHz	1,6 KHz	2,5 KHz	2,5 KHz	3,1 KHz	55,1 Hz

Tabla 4. 3 Valores de voltaje del CKP

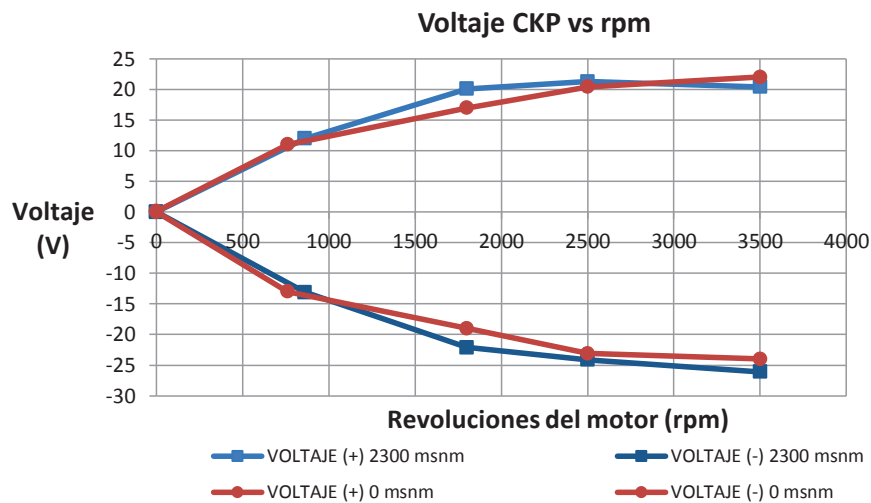
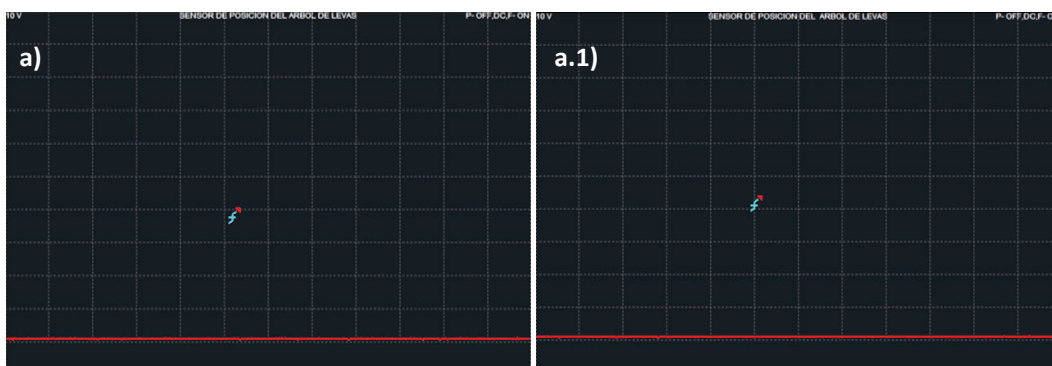
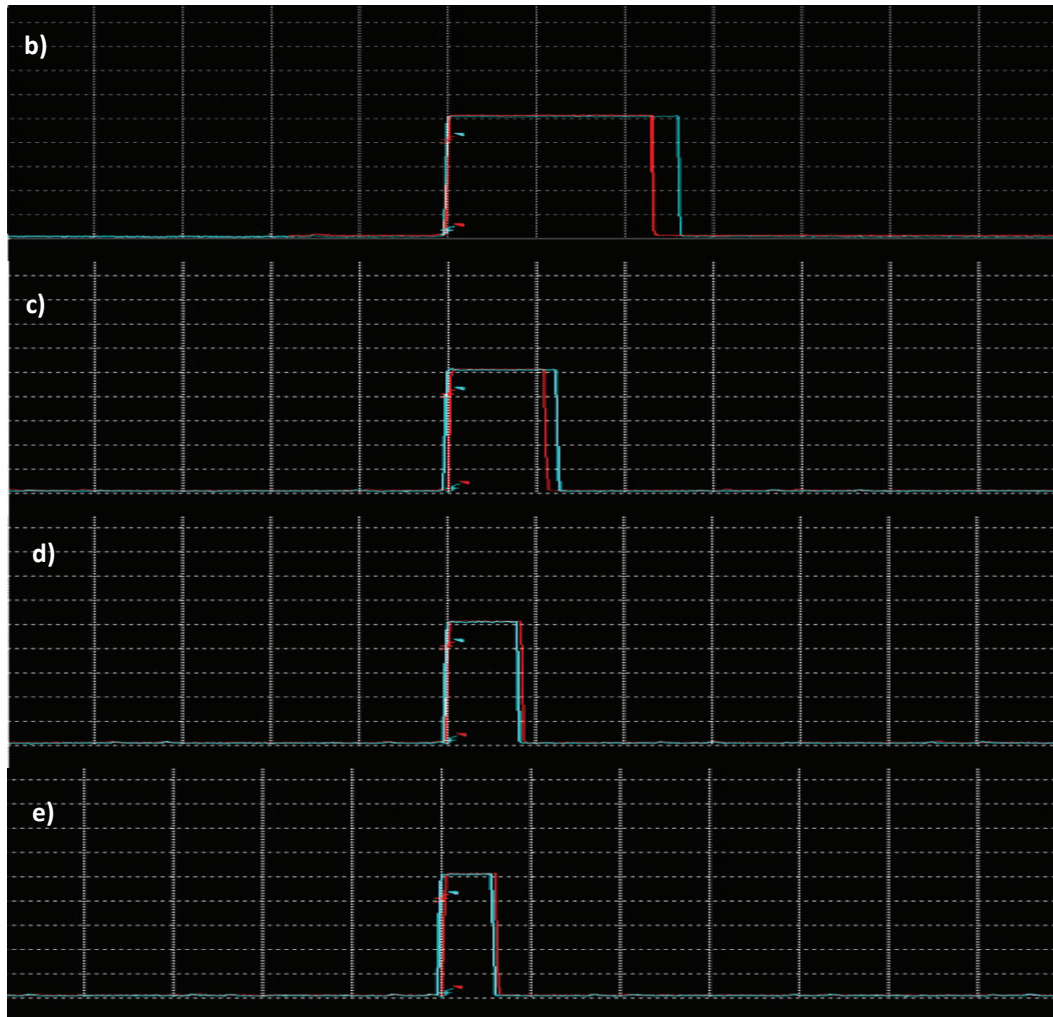


Figura 4. 8 Voltaje del sensor del eje del cigüeñal CKP respecto a las revoluciones del motor.

#### 4.1.4. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS (CMP)





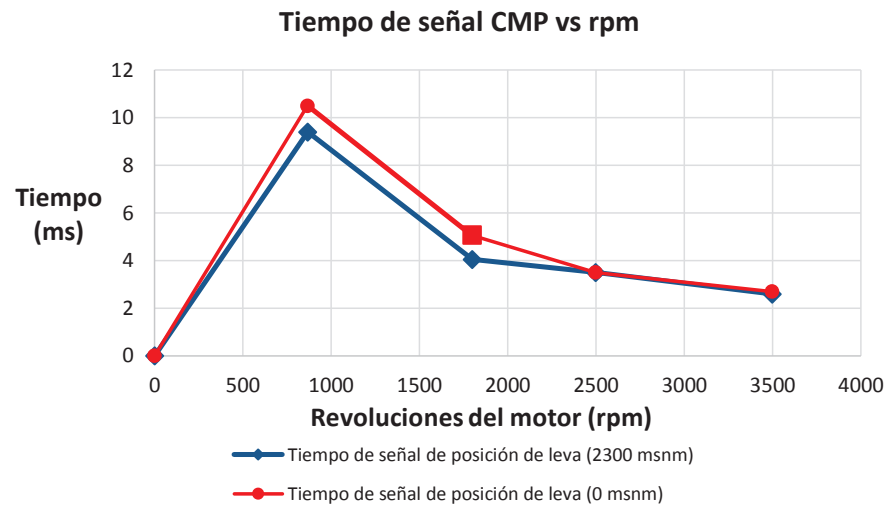
**Figura 4. 9** Forma de onda del CMP en diferentes estados de aceleración  
a) y a.1) Medición en contacto a 2300 msnm y a 0 msnm respectivamente.  
b) Ralentí c) 1800 rpm d) 2500 rpm e) 3500 rpm  
**Rojo:** Medición a 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm

Al igual que el caso del sensor CKP el sensor CMP no generan ningún voltaje en contacto (tabla 4.4), para los oscilogramas correspondientes a las revoluciones de ralentí varia el tiempo de señal de posición de leva debido que a 2300 msnm tenemos mayores revoluciones de motor que a 0 msnm (figura 4.9). Para las demás pruebas los valores son aproximadamente similares entre alturas existiendo una pequeña variación debido a la precisión de la prueba y los valores del tiempo de señal de la posición del eje de leva va disminuyendo a medida que aumentan las revoluciones del motor (figura 4.10).



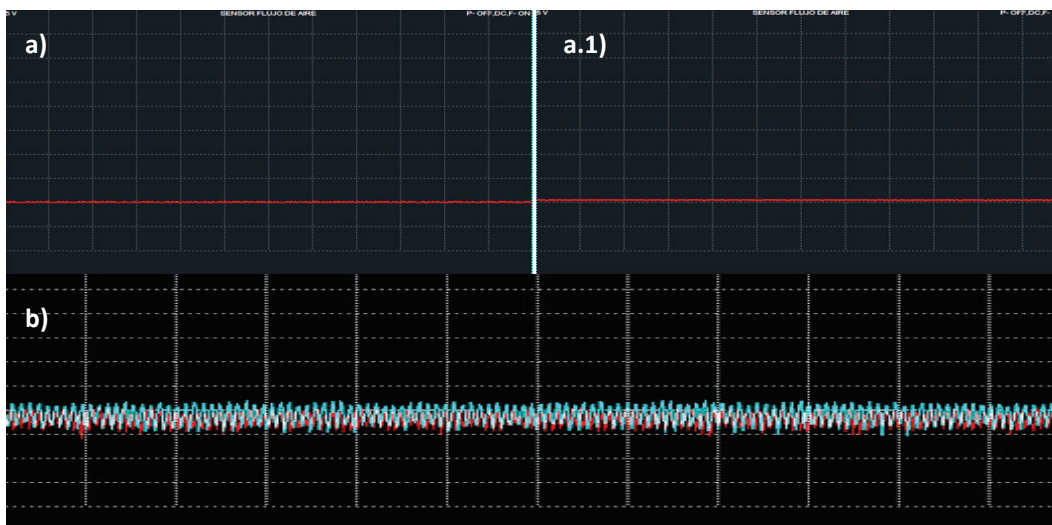
TABLA DE VALORES								
PRUEBA (rpm)	RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
PICO DE VOLTAJE DEL SENSOR (V)	5,26	5,23	5,24	5,23	5,24	5,22	5,24	5,22
TIEMPO SEÑAL POSICIÓN DE LEVA (ms)	9,4	10,5	4,05	5,05	3,5	3,5	2,6	2,7

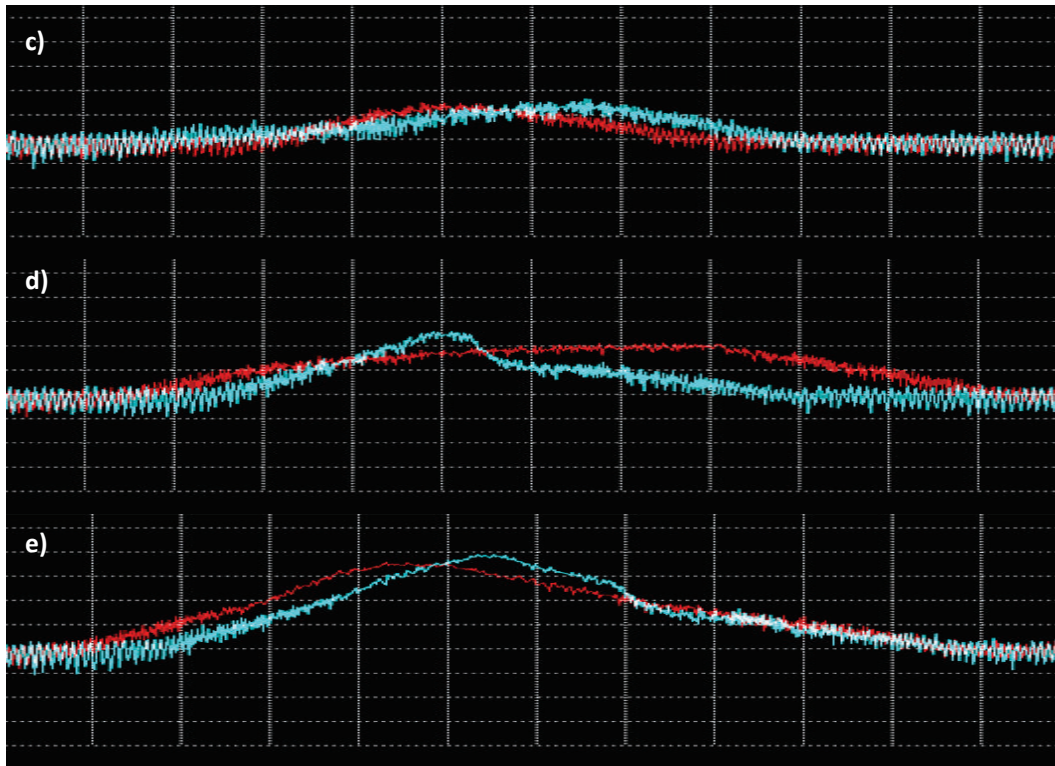
**Tabla 4. 4** Valores de voltaje del sensor de posición del eje de levas CMP



**Figura 4.10** Voltaje del sensor de eje de levas CMP respecto a las revoluciones del motor

#### 4.1.5. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM)



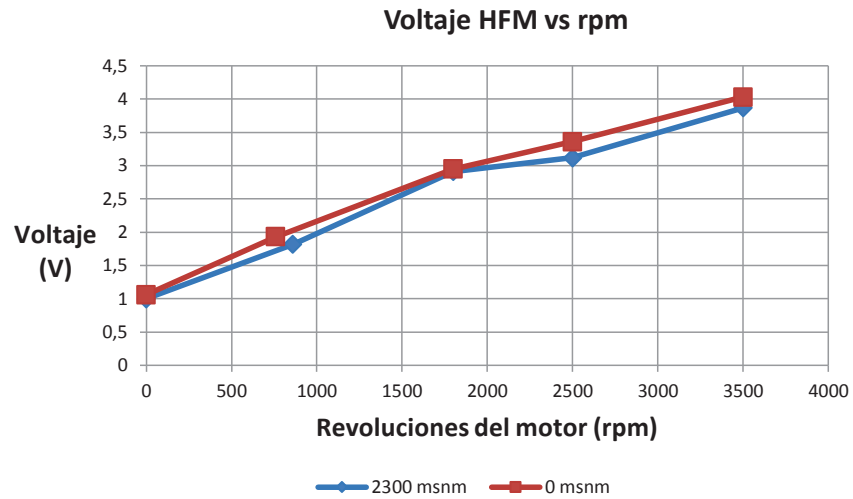


**Figura 4.11** Forma de onda del HFM en diferentes estados de aceleración.  
 a) y a.1) Medición en contacto a 3300 msnm y a 0 msnm respectivamente.  
 b) Ralentí c) 1800 rpm d) 2500 rpm e) 3500 rpm  
**Rojo:** Medición a 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm

Las mediciones del sensor HFM en contacto genera un valor de 1V en los dos niveles de altura como se muestra en la (figura 4.11) a) y a.1), para la medición en ralentí existe un ligero aumento de generación de voltaje a nivel del mar debido a la presencia de mayor oxígeno (tabla 4.5); para las demás pruebas a mayores revoluciones figuras b), c), d) y e) el sensor aumenta la señal de voltaje (figura 4.11), al comparar entre alturas, existe un valor mayor en la altura, debido a mayor presión atmosférica y cantidad ingresada de aire al motor (figura 4.12).

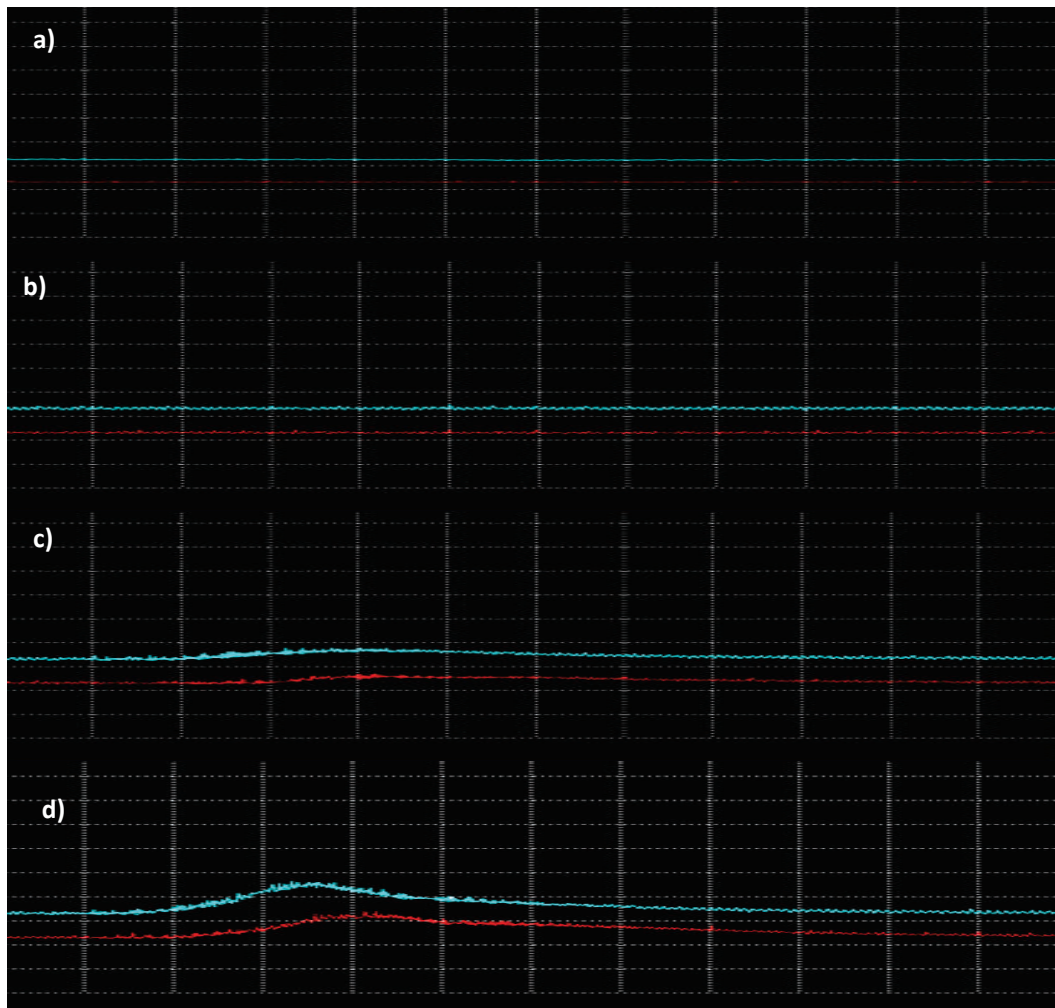
TABLA DE VALORES										
ESTADO (rpm) / DESCRIPCIÓN	CONTACTO		RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
VOLTAJE (V)	1	1,06	1,82	1,93	2,81	2,95	3,12	3,36	3,87	4,03

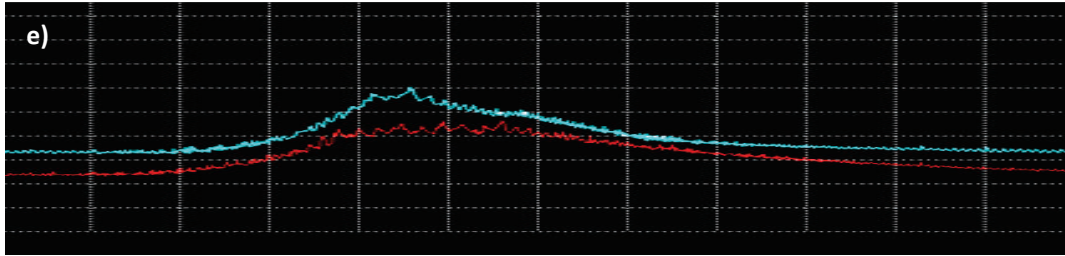
**Tabla 4. 5** Valores de voltaje del sensor de flujo de aire.



**Figura 4. 12** Voltaje del sensor de flujo de aire respecto a las revoluciones del motor

#### 4.1.6. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO



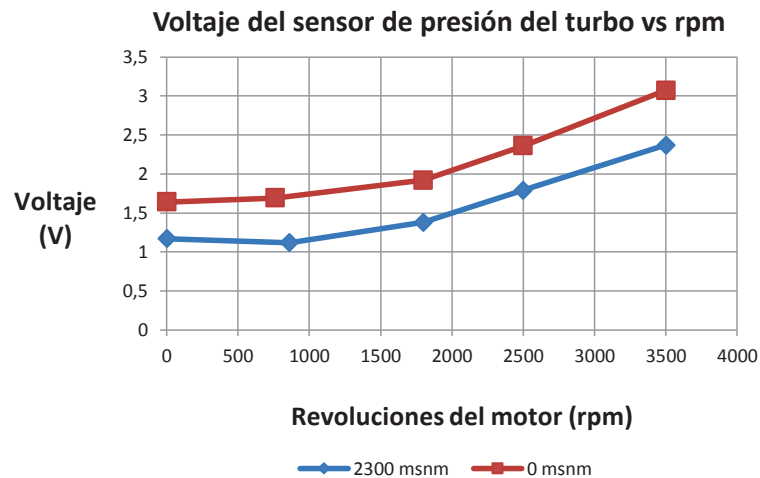


**Figura 4. 13** Forma de onda del sensor de presión del turbo

a) Medición en contacto. b) Ralentí c) 1800 rpm d) 2500 rpm e) 3500 rpm  
**Rojo:** Medición 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm.

TABLA DE VALORES										
PRUEBA (rpm)	CONTACTO		RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
VOLTAJE (V)	1,17	1,64	1,12	1,69	1,38	1,92	1,79	2,36	2,37	3,07

**Tabla 4. 6** Valores de voltaje del sensor de presión del turbo.

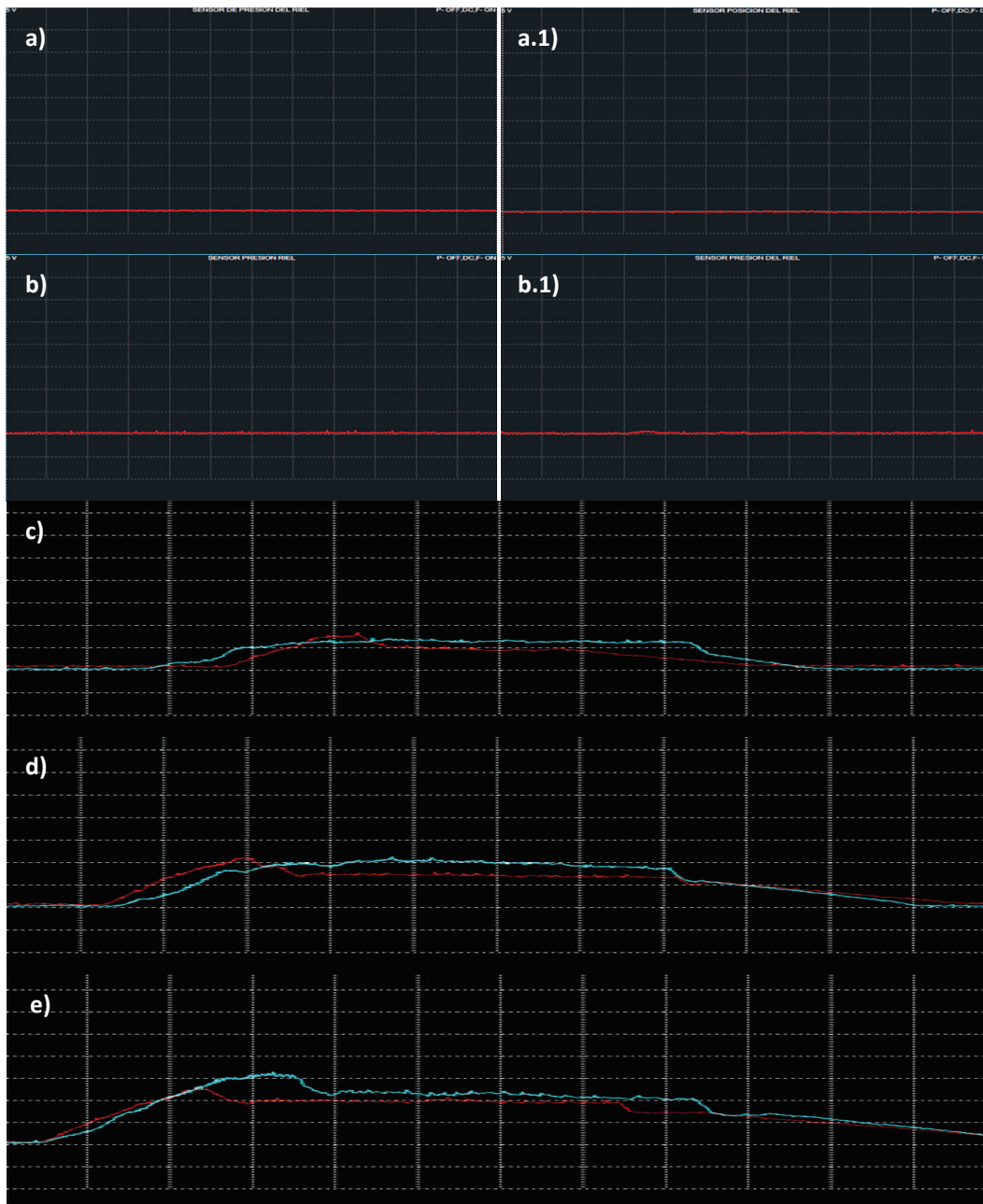


**Figura 4. 14** Voltaje del sensor de presión del turbo respecto a las revoluciones del motor

Los oscilogramas muestran que la prueba en contacto genera valores de voltaje (tabla 4.6) y que existe un crecimiento de voltaje a medida que aumenta las revoluciones del motor en cada una de las pruebas (figura 4.13 y 4.14), existiendo una clara diferencia de valores generados a 2300 msnm y a 0 msnm, debido a la diferencia marcada de presión atmosférica entre los dos niveles de altura.



#### 4.1.7. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL



**Figura 4. 15** Forma de onda del sensor de presión del riel

a) y a.1) Medición en contacto a 2300 msnm y 0 msnm respectivamente

b) y b1) Ralentí a 2300 msnm y 0 msnm respectivamente

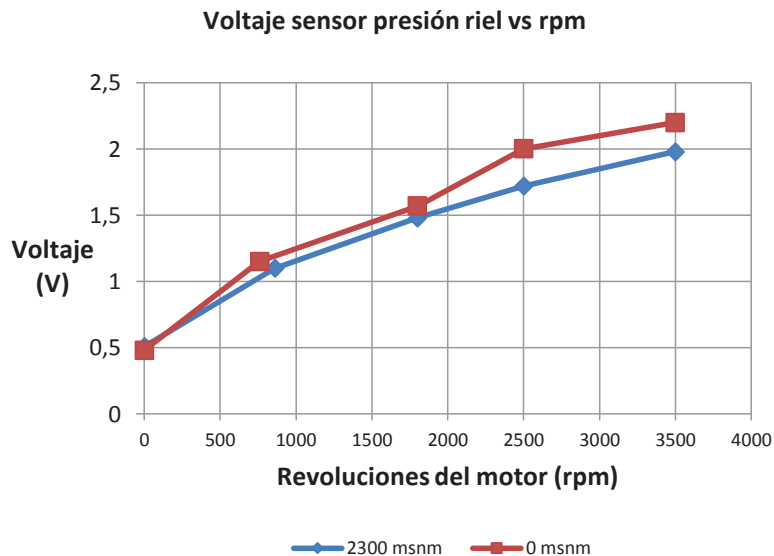
c) 1800 rpm d) 2500 rpm e) 3500 rpm

**Rojo:** Medición a 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm

Los valores de voltajes en contacto son similares a 0 msnm y 2300 msnm, la presión medida por el sensor del riel común en ralentí es la misma en las dos alturas para las demás pruebas existe un incremento de voltaje en altas revoluciones del motor (figura 4.15), acotando que en cada una de las pruebas a 1800, 2500 y 3500 rpm, a 0 msnm es ligeramente mayor pero no en gran magnitud (Tabla 4.7), ya la gestión del sistema de inyección trata de mantener la misma presión de inyección independientemente de la altura geográfica en la que se encuentre el vehículo (figura 4.16).

TABLA DE VALORES										
ESTADO(rpm)	CONTACTO		RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
DESCRIPCIÓN										
VOLTAJE (V)	0,51	0,48	1,1	1,15	1,48	1,57	1,72	2	1,98	2,2

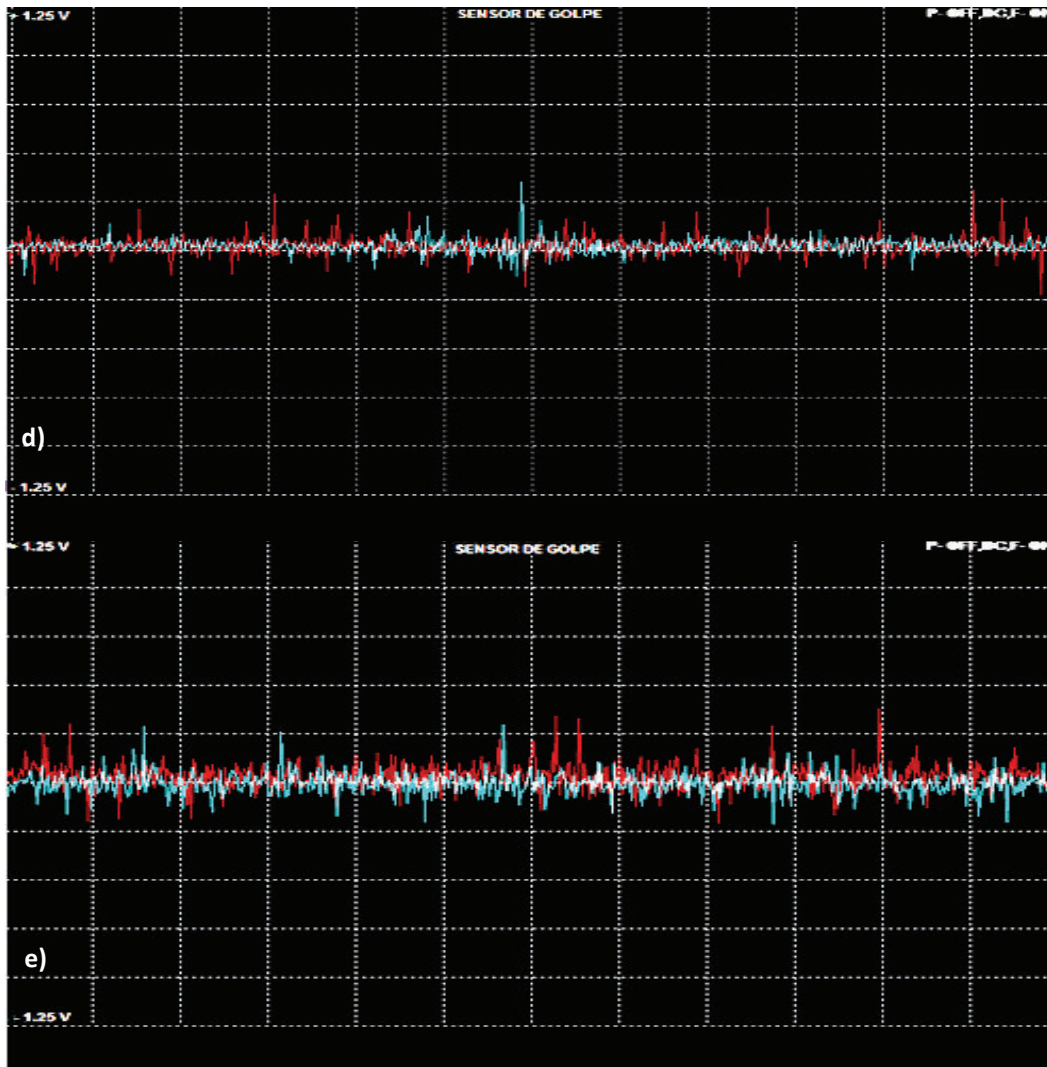
**Tabla 4. 7** Valores de voltaje del sensor de presión del riel



**Figura 4. 16** Voltaje del sensor de presión del riel respecto revoluciones del motor.

#### 4.1.8. FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE DETONACIÓN





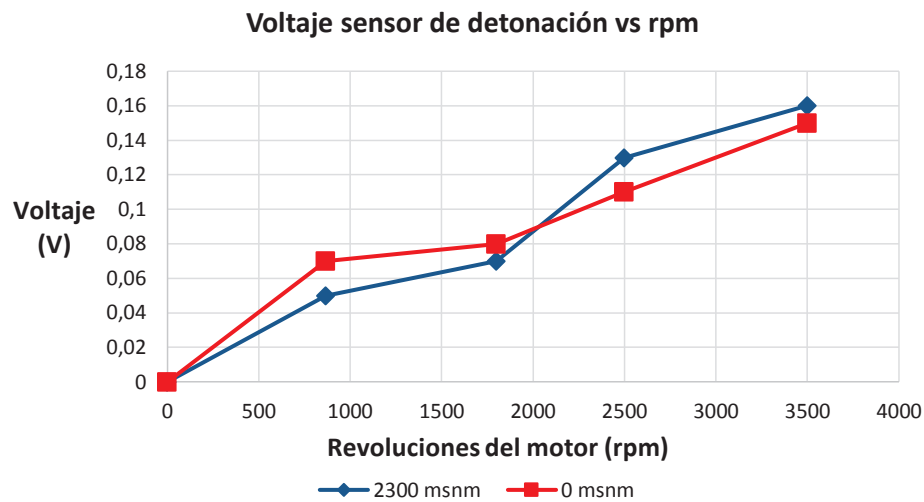
**Figura 4. 17** Forma de onda del sensor de detonación en contacto y ralenti  
 a) y a.1) Medición en contacto a 2300 msnm y a 0 msnm respectivamente.

b) Ralenti c) 1800 rpm d) 2500 rpm e) 3500 rpm

**Rojo:** Medición a 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm

TABLA DE VALORES								
PRUEBA (rpm)	RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
DESCRIPCIÓN								
VALOR VOLTAJE PROMEDIO (V)	0,05	0,07	0,07	0,08	0,13	0,11	0,16	0,15

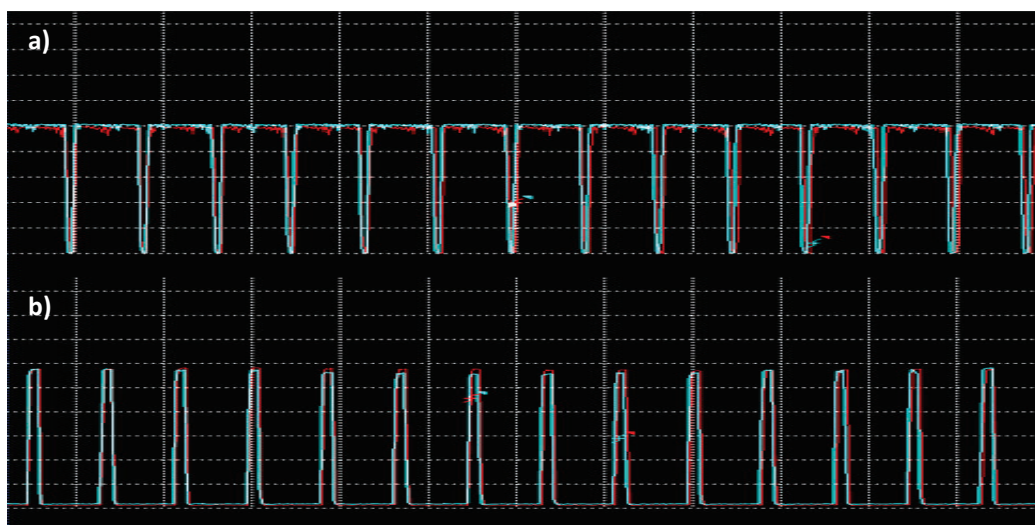
**Tabla 4. 8** Valores de voltaje del sensor de detonación



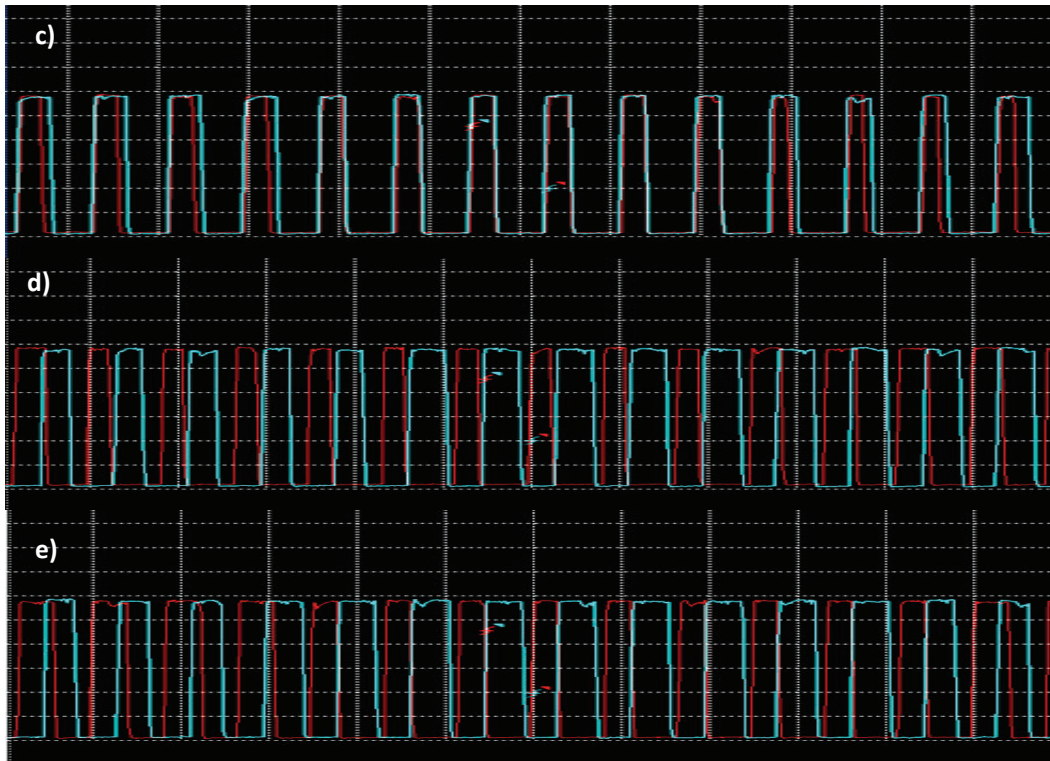
**Figura 4. 18** Voltaje del sensor de detonación respecto a las revoluciones del motor

El valor generado por el sensor de detonación en contacto es el mismo a 2300 msnm como a 0 msnm, con respecto a la prueba en ralenti existe un incremento en la señal y siendo ligeramente mayor a 0 msnm (figura 4.17). Para las demás pruebas a 1800, 2500, 3500 rpm (figura 4.18) de igual manera la señal del sensor de detonación aumenta su señal de voltaje, en la altura es donde se genera mayor diferencia que a nivel del mar (tabla 4.8).

#### 4.1.9. FORMAS DE ONDA DEL ACTUADOR DEL TURBO







**Figura 4. 19** Forma de onda del actuador del turbo en diferentes estados de aceleración

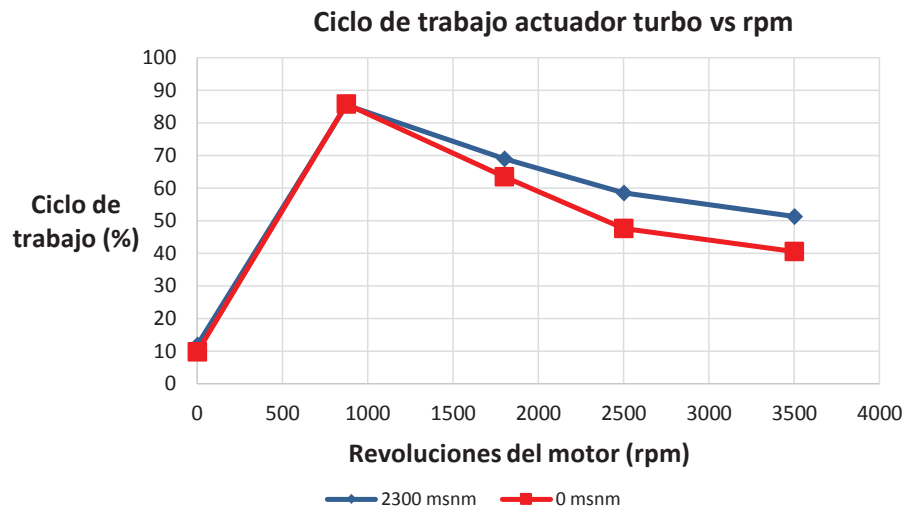
- a) Prueba en contacto b) Prueba en ralentí c) Prueba del actuador a 1800 rpm  
d) Prueba 2500 rpm e) Prueba a 3500 rpm

**Rojo:** Medición a 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm

El actuador del turbo opera mediante modulación por ancho de pulso (en inglés pulse width modulation PWM) y que es un tipo de señal de voltaje utilizada para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga, en este caso a la válvula que opera la geometría variable del turbo.

TABLA DE VALORES										
PRUEBA / RPM	CONTACTO		RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
DESCRIPCION										
CICLO DE TRABAJO (-) %	11,9	9,8	85,4	85,7	69	63,4	58,5	47,6	51,2	40,5
PICO DE VOLTAJE AL ACTUADOR (V)	12,7	12,98	14,85	14,8	14,97	14,7	14,97	14,67	14,88	14,65
VOLTAJE PROMEDIO (V)	11,32	11,48	2,47	2,46	4,49	6,62	5,38	8,34	6,29	9,31

**Tabla 4. 9** Valores de ciclo de trabajo (-) y voltaje del actuador del turbo

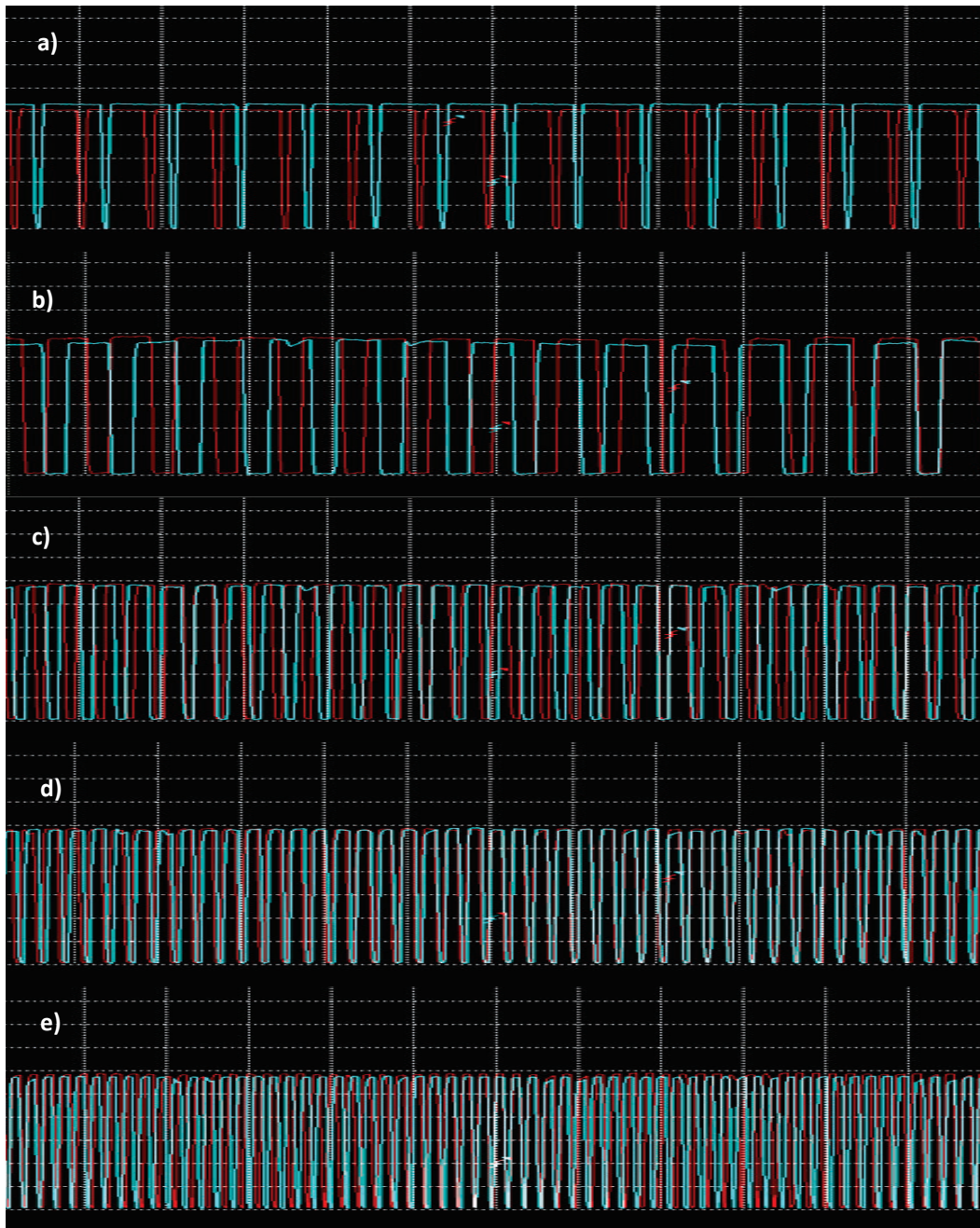


**Figura 4. 20** Voltaje del actuador del turbo vs revoluciones del motor

El actuador del turbo controla los alabes de la geometría variable con el fin de variar la velocidad del flujo en la turbina y con ello incrementar o disminuir la carga de ingreso de aire que proporciona el compresor hacia el motor, la señal para que actúe la recibe de la computadora del motor.

La medición en la prueba en contacto muestra que existe un valor de ciclo de trabajo. El ciclo de trabajo (-) en el actuador disminuye en la prueba de ralentí, y posteriormente aumenta en las pruebas a mayores revoluciones del motor como se muestran en los oscilogramas (figura 4.19), existen diferencias de valores entre alturas obteniéndose los ciclos de trabajo de mayor valor a 0 msnm (figura 4.20) esto es debido a que el control del actuador depende de variables directas como son la presión atmosférica, pedal del acelerador, flujo de aire y revoluciones del motor. En la (tabla 4.9) se muestran los valores de ciclo de trabajo (-) en las diferentes pruebas.

#### 4.1.10. FORMAS DE ONDA DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV)

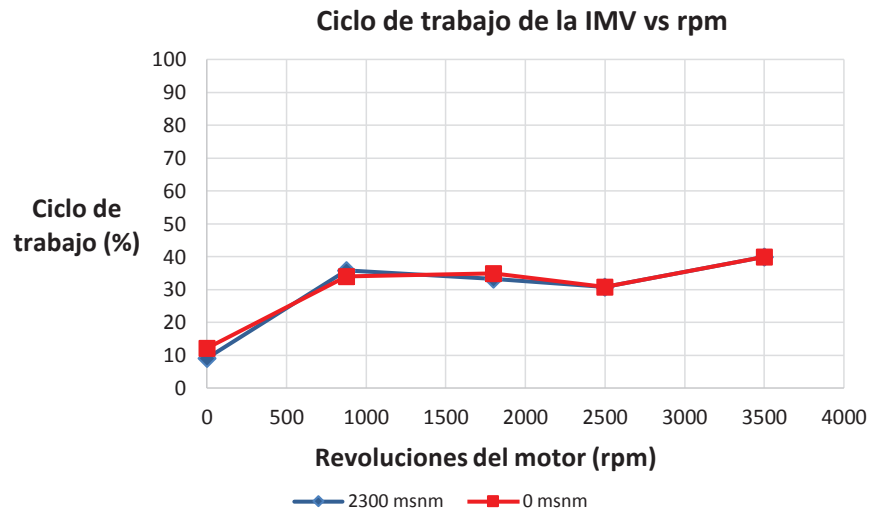


**Figura 4. 21** Forma de onda del IMV en diferentes estados de aceleración  
a) Prueba en contacto b) Prueba en ralentí c) Prueba a 1800 rpm  
d) Prueba a 2500 rpm e) Prueba a 3500 rpm  
**Rojo:** Medición a 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm



TABLA DE VALORES										
PRUEBA (rpm)	CONTACTO		RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
DUTY (-) %	9,08	12,2	35,9	34,1	33,3	35	30,8	30,8	40	40
PICO DE VOLTAJE DEL ACTUADOR (V)	13,02	13,6	15	14,67	15,05	14,9	15,05	15	15,05	14,73
VOLTAJE PROMEDIO (V)	11,52	12,08	9,7	9,35	9,89	9,71	9,94	9,76	9,89	9,61

**Tabla 4. 10** Valores de voltaje del actuador del IMV

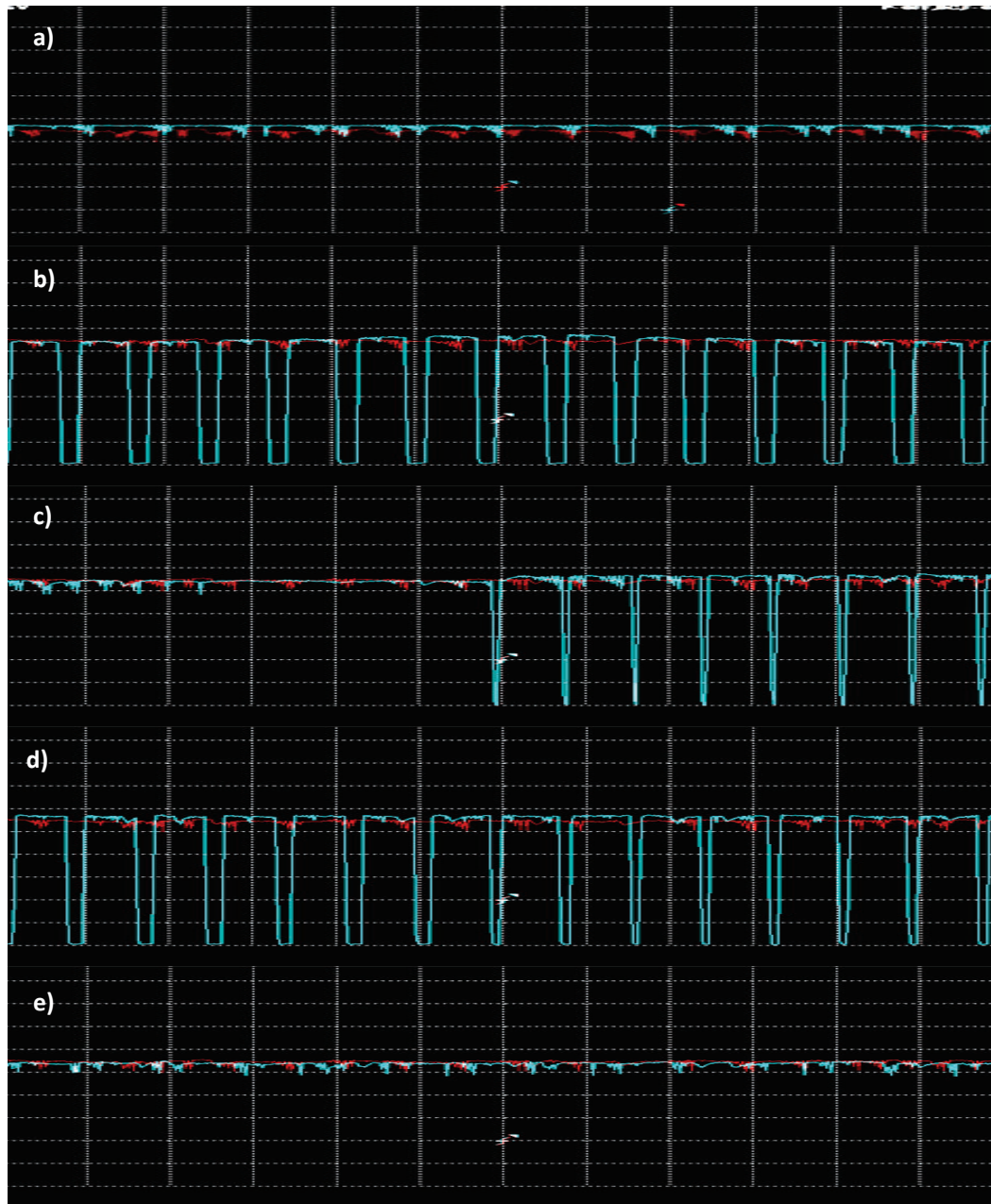


**Figura 4. 22** Ciclo de trabajo (-) de la IMV respecto a las revoluciones del motor

La válvula de control de ingreso de combustible (IMV) es usada para controlar la presión del riel, regulando la cantidad de combustible ingresado, existe un valor de ciclo de trabajo en la prueba de contacto, para la prueba en ralentí aumenta el ciclo de trabajo y se mantiene casi constante en las demás pruebas donde aumentan las revoluciones del motor (figura 4.22), con ello mantiene una presión constante en el sistema, esto sucede en la altura como a nivel del mar.

En la (figura 4.21) se muestran los oscilogramas en las diferentes pruebas de la válvula y aunque visiblemente existe variación en cada una de las pruebas, el valor de los ciclos de trabajo obtenidos en el osciloscopio muestra que tienden a mantenerse constantes (tabla 4.10), tanto a los 2300 msnm y a los 0 msnm.

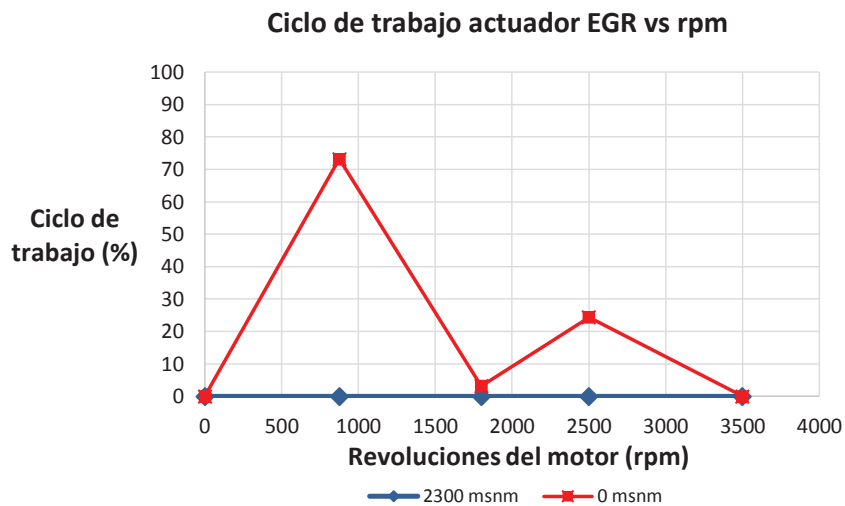
#### 4.1.11. FORMAS DE ONDA DE LA VÁLVULA ACTUADORA DEL EGR (EXHAUST GAS RECIRCULATION)



**Figura 4. 23** Forma de onda del EGR en diferentes estados de aceleración  
a) Prueba en contacto b) Prueba del actuador EGR en ralentí  
c) Prueba a 1800 rpm d) Prueba a 2500 rpm e) Prueba a 3500 rpm  
**Rojo:** Medición 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm

TABLA DE VALORES										
PRUEBA (rpm)	CONTACTO		RALENTÍ		1800		2500		3500	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
DESCRIPCIÓN										
DUTY (-) %	0	0	0	73,2	0	3,2	0	24,4	0	0
PICO DE VOLTAJE DEL ACTUADOR (V)	11,88	12	14,2	14,6	14,2	14,6	14,2	15	14,2	14
VOLTAJE PROMEDIO (V)	11,85	11,86	13,83	9,96	13,83	13,83	13,83	9,76	13,83	13,61

**Tabla 4. 11** Valores de voltaje del actuador del EGR



**Figura 4. 24** Voltaje del actuador del EGR respecto a las revoluciones del motor

El actuador del EGR con las señales de la ECU, controla la válvula EGR, para recircular parte de los gases de escape al motor y reducir gases contaminantes, dependiendo de varios factores como son temperatura del motor, rpm del motor, temperatura de aire de entrada, posición del acelerador y la presión atmosférica.

En la (figura 4.23) se muestra los oscilogramas del actuador del EGR en las diferentes pruebas donde se determina que no existe ninguna operación a 2300 msnm, pero con la diferencia que a 0 msnm en el actuador existe un ciclo de trabajo para las diferentes pruebas (tabla 4.11 y figura 4.24).

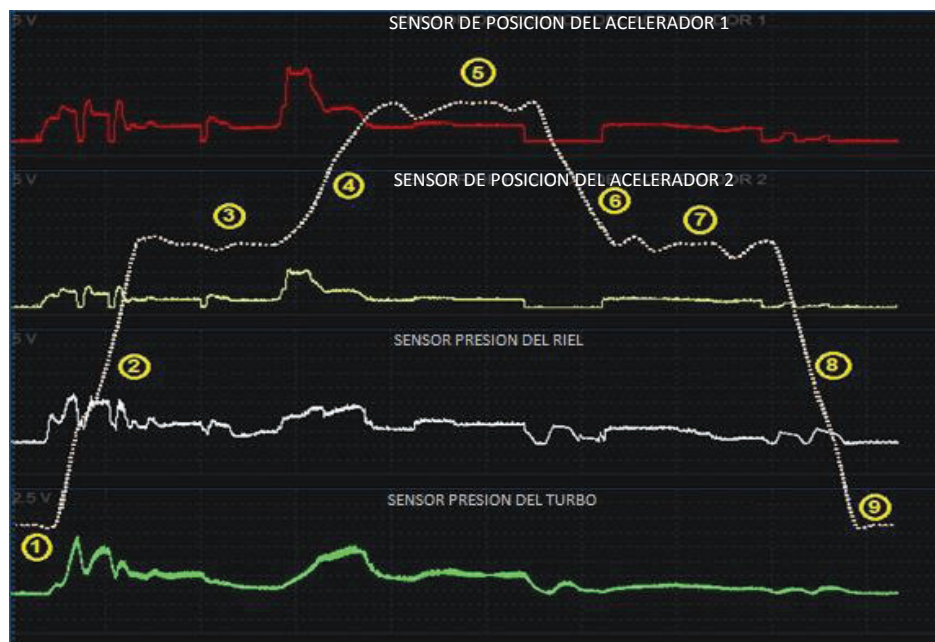
#### 4.2. PRUEBAS DINÁMICAS ALTURA VS NIVEL DEL MAR.

