

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN DEL NIVEL DE VIBRACIÓN Y EMISIÓN DE SONIDO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MONOCILÍNDRICO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Gómez M., Ludgardo S.
Para optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN DEL NIVEL DE VIBRACIÓN Y EMISIÓN DE SONIDO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MONOCILÍNDRICO

TUTOR ACADEMICO: Prof.^a Ing. Carmen Rosa Hernández, MsC.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Gómez M., Ludgardo S.
Para optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2008



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO



Caracas, 23 de julio de 2.008

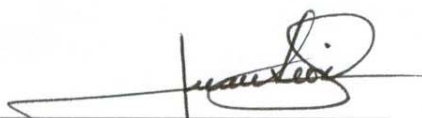
ACTA

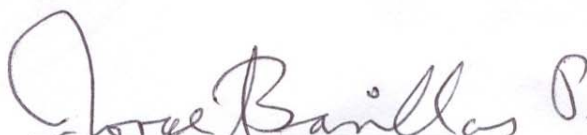
Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los bachilleres:

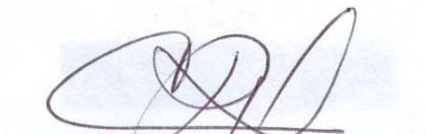
LUDGARDO SAMIC GOMEZ MACHMUD

Titulado: "CARACTERIZACION DEL NIVEL DE VIBRACION Y EMISION DE SONIDO EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MONOCILINDRICO"

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico.


Prof. Juan León
Jurado


Prof. Jorge Barillas
Jurado


Prof. Carmen Hernández
Tutor



"Hacia el 50^a Aniversario del 21 de noviembre de 1957, Día del Estudiante"

DEDICATORIA

A mi Abuelo Prof. Ludgardo Machmud, gracias a él y sus conversaciones que me guiaron por el camino de la ciencia y las explicaciones físicas del mundo.

A Julia y a Freddy por enseñarme grandes cosas.

A mi pequeña familia.

A mi china preciosa.

A las personas que me han ayudado en al durante el pregrado.

A todas las personas que deseen estudiar en la mejor Universidad de Venezuela.

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre Julia la Tía, que siempre me ha apoyado en todo.

A mi Profesora y tutora Carmen Rosa, gracias por todo el apoyo prestado, me enseñó que hay personas que si quieren hacer las cosas bien.

Eduardo Méndez futuro colega y profesor.

A mis compadres y comadre.

A los Profesores Augusto Carrillo, Carlos Gonzáles y Freddy Pérez por la ayuda prestada.

A todas las personas que con un simple consejo ayudaron en mi carrera universitaria.

A todos mis amigos de la universidad, especialmente los que me ayudaron con este trabajo, mas que un trabajo una grata actividad.

A la Universidad Central de Venezuela y todas las personas que la integran, por darme la oportunidad de crecer y vivir experiencias irrepetibles como universitario.

AGRADECIMIENTOS INSTITITUCIONALES

Al consejo de Desarrollo Científico y Humanístico CDCH de la U.C.V., por el apoyo financiero otorgado al proyecto individual N° 08.15.5430.2004.

A los proyectos de La Ley Orgánica de Ciencia Tecnología e Innovación LOCTI, “Modernización del laboratorio de Dinámica de Maquinas” y “Estudio del nivel de Vibración de Plantas Estacionarias de Generación Eléctrica”

Ludgardo S. Gómez Machmud

Gómez M. Ludgardo S.

**“CARACTERIZACIÓN DEL NIVEL DE VIBRACIÓN Y EMISIÓN
DE SONIDO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
MONOCILÍNDRICO”**

**Tutor Académico: Prof.^a Carmen Rosa Hernández, MsC. Tesis. Caracas, U.C.V.
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2008, 164 págs.**

Motor monocilíndrico, Vibraciones, Emisión de sonido, Protocolos de medición.

RESUMEN

El mantenimiento preventivo de equipos electro-mecánicos, es un área de la Ingeniería cada vez más explorada, resulta muy conveniente en este sentido conocer el estado “saludable” del equipo para su posterior diagnóstico. Un motor de combustión interna monocilíndrico, es una máquina de generación de potencia que, debido a su construcción y a la naturaleza del trabajo que realiza, genera un nivel de vibración y emisión de sonido característico a su condición de funcionamiento. Debido a que el nivel de vibración generada, así como el nivel de emisión de sonido, cambian a lo largo de la vida útil del motor, debido al desgaste de las piezas y partes que integran la máquina, resulta muy valioso caracterizar el nivel de vibración y emisión de sonido al inicio de su vida útil, y adicionalmente representa sin duda una información valiosa para el historial de la máquina, de forma que sea posible identificar cambios o modificaciones con respecto a los parámetros iniciales de funcionamiento. Es por ello que en la presente investigación se lleva a cabo la caracterización de un motor monocilíndrico de 8 hp, en cuanto al nivel de vibraciones y emisión de sonido al inicio de su vida útil y en perfectas condiciones mecánicas, para ello se elaboró un protocolo de pruebas para obtener el nivel de vibraciones y de emisión de sonido para finalmente analizar esta condición.

AGRADECIMIENTOS**RESUMEN****INTRODUCCIÓN** 1**CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

MOTIVACIÓN 2

OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS 4

LIMITACIONES 5

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES EN VIBRACION 6

ANTECEDENTES EN EMISIÓN DE SONIDO 6

NORMATIVA 8

MOTORES DE COMBUSTIÓN 10

Motores de combustión interna 10

Cámara de combustión 11

La Bujía 12

El Combustible 13

Ignición o encendido del combustible 14

Ciclo operativo (Cuatro tiempos) 15

Motor del tipo Otto 18

El Cigüeñal 18

VIBRACIÓN EN EL MOTOR 20

Dinámica de los motores alternativos 22

Transmisibilidad o Fuerza transmitida 24

Fuerzas ejercidas sobre el pistón 27

Vibraciones mecánicas 20

Transformada de Fourier 30

Resonancia 31

Atenuadores de vibración elastoméricos 32

EMISIÓN DE SONIDO EN EL MOTOR 34

Presión sonora 35

Potencia sonora 36

Nivel continuo equivalente 36

Medios de propagación del sonido 37

Cualidades acústicas	38
 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	 41
Instrumentos de medición de vibraciones	41
Instrumento de medición de sonido	44
 CAPITULO III: METODOLOGIA	
Definición de variables o indicadores	45
Procedimiento	54
Protocolo de vibración	56
Protocolo de sonido	60
Muestra de resultados	63
 CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS	
Nivel de nivel de vibraciones	66
Nivel de nivel de sonido	107
Resultados de transductores	133
Análisis de nivel de vibraciones	137
Análisis de nivel de sonido	154
 CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones del nivel de vibración	157
Conclusiones de los transductores	158
Conclusiones del nivel de sonido	159
Recomendaciones	161
 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	 162
 APENDICE	
 Apéndice A	 A-1
Medida de vibraciones	
Combustible: 91 octanos.	
Dirección del Acelerómetro: Horizontal.	
 Apéndice B	 A-65
Medida de vibraciones	

Combustible: 91 octanos.
Dirección Ubicación del Acelerómetro: Vertical.

Apéndice C A-129

Medida de vibraciones
Combustible: 95 octanos.
Dirección del Acelerómetro: Horizontal.

Apéndice D A-193

Medida de vibraciones
Combustible: 91 octanos.
Dirección del Acelerómetro: Vertical.

Apéndice E

Medidas del soporte del motor A-258
Cambio de combustible del motor A-259

Figura 2.1 Diagrama para la elección de la norma	7
Figura 2.2 Representación de una bujía y sus partes.	12
Figura 2.3 Ciclos del motor cuatro tiempos.	17
Figura 2.4 Distintos tipos de cigüeñal.	19
Figura 2.5 Vibración libre masa resorte	21
Figura 2.6 Simulación de una vibración forzada.	21
Figura 2.7 Vibración amortiguada	22
Figura 2.8 Simplificación del sistema soporte-motor	23
Figura 2.9 Diagrama de masa de desbalance en un motor	23
Figura 2.10 Diagrama de fuerzas en el pistón.	28
Figura 2.11 Láminas piezoeléctricas	42
Figura 2.12 Esquema de un Acelerómetro piezoeléctrico	43
Figura 3.1 motor utilizado	47
Figura 3.2 Soporte del motor	48
Figura 3.3 Computador tipo lapto.	49
Figura 3.4 Osciloscopio.	50
Figura 3.5 Acelerómetro.	51
Figura. 3.6 Tipos de bases magnéticas.	51
Figura 3.7 Diferentes transductores contruidos	52
Figura 3.8 Sonómetro digital.	53
Figura 3.9 Esquema de puntos de toma de muestra del acelerómetro.	55
Figura 3.10 Esquema de ubicación del sonómetro.	58
Figura. 3.11 Información contenida en la pantalla del osciloscopio.	63
Figura. 3.12 Explicación del gráfico la FFT	64
Figura. 3.13 Tipos de amortiguación utilizada	65
Figura 4.1 Posición de colocación del acelerómetro.	66

Grafico 2.1 Ciclos del motor 4 tiempos	17
Grafico 2.2 Fuerzas transmitidas	26
Gráfico 4.1 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.	68
Gráfico 4.2 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.	68
Gráfico 4.3 FFT Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.	69
Gráfico 4.4 FFT Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.	70
Gráfico 4.5 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.	71
Gráfico 4.6 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.	71
Gráfico 4.7 FFT Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.	72
Gráfico 4.8 FFT Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.	73
Gráfico 4.9 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.	74
Gráfico 4.10 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.	74
Gráfico 4.11 FFT Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.	75
Gráfico 4.12 FFT Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.	76
Gráfico 4.13 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.	78
Gráfico 4.14 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.	78
Gráfico 4.15 FFT Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.	79
Gráfico 4.16 FFT Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.	80
Gráfico 4.17 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 2700 rpm, 91 oct.	81
Gráfico 4.18 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 2700 rpm, 91 oct.	81
Gráfico 4.19 FFT Punto 1, vertical, 2700 rpm, 91 oct.	82
Gráfico 4.20 FFT Punto 1, vertical, 2700 rpm, 91 oct.	83
Gráfico 4.21 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 3600 rpm, 91 oct.	84
Gráfico 4.22 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 3600 rpm, 91 oct.	84
Gráfico 4.23 FFT Punto 1, vertical, 3600 rpm, 91 oct.	85
Gráfico 4.24 FFT Punto 1, vertical, 3600 rpm, 91 oct.	86
Gráfico 4.25 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.	88
Gráfico 4.26 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.	88
Gráfico 4.27 FFT Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.	89
Gráfico 4.28 FFT Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.	90
Gráfico 4.29 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.	91
Gráfico 4.30 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.	91
Gráfico 4.31 FFT Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.	92
Gráfico 4.32 FFT Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.	93
Gráfico 4.33 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.	94
Gráfico 4.34 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.	94
Gráfico 4.35 FFT Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.	95

Gráfico 4.36 FFT Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.	96
Gráfico 4.37 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 1800 rpm, 95 oct.	98
Gráfico 4.38 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 1800 rpm, 95 oct.	98
Gráfico 4.39 FFT Punto 1, vertical, 1800 rpm, 95 oct.	99
Gráfico 4.40 FFT Punto 1, vertical, 1800 rpm, 95 oct.	100
Gráfico 4.41 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 2700 rpm, 95 oct.	101
Gráfico 4.42 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 2700 rpm, 95 oct.	101
Gráfico 4.43 FFT Punto 1, vertical, 2700 rpm, 95 oct.	102
Gráfico 4.44 FFT Punto 1, vertical, 2700 rpm, 95 oct.	103
Gráfico 4.45 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 3600 rpm, 95 oct.	104
Gráfico 4.46 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 3600 rpm, 95 oct.	104
Gráfico 4.47 FFT Punto 1, vertical, 3600 rpm, 95 oct.	103
Gráfico 4.48 FFT Punto 1, vertical, 3600 rpm, 95 oct.	106
Gráfico 4.49 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, 1800 rpm, 91 oct.	108
Gráfico 4.50 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, 2400 rpm, 91 oct.	108
Gráfico 4.51 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, 3000 rpm, 91 oct.	109
Gráfico 4.52 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, 3600 rpm, 91 oct.	109
Gráfico 4.53 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, Rg Completo, 91 oct.	110
Gráfico 4.54 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, 1800 rpm, 91 oct.	111
Gráfico 4.55 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, 2400 rpm, 91 oct.	111
Gráfico 4.56 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, 3000 rpm, 91 oct.	112
Gráfico 4.57 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, 3600 rpm, 91 oct.	112
Gráfico 4.58 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, Rg Completo, 91 oct.	113
Gráfico 4.59 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, 1800 rpm, 91 oct.	114
Gráfico 4.60 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, 2400 rpm, 91 oct.	114
Gráfico 4.61 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, 3000 rpm, 91 oct.	115
Gráfico 4.62 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, 3600 rpm, 91 oct.	115
Gráfico 4.63 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, Rg Completo, 91 oct.	116
Gráfico 4.64 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, 1800 rpm, 91 oct.	117
Gráfico 4.65 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, 2400 rpm, 91 oct.	117
Gráfico 4.66 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, 3000 rpm, 91 oct.	118
Gráfico 4.67 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, 3600 rpm, 91 oct.	118
Gráfico 4.68 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, Rg Completo, 91 oct.	119
Gráfico 4.69 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, 1800 rpm, 95 oct.	121
Gráfico 4.70 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, 2400 rpm, 95 oct.	121
Gráfico 4.71 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, 3000 rpm, 95 oct.	122
Gráfico 4.72 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, 3600 rpm, 95 oct.	122

Gráfico 4.73 Emisión de ruido con amortiguación tipo 1, Rg Completo, 95 oct.	123
Gráfico 4.74 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, 1800 rpm, 95 oct.	124
Gráfico 4.75 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, 2400 rpm, 95 oct.	124
Gráfico 4.76 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, 3000 rpm, 95 oct.	125
Gráfico 4.77 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, 3600 rpm, 95 oct.	125
Gráfico 4.78 Emisión de ruido con amortiguación tipo 2, Rg Completo, 95 oct.	126
Gráfico 4.79 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, 1800 rpm, 95 oct.	127
Gráfico 4.80 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, 2400 rpm, 95 oct.	127
Gráfico 4.81 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, 3000 rpm, 95 oct.	128
Gráfico 4.82 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, 3600 rpm, 95 oct.	128
Gráfico 4.83 Emisión de ruido con amortiguación tipo 3, Rg Completo, 95 oct.	129
Gráfico 4.84 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, 1800 rpm, 95 oct.	130
Gráfico 4.85 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, 2400 rpm, 95 oct.	130
Gráfico 4.86 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, 3000 rpm, 95 oct.	131
Gráfico 4.87 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, 3600 rpm, 95 oct.	131
Gráfico 4.88 Emisión de ruido con amortiguación tipo 4, Rg Completo, 95 oct.	132
Gráfico 4.89 Amplitud de aceleraciones Punto 1, Vertical, 1800 rpm, 91 oct.	133
Gráfico 4.90 FFT Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.	134
Gráfico 4.91 Amplitud de aceleraciones Punto 1, Vertical, 1800 rpm, 91 oct.	135
Gráfico 4.92 Amplitud de aceleraciones Punto 1, Vertical, 1800 rpm, 91 oct.	136

Un motor de combustión interna monocilíndrico, es una máquina de generación de potencia que, debido a su construcción y a la naturaleza del trabajo que realiza genera un nivel de vibración característico a su condición de funcionamiento. Las fuerzas generadas son de tipo alternativo, que pueden ocasionar desajustes en los elementos del motor y sus alrededores.

En un motor de combustión interna monocilíndrico, la energía química disponible del combustible no es totalmente transformada en energía mecánica, debido a las pérdidas que se producen en el proceso. Una de las causas de pérdidas de energía, es a través de la emisión de sonido, la cual se produce a diferentes frecuencias y decibeles. También las vibraciones producidas por el motor causan pérdidas de energía mecánica.

El nivel de vibración generada, así como el nivel de emisión de sonido, cambian a lo largo de la vida útil del motor, debido al desgaste de las piezas y partes que integran la máquina. Caracterizar el nivel de vibración y emisión de sonido de un motor de combustión, representa sin duda una información valiosa para el historial de la máquina, de forma que sea posible identificar cambios o modificaciones con respecto a estos parámetros iniciales.

Es así como en el presente estudio, se caracteriza el nivel de vibración y emisión de sonido de un motor monocilíndrico, de manera tal de establecer parámetros útiles para el diagnóstico y el análisis de fallas.

Motivación

El uso de motores de combustión interna monocilíndricos se extiende a diversas áreas de la ingeniería e incluso a otras áreas de aplicación; debido a su diseño compacto, poco consumo de combustible, potencia disponible y costo. Este tipo de motores, al igual que otras máquinas de elementos rotativos y alternativos, generan un nivel de vibración y emisión de sonido característico, vinculado a su estado y condición de funcionamiento.

Es posible, a partir de la caracterización del nivel de vibración y emisión de sonido, identificar cambios en el funcionamiento del motor, vinculados con fallas mecánicas y operacionales, detectadas mediante la comparación con registros de funcionamiento “saludable”, que hallan sido tomados al inicio de su vida útil. Esta información resulta muy valiosa, es posible generar un diagnóstico integral del estado del motor, a partir de ella.

En Venezuela, la caracterización del nivel de vibración y emisión de sonido en motores de combustión interna monocilíndricos, es un área poco explorada, esto normalmente se realiza en función de la potencia entregada, en consecuencia, el desarrollo de éste trabajo permite dar un primer paso en el análisis de falla de motores de combustión interna monocilíndricos y una caracterización de los mismos.

Problema en estudio

En un motor de combustión interna monocilíndrico que presente algún tipo de falla, se puede vincular la disminución de potencia entregada con fallas operacionales o mecánicas; sin embargo, es posible identificar el estado de funcionamiento del motor mediante la medición y comparación de otros parámetros como los niveles de vibración y de emisión de sonido.

La identificación o análisis de fallas en un motor monocilíndrico de combustión interna, puede resultar complejo si no se dispone de parámetros de comparación en su estado “saludable”, estos parámetros se deben tomar cuando el motor inicia su vida útil y bajo diferentes condiciones o régimen de funcionamiento.

Los niveles de vibración y de emisión de sonido son parámetros directamente relacionados con el estado del motor, por lo que resultan importantes a la hora de instalar el motor de combustión interna monocilíndrico, debido al efecto que producen las vibraciones y el ruido generado en el entorno de trabajo, por lo cual, en este trabajo se propone caracterizar el nivel de vibración y de emisión de sonido de un motor de combustión interna monocilíndrico.

El buen funcionamiento de una maquinaria es un fenómeno que requiere de una constante inspección, es decir, el mantenimiento preventivo; esta puede incluir la verificación del nivel de vibración en diferentes partes de la máquina, para así llevar un historial de la misma y analizar su comportamiento, esto se puede realizar incluso sin hacer ningún tipo de parada o desmontaje, lo cual juega un papel importante en el crecimiento económico de una empresa, ya que con el estudio de las vibraciones se puede predecir una falla o algún tipo de propagación de eventos vibratorios, que permite a la empresa decidir el momento adecuado para detener la máquina y darle el mantenimiento respectivo.

En motores de combustión, el programa de mantenimiento preventivo puede incluir el análisis de vibración generada, sin embargo, la emisión de sonido del motor también es un parámetro de comparación, ya que puede estar vinculado a ciertas fallas.

Para realizar esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General

Caracterizar el nivel de vibración y de emisión de sonido de un motor de combustión interna monocilíndrico.

Para lograr el objetivo general se consideran los siguientes objetivos específicos:

1. Revisar bibliografía y trabajos de investigación relacionados con el estudio del nivel de vibración y de emisión de sonido de motores de combustión, instrumentos de medición y protocolos de pruebas.
2. Identificar las variables dependientes e independientes que caracterizan el nivel de vibración y emisión de sonido en un motor monocilíndrico.
3. Selección de los equipos e instrumentos para la medición del nivel de vibración y de emisión de sonido generados en el motor monocilíndrico.
4. Elaborar los protocolos de pruebas para medir el nivel de vibración y emisión de sonido en un motor monocilíndrico.
5. Llevar a cabo la medición del nivel de vibración y de emisión de sonido según los protocolos de pruebas elaborados.
6. Redactar el informe final del trabajo especial de grado.

Limitaciones

Las condiciones del nivel de ruido obtenido, están condicionadas a las reverberaciones por parte de los objetos cercanos a la fuente de emisión de ruido, como son los tornos del taller y demás bancos de pruebas.

El ruido de fondo o ambiental que en ocasiones se registraba en el sonómetro, se produce desde fuentes cercanas como aires acondicionados, alarmas de vehículos del estacionamiento, conversaciones de personas, ruido vehicular desde la avenida, personas trabajando en los tornos, etc. Estas limitaciones son imposibles de controlar, sin embargo, si el nivel de emisión de la perturbación no sobrepasa por 10 dba a la emisión de sonido por parte del motor, no se ve afectada la medición, debido a que el motor opaca este ruido.

Las limitaciones por parte de las condiciones ambientales, tampoco son tomadas en cuenta en esta investigación. Como sabemos, la velocidad del desplazamiento del sonido cambia a medida que cambian las condiciones del medio que lo conduce, para nuestro caso las condiciones del aire, como son la humedad relativa y la temperatura, no las tomamos en cuenta al estudiar el nivel de ruido.

En cuanto a la medición de vibraciones, se utilizaron equipos que permiten establecer valores adecuados para su posterior análisis, manteniendo un rango de incertidumbre adecuado según muestran los resultados obtenidos.

En este capítulo se destacan los contenidos teóricos más importantes relativos a los antecedentes y que sustentan el estudio.

ANTECEDENTES EN VIBRACIÓN

El análisis de vibraciones como herramienta de diagnóstico de motores de combustión interna ha sido considerada en algunos trabajos de investigación, entre los que se pueden resaltar el de Jian-Da y Chao-Qin (2005) quienes desarrollan una investigación técnica, basada en el modelo visual de puntos acústicos y señales de vibración en un motor de combustión interna de un vehículo. Mediante modelos matemáticos y un sistema de adquisición de datos, presentaron una serie de figuras visuales para cada tipo de falla que presentaba el motor, con la intención de generar una base de datos en vibración y emisión de sonido.

Jian-Da y Chao-Qin destacan que las partes rotativas en este caso el ventilador y el motor de combustión, generan una combinación de frecuencias básicas, obtenidas por medio de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) por sus siglas en ingles, que están relacionadas directamente con las revoluciones de la máquina.

Gavidia y Velásquez (2007) incluyen un protocolo de pruebas para medir el nivel de vibración en transformadores de potencia. En este trabajo se destaca la importancia de obtener curvas características del nivel de vibración de los equipos en el momento de la instalación, lo cual es información valiosa para el análisis de falla.

ANTECEDENTES EN EMISIÓN DE RUIDO

Rigio y Palacios (2006) realizaron una medición de la contrapresión causada por silenciadores, siguiendo un protocolo de pruebas en el cual la medida se efectúa en la salida de los gases de escape de un motor de combustión interna monocilíndrico.

En la publicación de Lara, Serrano, Barranco y Pérez (2008) se propone un protocolo de ensayos normalizado para el estudio del ruido aéreo emitido por máquinas eléctricas rotativas. Estos investigadores presentan una recopilación de las normas más importantes que son aplicables al estudio del ruido aéreo y la naturaleza de este ruido generado.

Lara y otros basándose en las normas UNE-EN ISO 3740 “Determinación de los niveles de potencia acústica de las fuentes de ruido” y la UNE-EN ISO 12001 titulada “Ruido emitido por máquinas y equipos. Reglas para la preparación de un código de ensayo de ruido” elaboraron una pequeña guía para la selección de la norma a utilizar según el caso, que se resume en el diagrama siguiente:

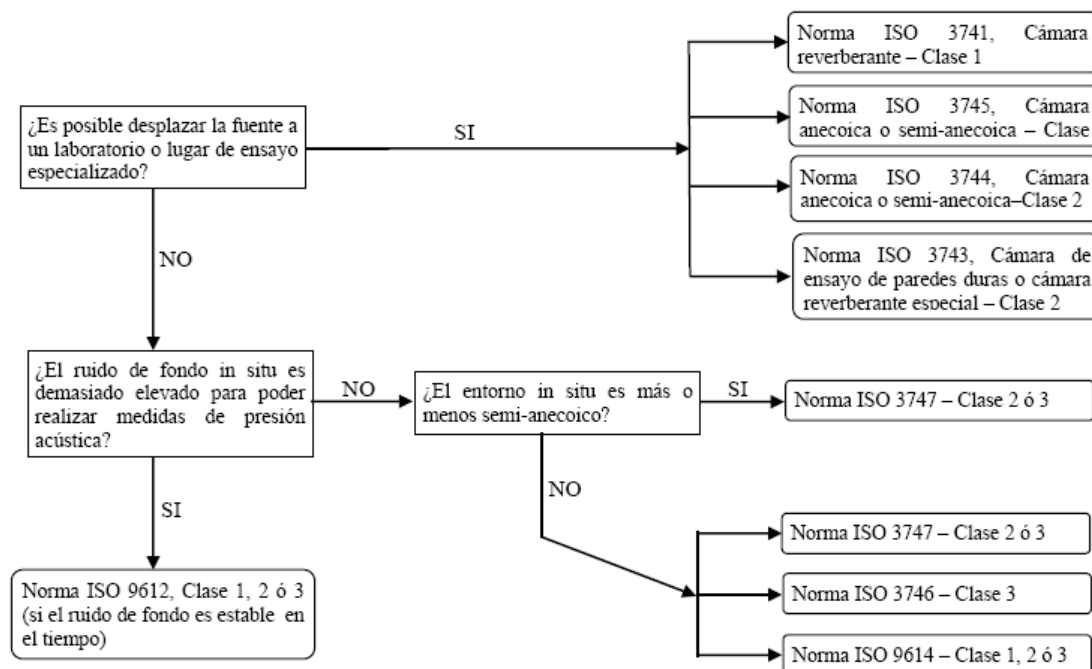


Fig. 1- Diagrama guía para la elección de la (las) Norma(s) adecuada(s) para la determinación del nivel de potencia acústica

Figura 2.1 Diagrama para la elección de la norma

NORMATIVA

En el desarrollo de esta investigación se consideran algunas normas relacionadas con los procedimientos de medición del nivel de vibración y el nivel de ruido en máquinas rotativas. En este sentido a continuación se destacan las normas que sustentan esta investigación:

Recomendaciones y guías de los fabricantes. Son recomendaciones de los fabricantes sobre niveles de vibración y otras condiciones de funcionamiento permisibles en sus equipos. La investigación aquí presentada está basada en las recomendaciones de Briggs & Stratton Company empresa fabricante del motor utilizado.

Normas CONVENIN. Son las normas más importantes del país que rigen todo lo referente a la industria, es un documento público y por lo tanto todas están a la disposición del público, al igual que las leyes, los decretos y otros documentos públicos.

La norma COVENIN 1565 del año 1995 que lleva por título: “Ruido ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación”. En ella se hace referencia a todo el marco teórico que se utiliza para la determinación del ruido y como ello afecta a los trabajadores expuestos a este fenómeno.

La norma COVENIN 1434 del año 1996 titulada “Automotriz, silenciadores y resonadores” en los anexos A y B, hacen referencia a dos métodos para medir el ruido generado por tubos de escape. El anexo A hace referencia a una medición al aire libre utilizando una gran cantidad de equipos que incluso llegan a medir el caudal de gasolina consumida por el motor. El anexo B trata mediciones al aire libre y en cámaras anecoicas, es un método en el cual se simulan en un laboratorio, las

condiciones normales de operación del sistema de escape y realizan la medición dividiendo el rango de velocidades del motor en cuatro valores, tomando en cuenta la mínima velocidad y la máxima.

La norma principal en la cual hemos basado nuestra investigación para la medición del ruido, es la COVENIN 1433 del año 1981 titulada “Determinación del ruido emitido por vehículos de motor” en la cual dictan un protocolo para hacer las mediciones del ruido y especifica, entre otras cosas, en el numeral 5.2.1.3 que el motor debe estar en su temperatura normal de funcionamiento, por lo cual hay que calentar el motor por un período continuo de 6 min.

Según esta norma, COVENIN 1433, las mediciones deben hacerse en campos abiertos de 50 metros alrededor de la fuente, sin superficies reflejantes del ruido y colocar el instrumento a 7,5 metros del motor, la cantidad de ruido de fondo deber ser 10 db menor que el producido por el vehiculo ensayado para que no afecte la medición y hacer las mediciones hasta que la diferencia entre dos lecturas sea menor de 2 db.

MOTORES DE COMBUSTION

En épocas recientes la utilización de máquinas rotativas como motores, turbinas y ventiladores, se han vuelto de uso común en los diversos procesos de la industria, en especial el uso de motores monocilíndricos es cada vez mayor, debido a su diseño compacto y a las ventajas que ofrecen en simplicidad y rendimiento.

El campo de aplicación de motores monocilíndricos es muy amplio, se pueden encontrar en: motocicletas, pequeñas plantas generadoras de electricidad, bombas de agua, cortadoras de grama, vehículos de diversión, etc. Debido a su bajo consumo de combustible, se pueden utilizar estas máquinas con una gran ventaja económica y es una forma de producir energía mecánica útil a bajo costo.

Los motores térmicos son máquinas que tienen por objeto transformar energía calorífica en energía mecánica directamente utilizable, en esta investigación se emplea el tipo de motor denominado endotérmico, que utiliza específicamente la energía química (gasolina) en energía mecánica como se mencionó anteriormente.

Motores de combustión interna

Los motores donde la energía mecánica o trabajo útil es producido por un combustible que se quema dentro de una cámara de combustión, son denominados motores de combustión interna. Los motores de combustión interna pueden ser de cuatro tipos: El motor cíclico Otto, es el motor convencional de gasolina que se emplea en automoción y aeronáutica. El motor Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo o gasoil; se emplea en instalaciones generadoras de energía eléctrica, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y automóviles. Tanto los motores Otto como los Diesel, se fabrican en modelos de dos y cuatro tiempos.

Cámara de combustión

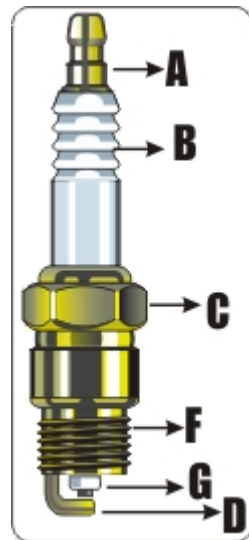
Esta es la parte esencial de un motor, debido a que en ella se efectúa la reacción exotérmica producida por la combinación del combustible con el comburente. Es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al interior. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unida por un eje al cigüeñal, llamado biela, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón.

En los motores de varios cilindros el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con lo que la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje. Un motor puede tener de 1 a 28 cilindros, para nuestro caso estudiaremos un motor monocilíndrico.

El diseño de la cámara de combustión y la ubicación de la bujía juega un papel importante debido a que afecta el volumen del punto muerto superior, la rapidez de la combustión y el ruido generado en la explosión. Existe un ruido generado por la aspereza de la combustión debido a los esfuerzos generados, que se puede reducir cambiando el tiempo de la chispa o al disminuir la eficiencia volumétrica. El aluminio moldeado a presión (que es la estructura de nuestro motor en estudio) transmite el ruido por aspereza con mayor facilidad que la fundición de hierro.

La Bujía

Las bujías son una de las piezas más importantes en el motor y son las encargadas de producir la chispa dentro de la cámara de combustión.



- A. Conexión a la bobina.
- B. Cerámico disipador de calor.
- C. Parte metálica.
- D. Masa.
- E. Arandela de presión.
- F. Rosca de fijación al bloque del motor.
- G. Electrodo positivo.

Figura 2.2 Representación de una bujía y sus partes.

Las bujías que no son adecuadas (aún funcionando) tienen la tendencia a generar temperaturas extremas en la cámara o temperaturas muy bajas y por lo tanto una combustión incompleta. Si bien las medidas de estas están estandarizadas y cualquiera puede entrar en el bloque del motor, no quiere decir que funcionen correctamente.

Las bujías son las que intervienen en los siguientes aspectos:

- El consumo de gasolina
- La velocidad total del motor
- Paradas imprevistas por corte de energía
- El arranque instantáneo
- La potencia en frío y/o caliente

Las bujías pueden tener más de un electrodo en su extremo. El electrodo en el extremo inferior tiende a gastarse en las bujías comunes lo que hace que la distancia entre el electrodo y la masa se haga mayor, en consecuencia, es más difícil poner en marcha al motor frío y también se notará alguna falla, por ejemplo, el motor se apaga total de improviso y vuelve a encenderse durante el movimiento. Una buena bujía no solo dura más sino que hace funcionar mejor al motor.

El Combustible

El combustible utilizado en la cámara de combustión es gasolina. La gasolina consta de diversas cantidades de hidrocarburos, cada uno con su característica presión de vapor. Se incluyen también aditivos como antidetonantes, antioxidantes, agentes antiherrumbre, agentes anticongelantes y tintes.

El golpeteo en un motor se produce por la combustión espontánea o auto ignición de una parte del combustible, esto se genera debido a la compresión más arriba de su temperatura de auto ignición, lo cual genera vibraciones y ruidos indeseados. En los motores de encendido por chispa se requiere de retardos largos del encendido del combustible, para reducir el golpeteo.

El número de octanos en la gasolina define la resistencia de la misma para encenderse antes, a destiempo. Cuanto más alto es el número de clasificación, mayor es la resistencia para que se produzca la explosión del combustible.

El octanaje indica la presión y temperatura a que puede ser sometido un combustible carburado (mezclado con aire) antes de auto-detonarse al alcanzar su temperatura de auto ignición. Si el combustible no tiene el índice de octano suficiente en motores con elevadas relaciones de compresión (oscilan entre 8,5 y 10,5), se producirá el "autoencendido" de la mezcla, es decir, la combustión es demasiado rápida y dará lugar a una detonación prematura en la fase de compresión, que hará

que el pistón sufra un golpe brusco y se reduzca drásticamente el rendimiento del motor, llegando incluso a provocar graves averías.

Ignición o encendido del combustible

Los primeros motores incorporaban una llama externa para el encendido, sin embargo este sistema quedó muy pronto obsoleto al ser sustituido por un tubo caliente que se empleó hasta la Primera Guerra Mundial. Desde entonces, la ignición es eléctrica debido a la invención de la bujía. Esta permitió controlar la ignición y subsanar los problemas de reducida vida útil y riesgo de explosión de los sistemas anteriores.

Para evitar la explosión espontánea de la mezcla, los motores de gasolina no pueden alcanzar grandes presiones, limitándose en la práctica hasta relaciones de compresión de 11 a 1, mientras que los motores Diesel pueden alcanzar valores de hasta 21 a 1, ya que el combustible diesel es introducido en la cámara de combustión en el momento preciso de la ignición, y no antes de la compresión.

Las ventajas de estos motores son: bajo costo inicial, peso específico bajo, poco esfuerzo para arrancarlos, amplia variación obtenible en la velocidad y la carga, eficiencia mecánica alta y consumo de combustible bastante bajo con elevadas relaciones de compresión y válvula de estrangulación (acelerador) abierta por completo.

Ciclo operativo (Cuatro tiempos)

Estas son las sucesiones de operaciones que el fluido de trabajo (gasolina) ejecuta en el cilindro y repite con ley periódica. La duración del ciclo es medida por el número de carreras efectuadas por el pistón para realizarlo. Para el motor utilizado en esta investigación el pistón realiza cuatro carreras para completar el ciclo, por lo tanto es un motor cuatro tiempos. Esto quiere decir que realiza un ciclo cada dos revoluciones del árbol del motor. Una explicación mas detallada es la siguiente:

Primer tiempo o admisión:

En esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla aire combustible en los motores de encendido provocado o el aire en motores de encendido por compresión. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal da 180° y el árbol de levas da 90° y la válvula de admisión se encuentra abierta y su carrera es descendente.

Segundo tiempo o compresión:

Al llegar al final de carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2° tiempo el cigüeñal da 360° y el árbol de levas da 180°, y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.

Tercer tiempo o explosión:

Al no poder llegar al final de carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado, salta la chispa en la bujía provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores Diesel, se inyecta con jeringa el combustible que se auto inflama por la presión y temperatura

existentes en el interior del cilindro. En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal da 170° mientras que el árbol de levas da 240° , ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.

Cuarto tiempo o escape:

En esta fase el pistón empuja cuidadosamente, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al final de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal da 360° y el árbol de levas da 180° y su carrera es ascendente.

La ventaja de este tipo de ciclo son: una variación mas amplia en la velocidad y la carga, pistones mas fríos, un cárter común para motores de cilindros múltiples, se asegura con mayor facilidad una buena lubricación, no hay perdida de combustible durante la expulsión, consumo especifico de combustible mas bajo, perdidas por bombeo mas bajas, emisiones mas bajas de hidrocarburos y mas facilidad en la regulación de la potencia.

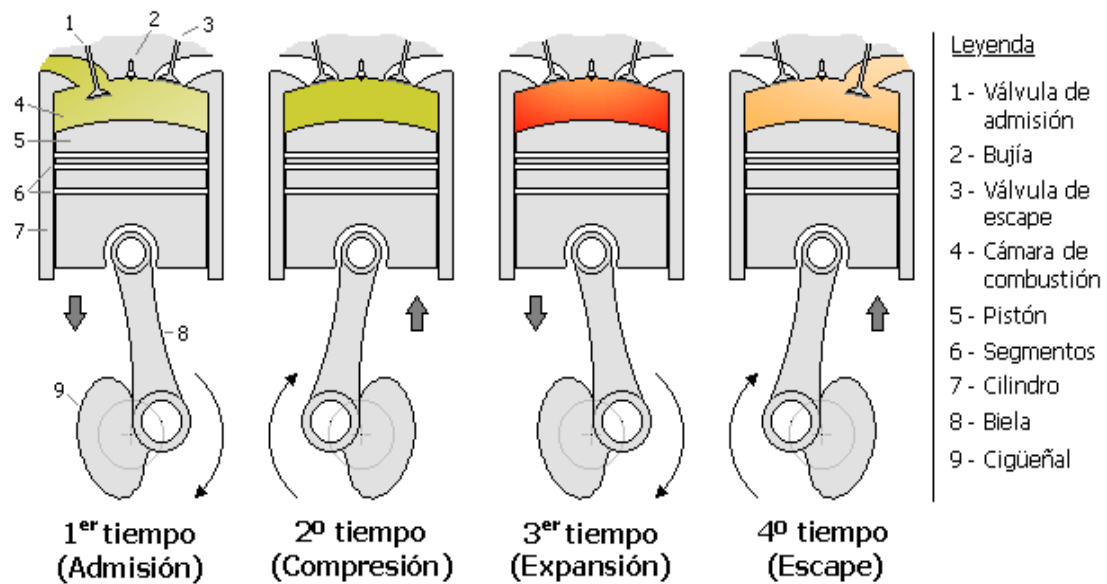


Figura 2.3 Ciclos del motor cuatro tiempos

Esta figura explicativa demuestra gráficamente el funcionamiento de un motor monocilíndrico, se muestra cada tiempo de funcionamiento del motor. Es importante recordar que cada dos vueltas del cigüeñal es un ciclo operativo del motor. También se puede representar el ciclo operativo del motor en función de la presión como el siguiente gráfico:

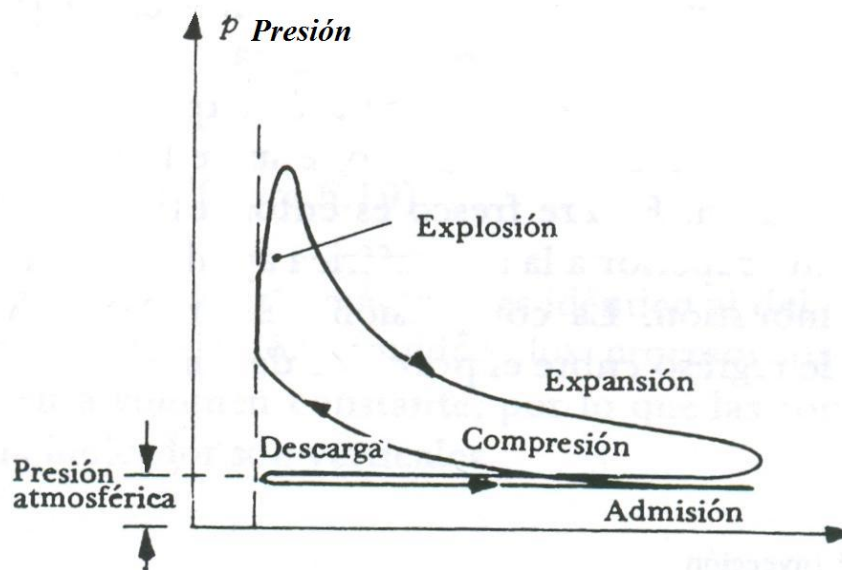


Gráfico 2.1 ciclo del motor cuatro tiempos.

Motor del tipo Otto

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos, la eficiencia de los motores Otto modernos se ven limitadas por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración. En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende del grado de compresión, esta proporción suele ser de 8 a 1 o 10 a 1.

En la mayoría de los motores Otto modernos, se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere el uso de combustibles de alto índice de octano. La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25%: sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica. Para motores de dos tiempos la eficiencia es mayor por lo cual se obtiene mas potencia con la misma cilindrada.

El Cigüeñal

El cigüeñal forma parte del mecanismo biela manivela, es decir de la serie de órganos que con su movimiento transforman la energía desarrollada por la combustión en energía mecánica. El cigüeñal recoge y transmite el cambio de la potencia desarrollada por cada uno de los cilindros. Por consiguiente, es una de las piezas más importantes del motor.