El siguiente compilado de oscilogramas son el resumen de las pruebas dinámicas a 2300 msnm y 0 msnm y su detalle de escalas y valores se encuentran en los Anexos No. 3 y 4.

Al ser de otra indole las pruebas dinámicas, el análisis con osciloscopio de los sensores y actuadores, el comportamiento es diferente ya que son pruebas de ruta real donde se va a cumplir un ciclo pre-establecido con velocidades ya determinadas para estandarizar la prueba.

En este caso el análisis se realizará por separado por cada sensor y actuador del sistema CRDi, evaluando zonas donde se puede notar las mayores variaciones y con ello determinar valores de voltajes mínimos y máximos de cada zona de la prueba (figura 4.25). Las zonas se establecieron dependiendo la velocidad y cambio de la misma (tabla 4.12)

Una vez determinadas las zonas se realizará el análisis de cada uno de los sensores y actuadores estableciendo las variaciones más notorias y registrando los valores de voltaje correspondientes.



**Figura 4. 25** Zonas de análisis de la prueba dinámica

ZONA	PRUEBA	VELOCIDAD (km/h)	DURACION (s)
1	Arranque	0	5
2	Aceleración 1	0 a 40	10
3	Mantención 1	40	20
4	Aceleración 2	40-60	10
5	Mantención 2	60	20
6	Desaceleración 1	60 a 40	10
7	Mantención 3	40	20
8	Desaceleración 2	40 a 0	10
9	Fin	0	5
<b>TOTAL</b>			<b>110 segundos</b>

**Tabla 4. 12** Zonas de análisis para pruebas dinámicas

#### 4.2.1. FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR APS 1 Y APS 2 EN EL CICLO DE PRUEBA.



**Figura 4. 26** Forma de onda APS en el ciclo de prueba  
Prueba dinámica del APS 1 y APS 2 respecto al tiempo de prueba  
**Rojo y Amarillo:** Medición a 2300 msnm **Verde y Azul:** Medición a 0 msnm

Punto de Análisis	APS 1 Voltaje (V)		APS 2 Voltaje (V)	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
1	0,51	0,45	0,26	0,2
2	1,68	1,26	0,85	0,61
3	0,5	0,45	0,25	0,2
4	1,87	1,66	0,96	0,81
5	1,16	1,02	0,59	0,49
6	1,34	0,92	0,68	0,45

Punto de Análisis	APS 1 Voltaje (V)		APS 2 Voltaje (V)	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
7	2,9	2,27	1,46	1,12
8	1,06	1,14	0,55	0,56
9	0,5	0,45	0,24	0,21
10	1,08	0,9	0,55	0,43
11	0,49	0,47	0,24	0,22

**Tabla 4. 13** Valores de voltaje del APS 1 y APS 2 en puntos significativos de la prueba de ruta



Los oscilogramas de la (figura 4.26), muestra la variación del voltaje de los sensores APS1 y APS2, las mediciones en forma y valor son similares teniendo en cuenta las pequeñas variaciones debido al cambio de marchas y las aceleraciones y desaceleraciones para mantener la velocidad de la prueba.

Existe una diferencia de voltaje notable en la prueba donde se acelera a la velocidad de 60 km/h donde es mayor a los 2300 msnm que a 0 msnm, debido a la mayor demanda de potencia del motor en la altura y por ende mayor aceleración (tabla 4.13).

#### 4.2.2. FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL DURANTE EL CICLO DE PRUEBA.



**Figura 4. 27** Forma de onda del sensor de presión del riel en el ciclo de prueba  
**Blanco:** Medición en la altura **Turquesa:** Medición a nivel del mar

Punto de Análisis	Voltaje (V)	
	2300 msnm	0 msnm
1	1,10	1,08
2	2,04	1,87
3	2,66	2,48
4	1,76	1,61
5	2,38	2,19
6	1,59	1,68

Punto de Análisis	Voltaje (V)	
	2300 msnm	0 msnm
7	1,89	1,72
8	1,11	1,00
9	1,26	1,48
10	1,63	1,74
11	1,26	1,3
12	1,1	1,06

**Tabla 4. 14** Valores de voltaje del sensor de presión del riel durante el ciclo de prueba

Los oscilogramas del sensor de presión del riel de combustible mostrados en la (figura 4.27), determinan que existe una similitud en los valores de voltaje (tabla 4.14) durante el ciclo de prueba, tanto en la altura como a nivel del mar, existe uniformidad en la prueba teniendo en cuenta las diferencias en los cambios de velocidad, las aceleraciones y desaceleraciones para mantener los parámetros de velocidad de la prueba. En conclusión la presión en el sistema tiende a mantenerse constante en valor, acorde a las revoluciones del motor independientemente de la altitud donde se encuentre el vehículo operando.

#### 4.2.3. FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO EN EL CICLO DE PRUEBAS



**Figura 4. 28** Forma de onda del sensor de presión del turbo en el ciclo de prueba

Prueba dinámica del sensor de presión del turbo

**Blanco:** Medición a 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm

No.	Voltaje (V)		No.	Voltaje (V)	
	2300 msnm	0 msnm		2300 msnm	0 msnm
1	1,41	1,71	7	3,12	3,52
2	3,54	3,27	8	1,96	2,10
3	2,27	1,99	9	1,46	1,67
4	3,08	3,79	10	1,47	1,79
5	1,96	2,31	11	1,72	2,16
6	1,65	1,93	12	1,41	1,69

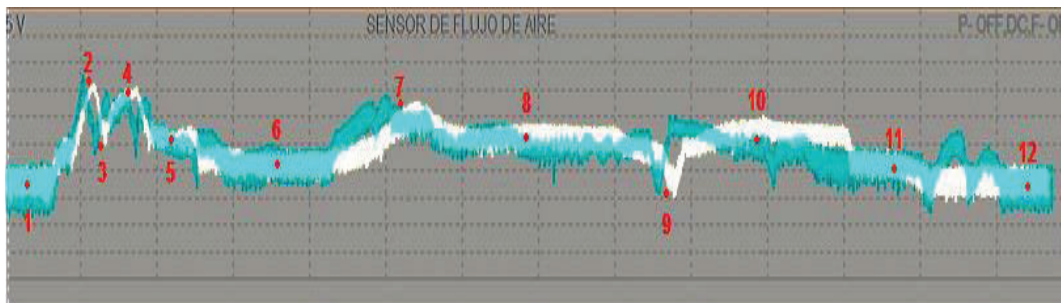
**Tabla 4. 15** Valores de voltaje del sensor de presión del turbo durante el ciclo de prueba

Los oscilogramas obtenidos muestran que genera mayor voltaje del sensor del turbo a nivel del mar, debido a la mayor presión atmosférica existente, los

oscilogramas son similares en su forma, con las pequeñas diferencias existentes debido a la manera de ejecución de la prueba.

Como se ha explicado anteriormente el voltaje de sensor aumenta a medida que aumentan las revoluciones del motor y de forma contraria cuando existe desaceleraciones (figura 4.28 y tabla 4.15).

#### 4.2.4. FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE EN EL CICLO DE PRUEBAS



**Figura 4. 29** . Forma de onda del sensor de flujo de aire en el ciclo de prueba

**Blanco:** Medición a 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm

Punto de Análisis	Voltaje (V)	
	2300 msnm	0 msnm
1	1,81	1,74
2	3,64	3,73
3	2,59	2,59
4	3,48	3,42
5	2,64	2,52
6	2,34	2,23

Punto de Análisis	Voltaje (V)	
	2300 msnm	0 msnm
7	3,04	3,27
8	2,63	2,51
9	2,03	1,96
10	2,86	2,53
11	2,26	2,16
12	1,79	1,75

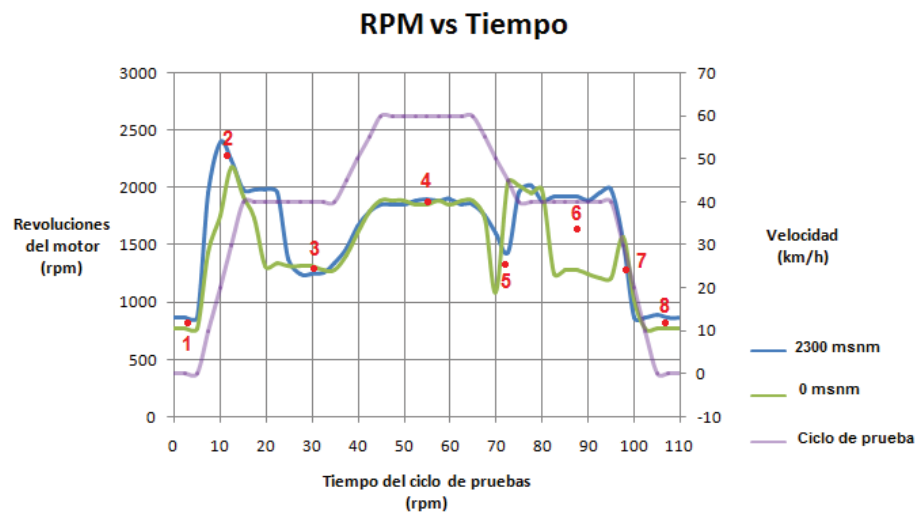
**Tabla 4. 16** Valores de voltaje del sensor de flujo de aire durante el ciclo de prueba.

Las mediciones del sensor de flujo de aire en la altura y a nivel del mar muestran similitud en su señal durante el ciclo de prueba (figura 4.29), durante las aceleraciones o aumento de revoluciones del motor, el voltaje aumenta y lo mismo ocurre en el caso contrario (tabla 4.16). Los oscilogramas presentan pequeñas variaciones debido a los cambios de velocidades y correcciones en la aceleración para mantener las condiciones del ciclo de prueba.



#### 4.2.5. FORMA DE ONDA DE LOS ACTUADORES IMV, DEL TURBO Y EGR DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.

Para determinar las formas de onda para este tipo de actuadores se tendrá de referencia las revoluciones del motor, es decir: estabilización de revoluciones, picos máximos, mínimos, etc. Con ello se analiza de mejor manera la operación de cada uno de los actuadores. La referencia se muestra en la (figura 4.30) a continuación:

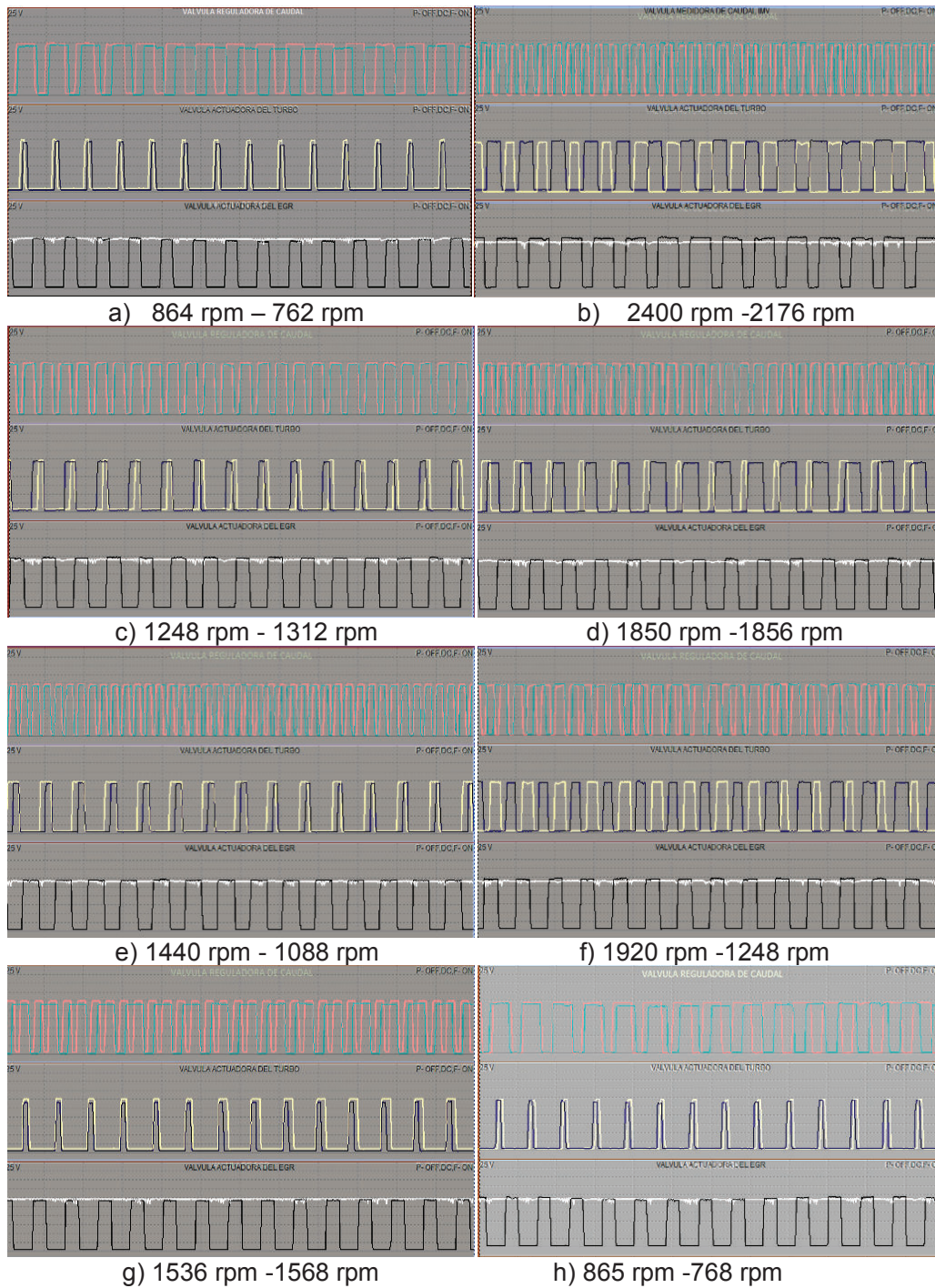


**Figura 4. 30** Referencia para la obtención de formas de onda IMV, Turbo y EGR.

A continuación se detallan los puntos de referencia para el análisis de las formas de onda, donde se considera los puntos o zonas que presentan cambios considerables en el número de revoluciones del motor (tabla 4.17).

Punto de Análisis	RPM		IMV Ciclo de Trabajo (%)		ACTUADOR TURBO Ciclo de trabajo (%)		ACTUADOR EGR Ciclo de trabajo (%)	
	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm
1	864	768	35,9	39	85,4	83,3	0	61,9
2	2400	2176	38,9	33,3	70,7	57,1	0	35,7
3	1248	1312	33,3	34,8	85,4	64,3	0	56,1
4	1850	1856	33,3	31,6	71,4	64,3	0	56,1
5	1440	1088	35,7	33,3	63,4	80,5	0	47,6
6	1920	1248	38,9	36	65,9	71,4	0	54,8
7	1536	1568	33,9	37,8	81	85,7	0	58,1
8	865	768	35,9	37,5	85,4	85,4	0	59,5

**Tabla 4. 17** Valores de voltaje de los actuadores de la IMV, actuador del turbo y actuador del EGR el ciclo de prueba



**Figura 4. 31** Prueba dinámica de los actuadores de la IMV, Turbo y EGR  
**Rojo – Amarillo – Blanco:** Medición a 2300 msnm  
**Turquesa – Azul- Negro:** Medición a 0 msnm

#### **4.2.5.1. DESCRIPCIÓN DEL IMV.**

La (figura 4.31) muestra que la válvula de control de ingreso de combustible (IMV) mantiene un ciclo de trabajo casi constante así como también el voltaje generado por la ECU (tabla 4.17), el funcionamiento es similar en las pruebas realizadas en la altura como a nivel del mar, es decir la válvula mantiene la presión constante en el sistema, independientemente de la altitud donde se encuentre funcionando.

#### **4.2.5.2. DESCRIPCIÓN DEL ACTUADOR DEL TURBO**

Para el caso del actuador del turbo existe una particularidad de que el ciclo de trabajo y el voltaje que es enviado por la ECU no mantiene un patrón determinado (figura 4.31), esto se debe a que en el ciclo de prueba intervienen muchas variables que afectan al comportamiento del actuador como son: presión atmosférica, flujo de aire ingresado, posición del acelerador, temperatura del aire, etc. La interacción de todos estos datos hace que la ECU de una señal de voltaje y ciclo de trabajo determinado para cada instante de la prueba (tabla 4.17), el objetivo principal de todo este complejo trabajo de la ECU con el actuador del turbo, es de mantener una presión de admisión de aire hacia el motor idónea para obtener el mejor rendimiento del motor en todas las situaciones de funcionamiento.

#### **4.2.5.3. ACTUADOR DEL EGR**

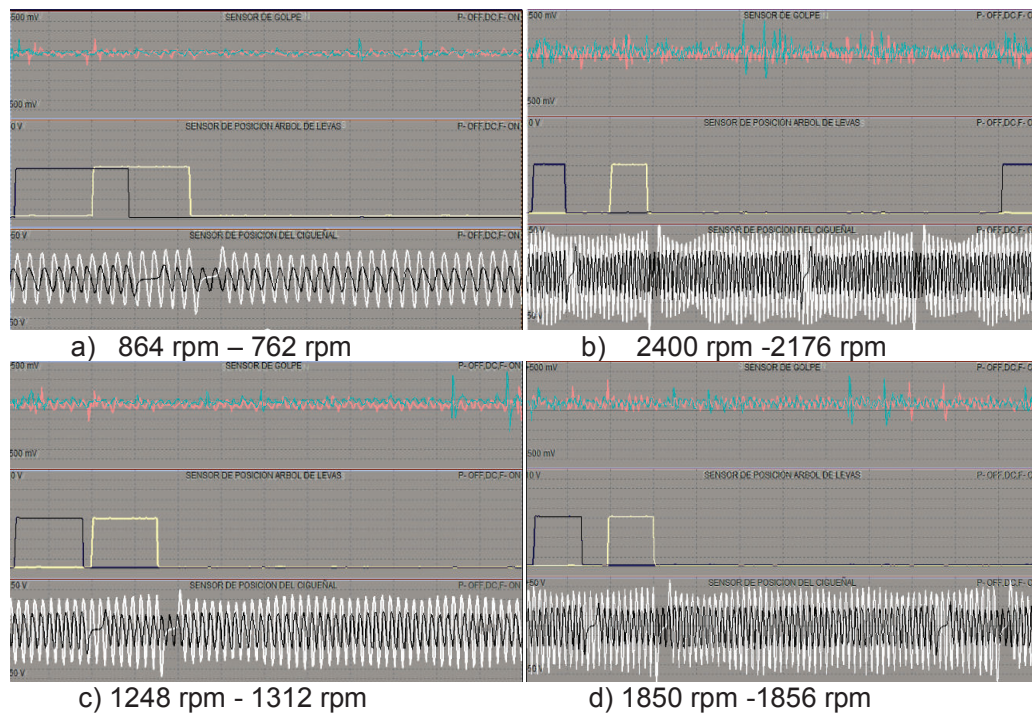
Para este actuador existe una particularidad interesante ya que no presenta trabajo alguno en la altura y presenta actividad solo cuando existen cambios repentinos en la señal de posición del acelerador.

A nivel del mar ocurre lo contrario el actuador trabaja todo el tiempo y presenta inactividad cuando se desacelera repentinamente el motor, al realizarse los cambios de velocidad y cuando se desacelera para mantener la velocidad de pruebas (figura 4.31). El voltaje generado por la ECU hacia el actuador tiende a mantenerse constante variando únicamente cuando existe aumento de revoluciones (tabla 4.17).

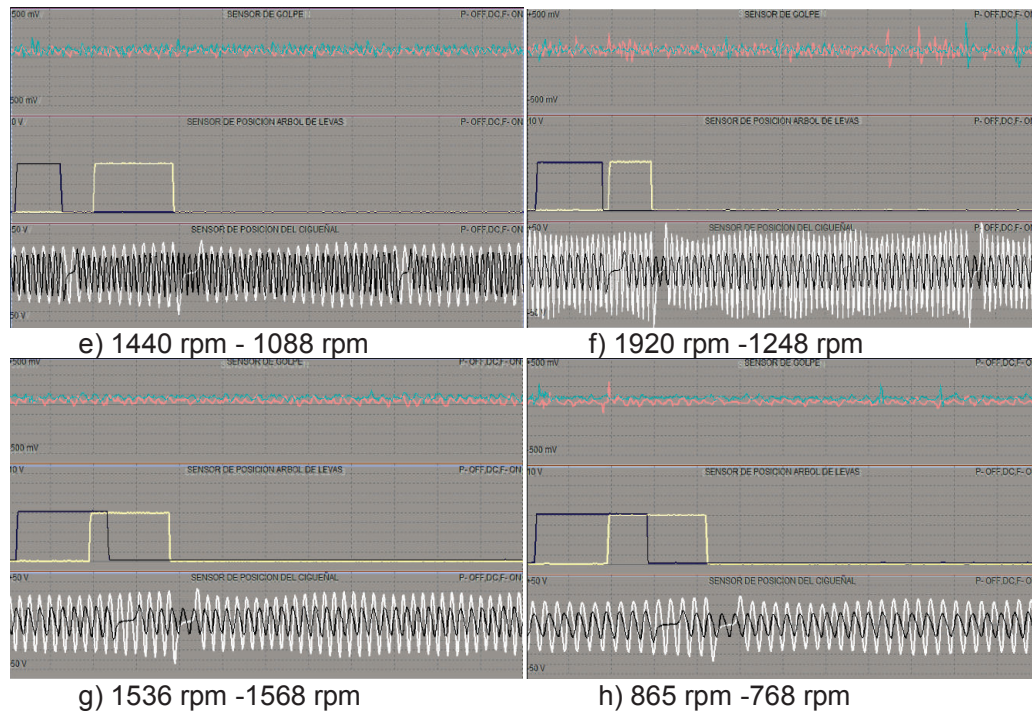
#### 4.2.6. FORMAS DE ONDA DE LOS SENSORES DE DETONACIÓN, POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS Y CIGÜEÑAL DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS

RPM		KS		CMP				CKP			
2300 msnm	0 msnm	2300 msnm	0 msnm	2300 msnm		0 msnm		2300 msnm		0 msnm	
				Voltaje	Tiempo	Voltaje	Tiempo	V. Max	V. Min	V. Max	V. Min
864	768	0,04	0,05	1,11	9,1	1,25	10,6	15,4	-19,8	14,3	-18,7
2400	2176	0,13	0,11	0,51	3,5	0,77	3	28,1	-34,5	31	-38,2
1248	1312	0,06	0,07	0,8	6,4	0,8	4	19,9	-25	19,6	-25,9
1850	1856	0,14	0,1	0,6	4,4	0,61	4,6	24,6	-31,3	24,9	-30,8
1440	1088	0,05	0,06	0,94	7,5	0,58	4,3	16,85	-22,2	24,5	-31
1920	1248	0,06	0,06	0,58	4,2	0,79	6,4	25,45	-32,5	20,2	-25,9
1536	1568	0,05	0,08	0,94	7,5	1,04	8,7	17,1	-22,3	16,1	-20,4
865	768	0,045	0,05	1,13	9,1	1,25	10,6	15,15	-19	14,1	-18,4

**Tabla 4. 18** Valores de voltaje de los sensores de detonación, de posición del eje de levas y de posición del cigüeñal durante el ciclo de prueba







**Figura 4. 32.** Prueba dinámica de los sensores de golpe, de posición del eje de levas y de posición del cigüeñal

**Rojo – Amarillo – Blanco:** Medición a 2300 msnm  
**Turquesa – Azul- Negro:** Medición a 0 msnm

#### 4.2.6.1. DESCRIPCIÓN DEL SENSOR DE DETONACIÓN

El sensor de detonación durante el ciclo de pruebas muestra variaciones de voltaje acorde las revoluciones del motor, es decir aumenta el voltaje generado al aumentar las revoluciones del motor y viceversa, como es lógico a mayores revoluciones del motor existe un mayor ruido generando vibración, donde el sensor genera más voltaje y disminuye cuando también disminuyen las revoluciones (tabla 4.18). Los oscilogramas obtenidos en las dos alturas muestran que no existe diferencias notables en sus valores y formas (figura 4.32).

#### 4.2.6.2. DESCRIPCIÓN DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS.

Las oscilogramas del sensor CMP mostradas en la (figura 4.32), muestran variaciones del tiempo de señal según las revoluciones del motor, donde a mayores revoluciones el tiempo de señal disminuye, pero al disminuir las revoluciones el tiempo de señal aumenta. Los voltajes generados en el sensor se

comportan de igual manera como se indican en la (tabla 4.18). Para el comportamiento entre alturas existe similitud en cada una de las pruebas ya que estas señales son independientes de la altitud donde se encuentre el vehículo operando, con excepción en los estados de ralentí donde difieren el número de revoluciones en la altura y a nivel del mar.

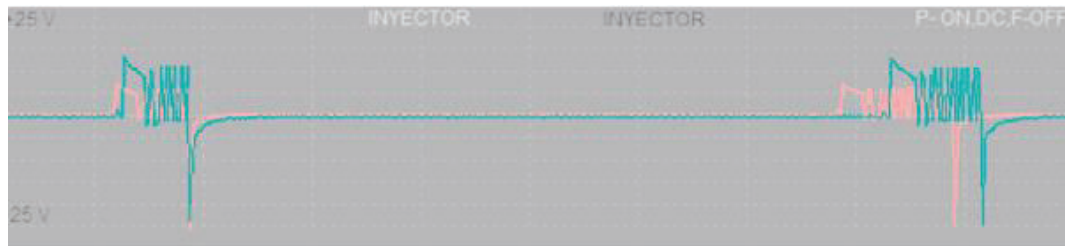
#### 4.2.6.3. DESCRIPCIÓN DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGUEÑAL.

Para el caso del sensor de posición del cigüeñal en la (figura 4.32), se muestran los oscilogramas generados en la altura con una escala de voltaje 5V y para nivel del mar una escala de voltaje de 10V, la calibración del osciloscopio diferente en cada una de las pruebas para tener la mejor apreciación de las señales generadas por el sensor. Como se puede apreciar en la (tabla 4.18), se muestran los valores de voltaje máximos y mínimos de donde se determina la similitud en valores, con ello se concluye de que la amplitud de la señal en cada muestreo tanto a nivel del mar como en la altura son similares y que aumenta cuando incrementan las revoluciones y disminuye cuando éstas bajan.

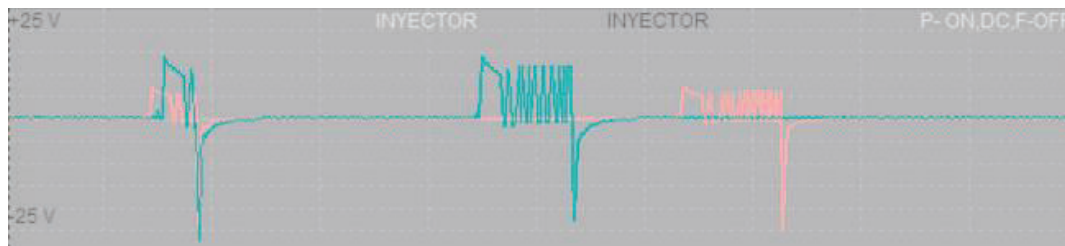
#### 4.2.7. FORMAS DE ONDA DEL INYECTOR DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.

No.	RPM		2300 msnm		0 msnm	
	2300 msnm	0 msnm	PRE- INYECCIÓN (ms)	INYECCIÓN PRINCIPAL (ms)	PRE- INYECCIÓN (ms)	INYECCIÓN PRINCIPAL (ms)
1	864	768	0,54	0,86	0,51	0,68
2	2400	2176	0,41	0,8	0,27	0,72
3	1248	1312	0,43	0,54	0,43	0,75
4	1850	1856	0,43	0,56	0,33	0,73
5	1440	1088	0	0	0	0
6	1920	1248	0,48	0,75	0,49	0,65
7	1536	1568	0	0	0,52	0,83
8	865	768	0,6	0,84	0,49	0,72

**Tabla 4. 19** Valores de Tiempo de inyección principal y preinyección



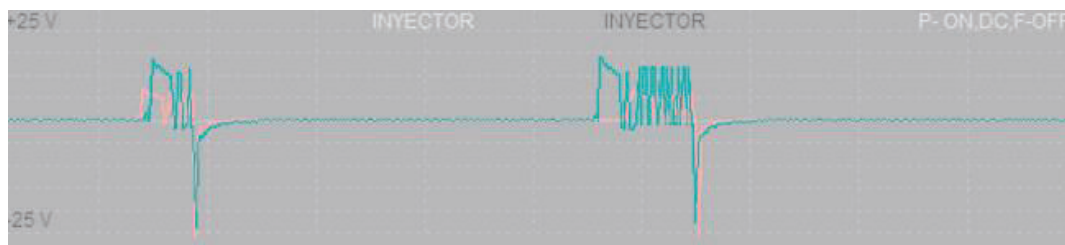
a) 864 rpm – 762 rpm



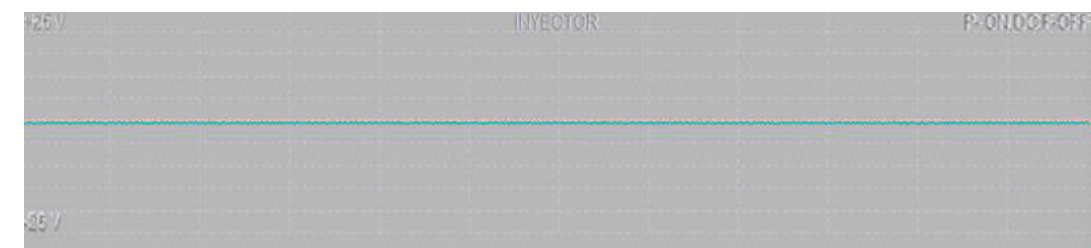
b) 2400 rpm - 2176 rpm



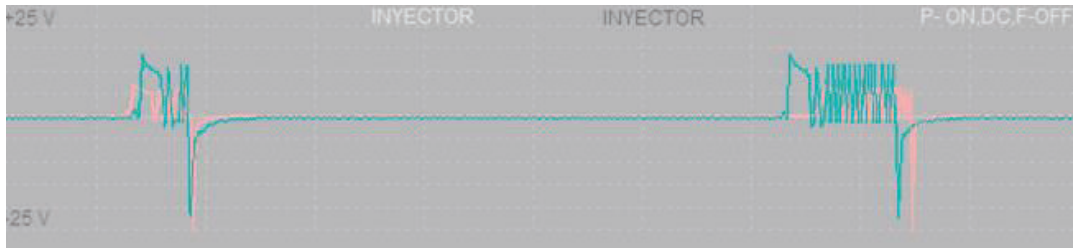
c) 1248 rpm - 1312 rpm



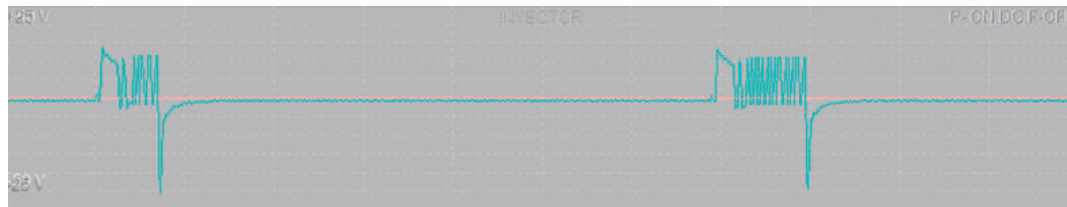
d) 1850 rpm - 1856 rpm



e) 1440 rpm - 1088 rpm



f) 1920 rpm -1248 rpm



g) 1536 rpm -1568 rpm



h) 865 rpm -768 rpm

**Figura 4. 33 .** Prueba dinámica del inyector

**Rojo:** Medición a 2300 msnm **Turquesa:** Medición a 0 msnm

Los oscilogramas de la (figura 4.33), muestran las operaciones del inyector en puntos específicos del ciclo de prueba y de igual manera con un distinto número de revoluciones, se determina la variación del avance de inyección y el pulso de inyección en cada punto (Tabla 4.19). De lo anteriormente descrito se concluye que existe una variación en el avance a la inyección a nivel del mar y en la altura, el pulso de inyección es similar cuando las revoluciones llegan a ser iguales en las dos alturas. Cabe anotar una característica de la operación del inyector y es que no existe pulso de inyección cuando se desacelera repentinamente para los cambios de velocidad, cuando se trata de mantener una velocidad constante sin aceleración y cuando el vehículo desacelera en vacío.



#### 4.2.8. VOLTAJES DE LOS SENSORES Y ACTUADORES

En la tabla 4.20, se muestra los valores de voltaje de los sensores y actuadores que se analizaron en las diferentes pruebas, los diagramas eléctricos de los diferentes sensores y actuadores se encuentra en el Anexo 8.

CONDICION	No. Pin ECU	Tipo	CONTACTO DESCONECTADO		CONTACTO CONECTADO		RALENTÍ			ACELERACIÓN		
			Voltaje (V)		Voltaje (V)		Voltaje (V)	Ciclo de Trabajo (%)	Pulso de inyección ó Tiempo de señal (ms)	Voltaje (V)	Ciclo de Trabajo (%)	Pulso de inyección ó Tiempo de señal (ms)
SENSOR PRESIÓN RIEL DE COMBUSTIBLE	25	Señal	5		0,51		1,1	-	-	1,98	-	-
SENSOR PEDAL ACCELERACIÓN (APS1)	32	Señal	4,85		0,48		0,44~0,48	-	-	1,71~1,4	-	-
SENSOR PEDAL ACCELERACIÓN (APS2)	71	Señal	0		0,24		0,19~0,24	-	-	0,86~0,73	-	-
SENSOR DEL CIGUEÑAL (CKP)	90	Señal	0		0,04		sobre los 10	-	-	sobre los 20	-	-
SENSOR EJE DE LEVAS (CMP)	103	Señal	5		0,06		5,26~5,23	-	-	5,24~5,22	-	2,6~2,7
SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO (BPS)	99	Señal	4,85		1,17 ~1,64		1,12~1,69	-	-	2,37~3,07	-	-
SENSOR FLUJO DE AIRE (HFM)	83	Señal	4,86		1~1,06		1,82~1,93	-	-	3,87~4,03	-	-
SENSOR DETONACIÓN (KS)	45	Señal	0		0,02~0,04,		0,06~0,07	-	-	0,13~0,15	-	-
SENSOR TEMP. COMB	109	Señal	5		1,1~2,7		1,2	-	-	1,2	-	-
SENSOR TEMP. AIRE	64	Señal	4,8		1,5~4		1,5~4	-	-	1,5~4	-	-
SENSOR TEMP. REFRIG. (ECT)	101	Señal	5		0,4~4,3		0,6~1,1	-	-	0,6~1,1	-	-
INYECTOR	114-115 116-120	Control	5,3		0,04		-	-	-	-	-	0,51~0,53
VÁLVULA CONTROL INGRESO COMB. (IMV)	87	Control	2,3		menos de 11,5		-	35,9~34,1	-	-	40	-
ACTUADOR DEL TURBOCARGADOR	95	Control	0		1,17		-	85,4~85,7	-	-	51,2~40,5	-
ACTUADOR VÁLVULA (EGR)	96	Control	5		11,81		-	0~73,2	-	-	0	-

**Tabla 4. 20** Voltaje de los sensores y actuadores en los diferentes estados de prueba

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La aplicación de protocolos establecidos y lugares de pruebas ya determinados en una tesis anterior agilizó la realización de las pruebas para lograr los objetivos planteados.
- Los oscilogramas de los sensores y actuadores obtenidos del motor CRDI son de gran importancia para realizar los diagnósticos en este tipo de motores ya que inciden en el rendimiento del motor.
- Al obtener los oscilogramas del motor CRDI se puede comprender y analizar de otra perspectiva el diagnóstico para solucionar problemas relacionados al sistema riel común.
- La variación de altitud incide en los sensores y actuadores del motor CRDi, sin embargo toda la gestión del control electrónico que actúa en el motor tiene un efecto en el cual el conductor no siente una pérdida del rendimiento en el vehículo cuando éste se encuentra en la altura.
- El análisis de cada uno de los sensores y actuadores del CRDI muestran claramente su funcionamiento y comportamiento frente al número de revoluciones y altura determinada.
- Los resultados y análisis de las pruebas estáticas versus a las dinámicas son diferentes ya que en ésta última intervienen más factores que marcan su diferencia.
- Se realizaron varias pruebas dinámicas comprobando el cumplimiento del protocolo de pruebas establecido, para obtener los oscilogramas, datos más reales y confiables de las pruebas realizadas en ruta.
- El método de medición, calibración y estandarización influyen de manera directa para la obtención de oscilogramas, datos etc., lo más precisos y exactos posibles en cada una de las pruebas para su posterior análisis del comportamiento de los sensores y actuadores.

- La ejecución del ciclo de pruebas determinado es fundamental para obtener los resultados más precisos posibles por lo que se realizó un sinnúmero de pruebas para adiestramiento del conductor antes de realizar la toma de datos.
- Para la realización del ciclo de pruebas y por motivos de seguridad se realizaron las pruebas en determinadas horas donde el flujo de tráfico no impida variaciones en las velocidades y distancias y así cumplir el protocolo establecido.
- Se comprueba que el actuador del EGR empieza actuar en determinadas condiciones de trabajo y deja de funcionar cuando sobrepasan los parámetros establecidos.
- Al momento de funcionar el inyector se verifica que tiene varias inyecciones de combustible (piloto y principal) y en altas revoluciones (3000 rpm en adelante) solo hay la inyección principal, y adicionalmente se aprecia que al momento de quitar el pie del acelerador el sistema deja de inyectar combustible, optimizando el consumo de combustible.
- Se comprueba que la diferencia de altitud incide en el funcionamiento del actuador del turbo, que incide el trabajo de la geometría variable.
- El funcionamiento de la válvula IMV no tiene variación independientemente de la altura geográfica en la que se encuentre el vehículo, debido que la presión en el riel común se mantiene un valor similar tanto en la altura como a nivel del mar.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Difundir los resultados obtenidos en la investigación e incentivar la investigación más profunda de este tipo de sistemas que son de interés actual en el mercado automotriz.
- Actualizar el conocimiento de nuevas tecnologías referentes a sistemas de inyección diesel, ya que éstas están formando gran parte de nuestro parque automotor.
- La EPN debe impulsar proyectos de investigación que son de interés para la solución de problemas para el sector de servicio técnico automotriz y que influyen directamente en el conocimiento de quienes los aplican y también de quien se beneficia de los servicios.
- El presente proyecto se aplicó un protocolo de pruebas establecido en una tesis anterior, para lo cual la EPN podría plantear una siguiente investigación para estandarizar un ciclo de pruebas que intervengan más factores que influyen en los resultados de la prueba estática y dinámica acorde a la realidad geográfica de nuestro país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alarcón, C., Jaramillo, J. (2007), Guía para el diagnóstico del sistema de inyección CRDi Bosh. Tesis de pregrado en Ingeniería Automotriz, Universidad Salesiana, Cuenca.
2. Bennetts S. (2013). Medium/Heavy Duty Truck Engines, Fuel and Computerized Management Systems, (pp. 828). EEUU.
3. De Debold B, Van Dalen, William J. Meyer. (2006). Investigación Experimental. [en línea]. Disponible en : <http://noemagico.blogia.com/2006/092201-la-investigacion-experimental.php>
4. Riba, Carles. (2002). Diseño concurrente, Libro Digital Universidad Politécnica de Cataluña.
5. Martínez J., Robles F. (2010). Estudio del comportamiento de las variables de un motor de inyección electrónica respecto a la Altura sobre el nivel del mar. Tesis EPN. Diciembre 2010.
6. Manual del propietario Ssangyong Motor Company. Kyron (2005).
7. Manual de Servicio Ssangyong Motor Company. Kyron (2007).
8. Manual del propietario Termo higrómetro y altímetro. Brunton. [en línea]. Disponible en:<http://www.brunton.com/collections/adc/products/adc-pro#product-details>.
9. Manual Common Rail Principios de Funcionamiento. Delphi France (2007).
10. Manual de entrenamiento D27DT DI diesel engine Ssangyong Motor Company. (2008).
11. Manual interactivo Principios de funcionamiento Common Rail. Delphi France. (2003).

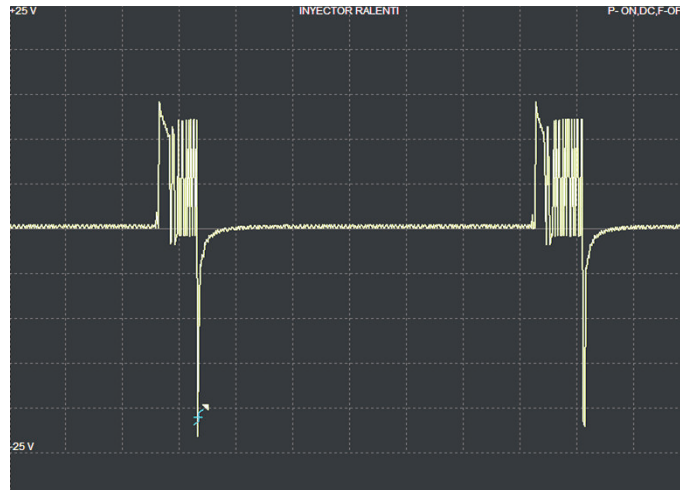
**ANEXO 1**  
**PRUEBAS ESTÁTICAS EN LA ALTURA (2300 msnm)**

## FORMAS DE ONDA DE REFERENCIA INYECTORES.

**Descripción:** Señales de inyectores las condiciones de pruebas estáticas, en contacto, régimen de revoluciones ralenti, 1800, 2500 y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los voltajes de operación y tiempo de inyección mediante la forma de onda.

### Descripción de onda



Descripción de la forma de onda del inyector

## MEDICIÓN DE FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

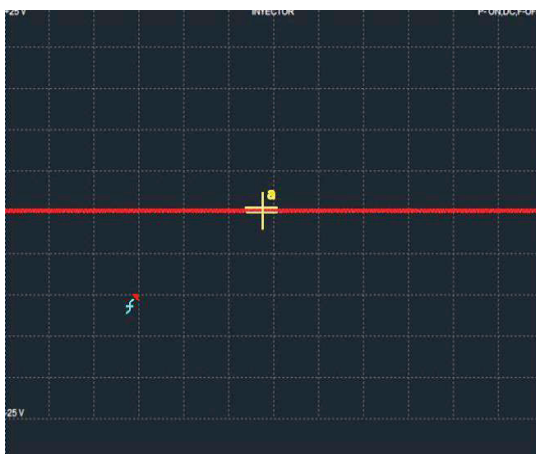
Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
<b>Canal 1</b>	<b>5</b>	<b>0.8</b>

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

<b>Canal 1.(+)</b>	114 (Iny. 1)	<b>(-) 117</b>
	115 (Iny. 2)	<b>(-) 118</b>
	116 (Iny. 3)	<b>(-) 117</b>
	120 (Iny. 4)	<b>(-) 118</b>

## FORMAS DE ONDA DE LOS INYECTORES

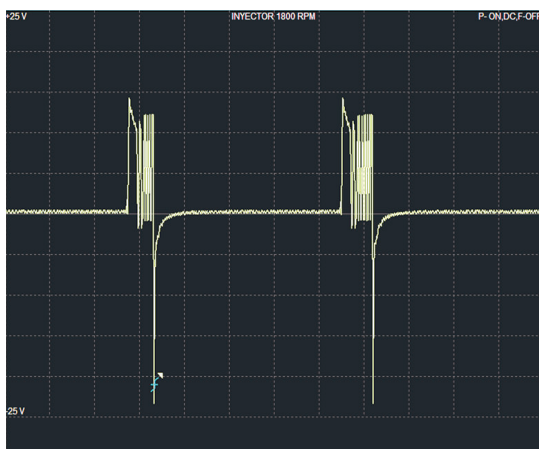
**CONTACTO**



**RALENTÍ**



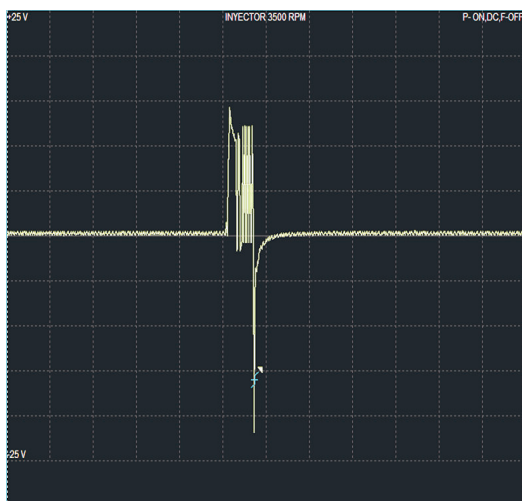
**1800 RPM**



**2500 RPM**



**3500 RPM**



MEDICIÓN DEL TIEMPO DE LA PRE-INYECCIÓN Y PRINCIPAL				
ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN				
PRE-INYECCIÓN (ms)	0,54	0,45	0,35	N/A
INYECCIÓN PRINCIPAL (ms)	0,86	0,55	0,5	0,51

VALORES DE VOLTAJE				
ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN				
VOLTAJE MÁXIMO (V)	14,4	14,4	14,5	14,4
VOLTAJE MÍNIMO (V)	-21,25	-24	-22,5	-22,5

Tabla de valores del inyector

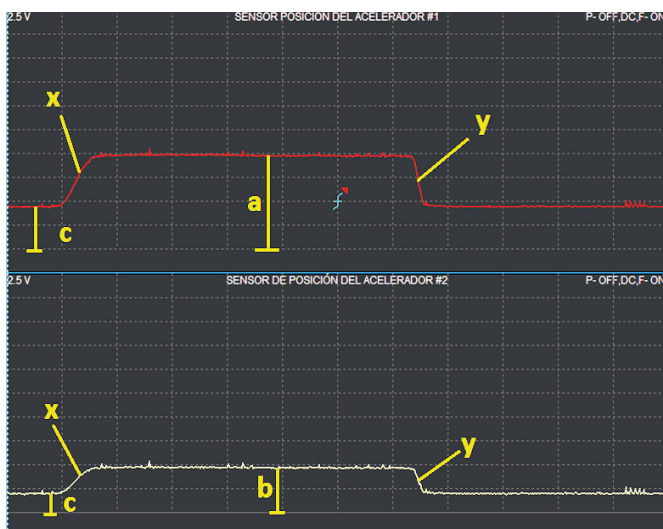


## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR (APS)

**Descripción:** Señales de los dos sensores de posición del pedal del acelerador en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación de los sensores APS1 y APS2.

### Descripción de onda



**a.** Voltaje del sensor de posición del acelerador No. 1 a las revoluciones de prueba.

**b.** Voltaje del sensor de posición del acelerador No. 2 a las revoluciones de prueba.

**c.** Voltaje de los sensores a revoluciones de ralentí.

**x.** Aceleración del motor a las revoluciones de prueba.

**y.** Desaceleración del motor.

Descripción de la forma de onda de los sensores de posición del acelerador

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	250 mV	400 ms
Canal 2	250 mV	

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) 32 (-) Masa  
Canal 2. (+) 57 (-) Masa

## FORMA DE ONDA DE LOS SENSORES DE POSICIÓN DEL ACELERADOR (APS)

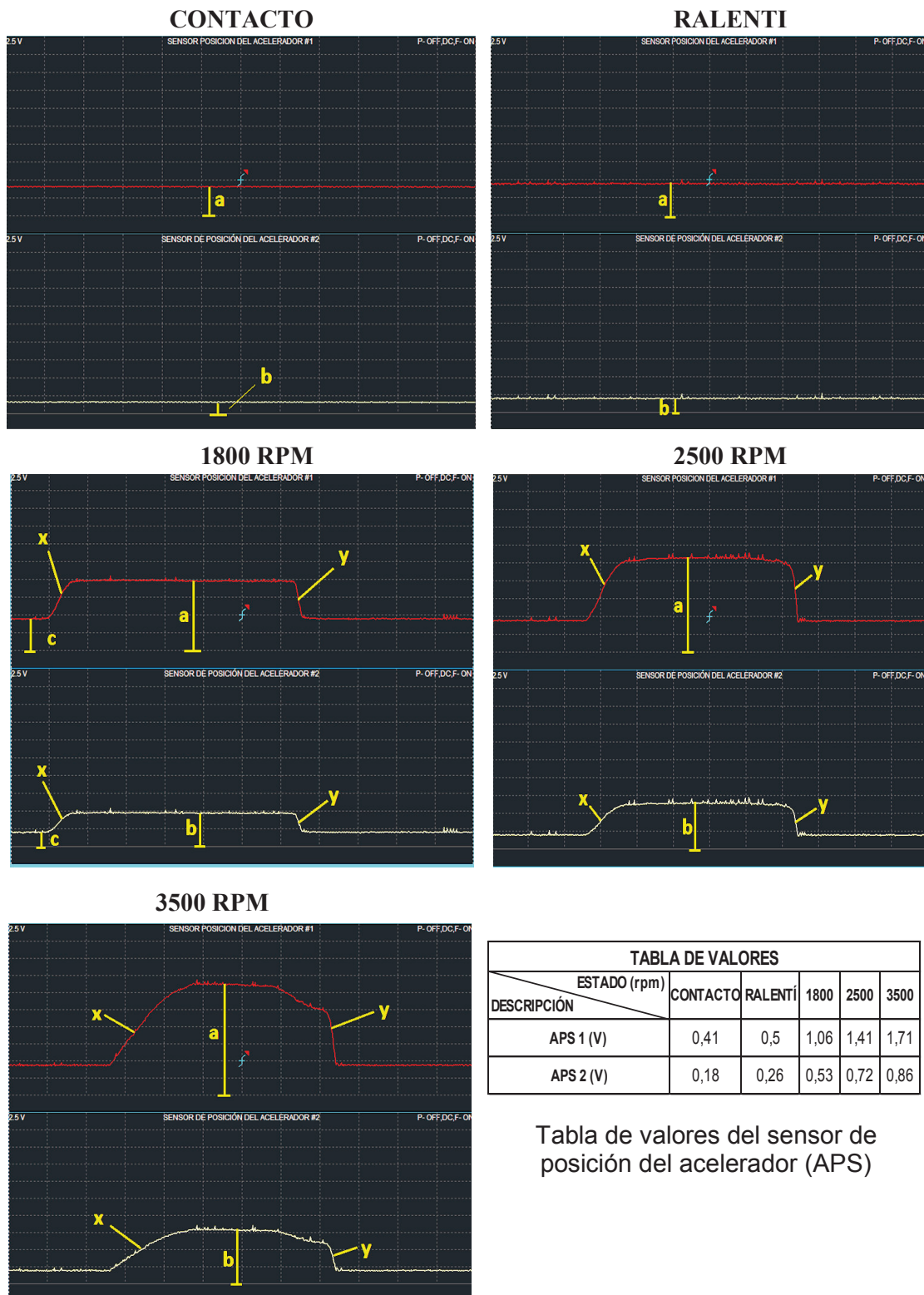


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTI	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
APS 1 (V)	0,41	0,5	1,06	1,41	1,71
APS 2 (V)	0,18	0,26	0,53	0,72	0,86

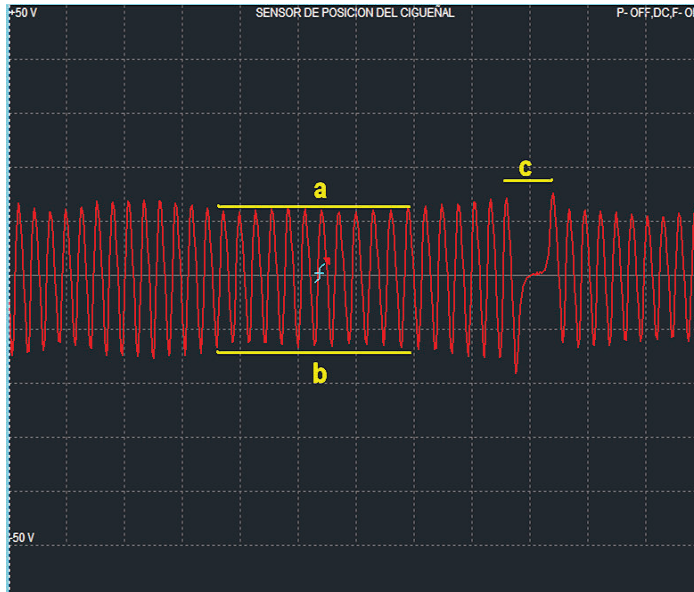
Tabla de valores del sensor de posición del acelerador (APS)

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DEL CIGÜEÑAL (CKP)

**Descripción:** Señal del sensor de posición del cigüeñal en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm. Figura 4.3.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



**a** Voltaje máximo positivo generado por el borde frontal del diente del volante del motor.

**b** Voltaje máximo negativo generado por el borde posterior del diente del volante del motor.

**c** Distorsión debido a la referencia de 2 dientes perdidos.

Descripción de la forma de onda del sensor de posición del cigüeñal

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

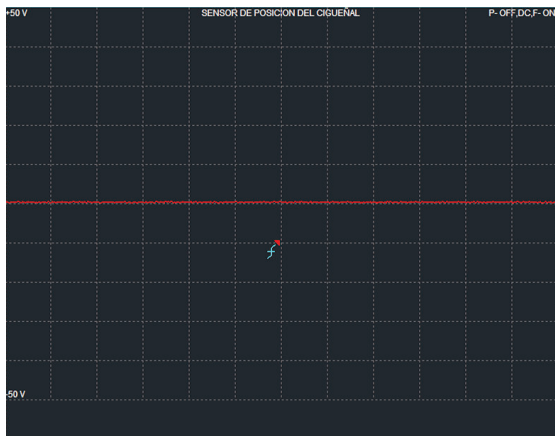
Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	10 V	4 ms

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

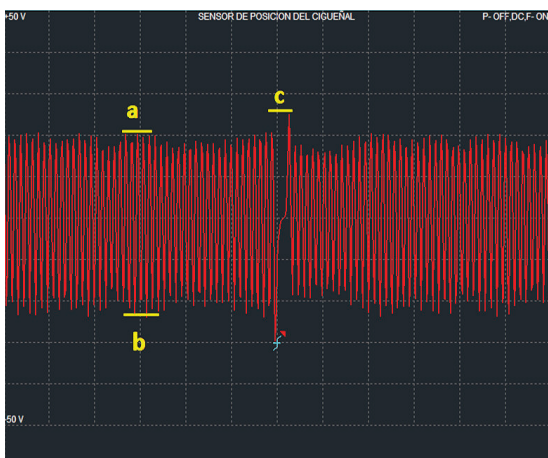
Canal 1. (+) 90 (-) Masa

## FORMA DE ONDA SENSOR DEL EJE DEL CIGÜEÑAL (CKP)

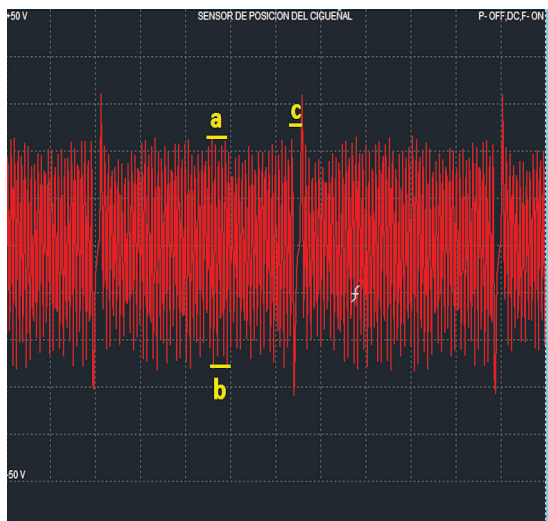
### CONTACTO



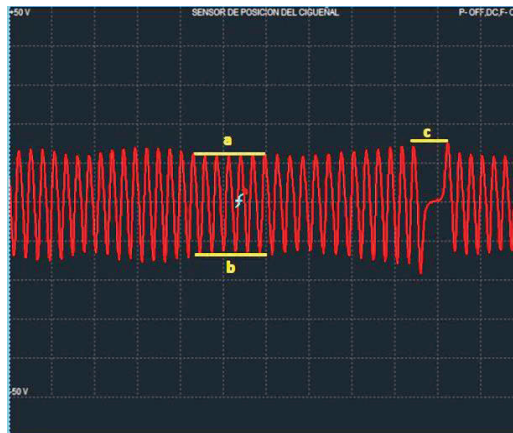
1800 RPM



3500 RPM



### RALENTÍ



2500 RPM

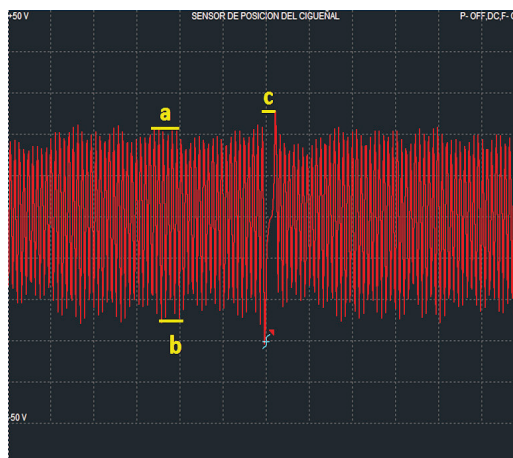


TABLA DE VALORES				
ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN				
VALOR DE VOLTAJE MÁXIMO (V)	12	20,1	21,3	22,5
VALOR DE VOLTAJE MÍNIMO (V)	-13,1	-22,1	-24,1	-26,1
FRECUENCIA	892 Hz	2,0 KHz	2,5 KHz	3,1 KHz

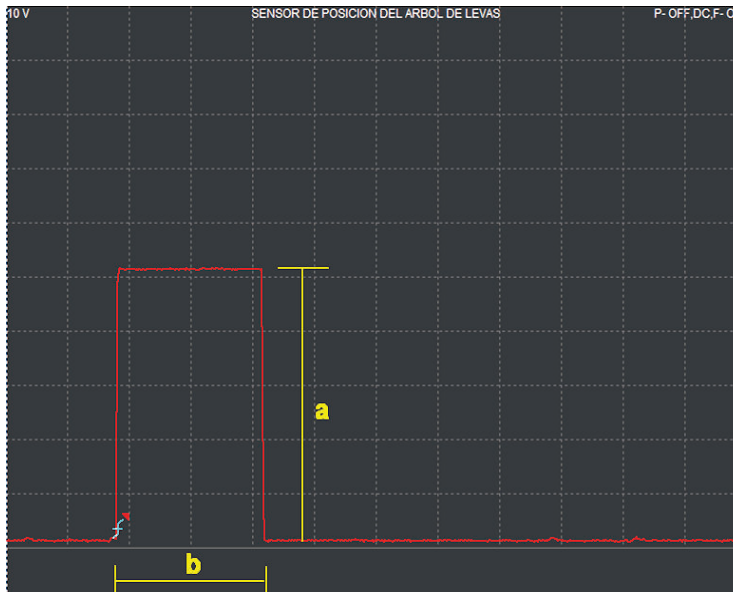
Tabla de valores sensor del eje del cigüeñal (CKP)

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS (CMP)

**Descripción:** Señal del sensor de posición del eje de levas en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralenti, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

### Descripción de onda.



### DESCRIPCIÓN

**a** Pico de voltaje del sensor de posición del eje de levas

**b** Tiempo de señal de posición de leva

Descripción de la forma de onda del sensor de posición del eje de levas

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	1 V	4 ms

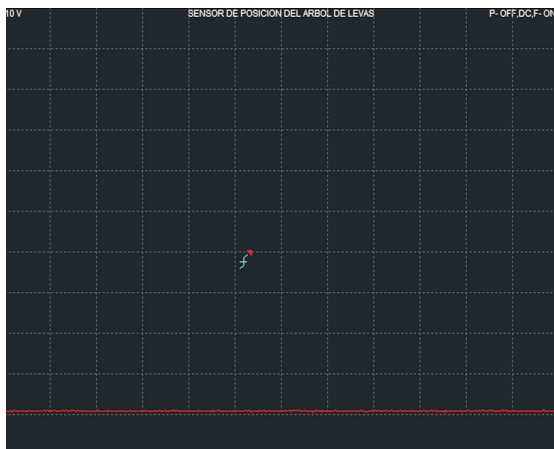
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 103 (-) Masa



## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS (CMP)

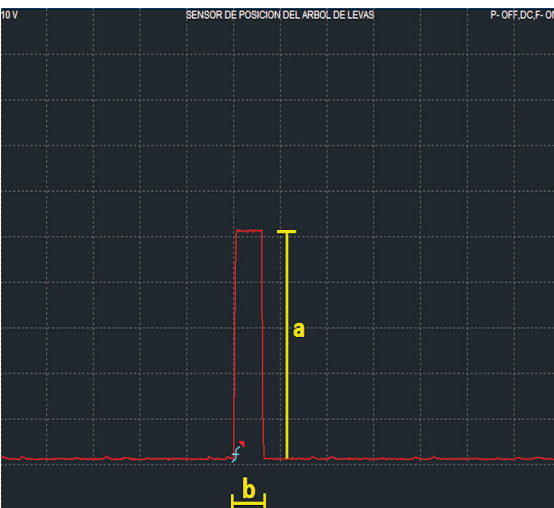
### CONTACTO



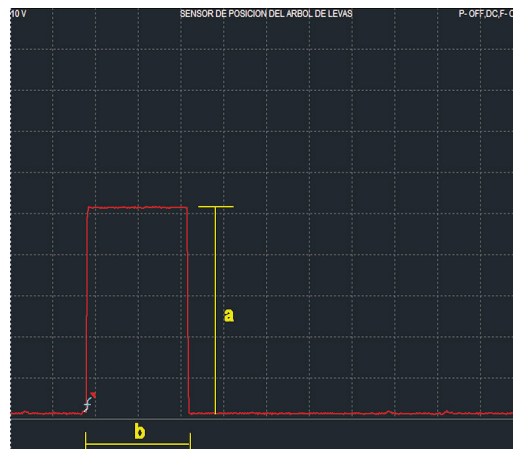
1800 RPM



3500 RPM



### RALENTÍ



2500 RPM



TABLA DE VALORES				
ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN				
PICO DE VOLTAJE DEL SENSOR (V)	5,26	5,24	5,24	5,24
TIEMPO SEÑAL POSICIÓN DE LEVA (ms)	9,4	4,05	3,50	2,60

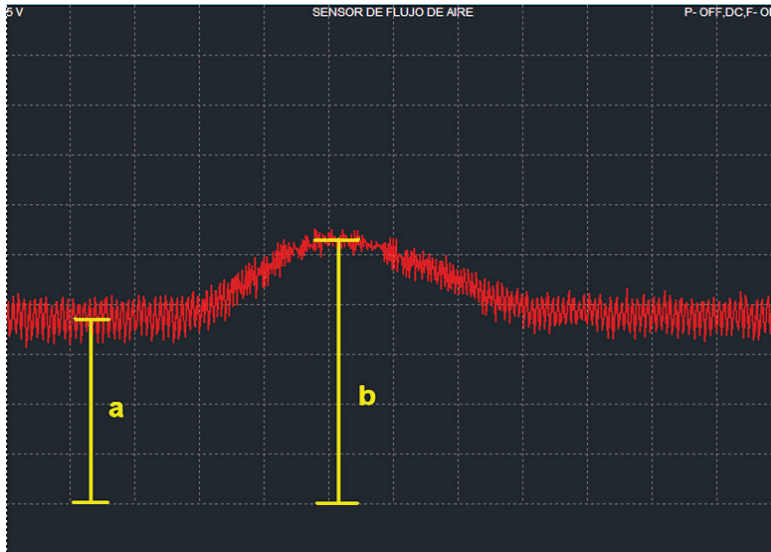
Tabla de valores del sensor de posición del eje de levas (CMP)

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM)

**Descripción:** Señal del sensor de flujo de aire en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralenti, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

- a. Voltaje de operación en revoluciones de ralenti
- b. Voltaje de aceleración a la prueba determinada

Descripción de la forma de onda del sensor de flujo de aire

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN.

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	500mV	400 ms

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 83 (-) Masa

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM)

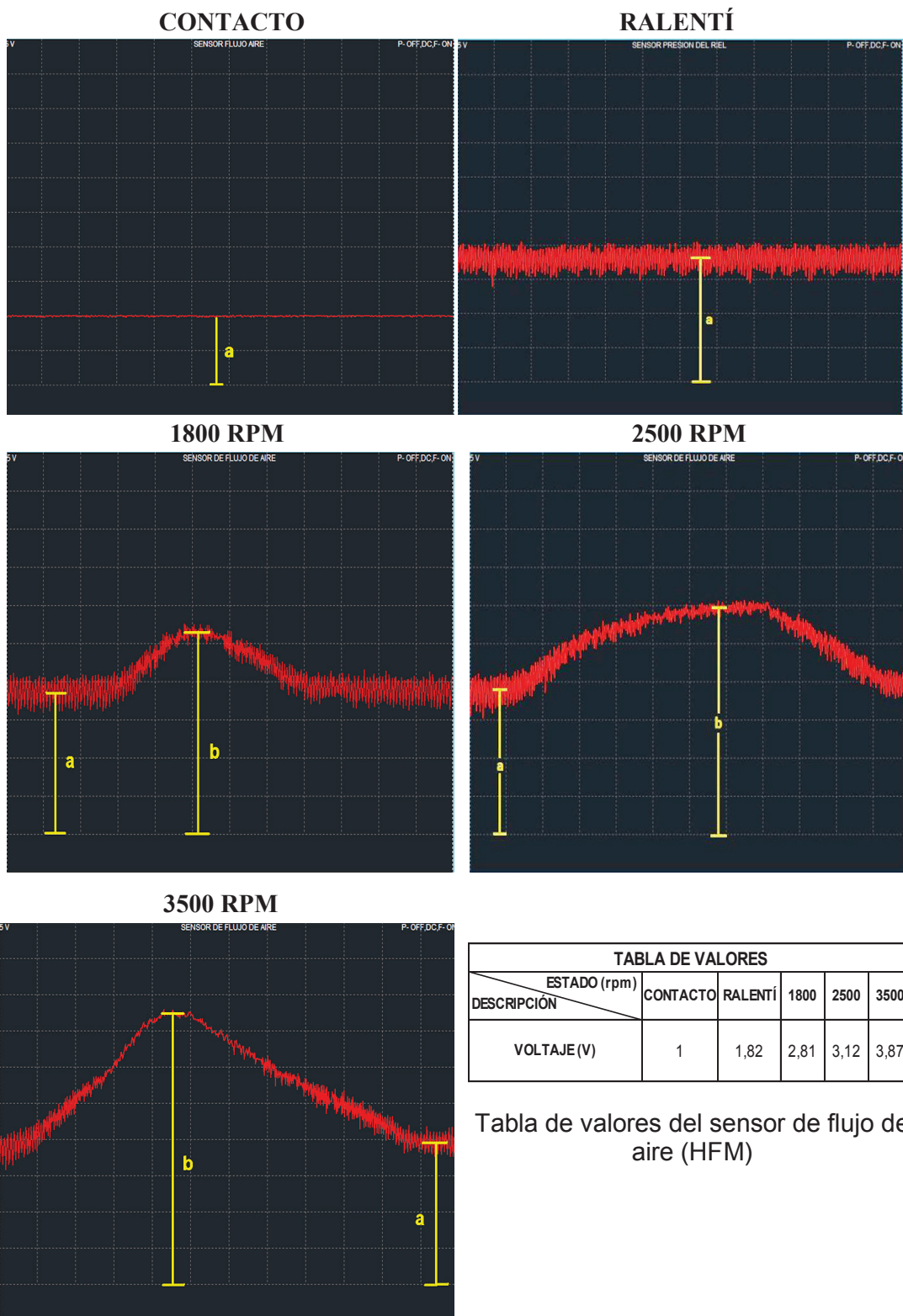


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
VOLTAJE (V)	1	1,82	2,81	3,12	3,87

Tabla de valores del sensor de flujo de aire (HFM)



## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO

**Descripción:** Señal del sensor de presión del turbo en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

- a.** Voltaje de operación del sensor de presión del turbo a las revoluciones de prueba.
- b.** Voltaje de operación del sensor de presión del turbo a revoluciones de ralentí.

Descripción de la forma de onda del sensor de presión del turbo

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN.

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	250mV	400 ms

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 99 (-) Masa

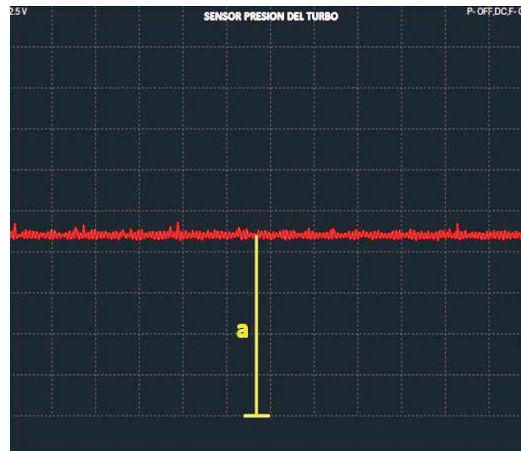
## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO

### CONTACTO

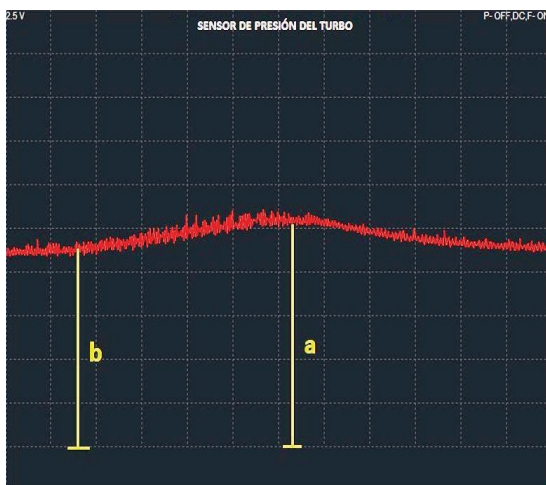


1800 RPM

### RALENTÍ



2500 RPM



3500 RPM

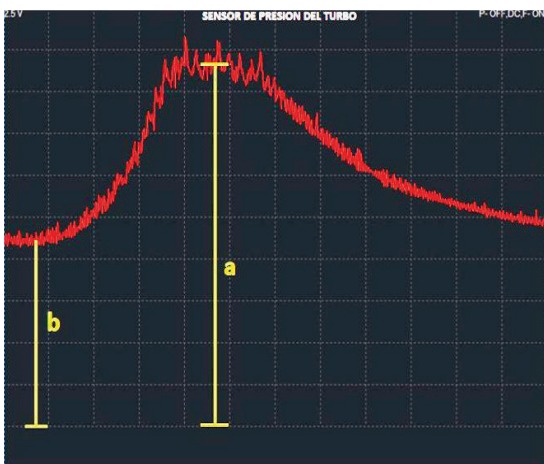
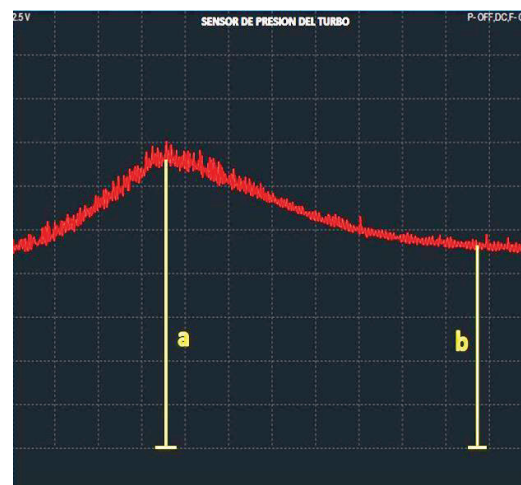


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
VOLTAJE (V)	1.17	1.12	1,38	1,79	2,37

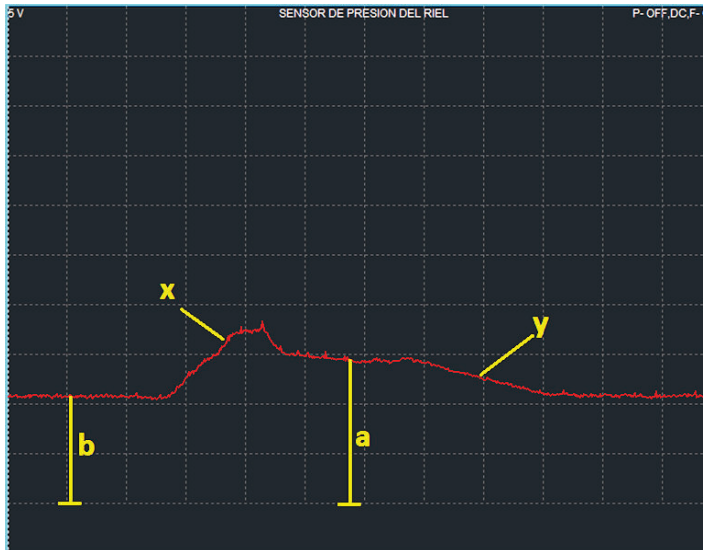
Tabla de valores del sensor de presión del turbo

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS)

**Descripción:** Señal del sensor de presión del riel en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralenti, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

**a.** Voltaje de operación del sensor de presión del riel a las revoluciones especificadas

**b.** Voltaje de operación a revoluciones de ralentí.

**x.** Voltaje generado debido a la aceleración del motor.

**y.** Desaceleración del motor a las revoluciones de ralentí.

Descripción de la forma de onda del sensor de presión del riel

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	500mV	400 ms

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 25 (-) Masa

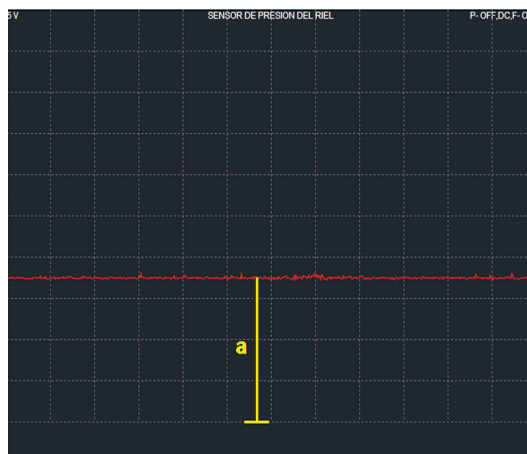
## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS)

### CONTACTO

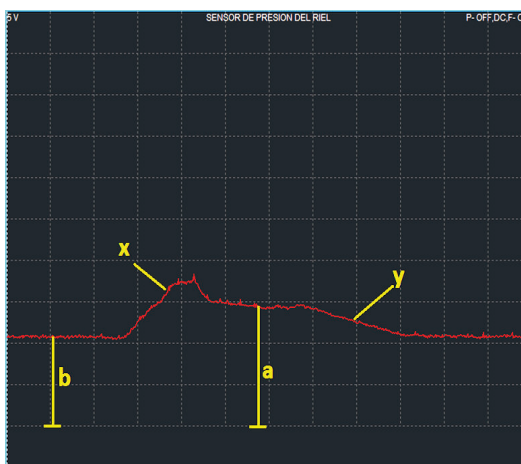


1800 RPM

### RALENTÍ



2500 RPM



3500 RPM

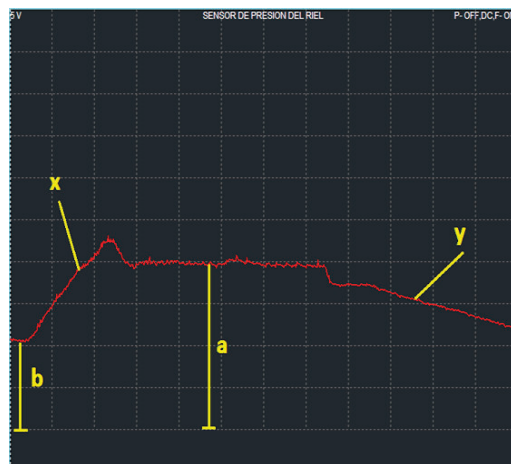
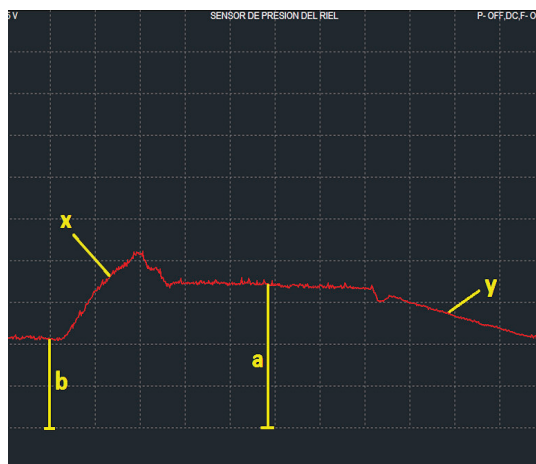


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
VOLTAJE (V)	0,51	1,1	1,48	1,72	1,98

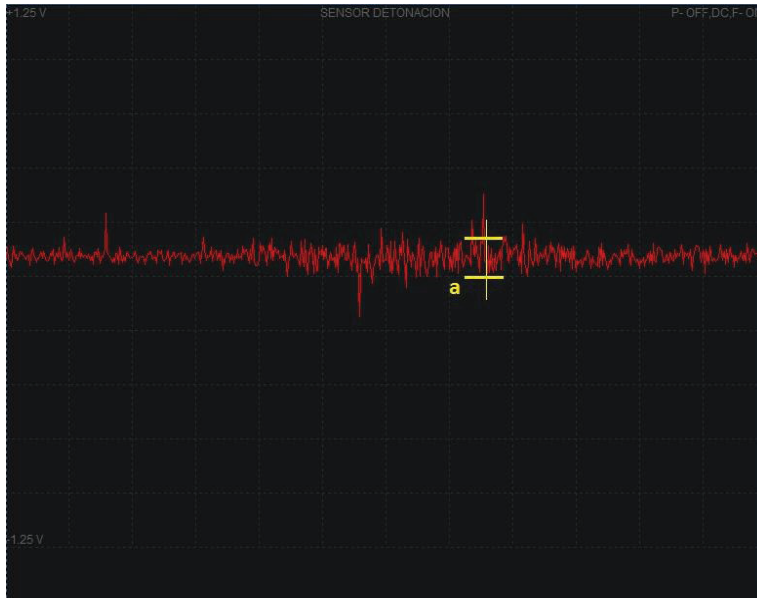
Tabla de valores del sensor de presión del riel (RPS)

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE DETONACIÓN (KS)

**Descripción:** Señal del sensor de detonación en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

a. Voltaje promedio de operación del sensor de detonación en revoluciones de ralentí

Descripción de la forma de onda del sensor de detonación

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN.

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	250mV	400 ms

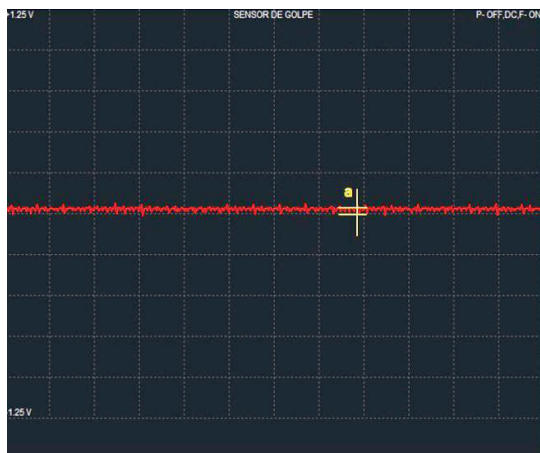
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 45 (-) Masa

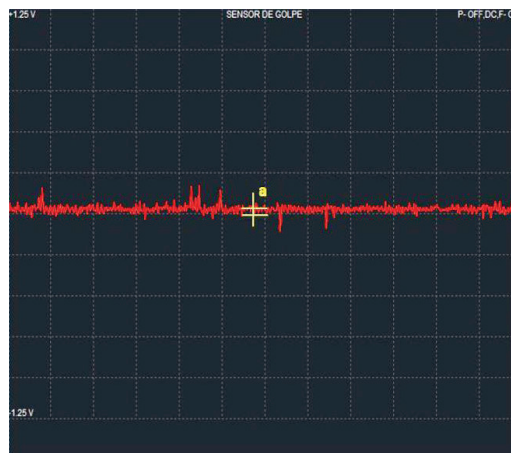


## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE DETONACIÓN (KS)

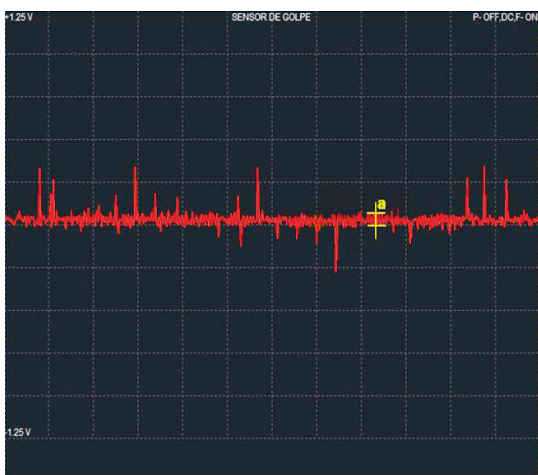
### CONTACTO



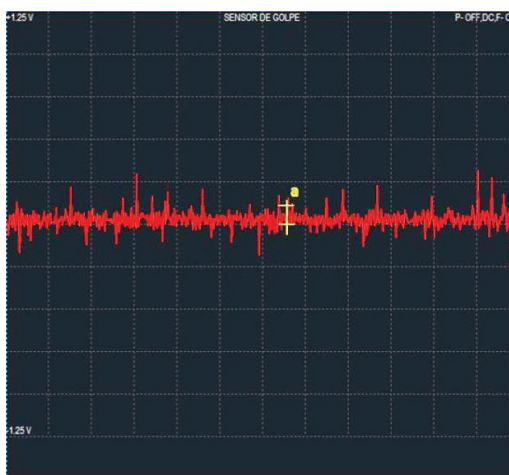
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

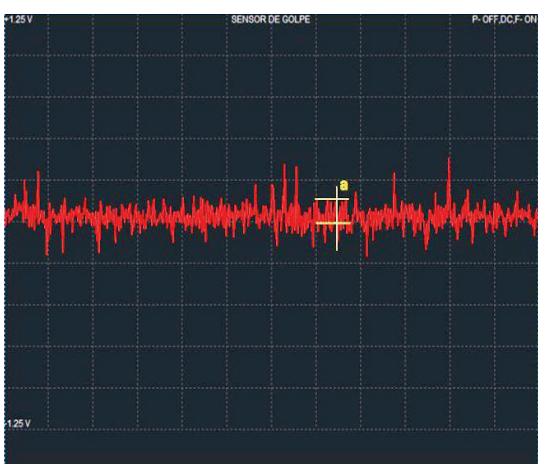


TABLA DE VALORES				
ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN				
VALOR VOLTAJE PROMEDIO (V)	0,05	0,07	0,13	0,16

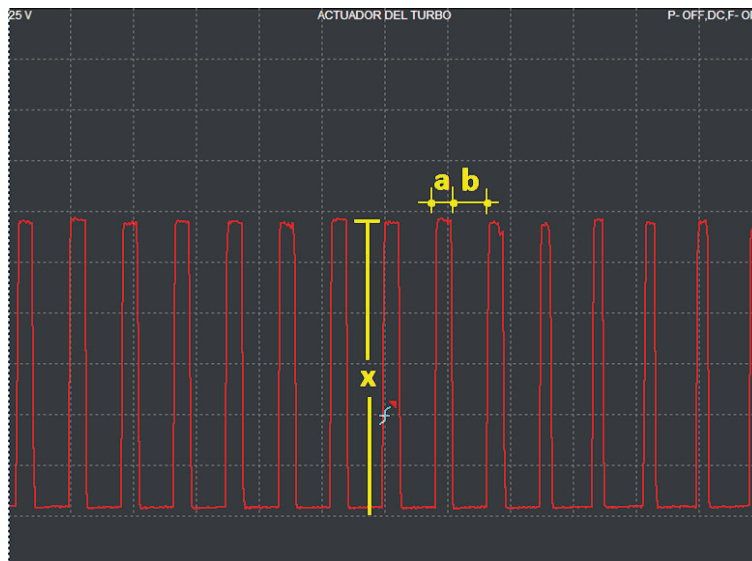
Tabla de valores del sensor de detonación (KS).

## FORMAS DE ONDA DEL ACTUADOR DEL TURBO

**Descripción:** Señal del actuador del turbo en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del actuador.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

- a.* Trabajo (+)
- b.* Trabajo (-)
- x.* Voltaje pico de operación

Descripción de la forma de onda del actuador del turbo

## MEDICIÓN DE ONDA Y CONFIGURACIÓN.

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	2.5 V	4 ms

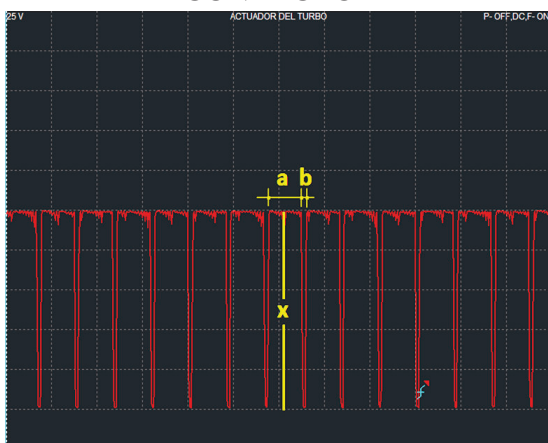
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 95 (-) Masa



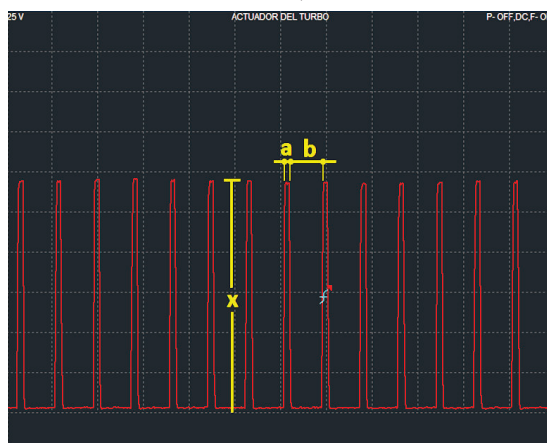
## FORMA DE ONDA DEL ACTUADOR DEL TURBO

### CONTACTO

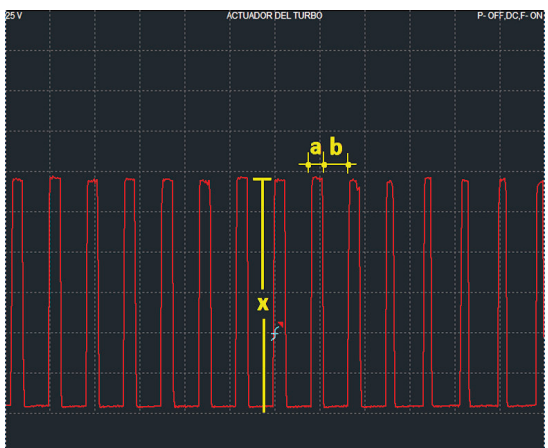


1800 RPM

### RALENTÍ



2500 RPM



3500 RPM

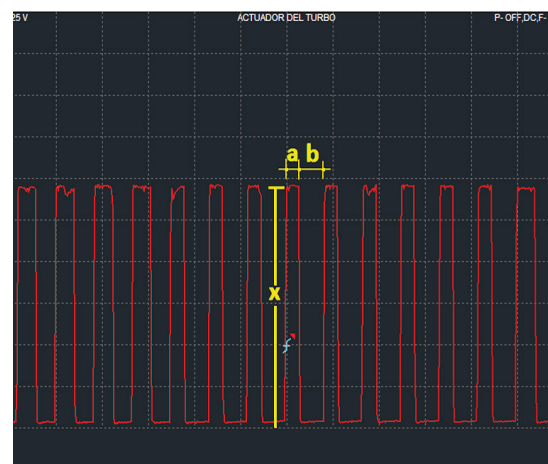
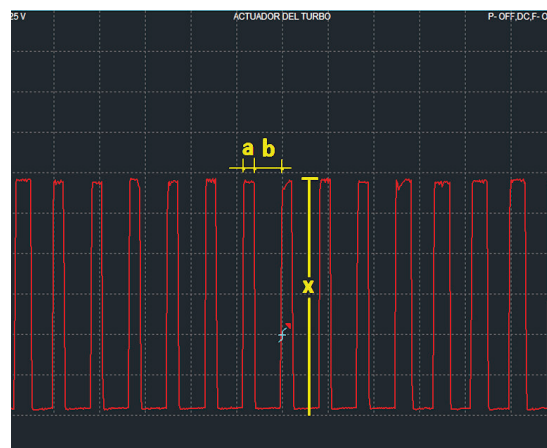


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
PICO DE VOLTAJE DEL ACTUADOR (V)	12,7	14,85	14,97	14,97	14,88
VOLTAJE PROMEDIO (V)	11,32	2,47	4,49	5,38	6,29
DUTY (-) %	11,9	85,4	69	58,5	51,2

Tabla de valores del actuador del turbo.

## FORMAS DE ONDA DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV)

**Descripción:** Señal de la IMV en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, a revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación de la IMV

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

- a.** Trabajo (+)
- b.** Trabajo (-)
- x.** Voltaje pico de operación

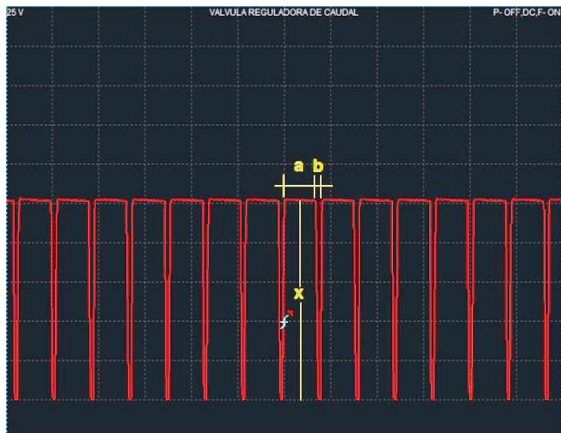
Descripción de la forma de onda de la IMV

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

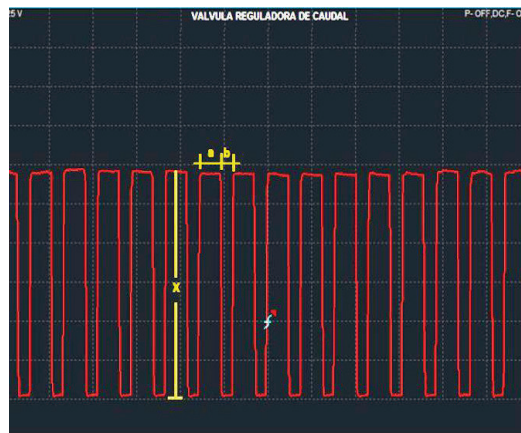
ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO			TERMINALES DE MEDICIÓN:	
Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)	Canal 1. (+) Pin 87	(-) Masa
Canal 1	2.5 V	4 ms		

## FORMA DE ONDA DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV)

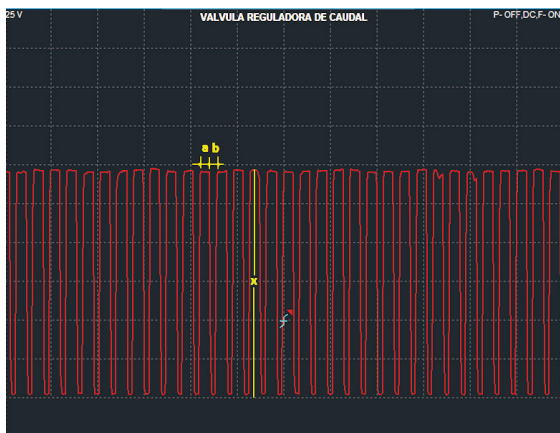
### CONTACTO



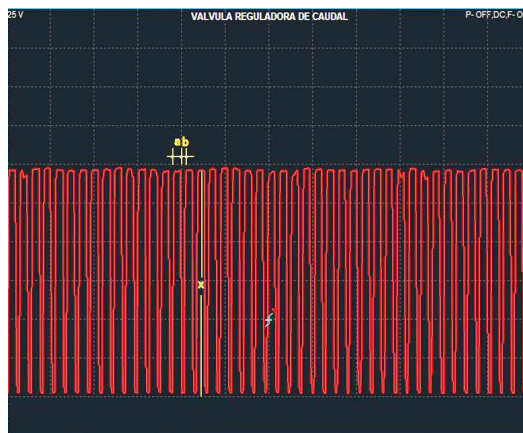
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

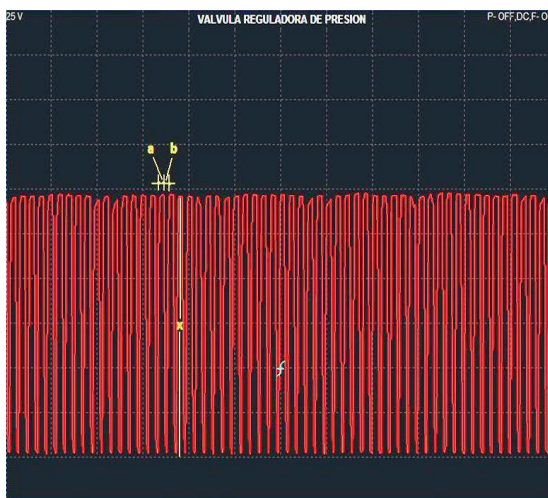


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
PICO DE VOLTAJE DEL ACTUADOR (V)	13,02	15	15,05	15,05	15,05
VOLTAJE PROMEDIO (V)	11,52	9,7	9,89	9,94	9,89
DUTY (-) %	9,08	35,9	33,30	30,80	40,00

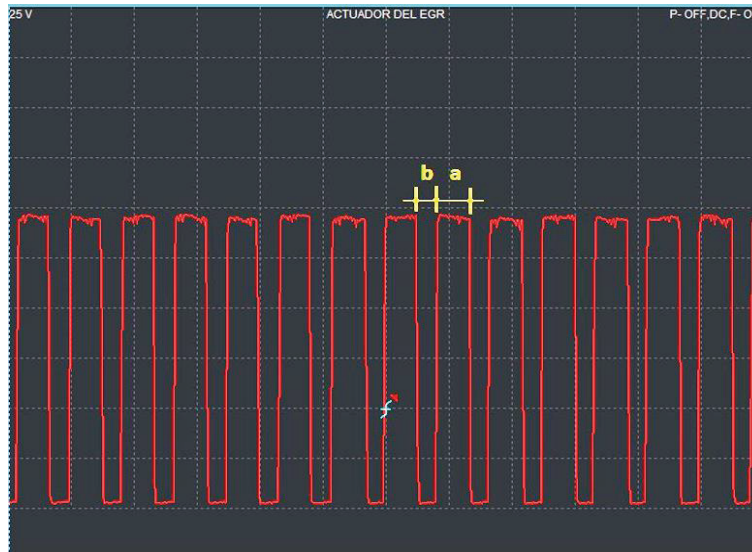
Tabla de valores de la válvula de control de ingreso de combustible (IMV).

## FORMAS DE ONDA DE LA VÁLVULA ACTUADORA DEL EGR (EXHAUST GAS RECIRCULATION)

**Descripción:** Señal de la válvula actuadora de la EGR en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, a revoluciones ralenti, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación de la válvula.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

- a. Trabajo (+)
- b. Trabajo (-)
- x. Voltaje pico de operación

Descripción de la forma de onda de la válvula actuadora de la EGR

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN.

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	2.5 V	4 ms

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 96 (-) Masa

## FORMA DE ONDA DE LA VÁLVULA ACTUADORA DE LA EGR

**CONTACTO**

**1800-2500-3500 RPM**

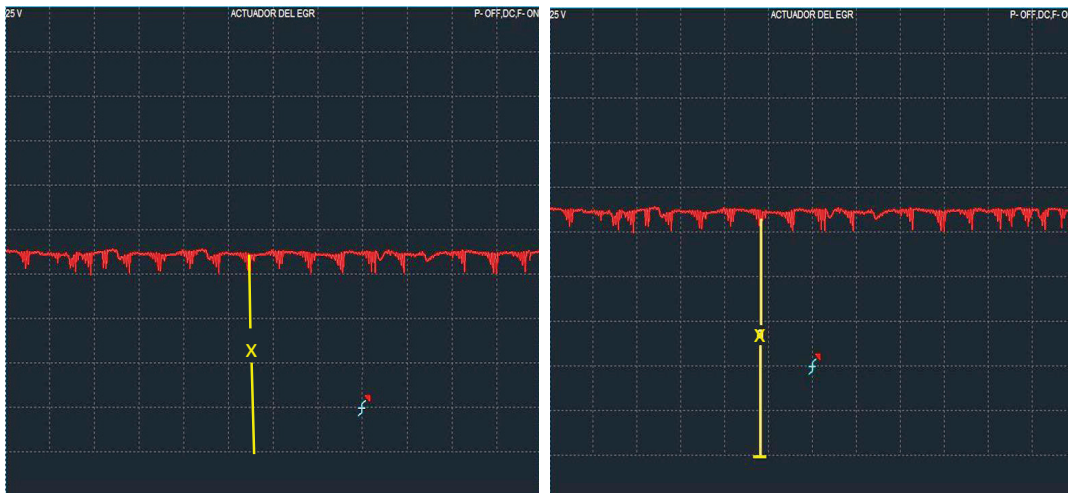


TABLA DE VALORES		
ESTADO (rpm)	CONTACTO	TODAS LAS RPM
DESCRIPCIÓN		
PICO DE VOLTAJE DEL ACTUADOR (V)	11,88	14,2
VOLTAJE PROMEDIO (V)	11,85	13,83
DUTY (-) %	0	0

Tabla de valores de la válvula actuadora de la EGR



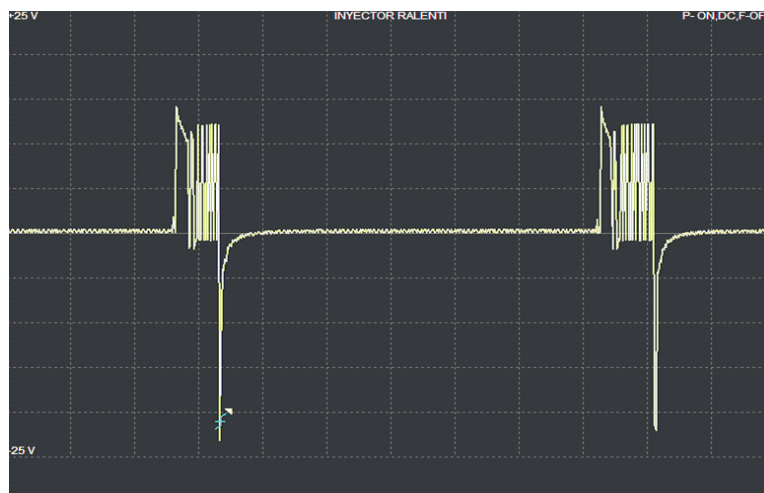
**ANEXO 2**  
**PRUEBAS ESTÁTICAS A NIVEL DEL MAR (0 msnm)**

## FORMAS DE ONDA DE REFERENCIA INYECTORES.

**Descripción:** Señales del inyector en las condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm a nivel del mar

**Objetivo:** Identificar los voltajes de operación y tiempo de inyección mediante la forma de onda.

### Descripción de onda



Descripción de la forma de onda del inyector

## MEDICIÓN DE FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
<b>Canal 1</b>	<b>5</b>	<b>0.8</b>

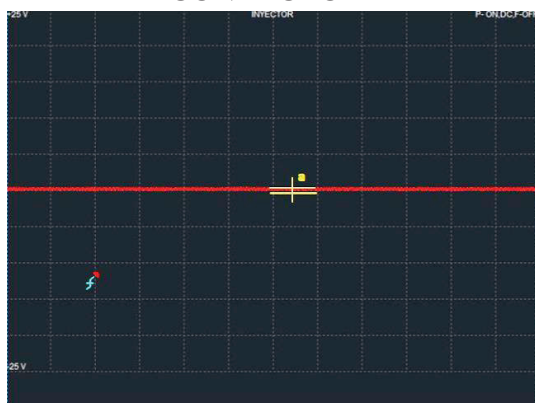
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

<b>Canal 1.(+)</b>	114 (Iny. 1)	(-) 117
	115 (Iny. 2)	(-) 118
	116 (Iny. 3)	(-) 117
	120 (Iny. 4)	(-) 118

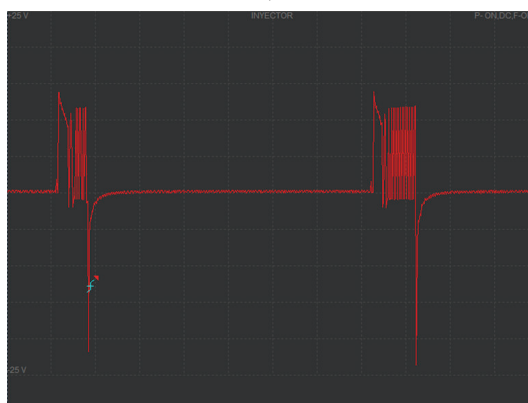


## FORMA DE ONDA DEL INYECTOR

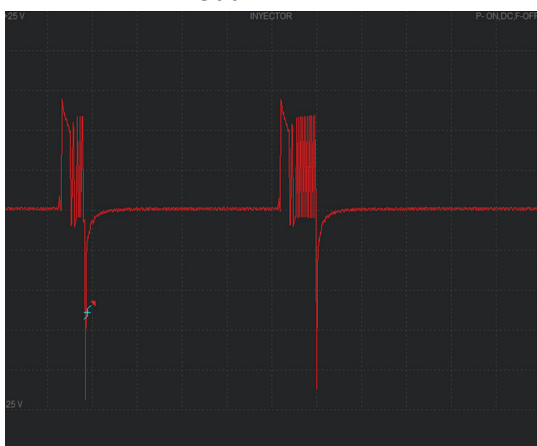
### CONTACTO



### RALENTÍ



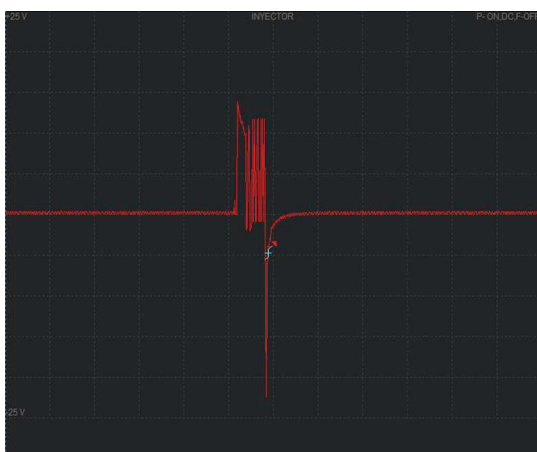
### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM



MEDICIÓN DEL TIEMPO DE LA PRE-INYECCIÓN Y PRINCIPAL				
ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN				
PRE-INYECCIÓN (ms)	0,52	0,43	0,34	N/A
INYECCIÓN PRINCIPAL (ms)	0,73	0,56	0,49	0,53

VALORES DE VOLTAJE				
ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN				
VOLTAJE MÁXIMO (V)	14,4	14	14,05	14,05
VOLTAJE MÍNIMO (V)	-24,35	-23,15	-25,6	-23,4

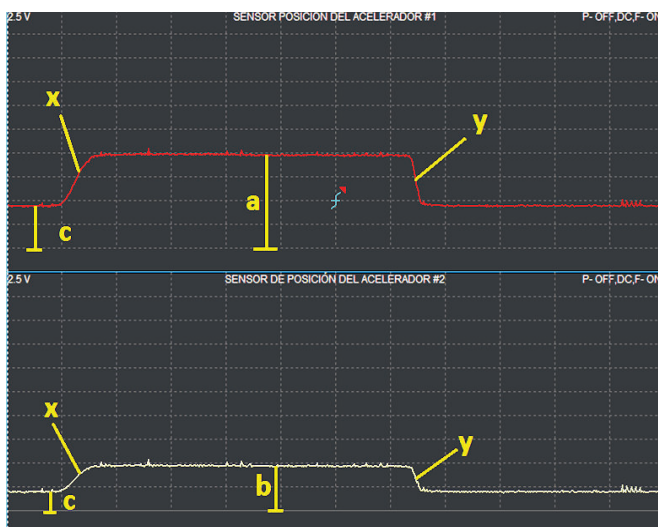
Tabla de valores del inyector

## FORMAS DE ONDA DE LOS SENSORES DE POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR (APS)

**Descripción:** Señales de los dos sensores de posición del pedal del acelerador en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación de los sensores APS1 y APS2.

### Descripción de onda



**a.** Voltaje del sensor de posición del acelerador No. 1 a las revoluciones de prueba.

**b.** Voltaje del sensor de posición del acelerador No. 2 a las revoluciones de prueba.

**c.** Voltaje de los sensores a revoluciones de ralentí.

**x.** Aceleración del motor a las revoluciones de prueba.

Descripción de la forma de onda de los sensores de posición del acelerador

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

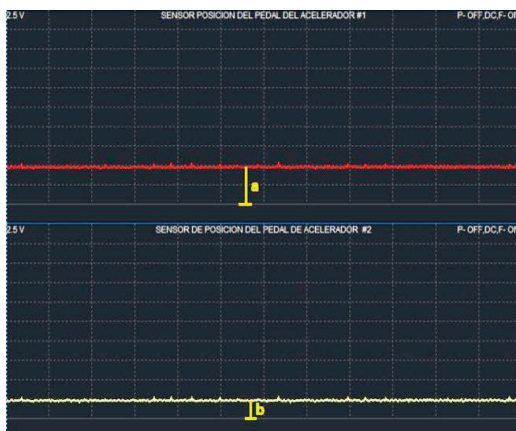
ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO		
Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	250 mV	400 ms
Canal 2	250 mV	

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

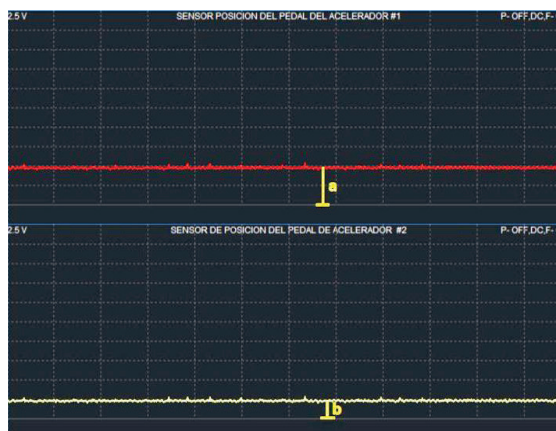
Canal 1. (+) 32 (-) Masa  
Canal 2. (+) 57 (-) Masa

## FORMAS DE ONDA DE LOS SENSORES DE POSICIÓN DEL ACELERADOR (APS)

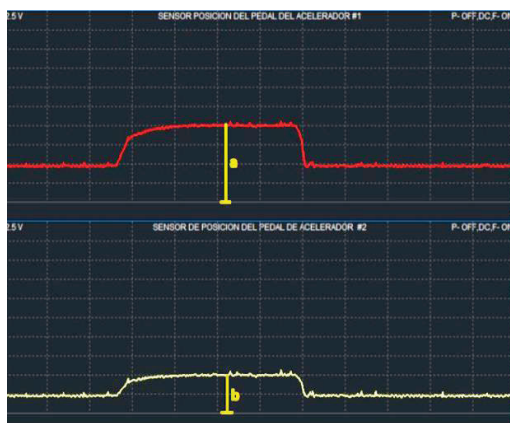
### CONTACTO



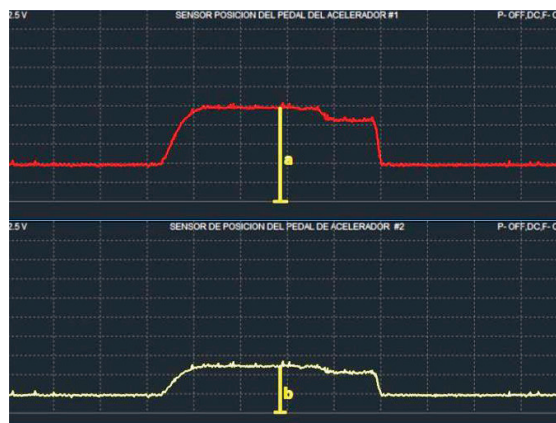
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

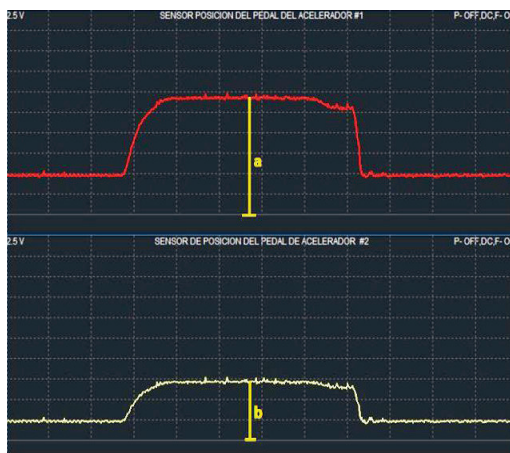


TABLA DE VALORES					
DESCRIPCIÓN	ESTADO (rpm)				
	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
APS 1 (V)	0,44	0,48	0,98	1,25	1,40
APS 2 (V)	0,20	0,24	0,50	0,62	0,73

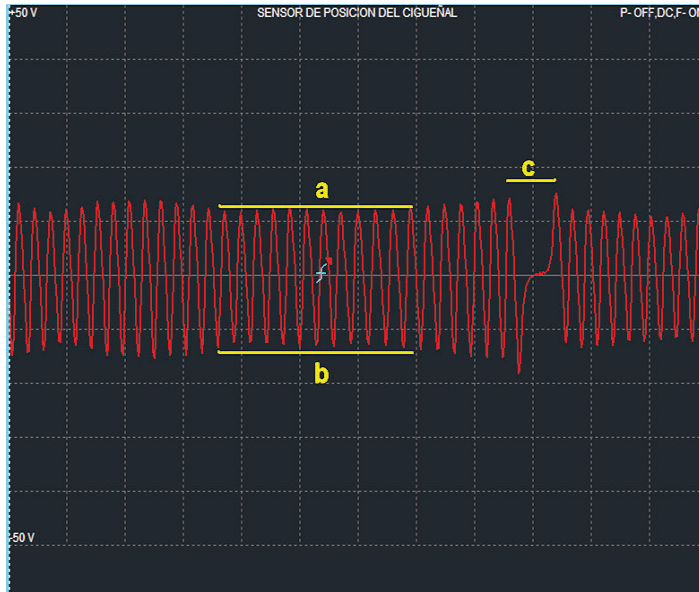
Tabla de valores de los sensores de posición del acelerador (APS)

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DEL CIGÜEÑAL (CKP)

**Descripción:** Señal del sensor de posición del cigüeñal en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



**a** Voltaje máximo positivo generado por el borde frontal del diente del volante del motor.

**b** Voltaje máximo negativo generado por el borde posterior del diente del volante del motor.

**c** Distorsión debido a la referencia de 2 dientes perdidos.

Descripción de la forma de onda del sensor de posición del cigüeñal

## MEDICIÓN DE FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	10 V	4 ms

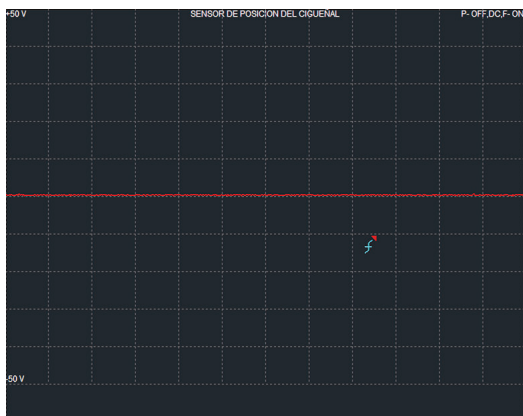
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) 90 (-) Masa

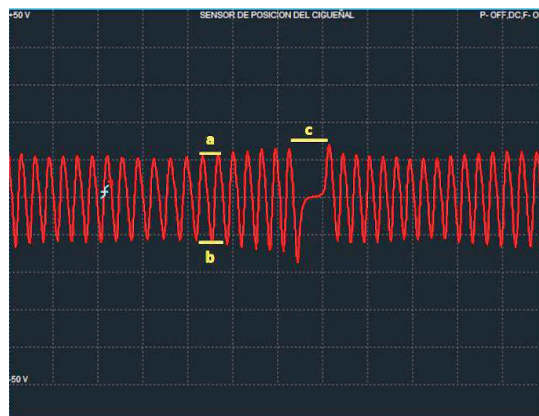


## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP)

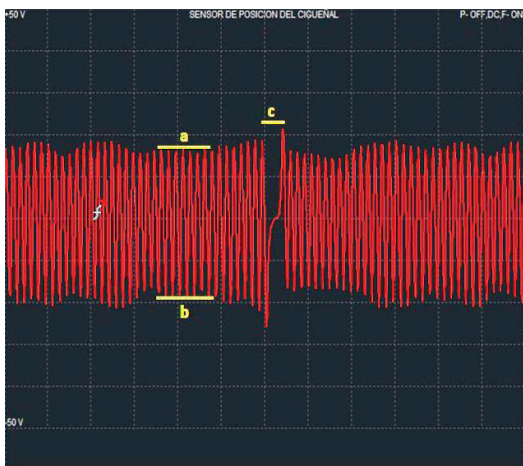
### CONTACTO



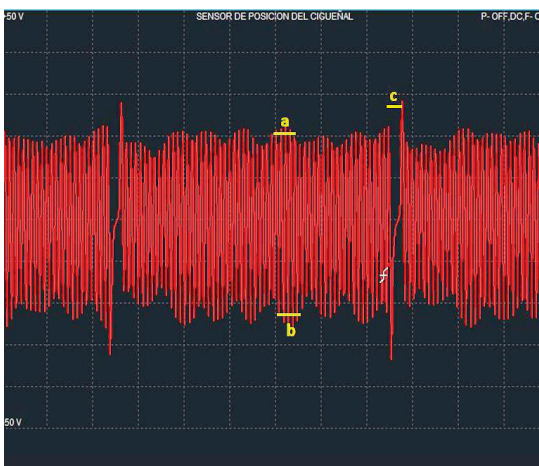
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

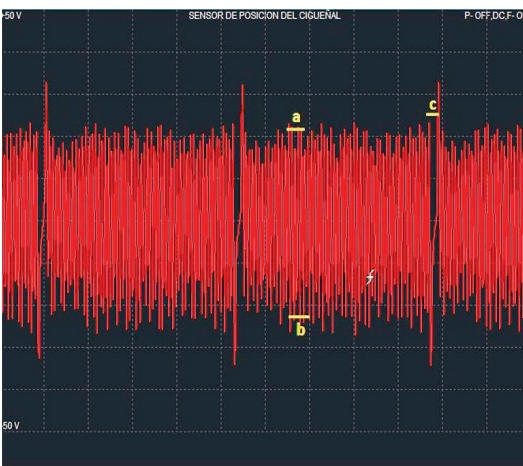


TABLA DE VALORES				
DESCRIPCIÓN \ ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
VALOR DE VOLTAJE MÁXIMO (V)	12	17	20,4	22
VALOR DE VOLTAJE MÍNIMO (V)	-13	-19	-23,1	-24
FRECUENCIA	833,3 Hz	1,6 KHz	2,5 KHz	55,1 Hz

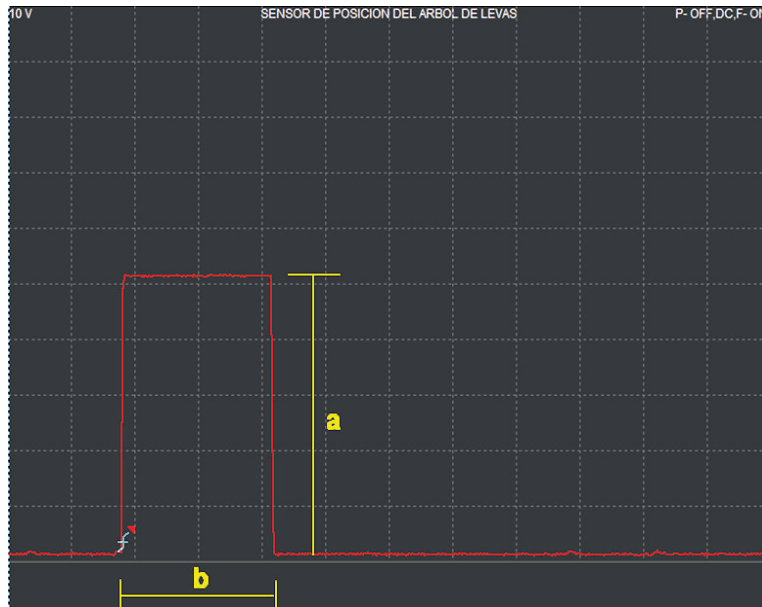
Tabla de valores de sensor de posición del cigüeñal (CKP).