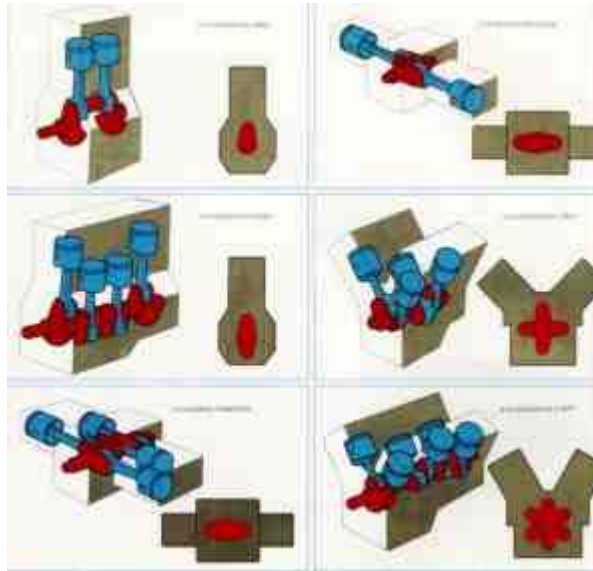


Figura 2.4 Distintos tipos de cigüeñal

Sin embargo, en los motores alternativos tradicionales tiene una forma más complicada (puesto que hay manivelas), determinada por la necesidad de transformar el movimiento alternativo en movimiento giratorio: precisamente dada su forma, se le denomina árbol de manivelas o árbol de codos, además de cigüeñal.

Un foco importante de vibraciones se produce justamente en el cigüeñal, las deformaciones torsionales producidas y las flexiones, debido a las fuerzas a la que esta sometida esta pieza, generan deformaciones y por lo tanto vibraciones en todo el conjunto.

VIBRACIONES DEL MOTOR

Las fuerzas de inercia, alterna y centrífuga, de los órganos en movimiento y las presiones del gas, dan origen a fuerzas y a momentos que actúan sobre la estructura del motor, y de éste, por conducto de los soportes, se transmite al basamento en que descansa el motor.

Puesto que tales fuerzas y momentos son variables en el tiempo y los soportes así como la estructura tienen mayor o menor elasticidad, el motor puede hallarse sometido a un complejo movimiento vibratorio.

El movimiento vibratorio del mecanismo de unión del seguidor de la leva, puede provocar irregularidades de notable importancia (el más conocido es el ruido), esto ocurre sobre todo en máximos, a elevadas revoluciones. En casos más graves, en correspondencia con estos máximos, puede haber fenómenos de inestabilidad de la potencia, así como ruptura de válvulas, muelles, balancines, etc. Esto ocurre sobre todo cuando se prolonga el funcionamiento en estas condiciones.

Vibraciones mecánicas

Las vibraciones se definen como cambios en la posición, con cierta periodicidad en trayectorias no circunferenciales, de un objeto con respecto a una posición de referencia.

Un sistema vibra libremente solo si existen condiciones iniciales, ya sea que suministremos la energía por medio de un pulso (energía cinética) o debido a que posee energía potencial, por ejemplo deformación inicial de un resorte.

Esta energía suministrada al sistema es disipada por el fenómeno llamado amortiguación, que en ciertas ocasiones es despreciable. Aun cuando la energía es disipada durante la vibración, en el caso de la vibración forzada, esta compensada por la excitación constante, por ejemplo en un motor.

Las vibraciones libres más simples son las de un grado de libertad, por ejemplo un resorte de constante k , colocado en una masa M .

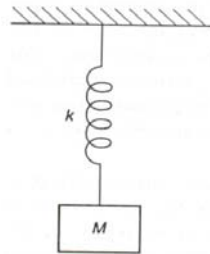


Figura 2.5 Vibración libre masa resorte

La vibración forzada producida por nuestro motor monocilíndrico se puede simular de la siguiente manera:

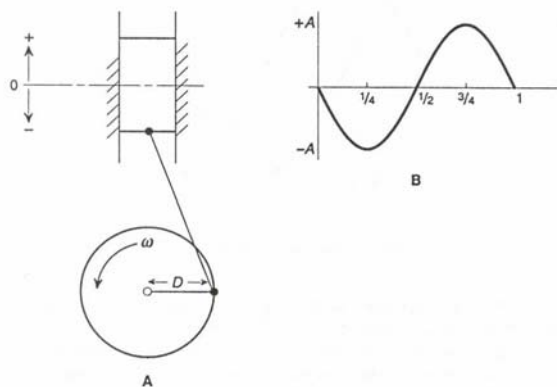
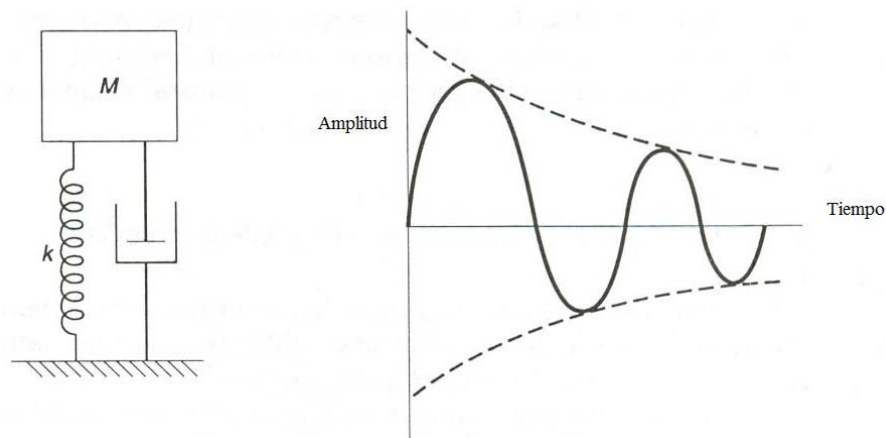


Figura 2.6 Simulación de una vibración forzada.

En nuestro caso tratamos un tipo de vibración amortiguada, que es cuando la vibración de un sistema es disipada de alguna manera. (Figura 2.8)

**Figura 2.7 Vibración amortiguada**

El amortiguamiento es un sinónimo de la pérdida de energía de sistemas vibratorios. Este hecho puede aparecer como parte del comportamiento interno de un material, de rozamiento entre partes móviles, resistencia del aire, resistencia del fluido de trabajo o bien, un elemento físico llamado amortiguador. Causando la disipación de energía limitando las amplitudes de oscilación.

Dinámica de los motores alternativos

Cuando un motor está colocado sobre una base más o menos rígida, transmite a dicha base una fuerza alternativa que proviene de desequilibrios internos del motor o de excitaciones externas transmitidas por otros sistemas mecánicos como ejes, etc.

Si se supone que la base es fija y rígida totalmente, sobre la cual descansa el motor de masa M , sostenido por tornillos, tuercas, arandelas y gomas (elastómeros), la amortiguación primordial es llevada a cabo debido al elastómero y se puede simular como un sistema de resortes y amortiguación. Se puede simplificar el sistema soporte-motor, con un esquema donde la masa M del motor se considera sometida a la excitación de una masa en desbalance como muestra la figura siguiente:

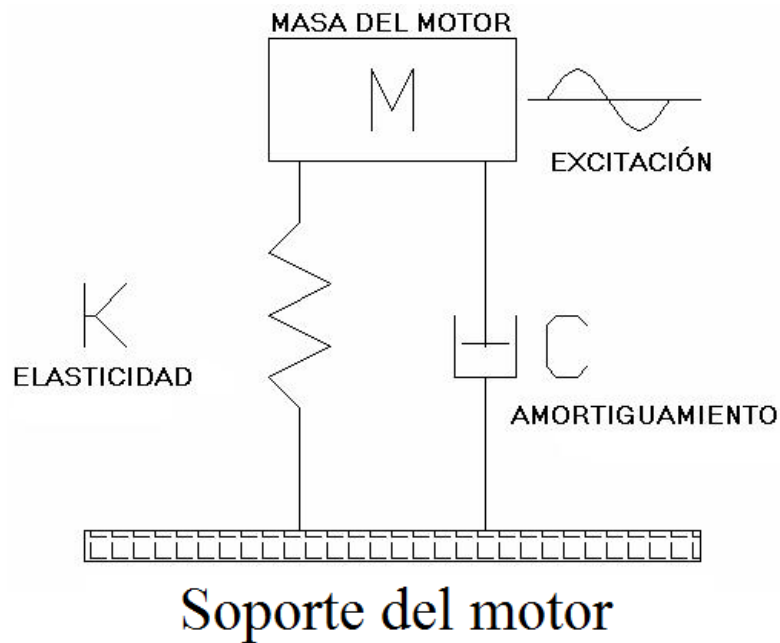


Figura 2.8 Simplificación del sistema soporte-motor

Si un motor no está perfectamente bien equilibrado, cosa que siempre ocurre en mayor o menor grado en el cigüeñal, transmite al girar unas fuerzas alternantes a su eje y finalmente a la base, que constituye un ejemplo común de autoexcitación

Una forma sencilla de representar esta condición es simulando que es producida por una masa de desbalance que gira a las mismas revoluciones del motor. El diagrama de cuerpo libre que simula esta condición es el siguiente:

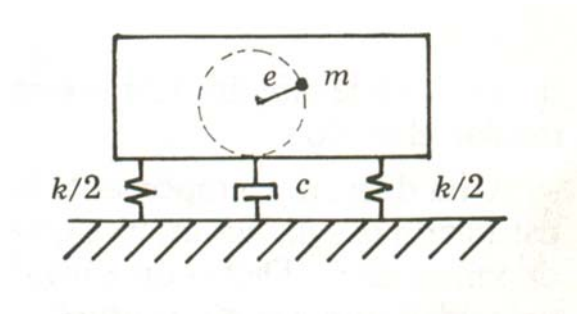


Figura 2.9 Diagrama de masa de desbalance en un motor

Donde la aceleración vertical es:

$$\ddot{y} = -e \omega^2 \cos \omega.t \quad (2.1)$$

La fuerza vertical que actúa sobre M es:

$$F = m (\ddot{y} - e \omega^2 \cos \omega.t) \quad (2.2)$$

La ecuación diferencial del movimiento del motor es:

$$(M + m) \ddot{x} = -k x - c \dot{x} - m (\ddot{y} - e \omega^2 \cos \omega.t) \quad (2.3)$$

De donde finalmente:

$$M \ddot{x} + c \dot{x} + k x = m e \omega^2 \cos \omega.t \quad (2.4)$$

El movimiento es del tipo:

$$M \ddot{x} + c \dot{x} + k x = F_o \cos \omega.t \quad (2.5)$$

Donde F_o es la amplitud de la excitación externa equivalente que hace oscilar el motor. Es importante recalcar que $F_o = m e \omega^2$ no es constante, sino que depende de ω , la excitación crece con la velocidad angular del motor.

Transmisibilidad o Fuerza transmitida.

Para sistemas de un solo grado de libertad, el factor de amortiguamiento se define como:

$$\zeta = \frac{c}{2 m \omega_n} = \frac{c}{2 \sqrt{k m}} = \frac{c \omega_n}{2 k} \quad (2.6)$$

Donde c es el coeficiente de amortiguamiento del sistema con unidades de N. s/m K es la rigidez del sistema y m es la masa del sistema. El factor de amortiguamiento es una cantidad adimensional.

El módulo de la fuerza transmitida F_T para el caso de autoexcitación está dada por:

$$F_{T \max} = m e \omega_n^2 \frac{\sqrt{1 + (2 \zeta r)^2}}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2 \zeta r)^2}} \quad (2.7)$$

Este valor puede ser puesto de forma adimensional dividiendo por $m e \omega_n^2$ y escribiendo:

$$\frac{F_{T \max}}{m e \omega_n^2} = r^2 \frac{\sqrt{1 + (2 \zeta r)^2}}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2 \zeta r)^2}} \quad (2.8)$$

En el caso a autoexcitación el criterio a seguir es la medida de la fuerza transmitida, dada por la relación anterior.

La representación gráfica de esta relación indica como varia la fuerza transmitida, se puede ver inmediatamente el efecto de la resonancia. Cuanto menor es la amortiguación, mayor aparece dicho efecto. Sin embargo la amortiguación no debe ser grande debido a que:

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{F_{T \max}}{m e \omega_n^2} = \infty \quad , \quad \text{para } \zeta > 0. \quad (2.9)$$

Es decir la amortiguación provoca un aumento de la fuerza transmitida a medida que la frecuencia crece. Si el motor se ha diseñado para una frecuencia de trabajo de 2 a 4 r por ejemplo, la gráfica indica claramente que la amortiguación

aceptable debe ser del orden de $\zeta = 0.2$ y en ningún caso $\zeta = 2$ así pues quedan indicados los posibles valores de diseño.

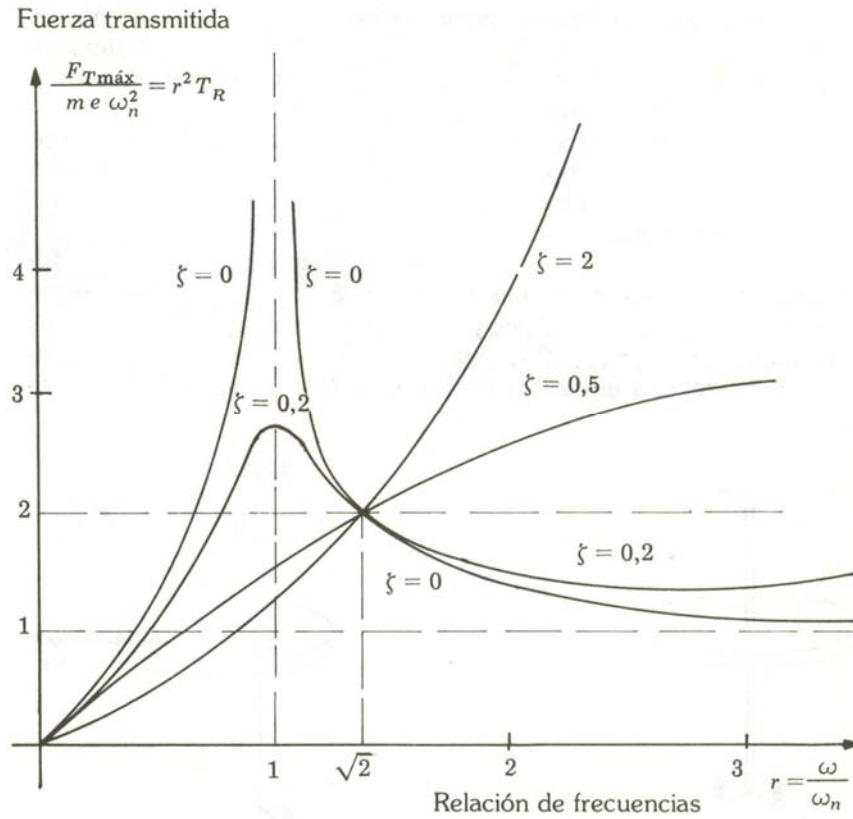


Gráfico 2.2 Fuerzas transmitidas

Fuerzas ejercidas sobre el pistón

Si hacemos un análisis de fuerzas en el pistón tenemos lo siguiente: (Ver Figura 2.10)

El pistón ejerce sobre el cilindro una fuerza dirigida perpendicularmente a su eje, cuya intensidad es F_n :

$$F_n = F \cdot \operatorname{Tg} \beta \quad (2.10)$$

Donde F_n es la fuerza perpendicular al cilindro, F es la fuerza ejercida por el combustible y β el ángulo de la biela sobre la cual ejerce una fuerza dirigida según el eje de la misma hacia el extremo de la manivela, de una intensidad equivalente a:

$$F_b = F / \operatorname{Cos} \beta \quad (2.11)$$

F_b es la fuerza en la punta de la manivela, la fuerza F que actúa sobre el cojinete de bancada difiere de la F_g en que es la resultante de la F_g misma y de la fuerza alterna de inercia F_a . La F_b se transmite al extremo de la manivela y a los cojinetes de bancada; razón por la cual, la bancada está sometida a una fuerza, dirigida según el eje del cilindro hacia abajo, de una intensidad:

$$F = F_b \operatorname{Cos} \beta \quad (2.12)$$

y a una fuerza dirigida perpendicularmente al eje del cilindro y hacia la derecha, de una intensidad:

$$F_n = F_b \operatorname{Sen} \beta \quad (2.13)$$

Sustituyendo F_b por su valor en función de F , estas dos fuerzas se transforman, respectivamente, en:

$$F_b \operatorname{Sen} \beta = (F / \operatorname{Cos} \beta) \cdot \operatorname{Sen} \beta = F \operatorname{Tg} \beta = F_n \quad (2.14)$$

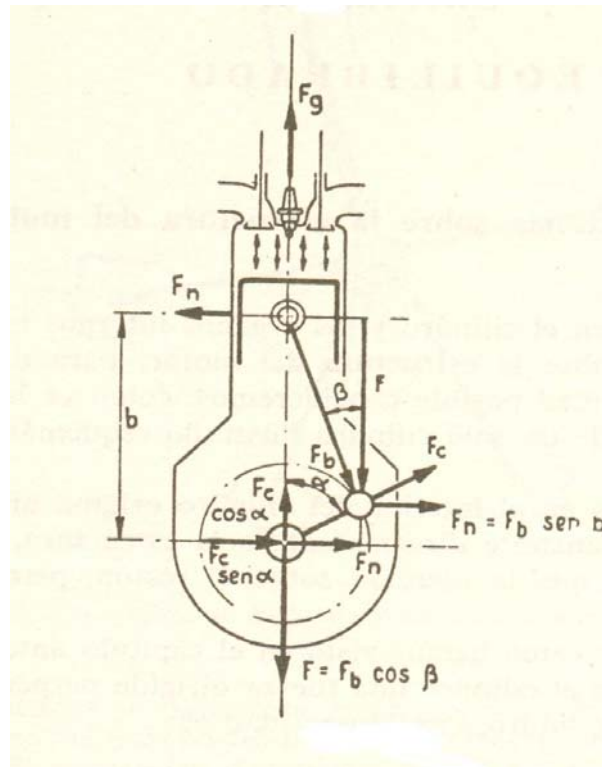


Figura 2.10 Diagrama de fuerzas en el pistón.

Por último, de manera análoga la fuerza centrífuga F_c , aplicada sobre el extremo de la manivela, actúa sobre los cojinetes de bancada y ejerce sobre la bancada una fuerza, dirigida según el eje del cilindro hacia arriba, de una intensidad $F_c \cos \alpha$; y una fuerza dirigida perpendicularmente al eje del cilindro y hacia la derecha, de una intensidad, $F_c \sin \alpha$.

Aplicando a las fuerzas dirigidas hacia arriba el signo + y a las dirigidas hacia abajo el signo -, se obtiene la resultante dirigida según el eje del cilindro que en el caso de la figura 2.7 va dirigida hacia arriba:

$$F_g - F + F_c \cos \alpha = - F_a + F_c \cos \alpha \quad (2.17)$$

y una fuerza resultante, dirigida perpendicularmente al eje del cilindro y hacia la derecha, de una intensidad:

$$- F_n + F_n + F_c \operatorname{sen} \alpha = F_c \operatorname{sen} \alpha \quad (2.18)$$

y además, un par que actúa alrededor del eje motor, de sentido contrario a la marcha, y de una intensidad equivalente a $F_n \cdot b$.

De las fórmulas anteriores se deduce claramente que la componente a lo largo del eje del cilindro de la resultante de todas las fuerzas aplicadas sobre la estructura del motor no depende de la presión del gas, como podría parecer a primera vista, sino tan solo de la fuerza de inercia alterna y centrífuga; mientras que la componente perpendicular al eje del cilindro depende sólo de la fuerza de inercia centrífuga.

El par que actúa alrededor del eje motor es exactamente igual y contrario al par motor:

En efecto, de la figura obtenemos inmediatamente:

$$b = L \cos \beta + r \cos \alpha = \left[\frac{1}{\lambda} \cos \beta + \cos \alpha \right] \quad (2.20)$$

Así que, teniendo en cuenta la expresión de F_n , de $\operatorname{Sen} \beta$ y de $\operatorname{Cos} \beta$, el par reacción vale:

$$F_n b = F r \operatorname{tg} \beta \left[\frac{1}{\lambda} \cos \beta + \cos \alpha \right] = F r \left[\operatorname{sen} \alpha + \frac{\lambda \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha}{\sqrt{1 - \lambda^2 \operatorname{sen}^2 \alpha}} \right] \cong F r \left[\operatorname{sen} \alpha + \frac{\lambda}{2} \operatorname{sen} 2\alpha \right] \quad (2.21)$$

Resulta, por lo tanto, igual en intensidad, pero de sentido opuesto al del par motor. Los razonamientos antes expuestos para un motor de un solo cilindro pueden fácilmente aplicarse a motores con un número cualquiera de cilindros.

Transformada de Fourier

La transformada de Fourier es una aplicación que hace corresponder a una función f con valores reales o complejos y definidos en la recta, a otra función g . En procesamiento de señales la transformada de Fourier suele considerarse como la descomposición de una señal en componentes de frecuencias diferentes, es decir, g corresponde al espectro de frecuencias de la señal f .

La Transformada Rápida de Fourier es un algoritmo o una rutina de cálculo que permite obtener el espectro de frecuencias a funciones que no son periódicas, suponiendo que una función no es periódica, es periódica con un periodo infinito.

La FFT se utiliza para pasar al dominio frecuencial una señal para así obtener información que no es evidente en el dominio temporal. Se demuestra matemáticamente que una señal periódica se puede descomponer en una suma de senos y cósenos formando una base ortogonal, de esta forma, señales como la voz o las ondas obtenidas en un osciloscopio, se pueden descomponer en una sumatoria de señales trigonométricas. En otras palabras convierte o transforma una señal del dominio de tiempo al dominio de la frecuencia.

En el procesamiento de señales digitales la ecuación que define a la transformada de Fourier $X(f)$ es:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-i2\pi ft} dt \quad (2.22)$$

donde t representa el tiempo, f representa los valores ordinarios de frecuencia y $x(t)$ es la función continua.

Muchas veces es conveniente escribir la ecuación de la transformada de Fourier en términos de la frecuencia angular $\omega = 2\pi f$, obteniéndose:

$$X(\omega) = \int x(t) e^{-i\omega t} dt \quad (2.23)$$

Resonancia

Diversos elementos de una máquina pueden entrar en resonancia, si las frecuencias de las fuerzas variables generadas por el uso de la misma, está próxima a una frecuencia natural de vibración de la máquina o de sus elementos. En ausencia de cualquier medio de disipación de la energía vibratoria, ello puede producir una amplificación considerable de la vibración si tiene lugar la resonancia.

Cuando sea posible, los ingenieros y diseñadores, deberían evitar la resonancia dentro del rango normal de velocidad de la máquina mediante una adecuada elección e instalación de elementos y masas, una apropiada elección de rodamientos, una cuidadosa selección de frecuencias de engrane y otras medidas.

Si los efectos de la resonancia no pueden evitarse, puede ser necesario incorporar dispositivos de amortiguamiento visco elásticos, hidráulicos, por aire, fricción o alguna otra forma de absorción de energía de la vibración y así limitar la intensidad de la vibración en el caso de ocurrir la resonancia.

Atenuadores de vibración elastoméricos

La atenuación de las vibraciones es una medida que permite bien reducir significativamente cualquier transmisión de fuerzas periódicas, aleatorias o de choques entre máquina y las estructuras de su alrededor, o bien proteger a las personas y máquinas, instrumentos, edificios sensibles de las vibraciones transmitidas por sus alrededores.

Por su deformabilidad elástica y su pequeño modulo de Young, los elastómeros son materiales adecuados para atenuar vibraciones. Las características como la rigidez y el amortiguamiento dependen de la selección del material básico y de los componentes de la mezcla de materiales, así como de la forma.

Estos atenuadores pueden adaptarse a un amplio rango de aplicaciones, debido a su diseño flexible, su fijación a piezas metálicas y numerosa combinación de posibles materiales.

La mala atenuación de las vibraciones en una máquina, en este caso el motor, puede dañar la infraestructura del mismo sobre el cual descansa y las zonas cercanas al motor, además que causa ruidos adicionales a los del motor, debido a las piezas en vibración.

Los valores que se deben tomar en cuenta para atenuar correctamente las vibraciones son las siguientes:

- Datos de carácter general: Tipo de sistema, sus materiales, su peso, rigidez estática de los atenuadores, pesos máximos permisibles por los elementos atenuadores, colocación, desgaste debido a la carga y al tiempo, etc.

- Comportamiento dinámico: Se debe conocer el comportamiento dinámico longitudinal y rotacional del sistema de aislamiento, en términos de rigidez dinámica, las condiciones ambientales y el valor de la carga para los cuales se obtuvieron esos resultados.
- Durabilidad: Límite de deformaciones que soporta, datos de deformación, efectos debido a las condiciones de almacenaje inadecuado.
- Condiciones Ambientales: Límites de temperatura para los cuales el atenuador cumple su función y no sufrirá modificaciones de sus características, capacidad del atenuador de resistir la corrosión, humedad, agua, salinidad, hongos, ozono, aceite combustibles, sol, el ambiente de almacenamiento aceptable.

EMISIÓN DE SONIDO EN EL MOTOR

El oído es un órgano muy versátil que permite escuchar los sonidos muy débiles y ruidos de muy alta intensidad. Las perturbaciones de presión que generan la sensación de sonido y que es capaz de percibir el oído promedio se encuentra en un rango que va desde 20 millonésimas de un Pascal hasta millones de Pascal. Para presentar convenientemente este rango tan amplio, en acústica se emplea la cantidad decibel. El decibel es una cantidad adimensional y logarítmica que permite relacionar cantidades muy pequeñas junto a cantidades muy grandes de sonido.

Cuando se produce una perturbación periódica en el aire, se originan ondas sonoras longitudinales. Desde el punto de vista físico el sonido, es el movimiento ondulatorio en un medio elástico normalmente el aire, debido a cambios rápidos de presión, generados por el movimiento vibratorio de un cuerpo sonoro. En general, se llama sonido a la sensación en el tímpano producida por este movimiento.

Deben existir dos elementos principales para que exista el sonido. Uno es necesaria una fuente de vibración mecánica y el otro un medio elástico a través del cual se propague la perturbación. La fuente puede ser un motor de combustión, un diapasón, una cuerda que vibre o una columna de aire vibrando en un tubo de órgano. Los sonidos se producen por una materia que vibra, por ello la relación existente entre sonido y vibración.

Ahora bien, las personas no perciben todas las ondas sonoras ya que el oído humano es sensible únicamente a aquellas cuya frecuencia está comprendida entre los 20 y los 20.000 Hz (Hertzios), es lo que se denomina espectro audible.

El sistema auditivo humano atenúa el sonido para frecuencias bajas, además no tiene la misma curva de respuesta si el sonido es muy intenso o poco intenso. El oído presenta una no linealidad tanto en frecuencias como en intensidades. Para tomar

en consideración esta propiedad del oído, se estableció la Escala A, la cual es una ponderación que se efectúa para simular la sensibilidad del oído humano promedio, a bajas intensidades acústicas.

La Escala A es importante porque correlaciona el nivel de ruido al daño que puede sufrir una persona en su sistema auditivo. La ponderación de la escala A penaliza la ganancia a bajas frecuencias (30 Hz a 250 Hz) mientras que la favorece a altas frecuencias (500 Hz a 8 KHz.). Cuando una medida es ponderada según la escala A se indica a continuación del símbolo de decibel, de la siguiente manera: db (A) o dbA y es la medida que se utiliza cuando se realizan los estudios en donde se evalúa la incidencia del nivel de ruido sobre las personas.

Presión sonora

La presión sonora es la diferencia entre la presión atmosférica promedio en un determinado lugar y la presión instantánea. La presión sonora varia de manera considerable con el tiempo a diferencia de la presión atmosférica o presión promedio y es la que produce la sensación de sonido. Para mediciones acústicas se emplea niveles de presión sonora L_p o SPL.

$$L_p = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{Rms}^2}{P_o^2} \right) [dB] \quad (2.24)$$

En donde:

P_{Rms} representa la presión media cuadrática de la señal medida.

P_o = representa el nivel de referencia para presiones sonoras.

La presión acústica es el efecto de la perturbación que provoca una fuente sobre un determinado punto del espacio. Esta depende de la distancia que separa el receptor de la fuente.

Potencia sonora

Es la cantidad de energía que emite por unidad de tiempo, en forma de perturbación acústica, una fuente sonora. El nivel de potencia sonora (L_w o SWL) se define como:

$$L_w = 10 \cdot \log \left(\frac{W}{W_o} \right) [dB] \quad (2.25)$$

En donde W_{rms} representa la potencia media cuadrática de la señal medida.

$W_o = 10^{-12}$ [vatios], correspondiente al umbral de audición del oído humano.

La potencia acústica es una característica de cada fuente y no depende de la distancia que separa el emisor del receptor

Nivel continuo equivalente

Cuando el ruido varía con el tiempo en forma aleatoria, como sucede en la industria y en la comunidad, es poco práctico describir el ruido mediante una secuencia de valores en db. En estos casos se justifica el uso del índice de nivel continuo equivalente L_{eq} , el cual es el promedio verdadero, de una señal fluctuante, expresada en decibeles.

El nivel L_{eq} representa un nivel de ruido que de una manera continua tendría los mismos efectos sobre el receptor, que los niveles variables en el tiempo. El principio es el de buscar el nivel de ruido continuo que posea la misma energía que la suma de todos los niveles fluctuantes en un determinado arco de tiempo.

Es de hacer notar que L_{eq} es un promedio de presiones efectivas elevadas al cuadrado y nunca deberá entenderse como un promedio de los valores aritméticos de los decibeles.

Medios de Propagación del sonido

Para que el sonido pueda llegar a nuestros oídos necesita un espacio o medio de propagación, este normalmente suele ser el aire, la velocidad de propagación del sonido en el aire es de unos 334 m/s y a 0° es de 331,6 m/s. Hay una pequeña variación de la velocidad de propagación debido al cambio de densidad del medio. Como hemos visto cuando mayor sea la temperatura del ambiente mas rápido llegará el sonido a nuestros oídos. La ecuación que puede ser utilizada para calcular la velocidad de propagación es la siguiente:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho_0}}$$

Donde: γ es el índice adiabático del gas (1.4 para el aire) y ρ_0 es la densidad (1.293 kg/m³), y p_0 la presión normal (1 atm=1.013·10⁵ Pa).

Cada molécula de aire entra en oscilación en torno a su punto de reposo. Es decir, el desplazamiento que sufre cada molécula es pequeño. Pero el movimiento se propaga a través del medio. Entre la fuente sonora (el cuerpo en oscilación) y el receptor (el ser humano) tenemos entonces una transmisión de energía pero no un traslado de materia.

No son las moléculas de aire que rodean al cuerpo en oscilación las que hacen entrar en movimiento al tímpano, sino las que están junto al mismo, que fueron puestas en movimiento a medida que la onda se fue propagando en el medio.

Cualidades acústicas

Por cualidades acústicas de un recinto entendemos una serie de propiedades relacionadas con el comportamiento del sonido en él, entre las cuales se encuentran las reflexiones tempranas, la reverberación, la existencia o no de ecos y resonancias, la cobertura sonora de las fuentes, etc.

El Eco

El fenómeno más sencillo que tiene lugar en un ambiente con superficies reflectoras del sonido es el eco, consistente en una única reflexión que retorna al punto donde se encuentra la fuente unos 100 ms (o más) después de emitido el sonido.

Reflexiones tempranas

Cuando la fuente sonora está rodeada por varias superficies (piso, paredes, techo) un oyente recibirá el sonido directo, y además el sonido reflejado en cada pared. Las primeras reflexiones recibidas, que se encuentran bastante separadas en el tiempo, se denominan reflexiones tempranas. En salas no demasiado grandes, las primeras reflexiones están bastante cerca en el tiempo unas de otras, de manera que no se llegan a percibir como eco.

Ambiencia

La distribución en el tiempo de las reflexiones tempranas crea la sensación de ambiencia, es decir, la sensación que permite al oyente identificar auditivamente el espacio en el que se encuentra. Las personas no videntes desarrollan una especial habilidad para interpretar la información espacial contenida en la ambiencia.

Absorción sonora

Las superficies de un recinto reflejan sólo parcialmente el sonido que incide sobre ellas; el resto es absorbido. Según el tipo de material o recubrimiento de una pared, ésta podrá absorber más o menos el sonido, lo cual lleva a definir el coeficiente de absorción sonora. El coeficiente de absorción tiene una gran importancia para el comportamiento acústico de un ambiente, y por esa razón se han medido y tabulado los coeficientes.

Acústica y Sistemas de Sonido

La absorción del sonido varía para varios materiales y objetos, en general, los materiales duros, como el hormigón o el mármol, son muy reflectores y por lo tanto poco absorbentes del sonido, y en cambio los materiales blandos y porosos, como la lana de vidrio, son poco reflectores y por consiguiente muy absorbentes.

En general la absorción aumenta con la frecuencia, debido a que para frecuencias altas la longitud de onda es pequeña y entonces las irregularidades de la superficie o el propio espesor del material son más comparables con la longitud de onda. En algunos casos, sin embargo, algún fenómeno de resonancia entre el material y la pared puede mejorar la absorción en bajas frecuencias.

Tiempo de reverberación

Después del período de las reflexiones tempranas, comienzan a aparecer las reflexiones de las reflexiones, y las reflexiones de las reflexiones de las reflexiones, y así sucesivamente, dando origen a una situación muy compleja en la cual las reflexiones se densifican cada vez más. Esta permanencia del sonido aún después de interrumpida la fuente se denomina reverberación.

Ahora bien; en cada reflexión, una parte del sonido es absorbido por la superficie, y otra parte es reflejada. La parte absorbida puede transformarse en minúsculas cantidades de calor, o propagarse a otra habitación vecina, o ambas cosas. La parte reflejada mantiene su carácter de sonido y viajará dentro del recinto hasta encontrarse con otra superficie, en la cual nuevamente una parte se absorberá y otra parte se reflejará. El proceso continúa así hasta que la mayor parte del sonido sea absorbido, y el sonido reflejado sea ya demasiado débil para ser audible.

El tiempo de reverberación depende de cuán absorbentes sean las superficies de la sala. Si las paredes son muy reflectoras y reflejan la mayor parte del sonido que llega a ellas, se necesitarán muchas reflexiones para que se extinga el sonido. Si, en cambio, son muy absorbentes, en cada reflexión se absorberá una proporción muy alta del sonido, por lo tanto en unas pocas reflexiones el sonido será prácticamente inaudible.

Dado que los materiales duros, como el hormigón o los azulejos, son poco absorbentes del sonido, un ambiente con paredes de este tipo tendrá un tiempo de reverberación largo. Una sala cubierta con materiales absorbentes como cortinados, alfombras, etc., por el contrario, tendrá un tiempo de reverberación corto.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Los instrumentos de medición son dispositivos utilizados en la industria para monitorear las maquinarias y comparar los valores físicos registrados. Se han desarrollado técnicas efectivas para el mantenimiento de las maquinarias de forma rápida y confiable, conocido como mantenimiento predictivo. Los instrumentos sirven para traducir estos fenómenos físicos observados en las máquinas en cantidades mensurables.

Instrumentos para la medición de las vibraciones

La piezoelectricidad es la propiedad que presentan ciertos materiales llamados piezoeléctricos. Estos, generan una tensión eléctrica (voltaje) cuando son golpeados o deformados. Además, si un material piezoeléctrico es expuesto a una tensión eléctrica, experimentará una deformación mecánica.

Estos dos fenómenos se estimulan mutuamente, lo que significa que si se golpea o deforma un material con cualidades piezoeléctricas, esa deformación provocará un voltaje que a su vez deformará el material, generando nuevamente una tensión eléctrica, y así sucesivamente, esto se conoce como oscilación. Este proceso oscilatorio no perdura infinitamente, se va amortiguando hasta desaparecer después de un cierto tiempo. La piezoelectricidad encuentra varios usos especialmente en electrónica donde se la utiliza en micrófonos, parlantes, filtros cerámicos, acelerómetros y estabilización de osciladores.

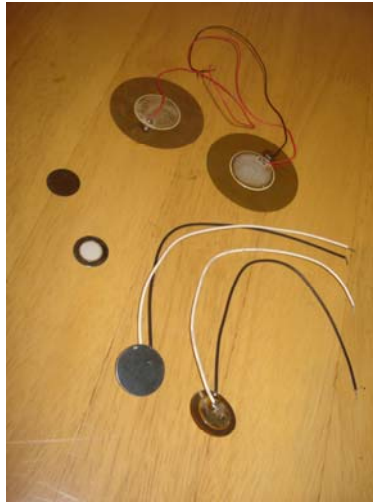


Figura 2.11 Láminas piezoeléctricas

Los dispositivos para medir vibraciones utilizados en este estudio, utilizan el principio de la piezoelectricidad para su funcionamiento, mediante un osciloscopio conectado a una computadora se registran y almacenan los valores de voltajes obtenidos y se grafican automáticamente mediante un programa computarizado. A continuación una pequeña descripción:

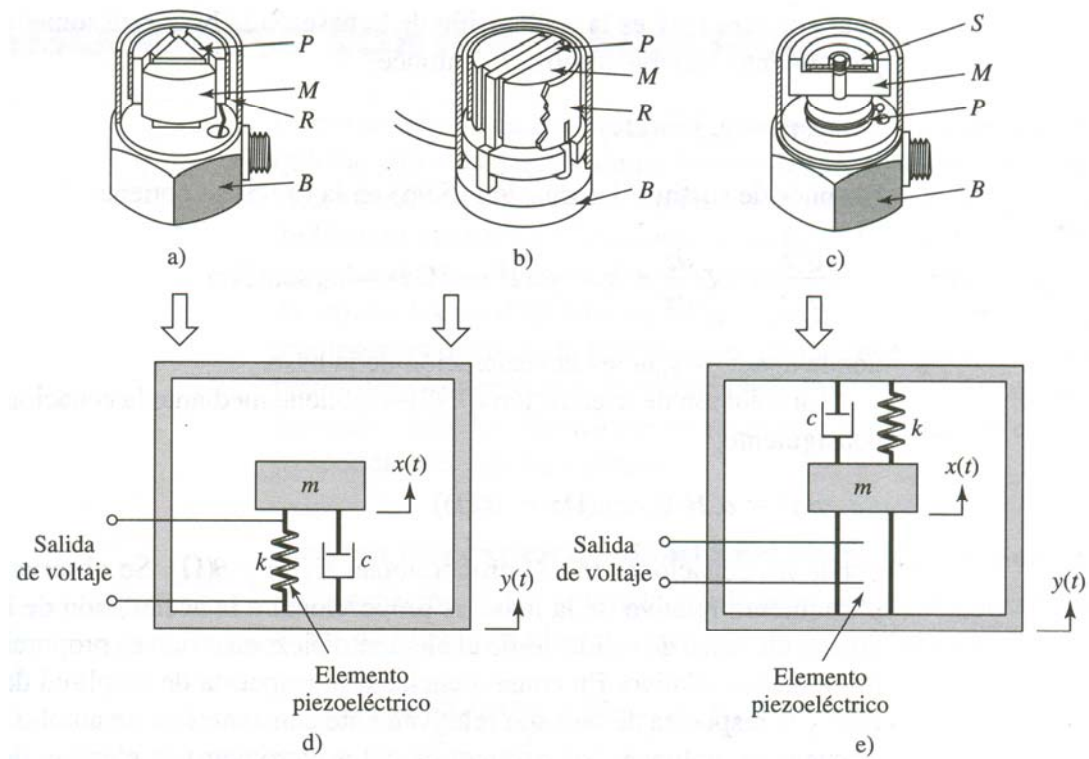


Figura 2.12 Esquema de un Acelerómetro piezoeléctrico

Leyenda: a) y b) Tipo cortante; d) modelo de un solo grado de libertad del tipo cortante; c) modelo de un solo grado de libertad para el tipo en compresión. (B = base, M = masa, P = elemento piezoeléctrico, S = Resorte, R = anillo retenedor)

En la figura 2.13 se observa el esquema principal del funcionamiento de los acelerómetros piezoeléctricos, como se observa internamente es un sistema dinámico masa - resorte amortiguado.

Instrumentos para la medición de Sonido

El principal instrumento para medir el sonido es llamado sonómetro, en realidad no mide el sonido. Hasta la fecha, no se ha podido diseñar un instrumento que mida de forma eficaz el sonido tal y como es percibido por el oído humano. Por lo que este instrumento de medida sirve exclusivamente para medir niveles de presión sonora.

En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que hay en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio. Cuando el sonómetro se utiliza para medir lo que se conoce como contaminación acústica hay que tener en cuenta qué es lo que se va a medir, pues el ruido puede tener multitud de causas y proceder de fuentes muy diferentes. Para hacer frente a esta gran variedad de ruido ambiental se han creado sonómetros específicos:

Su clasificación es la siguiente:

- Sonómetro de clase 0: se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetro de clase 1: permite el trabajo de campo con precisión.
- Sonómetro de clase 2: permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo.
- Sonómetro de clase 3: es el menos preciso y sólo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que sólo se utiliza para realizar reconocimientos.

El sonómetro siempre está formado por:

- Un micrófono con una respuesta en frecuencia similar a la de las audiofrecuencias, generalmente, entre 8 Hz y 22 KHz.
- Un circuito que procesa electrónicamente la señal.
- Una unidad de lectura (led, pantalla digital, etc.).
- Muchos sonómetros cuentan con una salida (un jack, por lo general, situado en el lateral), que permite conectarlo con un osciloscopio, con lo que la medición de la presión sonora se complementa con la visualización de la forma de la onda.

En el siguiente capítulo se describen los pasos a seguir para adquirir la información necesaria que permitirá llevar a cabo el estudio. Para ello resulta de interés resaltar algunos puntos.