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DEL EJE DE LEVAS (CMP)

**Descripción:** Señal del sensor de posición del eje de levas en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

**a** Pico de voltaje del sensor de posición del eje de levas

**b** Tiempo de señal de posición de leva

Descripción de la forma de onda del sensor de posición del eje de levas

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN.

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

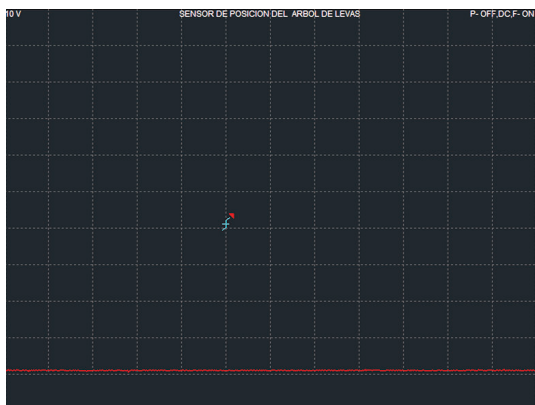
Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	1 V	4 ms

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

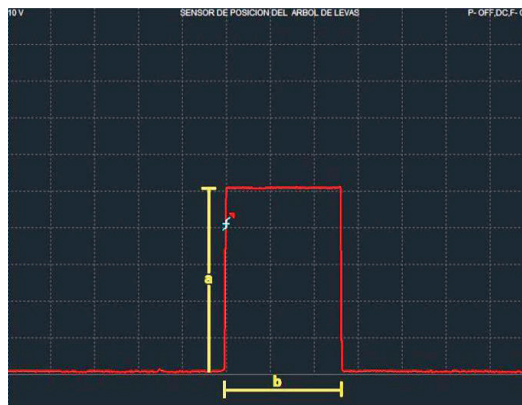
Canal 1. (+) Pin 103 (-) Masa

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS (CMP)

### CONTACTO



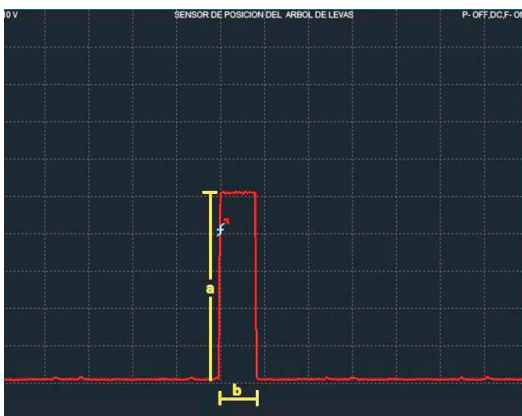
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

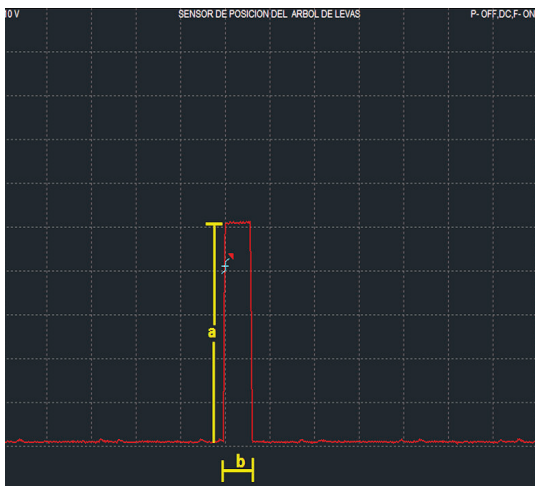


TABLA DE VALORES				
ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN				
PICO DE VOLTAJE DEL SENSOR (V)	5,23	5,23	5,22	5,22
TIEMPO SEÑAL POSICIÓN DE LEVA (ms)	10,5	5,05	3,50	2,70

Tabla de valores del sensor de posición del eje de levas (CMP).

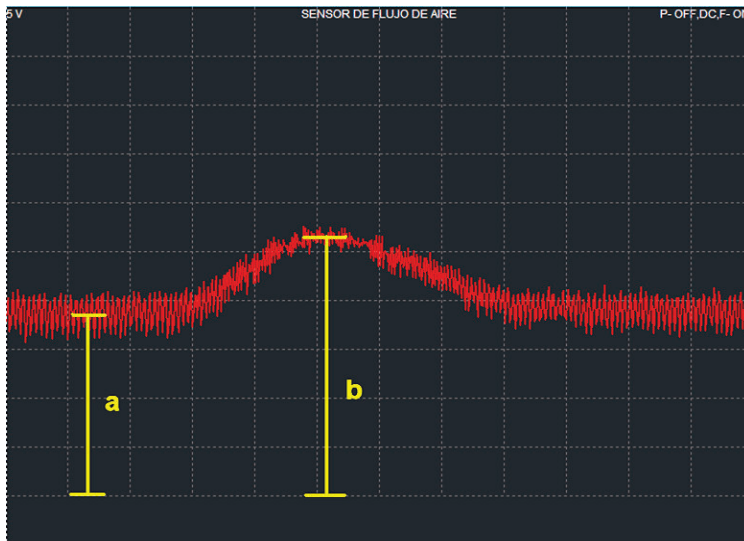


## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM)

**Descripción:** Señal del sensor de flujo de aire en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralenti, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

### Descripción de onda.



### DESCRIPCIÓN

- a. Voltaje de operación en revoluciones de ralenti
- b. Voltaje de aceleración a la prueba determinada

Descripción de la forma de onda del sensor de flujo de aire

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN.

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	500mV	400 ms

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

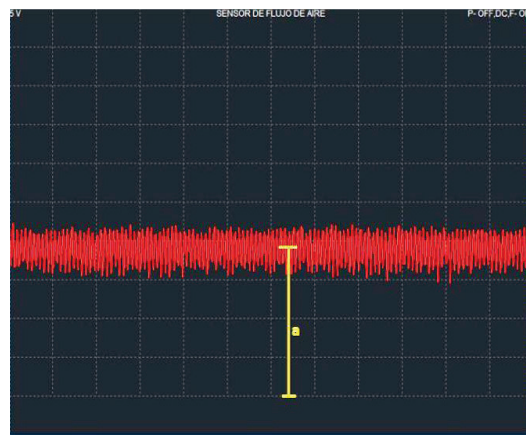
Canal 1. (+) Pin 83 (-) Masa

## FORMA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM)

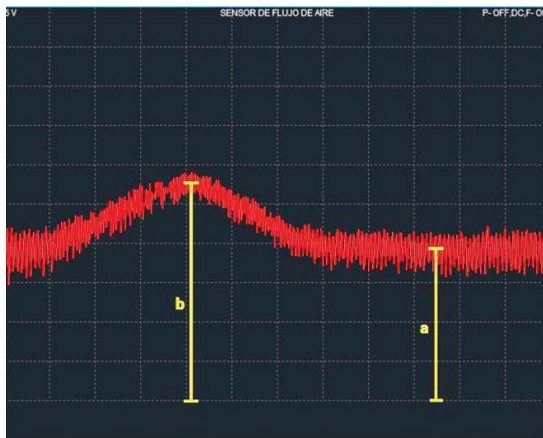
### CONTACTO



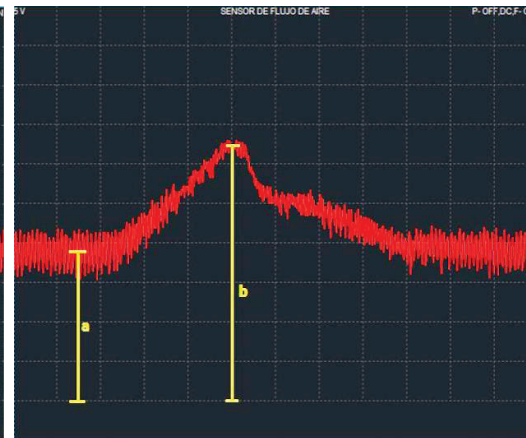
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

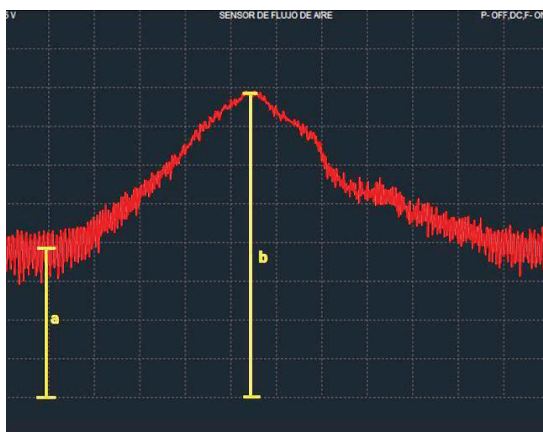


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
VOLTAJE (V)	1,06	1,93	2,95	3,36	4,03

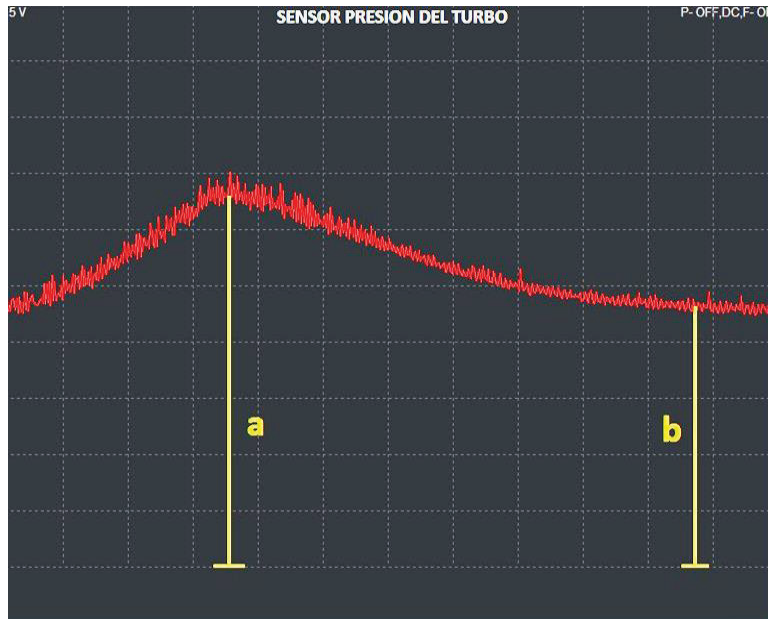
Tabla de valores del sensor de flujo de aire (HFM).

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO

**Descripción:** Señal del sensor de presión del turbo en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

**a.** Voltaje de operación del sensor de presión del turbo a las revoluciones de prueba.

**b.** Voltaje de operación del sensor de presión del turbo a revoluciones de ralentí.

Descripción de la forma de onda del sensor de presión del turbo

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN.

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

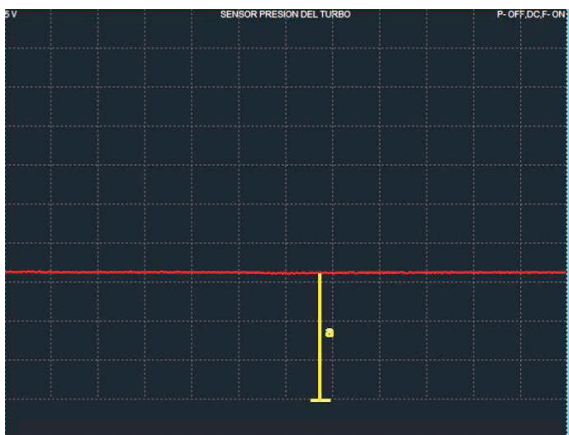
Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	500mV	400 ms

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

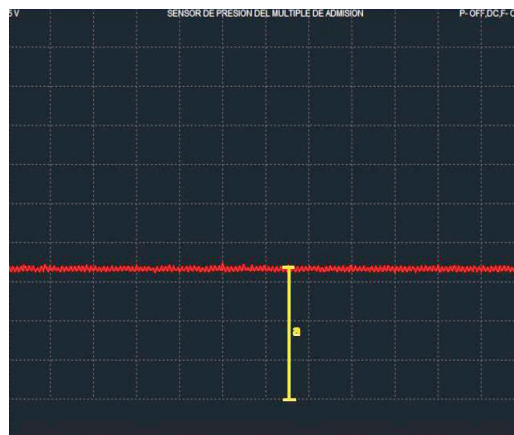
Canal 1. (+) Pin 99 (-) Masa

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO

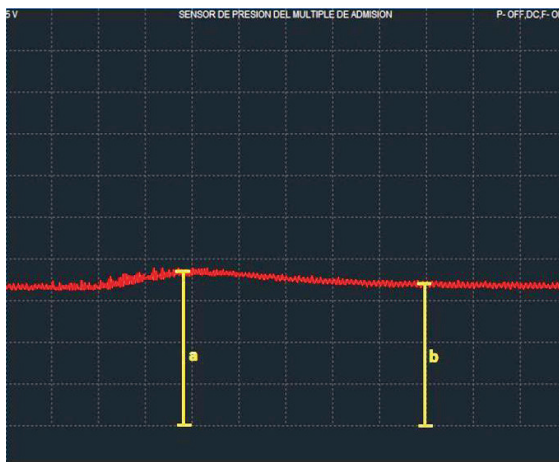
### CONTACTO



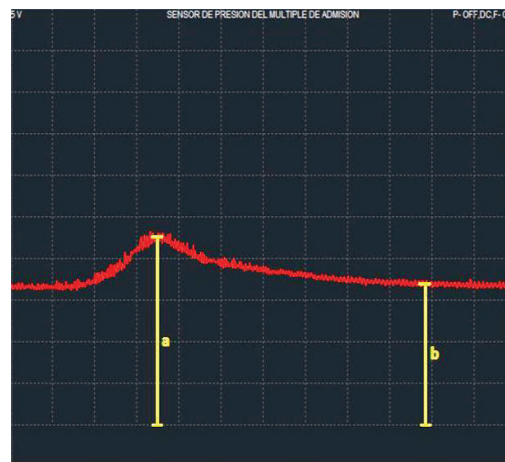
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

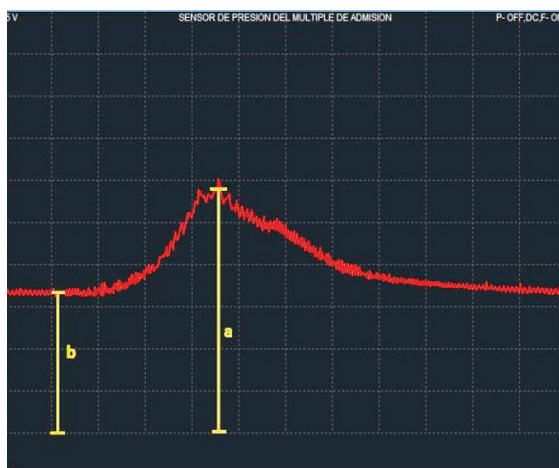


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
VOLTAJE (V)	1,64	1,69	1,92	2,36	3,07

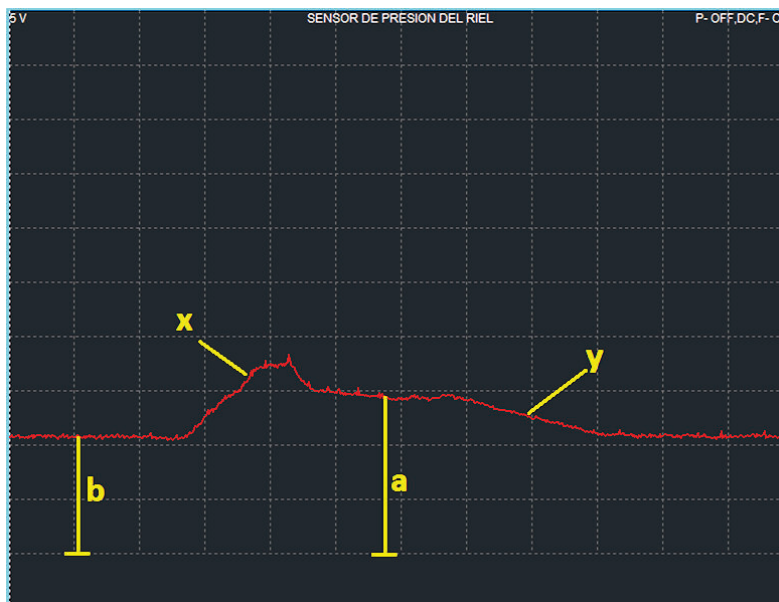
Tabla de valores del sensor de presión del turbo.

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS)

**Descripción:** Señal del sensor de presión del riel en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralenti, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

- a.** Voltaje de operación del sensor de presión del riel a las revoluciones especificadas
- b.** Voltaje de operación a revoluciones de ralenti.
- x.** Voltaje generado debido a la aceleración del motor.
- y.** Desaceleración del motor a las revoluciones de ralenti.

Descripción de la forma de onda del sensor de presión del riel

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	500mV	400 ms

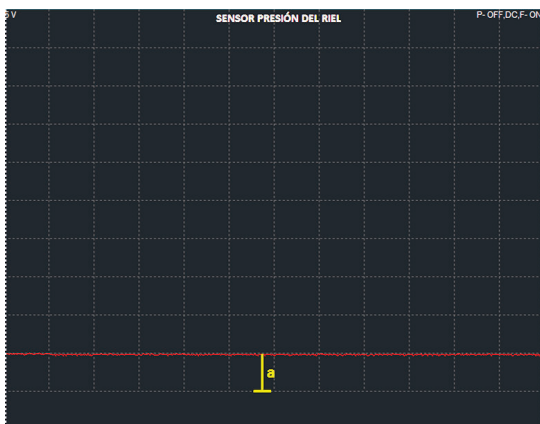
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 25 (-) Masa

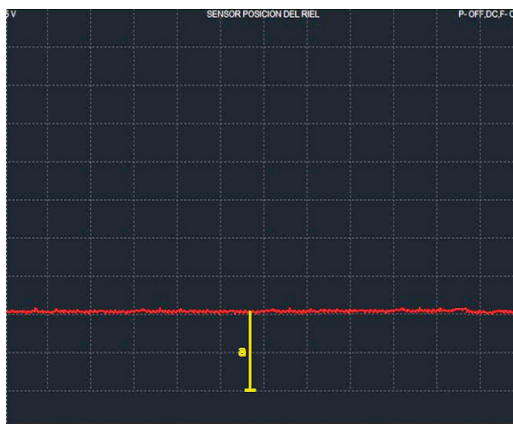


## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS)

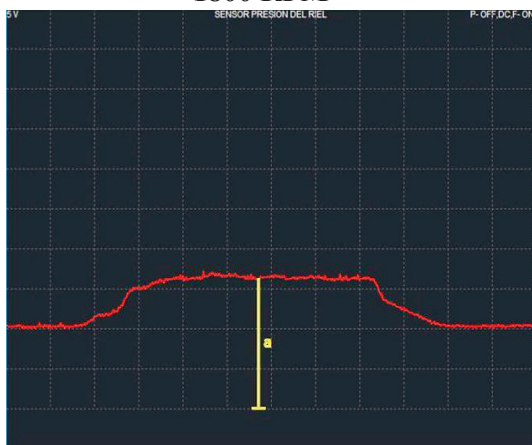
### CONTACTO



### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM



TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
VOLTAJE (V)	0,48	1,15	1,57	2,00	2,20

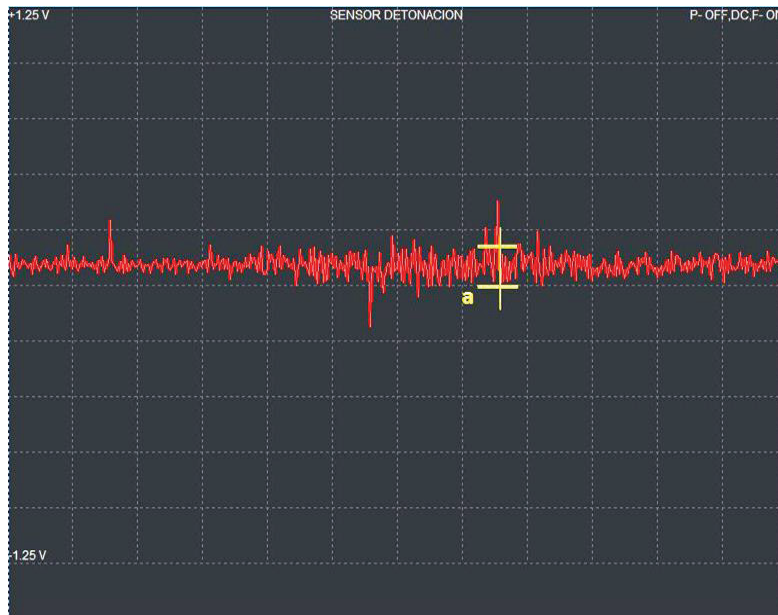
Tabla de valores del sensor de presión del riel (RPS)

## FORMAS DE ONDA DEL SENSOR DE DETONACIÓN (KS)

**Descripción:** Señal del sensor de detonación en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del sensor.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

a. Voltaje promedio de operación del sensor de detonación en revoluciones de ralentí

Descripción de la forma de onda del sensor de detonación

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	250mV	400 ms

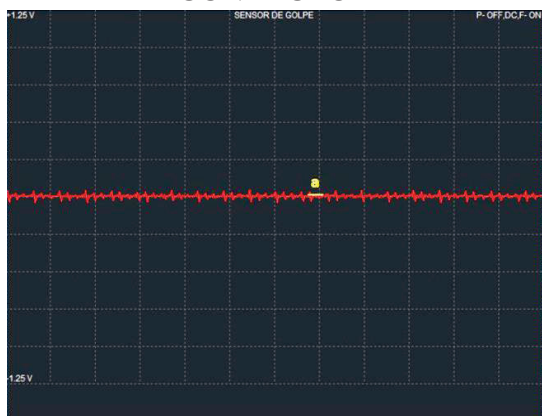
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 45 (-) Masa

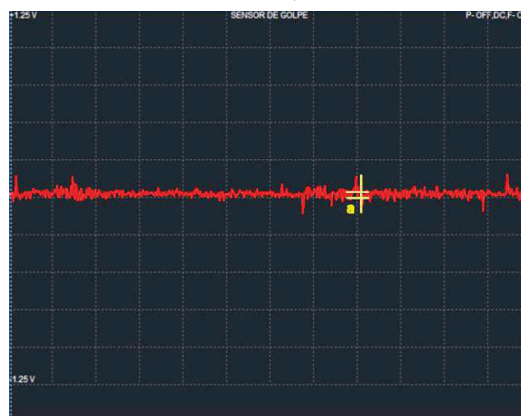


## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE DETONACIÓN (KS)

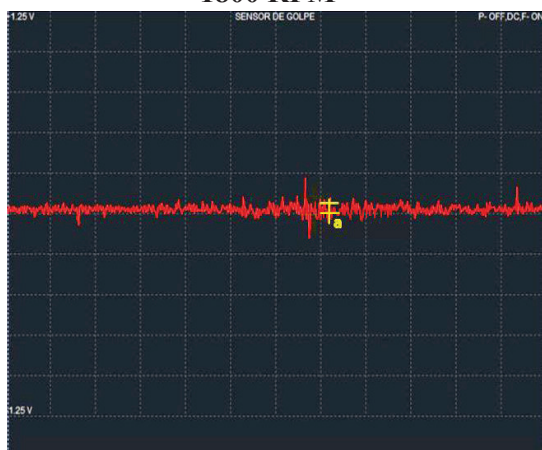
### CONTACTO



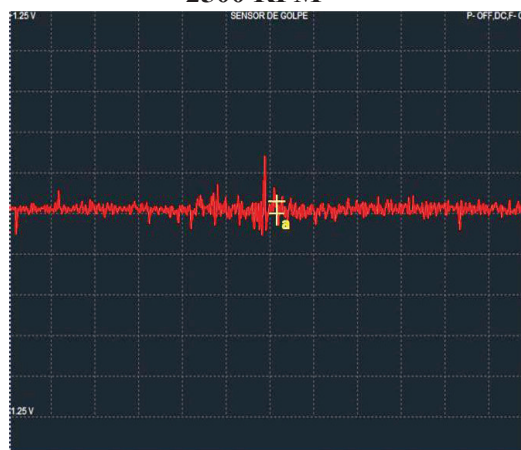
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

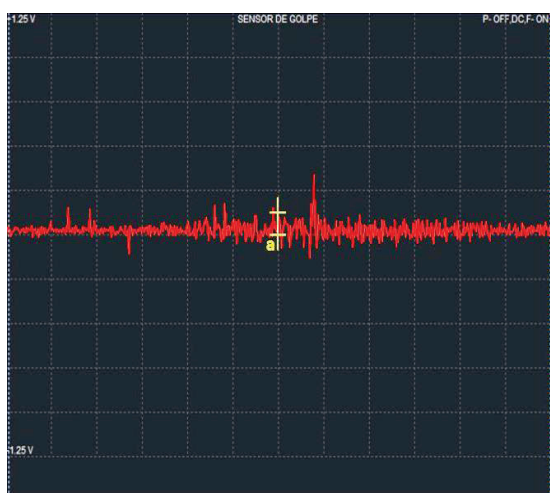


TABLA DE VALORES				
ESTADO (rpm)	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN				
VALOR VOLTAJE PROMEDIO (V)	0,07	0,08	0,11	0,15

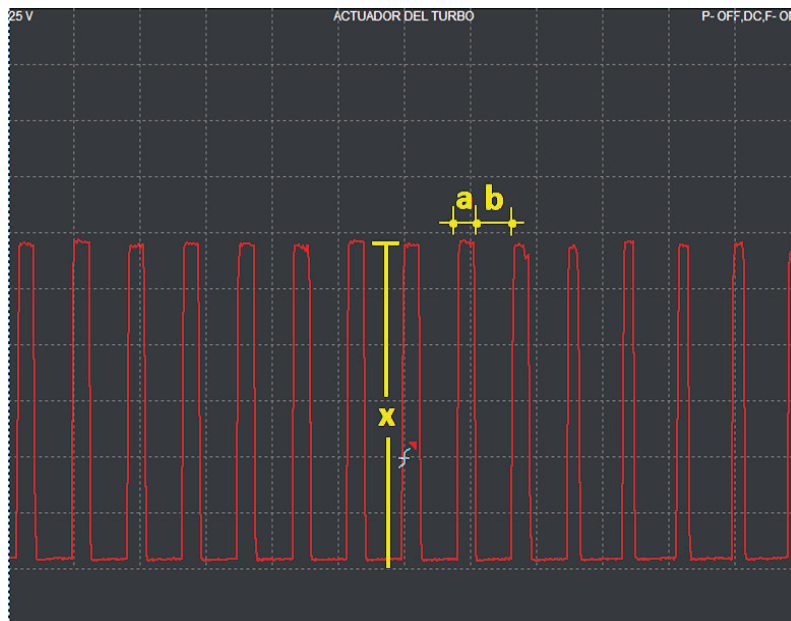
Tabla de valores del sensor de detonación (KS)

## FORMAS DE ONDA DEL ACTUADOR DEL TURBO

**Descripción:** Señal del actuador del turbo en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, en régimen de revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación del actuador.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

- a.** Trabajo (+)
- b.** Trabajo (-)
- x.** Voltaje pico de operación

Descripción de la forma de onda del actuador del turbo

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

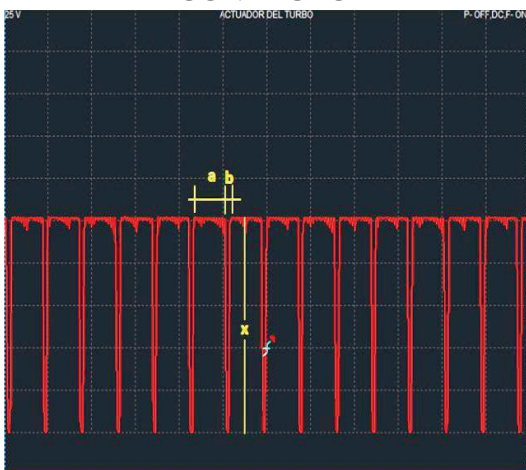
Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	2.5 V	4 ms

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

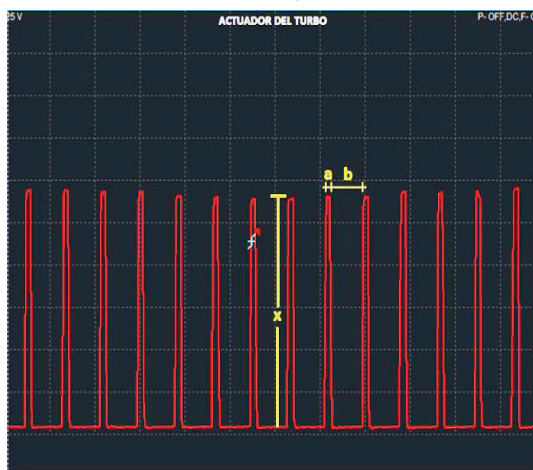
Canal 1. (+) Pin 95 (-) Masa

## FORMA DE ONDA DEL ACTUADOR DEL TURBO

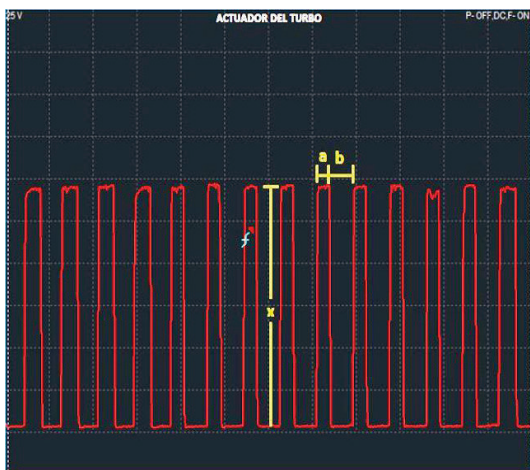
### CONTACTO



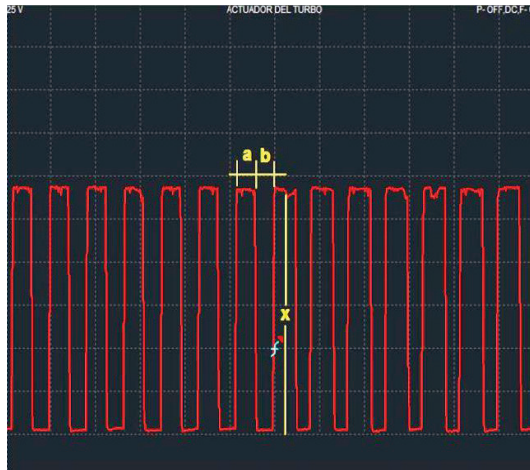
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

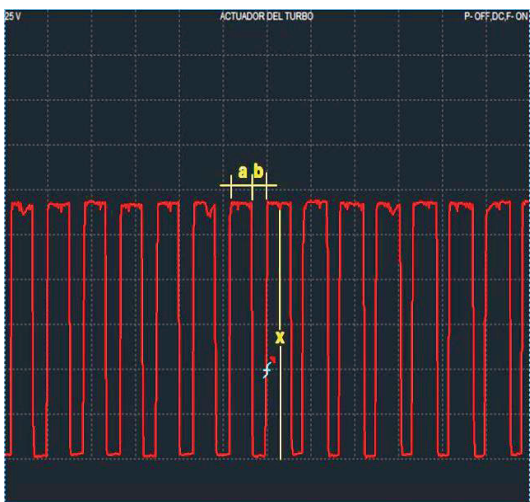


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
PICO DE VOLTAJE DEL ACTUADOR (V)	12,98	14,8	14,7	14,67	14,65
VOLTAJE PROMEDIO (V)	11,48	2,46	6,62	8,34	9,31
DUTY (-) %	9,8	85,7	63,4	47,6	40,5

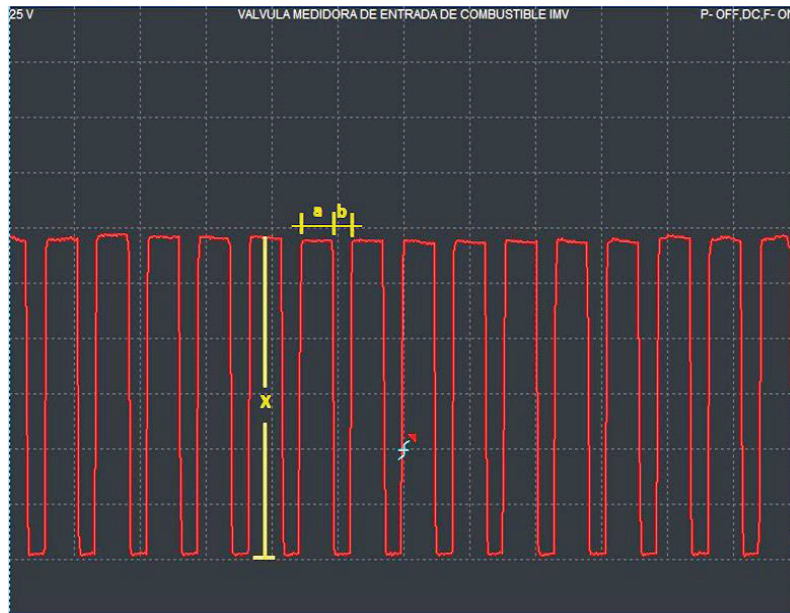
Tabla de valores del actuador del turbo.

## FORMAS DE ONDA DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV)

**Descripción:** Señal de la IMV en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, a revoluciones ralentí, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación de la IMV.

**Descripción de onda.**



### DESCRIPCIÓN

- a.** Trabajo (+)
- b.** Trabajo (-)
- x.** Voltaje pico de operación

Descripción de la forma de onda de la IMV

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	2.5 V	4 ms

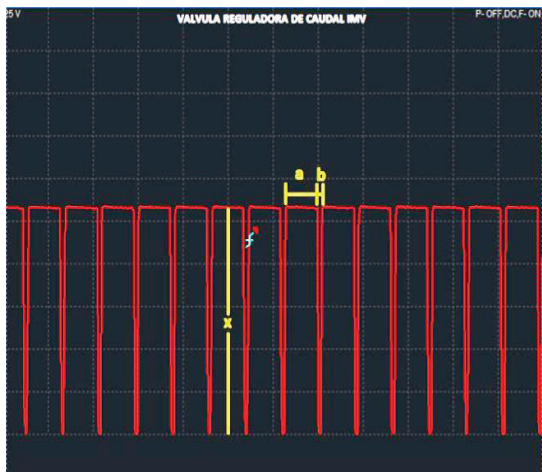
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 87 (-) Masa

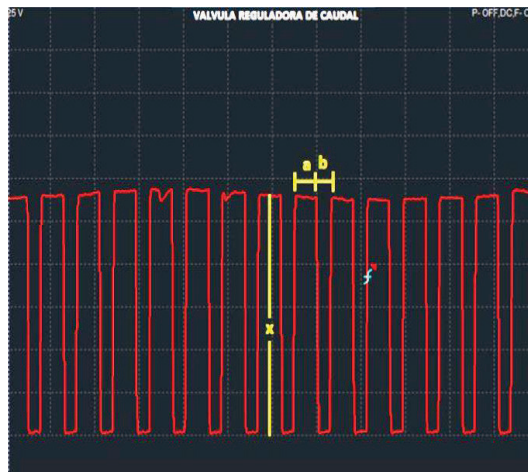


## FORMA DE ONDA DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV)

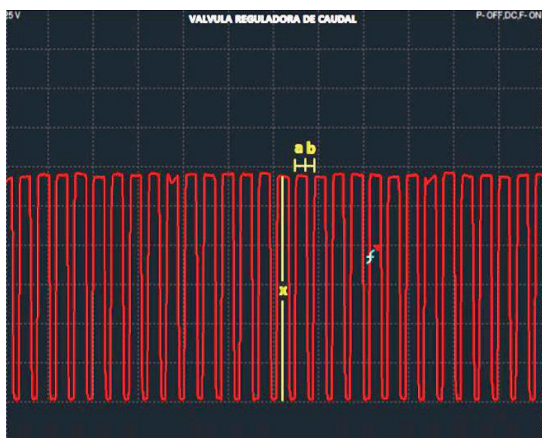
### CONTACTO



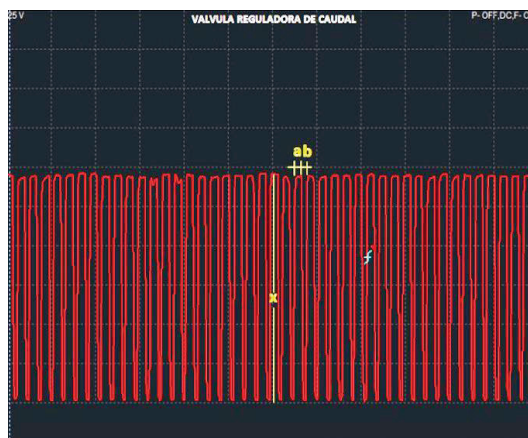
### RALENTÍ



### 1800 RPM



### 2500 RPM



### 3500 RPM

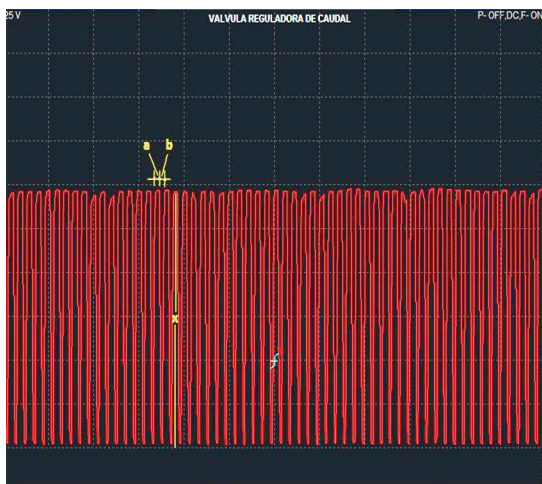


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
PICO DE VOLTAJE DEL ACTUADOR (V)	13,6	14,67	14,9	15	14,73
VOLTAJE PROMEDIO (V)	12,08	9,35	9,71	9,76	9,61
DUTY (-) %	12,2	34,1	35	30,8	40

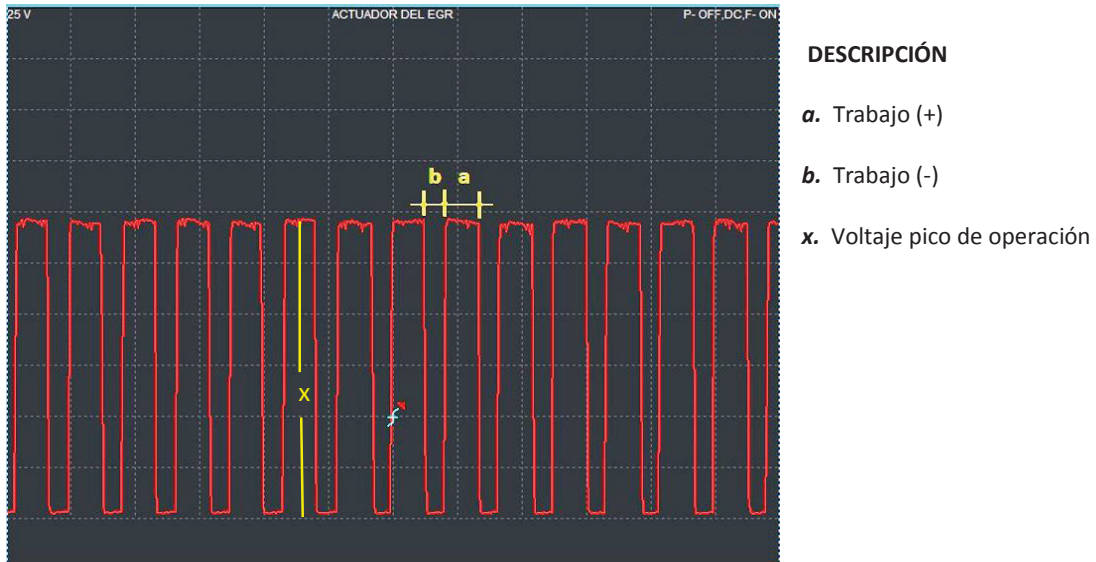
Tabla de valores de la válvula de control de ingreso de combustible (IMV)

## FORMAS DE ONDA DE LA VÁLVULA ACTUADORA DEL EGR (EXHAUST GASES RECIRCULATION)

**Descripción:** Señal de la válvula actuadora de la EGR en condiciones de pruebas estáticas, en contacto, a revoluciones ralenti, 1800 rpm, 2500 rpm y 3500 rpm.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación de la válvula.

**Descripción de onda.**



Descripción de la forma de onda de la EGR

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	2.5 V	4 ms

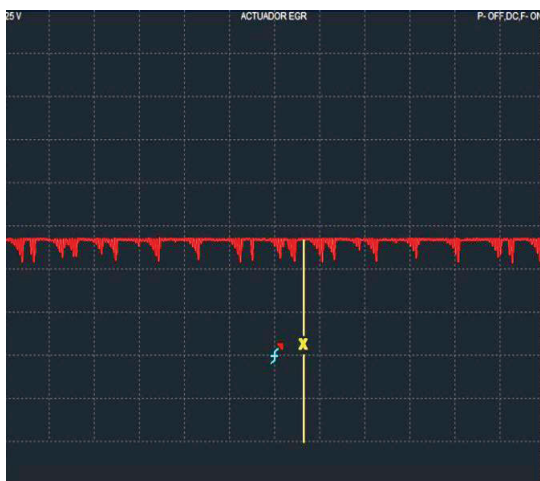
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 96 (-) Masa

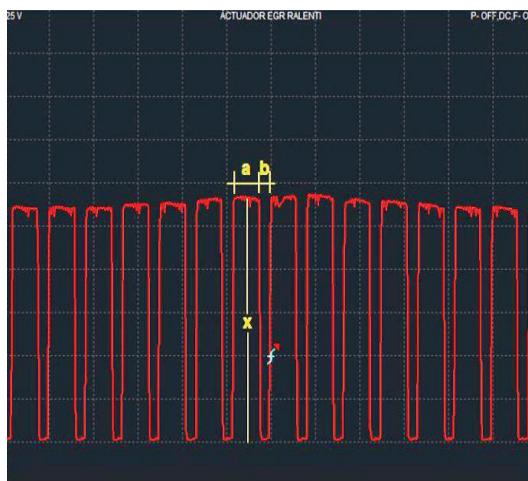


## FORMA DE ONDA DE LA VÁLVULA ACTUADORA DEL EGR

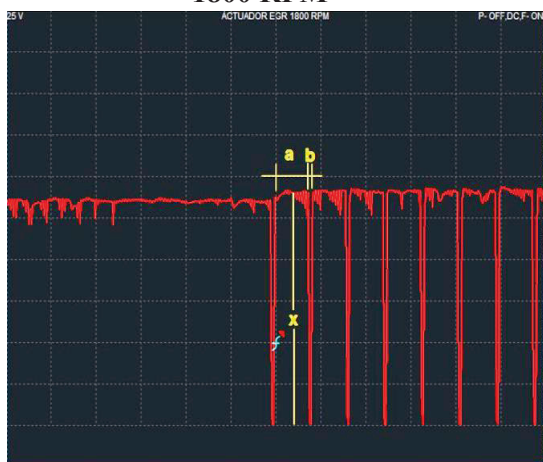
**CONTACTO**



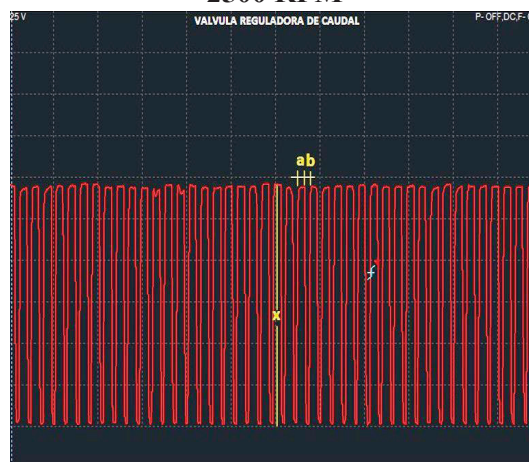
**RALENTÍ**



**1800 RPM**



**2500 RPM**



**3500 RPM**

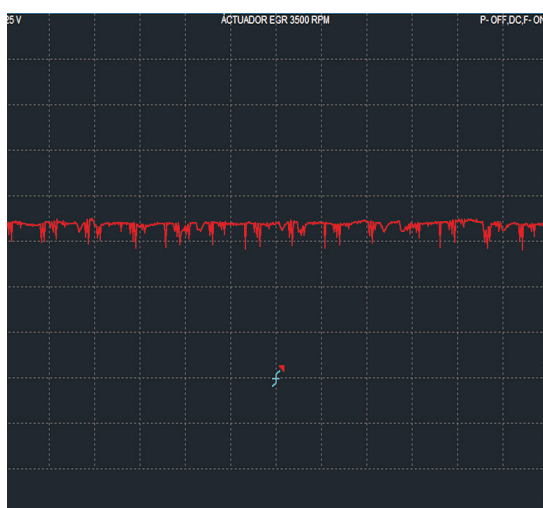


TABLA DE VALORES					
ESTADO (rpm)	CONTACTO	RALENTÍ	1800	2500	3500
DESCRIPCIÓN					
PICO DE VOLTAJE DEL ACTUADOR (V)	12	14,6	14,6	15	14
VOLTAJE PROMEDIO (V)	11,86	9,96	13,83	9,76	13,61
DUTY (-) %	0	73,2	3,2	24,4	0

Tabla de valores de la válvula actuadora de la EGR

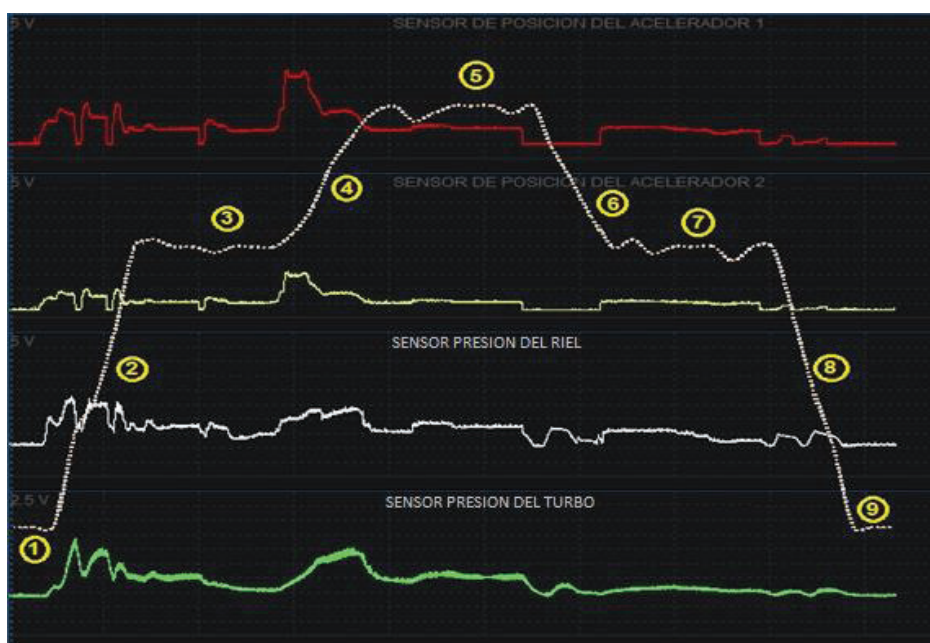
### **ANEXO 3**

## **PRUEBAS DINÁMICAS EN LA ALTURA (2300 msnm)**

En este caso el análisis se realizará por separado por cada sensor y actuador del sistema CRDi, evaluando zonas donde se puede notar las mayores variaciones y con ello determinar valores de voltajes mínimos y máximos de cada zona de la prueba.

Las zonas se establecieron dependiendo la velocidad y cambio de la misma

Una vez determinadas las zonas se realizará el análisis de cada uno de los sensores y actuadores estableciendo las variaciones mas notorias y registrando los valores de voltaje correspondientes.



Zonas de análisis de la prueba dinámica

ZONA	PRUEBA	VELOCIDAD (km/h)	DURACION (s)
1	Arranque	0	5
2	Aceleración 1	0 a 40	10
3	Mantenición 1	40	20
4	Aceleración 2	40-60	10
5	Mantenición 2	60	20
6	Desaceleración 1	60 a 40	10
7	Mantenición 3	40	20
8	Desaceleración 2	40 a 0	10
9	Fin	0	5
<b>TOTAL</b>			<b>110 segundos</b>

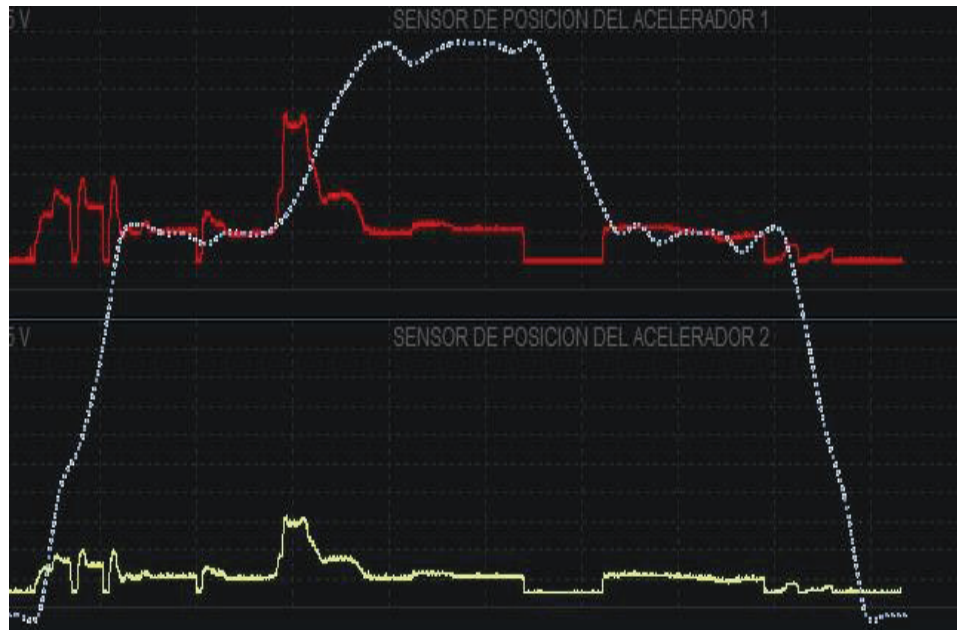
Zonas de análisis para las pruebas dinámicas

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR 1 Y 2 EN EL CICLO DE PRUEBA

**Descripción:** Señal de los dos sensores de posición pedal del acelerador en el ciclo de prueba propuesto.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación de cada sensor.

**Patrón de onda completa durante el ciclo de prueba vs gráfica de velocidad**



— APS 1      — APS 2      - - - CICLO TEORICO

Sensor de posición del acelerador No.1 y No. 2 vs Velocidad

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

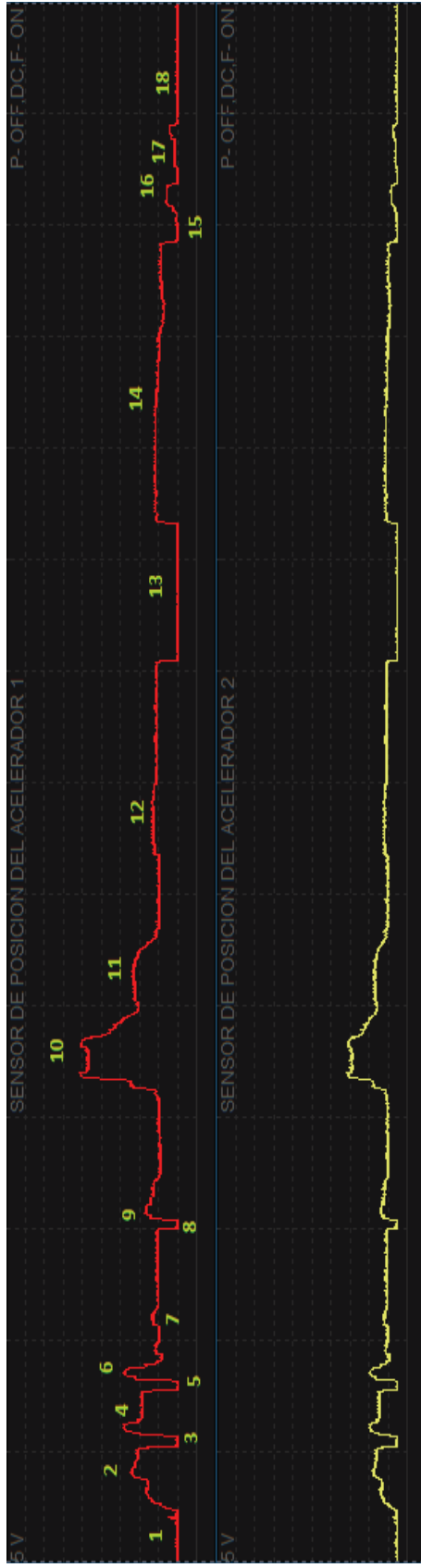
Sensor	Voltaje (V)	Tiempo (s)
APS 1	0.5 V	8
APS 2	0.5 V	

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 32    (-) Masa  
 Canal 2. (+) Pin 57    (-) Masa

**FORMA DE ONDA COMPLETA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR No.1 Y No.2 DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.**

- ▶ Despliegue de la forma de onda del sensor de posición del acelerador.



Sensor de posición del acelerador No.1 y No. 2 durante el ciclo de pruebas

**TABLA DE VALORES DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR No.1 Y No.2**

ZONA	No.	Voltaje		Zona	No.	Voltaje		Zona	No.	Voltaje	
		APS 1 (V)	APS 2 (V)			APS 1 (V)	APS 2 (V)			APS 1 (V)	APS 2 (V)
1	1	0.51	0.26	6	7	1.16	0.59	13	13	0.50	0.24
	2	1.68	0.85		8	0.48	0.24		14	1.08	0.55
2	3	0.5	0.25	8	9	1.34	0.68	15	15	0.54	0.28
	4	1.87	0.96		10	2.9	1.46		16	0.78	0.39
	5	0.5	0.25		11	1.69	0.85		17	0.57	0.29
6	1.91	0.98	5	12	1.06	0.55	9	18	0.49	0.24	

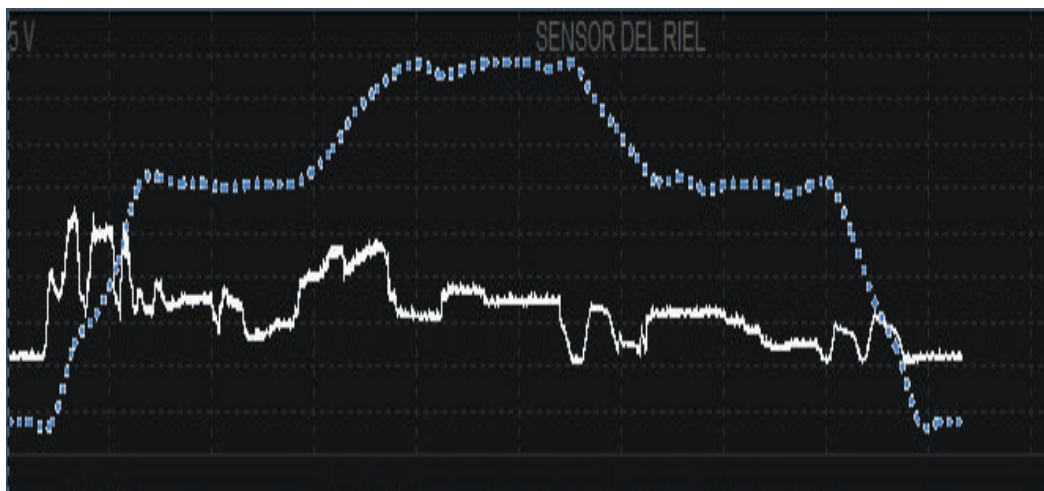
Tabla de valores del sensor de posición del acelerador No.1 y No.2

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL DURANTE EL CICLO DE PRUEBA

**Descripción:** Señal del sensor de presión del riel durante el ciclo de prueba propuesto.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje del sensor.

**Patrón de onda completa durante el ciclo de prueba del sensor de presión del riel vs gráfica de velocidad**



— SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL    - - - CICLO TEÓRICO

Sensor de presión del riel vs velocidad de prueba

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Sensor	Voltaje (V)	Tiempo (s)
Presión del riel	0.5 V	8

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 25    (-) Masa



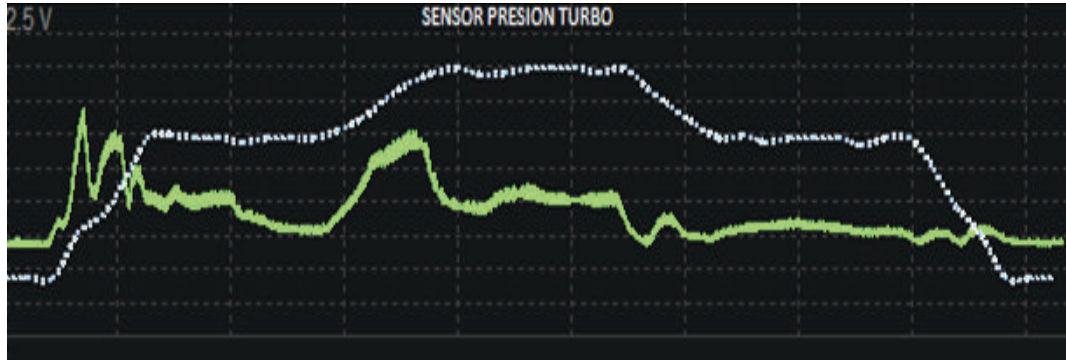


## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO EN EL CICLO DE PRUEBA.

**Descripción:** Señal del sensor de presión del múltiple de admisión durante el ciclo de prueba propuesto.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje del sensor.

**Patrón de onda completa durante el ciclo de prueba vs gráfica de velocidad**



— SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO      — CICLO TEÓRICO

Sensor de presión del turbo vs velocidad de prueba

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

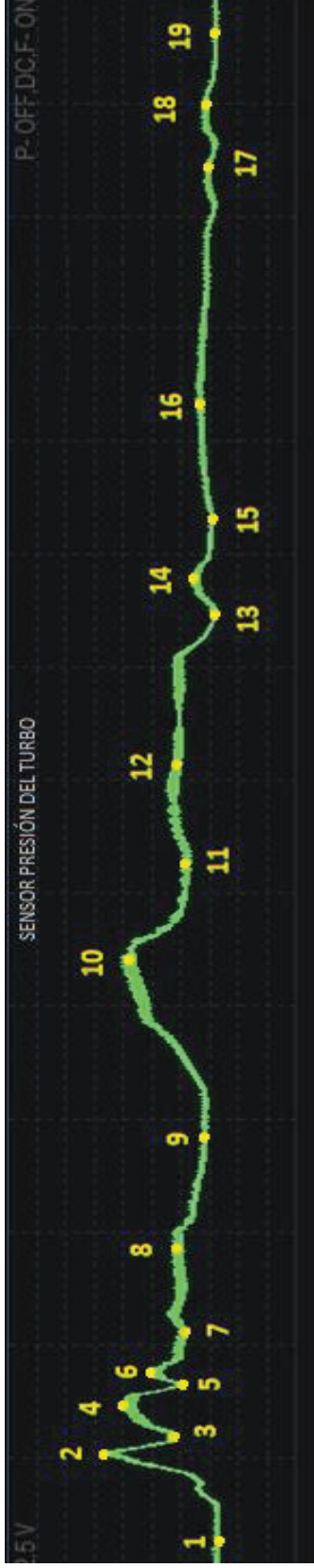
Sensor	Voltaje (V)	Tiempo (s)
Presión del riel	0.25 V	12

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 99    (-) Masa

**FORMA DE ONDA COMPLETA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.**

- ▶ Despliegue de la forma de onda del sensor de presión de turbo.



Sensor de presión del turbo durante el ciclo de prueba

**TABLA DE VALORES DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO**

ZONA	No.	Voltaje (V)
1	1	1.41
	2	3.54
2	3	2.27
	4	3.08
	5	2.06
	6	2.46

Zona	No.	Voltaje (V)
3	7	1.96
	8	2.03
4	9	1.65
	10	3.12
5	11	1.96
	12	2.29

Zona	No.	Voltaje (V)
6	13	1.46
	14	1.73
7	15	1.47
	16	1.72
8	17	1.45
	18	1.60
9	19	1.41

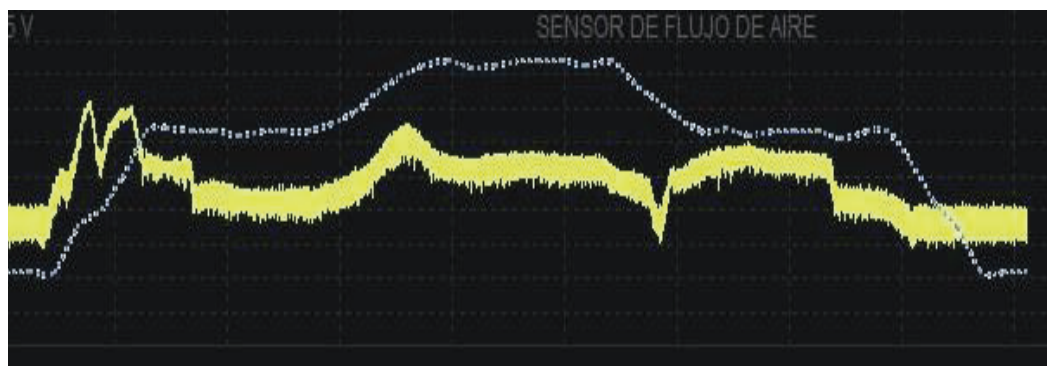
Tabla de valores del sensor de presión del turbo

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE (HFM) DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.

**Descripción:** Señal del sensor de flujo de aire durante el ciclo de prueba propuesto.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje del sensor.

**Patrón de onda completa durante el ciclo de prueba vs gráfica de velocidad**



— SENSOR DE FLUJO DE AIRE      — CICLO TEÓRICO

Sensor de flujo de aire vs velocidad

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

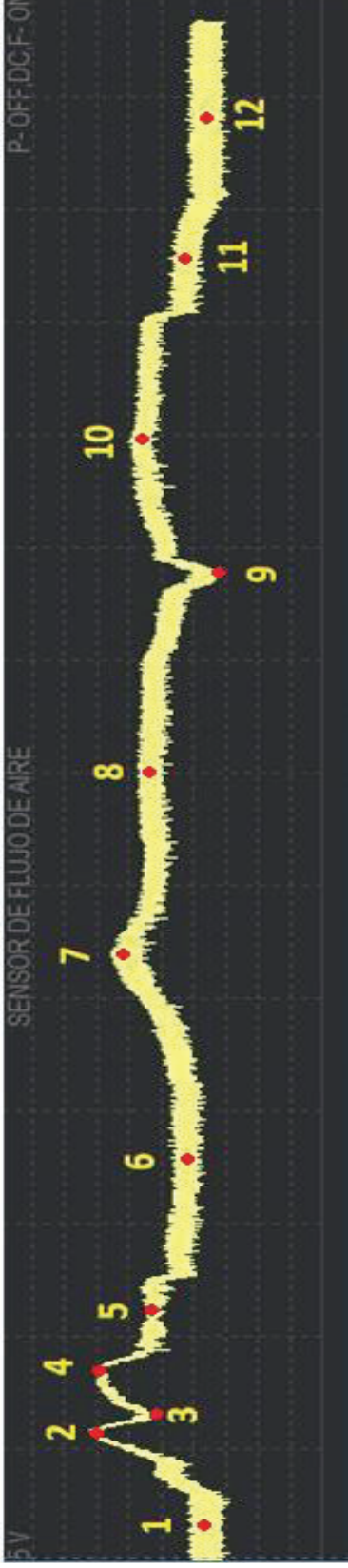
Sensor	Voltaje (V)	Tiempo (s)
Presión del riel	0.25 V	12

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 83    (-) Masa

**FORMA DE ONDA COMPLETA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.**

- ▶ Despliegue de la forma de onda del sensor de flujo de aire.



Sensor de flujo de aire durante el ciclo de pruebas

**TABLA DE VALORES DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE**

ZONA	No.	Voltaje (V)	Zona	No.	Voltaje (V)
1	1	1.81	4	7	3.04
	2	3.64		8	2.63
2	3	2.59	6	9	2.03
	4	3.48		10	2.86
3	5	2.64	8	11	2.26
	6	2.34		12	1.79

Tabla de valores del sensor de flujo de aire

## FORMA DE ONDA DE LOS ACTUADORES DE LA VÁLVULA DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV), VÁLVULA ACTUADORA DEL TURBO Y VÁLVULA ACTUADORA DEL EGR.

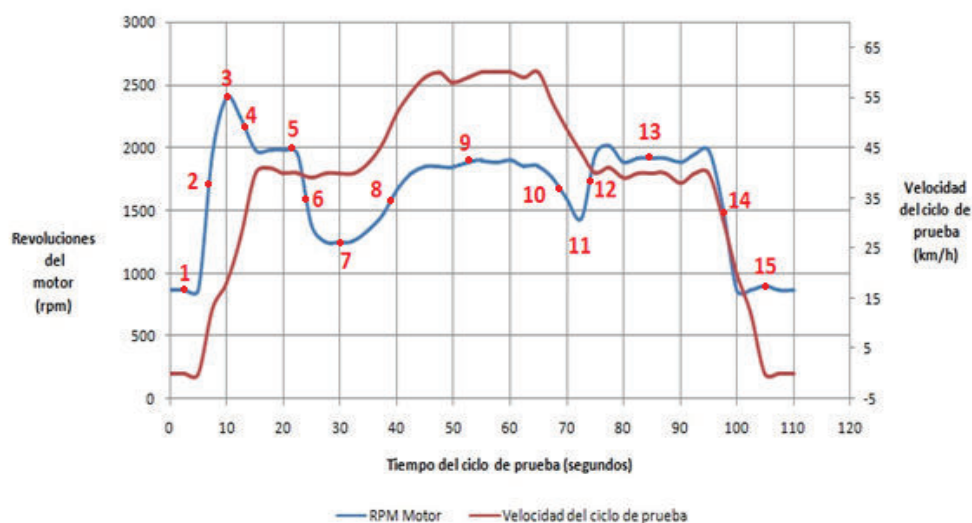
**Descripción:** Señales de los actuadores de la válvula de ingreso de combustible IMV, válvula del turbo y válvula actuadora del EGR

**Objetivo:** Identificar los voltajes de cada uno de los actuadores antes mencionados.

### Patrones de onda.

#### REFERENCIA PARA LA OBTENCIÓN DE PATRONES DE ONDA.

Para determinar los Patrones de onda para este tipo de actuadores serán referenciadas por la variación significativa de las revoluciones del motor, es decir: estabilizaciones de revoluciones, picos, mínimos, etc. Con ello podremos analizar de mejor manera la operación de cada uno de los actuadores. La referencia se muestra a continuación:



Referencia para la obtención de Patrones de onda

#### PUNTOS DE REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE ONDA

A continuación se detallan los puntos de referencia para el análisis de los Patrones de onda, donde se consideran los puntos o zonas donde se presentan cambios considerables en el número de revoluciones del motor.



Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)	Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	5	864	0	9	50	1850	58
2	7.5	1952	13	10	67.5	1760	54
3	10	2400	18	11	72.5	1440	44
4	12.5	2240	27	12	75	1952	40
5	20	1984	40	13	85	1920	40
6	25	1376	39	14	97.5	1536	31
7	30	1248	40	15	110	865	0
8	37.5	1472	46				

Tabla de puntos de referencia para el análisis.

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

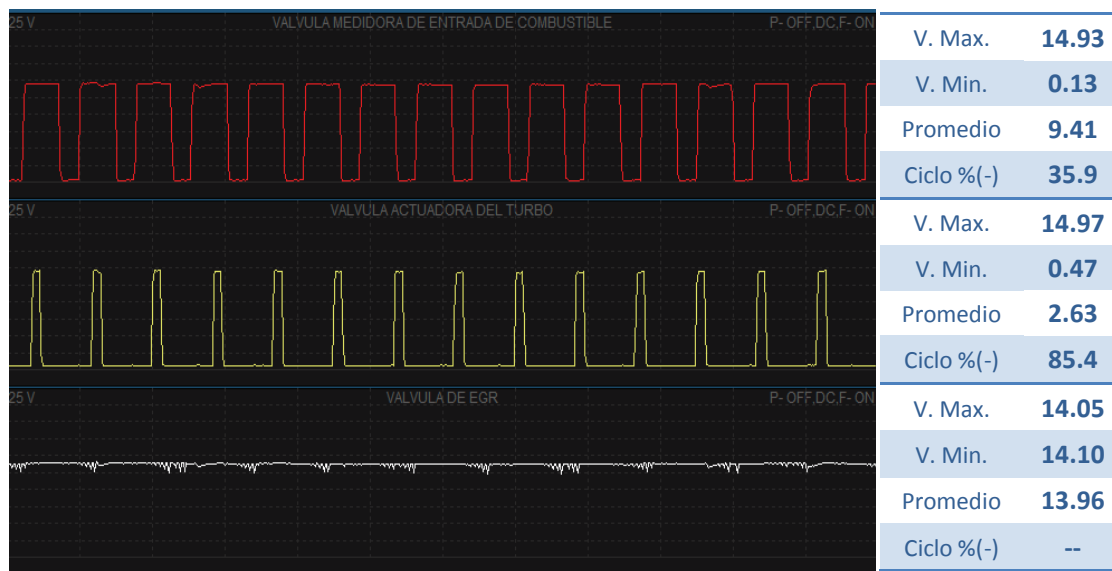
### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Actuador	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	IMV	2.5	4
Canal 2	Actuador del Turbo	2.5	4
Canal 3	Actuador del EGR	2.5	4

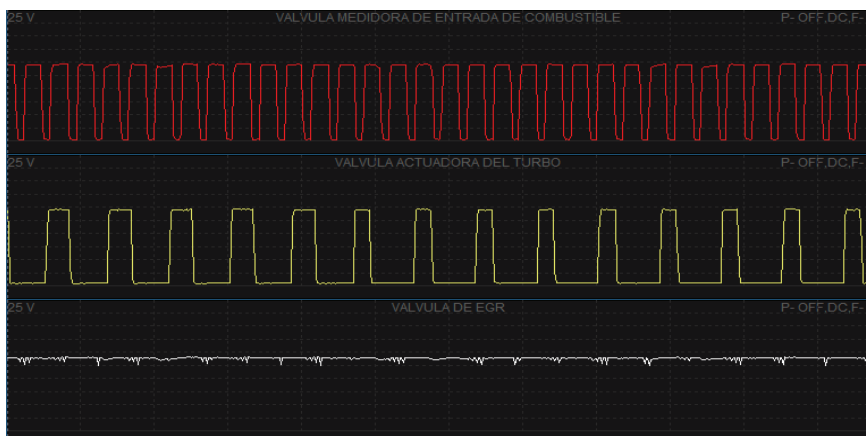
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 87 (-) Masa  
 Canal 2. (+) Pin 95 (-) Masa  
 Canal 3. (+) Pin 96 (-) Masa

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	5	864	0



Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
2	7.5	1952	13



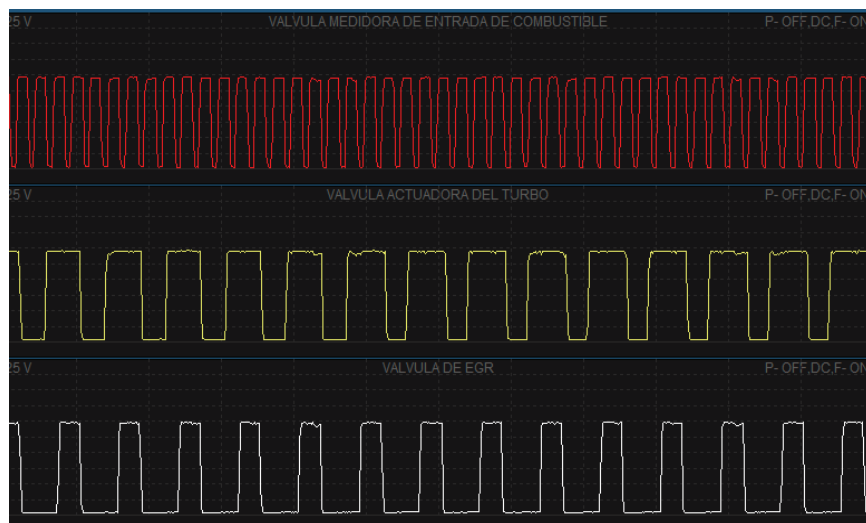
V. Max.	14.93
V. Min.	0.15
Promedio	9.94
Ciclo %(-)	33.3
V. Max.	14.97
V. Min.	0.35
Promedio	4.86
Ciclo %(-)	61.9
V. Max.	14.38
V. Min.	12.67
Promedio	14.08
Ciclo %(-)	--

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
3	10	2400	18



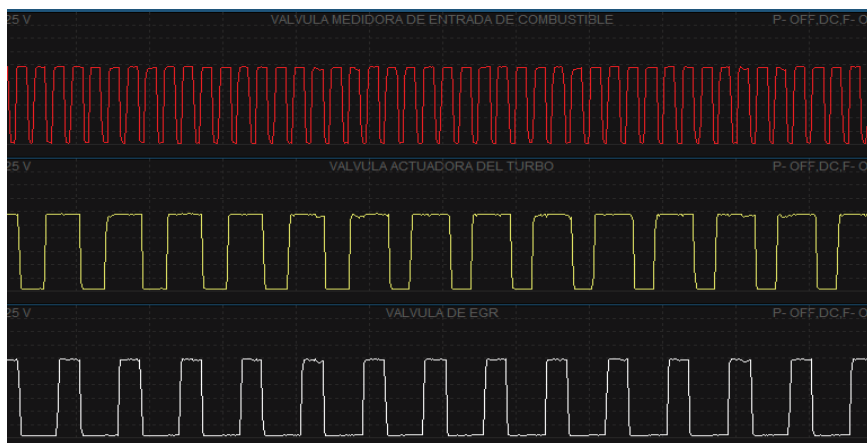
V. Max.	15.00
V. Min.	0.15
Promedio	9.36
Ciclo %(-)	38.9
V. Max.	14.93
V. Min.	0.4
Promedio	6.03
Ciclo %(-)	70.7
V. Max.	14.32
V. Min.	12.25
Promedio	14.11
Ciclo %(-)	--

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
4	12.5	2240	27



V. Max.	14.95
V. Min.	0.15
Promedio	9.70
Ciclo %(-)	33.3
V. Max.	14.77
V. Min.	0.25
Promedio	9.36
Ciclo %(-)	42.9
V. Max.	15.18
V. Min.	0.28
Promedio	5.84
Ciclo %(-)	64.3

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
5	20	1984	40



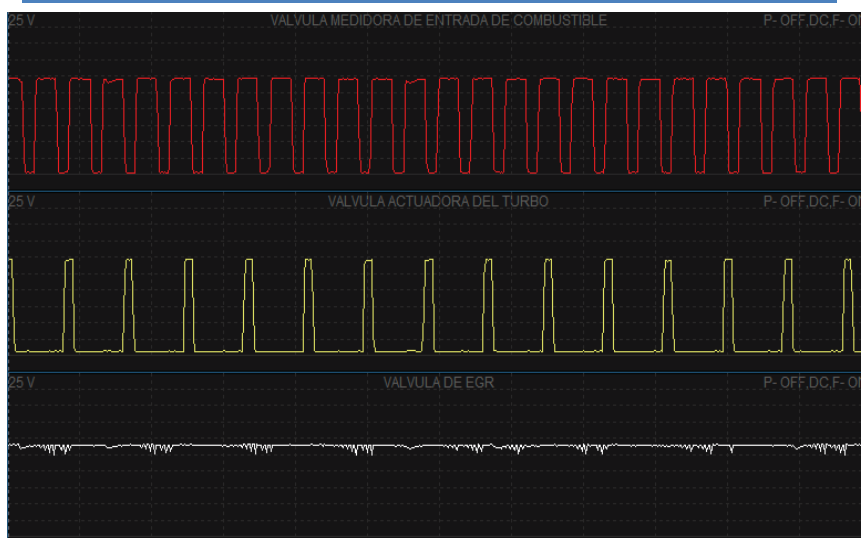
V. Max.	14.95
V. Min.	0.15
Promedio	9.70
Ciclo %(-)	33.3
V. Max.	14.77
V. Min.	0.25
Promedio	9.36
Ciclo %(-)	42.9
V. Max.	15.18
V. Min.	0.28
Promedio	5.84
Ciclo %(-)	64.3

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
6	25	1376	39



V. Max.	14.95
V. Min.	0.13
Promedio	9.73
Ciclo %(-)	35
V. Max.	14.95
V. Min.	0.35
Promedio	4.27
Ciclo %(-)	63.4
V. Max.	14.18
V. Min.	14.24
Promedio	14.07
Ciclo %(-)	----

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
7	30	1248	40



V. Max.	14.97
V. Min.	0.17
Promedio	9.70
Ciclo %(-)	33.3
V. Max.	15.03
V. Min.	0.47
Promedio	2.77
Ciclo %(-)	85.4
V. Max.	14.38
V. Min.	12.70
Promedio	14.09
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
8	37.5	1472	46



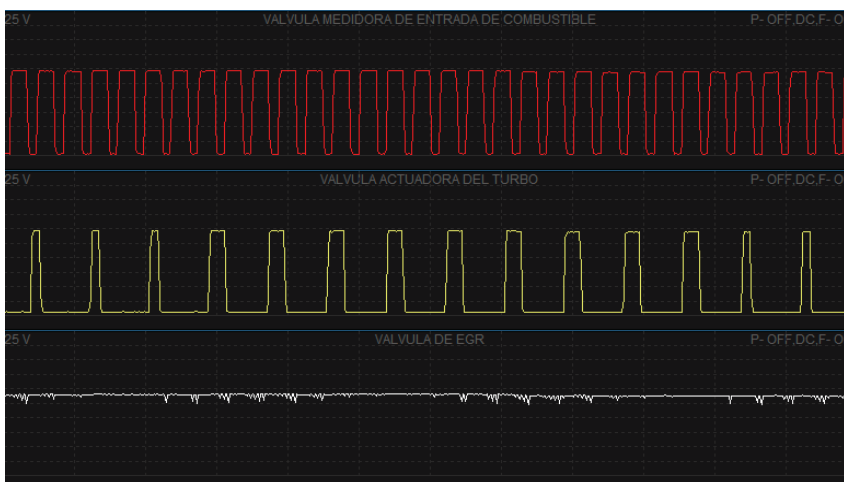
V. Max.	15.05
V. Min.	0.13
Promedio	10.01
Ciclo %(-)	31.8
V. Max.	15.07
V. Min.	0.40
Promedio	3.55
Ciclo %(-)	83.3
V. Max.	14.38
V. Min.	12.60
Promedio	14.13
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
9	50	1850	58



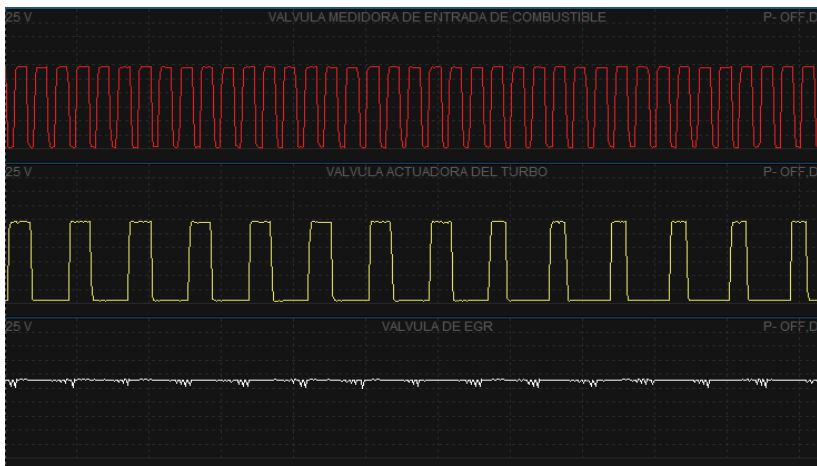
V. Max.	14.97
V. Min.	0.13
Promedio	9.76
Ciclo %(-)	33.3
V. Max.	14.97
V. Min.	0.42
Promedio	3.56
Ciclo %(-)	71.4
V. Max.	14.38
V. Min.	12.65
Promedio	14.09
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
10	67.5	1760	54



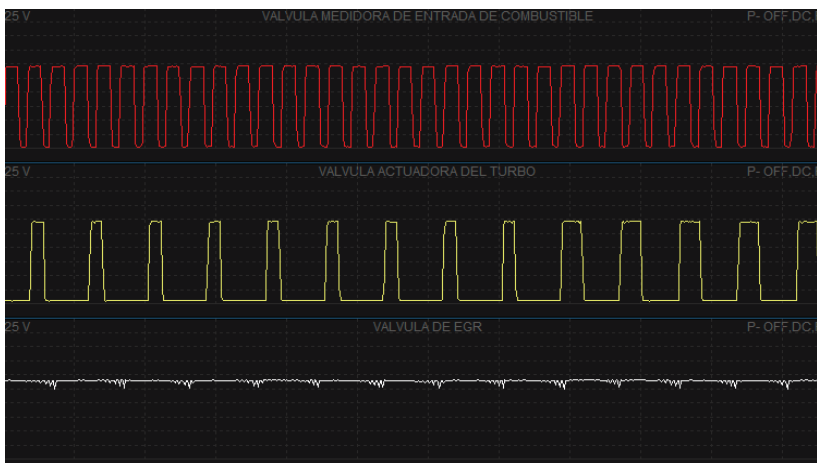
V. Max.	15.05
V. Min.	0.15
Promedio	9.56
Ciclo %(-)	36.8
V. Max.	14.97
V. Min.	0.42
Promedio	3.75
Ciclo %(-)	85.7
V. Max.	14.40
V. Min.	12.47
Promedio	14.09
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
11	72.5	1440	44



V. Max.	14.97
V. Min.	0.15
Promedio	9.56
Ciclo %(-)	35.7
V. Max.	14.93
V. Min.	0.35
Promedio	5.36
Ciclo %(-)	63.4
V. Max.	14.38
V. Min.	12.73
Promedio	14.14
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
12	75	1952	40



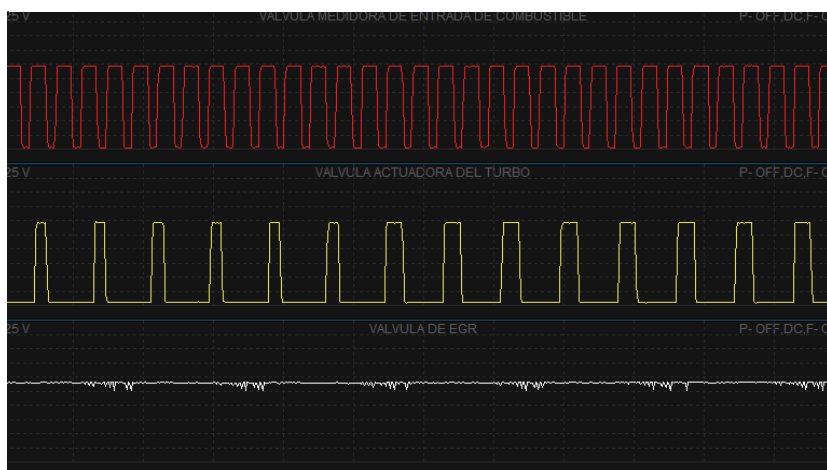
V. Max.	15.00
V. Min.	0.15
Promedio	9.59
Ciclo %(-)	37.5
V. Max.	15.03
V. Min.	0.35
Promedio	4.27
Ciclo %(-)	78.0
V. Max.	14.40
V. Min.	12.70
Promedio	14.15
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
13	85	1920	40



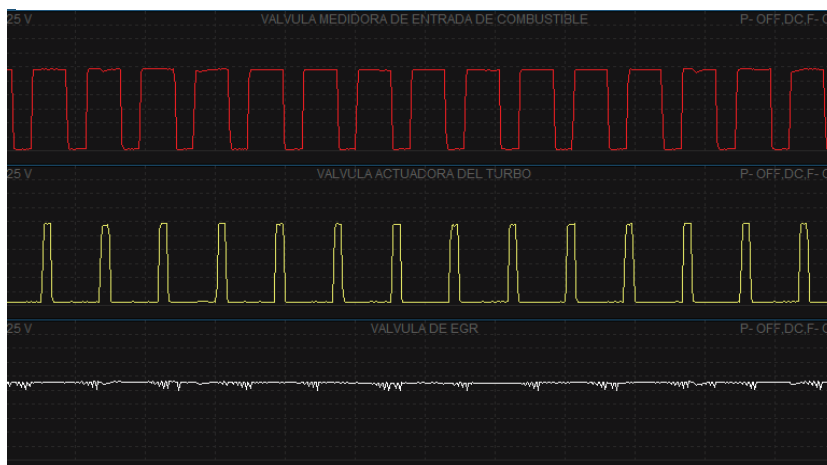
V. Max.	14.97
V. Min.	0.13
Promedio	9.67
Ciclo %(-)	38.9
V. Max.	15.03
V. Min.	0.4
Promedio	4.61
Ciclo %(-)	65.9
V. Max.	14.35
V. Min.	12.55
Promedio	14.05
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
14	97.5	1536	31



V. Max.	15.10
V. Min.	0.15
Promedio	9.64
Ciclo %(-)	33.9
V. Max.	15.07
V. Min.	0.4
Promedio	4.11
Ciclo %(-)	81
V. Max.	14.48
V. Min.	12.82
Promedio	14.20
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
15	110	865	0



V. Max.	14.97
V. Min.	0.15
Promedio	9.45
Ciclo %(-)	35.9
V. Max.	15.00
V. Min.	0.45
Promedio	2.66
Ciclo %(-)	85.4
V. Max.	14.38
V. Min.	12.60
Promedio	14.04
Ciclo %(-)	--



## FORMA DE ONDA DE LOS SENSORES DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL, EJE DE LEVAS Y DETONACIÓN.

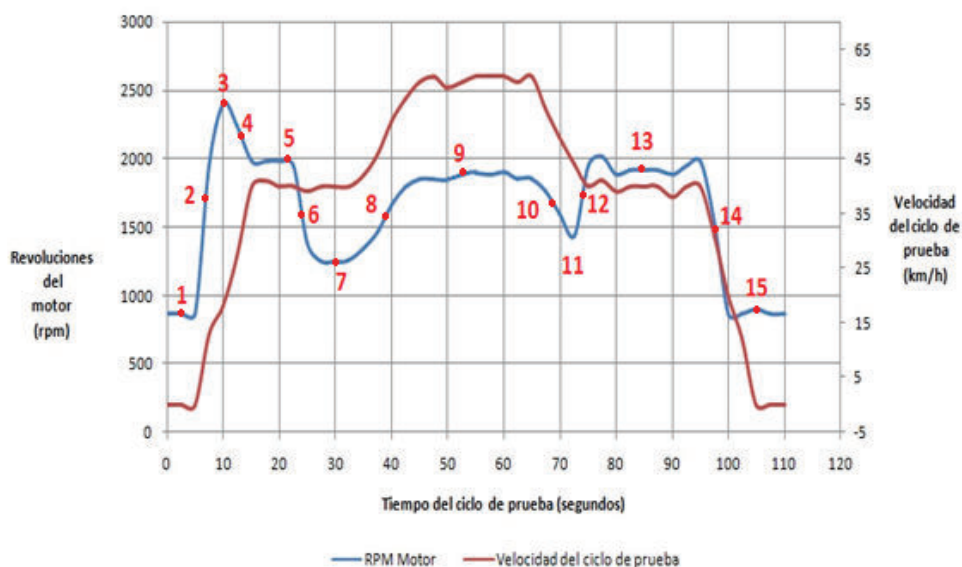
**Descripción:** Señales de los sensores de posición del cigüeñal, del eje de levas y detonación.

**Objetivo:** Identificar los voltajes de cada uno de los sensores antes mencionados

**Patrones de onda.**

**Referencia para obtención de Patrones de onda.**

Para determinar los Patrones de onda para este tipo de sensores serán referenciadas por la variación significativa de las revoluciones del motor de la misma manera que se realizaron con los actuadores.



Referencia para la obtención de Patrones de onda

## PUNTOS DE REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE ONDA

A continuación se detallan los puntos de referencia para el análisis de los Patrones de onda, donde se consideran los puntos o zonas donde se presentan cambios considerables en el número de revoluciones del motor.

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)	Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	5	864	0	9	50	1850	58
2	7.5	1952	13	10	67.5	1760	54
3	10	2400	18	11	72.5	1440	44
4	12.5	2240	27	12	75	1952	40
5	20	1984	40	13	85	1920	40
6	25	1376	39	14	97.5	1536	31
7	30	1248	40	15	110	865	0
8	37.5	1472	46				

Tabla de puntos de referencia para el análisis

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

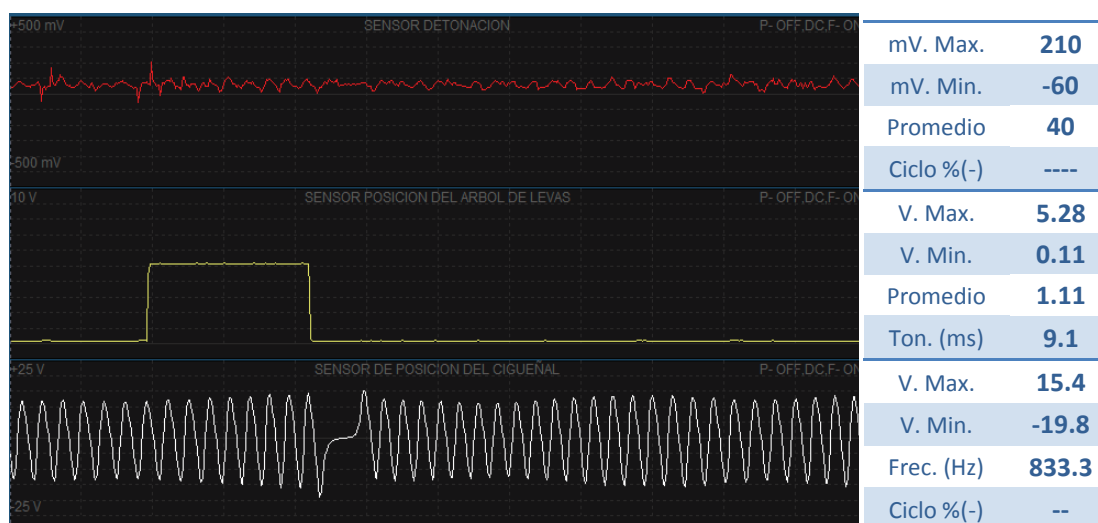
### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Actuador	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	IMV	2.5	4
Canal 2	Actuador del Turbo	2.5	4
Canal 3	Actuador del EGR	2.5	4

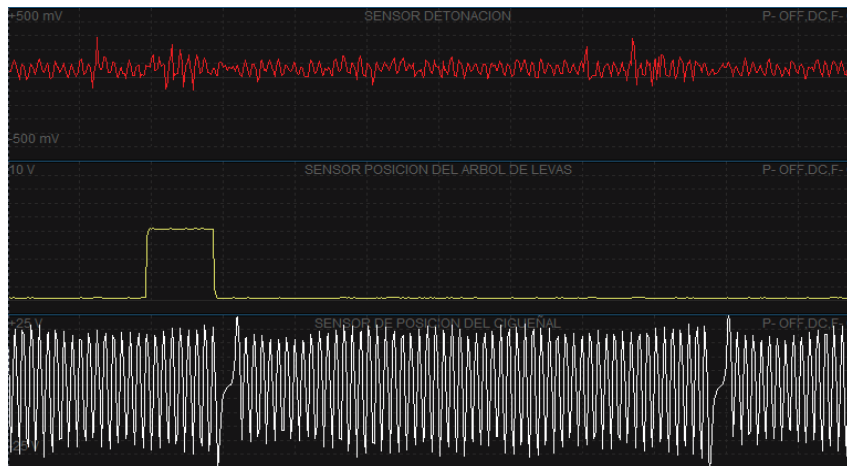
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 87 (-) Masa  
 Canal 2. (+) Pin 95 (-) Masa  
 Canal 3. (+) Pin 96 (-) Masa

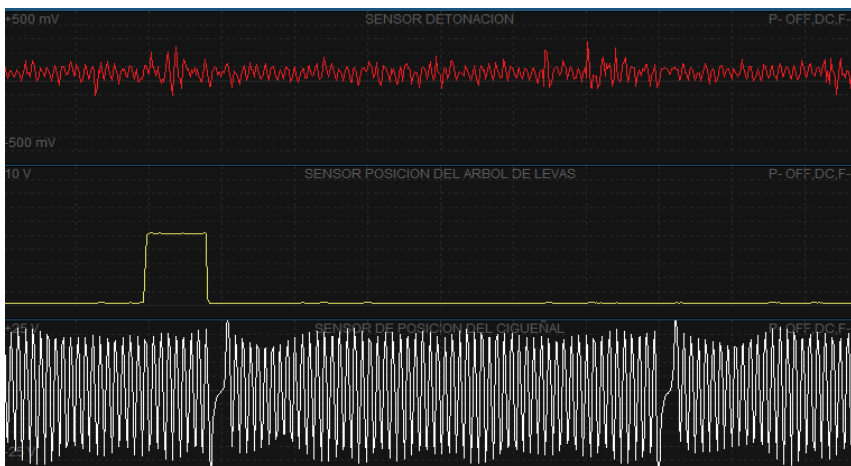
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	5	864	0



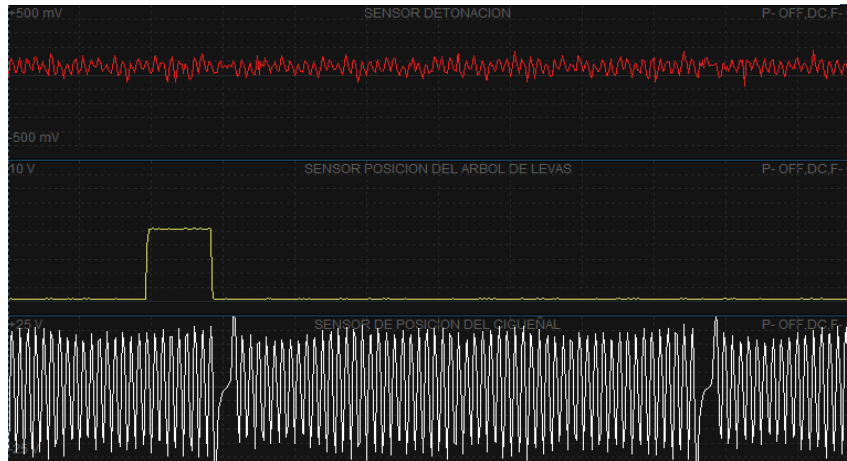
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
2	7.5	1952	13

mV. Max. **300**mV. Min. **-100**Promedio **100**Ciclo %(-) **----**V. Max. **5.28**V. Min. **0.12**Promedio **0.55**Ton. (ms) **4**V. Max. **27.15**V. Min. **-32.4**Frec. (Hz) **2500**Ciclo %(-) **--**

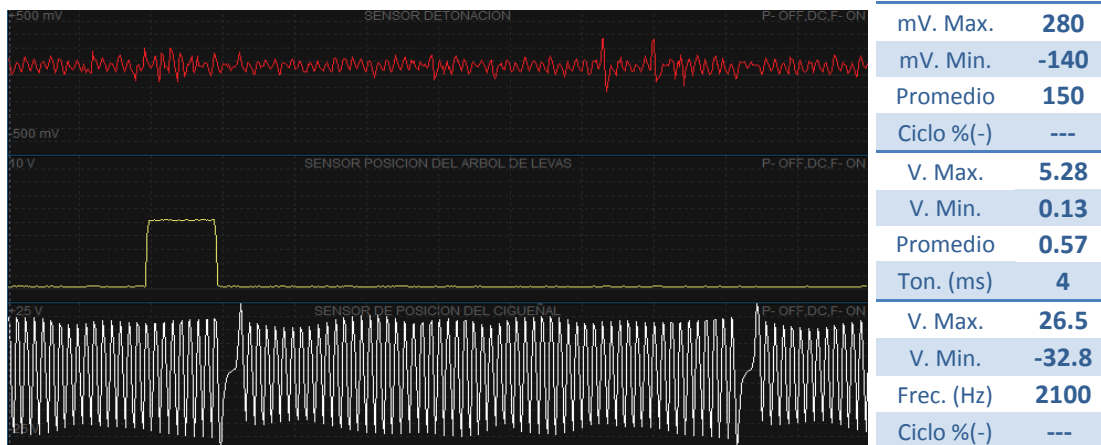
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
3	10	2400	18

mV. Max. **300**mV. Min. **-110**Promedio **130**Ciclo %(-) **---**V. Max. **5.28**V. Min. **0.12**Promedio **0.51**Ton. (ms) **3.5**V. Max. **28.1**V. Min. **-34.5**Frec. (Hz) **2500**Ciclo %(-) **--**

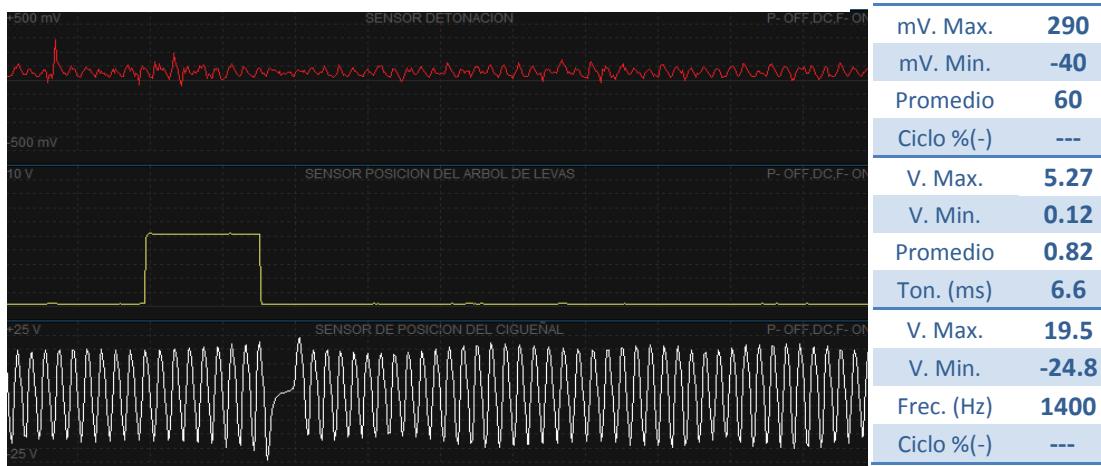
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
4	12.5	2240	27

mV. Max. **170**mV. Min. **-80**Promedio **80**Ciclo %(-) **---**V. Max. **5.28**V. Min. **0.12**Promedio **0.53**Ton. (ms) **3.7**V. Max. **27.08**V. Min. **-33.6**Frec. (Hz) **2100**Ciclo %(-) **---**

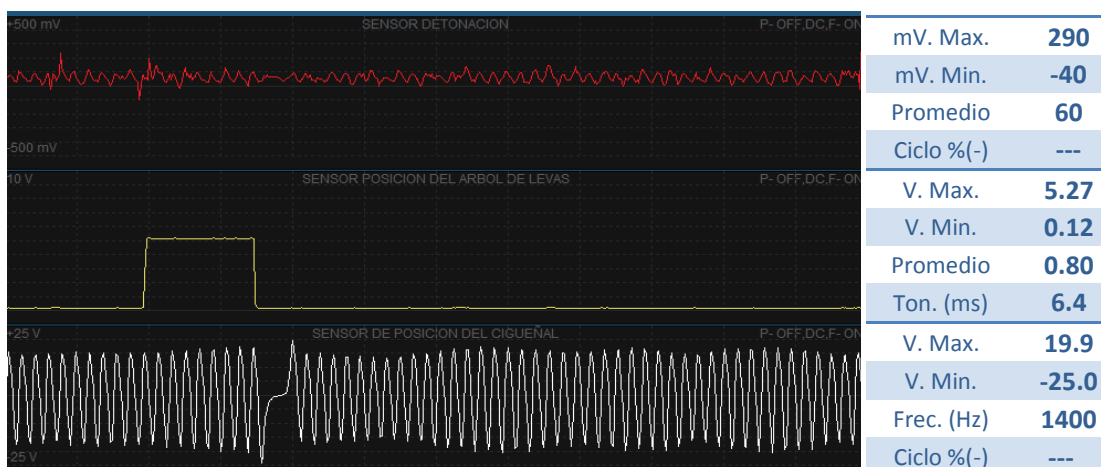
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
5	20	1984	40



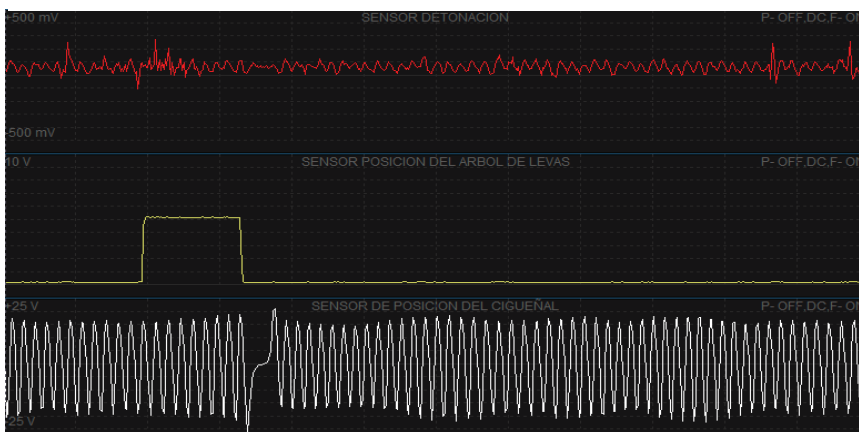
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
6	25	1376	39



Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
7	30	1248	40



Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
8	37.5	1472	46



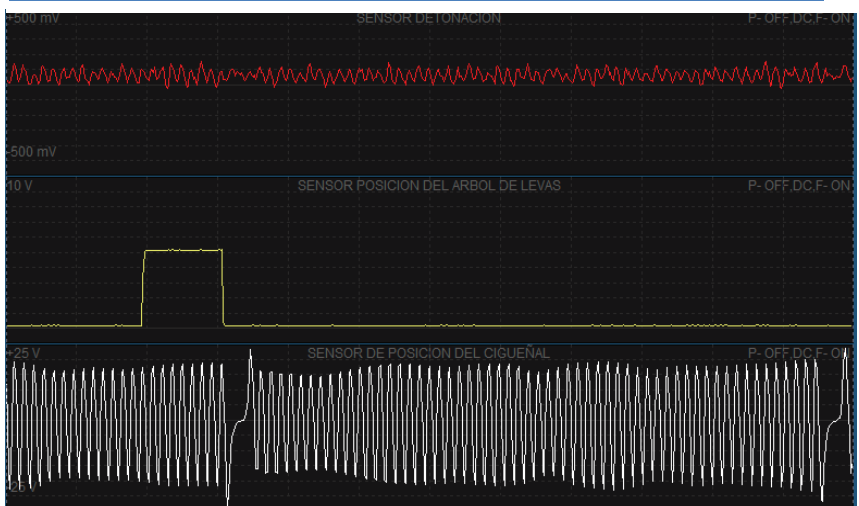
mV. Max.	270
mV. Min.	-110
Promedio	110
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.29
V. Min.	0.12
Promedio	0.73
Ton. (ms)	5.6
V. Max.	21.6
V. Min.	-27.8
Frec. (Hz)	1600
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
9	50	1850	58



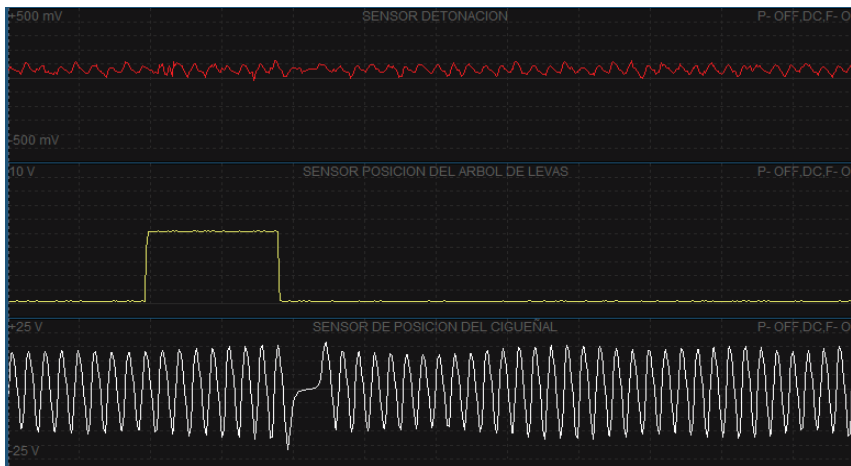
mV. Max.	300
mV. Min.	-120
Promedio	140
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.27
V. Min.	0.12
Promedio	0.60
Ton. (ms)	4.4
V. Max.	24.6
V. Min.	-31.3
Frec. (Hz)	315
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
10	67.5	1760	54



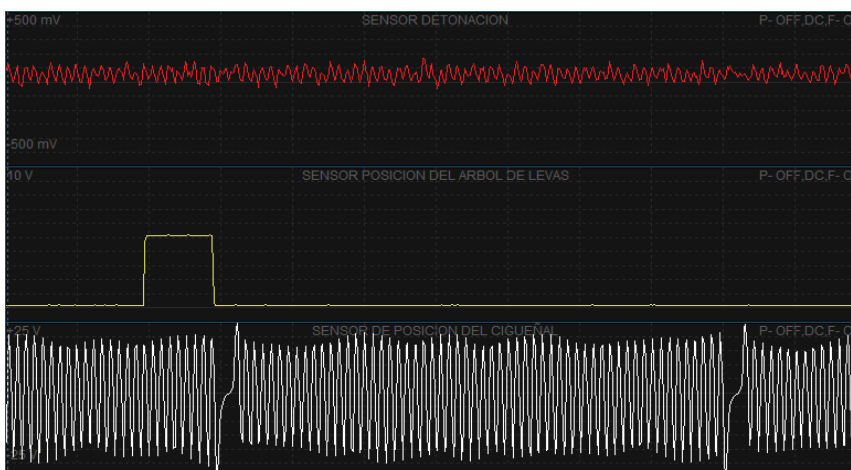
mV. Max.	150
mV. Min.	-30
Promedio	60
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.28
V. Min.	0.12
Promedio	0.63
Ton. (ms)	4.7
V. Max.	24.00
V. Min.	-29.4
Frec. (Hz)	29.7
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
11	72.5	1440	44



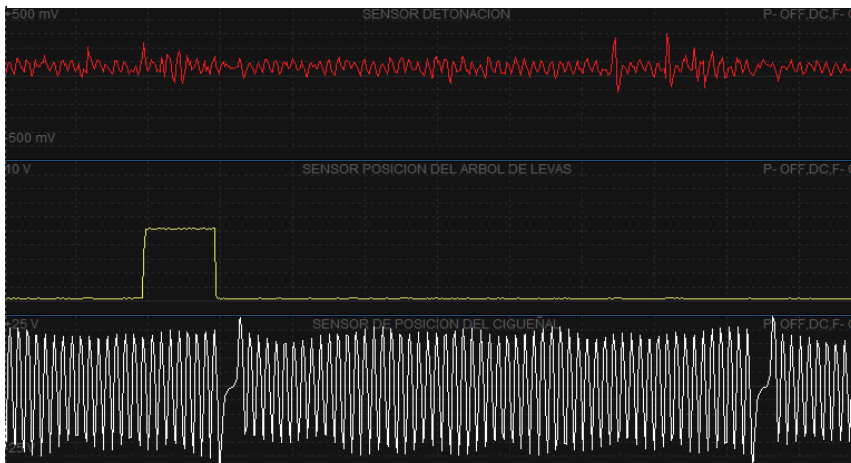
mV. Max.	130
mV. Min.	-20
Promedio	50
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.28
V. Min.	0.12
Promedio	0.94
Ton. (ms)	7.5
V. Max.	16.85
V. Min.	-22.2
Frec. (Hz)	1000
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
12	75	1952	40



mV. Max.	170
mV. Min.	-50
Promedio	70
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.28
V. Min.	0.12
Promedio	0.63
Ton. (ms)	4.0
V. Max.	26.4
V. Min.	-32.2
Frec. (Hz)	2100
Ciclo %(-)	---

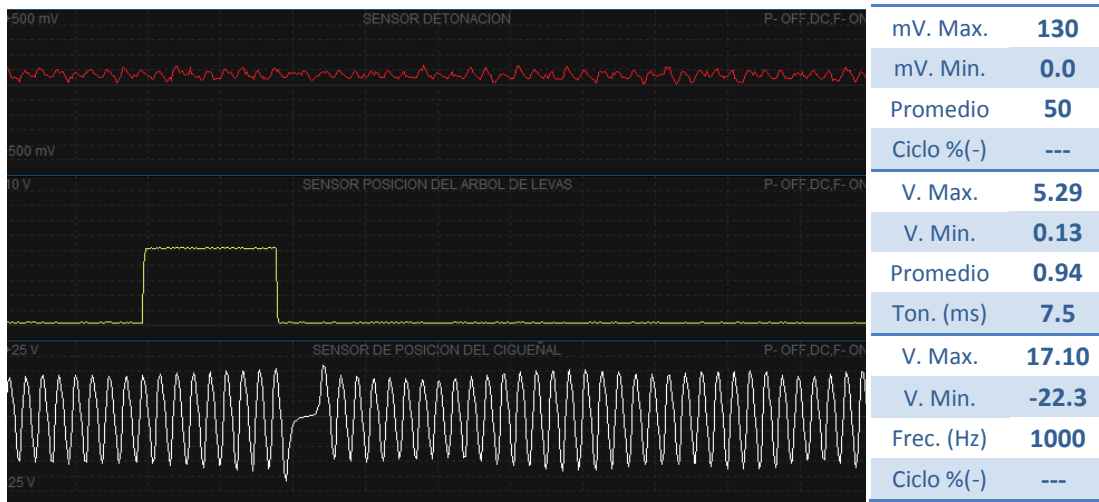
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
13	85	1920	40



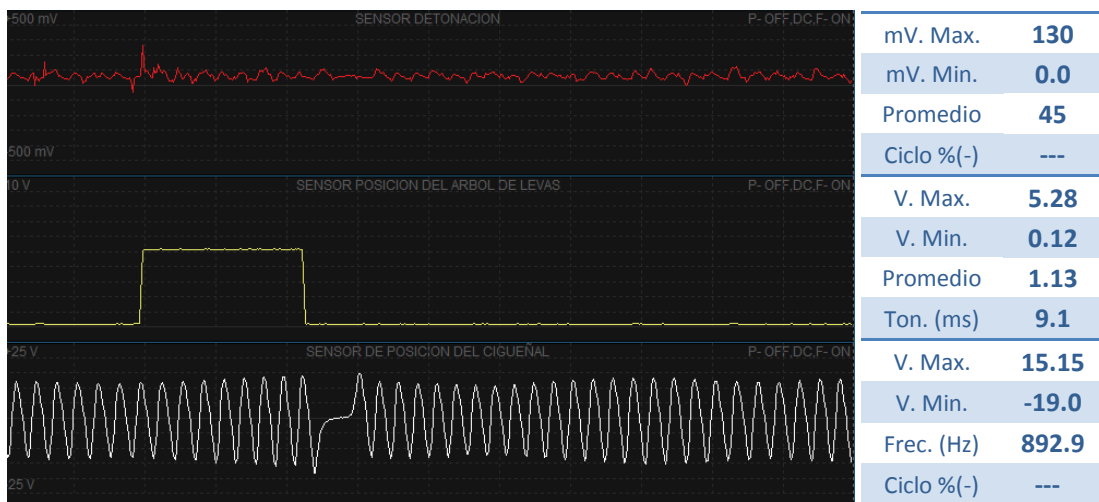
mV. Max.	310
mV. Min.	-120
Promedio	60
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.30
V. Min.	0.12
Promedio	0.58
Ton. (ms)	4.2
V. Max.	25.45
V. Min.	-32.5
Frec. (Hz)	65.8
Ciclo %(-)	---



Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
14	97.5	1536	31



Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
15	110	865	0



## FORMA DE ONDA DEL INYECTOR.

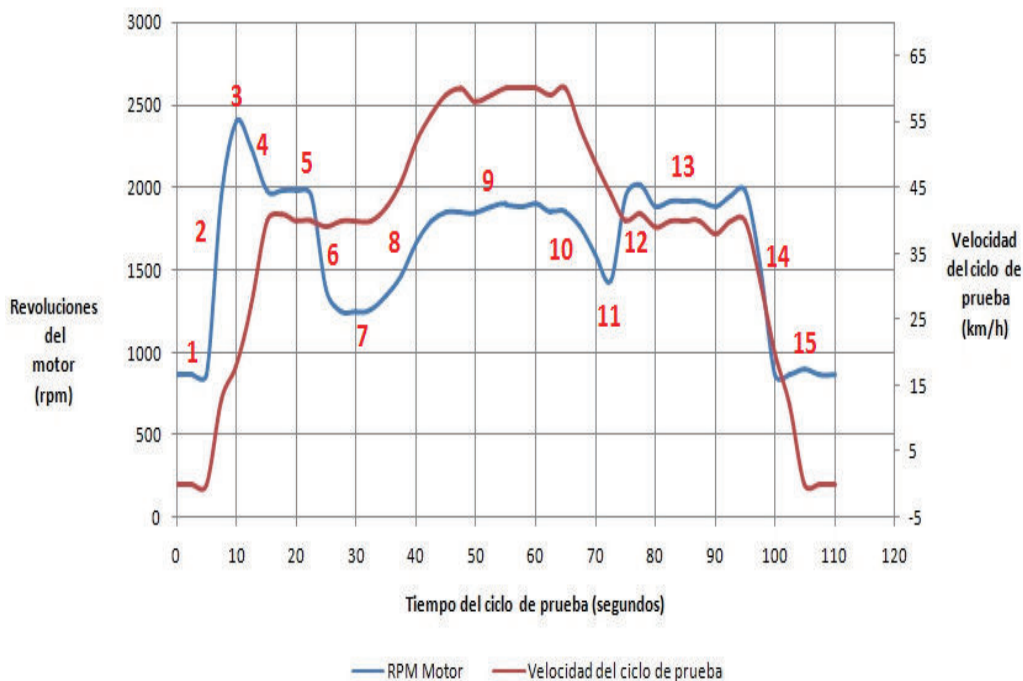
**Descripción:** Señal de inyector en la prueba de ruta dinámica.

**Objetivo:** Identificar los voltajes de operación y tiempo de inyección del inyector

**Patrón de onda.**

**Referencia para obtención de Patrón de onda.**

Para determinar el patrón de onda para el inyector sera referenciada por la variación significativa de las revoluciones del motor de la misma manera que se realizaron con los algunos actuadores y sensores anteriormente detallados.



Referencia para la obtención de Patrones de onda

## PUNTOS DE REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE ONDA

A continuación se detallan los puntos de referencia para el análisis de los Patrones de onda donde se consideran los puntos o zonas donde se presentan cambios considerables en el número de revoluciones del motor.