Definición de variables o indicadores

Se consideran los parámetros o variables que pueden ser controlados son las siguientes:

- El nivel de combustible: El nivel de combustible dentro del tanque cambia debido al consumo propio del motor, pero se puede mantener constante reponiendo el combustible consumido.
- Tipo de combustible: el combustible utilizado según el fabricante debe ser mayor a 85 octanos.
- Velocidad del motor: Las revoluciones del motor se pueden fijar dentro de diferentes rangos establecidos, por medio de un tacómetro.
- Tipo de suspensión o soporte del motor: Es el lugar de colocación del motor.
- El tipo de fijación soporte – motor: se pueden utilizar dispositivos atenuadores de la vibración como elastómeros entre el soporte y el motor.

Las variables que no se pueden controlar son:

- El consumo de combustible: la cantidad de combustible consumido por el motor no puede ser modificado.
- La relación de compresión del motor es siempre la misma.
- Carrera, diámetro y volumen recorrido por el pistón.
- La calidad del combustible suministrado.
- Los pequeños cambios en la velocidad del eje una vez alcanzada la velocidad para la toma de datos de la prueba.
- El tipo de bujía y el pequeño desgaste que sufre la bujía con el tiempo.
- El desgaste de piezas internas del motor.
- La calidad del aire que se suministra al motor.
- Ruidos ambientales de fondo o sonidos inesperados: Alarmas de carros, cornetas, personas hablando, otras máquinas funcionando, etc.
- Las condiciones ambientales del día que se toma las muestras.
- Incertidumbre de los equipos e instrumentos de medición.
- Reflejo de las ondas de ruido: dentro de un recinto cerrado, el reflejo de las ondas de sonido es inevitable.

Motor utilizado

El motor monocilíndrico utilizado en esta posee las características siguientes:

Características del motor	
Marca	Briggs & Stratton.
Modelo	Intek Pro.
Potencia	8 hp
Rango de velocidad	De 1800 a 3600 rpm.
Tipo de combustible	Gasolina, mayor a 85 octanos.
Desplazamiento pistón	206 CC.
Carrera del cilindro	56 mm.
Diámetro interno del cilindro	68 mm.
Tipo de encendido	Manual.
Disposición del pistón	Diagonal.
Tipo de enfriamiento	Aire.



Figura 3.1 motor utilizado

Soporte o suspensión del motor

A continuación su descripción:

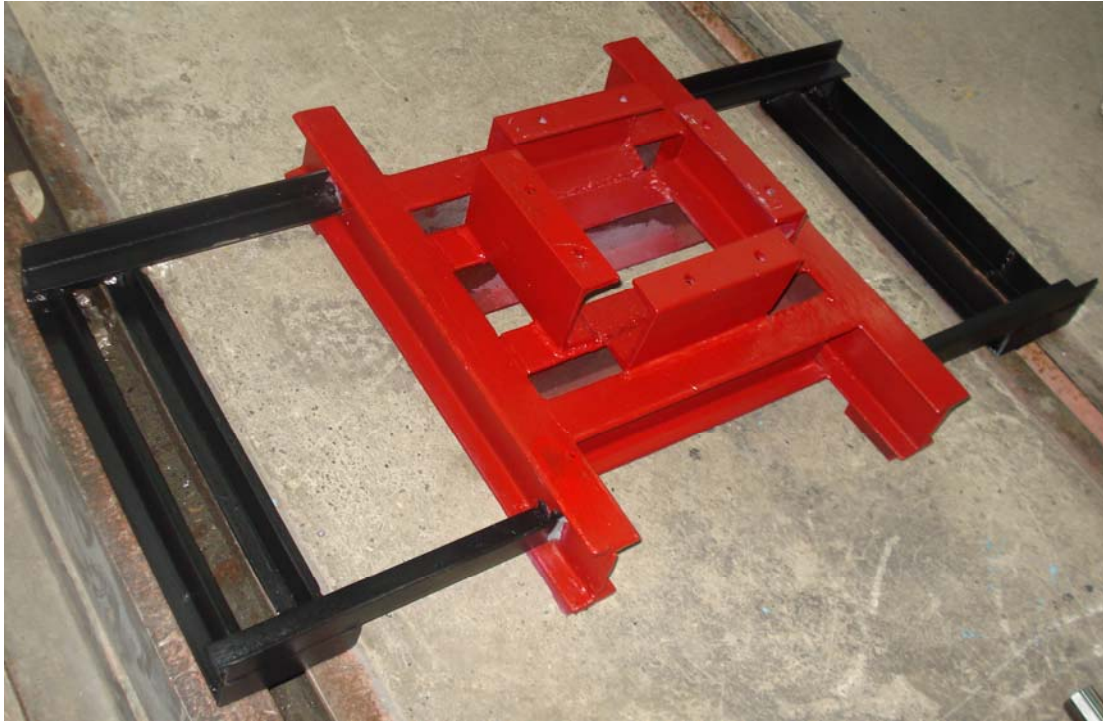


Figura 3.2 Soporte del motor

Material: Acero estructural.

Soldadura: Por arco eléctrico con electrodos E1013.

Dimensiones: ver en apéndice E.

Peso aproximado: 15 Kg.

Fijación al piso: Mecánica con tornillos y tuercas, grado 3 de longitud 1”.

Recubrimientos: Fondo anticorrosivo y esmalte para acabado final.

Bondades principales del soporte utilizado:

- Posee bastante rigidez.
- La estructura es muy firme.
- El montaje al soporte es seguro.
- Es fácilmente desmontable.

Recursos utilizados para llevar a cabo la investigación

Computador: la computadora tipo laptop con puerto usb, que permite la conexión con los dispositivos utilizados tanto para la medición del nivel de sonido como para la medición del nivel de vibración.

Características del Computador	
Marca	Dell
Modelo	Inspiron I1520
Procesador	Intel Core Duo 1.67 GHz
Memoria	2080 MB
Tipo de sistema	32 bits
Software	Windows Vista



Figura 3.3 Computador tipo laptop.

Instrumentos para la medición del nivel de vibración

1. **Osciloscopio:** Permite registrar las señales eléctricas producidas por el acelerómetro y mostrarlas gráficamente.

Características del osciloscopio	
Marca	Hantek
Modelo	DSO – 2090 USB
Máx. cantidad de mediciones	100Ms/s
Ancho de Banda	40MHz
Tamaño Buffer	32K
Numero de canales	2
Impedancia	1M ohm
Resolución	8 bit
Rango	10 divisiones
Voltaje máx.	35V
Mediciones	Vp-p, Vmax, Vmin, Vmean, Vrms, Vamp, Vhigh, Vlow, periodo, frecuencia.
Conexión tipo	Interface Universal Serial Bus(USB2.0)
Alimentación	No se requiere fuente externa



Figura 3.4 Osciloscopio.

2. Acelerómetro: Genera señales eléctricas en relación con la aceleración.

Características del Acelerómetro	
Marca	Columbia
Modelo	902
Serial	949
Año	1971
Rango de aceleraciones	0.05 g a 20.000 g
Temperatura de trabajo	-100°F a 350°F
Frecuencia de resonancia	30.000 ciclos



Figura 3.5 Acelerómetro.

El acelerómetro incluye una base magnética que se rosca al eje principal del sensor (figura 3.6). Esta base permite una fijación magnética muy firme al soporte metálico del motor.



Figura. 3.6 Tipos de bases magnéticas.

- 3. Transductores:** En esta investigación se llevó a cabo la construcción de varios tipos de transductores a partir de elementos piezoeléctricos.



Figura 3.7 Diferentes transductores contruidos

Los transductores fueron elaborados a partir de elementos comerciales de plástico y metal. Considerando algunas recomendaciones de personal especializado en esta área, tales como: tipo de cable a utilizar, método de fijación, verificación de la respuesta, identificación de señales de fondo o ruido, entre otros. En páginas posteriores se muestran algunos resultados obtenidos por estos transductores.

Instrumentos para la medición del nivel de emisión de sonido

- 1. Sonómetro:** El dispositivo utilizado para hacer la medición del nivel de sonido presenta las características siguientes:

Características del Sonómetro	
Marca	PCE Group
Modelo	PCE – 322 ^a
Rango automático	30...130 db
Rangos Manuales	30...80 db / 50 ... 100 db / 80 ... 130 db
Resolución	0,1 db
Precisión	± 1,4 db
Mostrar actualización	cada 0,5 s
Frecuencia	31,5 Hz...8k Hz
Logger de datos	32.000 puntos
Valoración	A, C
Pantalla	gran pantalla LCD con gráfico de barras
Temperatura operativa	0 40 °C, <80 % H.r.
Alimentación	Batería de bloque de 9 V (para aprox. 30 h en uso continuo) o adaptador de red.
Dimensión	265 x 72 x 21 mm
Norma	IEC 651 tipo II (clase II) IEC 61672-1 (clase II)



Figura 3.8 Sonómetro digital.

Procedimiento

La recolección de datos se orientó, en forma general, hacia el nivel de vibración y el nivel de emisión de sonidos generados por el motor, en ambos casos se realizó un procedimiento y un protocolo para la adquisición y procesamiento de los datos obtenidos.

Descripción del procedimiento para la toma del nivel de vibraciones

Para la toma del nivel de vibraciones, se realizó un barrido de puntos equidistantes entre si, alrededor del soporte del motor, que en total suman 8 puntos. En cada punto se tomaron los datos relativos a la aceleración vertical y la aceleración horizontal.

Se consideraron las condiciones de trabajo del motor de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm. Se asumió la condición de 2700 rpm debido a que es un punto intermedio entre dos probables frecuencias de resonancia que presenta el sistema soporte - motor, las cuales se identifican experimentalmente aproximadamente, a 2400 rpm y 3000 rpm.

En cada medición se tomaron aproximadamente 500 valores de aceleraciones, y se realizaron 3 pruebas, en cada punto y en cada condición de funcionamiento. En total la cantidad de datos obtenidos relativos al nivel vibraciones fué de 24.000 valores.

La siguiente figura muestra la posición de los ocho puntos equidistantes de toma de muestras donde se colocó el acelerómetro en el soporte del motor:

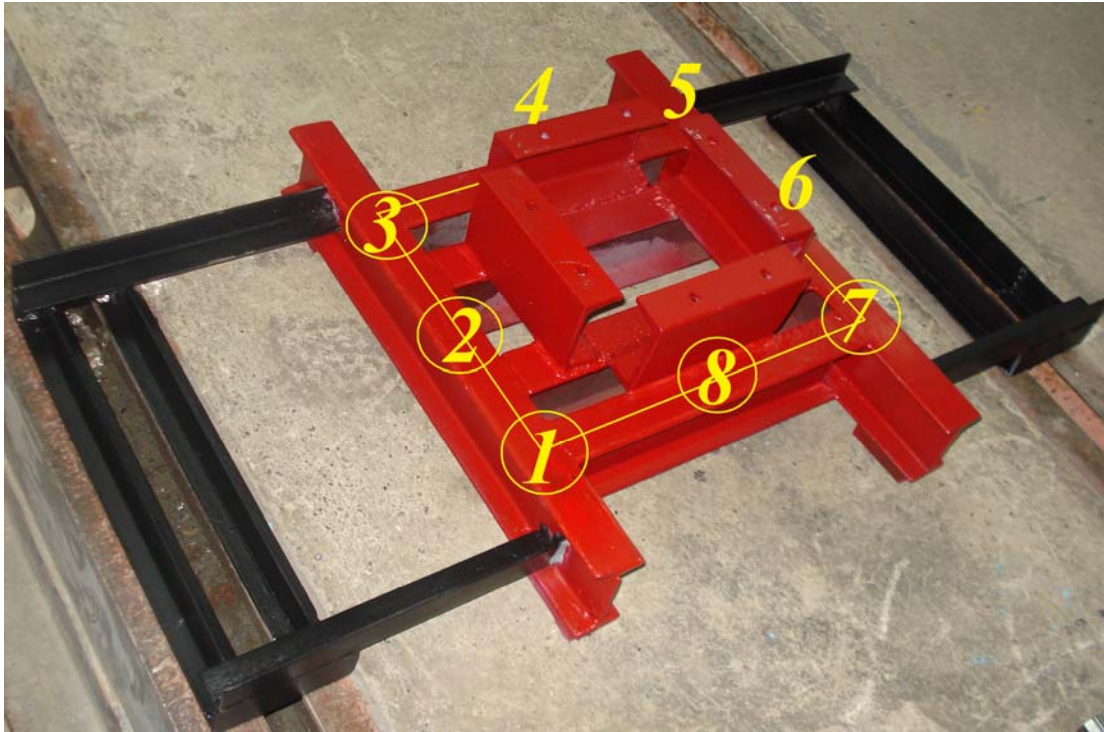


Figura 3.9 Esquema de puntos de toma de muestra del acelerómetro.

Como se puede ver en la figura 3.9 la toma de los datos se realizó en una gran cantidad de puntos alrededor del soporte del motor, haciendo un barrido uniforme. En el alma de la viga se colocó el acelerómetro para la toma de datos en la posición horizontal.

Protocolo para medir el nivel de vibración**Objetivo:**

Medir el nivel de vibración de los motores monocilíndricos.

Requisitos para la medición:

1. Revisar el nivel de los fluidos del motor (aceite, gasolina, filtros).
2. Verificar la calibración de la instrumentación.
3. Verificar la instalación del equipo de adquisición de datos.
4. Revisar la conexión de todos los equipos y instrumentos.
5. Revisar el ajuste del motor al soporte.
6. Llevar el motor a la condición estable de operación (aproximadamente 5 min.)

Procedimiento:

Instalación de equipos:

1. Colocar el acelerómetro en el punto donde se desea medir.
2. Abrir en el computador el programa de control.
3. Tiempo estimado en esta etapa: 5 min.

Adquisición de datos:

1. Colocar la escala correcta en la gráfica que se obtiene.
2. Activar la función del programa para la FFT.
3. Ajustar la escala de frecuencia y voltaje de la FFT.
4. Guardar los datos de la FFT y la pantalla osciloscopio.
5. Tiempo estimado en esta etapa: 10 min.

Culminación de la prueba:

1. Guardar el archivo generado y cerrar el programa.
2. Apagar el motor y cerrar la válvula de gasolina.
3. Tiempo estimado en esta etapa: 10 min.

Instrumentos:

1. Osciloscopio digital.
2. Sensor acelerómetro.
3. Computadora Portátil.

Recomendaciones:

1. Colocar los cables lejos de las partes calientes del motor.
2. Tener marcados claramente los puntos de toma de datos.
3. Haber cargado previamente la pila del computador.
4. Evitar colocar objetos que puedan vibrar, cercanos al soporte del motor.

Descripción del procedimiento para la toma del nivel de sonido

Para la medición del nivel de sonido se utiliza la salida de los gases del motor como punto de medición, que es el punto donde el nivel de sonido es mayor, como la dirección principal para hacer las mediciones.

Para la medición del nivel de ruido el dispositivo o sonómetro debe estar a una altura de 1,2 metros del suelo, para evitar reflexiones del sonido hacia el micrófono. La distancia horizontal desde la fuente (motor) se tomo de 2,5 metros. Estas medidas se tomaron en referencia a la norma COVENIN 1434 y COVENIN 1565.

La siguiente figura muestra las distancias de colocación del sonómetro y como se tomaron los datos del nivel de emisión de sonido del motor.

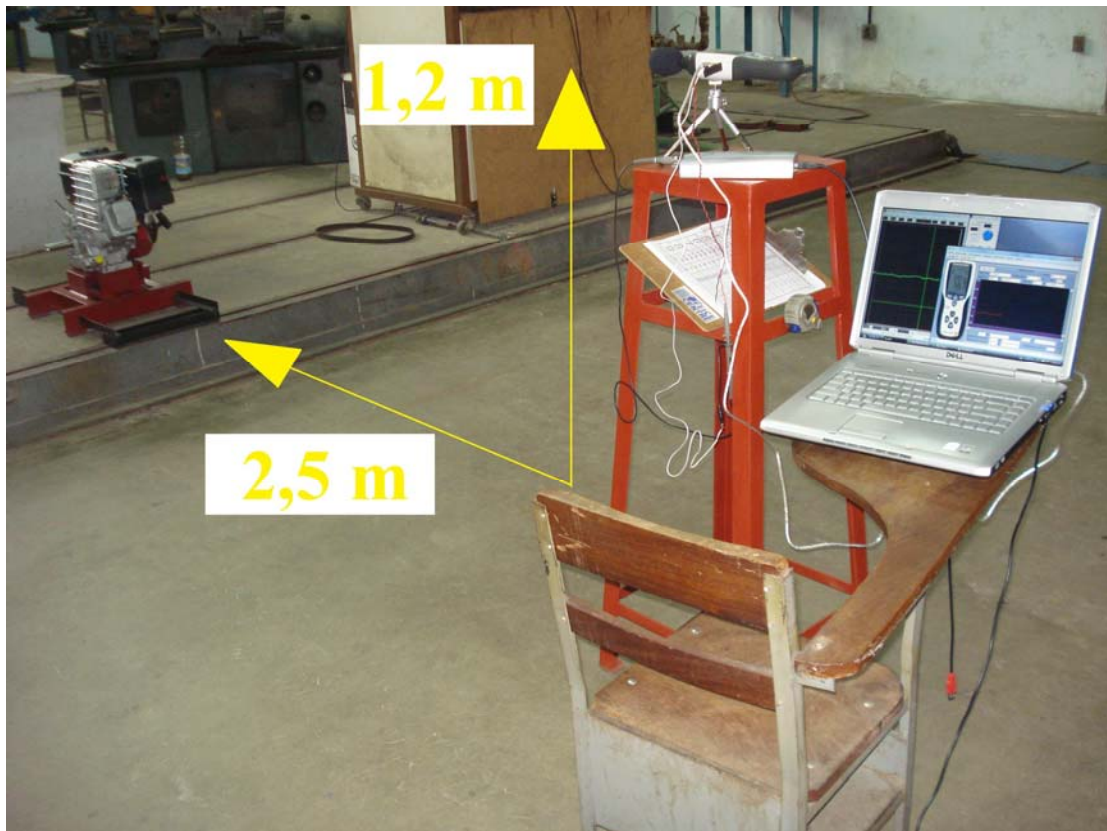


Figura 3.10 Esquema de ubicación del sonómetro.

La toma de datos se realizó durante un minuto, y se programó el sonómetro para tomar datos cada medio segundo. Al inicio y al final de cada prueba se realizó una toma del ruido de fondo presente en el lugar.

La cantidad de datos útiles obtenidos de cada prueba fue de aproximadamente 150. Por cada condición de trabajo se realizaron al menos 5 mediciones, lo cual suma 750 datos a procesar. Si tomamos en cuenta el hecho de que tenemos, dos tipos de combustible a utilizar, cuatro tipos de amortiguación y cuatro velocidades de funcionamiento del motor y el rango completo de velocidades, en total son 48 condiciones de trabajo, por lo tanto, la cantidad de datos a analizar, solo en la medición del nivel de sonido, es bastante elevada.

Protocolo para medir el nivel de emisión de sonido**Objetivo:**

Medir la emisión de sonido en un motor de combustión monocilíndrico.

Requisitos para la medición:

1. Revisar el nivel de los fluidos del motor (aceite, gasolina, filtros).
2. Verificar la calibración de los instrumentos.
3. Haber preparado el equipo de adquisición de datos.
4. Evitar la medición si hay elevados ruidos de fondo (martillos, taladros etc.)
5. Revisar la conexión de los cables.
6. Llevar el motor a la condición estable de operación (aproximadamente 5 min.)

Procedimiento:

Instalación de equipos:

1. Colocar el sonómetro en dirección a la salida de los gases del motor.
2. Fijar bien el soporte al piso y el motor al soporte.
3. Colocar el sonómetro a 1.2 m del piso y distancia 2.5 m de la salida de gases del motor.
4. Tiempo estimado en esta etapa de 20 min.

Adquisición de datos:

1. Activar la función del sonómetro en Setup.
2. Colocar el sonómetro en modo slow con escala en dba de 30 a 130.
3. Colocar el programa del sonómetro en modo Run.
4. Tomar los datos por 1 min.
5. Tiempo estimado en esta etapa de 5 min.

Culminación de la prueba:

1. Guardar el archivo generado y cerrar el programa.
2. Apagar el motor y cerrar la válvula de gasolina.
3. Tiempo estimado en esta etapa de 15 min.

Instrumentos:

1. Sonómetro digital.
2. Computadora Portátil.
3. Base de soporte para el Sonómetro.

Recomendaciones:

1. Colocar los cables lejos de las partes calientes del motor.
2. Haber revisado la pila del sonómetro.
3. Evitar objetos sólidos que puedan interferir la medida.
4. No colocarse cerca del micrófono.

Procesamiento de datos

Datos de Vibraciones: Los datos del nivel de vibraciones fueron procesados mediante una aplicación del programa DSO-2090 USB, que proporciona el fabricante del osciloscopio, este procesa la información en tiempo real y muestra la Transformada Rápida de Fourier de los valores obtenidos por el osciloscopio. Estas dos graficas son guardadas en cada intervalo de toma de datos.

Datos de Emisión de Ruido: Los datos de emisión de ruido se almacenan en el computador, en formato de archivos de texto, luego convertidos mediante aplicaciones del programa de Excel y finalmente graficados en función del tiempo, obteniendo así las curvas para cada condición de funcionamiento del motor.

Muestra de los resultados de vibración

Una vez obtenidos los datos tanto de vibración como de emisión de ruido, se procedió al procesamiento y a la obtención de los gráficos, para ello de utilizaron programas de procesamiento de datos.

La figura 3.11 muestra el gráfico obtenido y presentado para el nivel de vibración de cada prueba realizada:

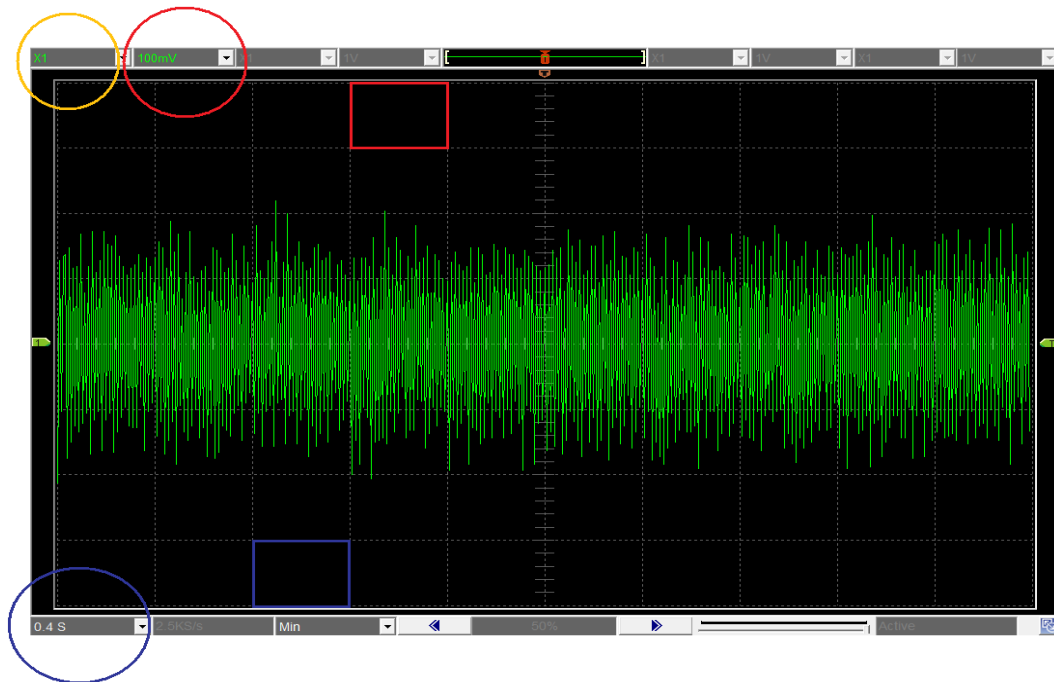


Figura. 3.11 Información contenida en la pantalla del osciloscopio.

La figura 3.11 representa la gráfica de los voltajes obtenidos empleando el acelerómetro, por lo tanto es una gráfica proporcional a las aceleraciones en donde:

- ✓ El círculo amarillo: indica el factor de atenuación de los datos de la punta del osciloscopio, para este caso es 1.
- ✓ El círculo rojo: indica cuanto equivale cada división vertical de la pantalla, cada cuadrado rojo equivale a 100 mv en dirección vertical.
- ✓ El círculo azul: muestra la escala horizontal, para este caso cada cuadrado equivale a 0.4 seg.

La figura 3.12 es la Transformada Rápida de Fourier (FFT) obtenida del programa DSO-2090 USB. Los cuadros naranja son la información mostrada en esta investigación para cada prueba del nivel de vibración realizada.

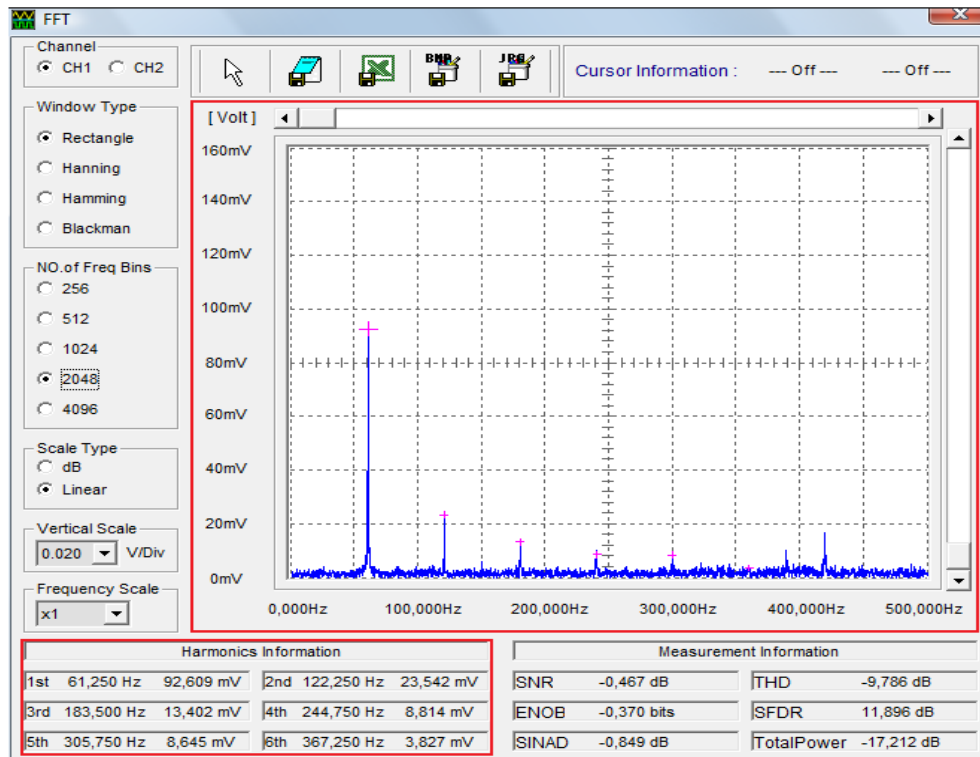


Figura. 3.12 Explicación del gráfico la FFT

El cuadrado grande muestra en forma gráfica la FFT con sus respectivas escalas, en donde cada 14 mv es proporcional a 1g (gravedad) de aceleración registrada por el acelerómetro. El cuadro pequeño representa los armónicos principales registrados.

Muestra de los resultados de sonido

Para mostrar la información del nivel de sonido se graficaron los datos obtenidos por el sonómetro para los siguientes tipos de amortiguación empleadas entre el soporte y el motor:

Amortiguación tipo 1: Contacto directo Motor - Soporte. (Contacto metal - metal).

Amortiguación tipo 2: Elastómeros de poliuretano (Contacto goma - metal).

Amortiguación tipo 3: Elastómeros negros de polibutadieno (Contacto goma - metal).

Amortiguación tipo 4: Elastómeros marrones de caucho (Contacto goma - metal).

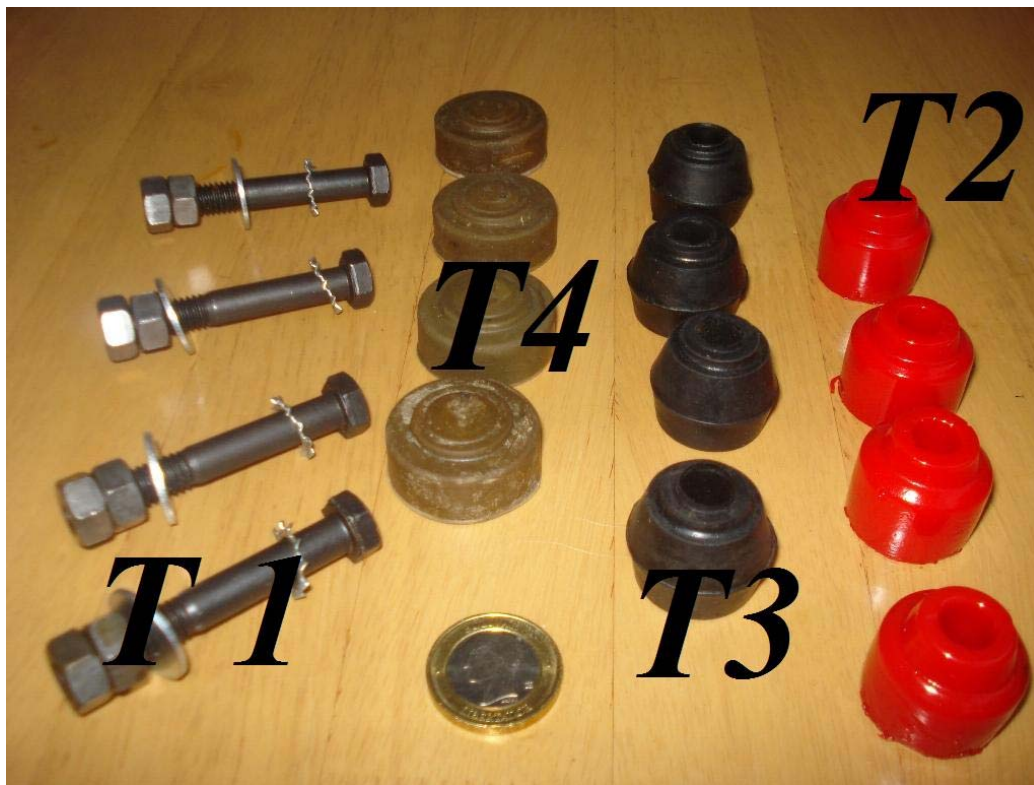


Figura. 3.13 Tipos de amortiguación utilizada

Cada tipo de amortiguación empleada proporciona propiedades diferentes al sistema soporte-motor y en consecuencia al nivel de emisión de sonido.

Resultados del nivel de vibración

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el nivel de vibración siguiendo el protocolo de pruebas presentado y utilizando la instrumentación descrita.

Se presentan los resultados para el punto 1, para los 7 puntos restantes las gráficas se muestran en los apéndices A, B, C, D. Para todas las condiciones de funcionamiento, en cada uno de los 8 puntos escogidos para hacer las mediciones se muestran dos pruebas realizadas.

Para cada caso primero se observa la gráfica de amplitud de aceleraciones y luego se muestra la FFT para cada una de las pruebas realizadas, es importante que el lector observe en la parte superior izquierda de la página de cada gráfico la condición de colocación del acelerómetro y condición de funcionamiento del motor para evitar confusiones. En la parte superior derecha se presenta un pequeño esquema del punto donde se toma la muestra en el soporte (figura 4.1).

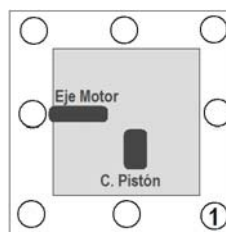
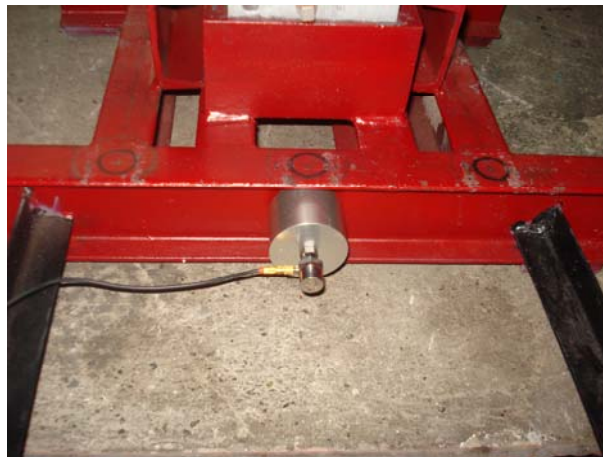


Figura 4.1 Posición de colocación del acelerómetro.

Medida de vibraciones

Combustible: 91 octanos.

**Ubicación del Acelerómetro:
Horizontal.**



Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:

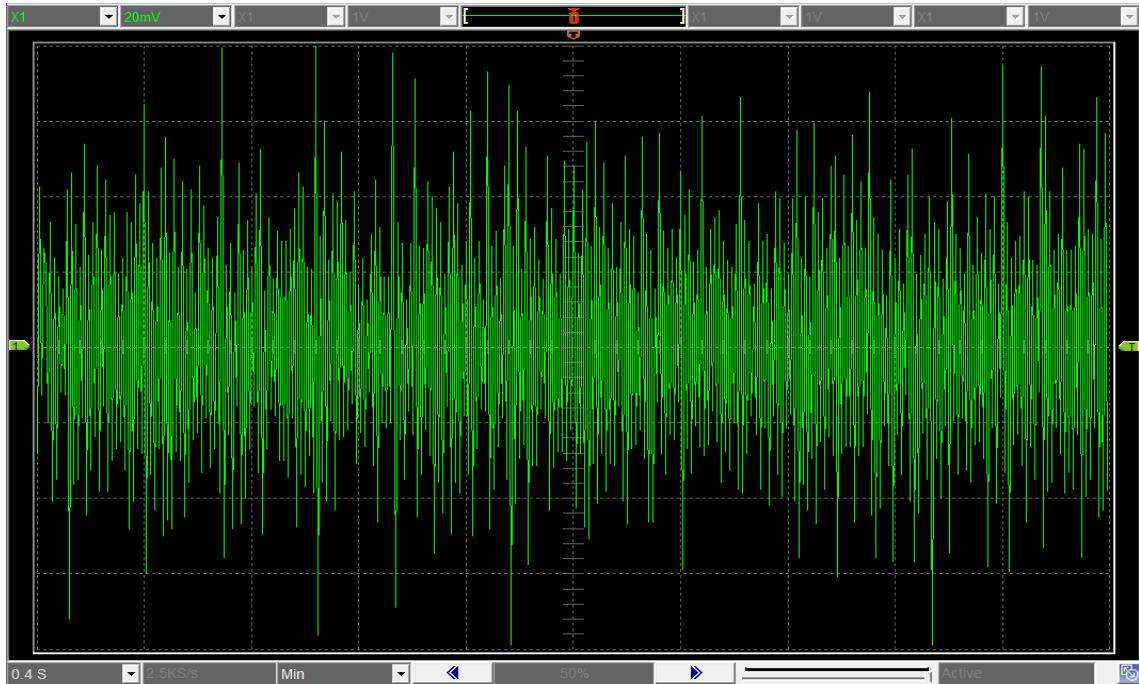
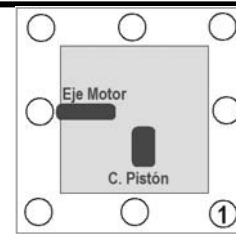


Gráfico 4.1 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

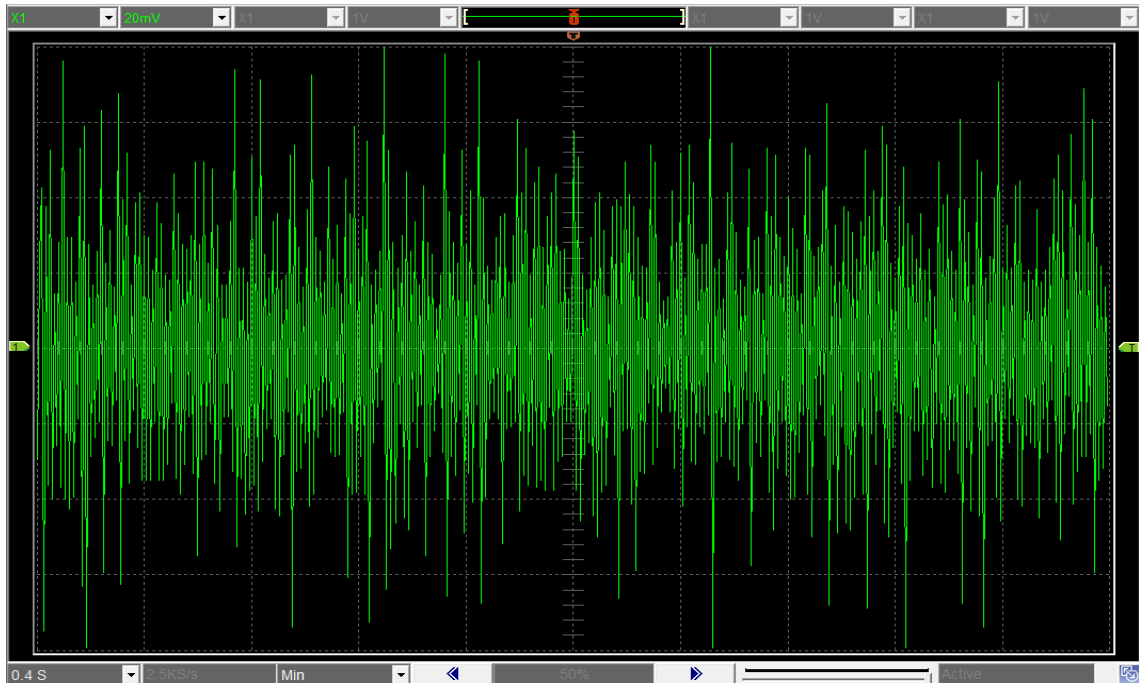
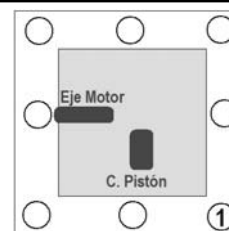
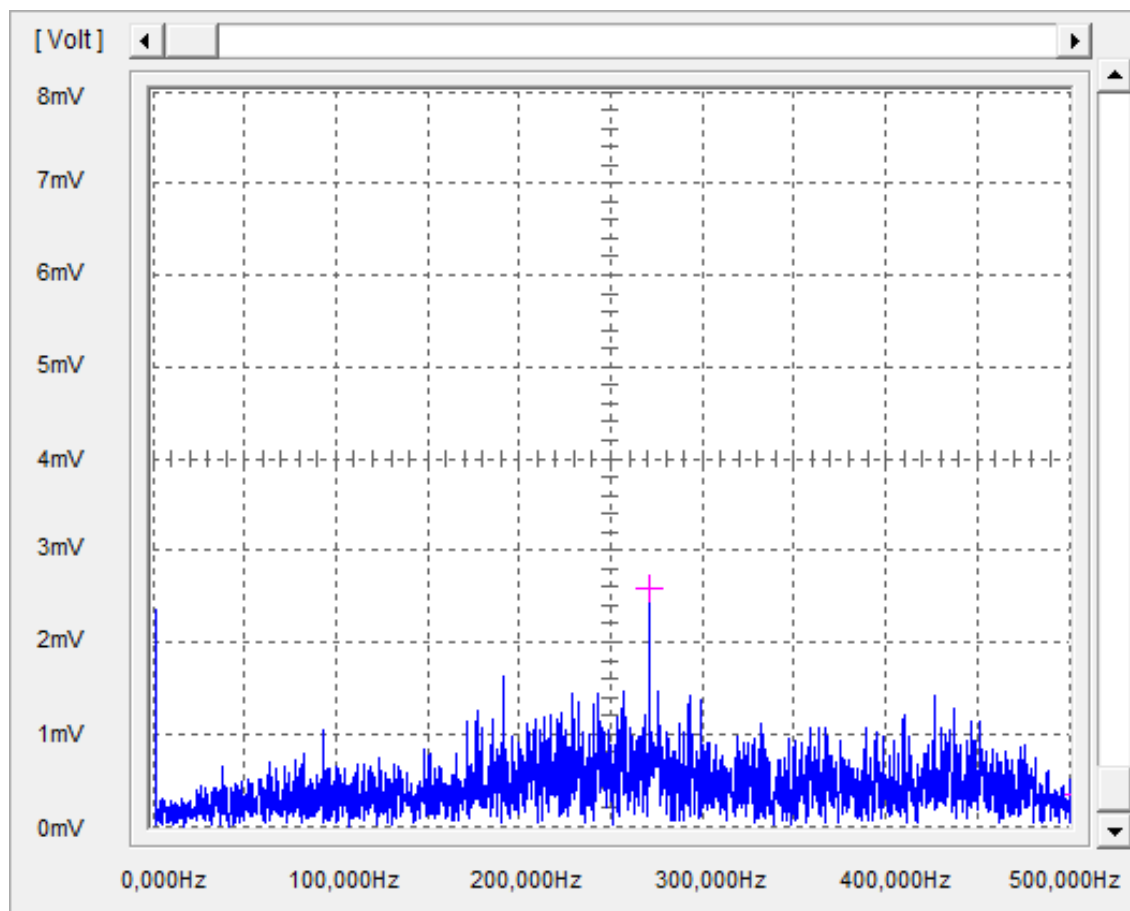


Gráfico 4.2 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 1800 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



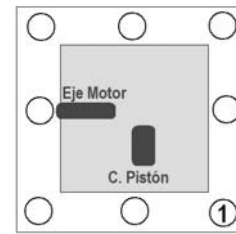
Prueba 1:



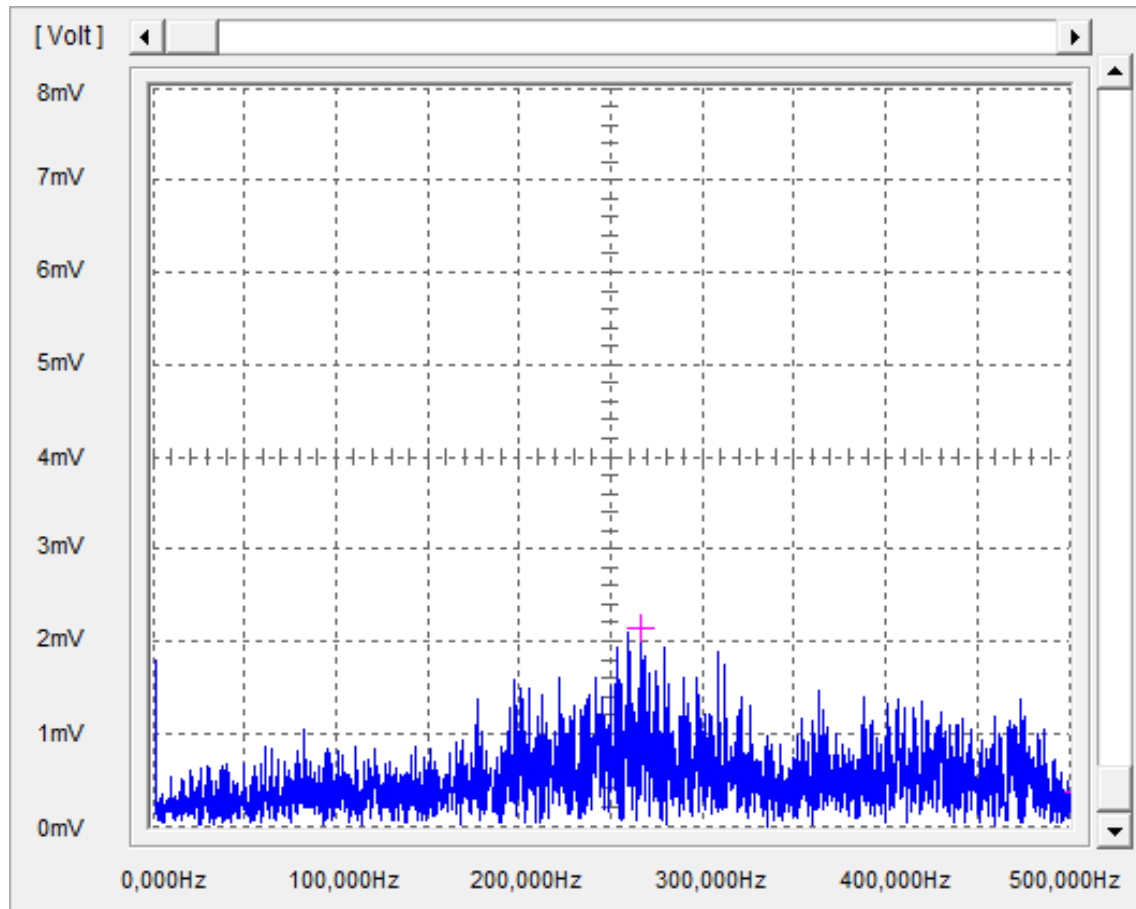
Harmonics Information					
1st	275,750 Hz	2,591 mV	2nd	511,750 Hz	1,495 mV
3rd	511,750 Hz	0,050 mV	4th	511,750 Hz	0,050 mV
5th	511,750 Hz	0,130 mV	6th	511,750 Hz	0,093 mV

Gráfico 4.3 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 1800 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



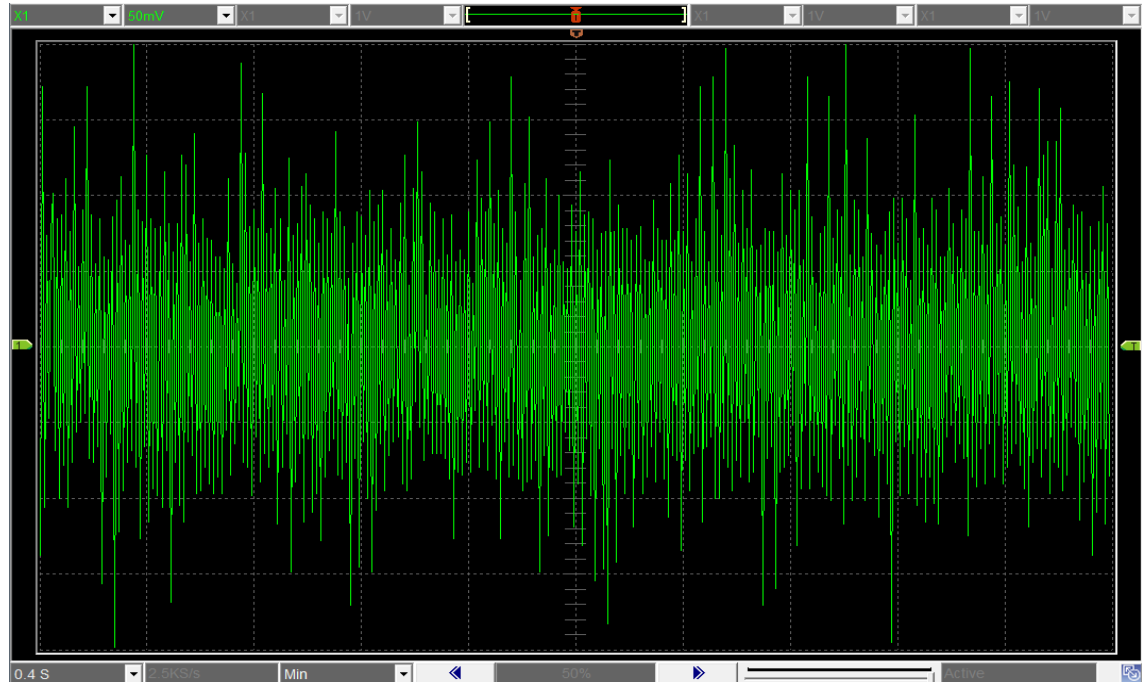
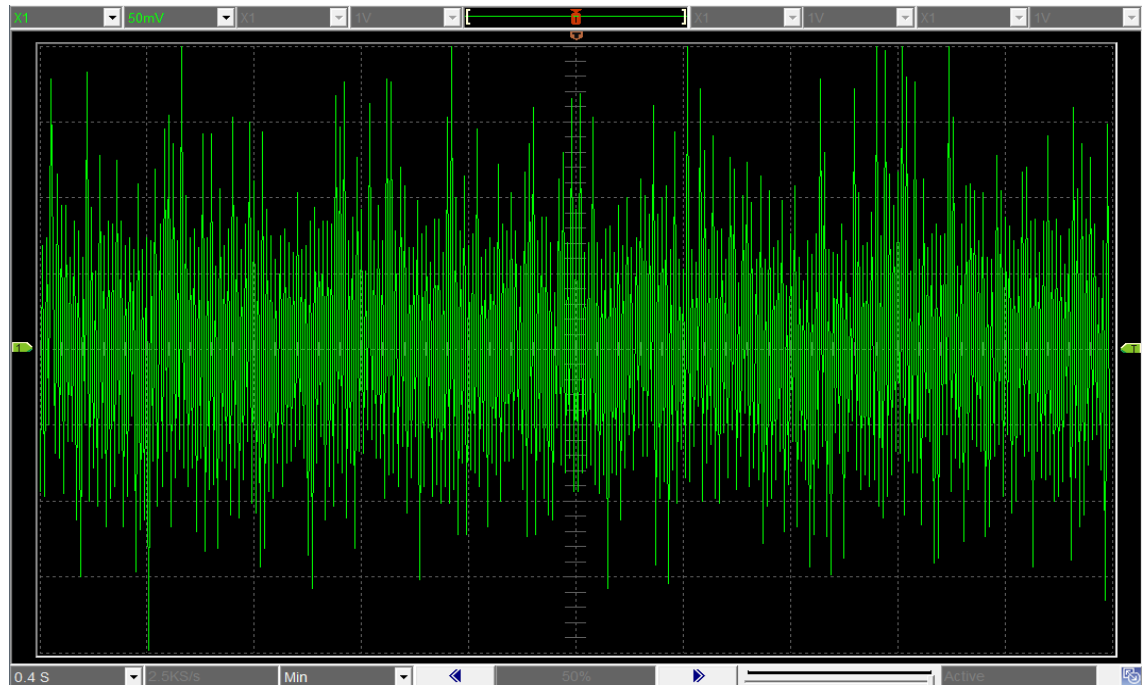
Prueba 2:



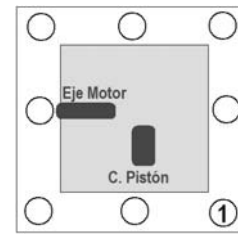
Harmonics Information					
1st	270,750 Hz	2,147 mV	2nd	511,750 Hz	0,565 mV
3rd	511,750 Hz	0,050 mV	4th	511,750 Hz	0,050 mV
5th	511,750 Hz	0,130 mV	6th	511,750 Hz	0,093 mV

Gráfico 4.4 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

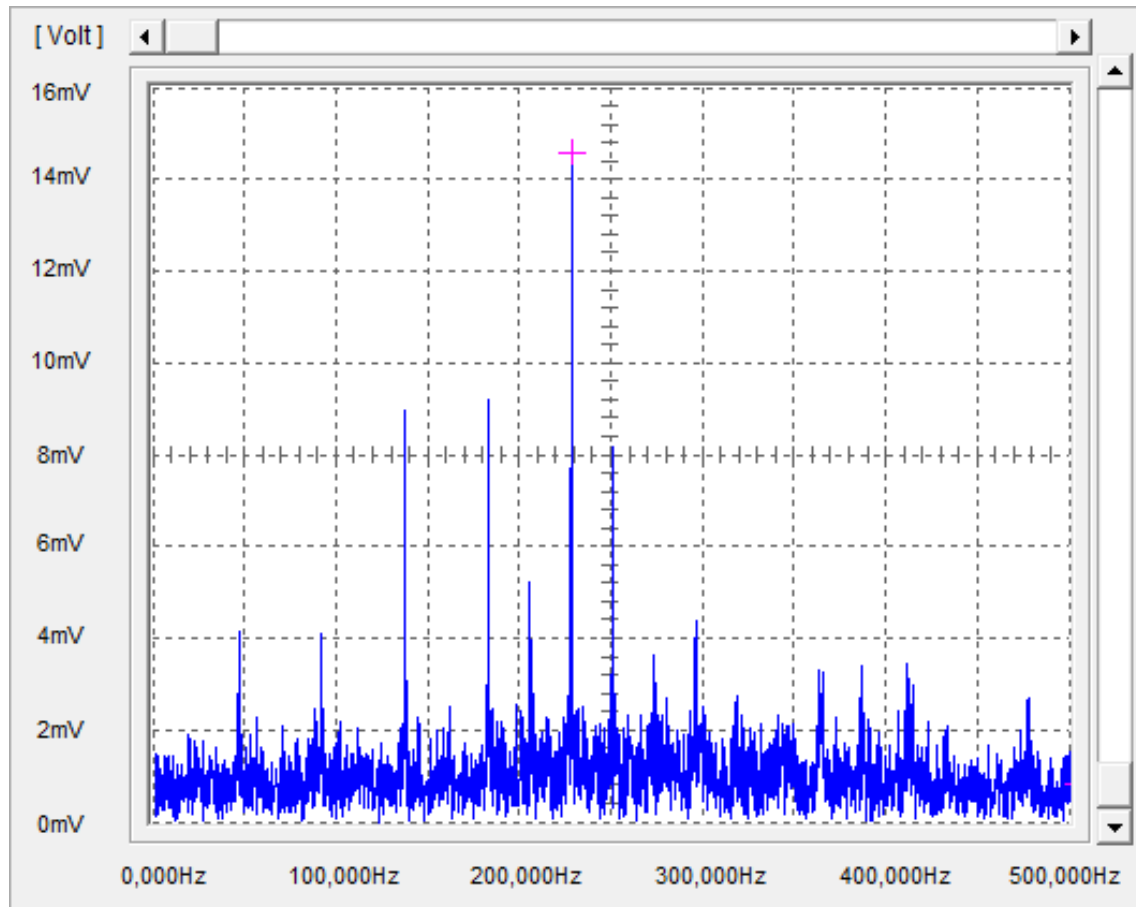
Referencia de medición: Punto 1.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:**Prueba 2:**

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 2700 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



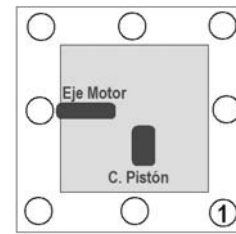
Prueba 1:



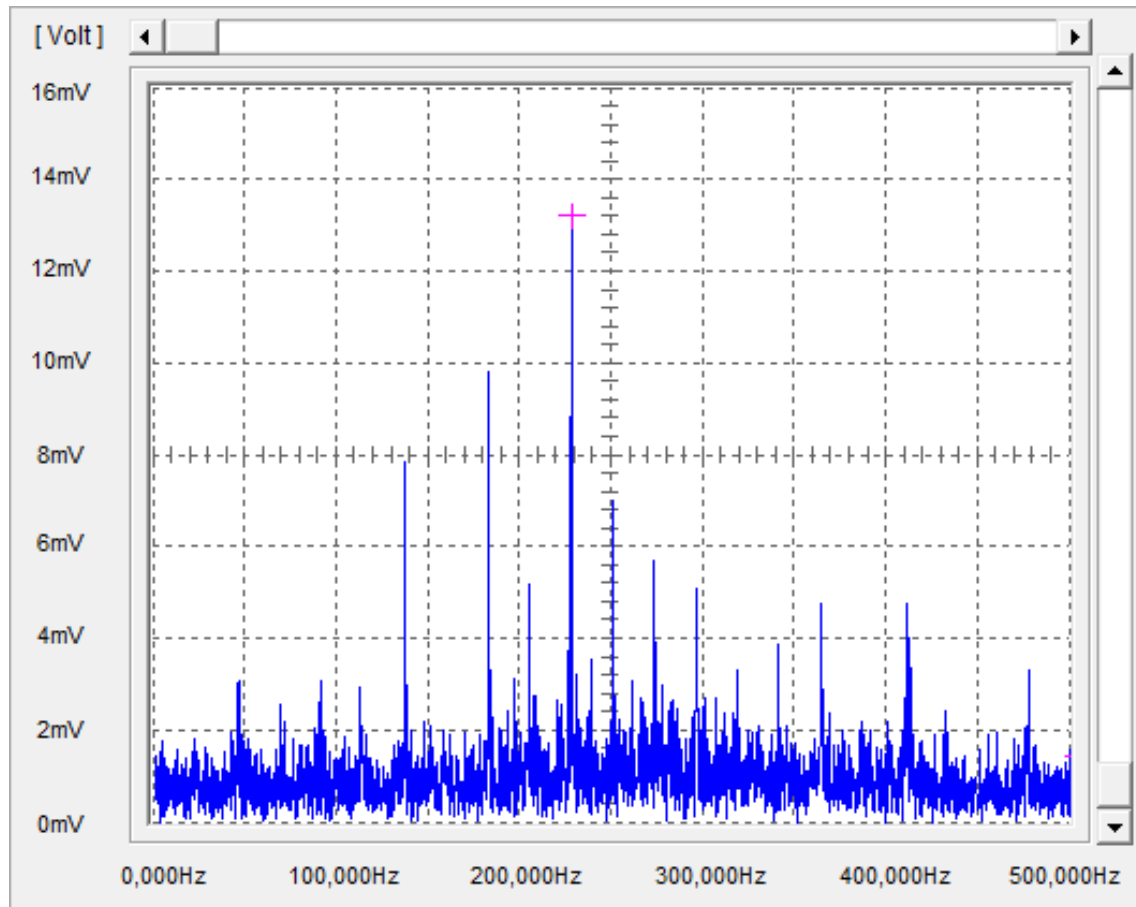
Harmonics Information					
1st	232,250 Hz	14,573 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	2,164 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	3,055 mV	6th	---	---

Gráfico 4.7 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 2700 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	232,250 Hz	13,182 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	2,164 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	3,055 mV	6th	---	---

Gráfico 4.8 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:

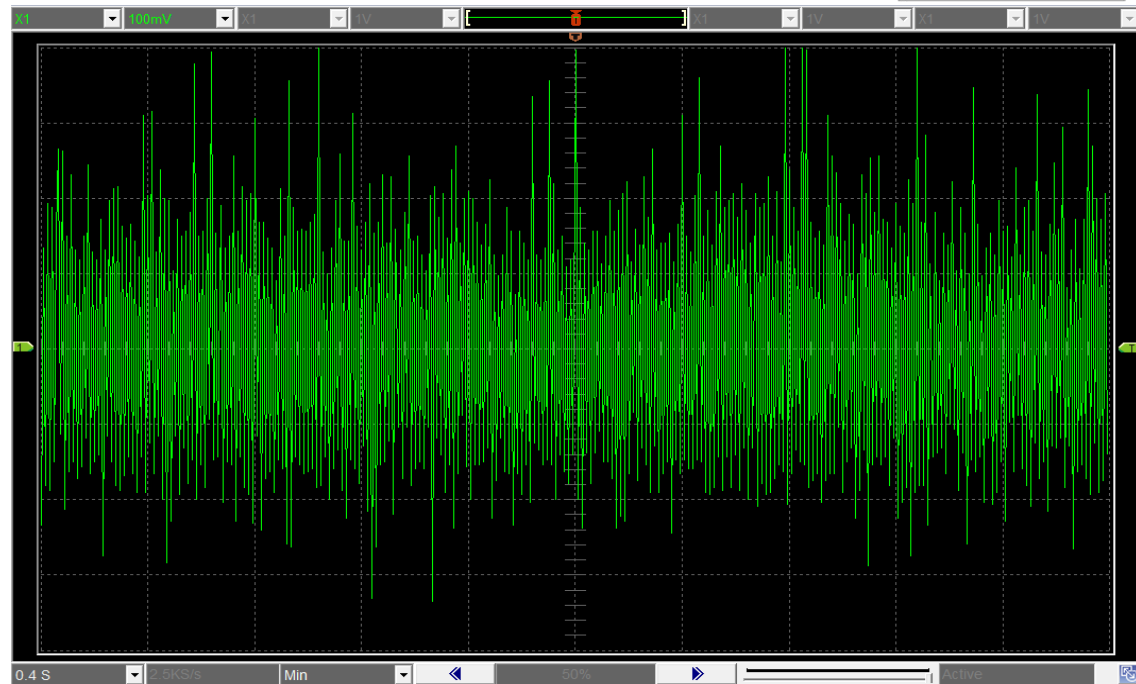


Gráfico 4.9 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

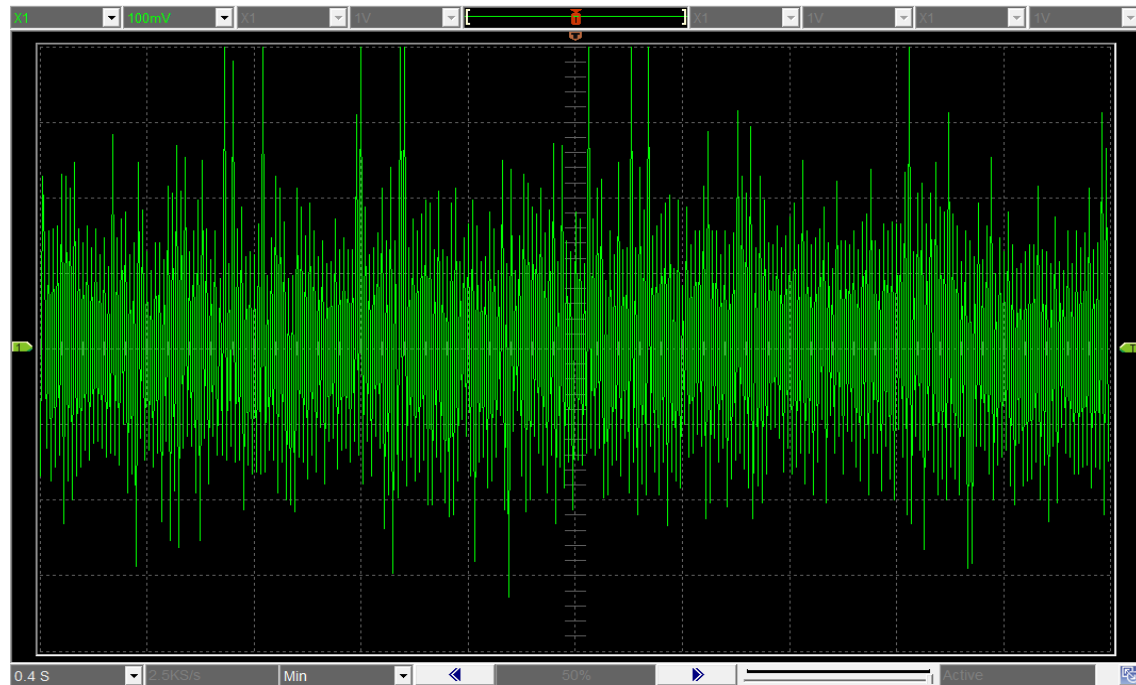
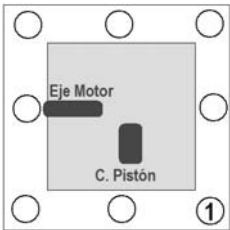
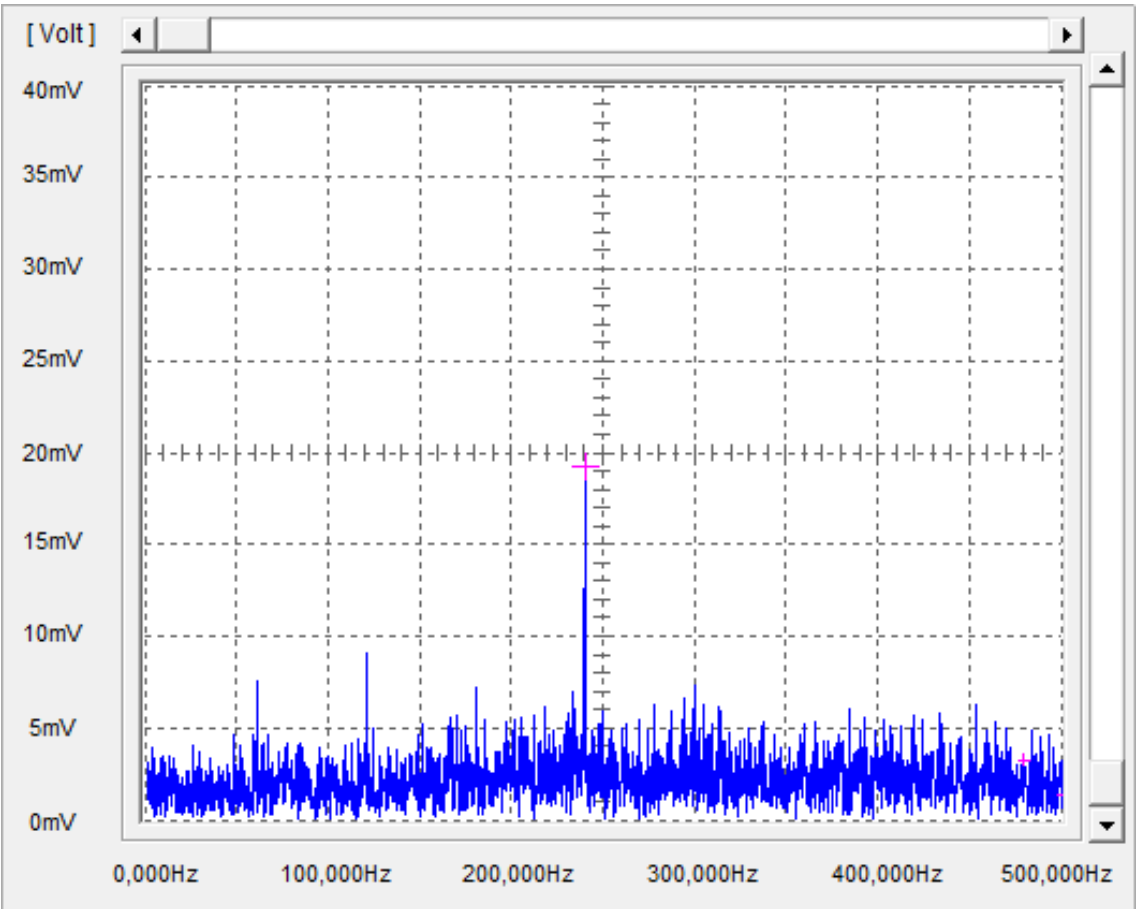


Gráfico 4.10 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



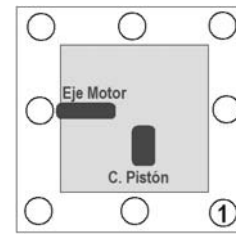
Prueba 1:



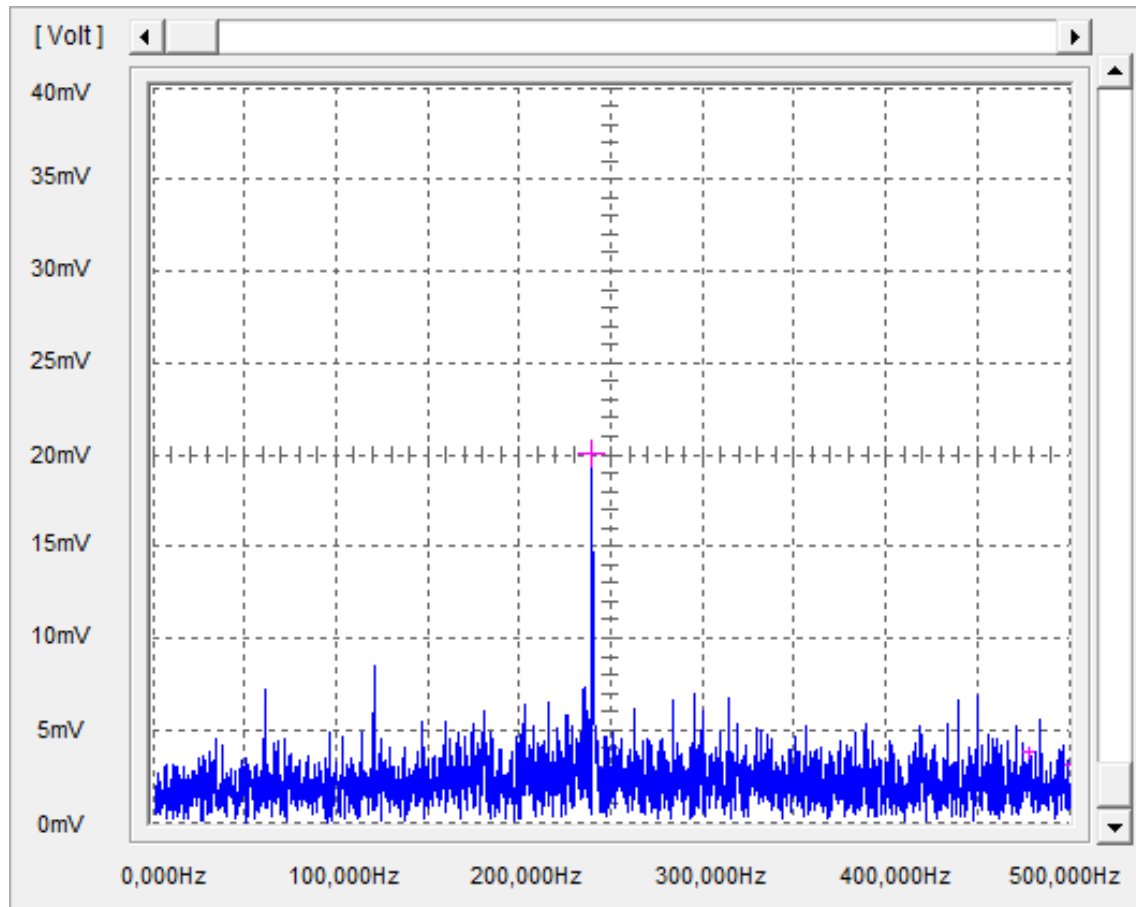
Harmonics Information					
1st	244,750 Hz	19,258 mV	2nd	489,500 Hz	3,306 mV
3rd	511,750 Hz	0,442 mV	4th	511,750 Hz	1,699 mV
5th	511,750 Hz	1,070 mV	6th	511,750 Hz	1,700 mV

Gráfico 4.11 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 3600 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	244,000 Hz	20,070 mV	2nd	487,750 Hz	3,834 mV
3rd	511,750 Hz	0,442 mV	4th	511,750 Hz	1,699 mV
5th	511,750 Hz	1,070 mV	6th	511,750 Hz	1,700 mV

Gráfico 4.12 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Medida de vibraciones

Combustible: 91 octanos.

**Ubicación del Acelerómetro:
Vertical.**



Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:

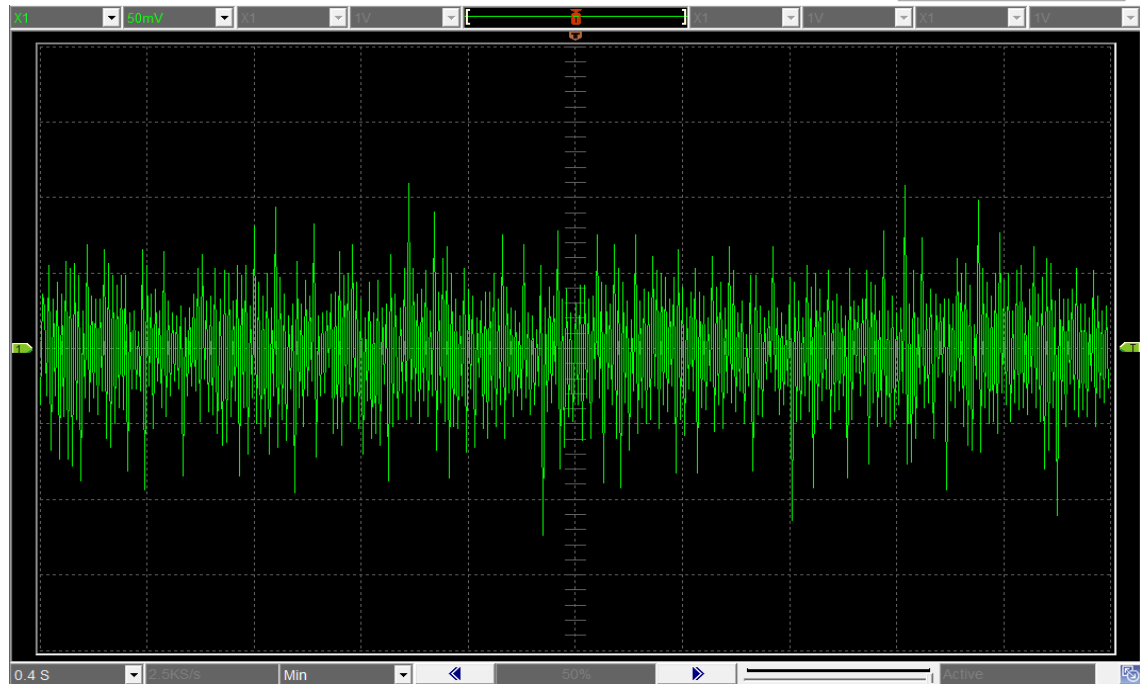


Gráfico 4.13 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

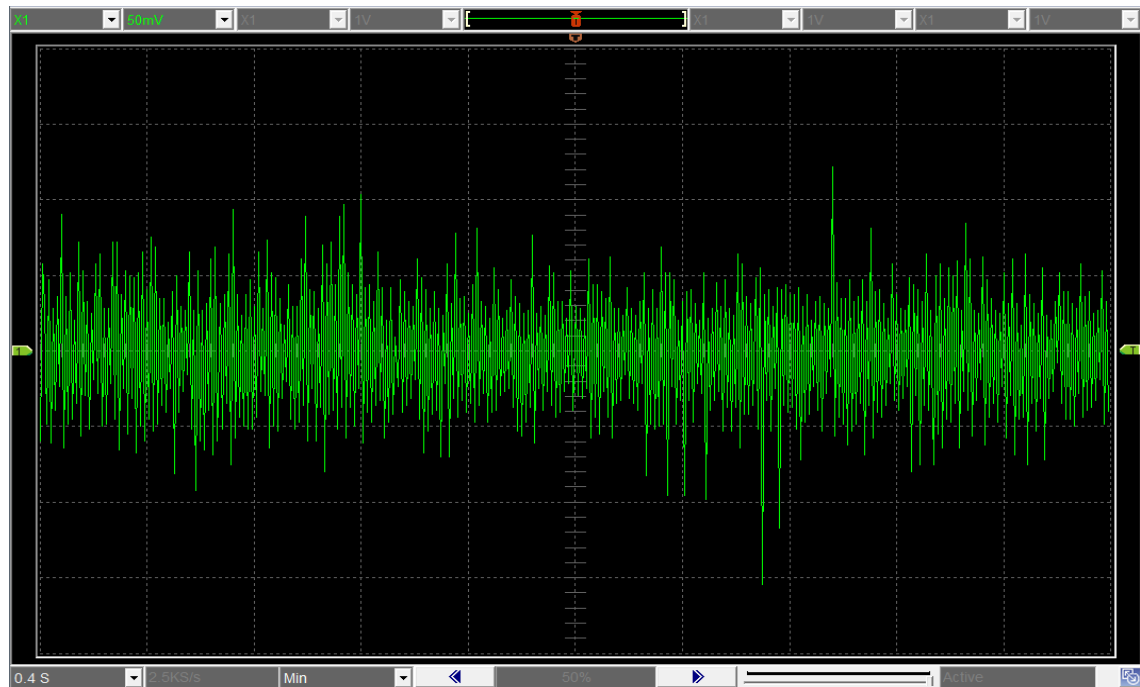
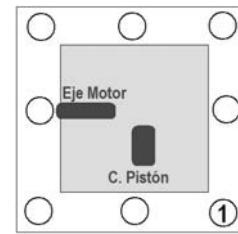
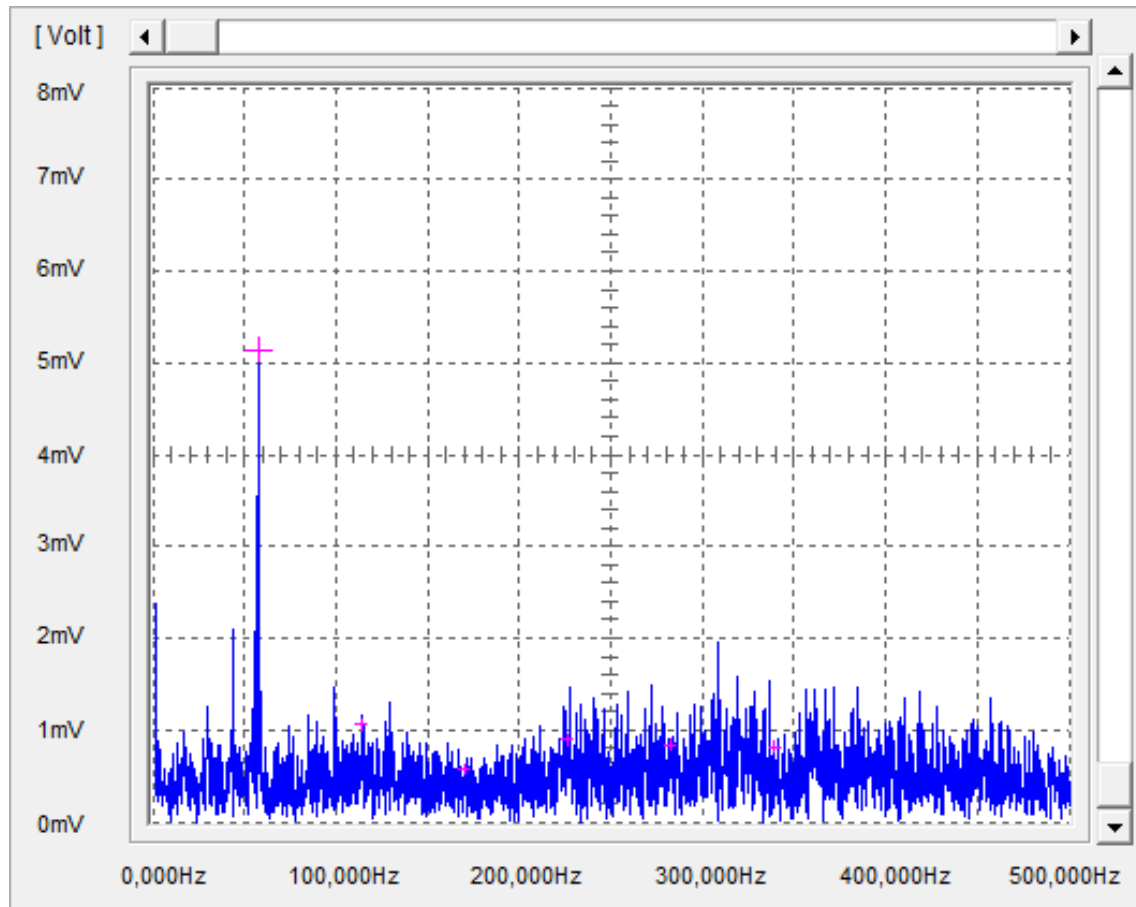


Gráfico 4.14 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 1800 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



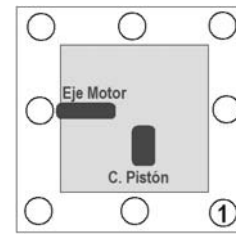
Prueba 1:



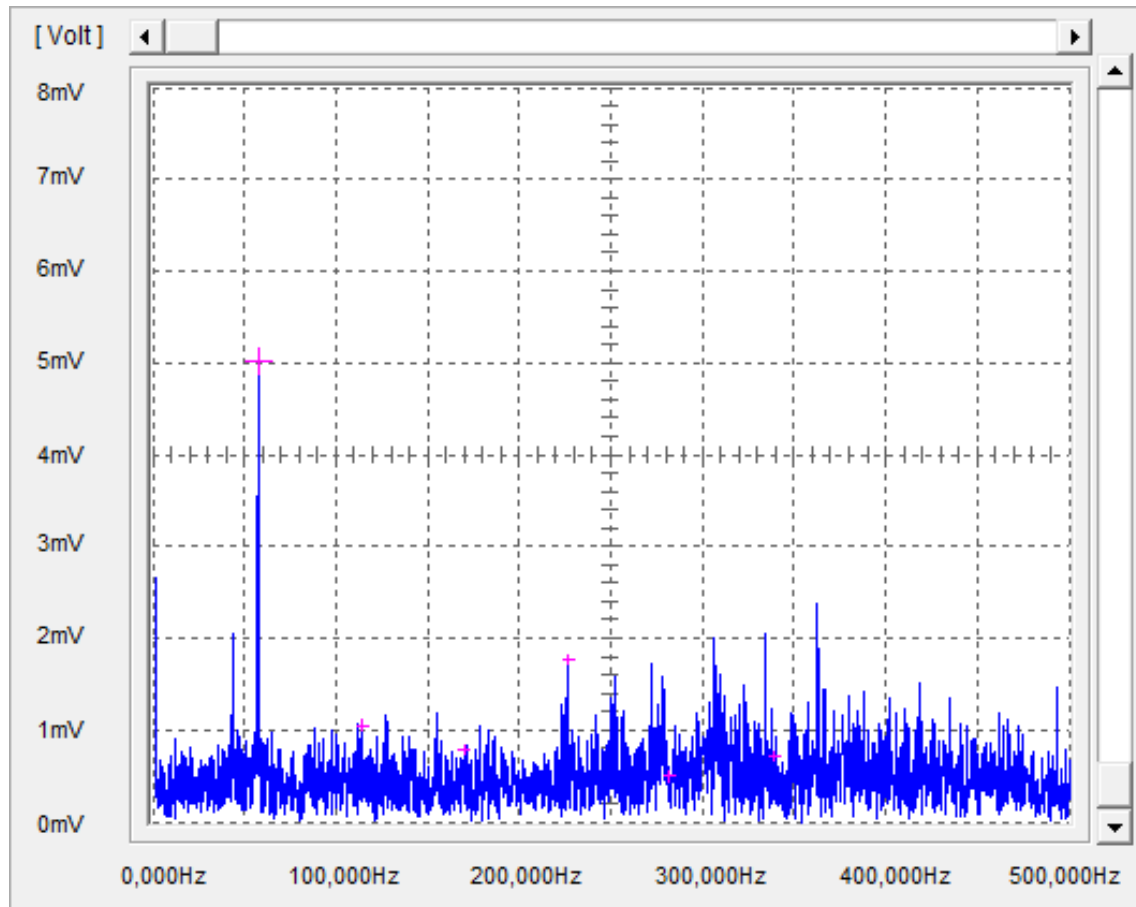
Harmonics Information					
1st	57,500 Hz	5,139 mV	2nd	115,000 Hz	1,066 mV
3rd	172,500 Hz	0,588 mV	4th	230,000 Hz	0,908 mV
5th	287,250 Hz	0,852 mV	6th	345,500 Hz	0,827 mV

Gráfico 4.15 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 1800 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	57,500 Hz	5,020 mV	2nd	115,500 Hz	1,061 mV
3rd	172,500 Hz	0,794 mV	4th	230,500 Hz	1,774 mV
5th	287,000 Hz	0,509 mV	6th	345,500 Hz	0,723 mV

Gráfico 4.16 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

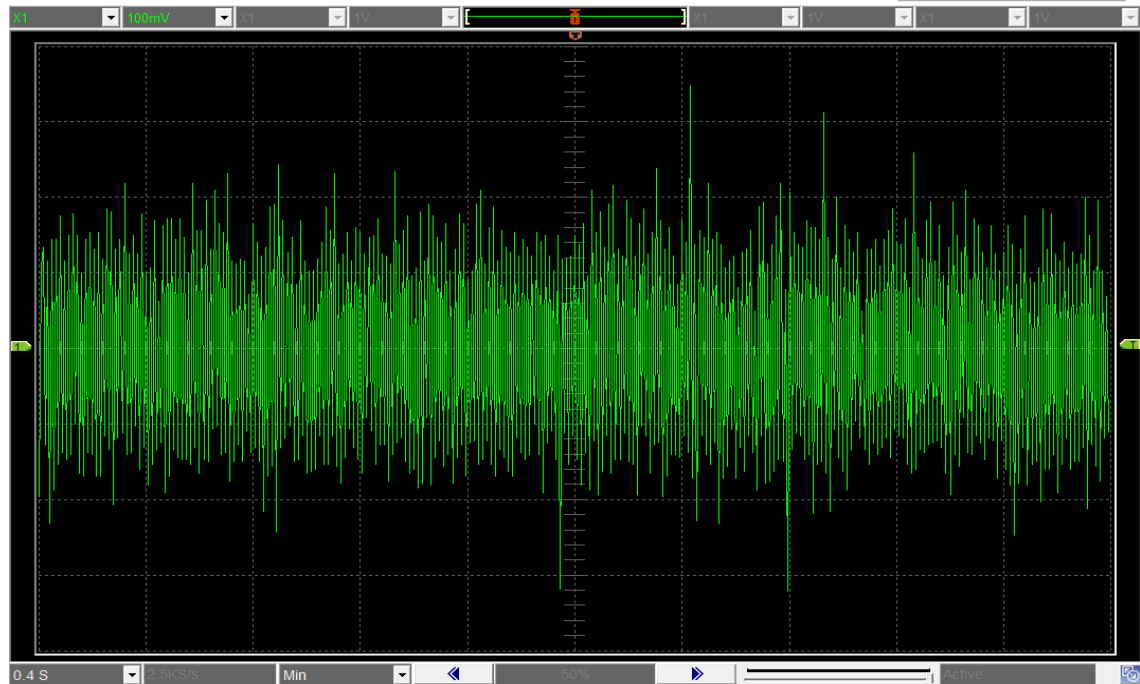
Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Vertical.