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)	Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	5	864	0	9	50	1850	58
2	7.5	1952	13	10	67.5	1760	54
3	10	2400	18	11	72.5	1440	44
4	12.5	2240	27	12	75	1952	40
5	20	1984	40	13	85	1920	40
6	25	1376	39	14	97.5	1536	31
7	30	1248	40	15	110	865	0
8	37.5	1472	46				

Tabla de puntos de referencia para el análisis

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

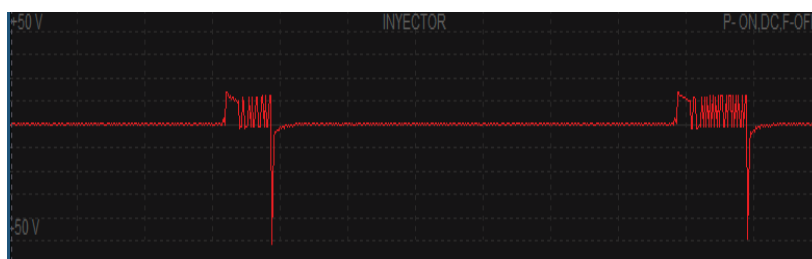
### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Actuador	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	Inyector 1	10	0.8
Canal 1	Inyector 2	10	0.8
Canal 1	Inyector 3	10	0.8
Canal 1	Inyector 4	10	0.8

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 114 (-) 117  
 Canal 1. (+) Pin 115 (-) 118  
 Canal 1. (+) Pin 116 (-) 117  
 Canal 1. (+) Pin 120 (-) 118

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	5	864	0



Pre inyec. (ms)	0.54
Inyec. Prin. (ms)	0.86
V max.	14.2
V min.	-53.0

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
2	7.5	1952	13



Pre inyec. (ms)	0.38
Inyec. Prin. (ms)	0.91
V max.	14.3
V min.	-53.3

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
3	10	2400	18



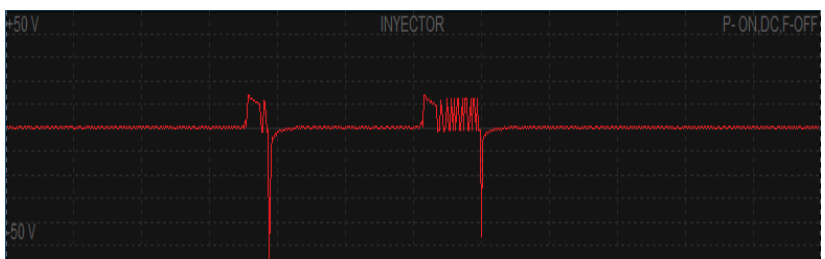
Pre inyec.  
(ms) **0.41**

Inyec. Prin.  
(ms) **0.80**

V max. **14.3**

V min. **-51.2**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
4	12.5	2240	27



Pre inyec.  
(ms) **0.33**

Inyec. Prin.  
(ms) **0.73**

V max. **14.2**

V min. **-58.8**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
5	20	1984	40



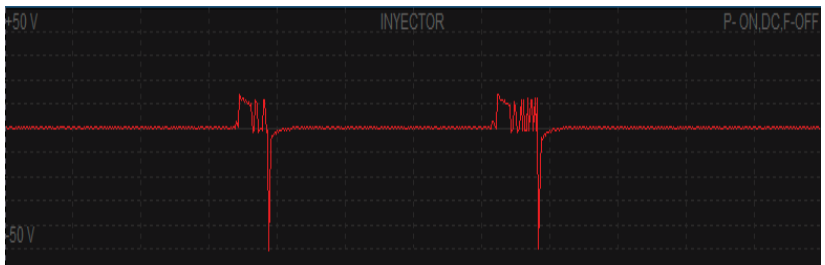
Pre inyec.  
(ms) **0.33**

Inyec. Prin.  
(ms) **0.64**

V max. **14.1**

V min. **-50.9**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
6	25	1376	39



Pre inyec.  
(ms) **0.40**

Inyec. Prin.  
(ms) **0.52**

V max. **14.2**

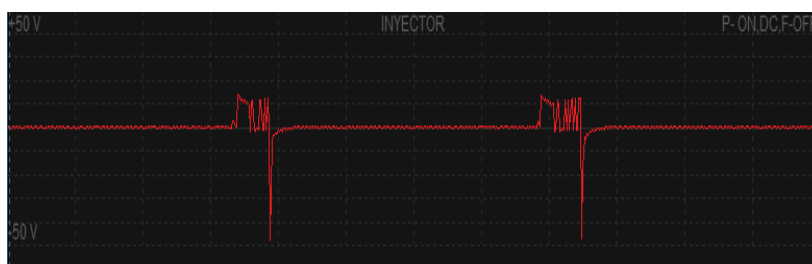
V min. **-52.3**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
7	30	1248	40



Pre inyec. (ms)	0.43
Inyec. Prin. (ms)	0.54
V max.	14.1
V min.	-57.7

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
8	37.5	1472	46



Pre inyec. (ms)	0.43
Inyec. Prin. (ms)	0.54
V max.	14.3
V min.	-49.1

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
9	50	1850	58



Pre inyec. (ms)	0.43
Inyec. Prin. (ms)	0.56
V max.	14.2
V min.	-53.3

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
10	67.5	1760	54



Pre inyec. (ms)	---
Inyec. Prin. (ms)	---
V max.	0.6
V min.	-0.3

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
11	72.5	1440	44



Pre inyec. (ms) ---

Inyec. Prin. (ms) ---

V max. **0.6**

V min. **-0.3**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
12	75	1952	40



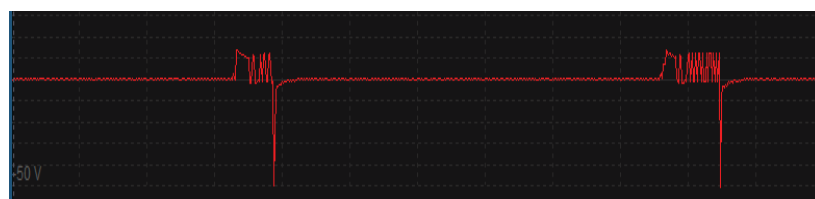
Pre inyec. (ms) **0.44**

Inyec. Prin. (ms) **0.51**

V max. **14.3**

V min. **-52.6**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
13	85	1920	40



Pre inyec. (ms) **0.48**

Inyec. Prin. (ms) **0.75**

V max. **14.3**

V min. **-52.2**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
14	97.5	1536	31



Pre inyec. (ms) ---

Inyec. Prin. (ms) ---

V max. **0.6**

V min. **-0.4**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
15	110	865	0



Pre inyec. (ms) **0.6**

Inyec. Prin. (ms) **0.84**

V max. **14.2**

V min. **-52.4**

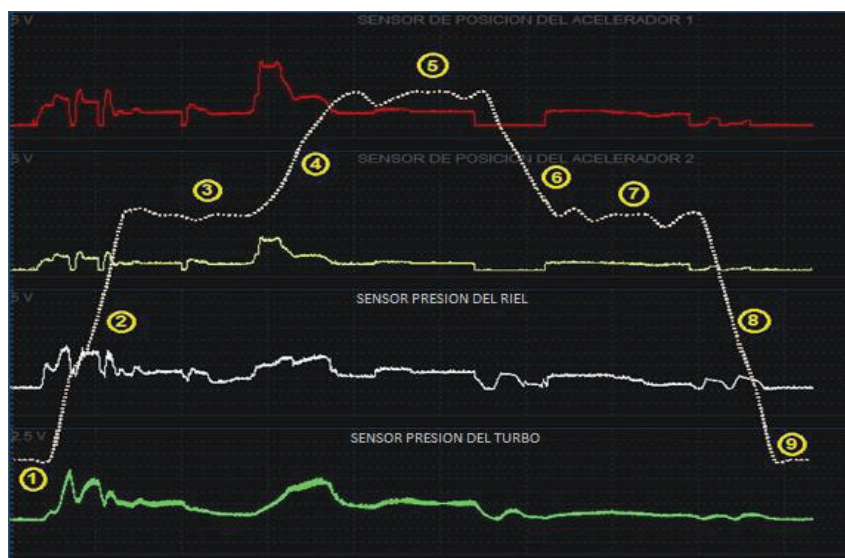


**ANEXO 4**  
**PRUEBAS DINÁMICAS A NIVEL DEL MAR (0 msnm)**

En las pruebas dinámicas a nivel del mar, el análisis se realizará evaluando zonas donde se puede notar las mayores variaciones y con ello determinar valores de voltajes mínimos y máximos de cada zona de la prueba.

Las zonas se establecieron dependiendo la velocidad y cambio de la misma

Una vez determinadas las zonas se realizará el analisis de cada uno de los sensores y actuadores estableciendo las variaciones mas notorias y registrando los valores de voltaje correspondientes.



Zonas de análisis de la prueba dinámica

ZONA	PRUEBA	VELOCIDAD (km/h)	DURACION (s)
1	Arranque	0	5
2	Aceleración 1	0 a 40	10
3	Mantenición 1	40	20
4	Aceleración 2	40-60	10
5	Mantenición 2	60	20
6	Desaceleración 1	60 a 40	10
7	Mantenición 3	40	20
8	Desaceleración 2	40 a 0	10
9	Fin	0	5
<b>TOTAL</b>			<b>110 segundos</b>

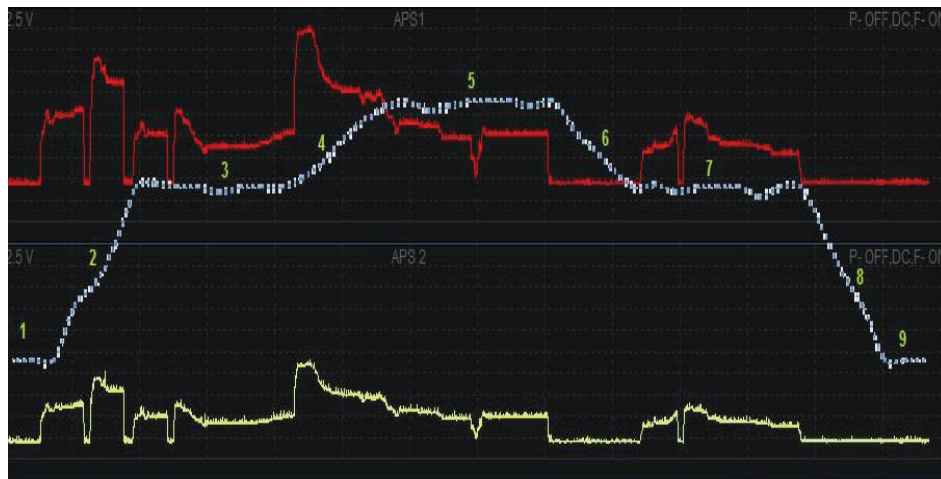
Zonas de análisis para las pruebas dinámicas

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR 1 Y 2 EN EL CICLO DE PRUEBAS.

**Descripción:** Señal de los dos sensores de posición pedal del acelerador en el ciclo de prueba propuesto.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje de operación de cada sensor.

**Patrón de onda completa durante el ciclo de prueba vs grafica de velocidad**



— APS 1    — APS 2    — CICLO TEÓRICO

Sensor de posición del acelerador No.1 y No. 2 vs Velocidad

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

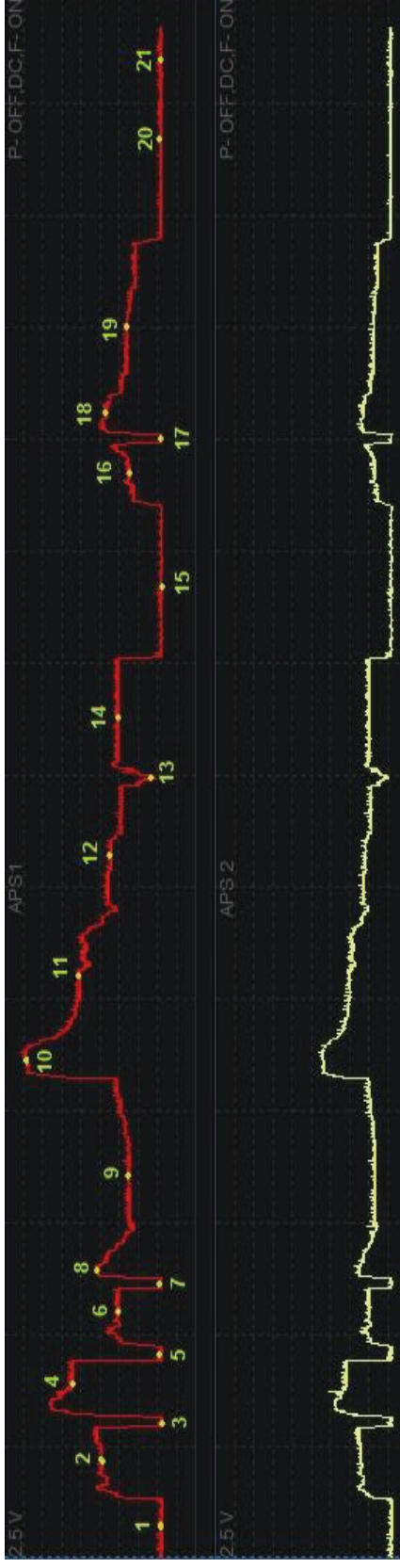
Sensor	Voltaje (V)	Tiempo (s)
APS 1	0.5 V	8
APS 2	0.5 V	

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 32    (-) Masa  
 Canal 2. (+) Pin 57    (-) Masa

**FORMA DE ONDA COMPLETA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR No.1 Y No.2 DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.**

- ▶ Despliegue de la forma de onda del sensor de posición del acelerador.



Sensor de posición del acelerador No.1 y No. 2 durante el ciclo de pruebas

**TABLA DE VALORES DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR No.1 Y No.2**

ZONA	No.	Voltaje	
		APS 1 (V)	APS 2 (V)
1	1	0.45	0.20
	2	1.26	0.61
2	3	0.45	0.20
	4	1.66	0.81
	5	0.45	0.19
3	6	1.02	0.49
	7	0.45	0.20

Zona	No.	Voltaje	
		APS 1 (V)	APS 2 (V)
3	8	1.30	0.63
	9	0.92	0.45
4	10	2.27	1.12
	11	1.55	0.76
5	12	1.14	0.56
	13	0.53	0.24
	14	1.03	0.49

Zona	No.	Voltaje	
		APS 1 (V)	APS 2 (V)
6	15	0.45	0.21
	16	0.88	0.42
7	17	0.46	0.21
	18	1.18	0.57
	19	0.90	0.43
8	20	0.47	0.22
	21	0.47	0.22

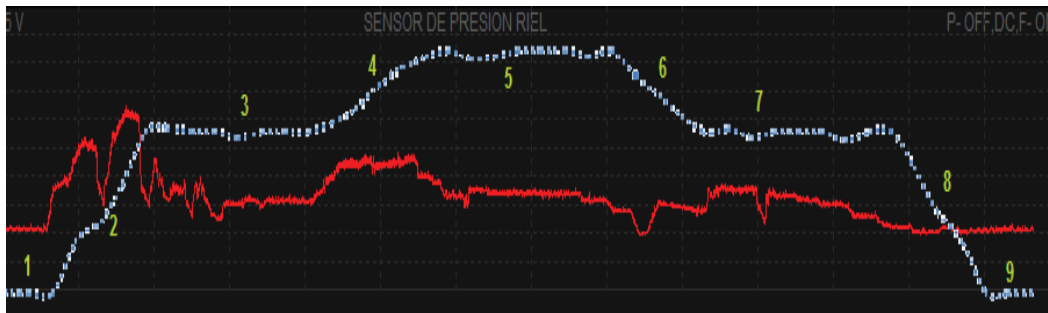
Tabla de valores del sensor de posición del acelerador No.1 y No.2

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.

**Descripción:** Señal del sensor de presión del riel durante el ciclo de prueba propuesto.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje del sensor.

**Patrón de onda completa durante el ciclo de prueba del sensor de presión del riel vs gráfica de velocidad**



— SENSOR PRESIÓN DEL RIEL      — CICLO TEÓRICO

Sensor de presión del riel vs velocidad de prueba

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

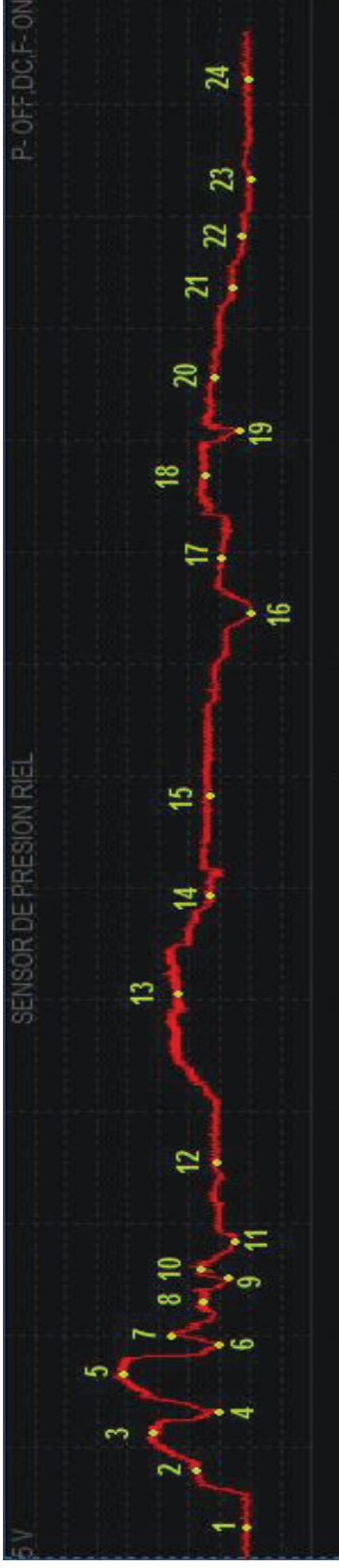
Sensor	Voltaje (V)	Tiempo (s)
Presión del riel	0.5 V	8

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 25    (-) Masa

**FORMA DE ONDA COMPLETA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL DE COMBUSTIBLE DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.**

- ▶ Despliegue de la forma de onda del sensor de presión del riel de combustible.



Sensor de presión del riel durante el ciclo de pruebas

**TABLA DE VALORES DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL DE COMBUSTIBLE**

ZONA	No.	Voltaje (V)
1	1	1.08
	2	1.87
2	3	2.48
	4	1.63
	5	3.18
	6	1.58

Zona	No.	Voltaje (V)
3	7	2.34
	8	1.70
	9	1.39
	10	1.79
	11	1.27
	12	1.61

Zona	No.	Voltaje (V)
4	13	2.19
	14	1.68
5	15	1.72
	16	1.00
6	17	1.48
	18	1.74

Zona	No.	Voltaje (V)
7	19	1.29
	20	1.65
	21	1.30
8	22	1.12
	23	1.08
	24	1.06

Tabla de valores del sensor de presión del riel de combustible

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO EN EL CICLO DE PRUEBAS.

**Descripción:** Señal del sensor de presión del múltiple de admisión durante el ciclo de prueba propuesto.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje del sensor.

**Patrón de onda completa durante el ciclo de prueba vs gráfica de velocidad**



— SENSOR PRESIÓN DEL TURBO    — CICLO TEÓRICO

Sensor de presión del turbo vs velocidad de prueba

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Sensor	Voltaje (V)	Tiempo (s)
Presión del riel	0.5 V	8

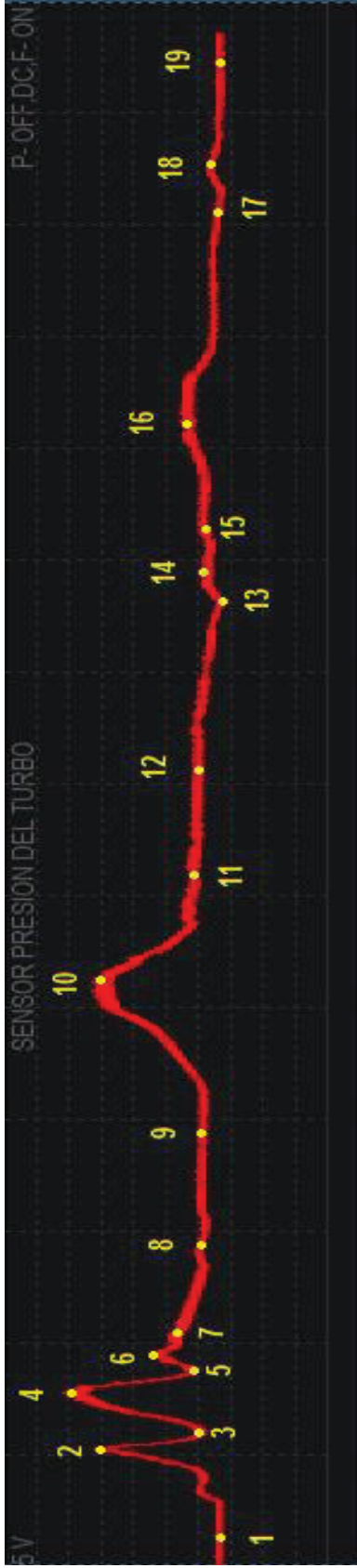
### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 99    (-) Masa



**FORMA DE ONDA COMPLETA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.**

- ▶ Despliegue de la forma de onda de onda de sensor de presión del turbo.



Sensor de presión del turbo durante el ciclo de prueba

**TABLA DE DATOS DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO**

ZONA	No.	Voltaje (V)
<b>1</b>	1	1.71
	2	3.27
<b>2</b>	3	1.99
	4	3.79
	5	2.11
	6	2.55

Zona	No.	Voltaje (V)
<b>3</b>	7	2.31
	8	1.99
<b>4</b>	9	1.93
	10	3.52
<b>5</b>	11	2.10
	12	1.98

Zona	No.	Voltaje (V)
<b>6</b>	13	1.67
	14	1.86
<b>7</b>	15	1.79
	16	2.16
<b>8</b>	17	1.81
	18	1.70
<b>9</b>	19	1.69

Tabla de valores del sensor de presión del turbo

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.

**Descripción:** Señal del sensor de flujo de aire durante el ciclo de prueba propuesto.

**Objetivo:** Identificar los cambios de voltaje del sensor.

**Patrón de onda completa durante el ciclo de prueba vs gráfica de velocidad**



— SENSOR DE FLUJO DE AIRE    — CICLO TEÓRICO

Sensor de flujo de aire vs velocidad

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

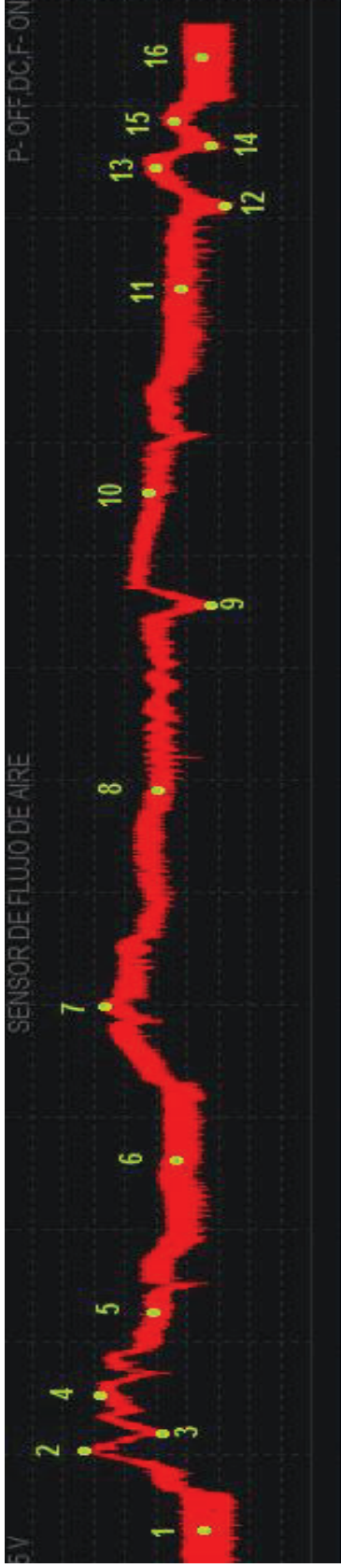
Sensor	Voltaje (V)	Tiempo (s)
Presión del riel	0.25 V	8

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 83    (-) Masa

**FORMA DE ONDA COMPLETA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE DURANTE EL CICLO DE PRUEBAS.**

- ▶ Despliegue de la forma de onda del sensor de flujo de aire .



Sensor de flujo de aire durante el ciclo de pruebas

**TABLA DE VALORES DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE**

ZONA	No.	Voltaje (V)
1	1	1.74
	2	3.73
2	3	2.59
	4	3.42
3	5	2.52
	6	2.23

Zona	No.	Voltaje (V)
4	7	3.27
5	8	2.51
6	9	1.96
7	10	2.53
	11	2.16
8	12	1.81

Zona	No.	Voltaje (V)
8	13	2.53
	14	1.38
9	15	2.24
	16	1.75

Tabla de valores del sensor de flujo de aire

## FORMA DE ONDA DE LOS ACTUADORES DE LA VÁLVULA DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV), VÁLVULA ACTUADORA DEL TURBO Y VÁLVULA ACTUADORA DEL EGR.

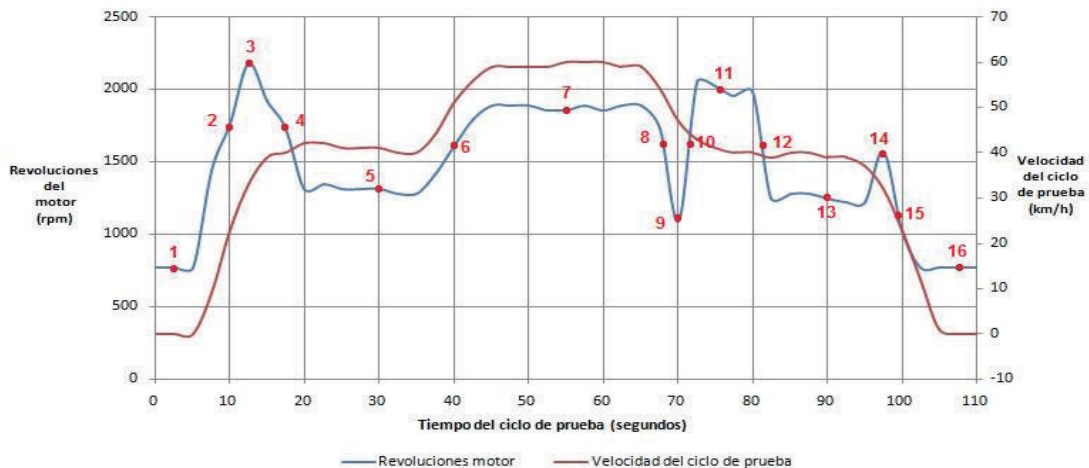
**Descripción:** Señales de los actuadores de la válvula de ingreso de combustible IMV, válvula del turbo y válvula actuadora del EGR

**Objetivo:** Identificar los voltajes de cada uno de los actuadores antes mencionados.

**Patrones de onda.**

### REFERENCIA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PATRONES DE ONDA

Para determinar los patrones de onda para este tipo de actuadores serán referenciadas por la variación significativa de las revoluciones del motor, es decir: estabilizaciones de revoluciones, picos, mínimos, etc. Con ello podremos analizar de mejor manera la operación de cada uno de los actuadores. La referencia se muestra a continuación:



Referencia para la obtención de patrones de onda

### PUNTOS DE REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE ONDA

A continuación se detallan los puntos de referencia para el análisis de los patrones de onda donde se consideran los puntos o zonas donde se presentan cambios considerables en el número de revoluciones del motor.

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)	Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	2.5	768	0	9	70	1088	47
2	10	1760	23	10	72.5	2048	43
3	12.5	2176	38	11	75	2016	41
4	17.5	1728	40	12	82	1248	39
5	30	1312	41	13	90	1248	39
6	40	1600	51	14	97.5	1568	32
7	55	1856	60	15	100	1024	23
8	67.5	1728	60	16	107.5	768	0

Tabla de puntos de referencia para el análisis.

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

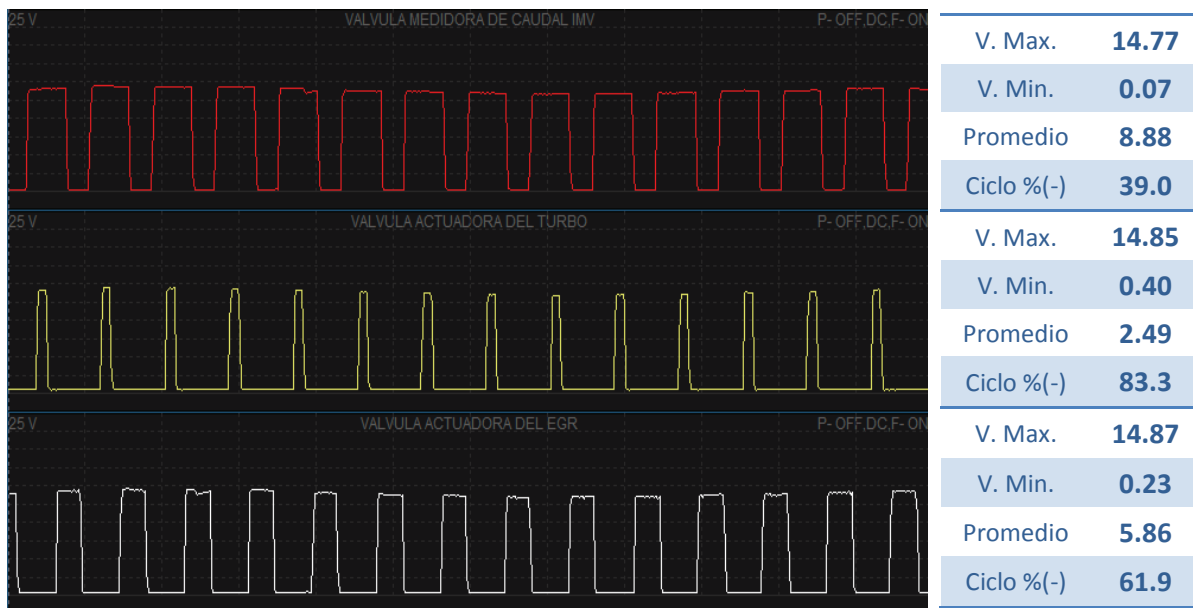
### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Actuador	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	IMV	2.5	4
Canal 2	Actuador del Turbo	2.5	4
Canal 3	Actuador del EGR	2.5	4

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 87 (-) Masa  
 Canal 2. (+) Pin 95 (-) Masa  
 Canal 3. (+) Pin 96 (-) Masa

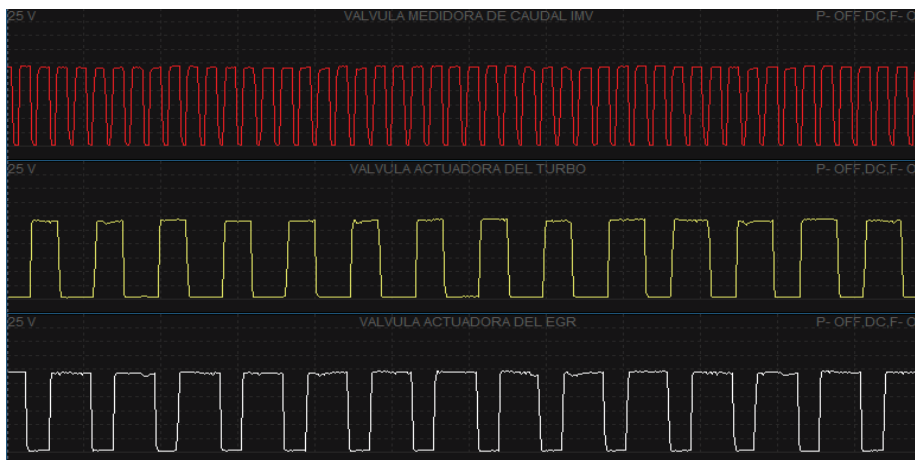
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	2.5	768	0



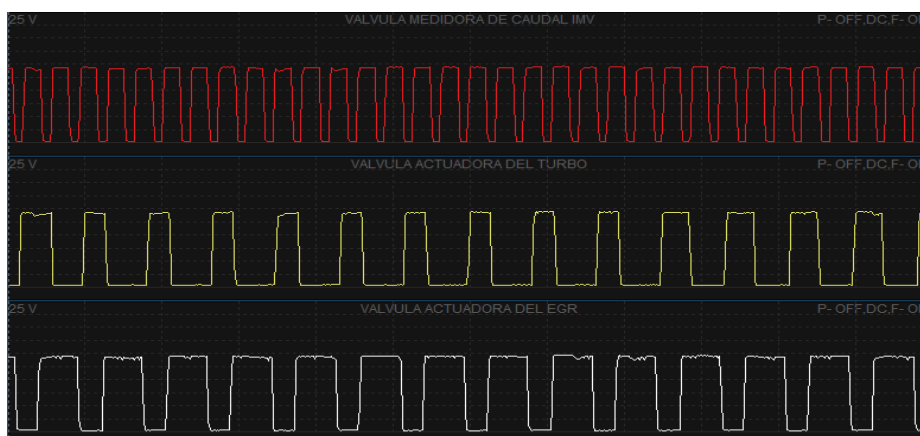
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
2	10	1760	23

V. Max. **14.73**V. Min. **0.05**Promedio **9.56**Ciclo %(-) **35.0**V. Max. **14.73**V. Min. **0.35**Promedio **3.83**Ciclo %(-) **69.0**V. Max. **14.00**V. Min. **12.10**Promedio **13.62**Ciclo %(-) **--**

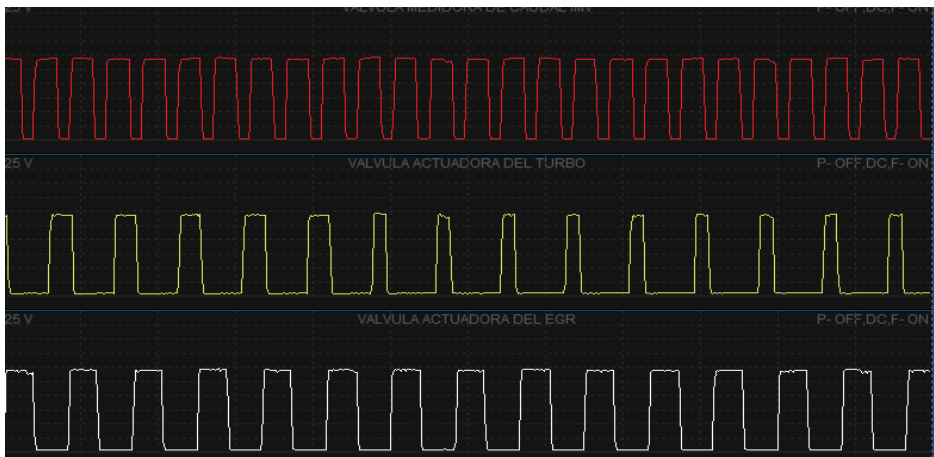
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
3	12.5	2176	38

V. Max. **14.85**V. Min. **0.07**Promedio **9.74**Ciclo %(-) **33.3**V. Max. **14.80**V. Min. **0.2**Promedio **7.08**Ciclo %(-) **57.1**V. Max. **14.97**V. Min. **0.15**Promedio **9.64**Ciclo %(-) **35.7**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
4	17.5	1728	40

V. Max. **14.90**V. Min. **0.07**Promedio **9.46**Ciclo %(-) **38.9**V. Max. **14.80**V. Min. **0.25**Promedio **5.9**Ciclo %(-) **50.0**V. Max. **15.05**V. Min. **0.13**Promedio **9.3**Ciclo %(-) **36.6**

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
5	30	1312	41



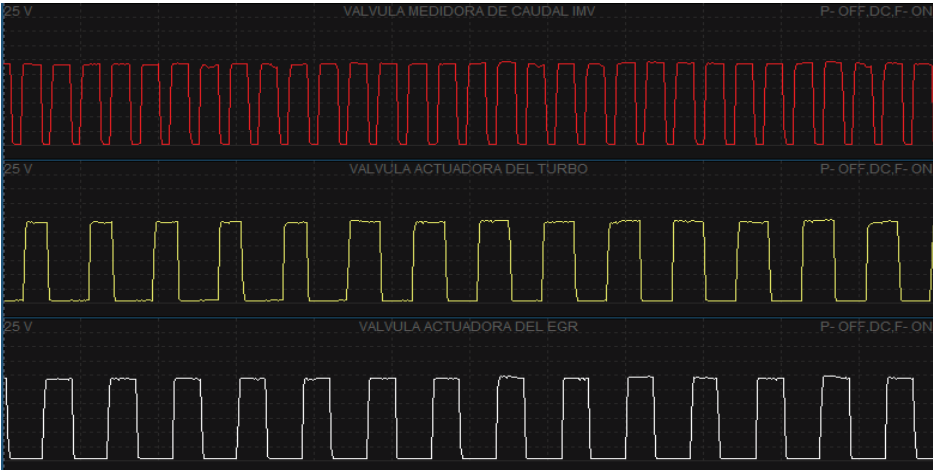
V. Max.	14.90
V. Min.	0.07
Promedio	9.45
Ciclo %(-)	34.8
V. Max.	14.90
V. Min.	0.30
Promedio	4.16
Ciclo %(-)	64.3
V. Max.	15.07
V. Min.	0.25
Promedio	7.12
Ciclo %(-)	56.1

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
6	40	1600	51



V. Max.	14.85
V. Min.	0.07
Promedio	9.70
Ciclo %(-)	35.0
V. Max.	14.82
V. Min.	0.23
Promedio	7.76
Ciclo %(-)	54.8
V. Max.	14.23
V. Min.	12.45
Promedio	13.83
Ciclo %(-)	----

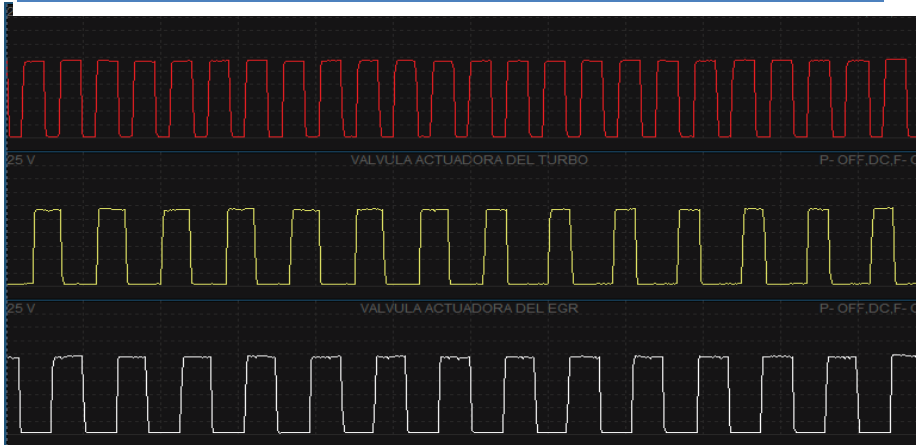
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
7	55	1856	60



V. Max.	14.93
V. Min.	0.07
Promedio	9.52
Ciclo %(-)	31.6
V. Max.	14.9
V. Min.	0.25
Promedio	6.63
Ciclo %(-)	64.3
V. Max.	15.18
V. Min.	0.25
Promedio	6.47
Ciclo %(-)	56.1

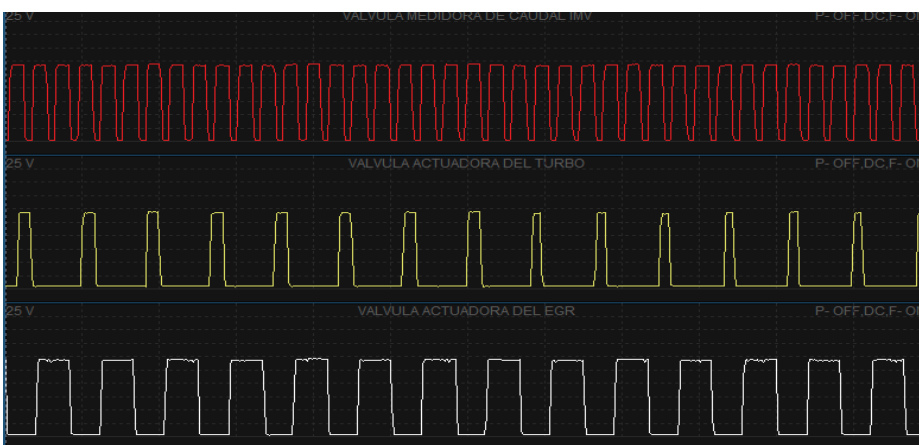


Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
8	67.5	1728	54



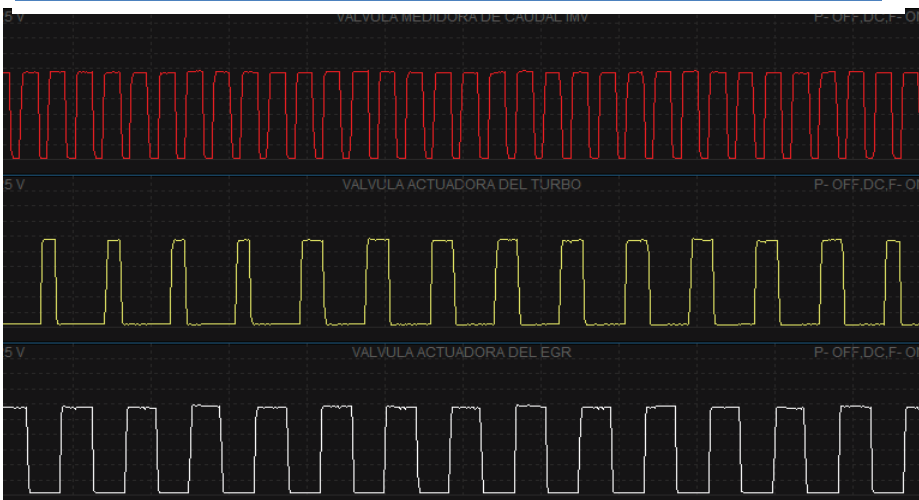
V. Max.	15.00
V. Min.	0.10
Promedio	8.79
Ciclo %(-)	41.7
V. Max.	14.93
V. Min.	0.28
Promedio	5.79
Ciclo %(-)	57.1
V. Max.	15.15
V. Min.	0.2
Promedio	7.3
Ciclo %(-)	51.2

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
9	70	1088	47



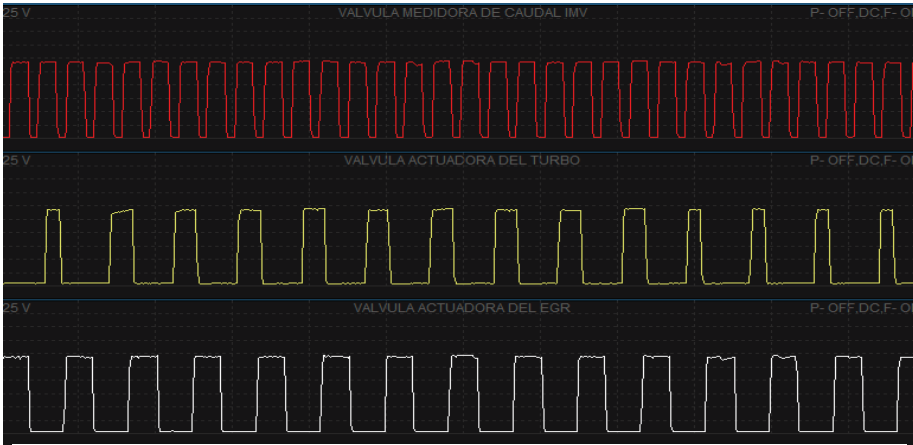
V. Max.	14.75
V. Min.	0.10
Promedio	9.33
Ciclo %(-)	33.3
V. Max.	14.77
V. Min.	0.38
Promedio	3.12
Ciclo %(-)	80.5
V. Max.	14.90
V. Min.	0.2
Promedio	7.63
Ciclo %(-)	47.6

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
10	72.5	2048	43



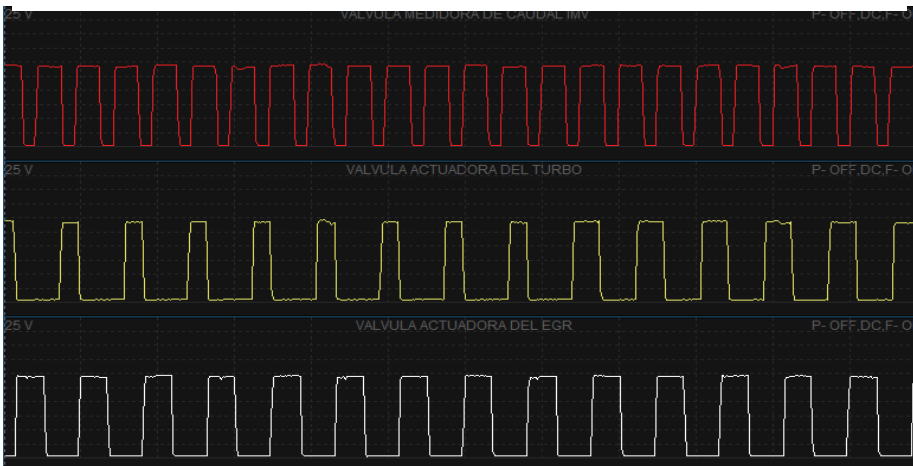
V. Max.	14.90
V. Min.	0.10
Promedio	9.35
Ciclo %(-)	38.9
V. Max.	14.87
V. Min.	0.33
Promedio	4.69
Ciclo %(-)	78.05
V. Max.	15.10
V. Min.	0.23
Promedio	7.56
Ciclo %(-)	50

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
11	75	2016	41



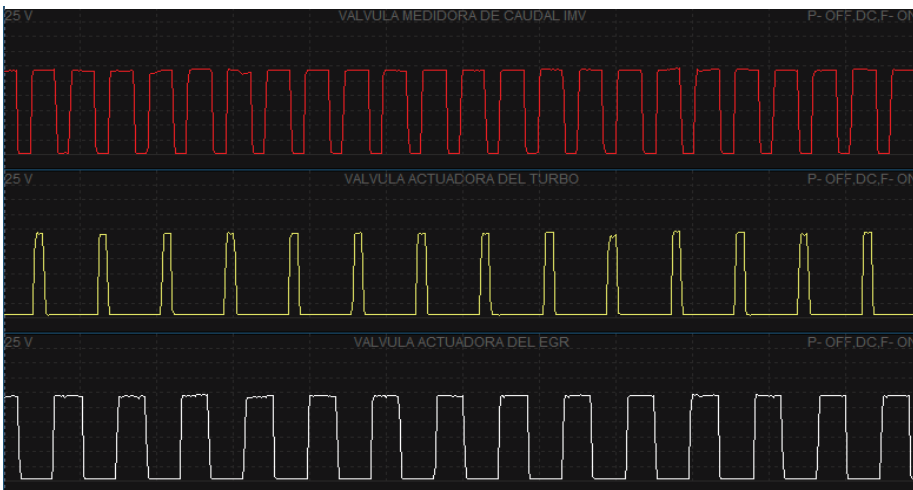
V. Max.	14.82
V. Min.	0.10
Promedio	9.42
Ciclo %(-)	3.3
V. Max.	14.80
V. Min.	0.30
Promedio	4.66
Ciclo %(-)	76.2
V. Max.	15.03
V. Min.	0.23
Promedio	6.88
Ciclo %(-)	57.1

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
12	82	1248	39



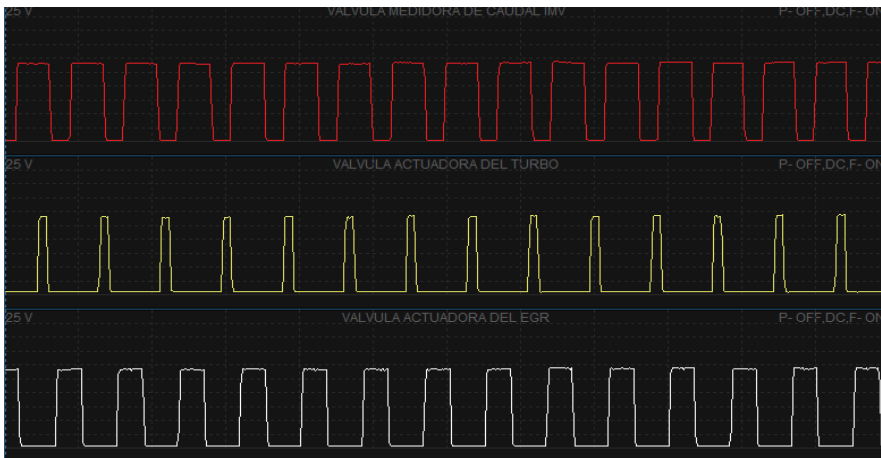
V. Max.	14.87
V. Min.	0.07
Promedio	9.46
Ciclo %(-)	36.0
V. Max.	14.87
V. Min.	0.30
Promedio	5.33
Ciclo %(-)	71.4
V. Max.	14.97
V. Min.	0.2
Promedio	6.86
Ciclo %(-)	54.8

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
13	90	1248	39



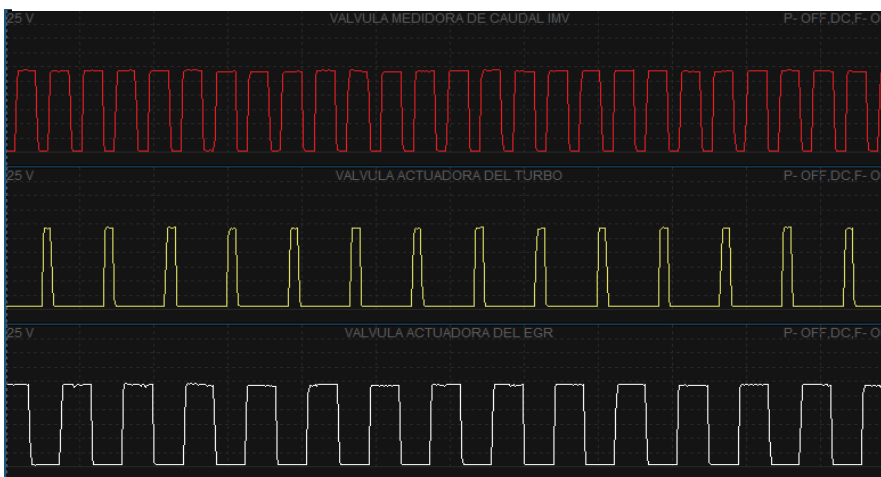
V. Max.	14.87
V. Min.	0.07
Promedio	9.45
Ciclo %(-)	36.0
V. Max.	14.93
V. Min.	0.40
Promedio	2.56
Ciclo %(-)	83.3
V. Max.	15.05
V. Min.	0.23
Promedio	6.86
Ciclo %(-)	54.8

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
14	97.5	1568	32



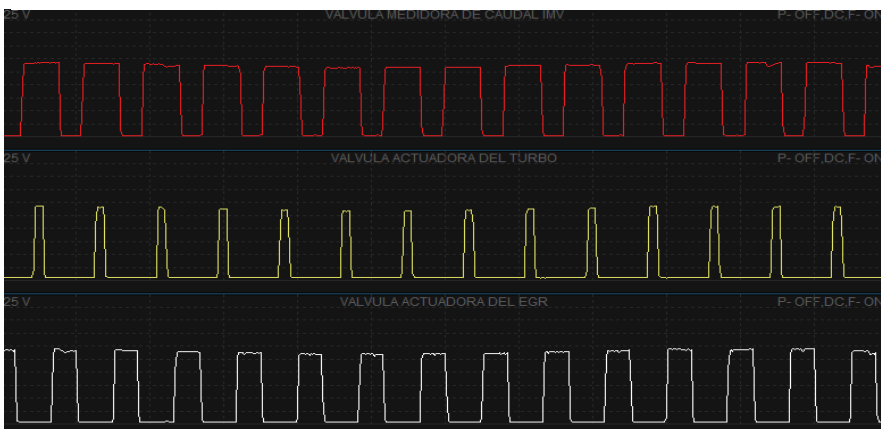
V. Max.	14.68
V. Min.	0.07
Promedio	9.15
Ciclo %(-)	37.8
V. Max.	14.68
V. Min.	0.40
Promedio	2.53
Ciclo %(-)	85.7
V. Max.	14.85
V. Min.	0.25
Promedio	6.37
Ciclo %(-)	58.1

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
15	100	1024	23



V. Max.	14.73
V. Min.	0.10
Promedio	9.25
Ciclo %(-)	39.1
V. Max.	14.73
V. Min.	0.42
Promedio	2.56
Ciclo %(-)	85.7
V. Max.	14.90
V. Min.	0.2
Promedio	7.62
Ciclo %(-)	50

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
16	107.5	768	0



V. Max.	14.65
V. Min.	0.07
Promedio	8.77
Ciclo %(-)	37.5
V. Max.	14.57
V. Min.	0.38
Promedio	2.48
Ciclo %(-)	85.4
V. Max.	14.82
V. Min.	0.23
Promedio	6.1
Ciclo %(-)	59.5

## FORMA DE ONDA DE LOS SENSORES DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL, EJE DE LEVAS Y DETONACIÓN.

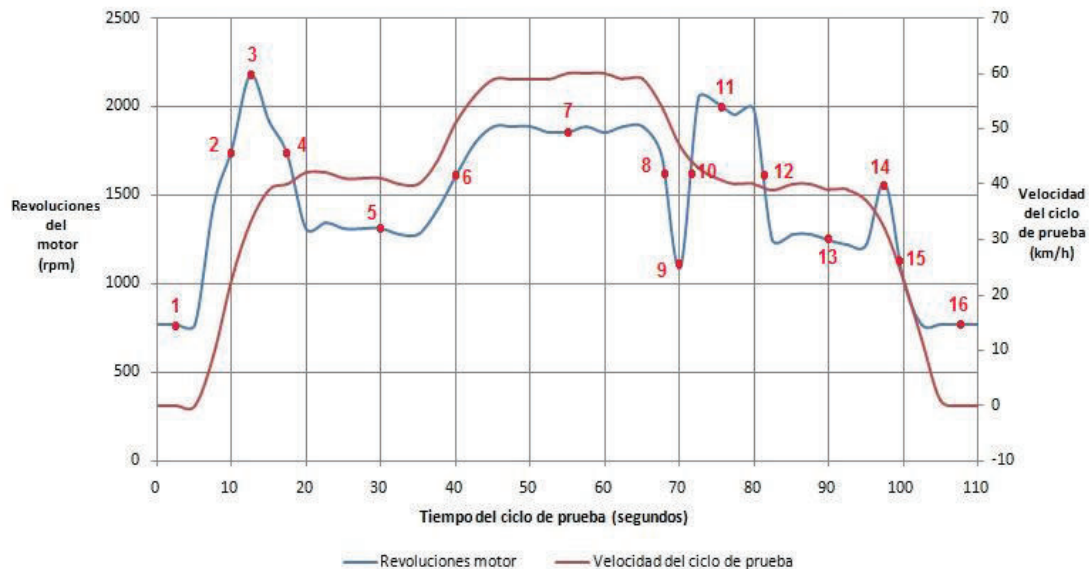
**Descripción:** Señales de los **sensores** de posición del cigüeñal, del árbol de levas y detonación.

**Objetivo:** Identificar los voltajes de cada uno de los sensores antes mencionados

**Patrones de onda.**

**Referencia para obtención de patrones de onda.**

Para determinar los patrones de onda para este tipo de sensores serán referenciadas por la variación significativa de las revoluciones del motor de la misma manera que se realizaron con los actuadores.



Referencia para la obtención de patrones de onda

## PUNTOS DE REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE ONDA

A continuación se detallan los puntos de referencia para el análisis de los patrones de onda, donde se consideran los puntos o zonas donde se presentan cambios considerables en el número de revoluciones del motor.

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)	Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	2.5	768	0	9	70	1088	47
2	10	1760	23	10	72.5	2048	43
3	12.5	2176	38	11	75	2016	41
4	17.5	1728	40	12	82	1248	39
5	30	1312	41	13	90	1248	39
6	40	1600	51	14	97.5	1568	32
7	55	1856	60	15	100	1024	23
8	67.5	1728	60	16	107.5	768	0

Tabla de puntos de referencia para el análisis

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

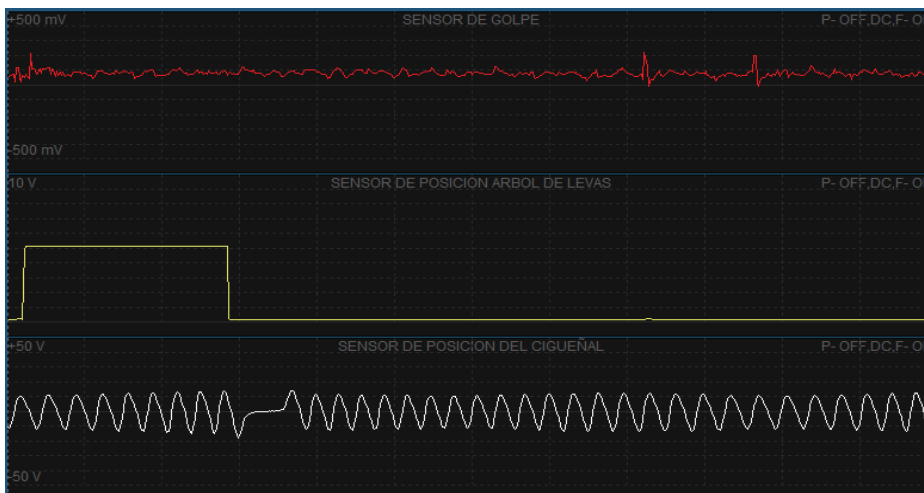
### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Actuador	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	IMV	2.5	4
Canal 2	Actuador del Turbo	2.5	4
Canal 3	Actuador del EGR	2.5	4

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

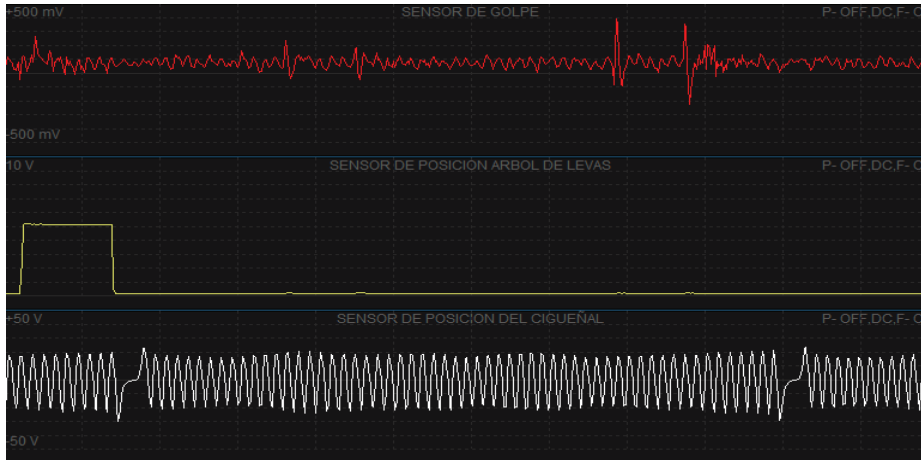
Canal 1. (+) Pin 87 (-) Masa  
 Canal 2. (+) Pin 95 (-) Masa  
 Canal 3. (+) Pin 96 (-) Masa

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	2.5	768	0



mV. Max.	220
mV. Min.	-10
Promedio	50
Ciclo %(-)	----
V. Max.	5.26
V. Min.	0.09
Promedio	1.25
Ton. (ms)	10.6
V. Max.	14.3
V. Min.	-18.7
Frec. (Hz)	694.4
Ciclo %(-)	--

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
2	10	1760	13



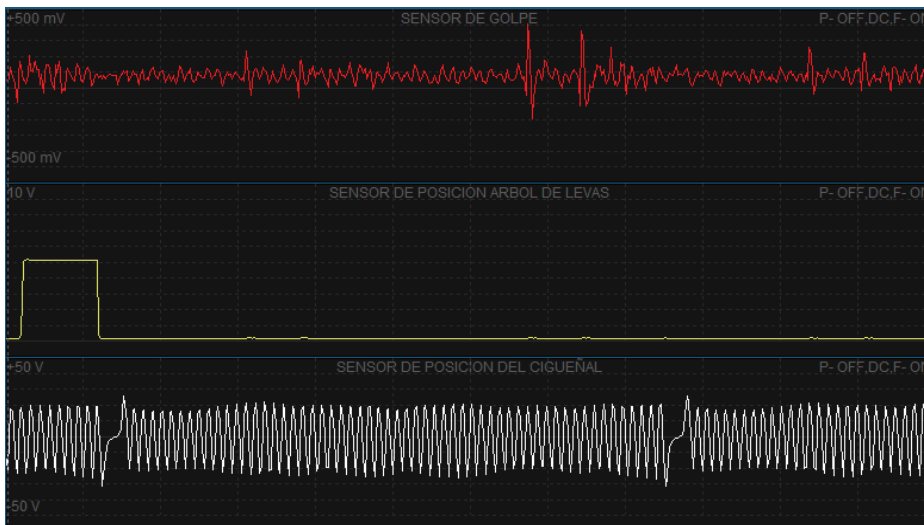
mV. Max.	400
mV. Min.	-230
Promedio	80
Ciclo %(-)	----
V. Max.	5.28
V. Min.	0.10
Promedio	0.63
Ton. (ms)	4.8
V. Max.	24.00
V. Min.	-30.9
Frec. (Hz)	29.3
Ciclo %(-)	--

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
3	12.5	2176	18



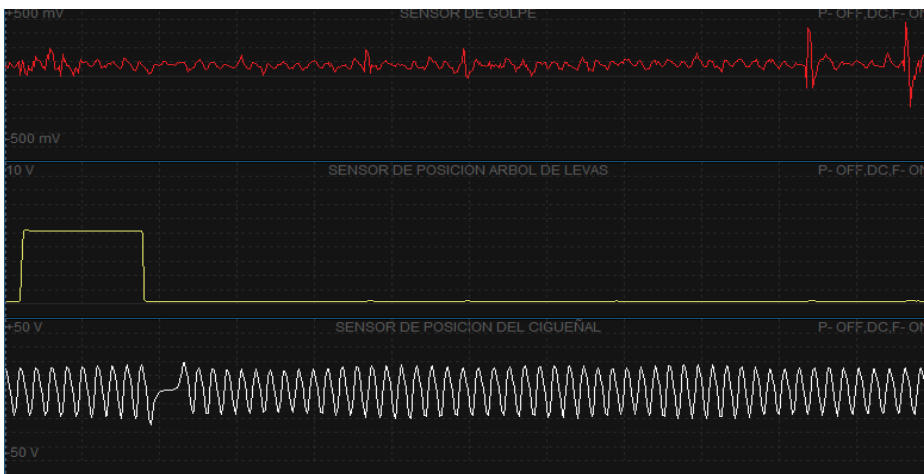
mV. Max.	400
mV. Min.	-210
Promedio	110
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.27
V. Min.	0.09
Promedio	0.77
Ton. (ms)	3.0
V. Max.	31.0
V. Min.	-38.2
Frec. (KHz)	3.1
Ciclo %(-)	--

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
4	17.5	1728	27



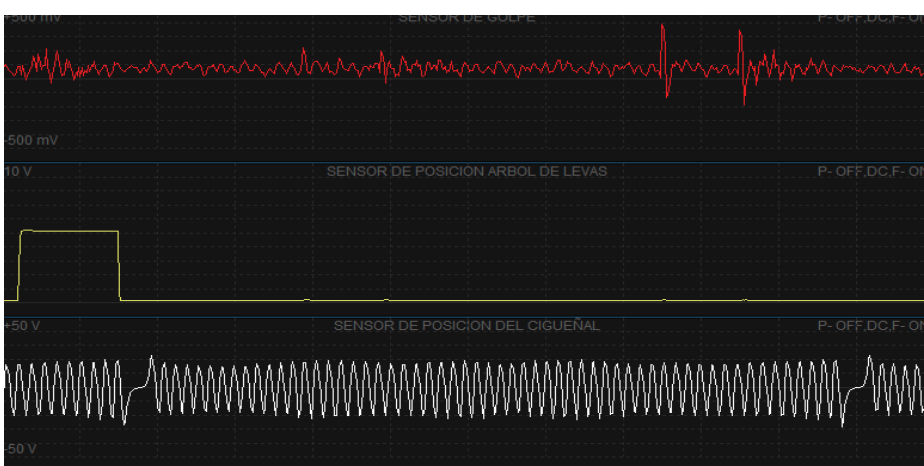
mV. Max.	420
mV. Min.	-200
Promedio	90
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.28
V. Min.	0.09
Promedio	0.55
Ton. (ms)	4.1
V. Max.	27.08
V. Min.	-33.6
Frec. (Hz)	2100
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
5	30	1312	40



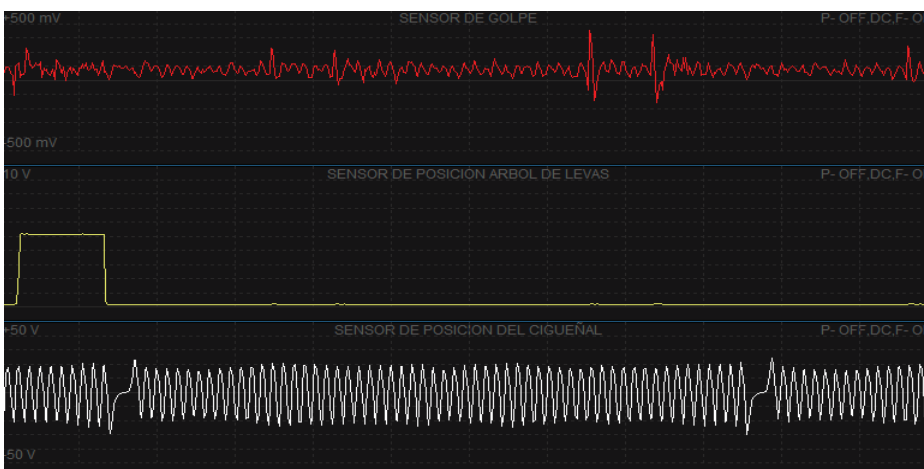
mV. Max.	380
mV. Min.	-220
Promedio	70
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.28
V. Min.	0.09
Promedio	0.80
Ton. (ms)	4
V. Max.	19.6
V. Min.	-25.9
Frec. (KHz)	1.2
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
6	40	1600	39



mV. Max.	400
mV. Min.	-20
Promedio	80
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.28
V. Min.	0.09
Promedio	0.67
Ton. (ms)	5.4
V. Max.	23.3
V. Min.	-29.3
Frec. (Hz)	81.7
Ciclo %(-)	---

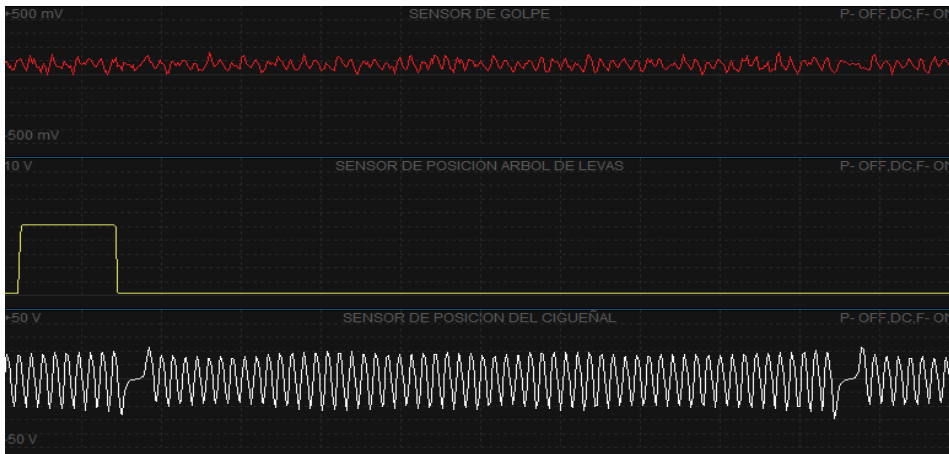
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
7	55	1856	40



mV. Max.	360
mV. Min.	-170
Promedio	100
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.27
V. Min.	0.09
Promedio	0.61
Ton. (ms)	4.6
V. Max.	24.9
V. Min.	-30.8
Frec. (Hz)	30.6
Ciclo %(-)	---

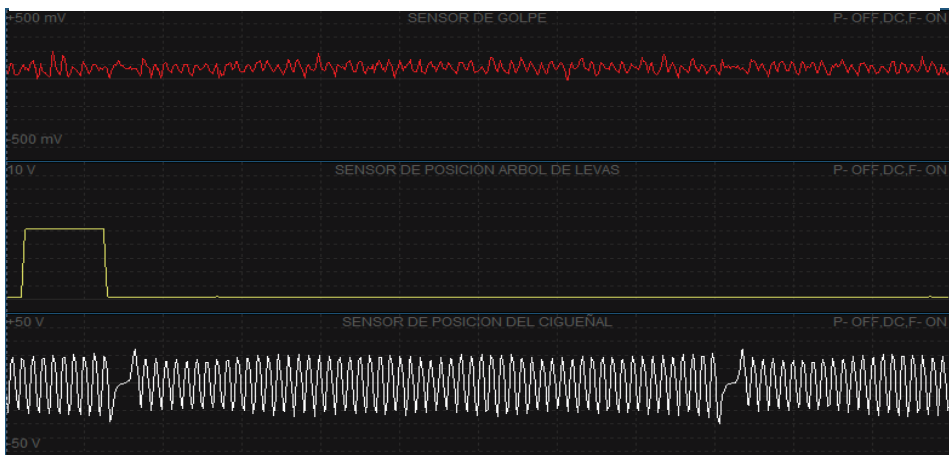


Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
8	67.5	1728	46



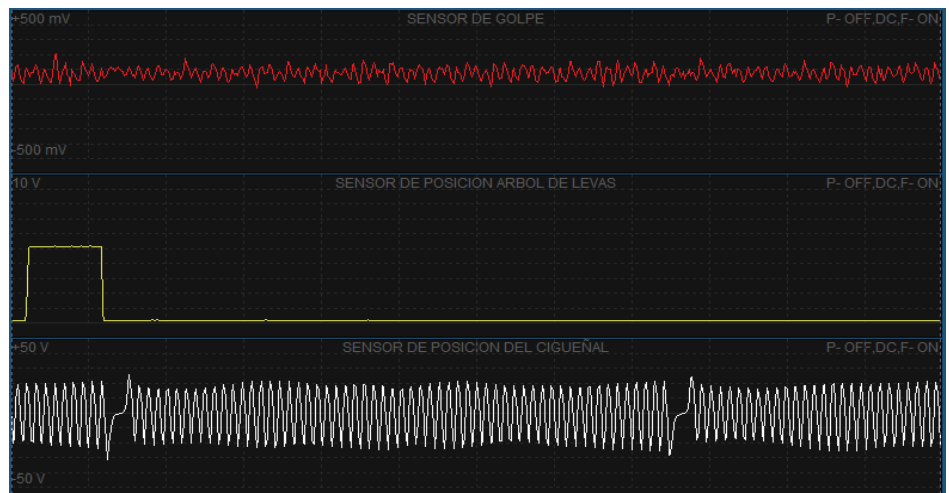
mV. Max.	160
mV. Min.	-10
Promedio	70
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.26
V. Min.	0.10
Promedio	0.65
Ton. (ms)	5.0
V. Max.	23.3
V. Min.	-30.0
Frec. (Hz)	28
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
9	70	1088	42



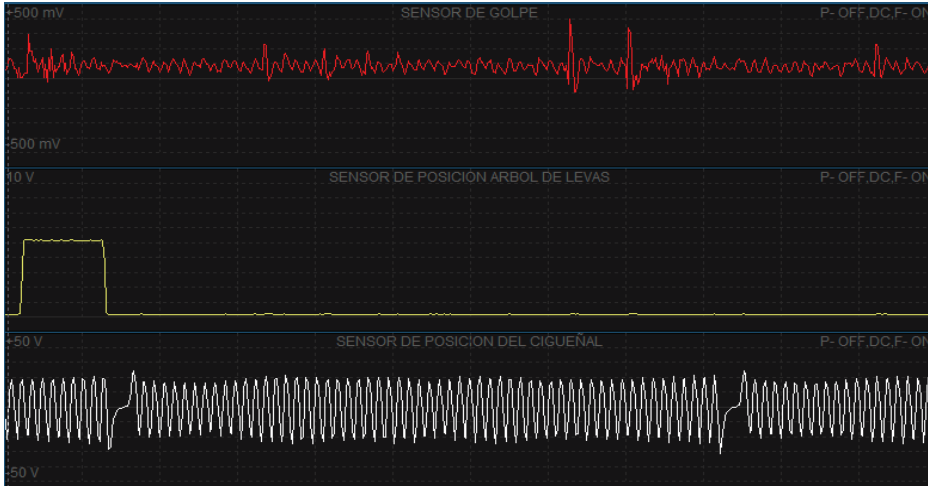
mV. Max.	200
mV. Min.	-10
Promedio	60
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.26
V. Min.	0.10
Promedio	0.58
Ton. (ms)	4.3
V. Max.	24.5
V. Min.	-31.0
Frec. (Hz)	32.5
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
10	72.5	2048	43



mV. Max.	210
mV. Min.	-30
Promedio	95
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.28
V. Min.	0.10
Promedio	0.55
Ton. (ms)	3.9
V. Max.	26.4
V. Min.	-32.7
Frec. (KHz)	2.1
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
11	75	2016	41



mV. Max.	410
mV. Min.	-100
Promedio	90
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.28
V. Min.	0.11
Promedio	0.60
Ton. (ms)	4.3
V. Max.	24.8
V. Min.	-32.1
Frec. (Hz)	31.7
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
12	82	1248	39



mV. Max.	390
mV. Min.	-120
Promedio	60
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.29
V. Min.	0.09
Promedio	0.79
Ton. (ms)	6.4
V. Max.	20.20
V. Min.	-25.9
Frec. (KHz)	1.4
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
13	90	1248	39



mV. Max.	380
mV. Min.	-120
Promedio	70
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.29
V. Min.	0.11
Promedio	0.83
Ton. (ms)	6.6
V. Max.	19.50
V. Min.	-24.3
Frec.(KHz)	1.2
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
14	97.5	1568	32



mV. Max.	150
mV. Min.	10
Promedio	80
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.27
V. Min.	0.10
Promedio	1.04
Ton. (ms)	8.7
V. Max.	16.10
V. Min.	-20.4
Frec. (Hz)	892.9
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
15	100	1024	23



mV. Max.	160
mV. Min.	-20
Promedio	55
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.26
V. Min.	0.09
Promedio	0.73
Ton. (ms)	5.8
V. Max.	21.0
V. Min.	-26.2
Frec. (KHz)	1.6
Ciclo %(-)	---

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
16	107.5	768	0



mV. Max.	230
mV. Min.	10
Promedio	50
Ciclo %(-)	---
V. Max.	5.27
V. Min.	0.10
Promedio	1.25
Ton. (ms)	10.6
V. Max.	14.1
V. Min.	-18.4
Frec. (Hz)	694.4
Ciclo %(-)	---

## FORMA DE ONDA DEL INYECTOR.

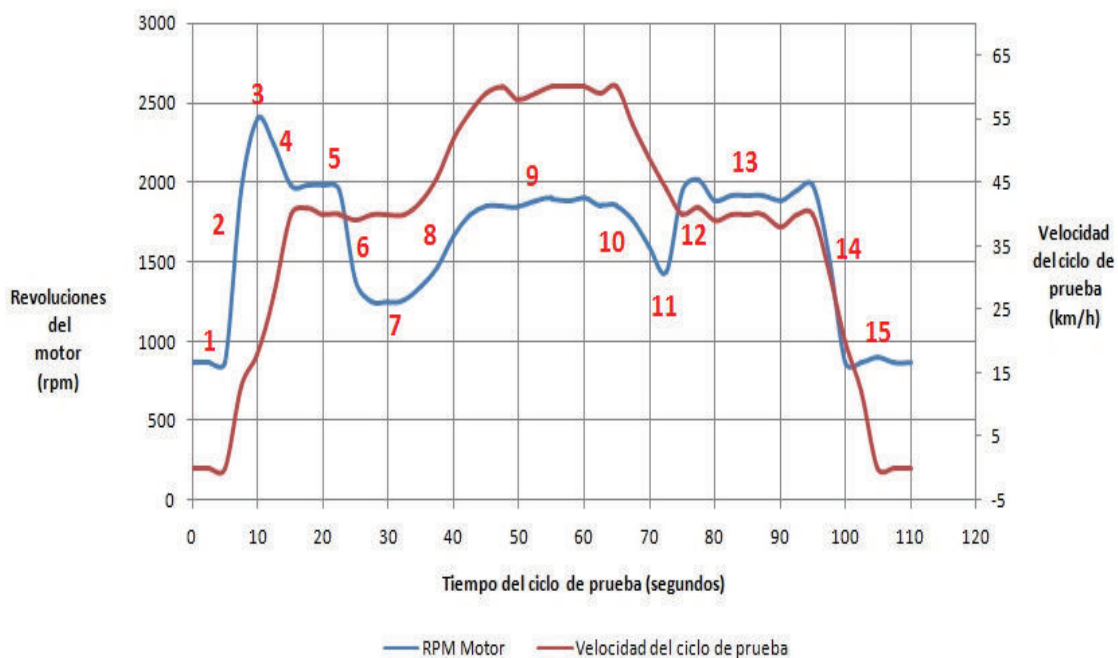
**Descripción:** Señal de inyector en la prueba de ruta dinámica.

**Objetivo:** Identificar los voltajes de operación y tiempo de inyección del inyector

**Patrón de onda.**

### REFERENCIA PARA LA OBTENCIÓN DE PATRONES DE ONDA

Para determinar el patrón de onda para el inyector sera referenciada por la variación significativa de las revoluciones del motor de la misma manera que se realizaron con los algunos actuadores y sensores anteriormente detallados.



Referencia para la obtención de patrones de onda

### PUNTOS DE REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE ONDA

A continuación se detallan los puntos de referencia para el análisis de los patrones de onda, donde se consideran los puntos o zonas donde se presentan cambios considerables en el número de revoluciones del motor.

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)	Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	2.5	768	0	9	70	1088	47
2	10	1760	23	10	72.5	2048	43
3	12.5	2176	38	11	75	2016	41
4	17.5	1728	40	12	82	1248	39
5	30	1312	41	13	90	1248	39
6	40	1600	51	14	97.5	1568	32
7	55	1856	60	15	100	1024	23
8	67.5	1728	60	16	107.5	768	0

Tabla de puntos de referencia para el análisis

## MEDICIÓN DE LA FORMA DE ONDA Y CONFIGURACIÓN

### ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO

Canal	Actuador	Voltaje (V)	Tiempo (ms)
Canal 1	Inyector 1	10	0.8
Canal 1	Inyector 2	10	0.8
Canal 1	Inyector 3	10	0.8
Canal 1	Inyector 4	10	0.8

### TERMINALES DE MEDICIÓN:

Canal 1. (+) Pin 114 (-) 117  
 Canal 1. (+) Pin 115 (-) 118  
 Canal 1. (+) Pin 116 (-) 117  
 Canal 1. (+) Pin 120 (-) 118

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
1	2.5	768	0



Pre inyec. (ms)	<b>0.51</b>
Inyec. Prin. (ms)	<b>0.68</b>
V max.	<b>13.65</b>
V min.	<b>-24.8</b>

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
2	10	1760	23



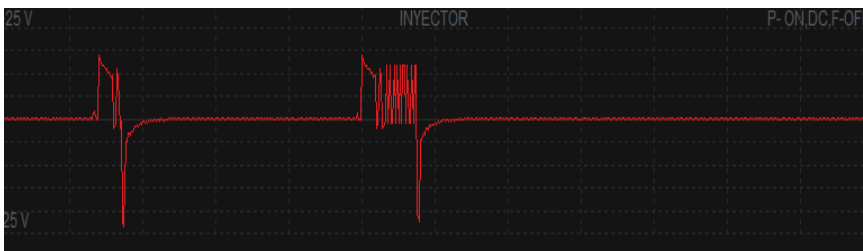
Pre inyec. (ms)	<b>0.32</b>
Inyec. Prin. (ms)	<b>0.48</b>
V max.	<b>14.05</b>
V min.	<b>-23.6</b>

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
3	12.5	2176	38



Pre inyec. (ms)	0.27
Inyec. Prin. (ms)	0.72
V max.	14.10
V min.	-28.4

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
4	17.5	1728	40



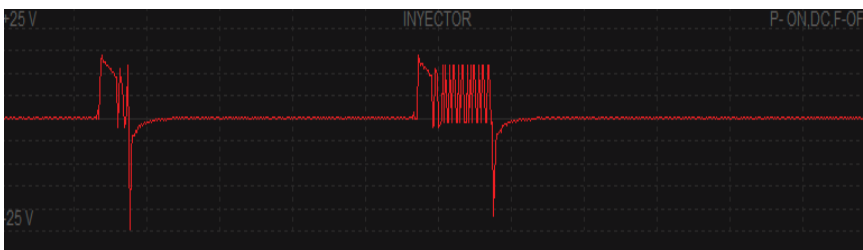
Pre inyec. (ms)	0.28
Inyec. Prin. (ms)	0.62
V max.	14.05
V min.	-24.4

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
5	30	1312	41



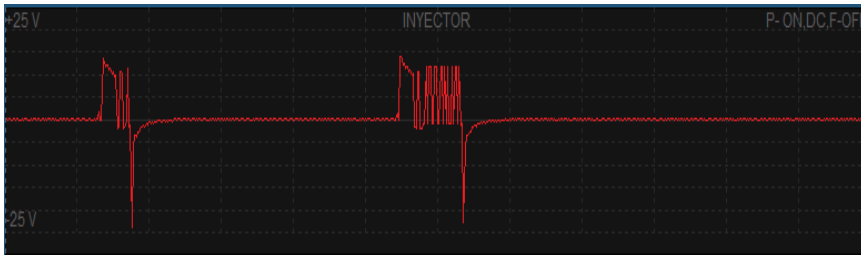
Pre inyec. (ms)	0.43
Inyec. Prin. (ms)	0.75
V max.	14.15
V min.	-24.3

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
6	40	1600	51



Pre inyec. (ms)	0.36
Inyec. Prin. (ms)	0.84
V max.	14.15
V min.	-25.2

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
7	55	1856	60



Pre inyec. (ms)	0.33
Inyec. Prin. (ms)	0.73
V max.	14.1
V min.	-24.7

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
8	67.5	1728	60



Pre inyec. (ms)	---
Inyec. Prin. (ms)	---
V max.	0.25
V min.	-0.2

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
9	70	1088	47



Pre inyec. (ms)	---
Inyec. Prin. (ms)	---
V max.	0.3
V min.	-0.2

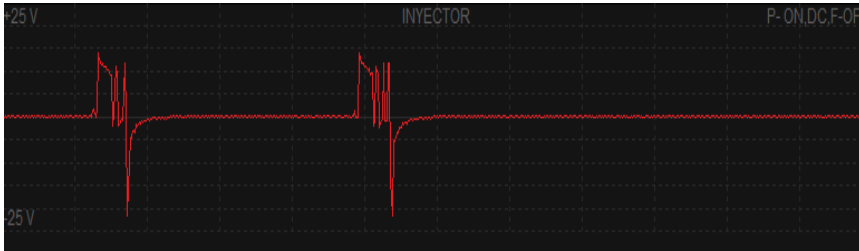
Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
10	72.5	2048	43



Pre inyec. (ms)	---
Inyec. Prin. (ms)	---
V max.	0.6
V min.	-0.3



Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
11	75	2016	41



Pre inyec. (ms)	0.36
Inyec. Prin. (ms)	0.38
V max.	14.1
V min.	-22.4

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
12	82	1248	39



Pre inyec. (ms)	0.38
Inyec. Prin. (ms)	0.84
V max.	14.15
V min.	-22.8

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
13	90	1248	39



Pre inyec. (ms)	0.49
Inyec. Prin. (ms)	0.65
V max.	14.2
V min.	-24.1

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
14	97.5	1568	32



Pre inyec. (ms)	0.52
Inyec. Prin. (ms)	0.83
V max.	14.25
V min.	-24.8

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
15	100	1024	23



Pre inyec. (ms)	---
Inyec. Prin. (ms)	---
V max.	0.3
V min.	-0.2

Zona punto	Tiempo (s)	RPM (rpm)	Velocidad (km/h)
16	107.5	768	0



Pre inyec. (ms)	0.49
Inyec. Prin. (ms)	0.72
V max.	14.05
V min.	-24.8

**ANEXO 5**

**INSTRUCTIVO DE CONEXIÓN DEL**

**OSCILOSCOPIO PARA REALIZAR LAS PRUEBAS**

## **PARÁMETROS DE SEGURIDAD PARA CONEXIÓN DEL EQUIPO.**

Para la utilización de instrumentos o equipos electrónicos de cualquier índole se debe tener en cuenta factores de seguridad tanto para protección de los equipos y primordialmente del mismo usuario, de lo expuesto se enlista las siguientes guías de seguridad.

- Usar el instrumento en áreas con buena ventilación, evitar la exposición a los gases de escape que expide el motor debido al monóxido de carbono.
- Asegurarse de existir el suficiente espacio entre cualquier componente en movimiento y los cables de conexión del equipo, adicionalmente del mismo usuario.
- Si al usar el instrumento hay alguna señal mayor a 150 V pico, no active eléctricamente los terminales de los canales A o B ni el terminal USB juntos al mismo tiempo, ya que si estos se activan simultáneamente, pueden causar lesiones personales e incluso la muerte.
- Evitar el fuego, no fumar, no encender fósforos, no exponga al equipo a agentes inflamables ya que algunos instrumentos poseen arcos internos y podría causar incendio. Mantenga un extintor a la mano.
- Evitar choques eléctricos, asegúrese que el vehículo que va a ser revisado está en un potencial seguro antes de hacer cualquier conexión para medir.
- Usar únicamente los cables estándar que vienen con el instrumento, no use cables pelados o conectores banana.
- Usar solamente una conexión de masa para el instrumento, quite todas las sondas y cables que no se estén usando.

- Seguir las instrucciones de conexión de acuerdo con el manual del fabricante.
- Seleccionar la función y el rango adecuado para hacer Mediciones.
- Cuando esté usando las sondas, mantenga los dedos lejos de los contactos de la sonda.
- Desconectar el cable que realiza las Mediciones antes de desconectar el cable común o de masa.
- Evitar quemaduras, no toque los sistemas calientes: los gases de escape, admisión, motor, radiador, etc. Usar equipo de protección si es necesario.
- Desconectar los circuitos de energía y descargue todos los capacitores de alto voltaje, antes de conectar el instrumento para medir resistencia, continuidad o diodos.
- No confíe en cuestionables o errores obvios de información o resultados de las pruebas. Asegúrese que todas las conexiones y datos ingresados son correctos y que el procedimiento realizado fue el indicado. No use información o resultados sospechosos para realizar diagnósticos

### **CONEXIÓN PARA OBTENCIÓN DE SEÑALES.**

Cuando se están probando componentes, sensores y circuitos, tenga en cuenta que ruidos eléctricos de las salidas de los sistemas de ignición actuales pueden producir una energía RF (Radiofrecuencia) que es similar a la de las estaciones de radio. Desde que los osciloscopios son tan sensibles, estas interferencias pueden realmente no hacer caso de las señales que usted esté tratando de capturar y darle una lectura falsa en la pantalla.

Para eliminar esta posibilidad de interferencia en el osciloscopio, tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La mayoría de interferencias ocurren en los cables del osciloscopio, revise el estado de los mismo, reemplácelos si es necesario.
- Ubique los cables lejos de todos los cables y componentes de encendido siempre que sea posible.
- Use los cables más cortos posibles, ya que los cables pueden actuar como una antena e incrementar el potencial de interferencia, especialmente a niveles de alta frecuencia que se encuentran cuando se prueba cerca del computador del vehículo.
- Con el potencial de interferencia RF en el compartimiento del motor, si es posible, use el chasis del vehículo como masa cuando conecte los cables del osciloscopio. En algunos casos el bloque del motor puede actuar como una antena para las señales RF.
- Los cables son una parte muy importante de cualquier osciloscopio. Sustituirlos con otros cables en longitud y capacidad pueden alterar las señales en la pantalla.
- El osciloscopio también puede capturar interferencias como los cables. Debido a que los circuitos en el osciloscopio son muy sensibles, y por lo tanto potentes, no ubique el osciloscopio directamente en los cables de encendido o cerca de componentes del encendido de alta energía como la carcasa de la bobina.

- Si se está usando el cargador/adaptador AC o DC para energizar el osciloscopio mantenga el cable de potencia lejos del motor y del encendido si es posible.

## OSCILOSCOPIO

### Descripción

El equipo a utilizar es el EZ- SCOPE M1 que es un escáner de diagnóstico y un osciloscopio de altas prestaciones, cuyas características se detallan a continuación:

Equipo	EZ-SCOPE M1
Sistema Operativo	Compatible con Windows-XP
CPU	Intel ATOM N270 1.6GHz
Memoria	Disco Duro 250GB SATA
Pantalla	10.4" (1024 x 768) / VGA salida (sobre los 2048 x 1536)
Protocolo	KWP 2000, ISO 9141-2, J1850(VPW,PWM) Cable doble CAN(2.0A, 2.0B) J1587, Cable simple CAN, Hi Velocidad Serial
Radio del osciloscopio	Cada canal 25[MHz/s]
Voltaje de entrada	$\pm 10\text{m[V]} \sim 100\text{[V]}$
Tiempo de ajuste	$1[\mu\text{s}] \sim 10\text{[S]}$
AC/DC	Input 100~230[V], output 5[A]/12[V]
Tamaño	240mm x 310mm x 70mm
Peso	3Kg

Especificaciones del osciloscopio EZ-SCOPE M1





Osciloscopio Warelead EZ-Scope M1

Adicionalmente de obtener mediciones de forma de onda, también pueden obtenerse mediciones de corriente, presión, temperatura, gas con los accesorios respectivos del equipo.

El equipo posee 4 canales de medición para la medición de formas de onda y también formas de onda de encendido.

### Conexión

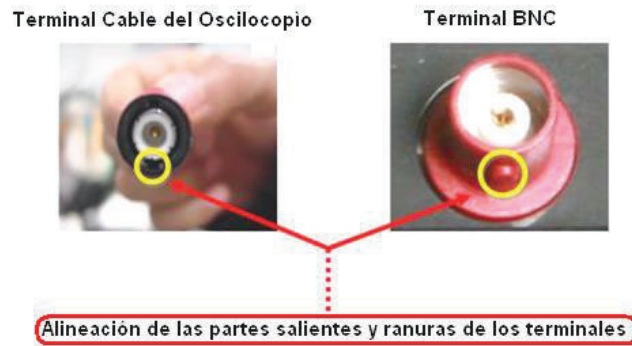
El éxito para una buena medición es la conexión de los cables con el equipo para evitar una medición errónea y que podamos obtener datos precisos y deseados.

1. Conectar el cable al conector BNC (conector Bayonet Neill Concelman) del osciloscopio, como muestra la figura.



Conexión terminador de acople rápido (BNC) al equipo

Alinear las ranuras del terminal del cable y la parte saliente del terminal del equipo y girar hasta que esté bien fijado como muestra la figura.



Alineación de parte saliente del terminal del equipo con la ranura del terminal de los cables.

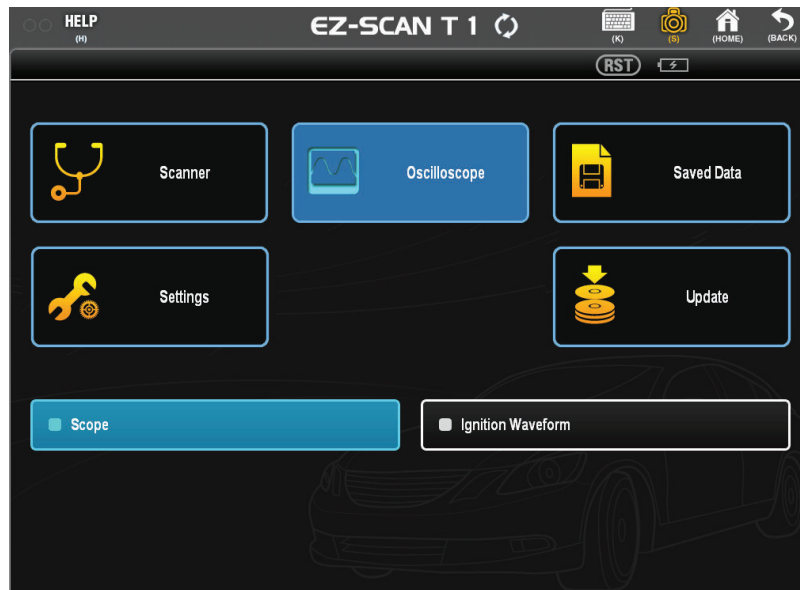
2. Conecte la punta de prueba a la línea de señal del sensor o actuador y el conector de masa al terminal negativo de la caja de control (figura 3.3)




Conexión del cable de punta de prueba a la caja de control

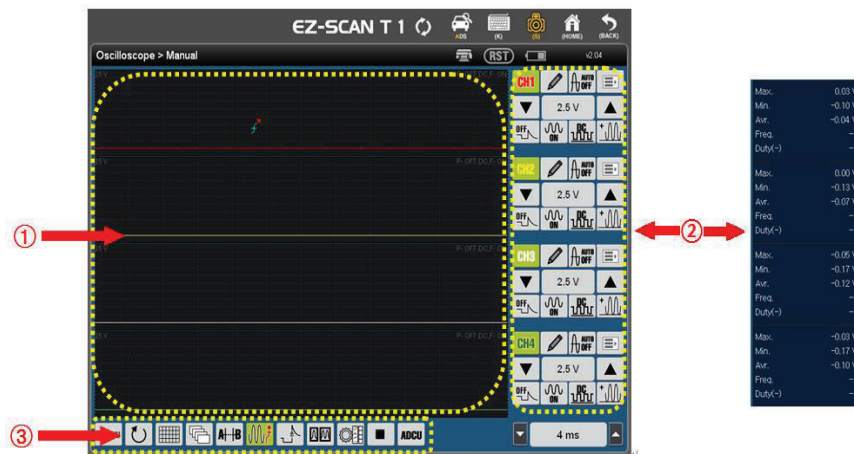
### Entorno

Se ingresa a la aplicación del equipo y luego al modo de osciloscopio, como muestra la figura.



Modo de osciloscopio de la aplicación EZ SCOPE M1

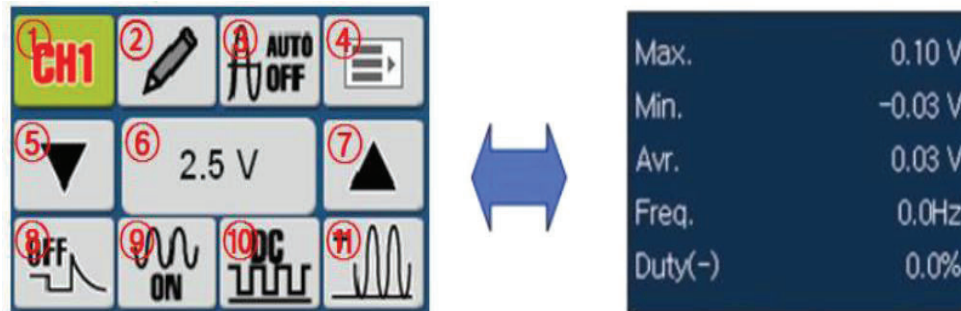
En la siguiente pantalla de medición y configuración se muestra la ventana de visualización de forma de ondas (1), ventana de configuración y medición (2) que se pueden alternar haciendo clic en el botón  y la ventana de menú (3).



Pantalla de Medición, configuración y menú.

## Configuración

En la ventana de configuración y medición podemos realizar las configuraciones de cada uno de los canales y obtener los datos deseados en la ventana de medición (figura 3.6).



Pantalla de Medición y Configuración.

1. **Fijación del canal:** Activa o desactiva el canal que se requiera utilizar.
2. **Nombre:** Se puede ingresar el nombre de la prueba o el nombre del canal.
3. **Auto fijación:** Fija el voltaje del canal automáticamente dependiendo de la entrada de la forma de onda.
4. **Opción de selección:** Selecciona la opción del canal (presión, vacío, voltaje, temperatura etc.).
5. **Disminución voltaje:** Disminuye el rango del voltaje.
6. **Voltaje exprés:** Muestra el valor de voltaje actual fija en la grilla.
7. **Incremento de voltaje:** Aumenta el rango de voltaje.
8. **Modo pico:** Mediante la activación o desactivación de la característica pico, la forma de onda puede ser chequeada.
9. **Modo filtro:** mediante la activación desactivación de la característica filtro, la forma de onda puede ser chequeada.
10. **Modo de corriente:** Puede ser cambiado la medición de corriente directa a corriente alterna.

**11. Modo unipolar/bipolar:** El nivel de tierra puede ser fijado en el medio o en la parte inferior.

En la ventana de medición podemos visualizar valores máximos, mínimos, promedios así como también la frecuencia y trabajo de la señal de forma de onda.

### Ajuste de tiempo



Haciendo clic en cada una de las flechas se puede fijar el ajuste del tiempo pudiendo ser como máximo 10s y como mínimo 1 $\mu$ s

**ANEXO 6**  
**TABLAS DE REGISTROS PARA PRUEBAS ESTÁTICAS**  
**(0 msnm Y 2300 msnm)**

## TABLAS DE REGISTRO PARA LAS PRUEBAS ESTÁTICAS

### PRUEBA ESTÁTICA (2300 msnm)

SECTOR		ALTURA (m)		HORA (hh:mm)	PRESIÓN ATM. (bar)	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. AIRE MOTOR (°C)	TEMP. REFRIGERANTE MOTOR (°C)	TEMP. COMBUSTIBLE (°C)				
JERUSALEM		2300		6:00	0,78	13	40	82	58				
PRUEBA	RPM (Rev)	APS 1 (%)	APS 2 (%)	PRESIÓN RIEL (bar)	FLUJO DE AIRE (mg/str)	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO (mg/str)	AVANCE INYECCIÓN PRINCIPAL (°)	AVANCE INYECCIÓN PILOTO (°)	PRESIÓN TURBO (bar)	SENSOR DETON.	TURBO DUTY (%)	EGR DUTY (%)	IMV DUTY (%)
1	0	0,00	0	0	590	0,00	0,40	20,20	0,720	0	9,8	0,0	3,1
2	RALENTI	0,00	0	240	340	6,50	0,40	30,00	0,730	36	84,6	0,0	34,1
3	1800	4,30	2,23	420	420	6,00	3,30	38,50	0,930	128	70,1	0,0	32,9
4	2500	7,00	3,56	490	470	8,00	6,10	39,90	1,070	136	58,4	0,0	32,5
5	3500	7,40	3,72	580	550	7,50	10,30	42,70	1,220	204	61,5	0,0	31,7

### PRUEBA ESTÁTICA (0 msnm)

SECTOR		ALTURA (m)		HORA (hh:mm)	PRESIÓN ATM. (bar)	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. AIRE MOTOR (°C)	TEMP. REFRIGERANTE MOTOR (°C)	TEMP. COMBUSTIBLE (°C)				
VÍA ATACAMES-SUA		0		8:00	1,01	25	53	78	56				
PRUEBA	RPM (Rev)	APS 1 (%)	APS 2 (%)	PRESIÓN RIEL (bar)	FLUJO DE AIRE (mg/str)	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO (mg/str)	AVANCE INYECCIÓN PRINCIPAL (°)	AVANCE INYECCIÓN PILOTO (°)	PRESIÓN TURBO (bar)	SENSOR DETON.	TURBO DUTY (%)	EGR DUTY (%)	IMV DUTY (%)
1	0	0	0	0	155	0	-1	15,45	1,01	0	10,2	0	3,1
2	RALENTI	0	0	240	470	5	-1	24,4	1,01	44	84,6	0	34,1
3	1800	6,2	3,92	420	510	6,5	-1	35,7	1,14	100	79,5	0	32,9
4	2500	7	4,08	490	510	7	0,4	37	1,31	120	58,4	0	32,5
5	3500	7,4	4,45	5,8	510	6,7	1,2	39,5	1,35	155	53,7	0	31,7



**ANEXO 7**  
**TABLAS DE REGISTRO PARA PRUEBAS DINÁMICAS**  
**(0 msnm Y 2300 msnm)**

## TABLA DE REGISTRO PARA PRUEBAS DINÁMICAS

### PRUEBA DINÁMICA (2300 msnm)

SECTOR	ALTURA (m)	HORA (hh:mm)	PRESIÓN ATM. (bar)	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. AIRE MOTOR (°C)	TEMP. REFRIGERANTE MOTOR (°C)
<i>Jerusalem</i>	<i>2300 msnm</i>	<i>6h00</i>	<i>0,78</i>	<i>13</i>	<i>40</i>	<i>82</i>

PRUEBA (seg)	VELOCIDAD TEORICA (km/h)	RPM (Rev)	VELOCIDAD (km/h)	APS 1 (%)	APS2 (%)	PRESIÓN RIEL (bar)	FLUJO DE AIRE (mg/str)	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO (mg/str)	AVANCE INYECCIÓN PRINCIPAL (°)	AVANCE INYECCIÓN PILOTO (°)	PRESIÓN TURBO (bar)	SENSOR DETON.	TEMP. COMB. (°C)
0	0	864	0	0,00	0,00	240	370	6,50	0,40	28,60	0,790	40	58
2,5	0	864	0	0,00	0,00	240	370	7,00	0,40	28,60	0,800	40	58
5	0	864	0	0,00	0,00	240	370	7,00	0,40	28,60	0,800	40	58
7,5	10	1952	13	56,00	27,92	780	450	28,50	0,40	35,70	1,050	140	58
10	20	2400	18	0,00	0,00	440	510	23,00	0,40	34,03	1,520	128	58
12,5	30	2240	27	22,70	11,24	820	670	23,00	0,40	34,30	1,620	148	58
15	40	1984	40	11,70	5,44	680	660	15,50	1,80	37,10	1,560	124	58
17,5	40	1984	41	0,00	0,00	460	600	4,00	3,30	38,50	1,380	116	58
20	40	1984	40	5,40	2,20	420	540	3,50	3,30	38,50	1,200	108	58
22,5	40	1952	40	0,70	0,06	430	510	2,00	3,30	38,50	1,160	120	58
25	40	1376	39	0,00	0,00	380	470	0,00	1,80	39,90	1,050	108	58
27,5	40	1248	40	7,00	3,09	360	400	10,00	-1,00	37,10	0,880	68	58
30	40	1248	40	6,20	3,09	330	400	9,00	-1,00	37,10	0,880	60	58
32,5	40	1260	40	13,30	5,96	441	400	10,50	-1,00	37,10	0,890	68	58
35	40	1344	42	67,40	33,38	630	440	31,00	0,40	38,50	1,020	68	58
37,5	45	1472	46	50,90	24,97	700	550	36,00	-1,00	37,10	1,310	84	58
40	50	1664	52	28,20	13,86	720	690	31,50	-2,40	35,70	1,630	96	58
42,5	55	1792	56	18,80	9,37	740	690	21,50	0,40	35,70	1,640	112	58
45	60	1856	59	5,00	1,59	430	490	6,00	1,80	38,50	1,130	124	58
47,5	60	1856	60	10,90	4,57	530	510	12,00	1,80	37,10	1,190	120	58
50	60	1850	58	10,50	4,42	530	500	12,00	1,80	37,10	1,180	116	58
52,5	60	1888	59	10,90	4,86	500	510	12,20	1,80	37,10	1,170	120	58
55	60	1900	60	11,00	4,96	520	510	12,20	1,80	37,10	1,230	121	58
57,5	60	1886	60	10,50	4,41	520	500	12,00	1,80	37,10	1,230	120	58
60	60	1901	60	10,90	4,79	530	510	12,00	1,80	37,10	1,190	120	58
62,5	60	1856	59	10,50	4,85	500	500	12,00	1,80	37,10	1,180	124	58
65	60	1856	60	10,90	5,29	530	510	12,00	1,80	37,10	1,190	120	57
67,5	55	1760	54	0,00	0,00	380	410	0,00	3,30	38,50	0,920	132	57
70	50	1600	49	0,00	0,00	330	390	0,00	1,80	39,90	0,880	88	57
72,5	45	1440	44	0,00	0,00	270	400	0,00	1,80	41,30	0,860	72	57
75	40	1952	40	0,00	0,00	410	400	0,00	3,30	38,50	0,880	84	57
77,5	40	2016	41	0,00	0,00	420	370	0,00	3,30	38,50	0,840	108	57
80	40	1888	39	0,00	0,00	410	410	0,00	3,30	38,50	0,900	100	57
82,5	40	1920	40	9,00	4,16	500	520	9,00	1,80	37,10	1,190	116	57
85	40	1920	40	7,00	3,12	440	490	6,50	1,80	38,50	1,130	112	57
87,5	40	1920	40	7,00	3,10	420	480	6,00	1,80	38,50	1,100	100	57
90	40	1888	38	9,40	3,80	480	480	6,50	1,80	38,50	1,110	112	57
92,5	40	1952	40	9,00	4,28	500	510	8,50	1,80	37,10	1,170	116	57
95	40	1984	40	8,60	4,24	480	500	7,00	1,80	38,50	1,160	116	57
97,5	30	1536	31	0,00	0,00	340	400	0,00	1,80	39,90	0,880	128	58
100	20	864	20	0,00	0,00	220	390	6,50	0,40	28,60	0,810	40	58
102,5	10	864	12	0,00	0,00	250	370	6,50	0,40	28,60	0,800	40	58
105	0	896	0	0,00	0,00	240	380	6,50	0,40	28,60	0,790	40	58
107,5	0	864	0	0,00	0,00	260	370	6,50	0,40	28,60	0,790	40	58
110	0	864	0	0,00	0,00	240	370	6,50	0,40	28,60	0,790	40	58

**TABLA DE REGISTRO PARA PRUEBAS DINÁMICAS**

**PRUEBA DINÁMICA (2300 msnm)**

SECTOR	ALTURA (m)	HORA (hh:mm)	PRESIÓN ATM. (bar)	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. AIRE MOTOR (°C)	TEMP. REFRIGERANTE MOTOR (°C)
<i>Jerusalem</i>	<i>2300 msnm</i>	<i>6h00</i>	<i>0,78</i>	<i>13</i>	<i>40</i>	<i>82</i>

PRUEBA (seg)	VELOCIDAD TEORICA (km/h)	RPM (Rev)	VELOCIDAD (km/h)	APS 1 (%)	APS2 (%)	PRESIÓN RIEL (bar)	FLUJO DE AIRE (mg/str)	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO (mg/str)	DUTY TURBO (%)	DUTY FLUJO (%)	DUTY EGR (%)	DUTY IMV (%)	TEMP. AIRE (°C)
0	0	864	0	0,00	0,00	240	370	6,50	84	570,0	0	32,9	39
2,5	0	864	0	0,00	0,00	240	370	7,00	84,6	570,0	0	32,9	39
5	0	864	0	0,00	0,00	240	370	7,00	84,5	570,0	0	32,9	39
7,5	10	1952	13	56,00	27,92	780	450	28,50	76,8	590,0	0	30,1	39
10	20	2400	18	0,00	0,00	440	510	23,00	53	570,0	0	31,5	39
12,5	30	2240	27	22,70	11,24	820	670	23,00	62,7	530,0	0	30,1	40
15	40	1984	40	11,70	5,44	680	660	15,50	64,6	620,0	0	32,1	40
17,5	40	1984	41	0,00	0,00	460	600	4,00	84,6	470,0	0	32,1	40
20	40	1984	40	5,40	2,20	420	540	3,50	81,5	420,0	0	32,1	40
22,5	40	1952	40	0,70	0,06	430	510	2,00	71,3	420,0	0	32,5	40
25	40	1376	39	0,00	0,00	380	470	0,00	82,3	460,0	0	39,2	40
27,5	40	1248	40	7,00	3,09	360	400	10,00	84,6	580,0	0	32,1	40
30	40	1248	40	6,20	3,09	330	400	9,00	84,6	580,0	0	32,1	39
32,5	40	1260	40	13,30	5,96	441	400	10,50	84,6	580,0	0	32,5	41
35	40	1344	42	67,40	33,38	630	440	31,00	78,4	720,0	0	30,9	42
37,5	45	1472	46	50,90	24,97	700	550	36,00	84,6	700,0	0	29,7	42
40	50	1664	52	28,20	13,86	720	690	31,50	66,2	650,0	0	30,5	41
42,5	55	1792	56	18,80	9,37	740	690	21,50	65	460,0	0	30,9	40
45	60	1856	59	5,00	1,59	430	490	6,00	84,6	380,0	0	31,7	39
47,5	60	1856	60	10,90	4,57	530	510	12,00	84,6	350,0	0	31,7	43
50	60	1850	58	10,50	4,42	530	500	12,00	84,6	350,0	0	31,7	43
52,5	60	1888	59	10,90	4,86	500	510	12,20	84,6	350,0	0	31,7	39
55	60	1900	60	11,00	4,96	520	510	12,20	84,6	340,0	0	32	39
57,5	60	1886	60	10,50	4,41	520	500	12,00	84,6	350,0	0	32	39
60	60	1901	60	10,90	4,79	530	510	12,00	84,6	350,0	0	31,7	43
62,5	60	1856	59	10,50	4,85	500	500	12,00	71,3	350,0	0	31,7	43
65	60	1856	60	10,90	5,29	530	510	12,00	83,8	550,0	0	31,7	42
67,5	55	1760	54	0,00	0,00	380	410	0,00	77,2	650,0	0	32,9	42
70	50	1600	49	0,00	0,00	330	390	0,00	84,6	680,0	0	34,8	42
72,5	45	1440	44	0,00	0,00	270	400	0,00	84,6	660,0	0	33,7	42
75	40	1952	40	0,00	0,00	410	400	0,00	70,5	620,0	0	33,3	42
77,5	40	2016	41	0,00	0,00	420	370	0,00	73,6	620,0	0	32,9	42
80	40	1888	39	0,00	0,00	410	410	0,00	82,3	630,0	0	33,7	42
82,5	40	1920	40	9,00	4,16	500	520	9,00	71,3	490,0	0	32,1	42
85	40	1920	40	7,00	3,12	440	490	6,50	69,7	480,0	0	32,1	42
87,5	40	1920	40	7,00	3,10	420	480	6,00	81,9	480,0	0	32,1	42
90	40	1888	38	9,40	3,80	480	480	6,50	72,1	490,0	0	32,5	42
92,5	40	1952	40	9,00	4,28	500	510	8,50	81,9	520,0	0	32,1	42
95	40	1984	40	8,60	4,24	480	500	7,00	83,1	510,0	0	32,1	42
97,5	30	1536	31	0,00	0,00	340	400	0,00	84,6	670,0	0	33,7	39
100	20	864	20	0,00	0,00	220	390	6,50	84,6	580,0	0	32,5	39
102,5	10	864	12	0,00	0,00	250	370	6,50	84,6	580,0	0	32,5	40
105	0	896	0	0,00	0,00	240	380	6,50	84,6	580,0	0	32,9	40
107,5	0	864	0	0,00	0,00	260	370	6,50	84,6	580,0	0	32,9	40
110	0	864	0	0,00	0,00	240	370	6,50	84,6	610	0	32,9	40

## TABLA DE REGISTRO PARA PRUEBAS DINÁMICAS

### PRUEBA DINÁMICA (0 msnm)

SECTOR	ALTURA (m)	HORA (hh:mm)	PRESIÓN ATM. (bar)	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. AIRE MOTOR (°C)	TEMP. REFRIGERANTE MOTOR (°C)
VIA ATACAMES -SUA	0	8:20	1,01	25	53	79

PRUEBA (seg)	VELOCIDAD TEÓRICA (km/h)	RPM (Rev)	VELOCIDAD (km/h)	APS 1 (%)	APS 2 (%)	PRESIÓN RIEL (bar)	FLUJO DE AIRE (mg/str)	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECCIONADO (mg/str)	AVANCE INYECCIÓN PRINCIPAL (°)	AVANCE INYECCIÓN PILOTO (°)	PRESIÓN TURBO (bar)	SENSOR DETON.	TEMP. COMB (°C)
0	0	768	0	0,00	0,00	250	490	5,50	-1,00	24,40	1,020	40	52
2,5	0	768	0	0,00	0,00	240	480	5,50	-1,00	24,00	1,020	40	52
5	0	768	0	0,00	0,00	240	480	5,50	-1,00	24,00	1,020	40	52
7,5	10	1440	9	15,20	7,55	520	610	25,00	-2,40	37,00	1,420	100	52
10	20	1760	23	30,10	14,98	820	630	24,50	-2,40	34,30	1,290	104	52
12,5	30	2176	33	31,70	15,72	730	610	31,50	-3,80	34,30	1,330	136	52
15	40	1920	39	10,90	4,76	840	770	7,00	-1,00	34,30	1,820	140	52
17,5	40	1728	40	0,00	0,00	410	610	0,00	0,40	37,10	1,390	108	52
20	40	1312	42	11,30	5,55	510	550	17,50	-2,40	35,70	1,250	92	52
22,5	40	1344	42	5,00	2,07	300	520	6,00	-2,40	37,10	1,160	72	52
25	40	1312	41	3,50	1,66	300	500	4,00	-1,00	38,50	1,110	80	52
27,5	40	1312	41	4,70	1,88	290	500	5,50	-1,00	37,10	1,110	76	52
30	40	1312	41	4,70	2,02	300	500	5,50	-2,40	37,10	1,110	64	52
32,5	40	1280	40	4,70	1,60	280	490	5,50	-2,40	37,10	1,110	76	52
35	40	1280	40	7,00	2,75	310	500	10,50	-2,40	35,70	1,110	76	52
37,5	45	1408	44	27,00	12,57	590	530	32,50	-1,00	38,50	1,200	92	52
40	50	1600	51	13,30	6,45	560	580	16,00	-2,40	35,70	1,290	108	52
42,5	55	1792	56	16,40	7,71	690	670	21,50	-2,40	34,30	1,500	132	52
45	60	1888	59	9,80	4,48	510	530	10,00	-1,00	34,30	1,200	120	52
47,5	60	1888	59	8,20	4,06	460	540	7,00	-1,00	34,30	1,210	112	52
50	60	1888	59	3,90	1,82	410	530	3,00	0,40	35,70	1,160	104	52
52,5	60	1856	59	5,40	2,29	400	500	5,00	-1,00	35,70	1,158	128	52
55	60	1856	60	14,10	6,43	600	590	19,00	-2,40	34,30	1,330	128	52
57,5	60	1888	60	11,70	5,47	570	560	13,00	-1,00	34,30	1,230	120	52
60	60	1856	60	12,90	5,97	590	580	15,00	-1,00	34,30	1,290	132	52
62,5	60	1888	59	12,10	5,42	590	570	13,50	-1,00	34,30	1,260	132	52
65	60	1888	59	7,80	3,57	520	550	13,00	-1,00	34,30	1,220	132	52
67,5	55	1728	54	2,70	1,08	370	510	2,50	0,40	35,70	1,110	80	52
70	50	1088	47	0,00	0,00	230	470	0,00	0,40	32,90	1,050	80	52
72,5	45	2048	43	0,00	0,00	420	430	0,00	0,40	35,70	1,010	92	52
75	40	2016	41	0,00	0,00	420	430	0,00	0,40	35,70	1,100	108	52
77,5	40	1952	40	1,50	0,63	410	430	2,00	0,40	35,70	1,140	140	52
80	40	1984	40	2,70	0,96	390	400	1,50	0,40	35,70	1,120	100	52
82,5	40	1248	39	21,10	10,42	600	530	28,00	0,40	38,50	1,170	84	52
85	40	1280	40	17,60	8,02	550	540	21,50	-2,40	35,70	1,220	76	52
87,5	40	1280	40	11,70	4,97	490	530	13,00	-2,40	35,70	1,210	84	52
90	40	1248	39	5,40	2,01	310	510	9,00	-2,40	35,70	1,140	80	52
92,5	40	1216	39	6,20	2,99	310	530	9,00	-2,40	35,70	1,150	68	52
95	40	1216	37	1,50	0,61	280	500	8,50	-2,40	35,70	1,110	76	52
97,5	30	1568	32	0,00	0,00	330	490	0,00	0,40	38,50	1,000	92	52
100	20	1024	23	0,00	0,00	270	450	0,00	-1,00	31,50	1,070	88	52
102,5	10	768	12	0,00	0,00	240	490	5,50	-1,00	24,40	1,030	44	52
105	0	768	1	0,00	0,00	250	480	4,50	-1,00	27,20	1,040	44	52
107,5	0	768	0	0,00	0,00	240	490	5,50	-1,00	24,40	1,040	48	52
110	0	768	0	0,00	0,00	250	490	5,00	-1,00	24,40	1,038	44	52