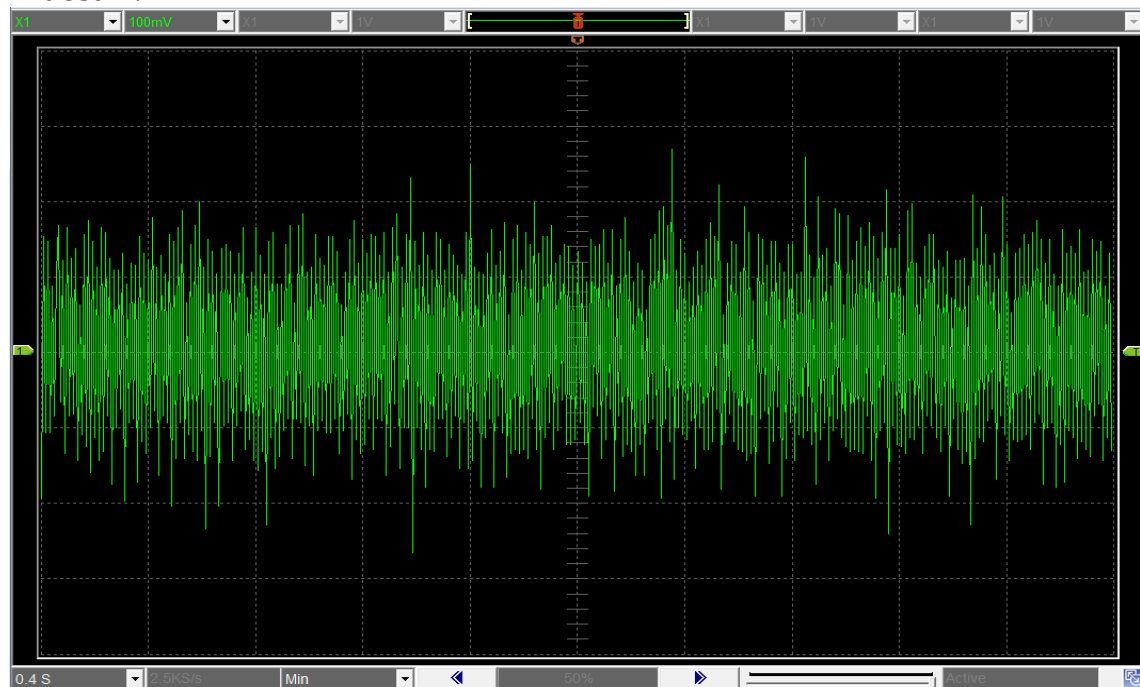
Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.

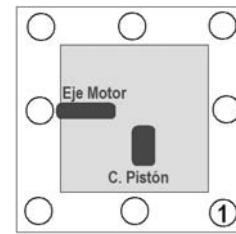
Prueba 1:



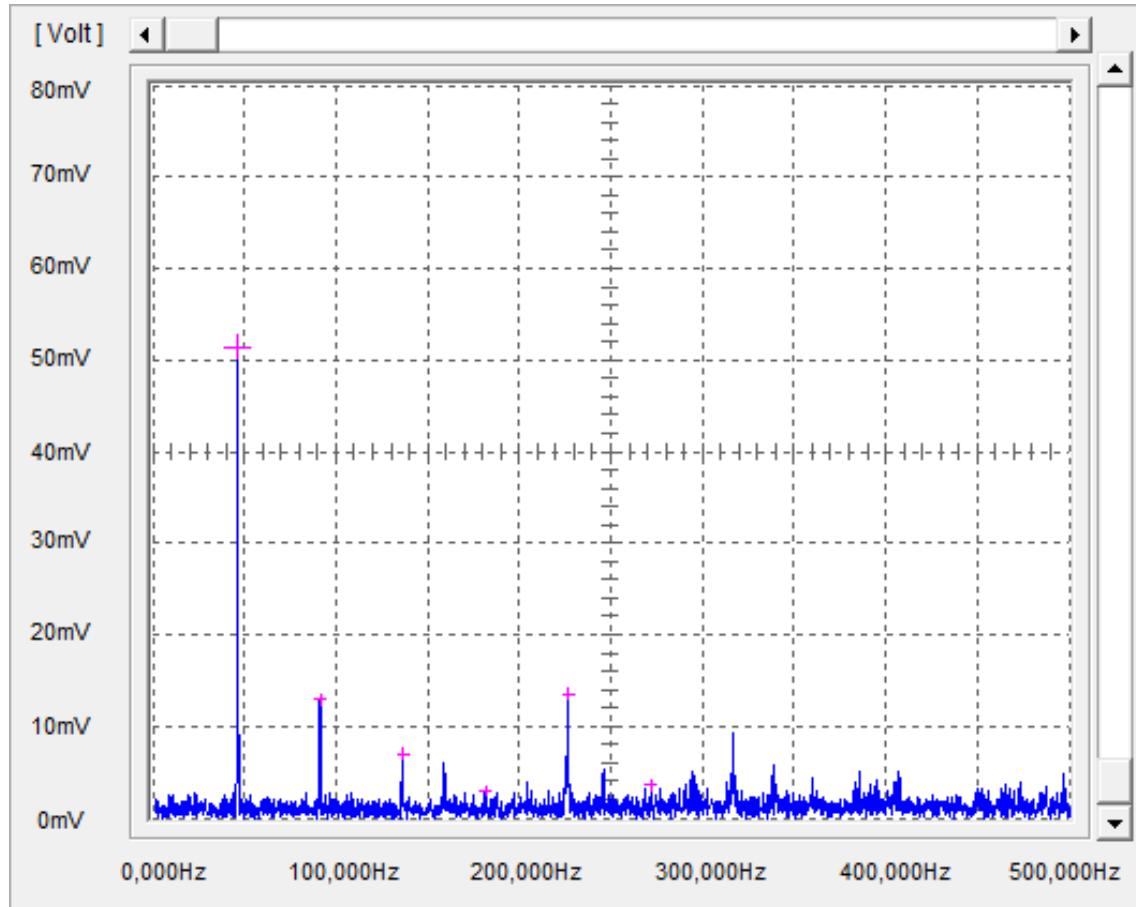
Prueba 2:



Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 2700 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



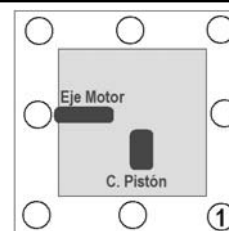
Prueba 1:



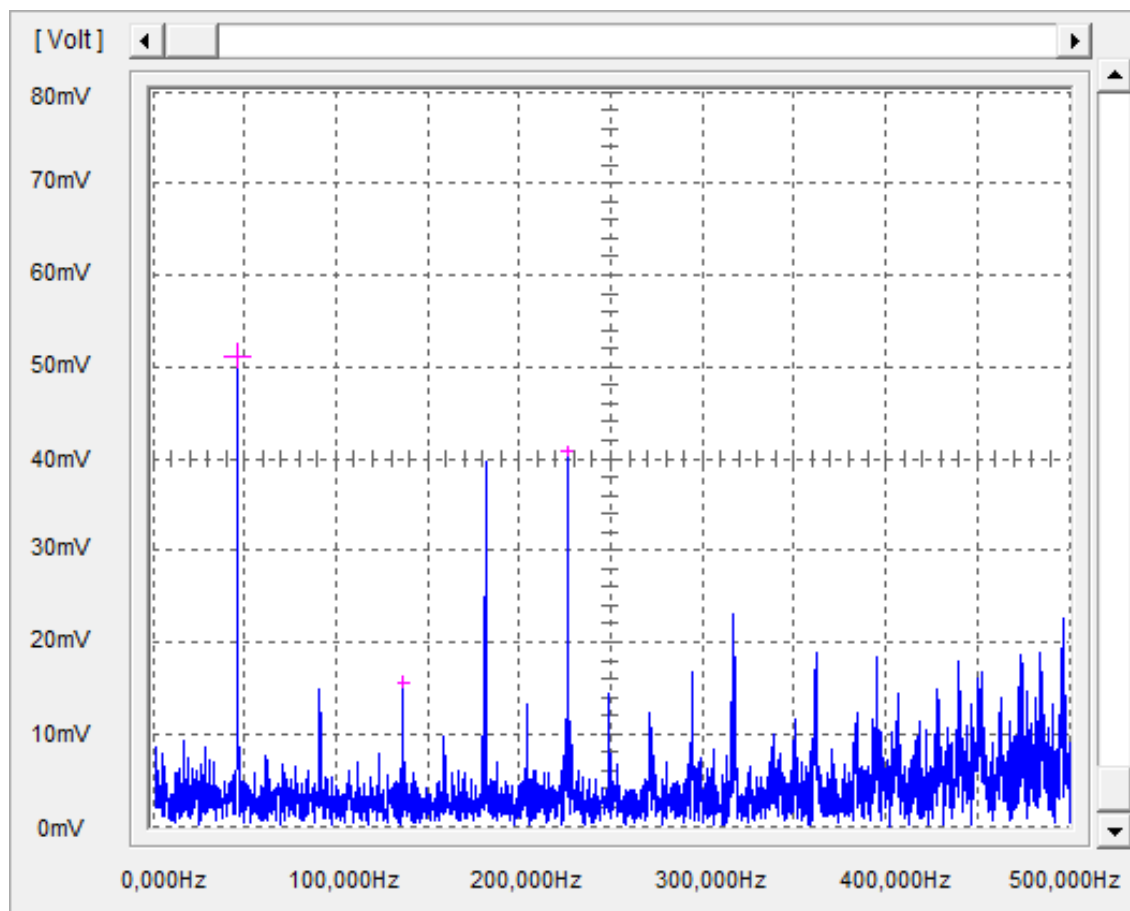
Harmonics Information					
1st	46,000 Hz	51,383 mV	2nd	92,250 Hz	12,996 mV
3rd	138,250 Hz	7,092 mV	4th	184,500 Hz	3,098 mV
5th	230,500 Hz	13,657 mV	6th	276,500 Hz	3,679 mV

Gráfico 4.19 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 2700 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,000 Hz	51,182 mV	2nd	---	---
3rd	138,250 Hz	15,730 mV	4th	---	---
5th	230,250 Hz	40,822 mV	6th	---	---

Gráfico 4.20 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:

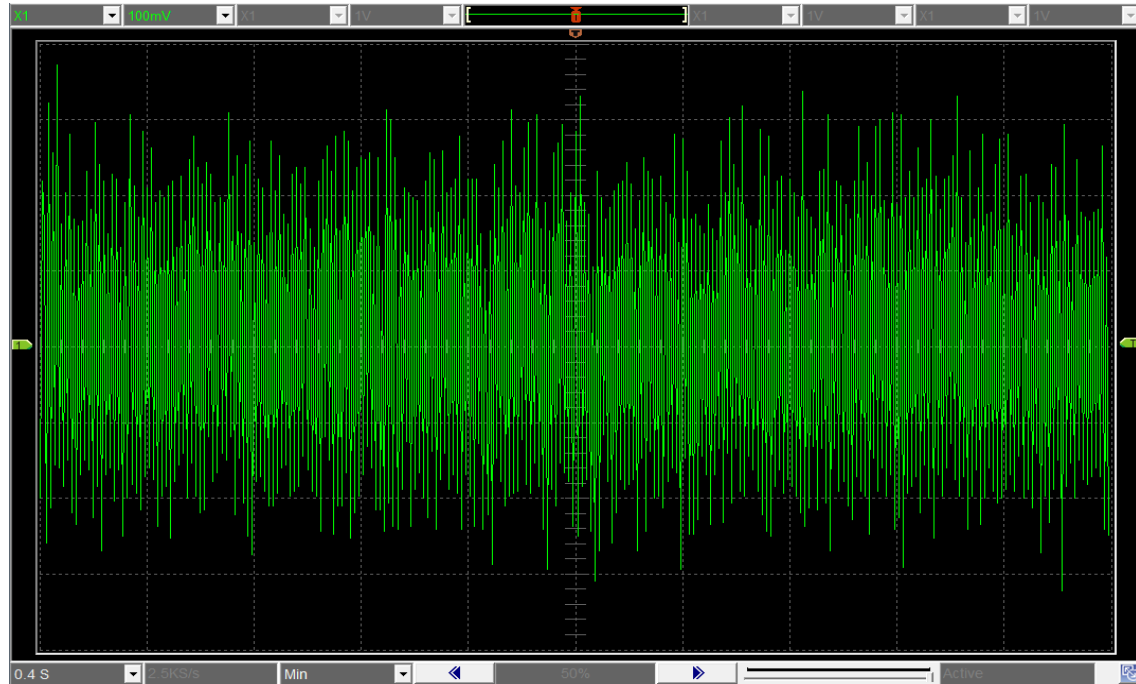


Gráfico 4.21 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

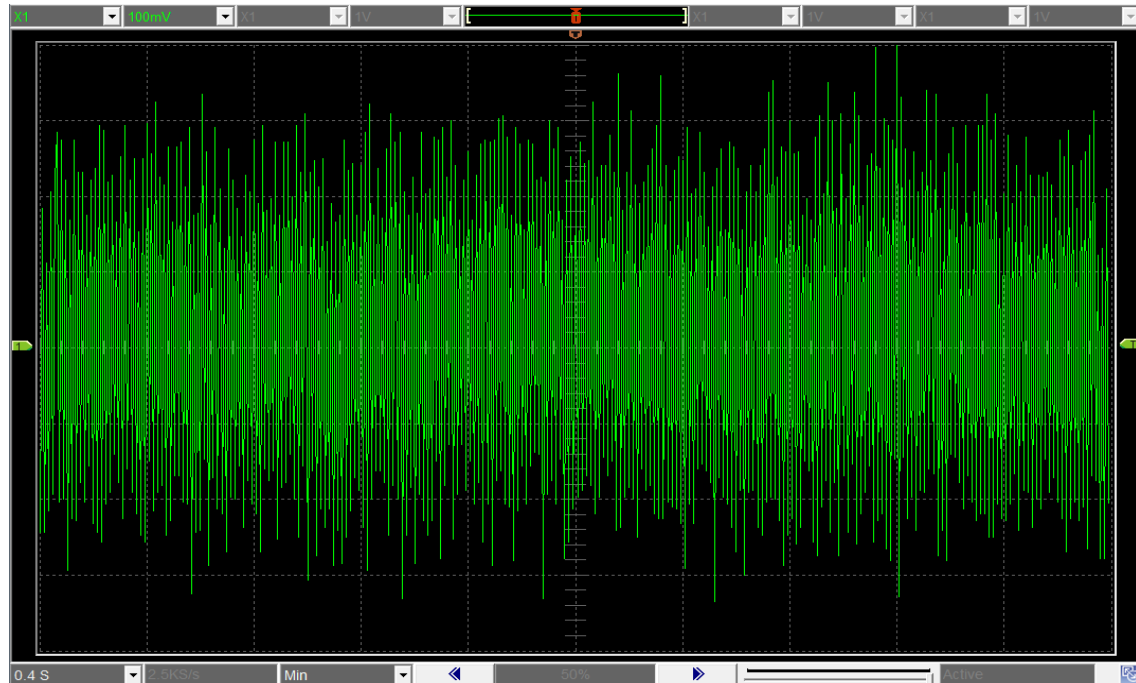
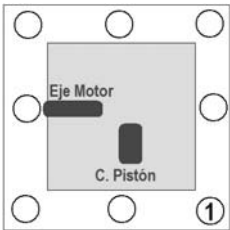
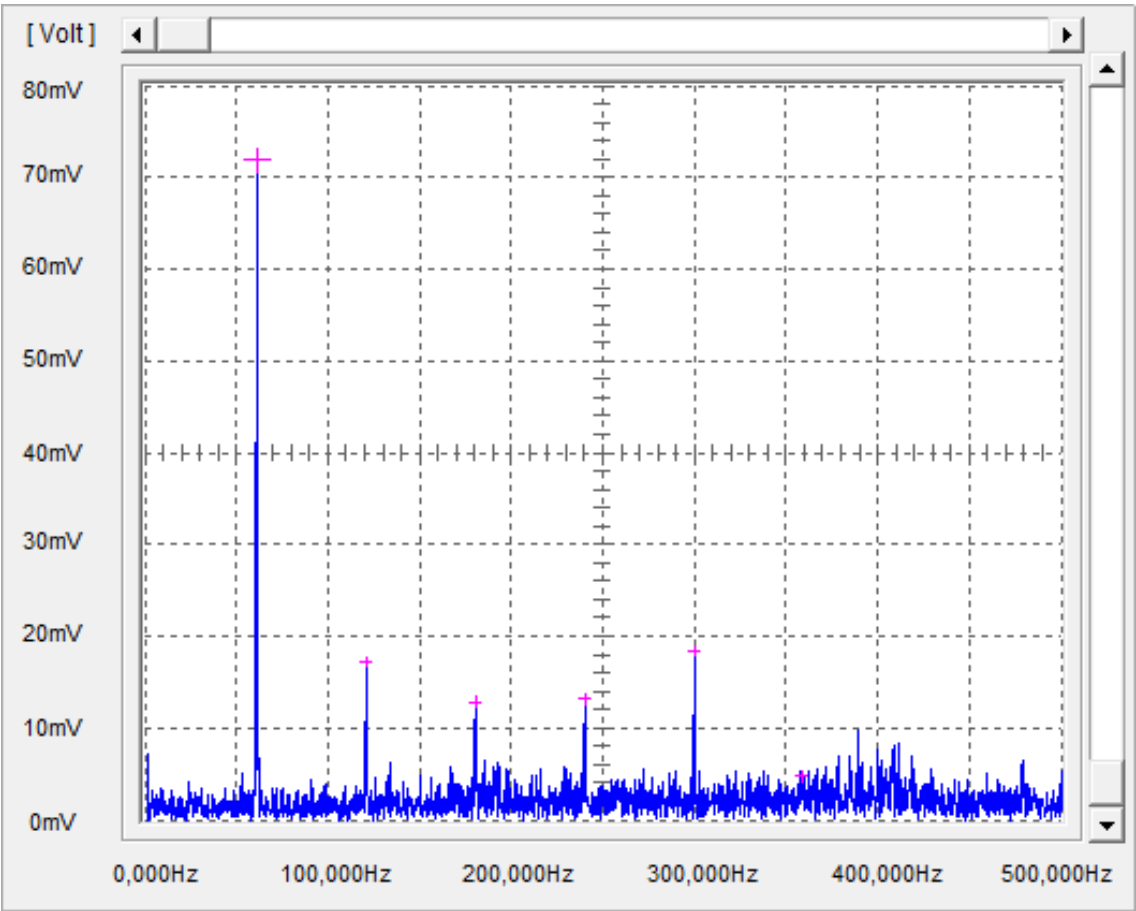


Gráfico 4.22 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



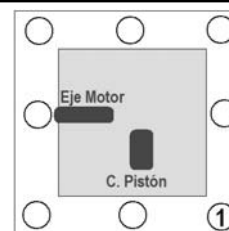
Prueba 1:



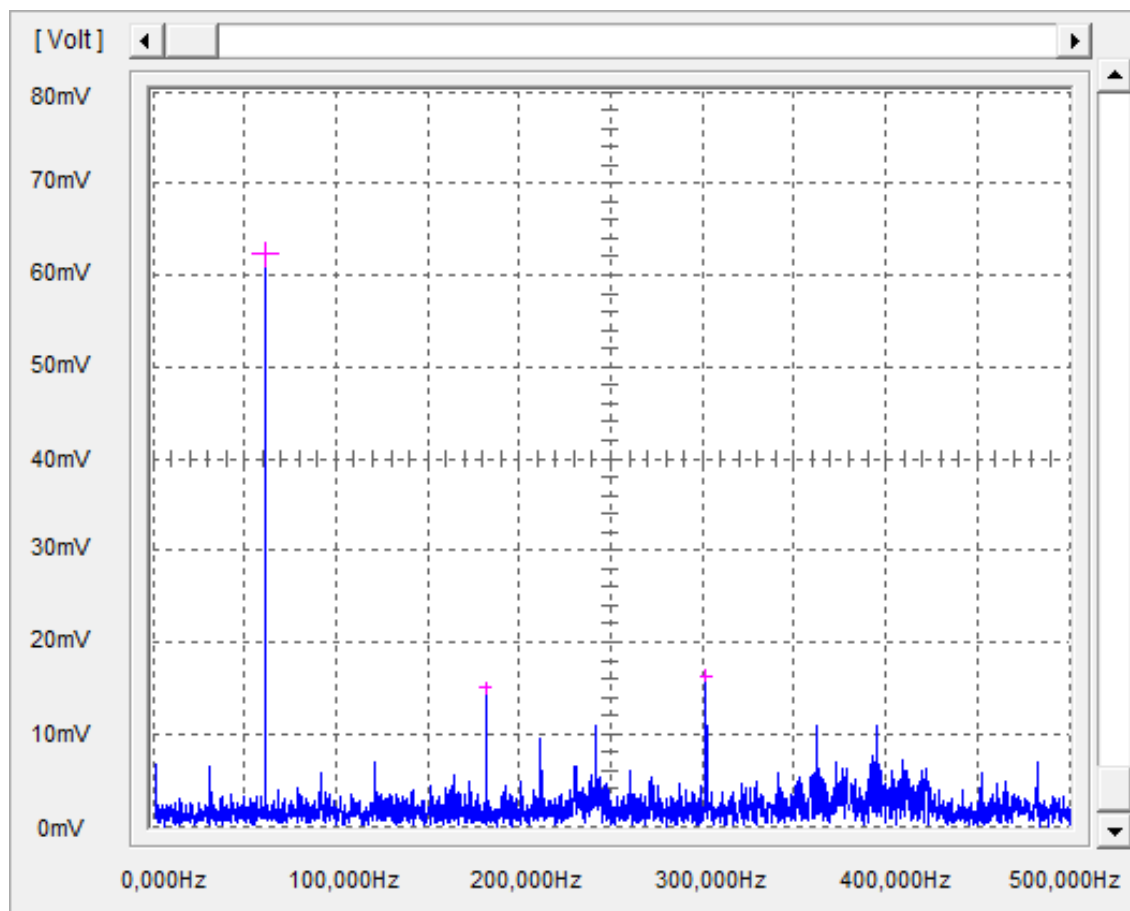
Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	71,780 mV	2nd	122,000 Hz	17,269 mV
3rd	183,250 Hz	12,960 mV	4th	244,250 Hz	13,210 mV
5th	305,250 Hz	18,482 mV	6th	365,500 Hz	4,869 mV

Gráfico 4.23 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 3600 rpm.
 Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



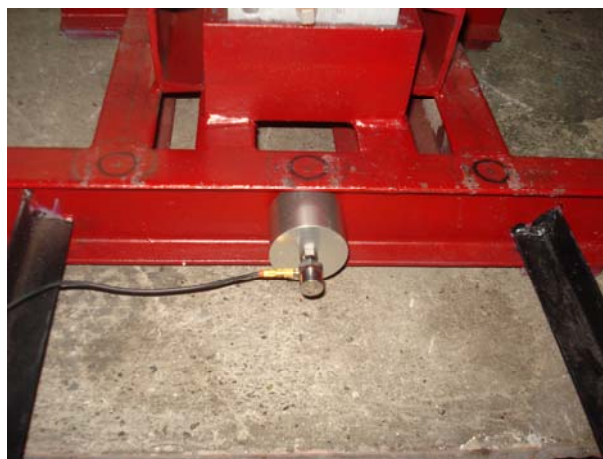
Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	62,165 mV	2nd	---	---
3rd	184,500 Hz	15,094 mV	4th	---	---
5th	307,500 Hz	16,388 mV	6th	---	---

Gráfico 4.24 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Medida de vibraciones

Combustible: 95 octanos.

**Ubicación del Acelerómetro:
Horizontal.**



Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:

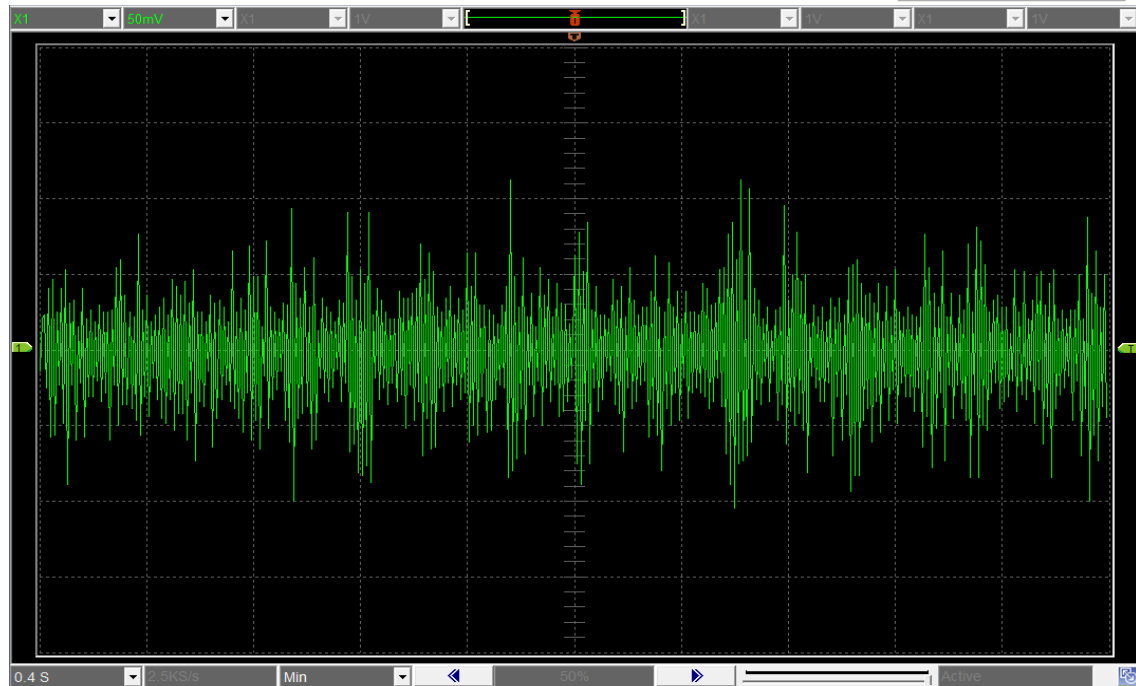


Gráfico 4.25 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

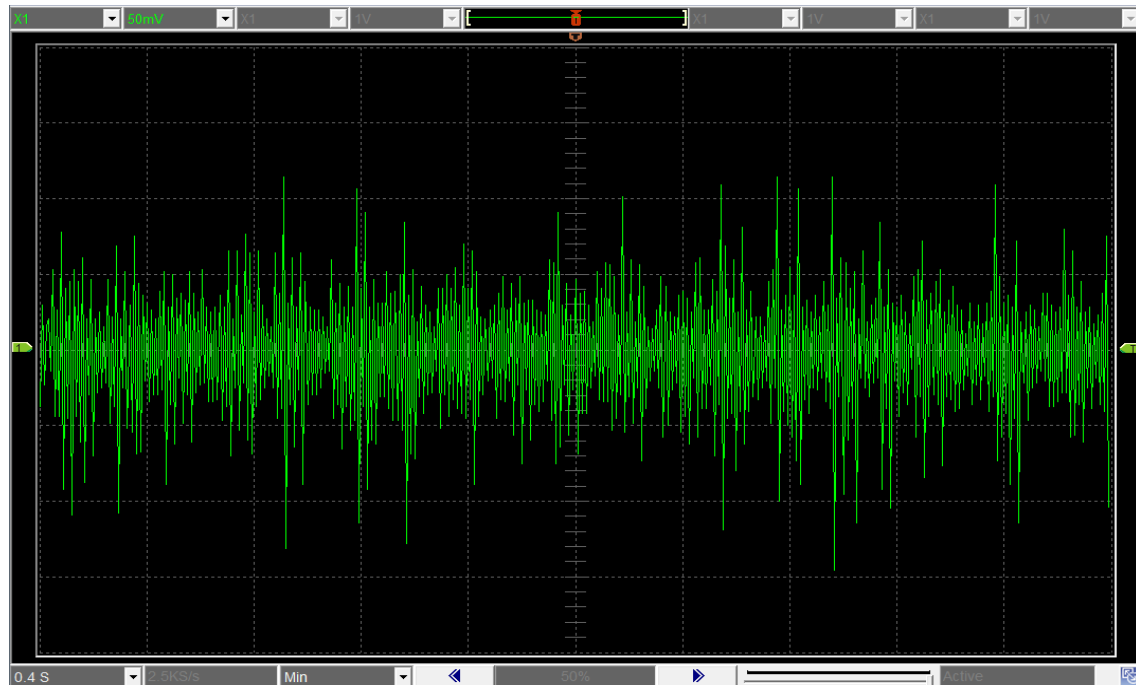
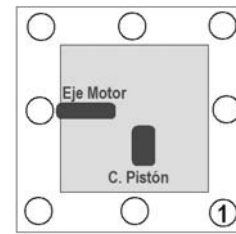
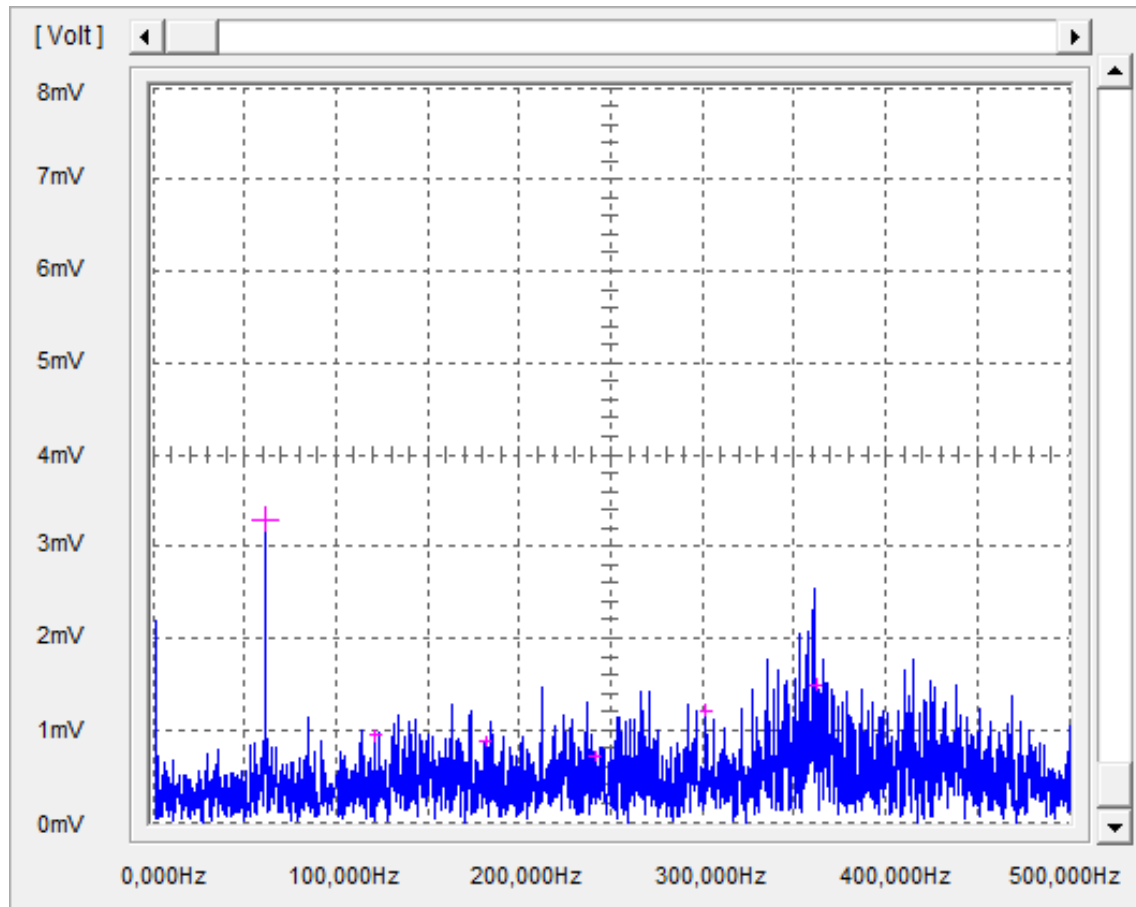


Gráfico 4.26 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 1800 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



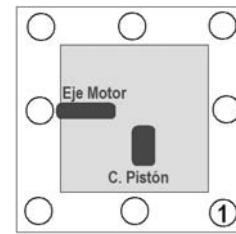
Prueba 1:



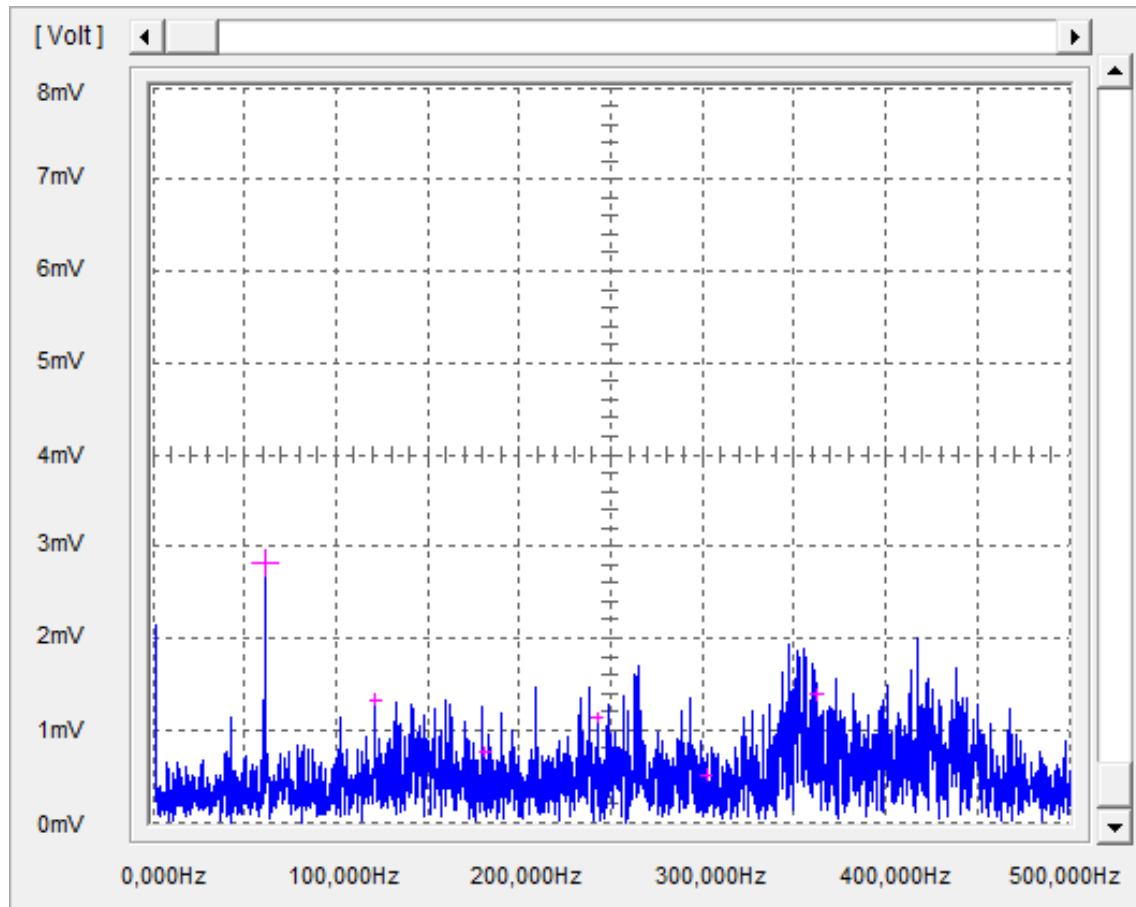
Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	3,295 mV	2nd	122,750 Hz	0,950 mV
3rd	184,750 Hz	0,892 mV	4th	245,750 Hz	0,727 mV
5th	307,500 Hz	1,226 mV	6th	368,750 Hz	1,505 mV

Gráfico 4.27 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 1800 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	2,821 mV	2nd	122,750 Hz	1,336 mV
3rd	184,000 Hz	0,772 mV	4th	246,500 Hz	1,148 mV
5th	307,750 Hz	0,526 mV	6th	369,250 Hz	1,398 mV

Gráfico 4.28 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:

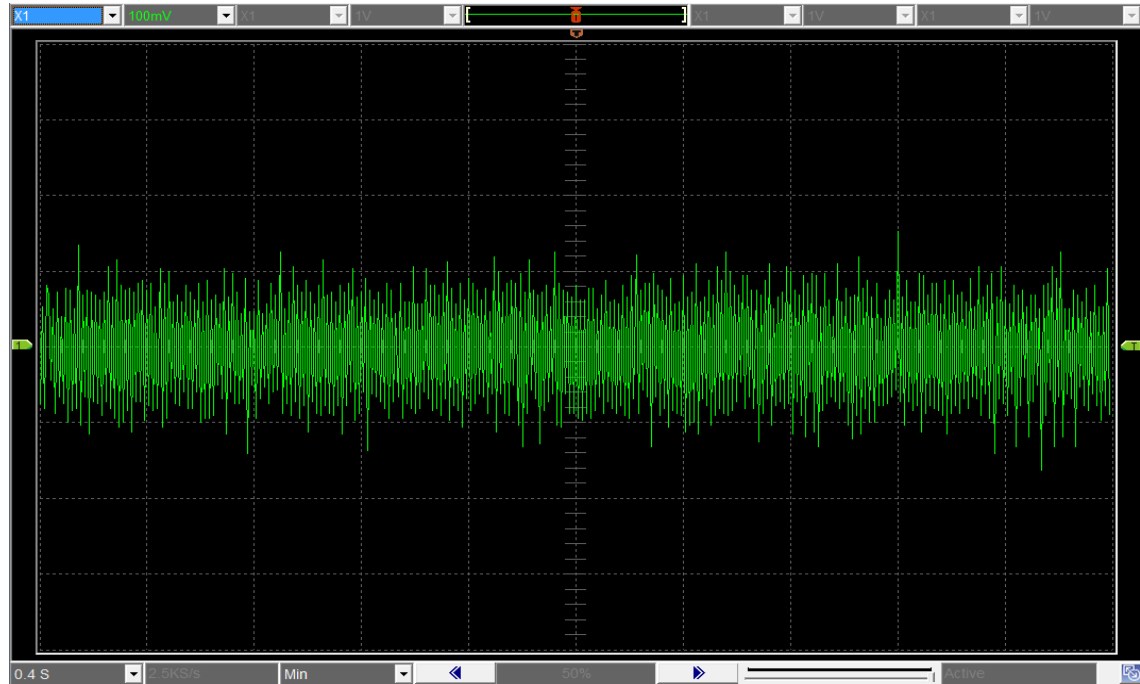


Gráfico 4.29 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

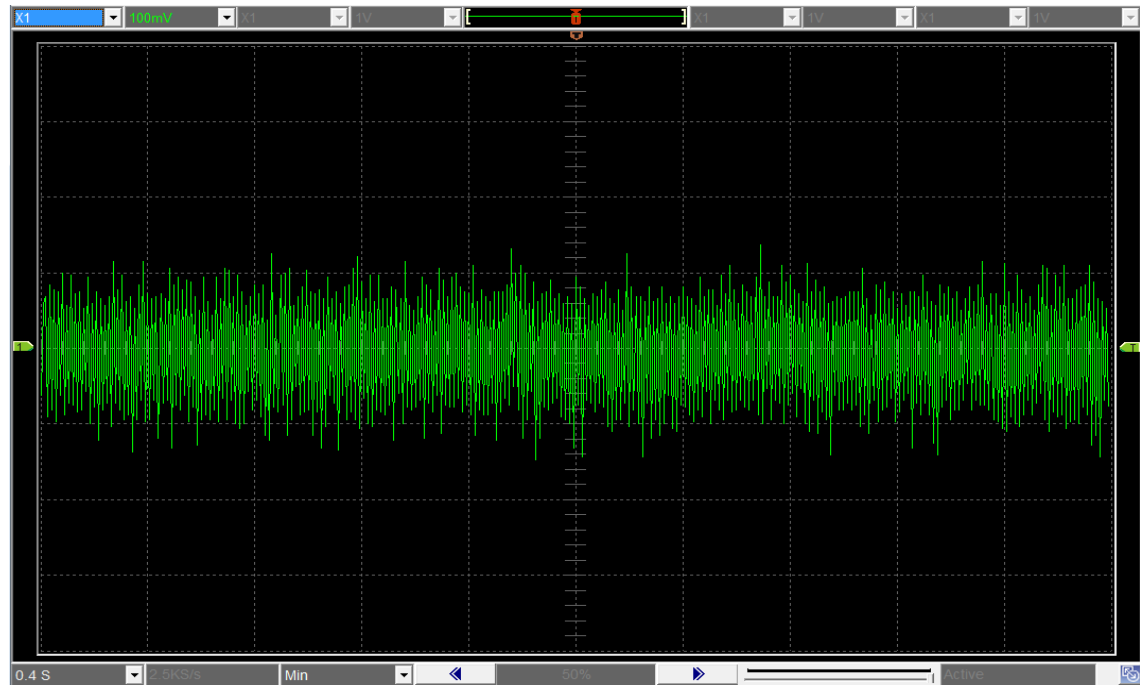
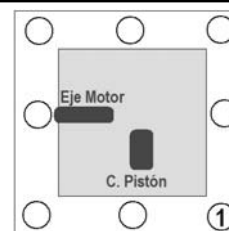
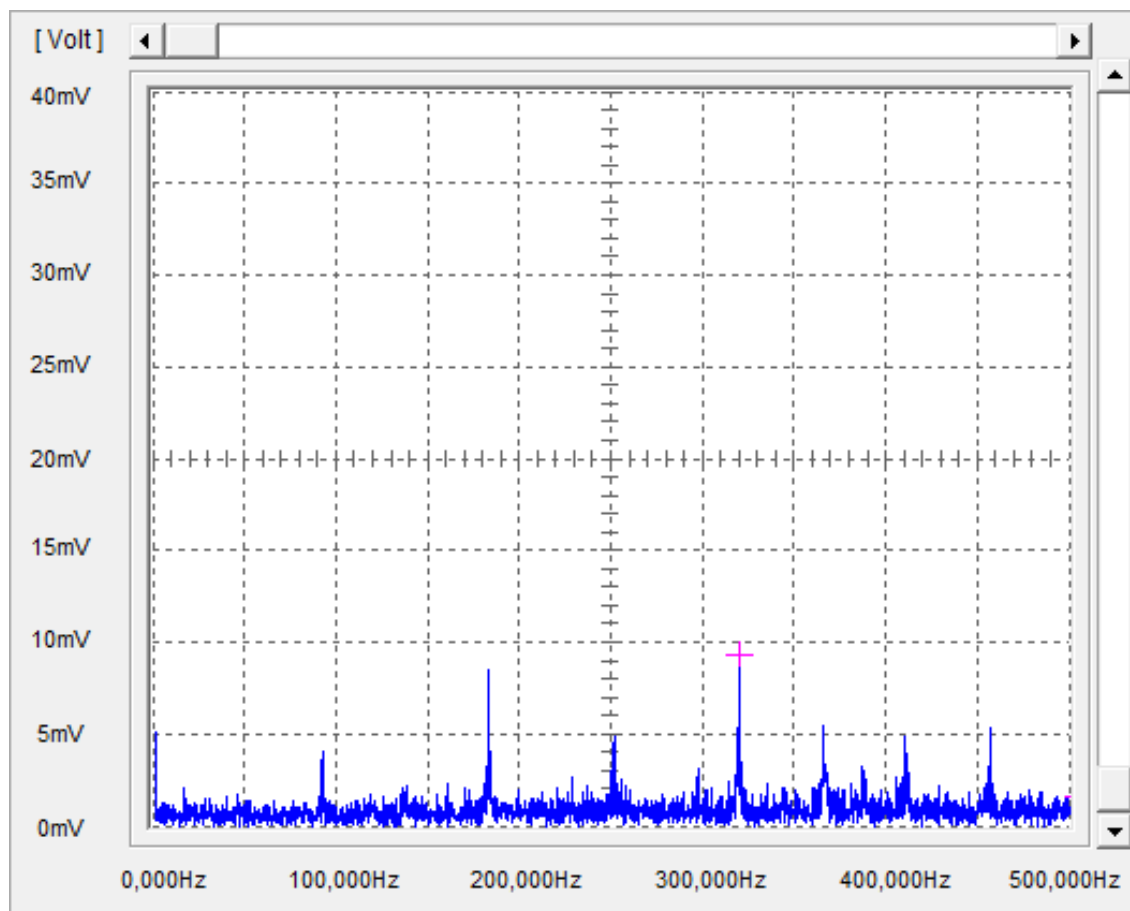


Gráfico 4.30 Amplitud de aceleraciones Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 2700 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



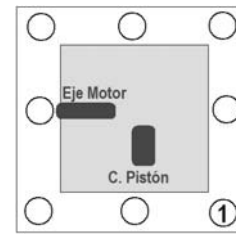
Prueba 1:



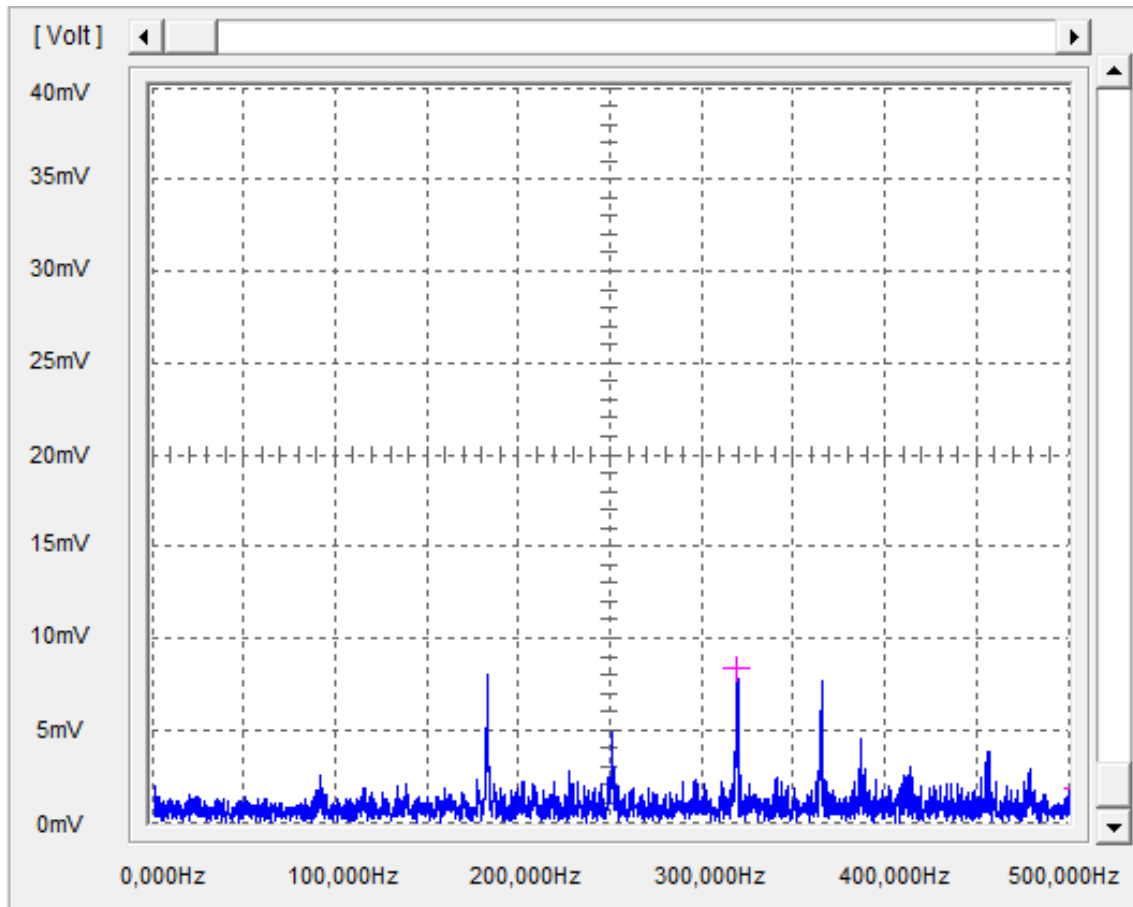
Harmonics Information					
1st	326,250 Hz	9,374 mV	2nd	511,750 Hz	7,700 mV
3rd	511,750 Hz	6,652 mV	4th	511,750 Hz	3,212 mV
5th	511,750 Hz	4,796 mV	6th	511,750 Hz	5,217 mV

Gráfico 4.31 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 2700 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	325,000 Hz	8,365 mV	2nd	511,750 Hz	7,700 mV
3rd	511,750 Hz	6,652 mV	4th	511,750 Hz	3,212 mV
5th	511,750 Hz	4,796 mV	6th	511,750 Hz	5,217 mV

Gráfico 4.32 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

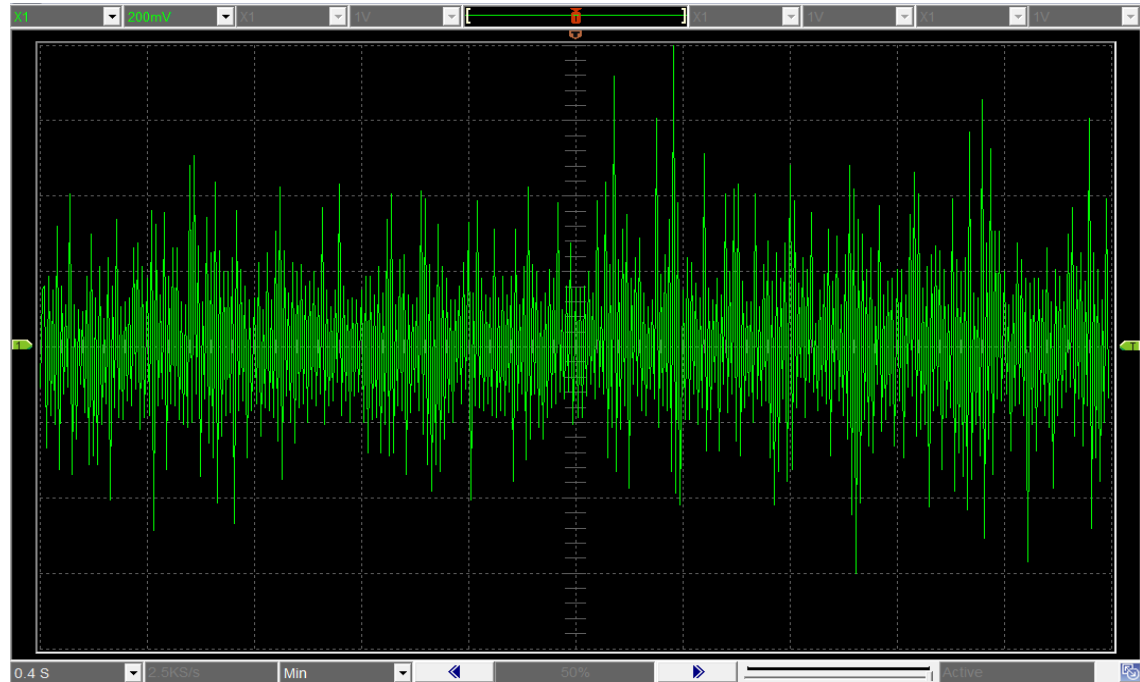
Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Horizontal.

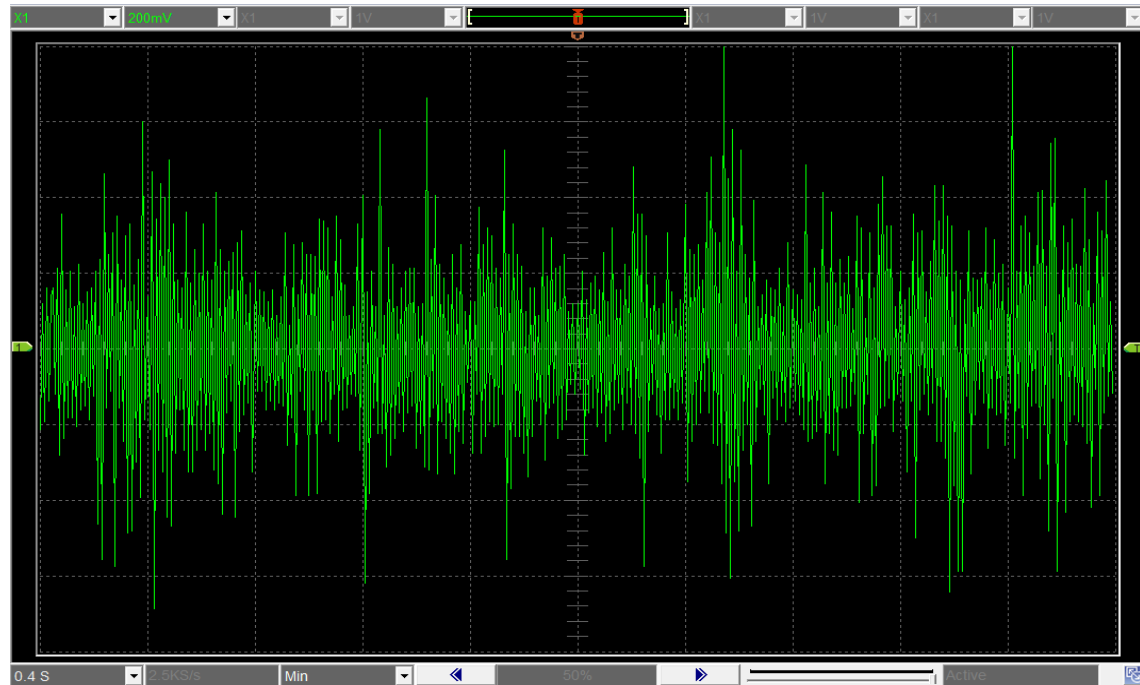
Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.

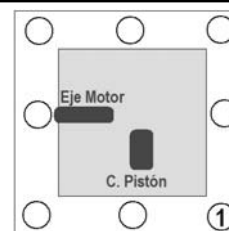
Prueba 1:



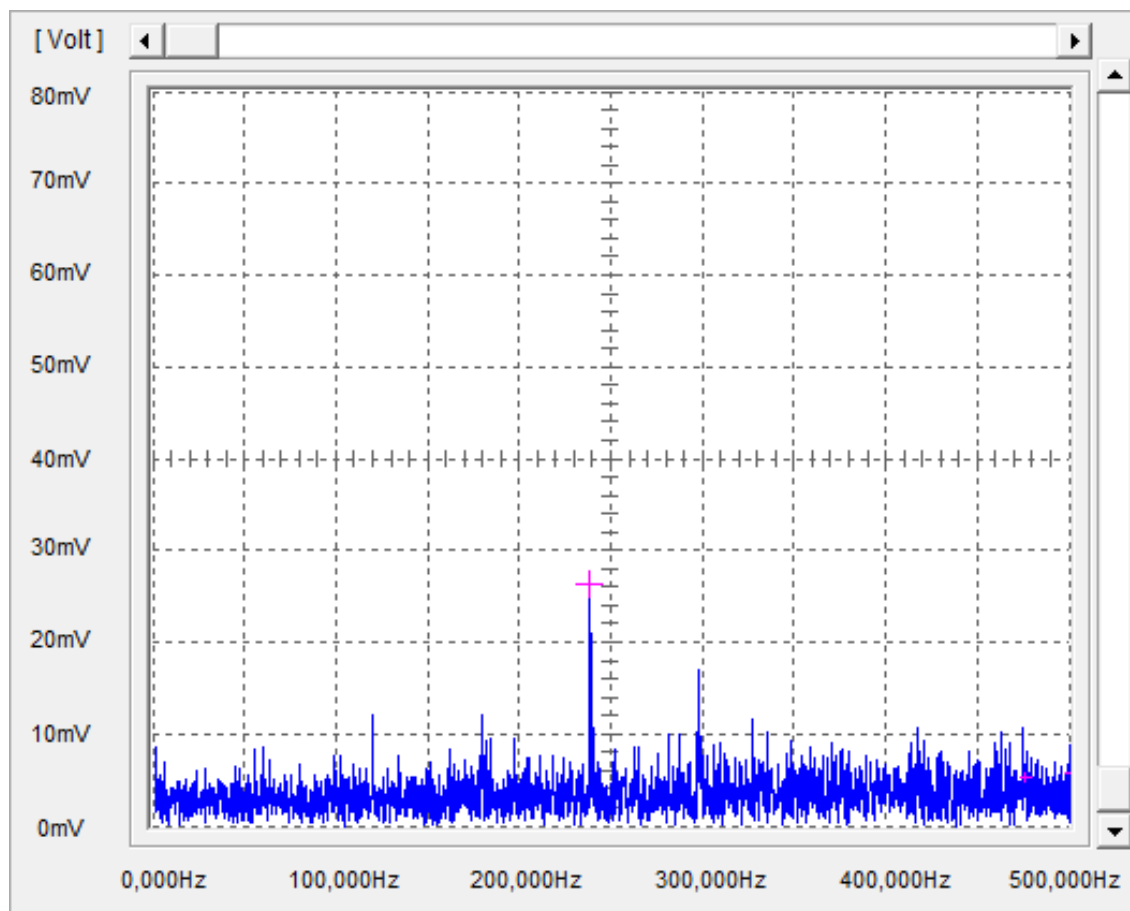
Prueba 2:



Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 3600 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



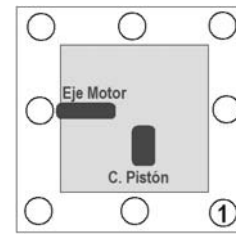
Prueba 1:



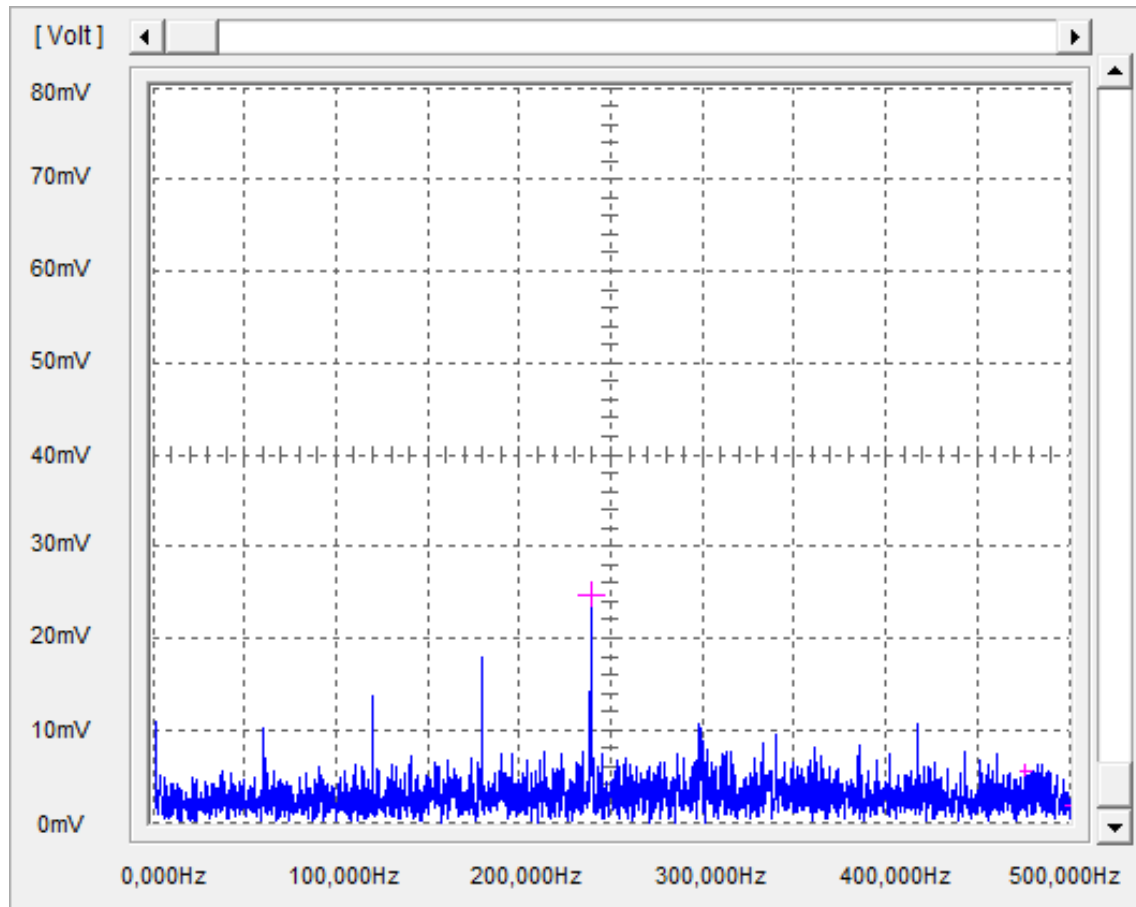
Harmonics Information					
1st	242,750 Hz	26,379 mV	2nd	486,000 Hz	5,378 mV
3rd	511,750 Hz	0,062 mV	4th	511,750 Hz	0,146 mV
5th	511,750 Hz	0,097 mV	6th	511,750 Hz	0,108 mV

Gráfico 4.35 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Horizontal.
 Velocidad del eje: 3600 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	243,000 Hz	24,835 mV	2nd	486,000 Hz	5,669 mV
3rd	511,750 Hz	0,062 mV	4th	511,750 Hz	0,146 mV
5th	511,750 Hz	0,097 mV	6th	511,750 Hz	0,108 mV

Gráfico 4.36 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Medida de vibraciones

Combustible: 95 octanos.

**Ubicación del Acelerómetro:
Vertical.**



Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:

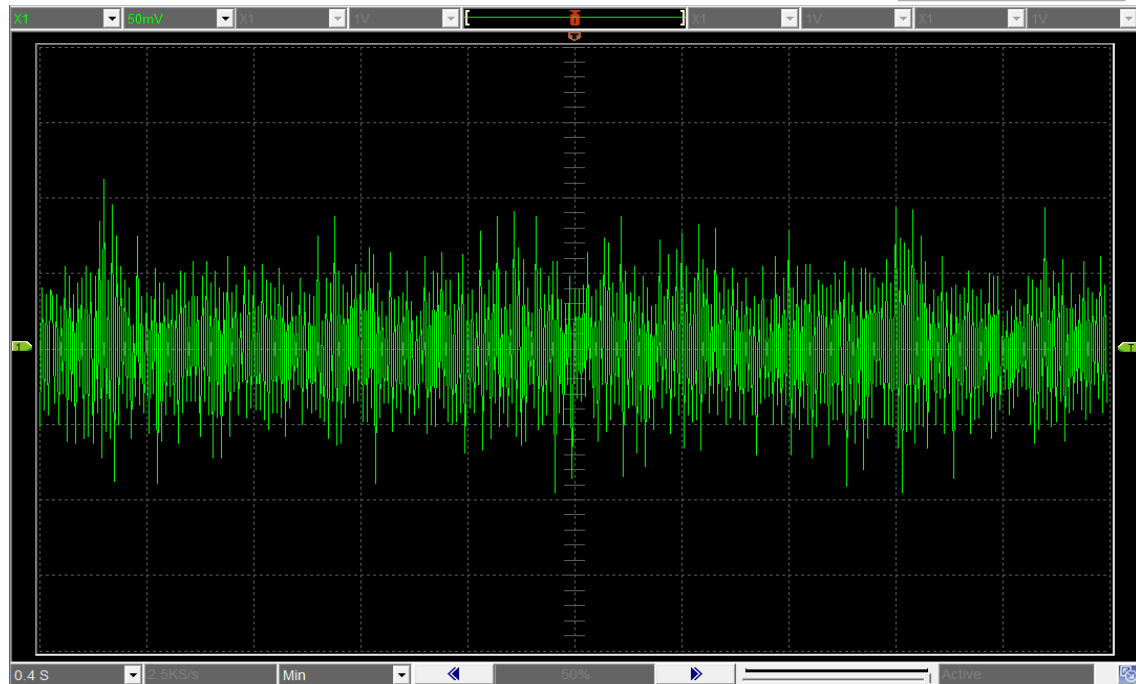


Gráfico 4.37 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

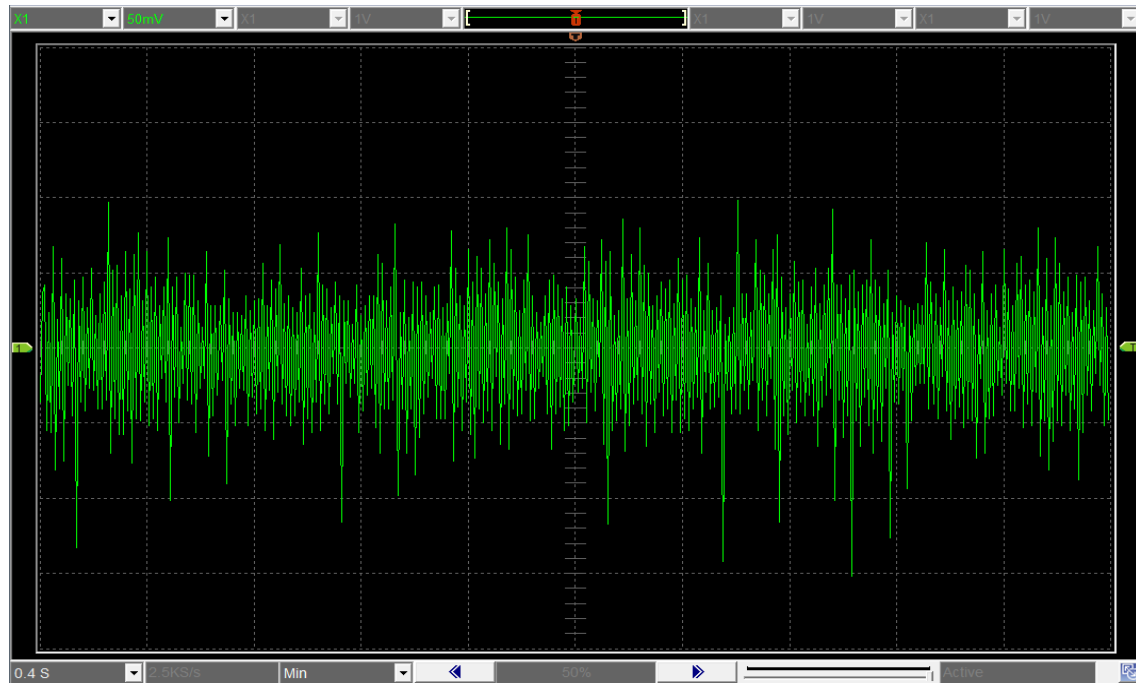
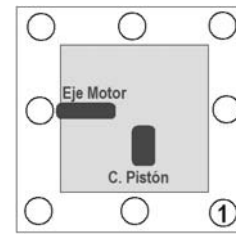
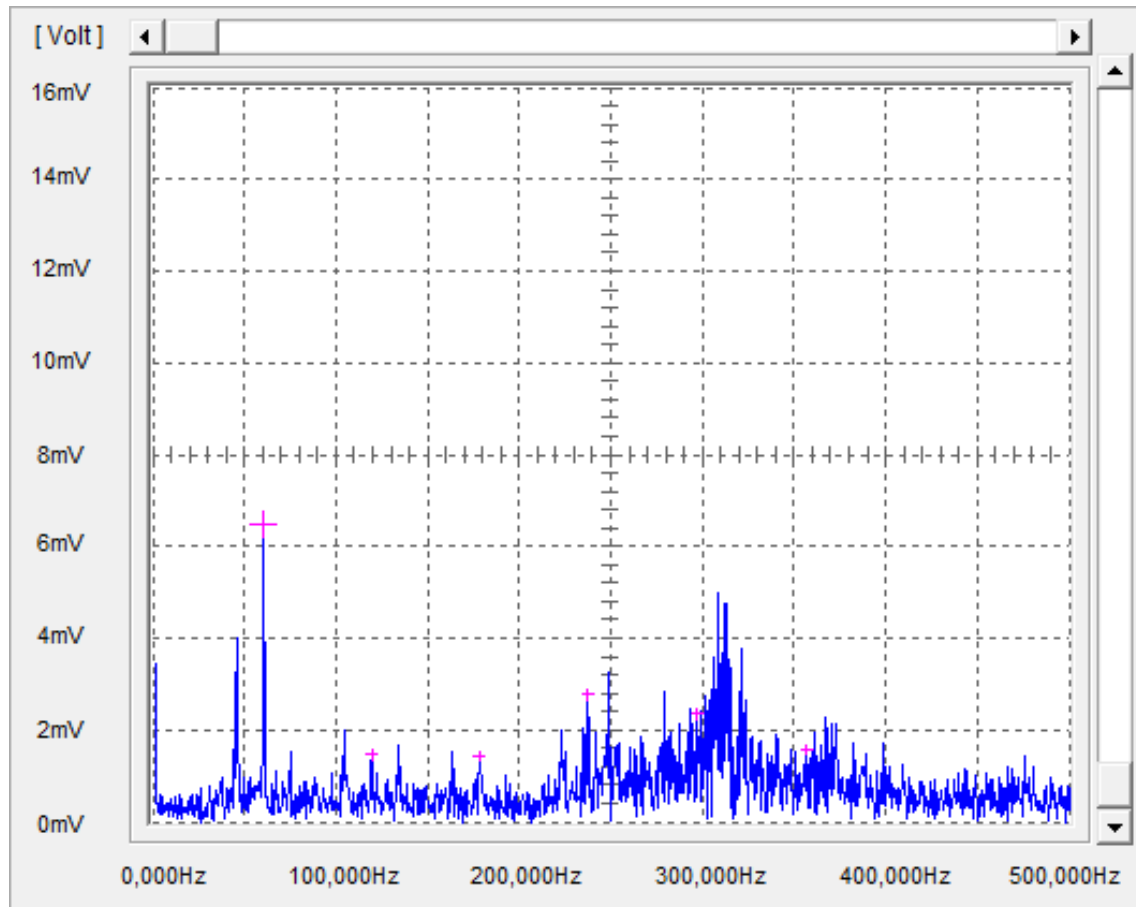


Gráfico 4.38 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 1800 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



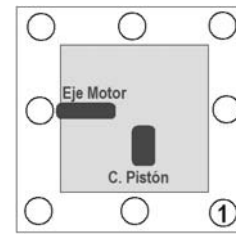
Prueba 1:



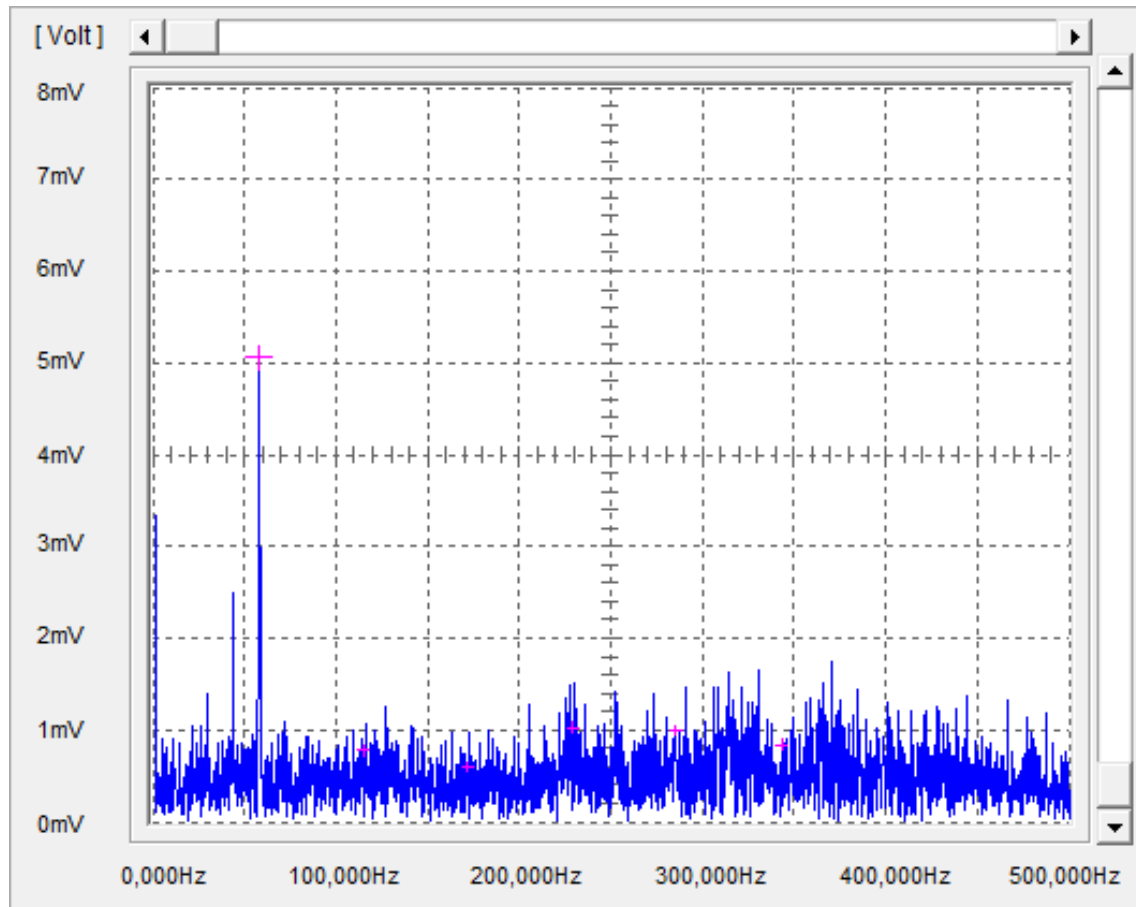
Harmonics Information					
1st	60,500 Hz	6,480 mV	2nd	121,000 Hz	1,480 mV
3rd	181,000 Hz	1,456 mV	4th	241,500 Hz	2,792 mV
5th	302,500 Hz	2,371 mV	6th	363,500 Hz	1,588 mV

Gráfico 4.39 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 1800 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	58,250 Hz	5,055 mV	2nd	116,500 Hz	0,791 mV
3rd	174,500 Hz	0,610 mV	4th	232,750 Hz	1,039 mV
5th	290,750 Hz	1,004 mV	6th	349,500 Hz	0,854 mV

Gráfico 4.40 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:

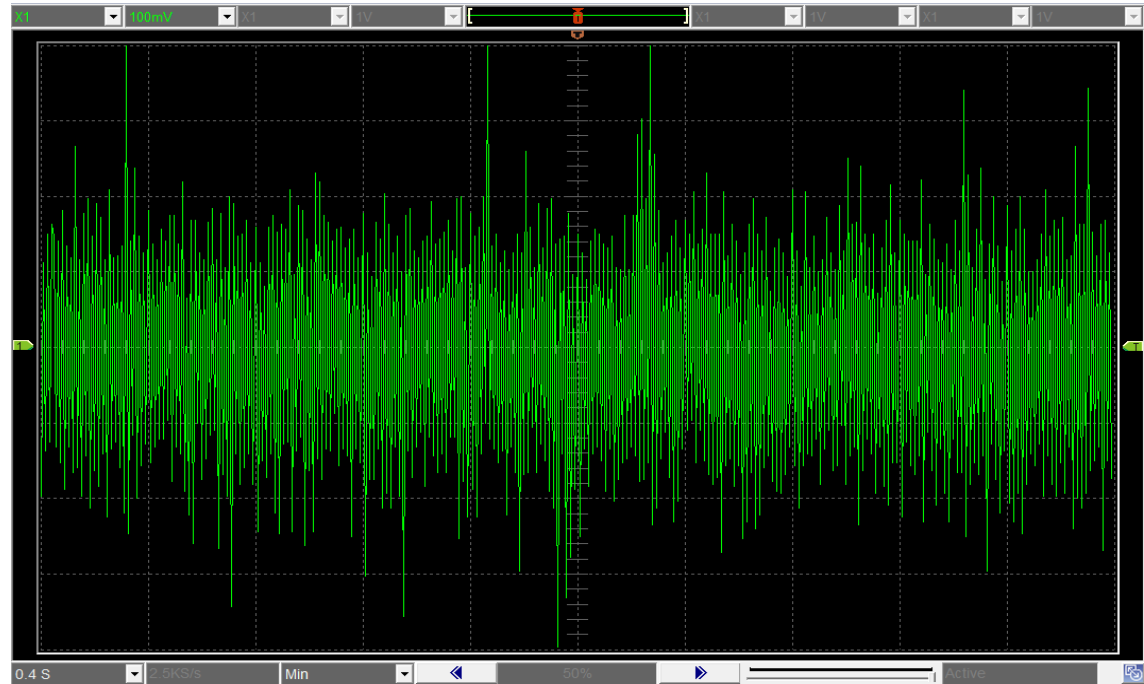


Gráfico 4.41 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

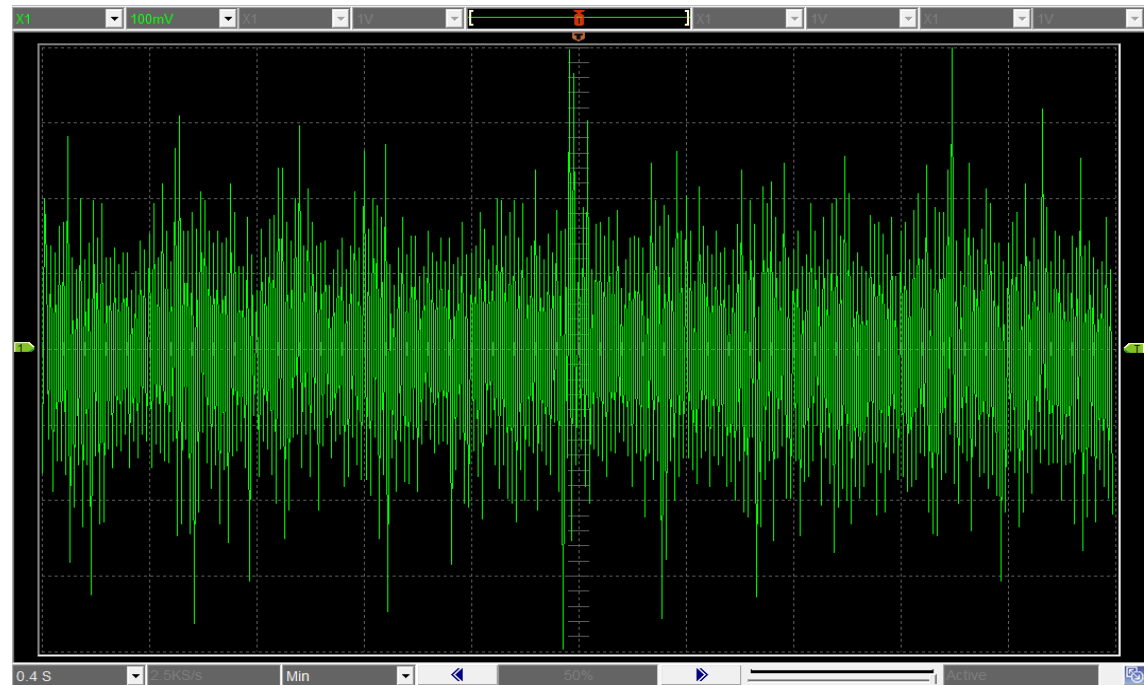
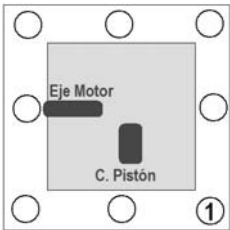
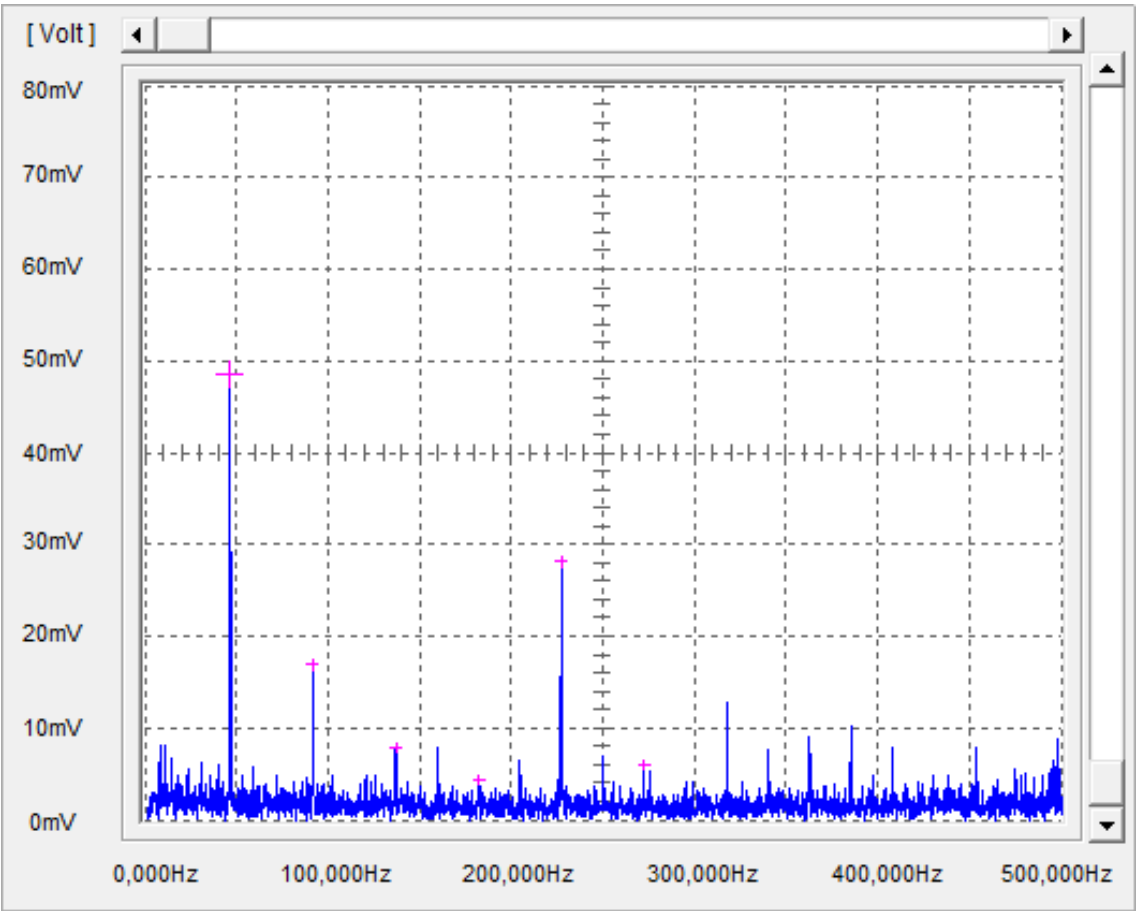