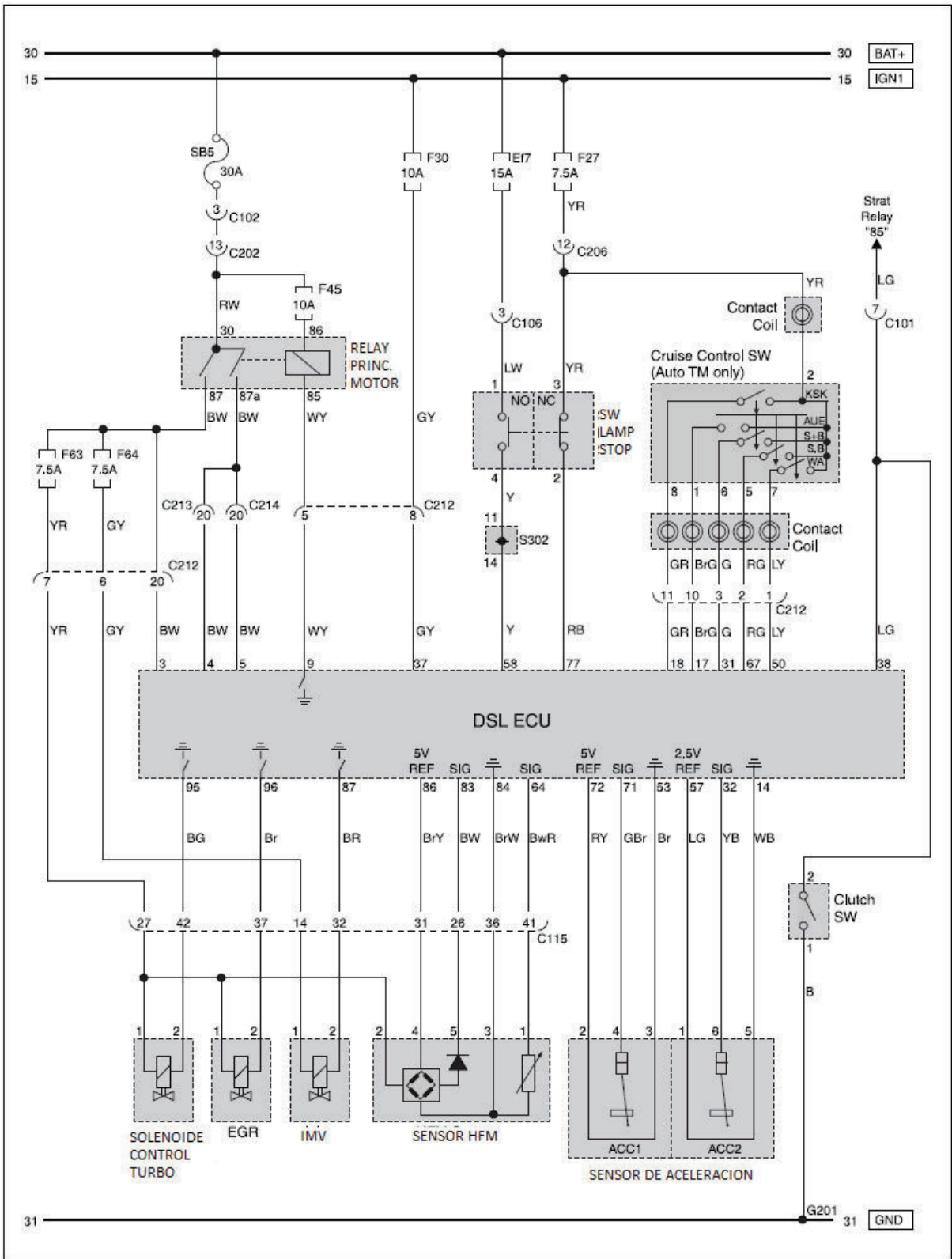
**TABLA DE REGISTRO PARA PRUEBAS DINÁMICAS**

**PRUEBA DINÁMICA (0 msnm)**

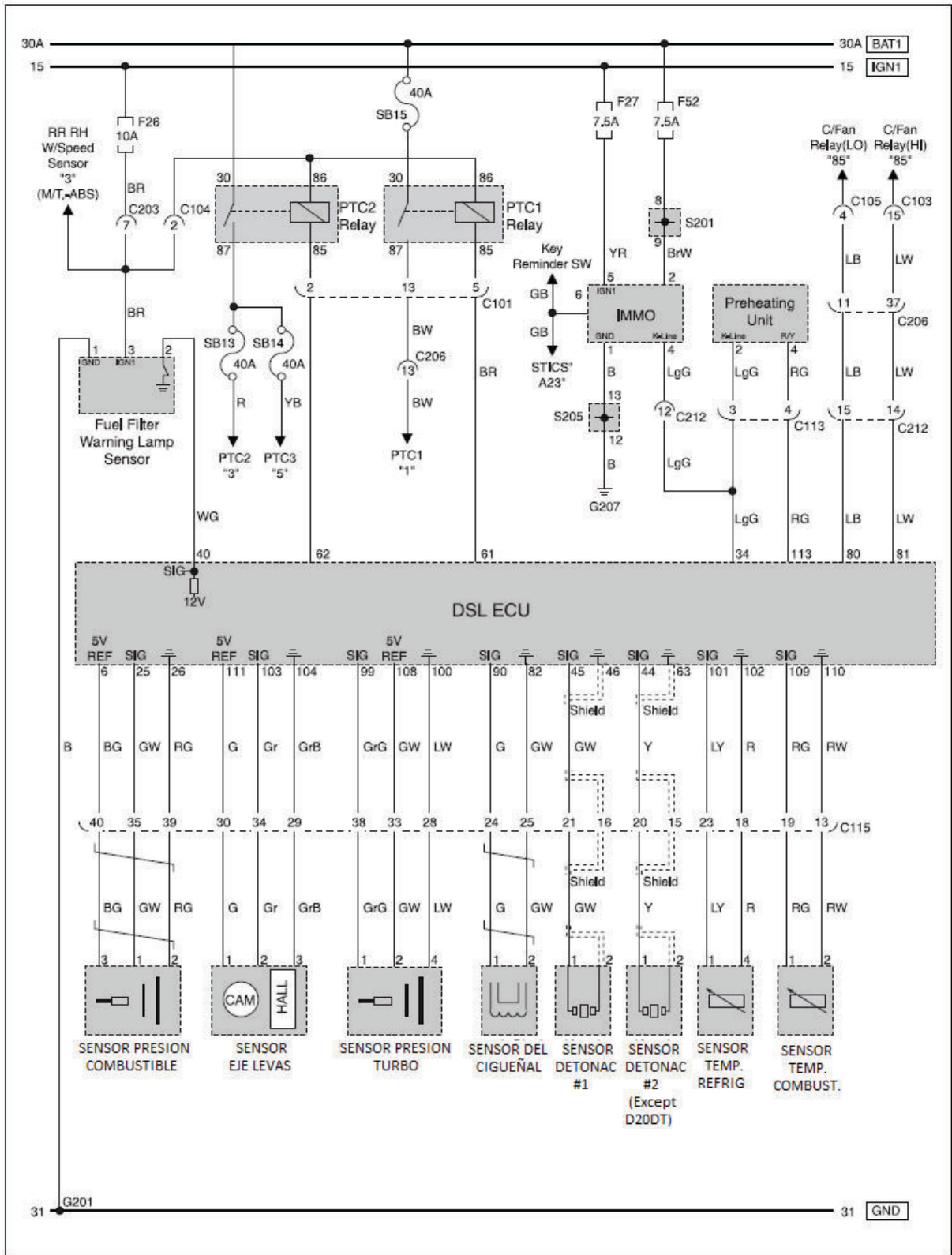
SECTOR	ALTURA (m)	HORA (hh:mm)	PRESIÓN ATM. (bar)	TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMP. AIRE MOTOR (°C)	TEMP. REFRIGERANTE MOTOR (°C)
ATACAMES - SUA	0	8:20	1,01	25	53	79

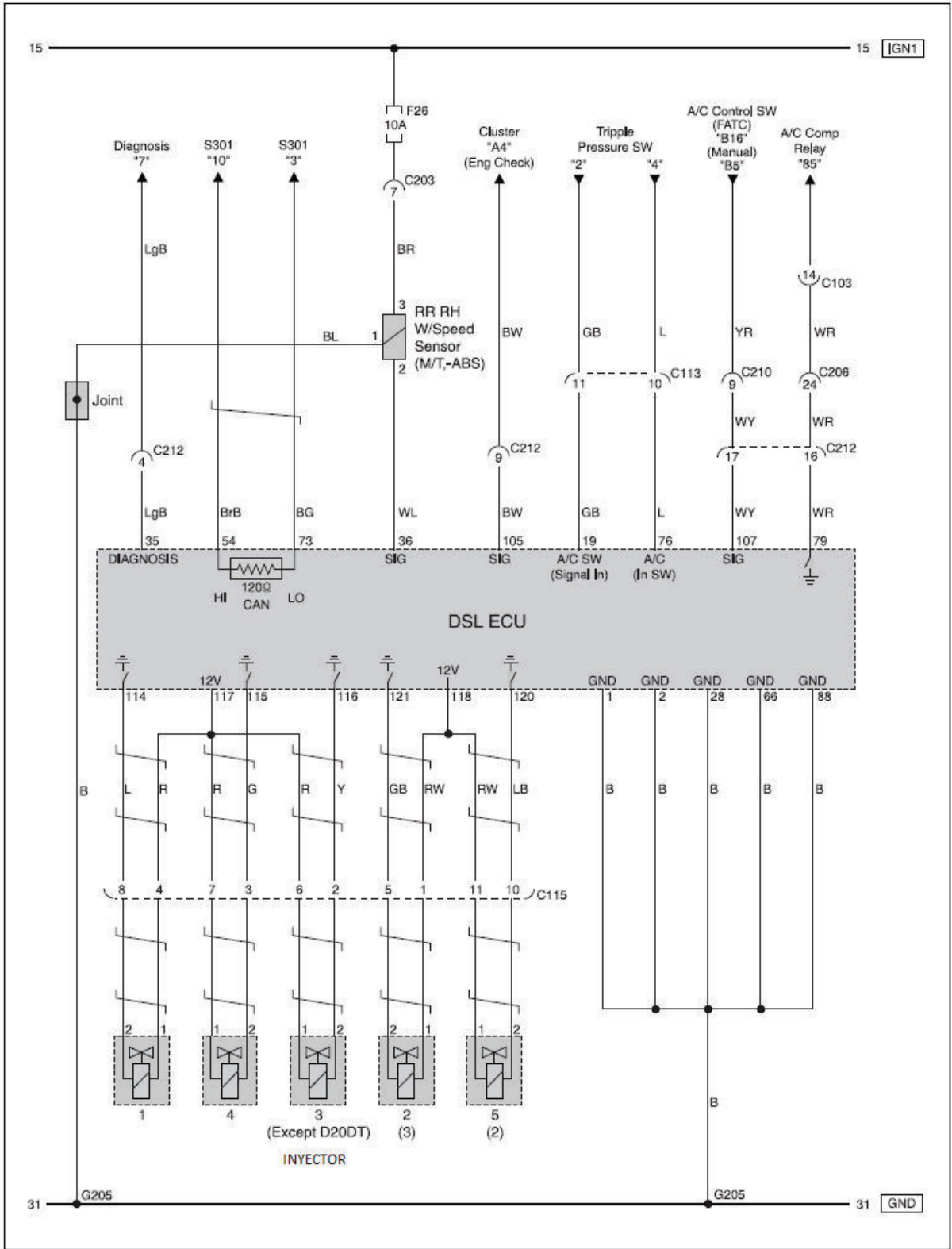
PRUEBA (seg)	VELOCIDAD TEÓRICA (km/h)	RPM (Rev)	VELOCIDAD (km/h)	APS 1 (%)	APS 2 (%)	PRESIÓN RIEL (bar)	FLUJO DE AIRE (mg/str)	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INYECTADO (mg/str)	DUTY TURBO (%)	DUTY FLUJO (%)	DUTY EGR (%)	DUTY IMV (%)	TEMP. AIRE (°C)
0	0	768	0	0,00	0,00	240	490	5,50	84,6	490	0,0	33,3	50
2,5	0	768	0	0,00	0,00	240	480	5,50	84,6	490	0,0	33,3	50
5	0	768	0	0,00	0,00	240	480	5,50	84,6	490	0,0	33,7	50
7,5	10	1440	9	15,20	7,55	520	610	25,00	58	620	35,6	29,7	50
10	20	1760	23	30,10	14,98	630	630	24,50	57,6	680	32,5	30,5	50
12,5	30	2176	33	31,70	15,72	730	610	31,50	58	410	35,2	31,7	50
15	40	1920	39	10,90	4,76	840	770	7,00	48,2	520	64,6	42,3	50
17,5	40	1728	40	0,00	0,00	410	610	0,00	48,2	630	47,8	35,6	50
20	40	1312	42	11,30	5,55	510	550	17,50	60,7	560	60,7	32,1	50
22,5	40	1344	42	5,00	2,07	300	520	60,00	58,4	500	33,3	32,5	50
25	40	1312	41	3,50	1,66	300	500	4,00	58,4	480	35,6	32,9	50
27,5	40	1312	41	4,70	1,88	290	500	5,50	58,4	490	38,0	33,3	50
30	40	1312	41	4,70	2,02	300	500	5,50	58,4	490	39,2	32,9	50
32,5	40	1280	40	4,70	1,60	280	490	5,50	46,2	490	40,3	32,9	50
35	40	1280	40	7,00	2,75	310	500	10,50	48,2	530	39,5	31,7	50
37,5	45	1408	44	27,00	12,57	590	530	32,50	61,1	680	0,0	30,9	50
40	50	1600	51	13,30	6,45	560	580	16,00	52,1	620	0,0	31,7	50
42,5	55	1792	56	16,40	7,71	690	670	21,50	50,5	600	0,0	31,7	50
45	60	1888	59	9,80	4,48	510	530	10,00	53,3	590	5,8	32,1	50
47,5	60	1888	59	8,20	4,06	460	540	7,00	44,6	550	0,0	32,5	50
50	60	1888	59	3,90	1,82	410	530	3,00	46,2	470	39,5	32,9	50
52,5	60	1856	59	5,40	2,29	400	500	5,00	46,2	490	49,7	32,5	50
55	60	1856	60	14,10	6,43	600	590	19,00	39,2	640	0,0	31,7	50
57,5	60	1888	60	11,70	5,47	570	560	13,00	40,3	610	0,0	31,7	50
60	60	1856	60	12,90	5,97	590	580	15,00	52,9	620	3,1	31,7	50
62,5	60	1888	59	12,10	5,42	590	570	13,50	52,1	610	0,0	31,7	50
65	60	1888	59	7,80	3,57	520	550	13,00	51,7	610	2,7	32,1	50
67,5	55	1728	54	2,70	1,08	370	510	2,50	58,4	470	48,6	32,9	50
70	50	1088	47	0,00	0,00	230	470	0,00	46,2	460	52,5	40,3	50
72,5	45	2048	43	0,00	0,00	420	430	0,00	61,9	400	48,2	36,8	50
75	40	2016	41	0,00	0,00	420	430	0,00	66,2	390	50,9	33,7	50
77,5	40	1952	40	1,50	0,63	410	430	2,00	67	430	52,1	32,5	50
80	40	1984	40	2,70	0,96	390	400	1,50	60,3	400	35,2	34,1	50
82,5	40	1248	39	21,10	10,42	600	530	28,00	62,7	600	0,0	31,3	50
85	40	1280	40	17,60	8,02	550	540	21,50	60,3	570	0,0	32,1	50
87,5	40	1280	40	11,70	4,97	490	530	13,00	48,6	540	0,0	32,1	50
90	40	1248	39	5,40	2,01	310	510	9,00	47	510	31,7	32,5	50
92,5	40	1216	39	6,20	2,99	310	530	9,00	45,8	500	7,4	32,5	50
95	40	1216	37	1,50	0,61	280	500	8,50	45,8	500	30,5	32,5	50
97,5	30	1568	32	0,00	0,00	330	490	0,00	64,6	460	36,4	33,7	50
100	20	1024	23	0,00	0,00	270	450	0,00	62,3	470	52,9	33,3	50
102,5	10	768	12	0,00	0,00	240	490	0,00	76	490	47,4	32,9	50
105	0	768	1	0,00	0,00	250	480	5,00	51	500	47,0	33,7	50
107,5	0	768	0	0,00	0,00	260	480	5,00	61,1	490	45,4	33,3	50
110	0	768	0	0,00	0,00	250	490	5,00	66,2	490	45	33,7	50

**ANEXO 8**  
**DIAGRAMAS ELÉCTRICOS E**  
**INFORMACIÓN TÉCNICA SSANGYONG KYRON**



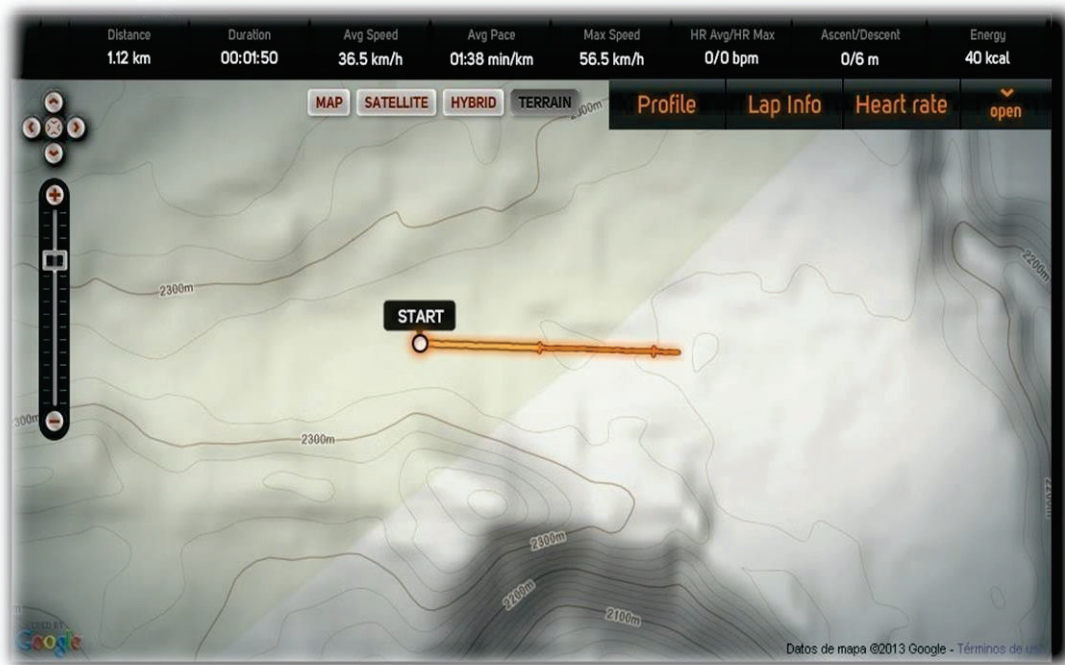




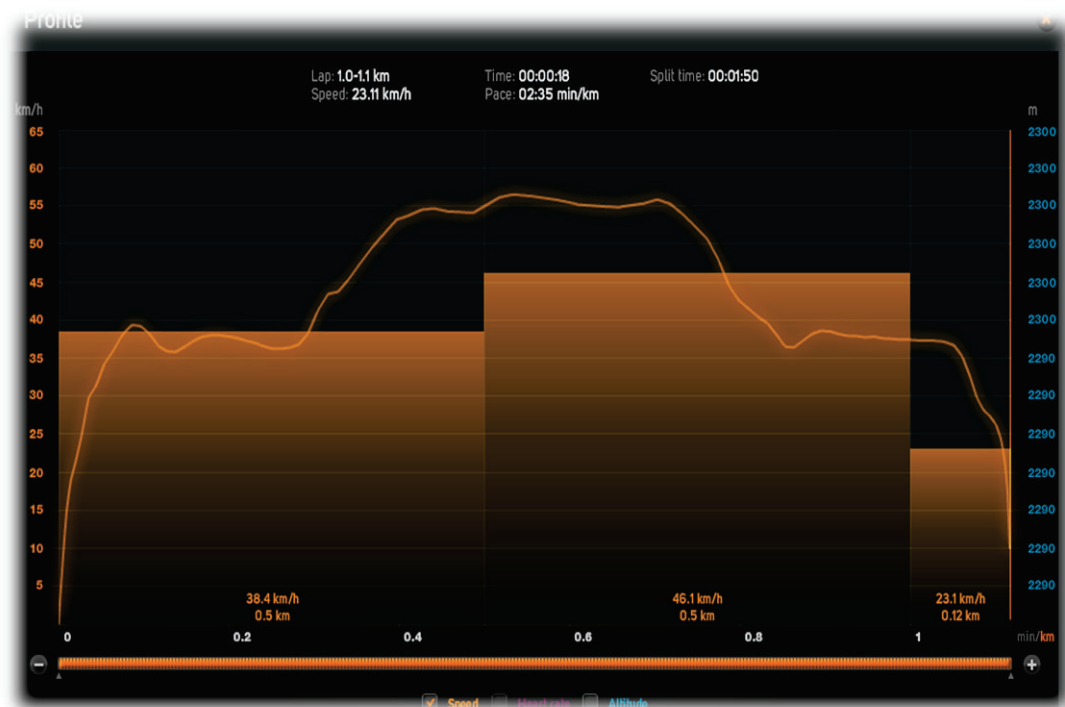


**ANEXO 9**  
**GRÁFICAS DE LAS PRUEBAS DE RUTA**  
**UTILIZANDO EL GPS**

## APLICACIÓN SPORTS-TRACKER



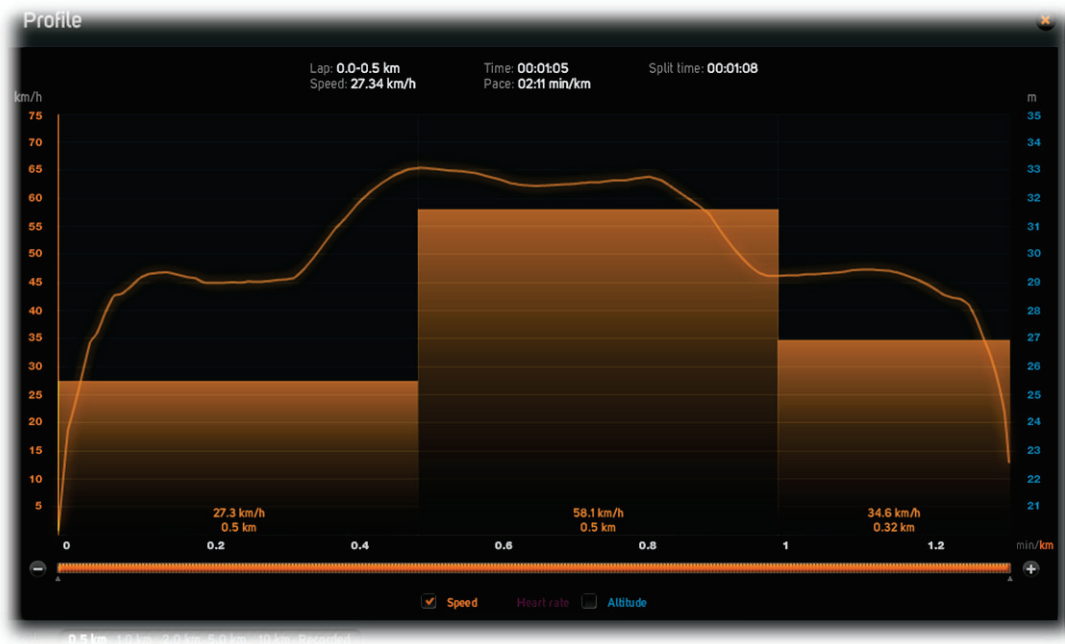
Punto de prueba vía Jerusalén 2300 msnm (Ubicación GPS)



Ciclo de manejo (Velocidad vs Tiempo) 2300 msnm (GPS)



**Punto de prueba vía Atacames –Sua 0 msnm (Ubicación GPS)**



**Ciclo de manejo (Velocidad vs Tiempo) 0 msnm (GPS)**

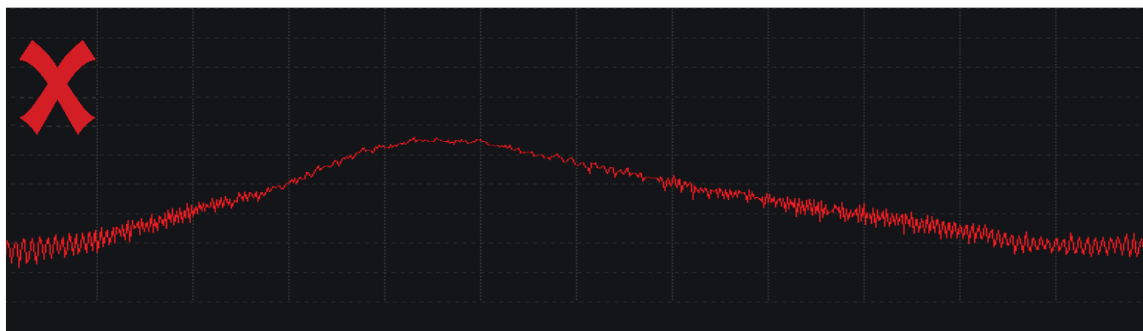
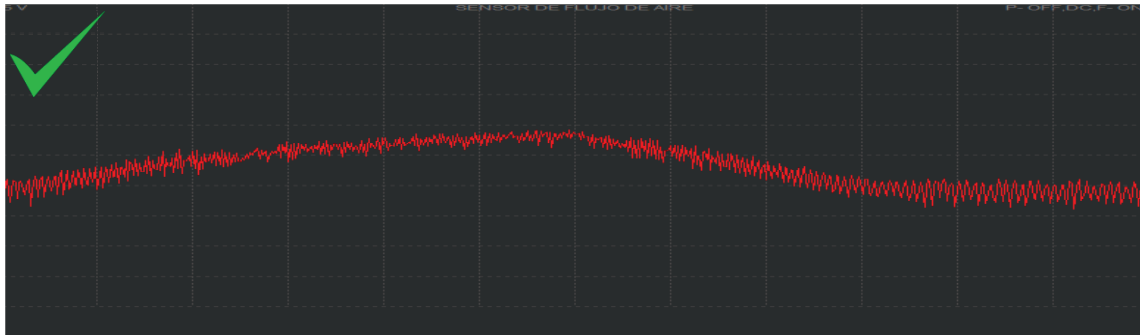
**ANEXO 10**  
**FORMAS DE ONDA OK vs FORMAS DE ONDA NOK**

## COMPARACIÓN DE FORMAS DE ONDA

Interpretar los fallos de formas de onda de los sensores y actuadores es complejo debido que una falla se la puede interpretar con diferentes problemas que la causa, a continuación se muestra las formas de onda en condiciones normales y formas de onda con falla

### FORMAS DE ONDA OK vs FORMAS DE ONDA NOK FORMAS DE ONDA DEL SENSOR FLUJO DE AIRE (HFM)

ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
500 mv	400 ms

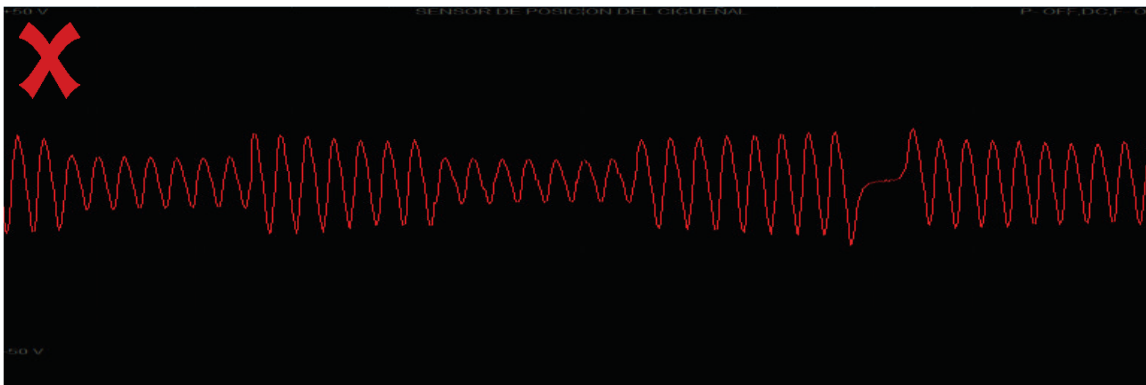
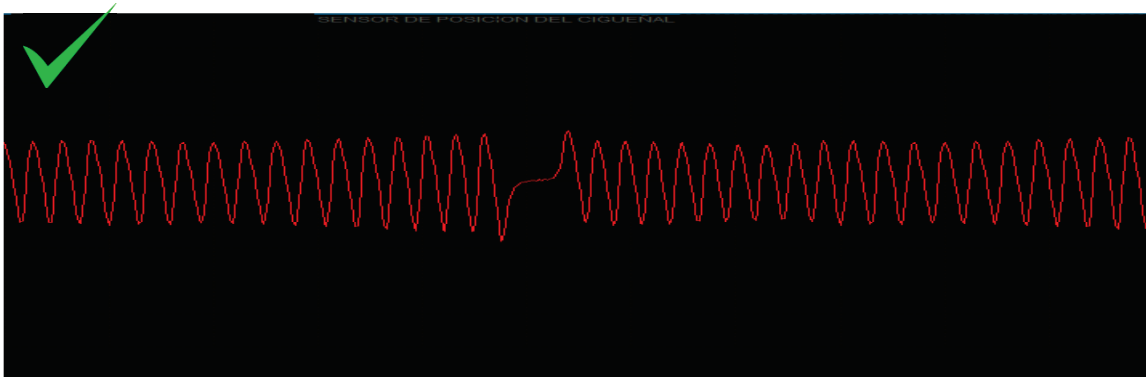


La forma de onda normal muestra aproximadamente un voltaje de 1,8 V en ralentí el voltaje se incrementa cuando el motor es acelerado y produce un pico dependiendo la demanda de aceleración, la caída de tensión de la señal es debido a que los cables se encuentran deteriorados y en mal estado.



## FORMAS DE ONDA SENSOR DE POSICION DEL CIGÜEÑAL

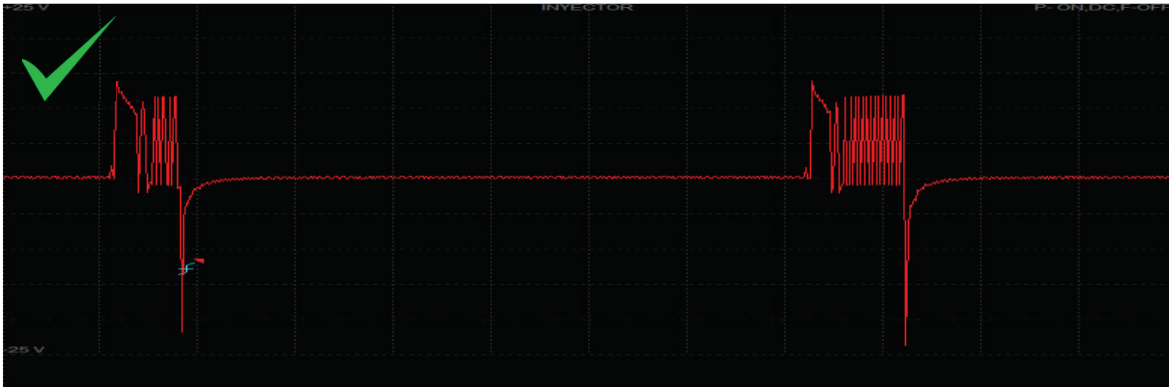
ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
10 V	4 ms



La forma de onda de este sensor mantiene una uniformidad en su amplitud en una determinada velocidad del motor y va incrementándose a medida que se aumente las revoluciones del motor, al producirse variaciones en la amplitud de la señal o discontinuidades en la forma de onda del sensor se debe a un cable que está tocando a tierra en algún punto.

## FORMA DE ONDA DEL INYECTOR

ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
5 V	0.8 ms

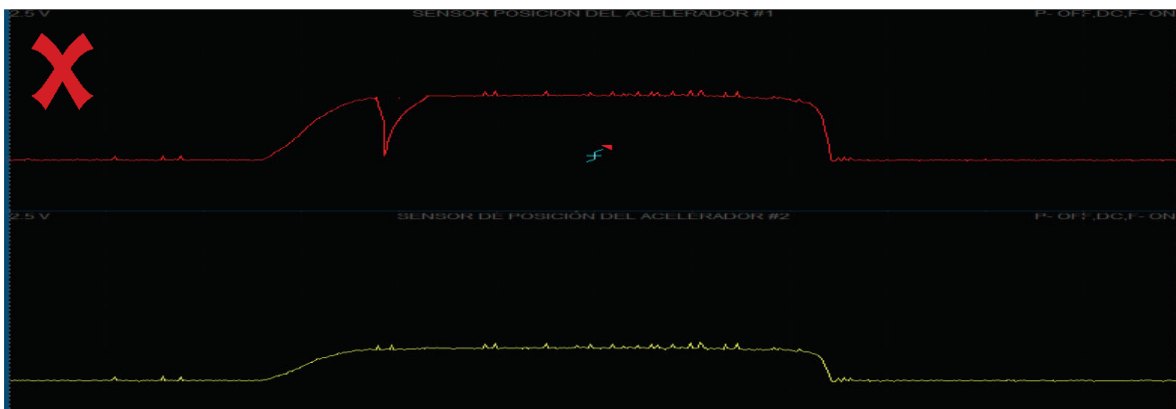
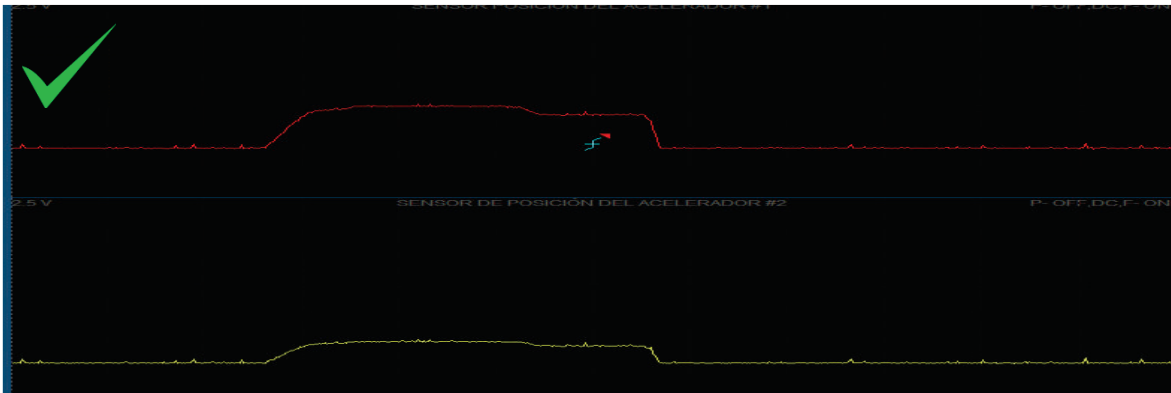


La forma de onda del inyector está compuesta de dos señales la inyección piloto y la principal como se muestra en la figura.

No tener la forma de onda del inyector se debe que la bobina interna del inyector se encuentra en mal estado y no va a enviar combustible hacia el motor.

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR APS

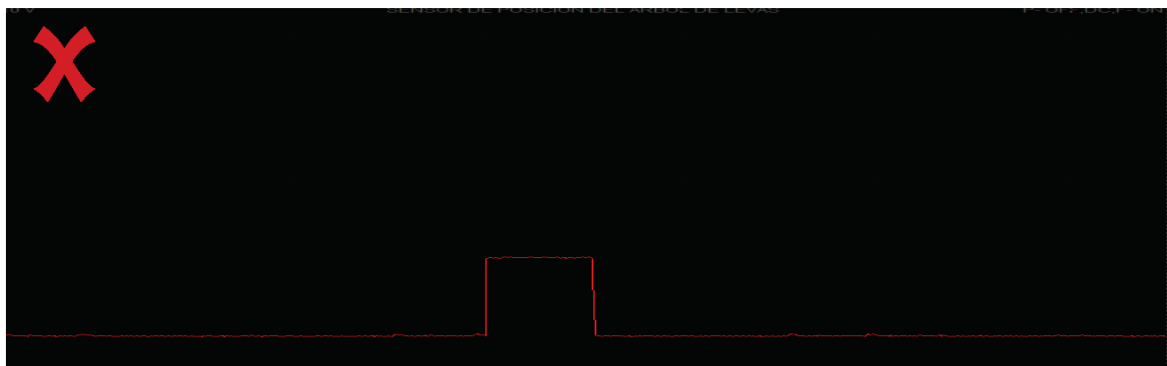
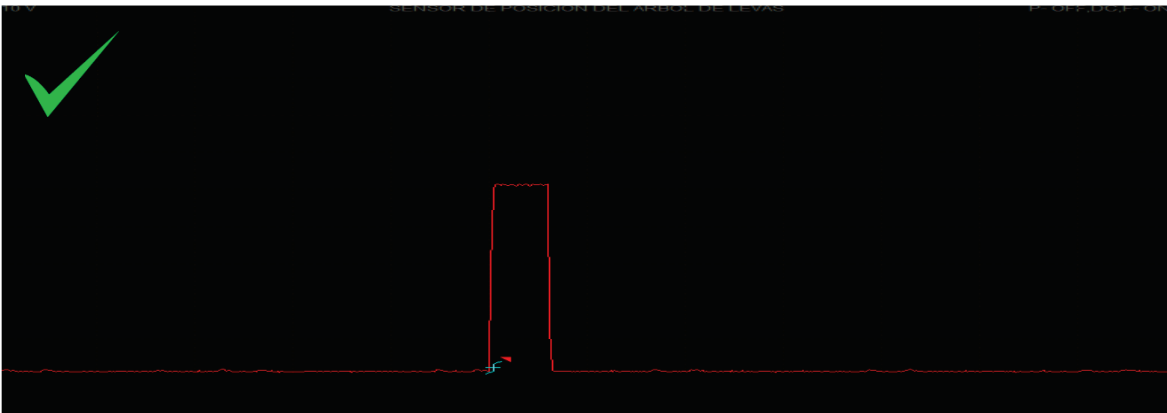
ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
250 mv	400 ms



Para este tipo de sensor existen dos señales las formas de ondas son similares pero en valor una es el doble de la otra. Para la forma de onda con defecto se muestra una discontinuidad en la señal debido a que existe un deterioro interno del sensor del pedal de aceleración y esto ocasiona que no envíe señales hacia la ECU. Esto causa que se genere un código de falla y por ende el auto no acelera.

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS (CMP)

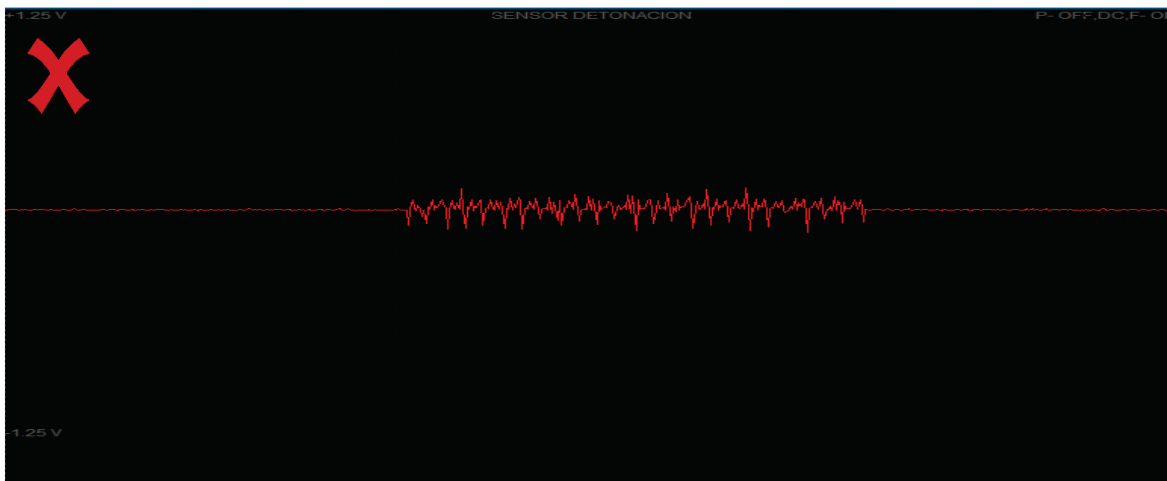
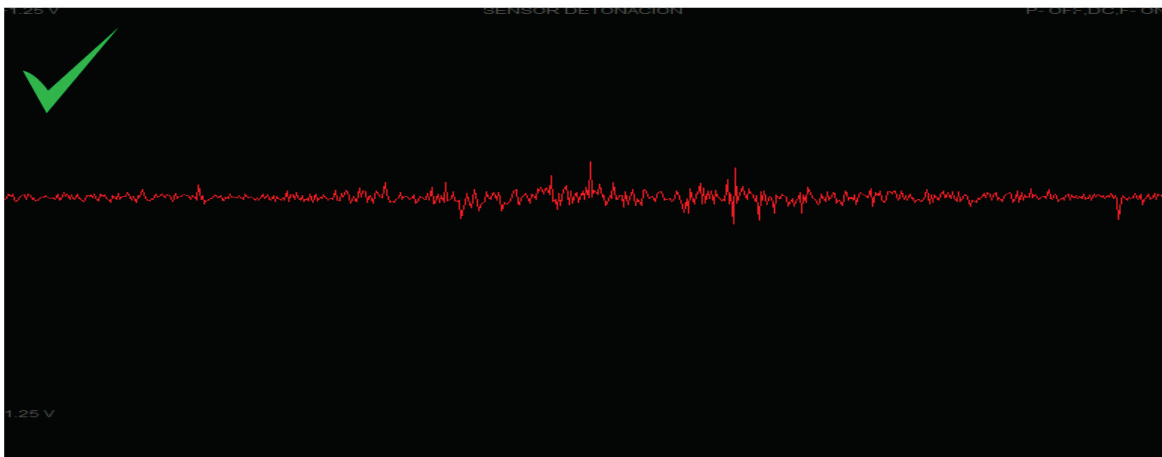
ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
1 V	4 ms



La forma de onda de este sensor mantiene a un voltaje constante de 5,22 voltios en cualquier condición de funcionamiento. Las Variaciones en el voltaje se debe que existe un problema interno en el sensor de posición del eje de levas, la cual hace que envíe parcialmente la señal.

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE DETONACIÓN

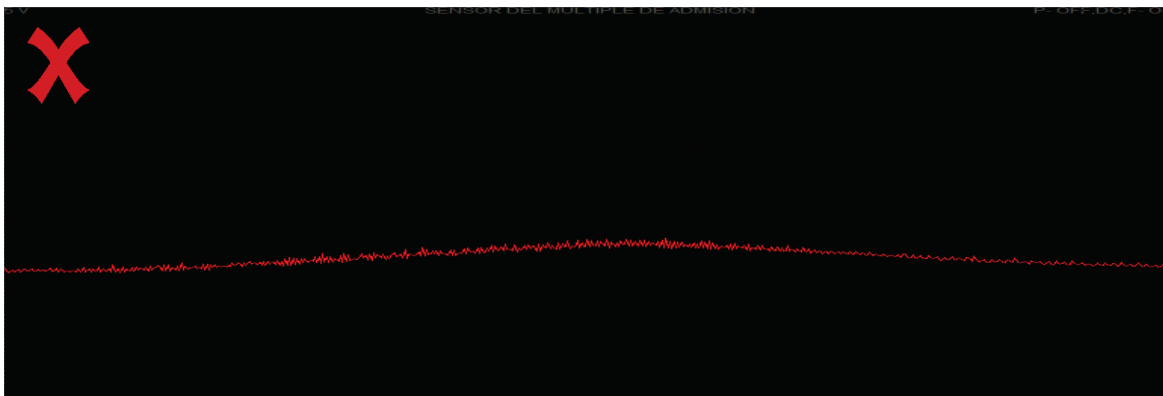
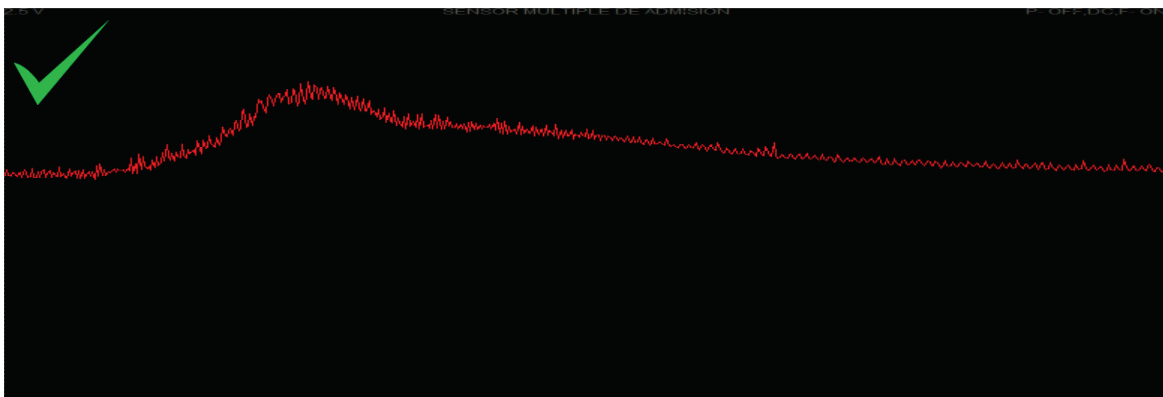
ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
250 mv	400 ms



El sensor de golpe tiene una forma de onda que genera un voltaje cuando se producen ruidos al interior del bloque del motor, el corte de la señal del sensor indica que se encuentra en mal estado el conector por eso a momentos se corta la señal del sensor porque ya no detecta los ruidos generados.

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO

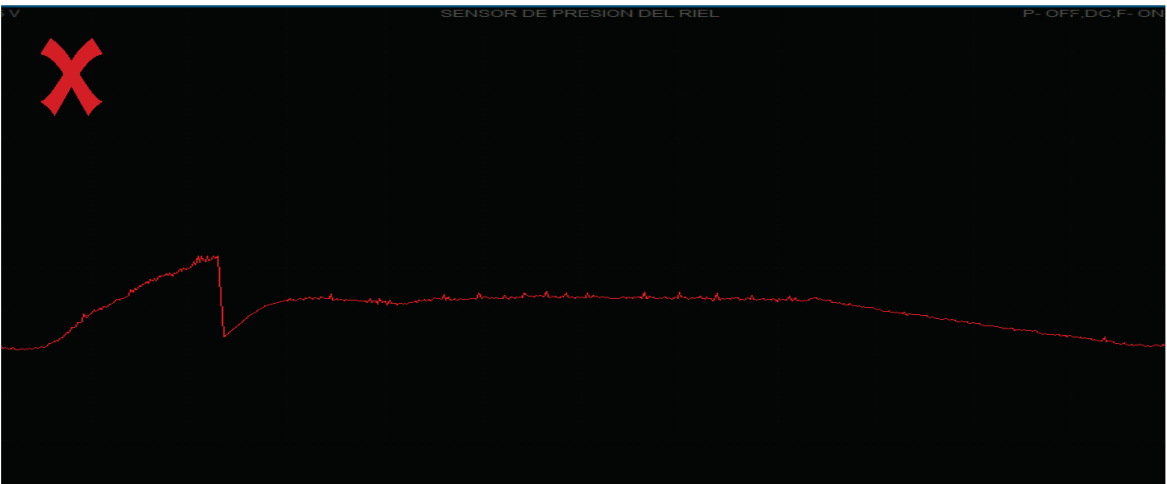
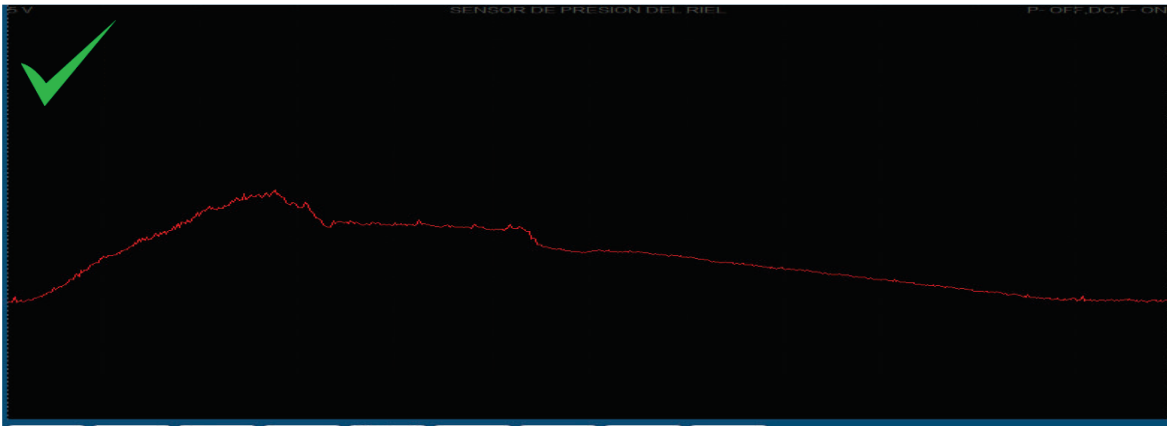
ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
250 mv	400 ms



La forma de onda normal muestra un incremento del voltaje al aumentar las revoluciones del motor en las diferentes condiciones de manejo, una baja señal de voltaje nos indica que el sensor se encuentra dañado y por ende el turbo no se encuentra trabajando.

## FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE PRESION DEL RIEL DE COMBUSTIBLE

ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
500 mv	400 ms

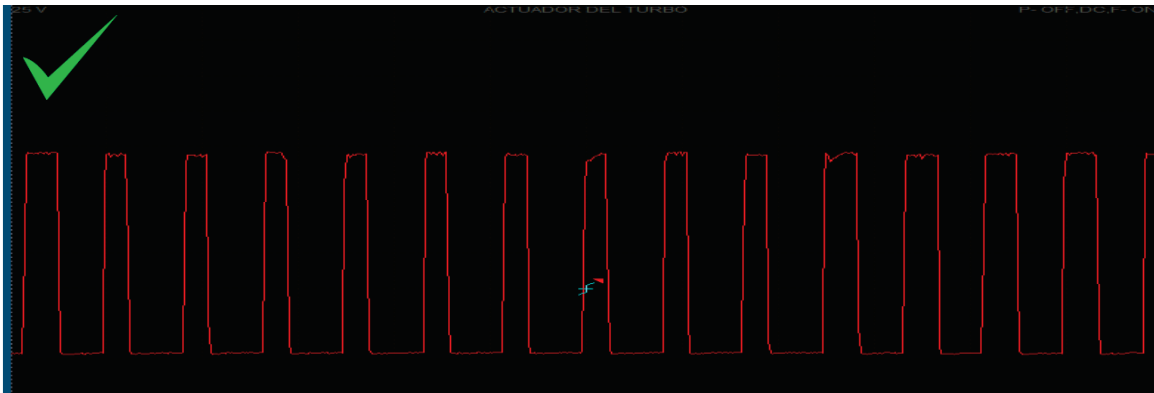


La forma de onda muestra que el voltaje aumenta mientras se incrementan las revoluciones del motor por el aumento de la presión en el riel común de combustible, la caída repentina del voltaje se debe a que los contactos del socket del sensor se encuentran en mal estado.



## FORMA DE ONDA DEL ACTUADOR DEL TURBO

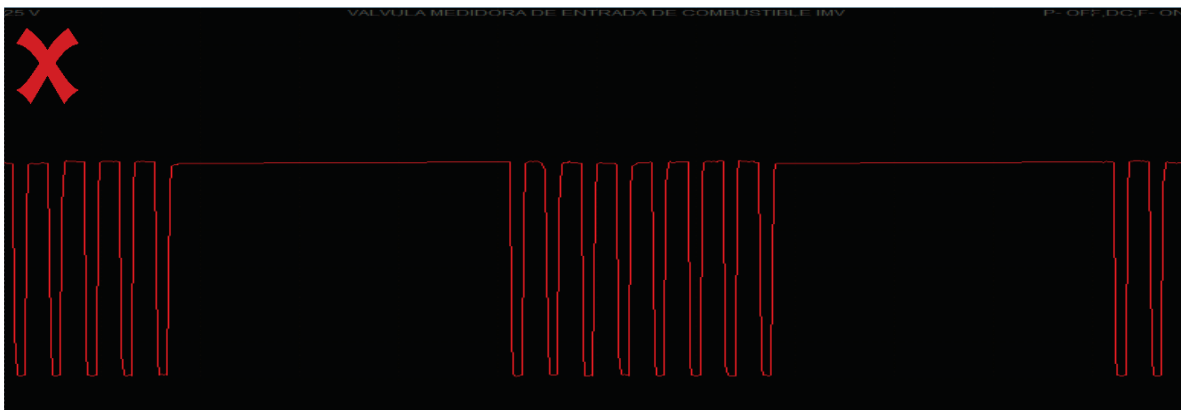
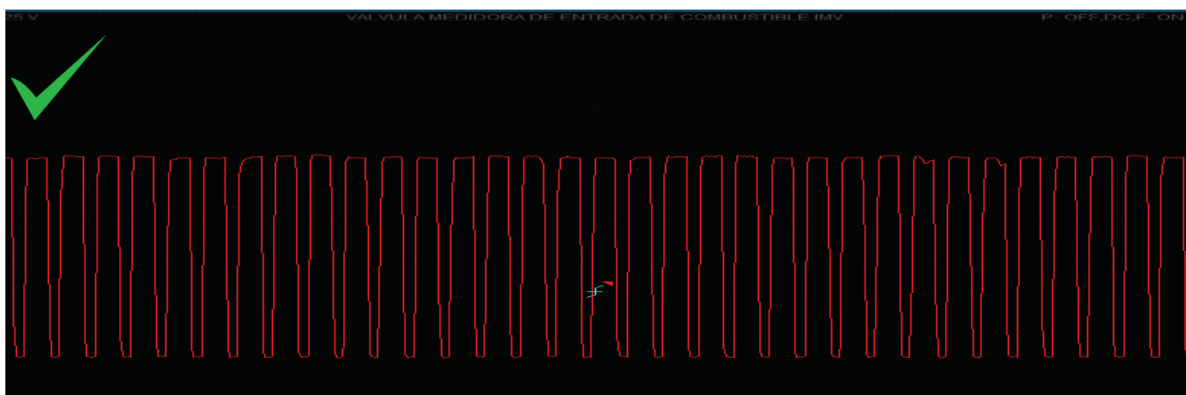
ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
2.5 V	4 ms



La forma de onda normal muestra una señal que determinan el funcionamiento del actuador del turbo, al tener una señal con alteraciones existe una anomalía interna en la unidad de control al existir falla en los drivers para el control de los actuadores.

## FORMA DE ONDA DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE INGRESO DE COMBUSTIBLE (IMV)

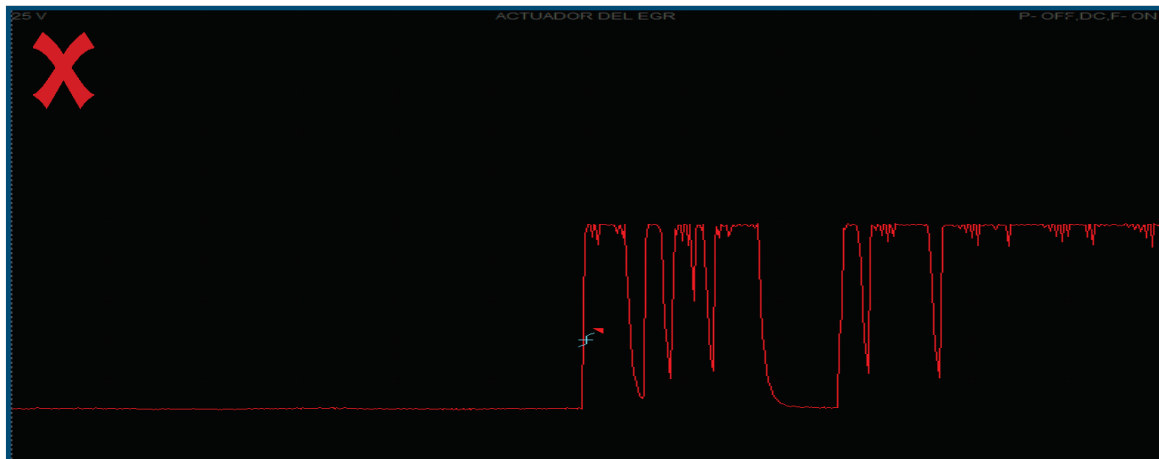
ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
2.5 V	4 ms



La forma de onda normal muestra una señal que determinan el funcionamiento de la IMV, al estar con el conector roto y aumentar las revoluciones del motor, aumenta también las vibraciones lo cual hace que a determinado tiempo se desconecte por la falta de corriente a la IMV.

## FORMA DE ONDA DE LA VÁLVULA ACTUADORA DE LA EGR

ESCALA DE VOLTAJE Y TIEMPO	
Voltaje (v)	Tiempo (ms)
2.5 V	4 ms



La forma de onda normal muestra una señal que determinan el funcionamiento de la EGR para que recirculen los gases de escape al motor, el inconveniente se debe que la resistencia del bobinado se encuentra fuera del rango haciendo que la forma de onda se vuelva distorsionada.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**CRDi** -Common Rail Direct Injection (Inyección Directa Riel Común)

**RPM** Revoluciones por Minuto

**mshnm** (metros sobre el nivel del mar)

**PMS** (Punto Muerto Superior)

**NOx** (Oxido de Nitrógeno)

**ECU** – Electronic Control Unit (Unidad de Control Electrónica)

**IMV** – Inlet Metering Valve (Válvula reguladora de control de combustible)

**APS** – Accelerator Pedal Sensor (Sensor del pedal del acelerador)

**FTS** – Fuel Temperatura Sensor (Sensor de Temperatura de Combustible)

**NTC**- Negative Temperature Coefficient (Coeficiente de Temperatura Negativo)

**IAT** – Intake Air Temperature (Sensor de Temperatura del Aire)

**ECT** – Engine Coolant Temperature (Sensor de Temperatura del Refrigerante)

**CKP** – Crankshaft Position Sensor (Sensor de Posición del Cigüeñal)

**CMP** – Camshaft Position Sensor (Sensor de Posición del Eje de Levas)

**KS** – Knock Sensor (Sensor de Detonación)

**HFM** – Hot Film Air Mass (Sensor Flujo de Aire)

**EGR** – Exhaust Gas Recirculation (Recirculación de Gases del escape)

**GPS** – Global positioning System (Sistema global de Posición)

**AC** – Alternating Current (Corriente Alterna)

**DC** –Direct Current (Corriente Directa)

**T off** –Time Off(Tiempo apagado)

**T on** –Time On(Tiempo encendido)

**Sensor inductivo** (son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos )

**Sensor efecto hall** (se basa en la tensión transversal de un conductor que está sometido a un campo magnético)

**Piezo eléctrico** (genera una tensión variable, se comprime y se relaja oscilando a los impulsos de una señal eléctrica.)

**SAE** -Society of Automotive Engineers ( Sociedad de Ingenieros Automotores)

**RF** – Frequency Radio (Radio frecuencia)

**IG ON** – Ignition On (Encendido)

**VGT** – Variable Geometry Turbocharger (Turbo de Geometría Variable)

**PWM** – Pulse Width Modulation (Modulación por Ancho de Pulso)

**Relación Estequiométrica** (proporción de combustible y comburente necesarios para lograr una combustión completa)