Gráfico 4.42 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



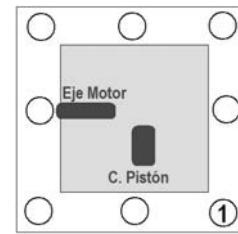
Prueba 1:



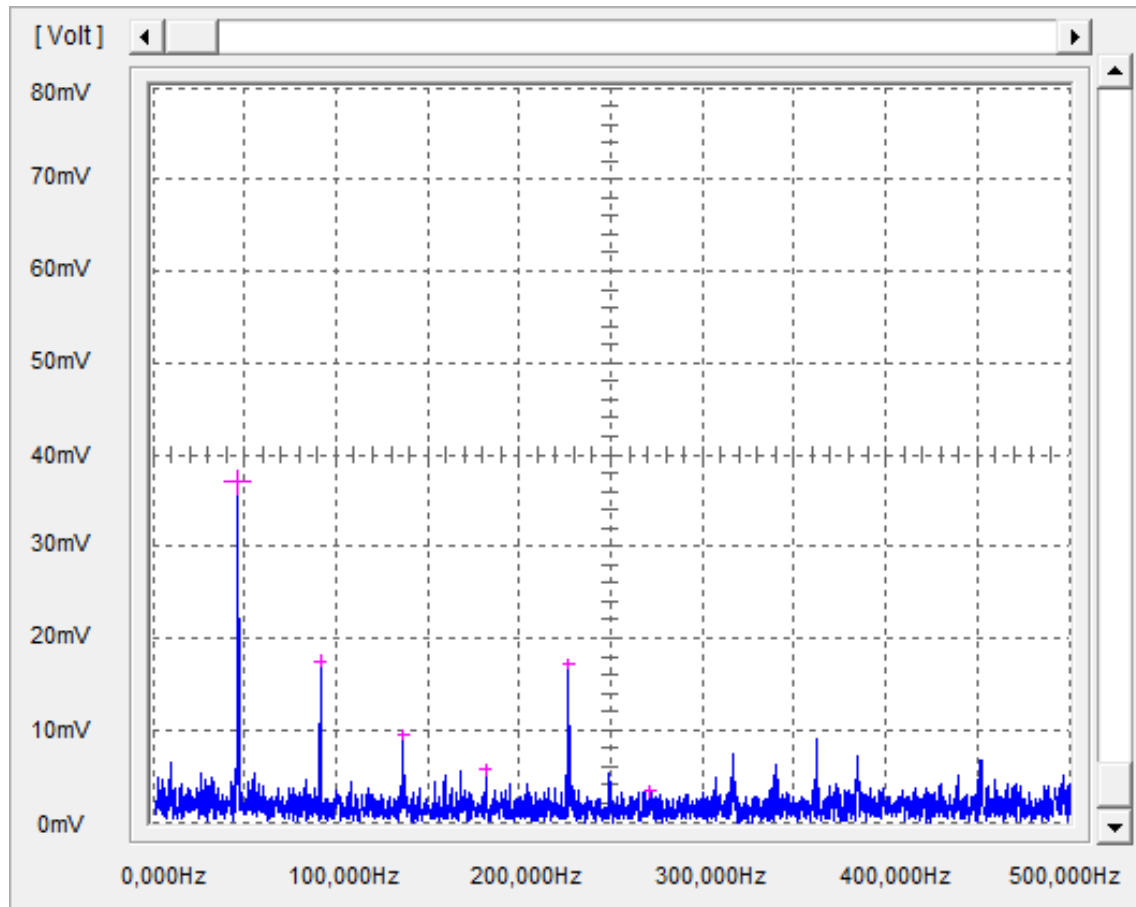
Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	48,485 mV	2nd	92,500 Hz	16,977 mV
3rd	138,750 Hz	7,966 mV	4th	185,250 Hz	4,442 mV
5th	231,000 Hz	28,180 mV	6th	277,250 Hz	6,126 mV

Gráfico 4.43 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 2700 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,000 Hz	37,054 mV	2nd	92,250 Hz	17,570 mV
3rd	138,250 Hz	9,618 mV	4th	184,500 Hz	5,796 mV
5th	230,500 Hz	17,294 mV	6th	276,000 Hz	3,417 mV

Gráfico 4.44 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:

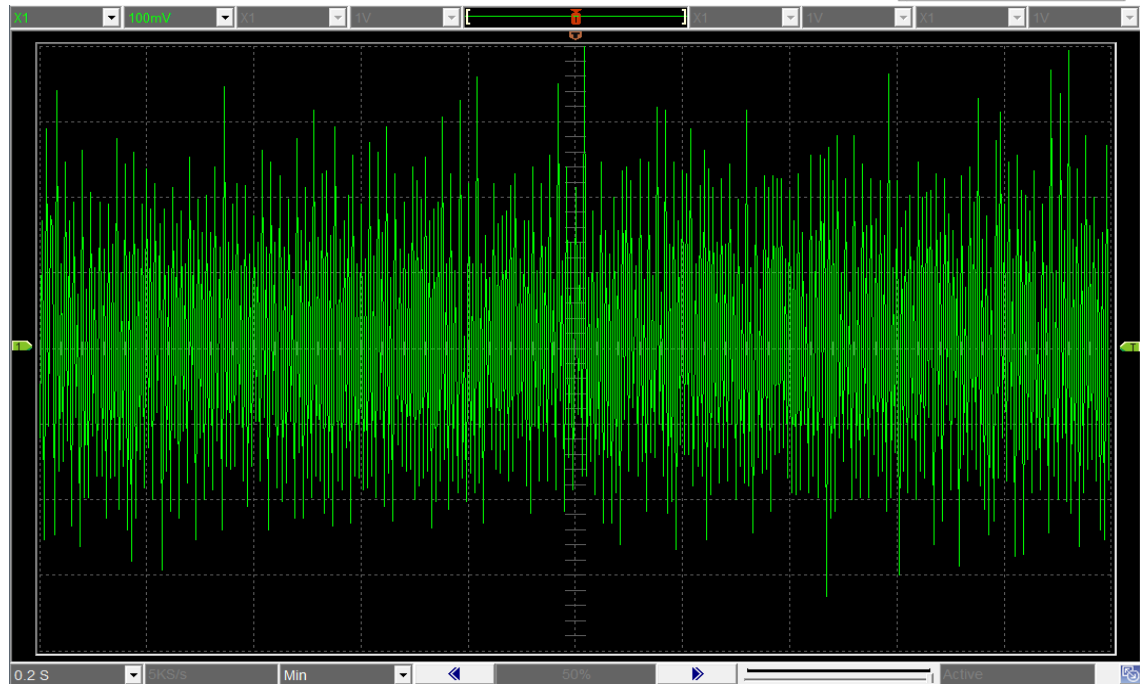


Gráfico 4.45 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

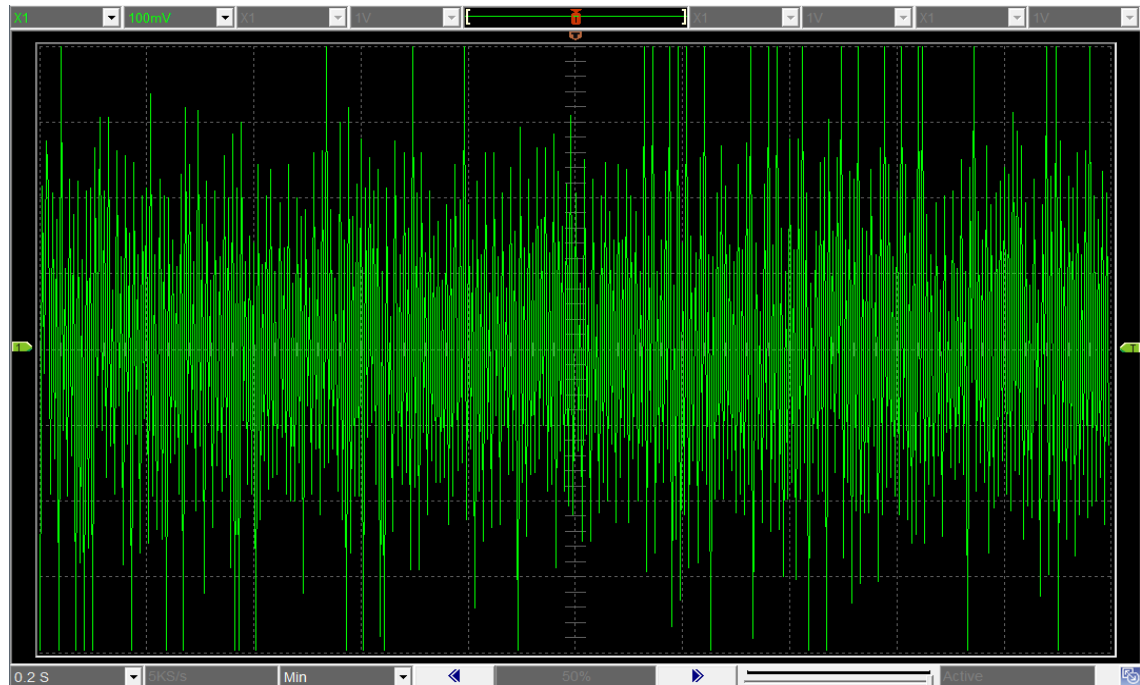
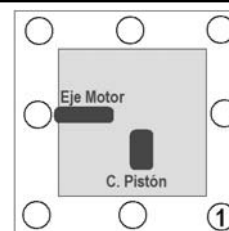
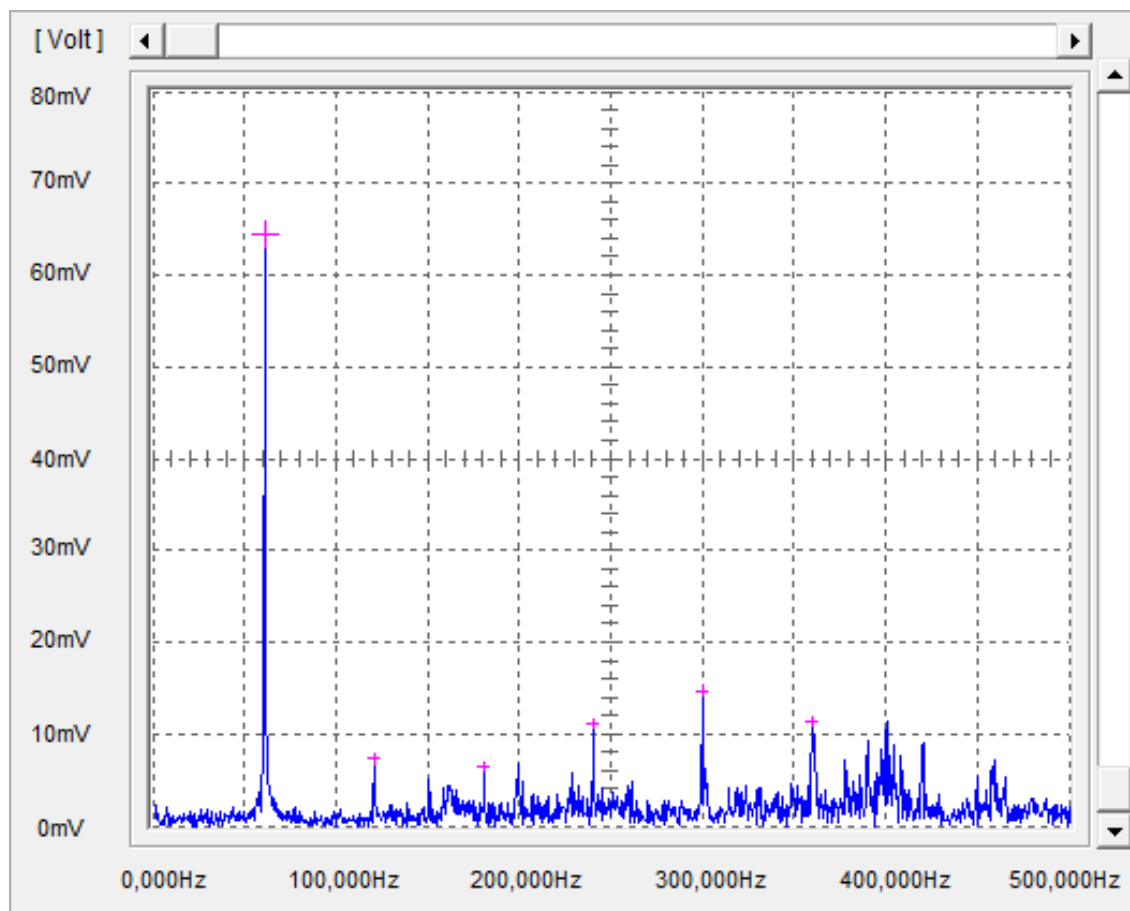


Gráfico 4.46 Amplitud de aceleraciones Punto 1, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 3600 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



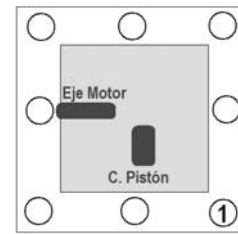
Prueba 1:



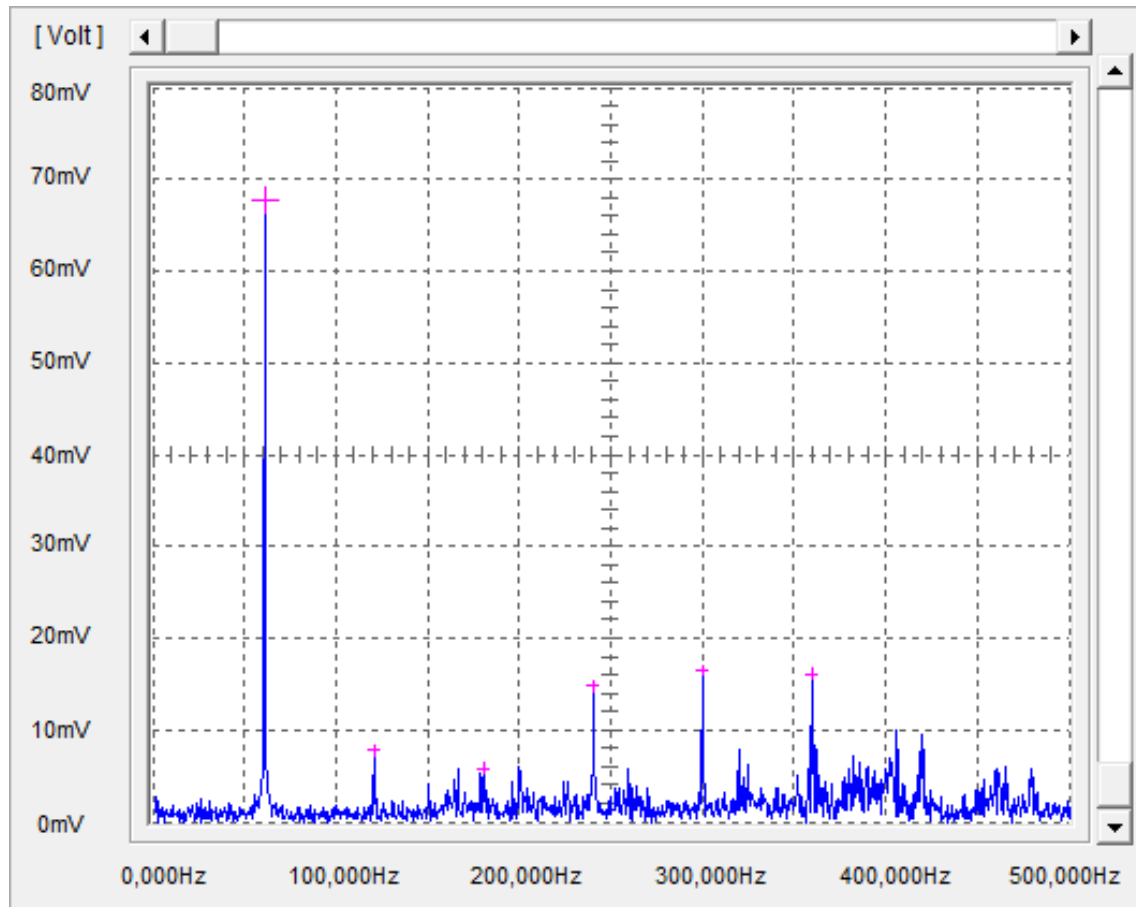
Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	64,407 mV	2nd	122,000 Hz	7,396 mV
3rd	183,500 Hz	6,574 mV	4th	244,500 Hz	11,200 mV
5th	305,500 Hz	14,811 mV	6th	366,500 Hz	11,432 mV

Gráfico 4.47 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 1.
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 3600 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	67,609 mV	2nd	122,000 Hz	7,910 mV
3rd	183,000 Hz	5,961 mV	4th	244,500 Hz	14,880 mV
5th	305,500 Hz	16,568 mV	6th	366,500 Hz	16,166 mV

Gráfico 4.48 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Nivel de emisión de sonido

Combustible: 91octanos.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

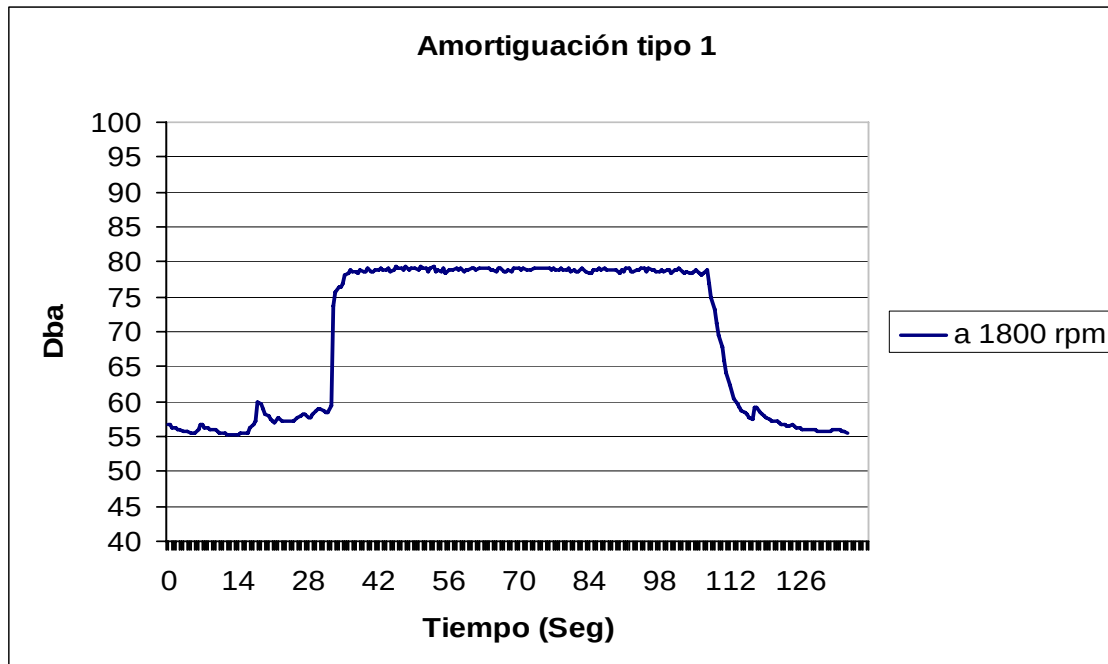


Gráfico 4.49 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, 1800 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: 2400 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

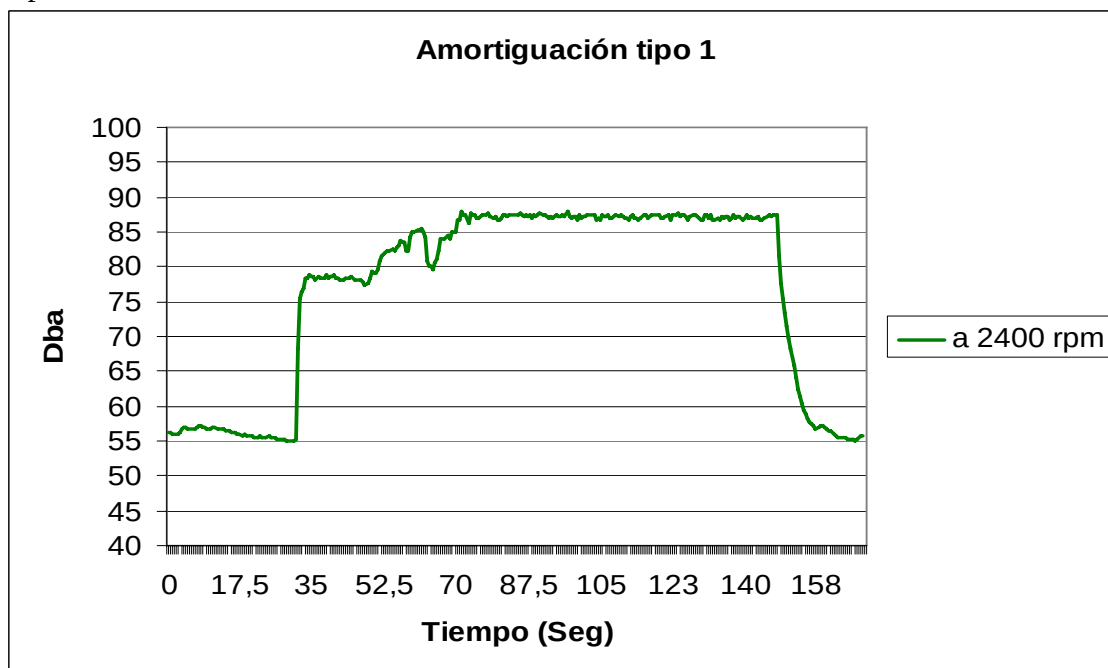


Gráfico 4.50 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, 2400 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: 3000 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

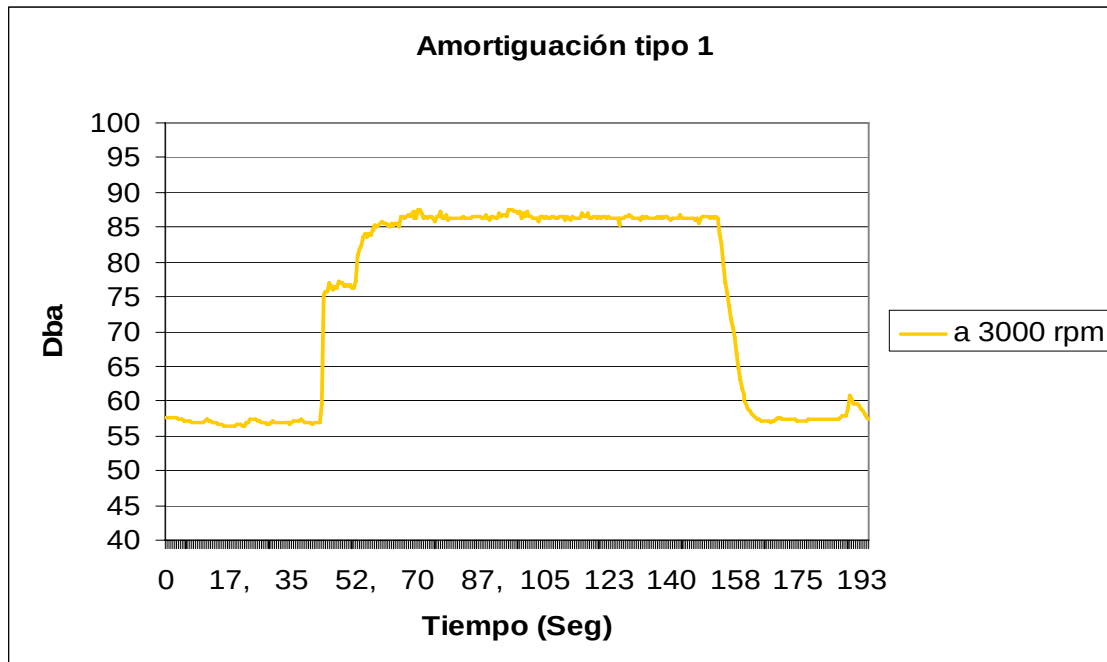


Gráfico 4.51 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, 3000 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

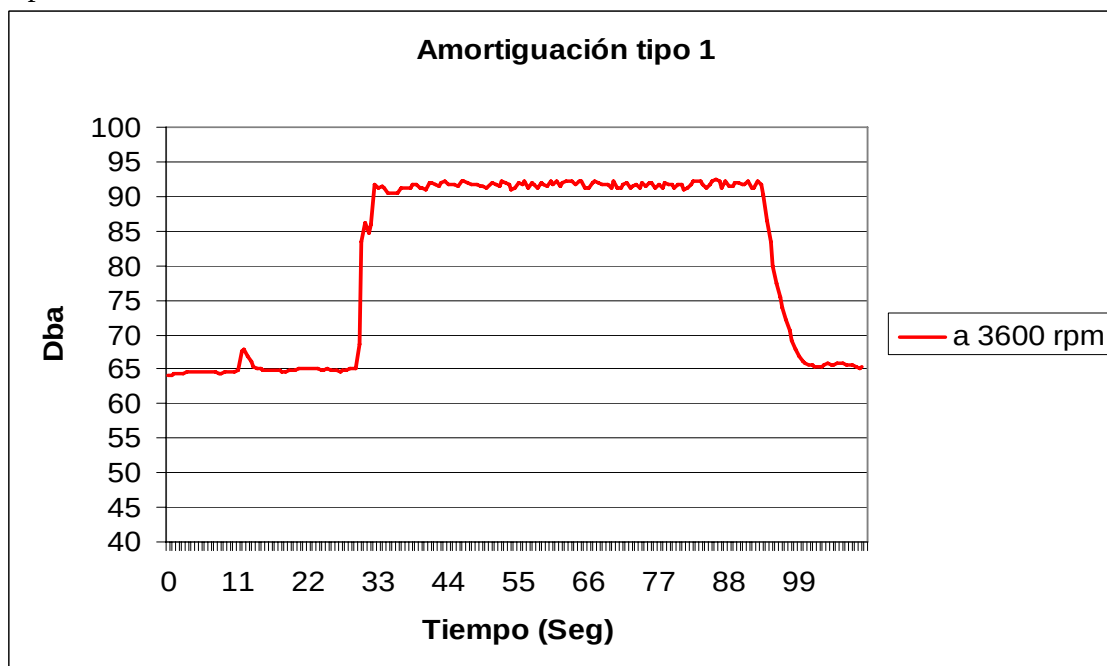


Gráfico 4.52 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, 3600 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: Rango de 1800 a 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

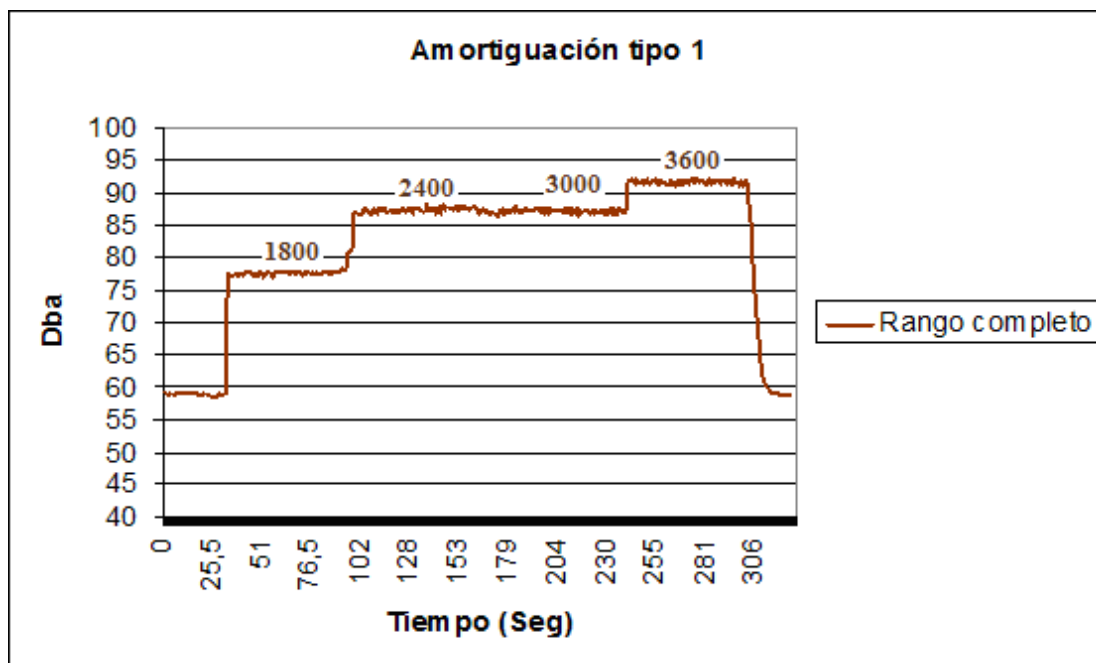


Gráfico 4.53 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, de 1800 a 3600 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

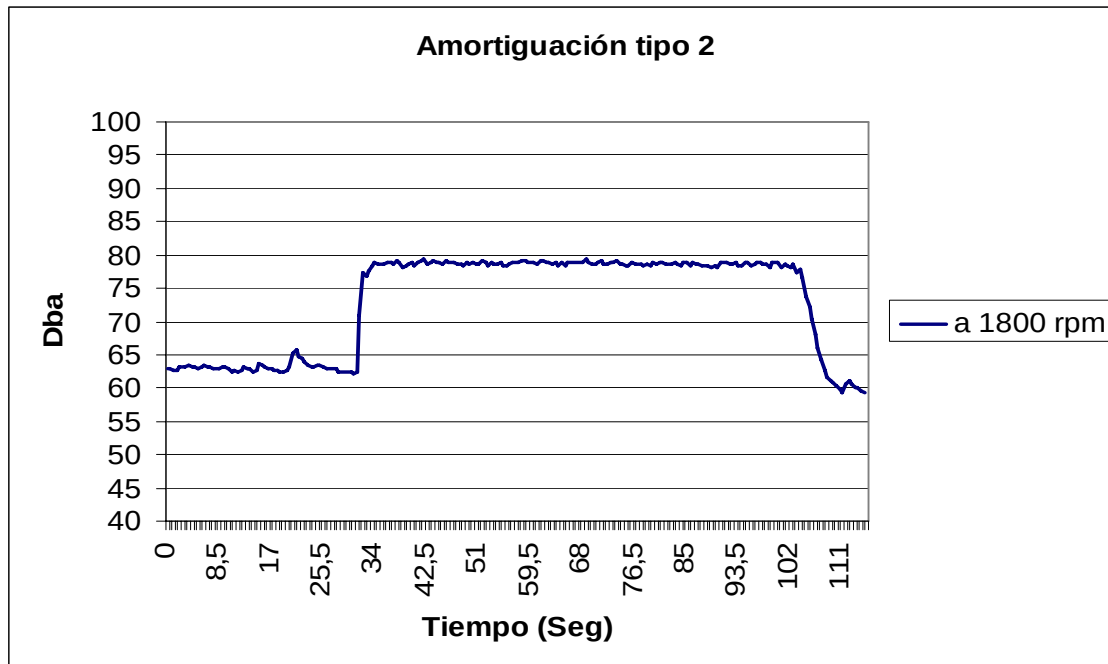


Gráfico 4.54 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, 1800 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: 2400 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

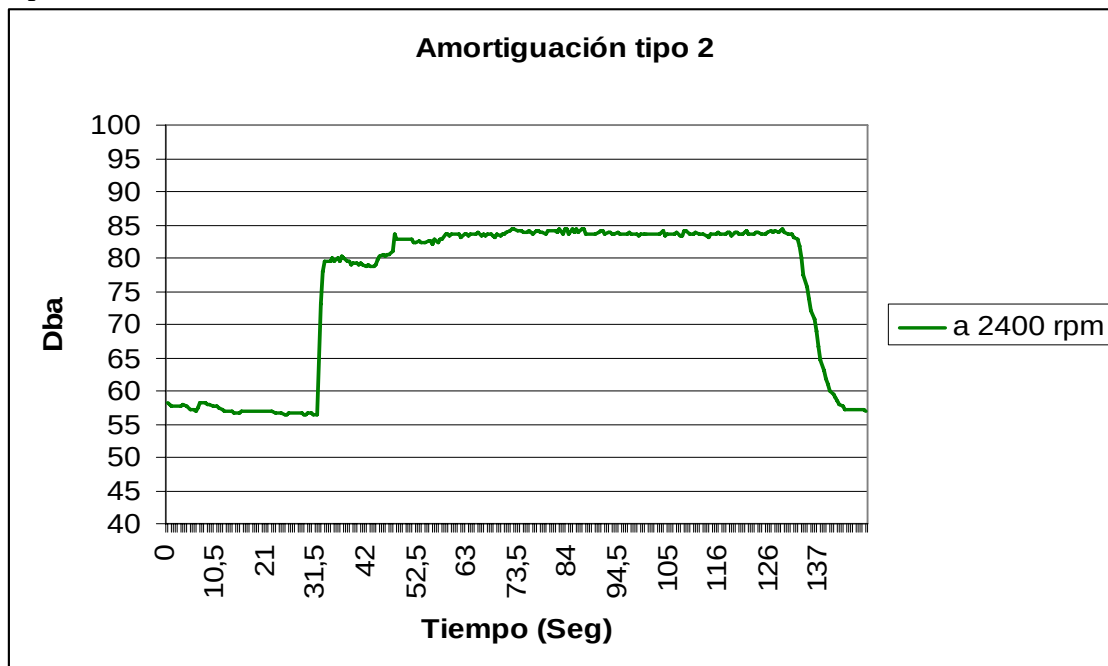


Gráfico 4.55 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, 2400 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: 3000 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

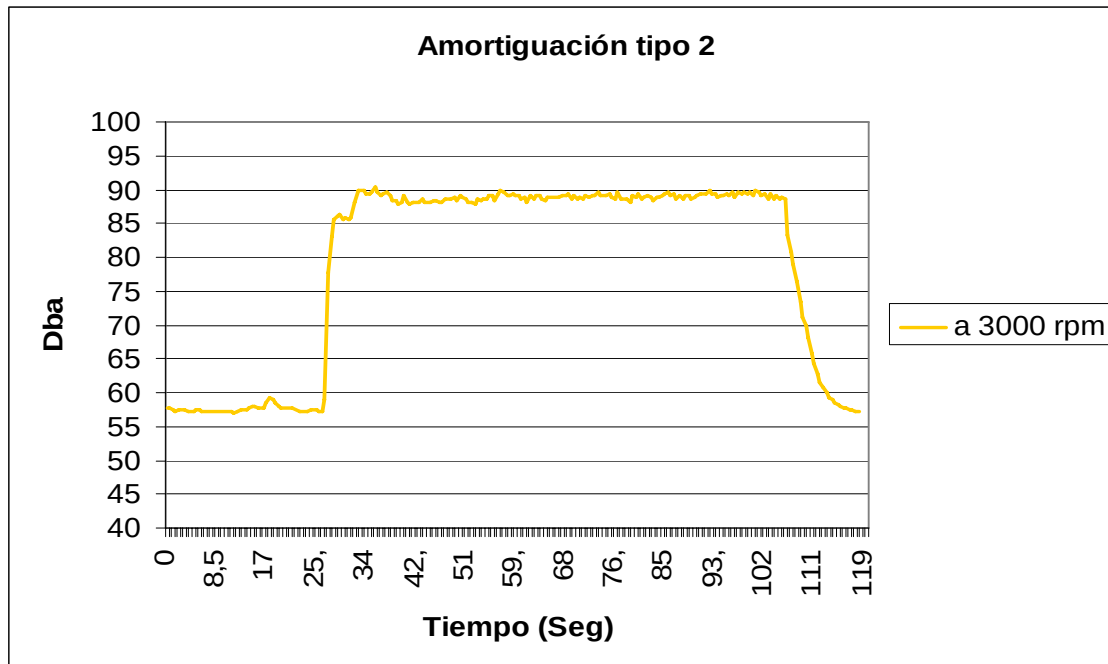


Gráfico 4.56 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, 3000 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

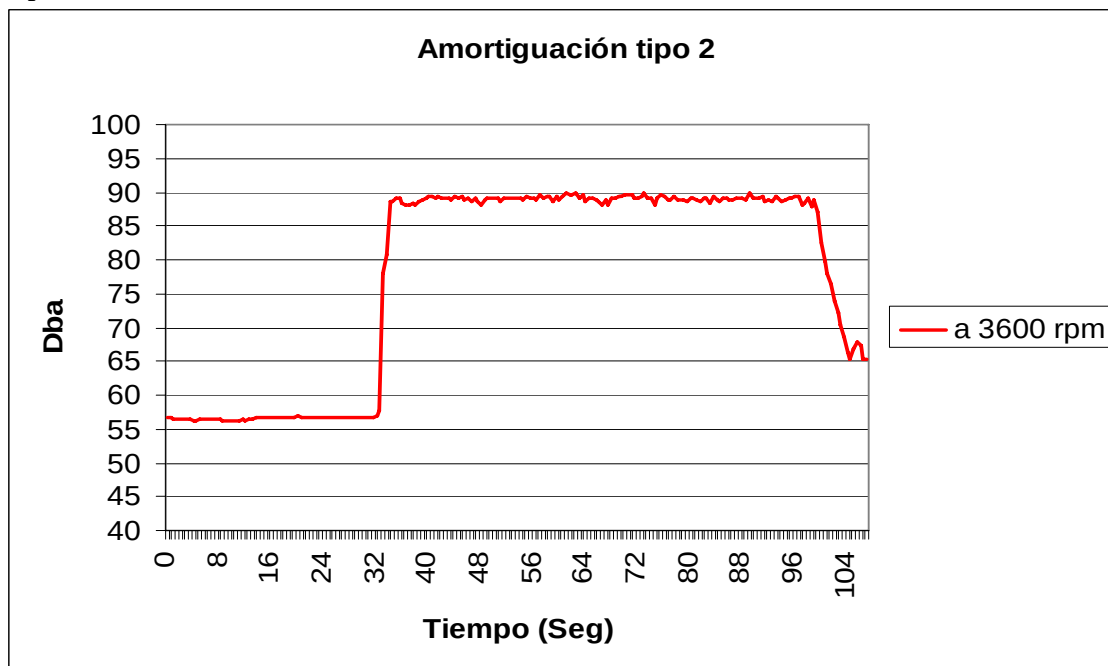


Gráfico 4.57 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, 3600 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: Rango de 1800 a 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

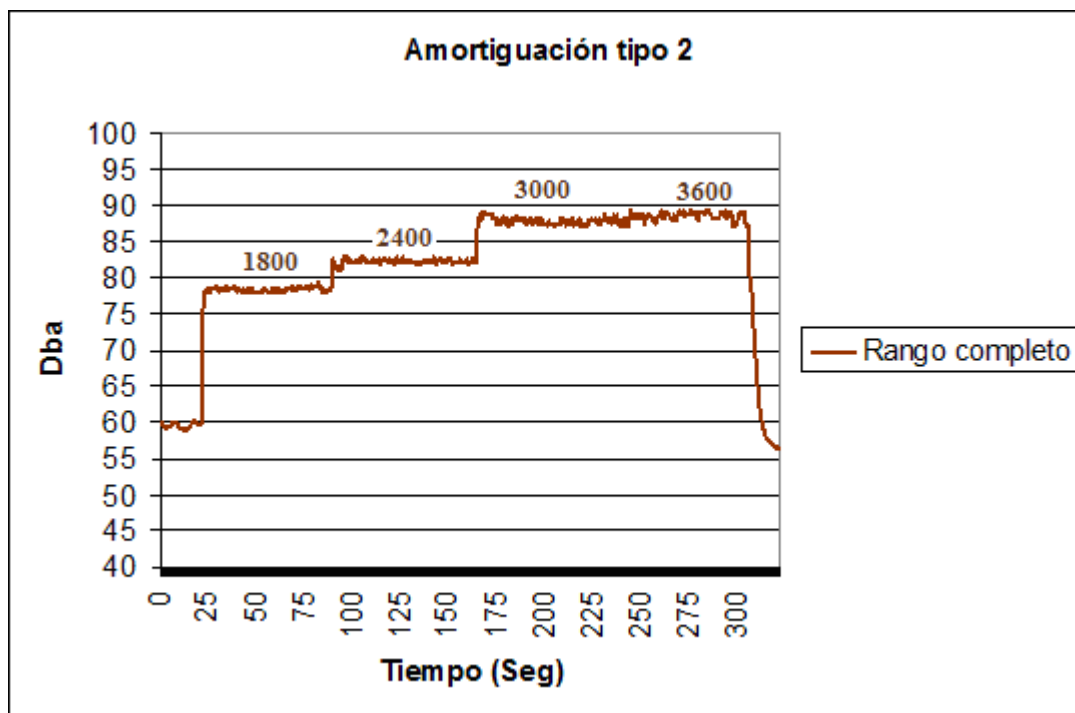


Gráfico 4.58 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, de 1800 a 3600 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

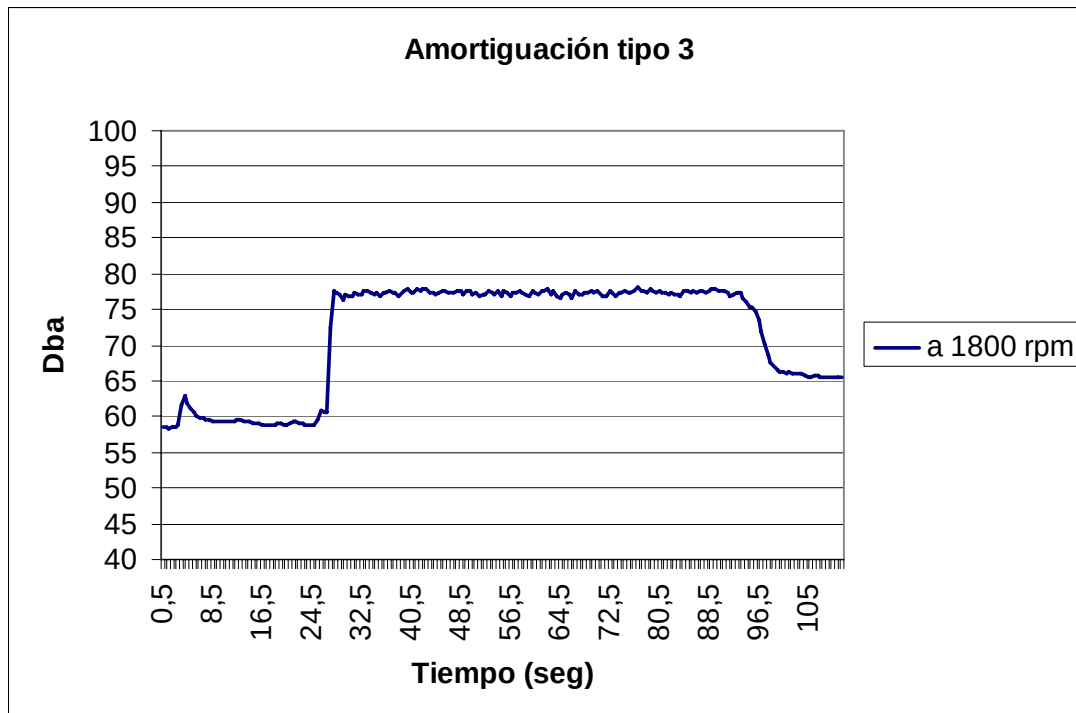


Gráfico 4.59 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, 1800 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: 2400 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

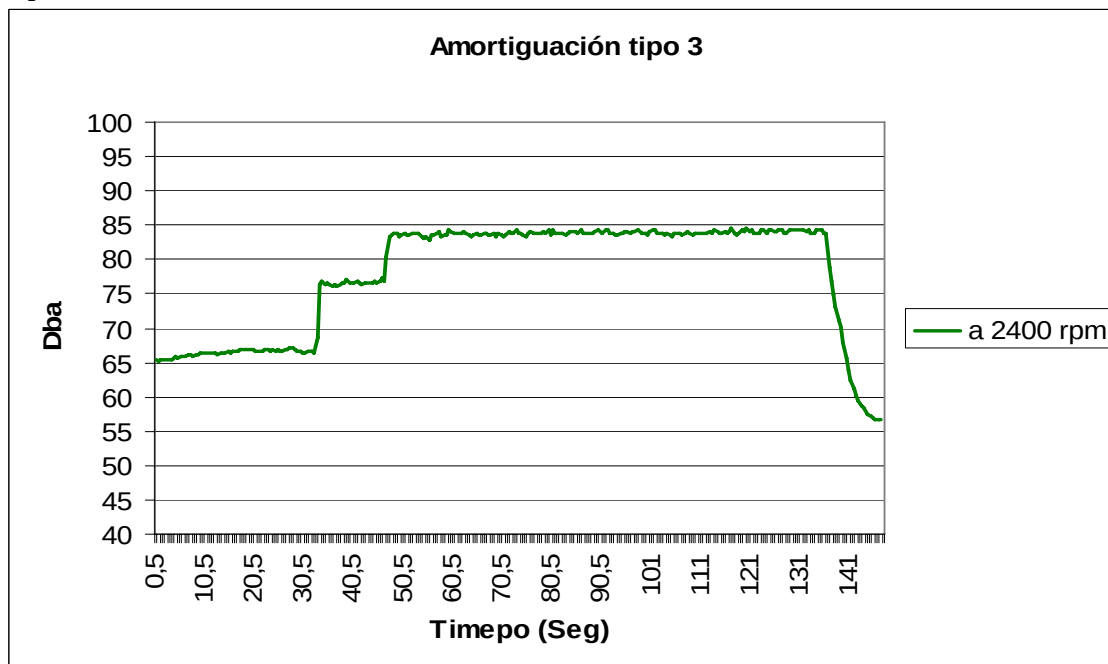


Gráfico 4.60 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, 2400 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: 3000 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

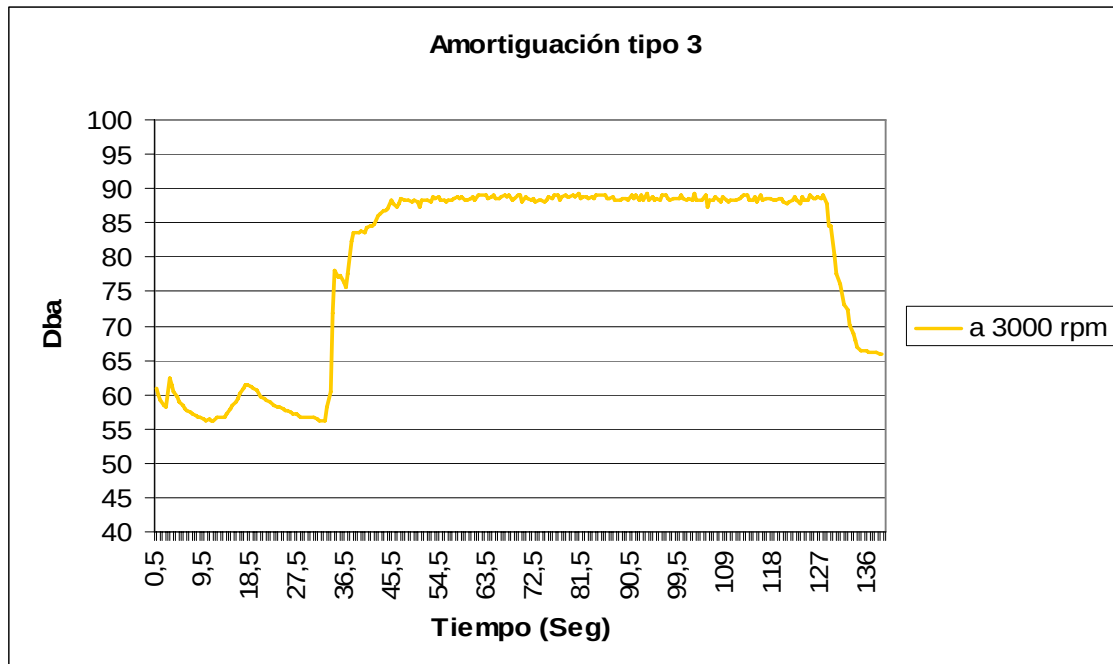


Gráfico 4.61 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, 3000 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

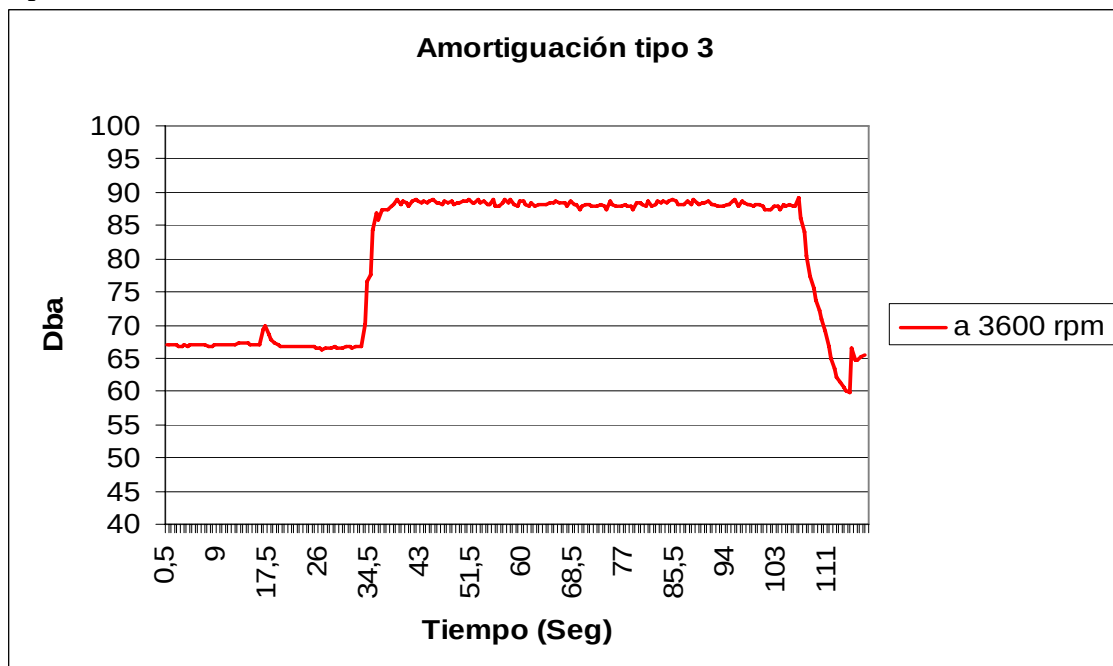


Gráfico 4.62 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, 3600 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: Rango de 1800 a 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

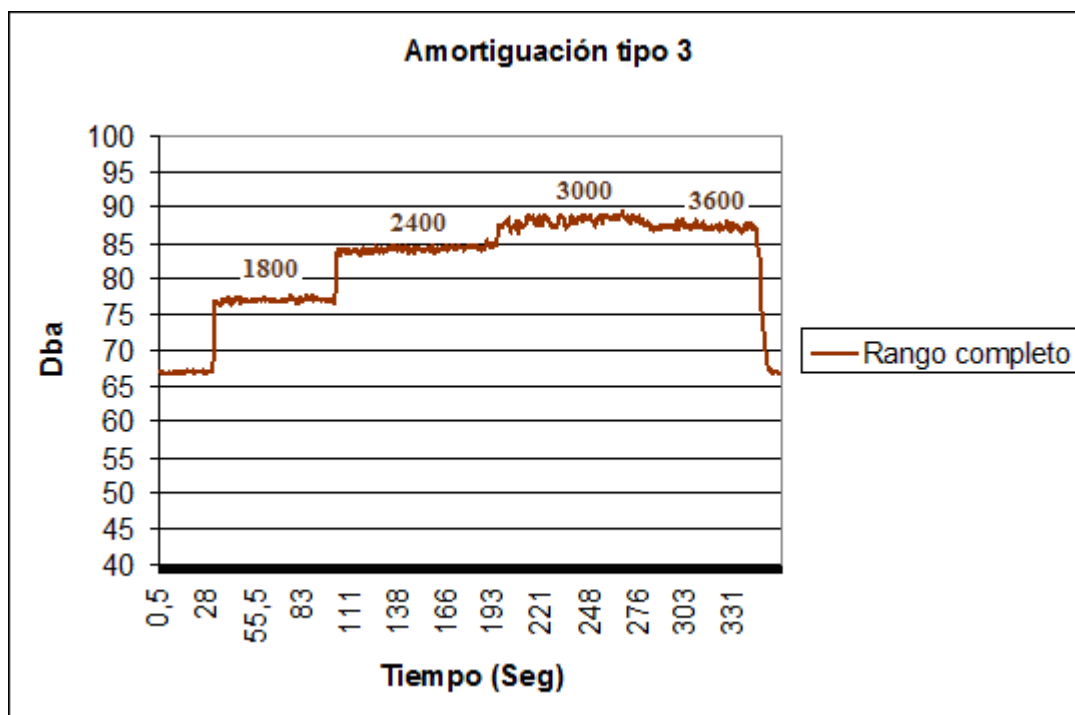


Gráfico 4.63 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, de 1800 a 3600 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 4

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

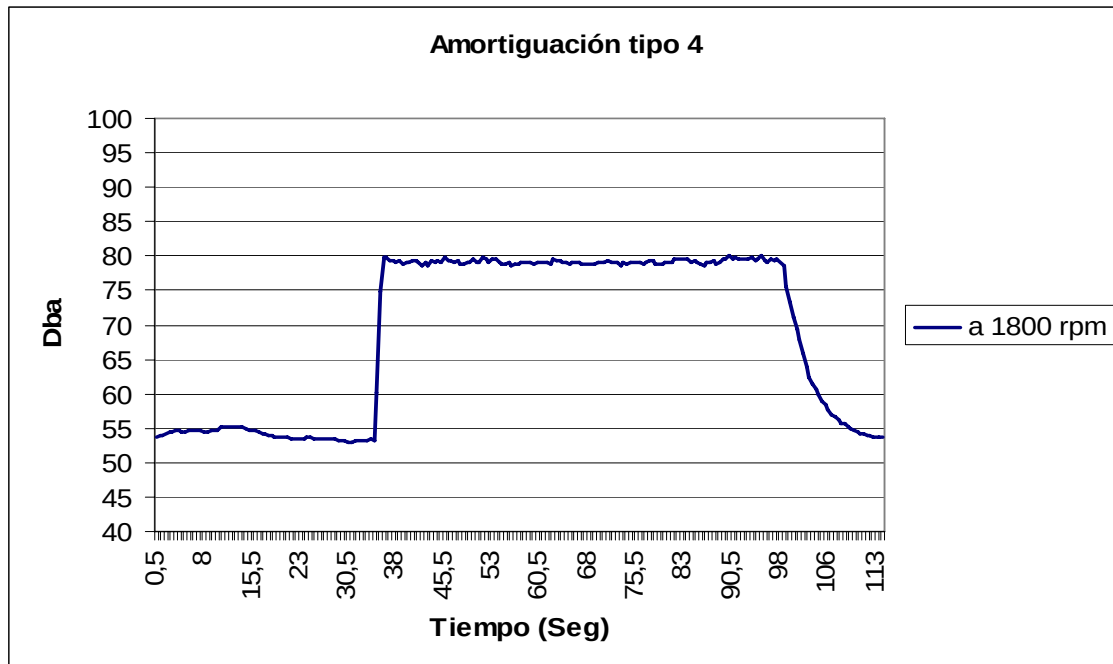


Gráfico 4.64 Emisión de sonido con amortiguación tipo 4, 1800 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 4

Velocidad del eje: 2400 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

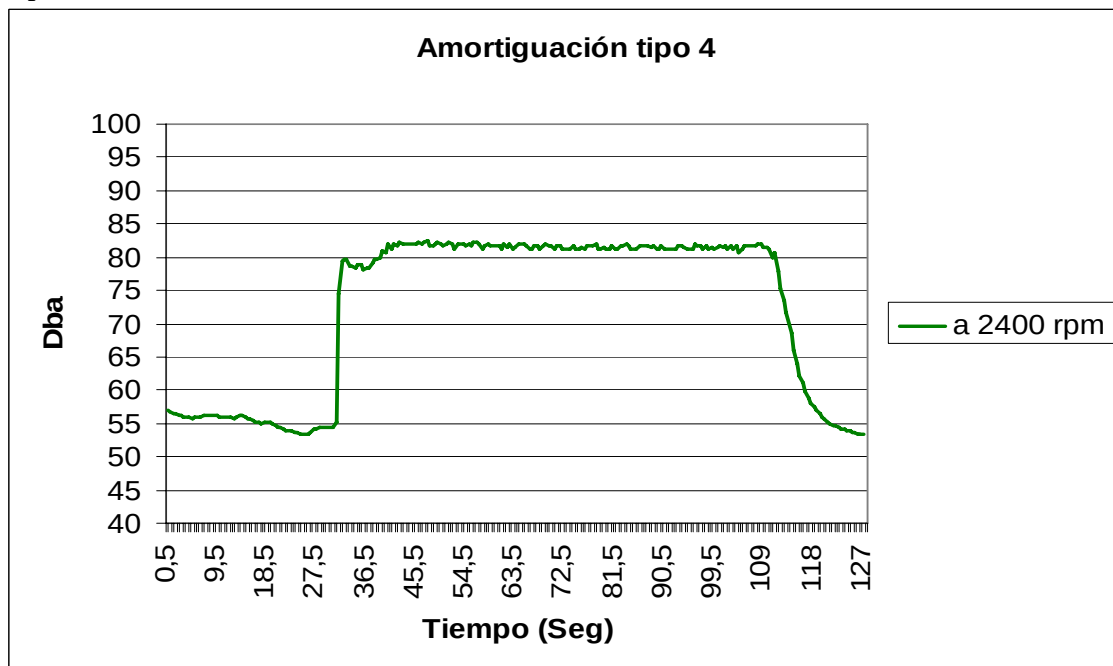


Gráfico 4.65 Emisión de sonido con amortiguación tipo 4, 2400 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 4

Velocidad del eje: 3000 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

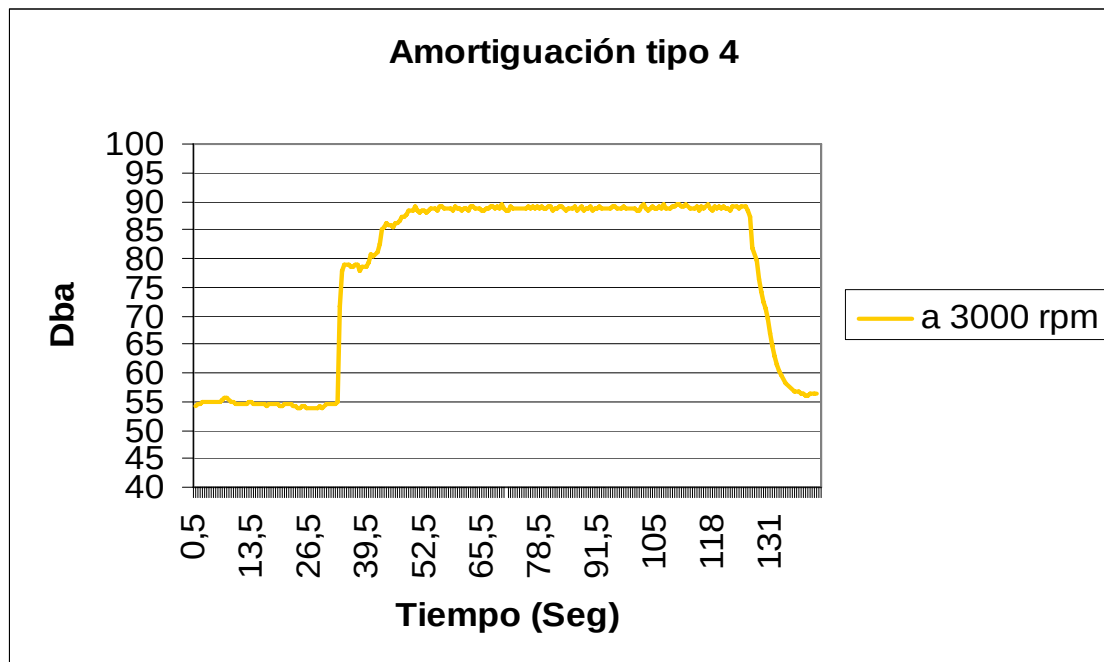


Gráfico 4.66 Emisión de sonido con amortiguación tipo 4, 3000 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 4

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

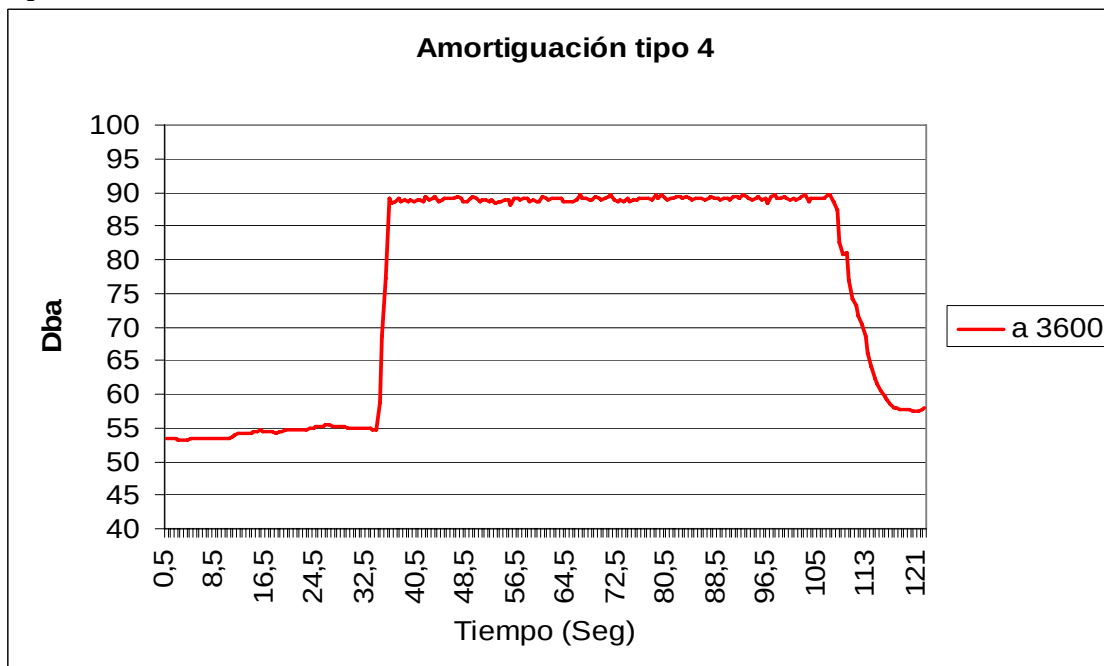


Gráfico 4.67 Emisión de sonido con amortiguación tipo 4, 3600 rpm, 91 oct.

Amortiguación: tipo 4

Velocidad del eje: Rango de 1800 a 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct

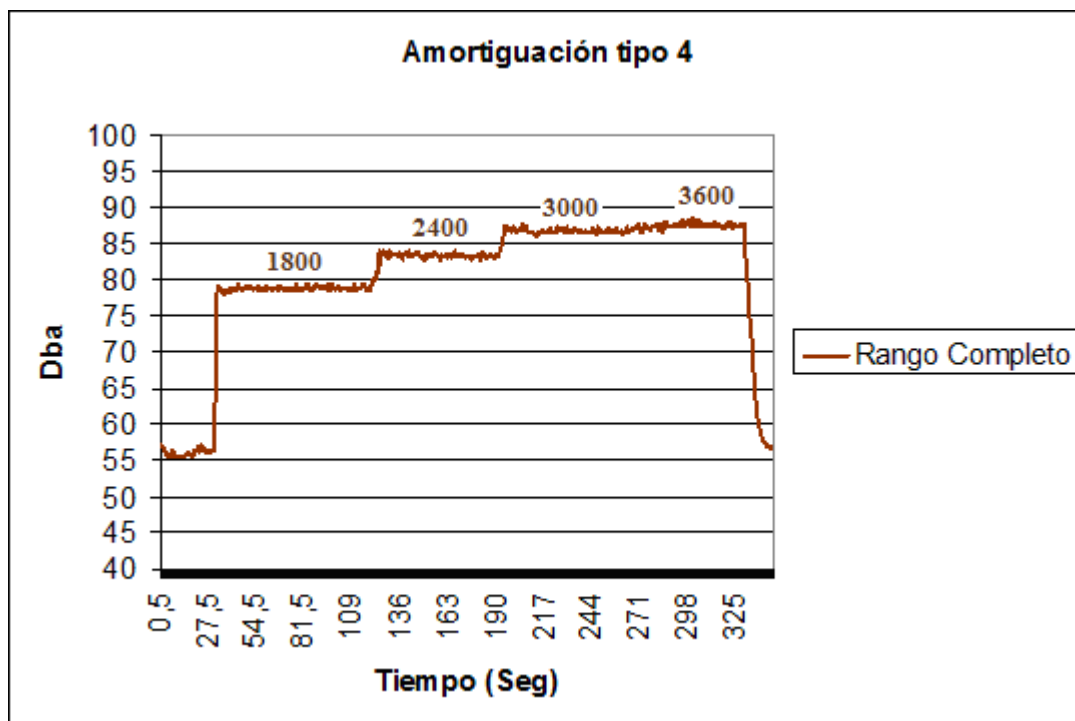


Gráfico 4.68 Emisión de sonido con amortiguación tipo 4, de 1800 a 3600 rpm, 91 oct.

Nivel de emisión
de sonido

Combustible: 95 octanos.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

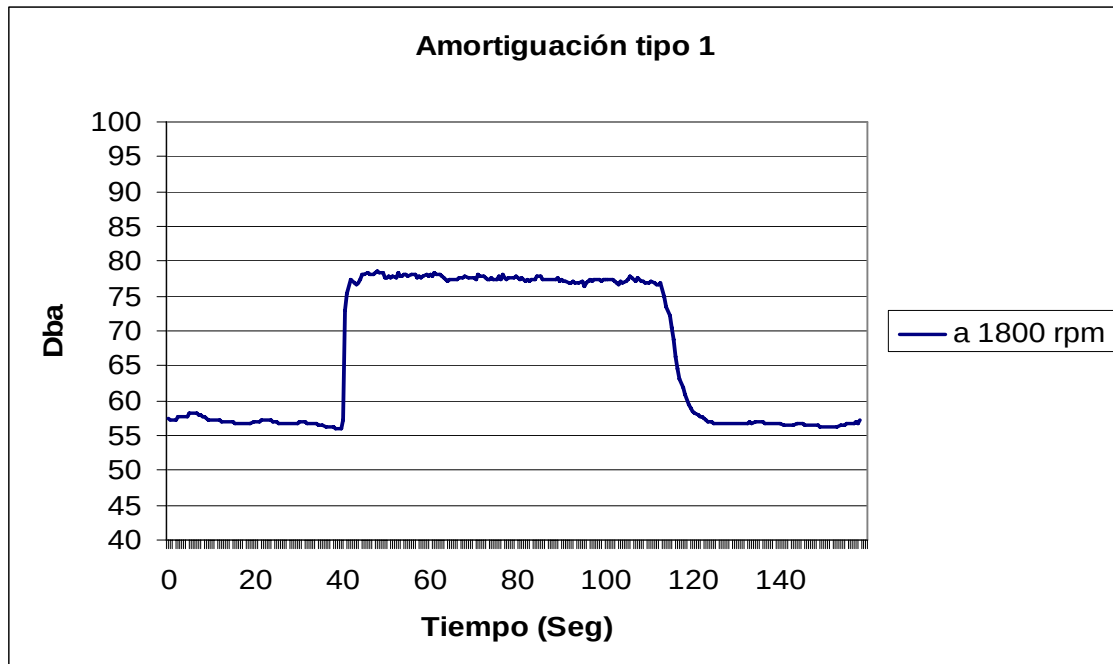


Gráfico 4.69 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, 1800 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: 2400 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

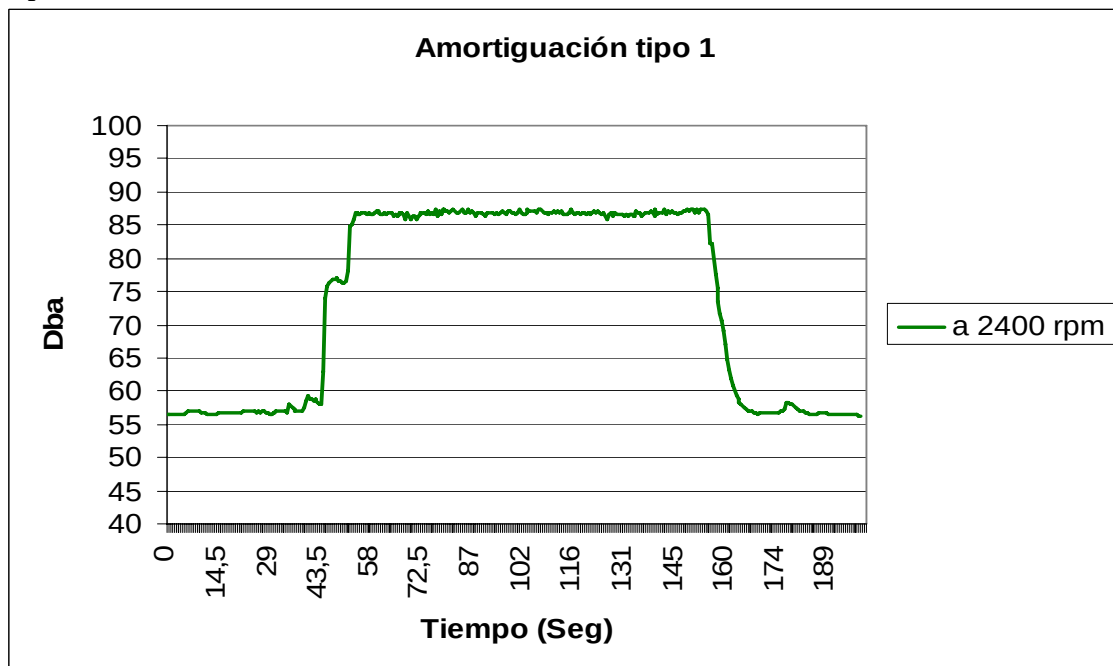


Gráfico 4.70 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, 2400 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: 3000 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

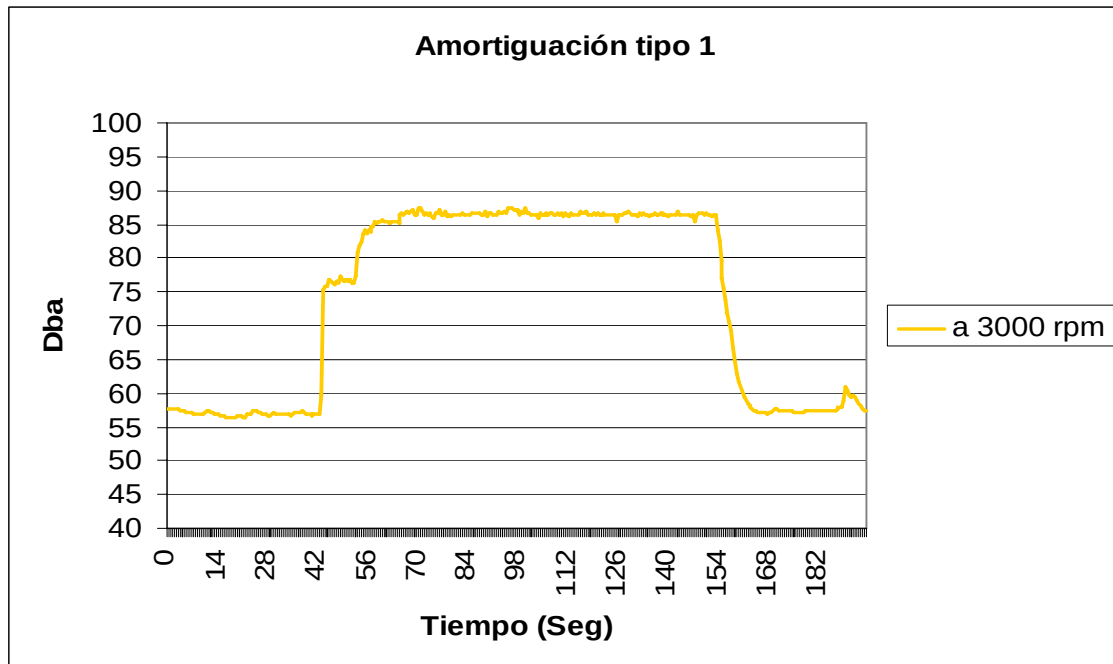


Gráfico 4.71 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, 3000 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

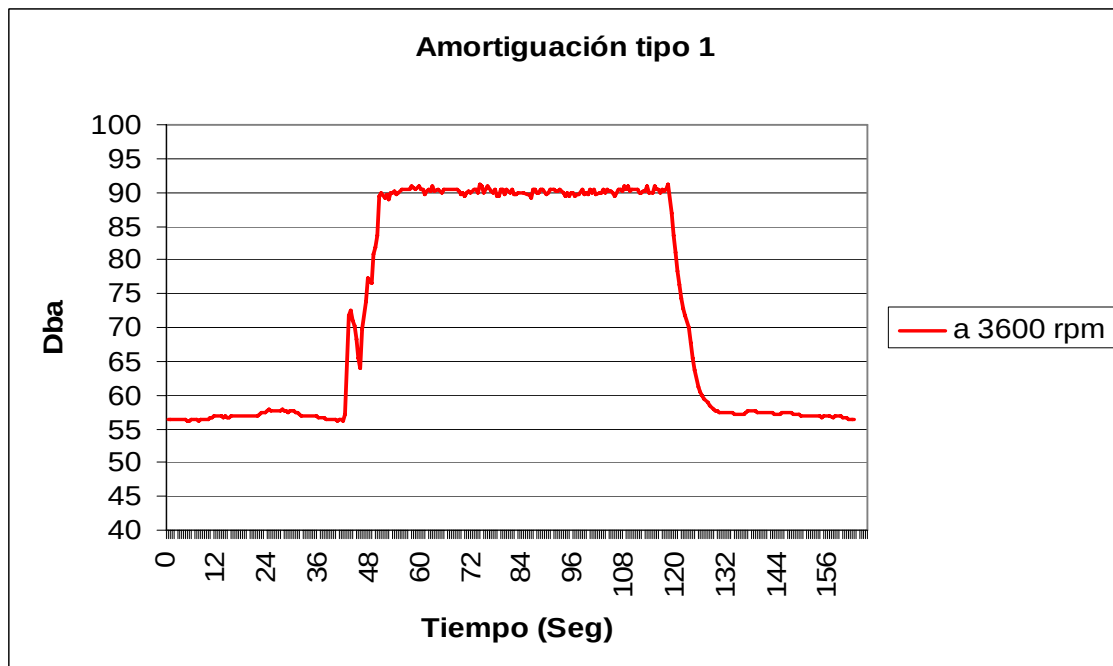


Gráfico 4.72 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, 3600 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 1

Velocidad del eje: Rango de 1800 a 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

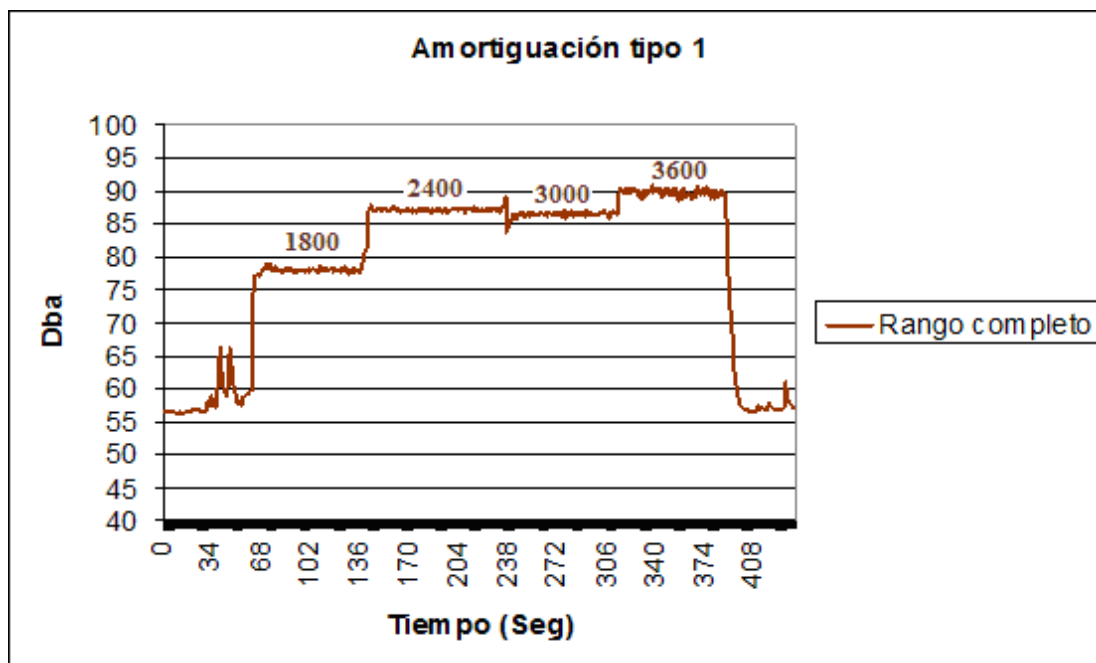


Gráfico 4.73 Emisión de sonido con amortiguación tipo 1, de 1800 a 3600 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

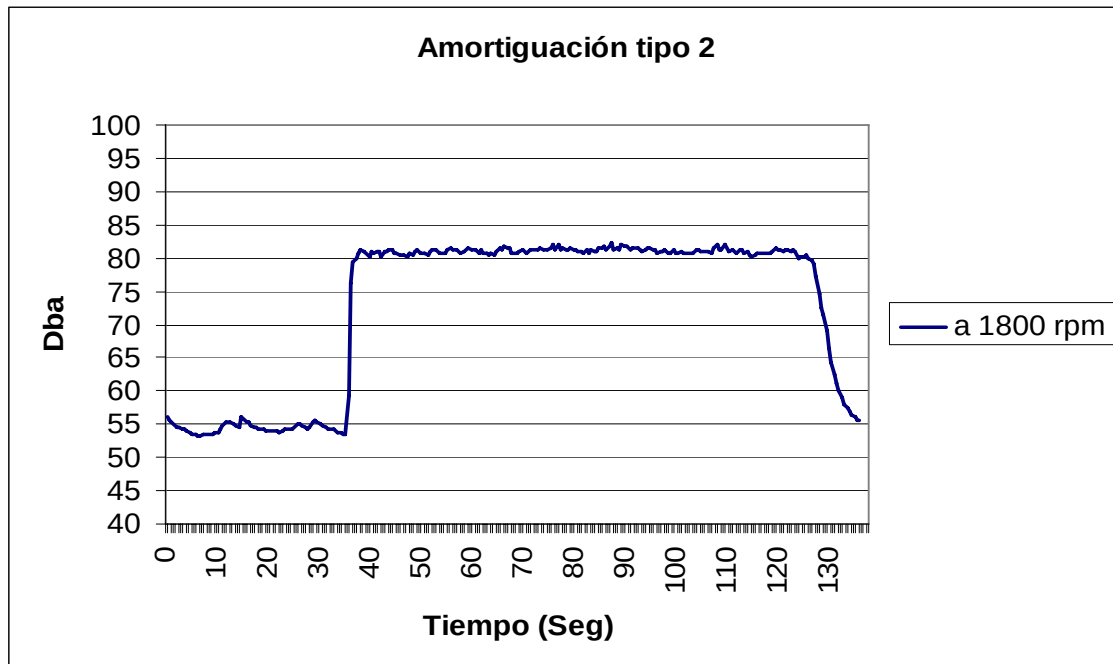


Gráfico 4.74 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, 1800 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: 2400 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

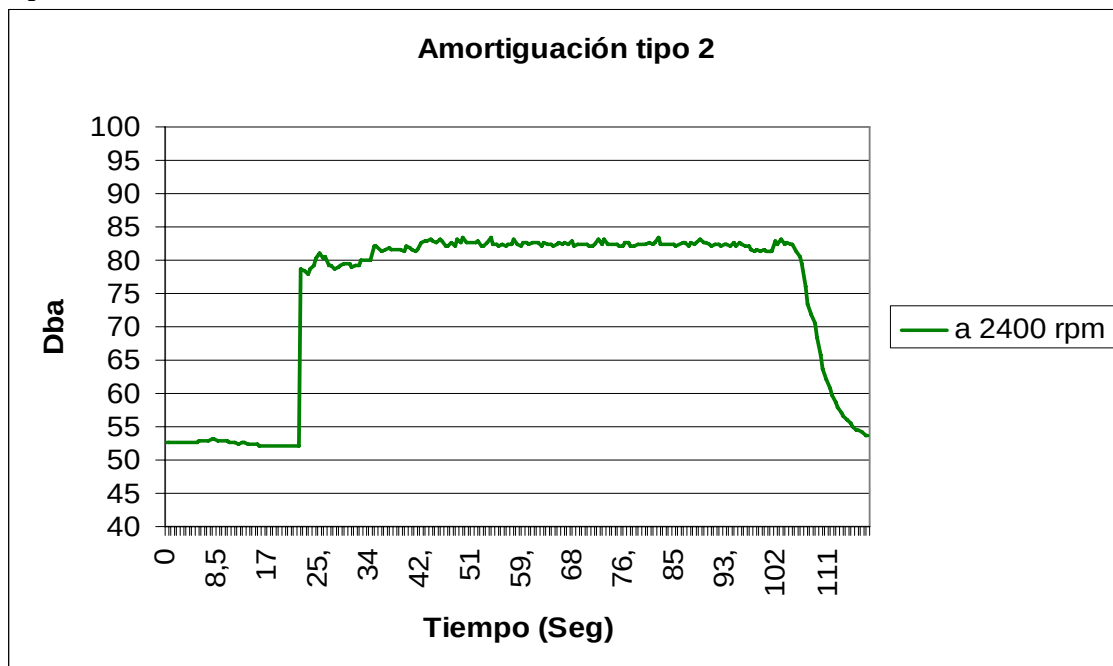


Gráfico 4.75 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, 2400 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: 3000 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

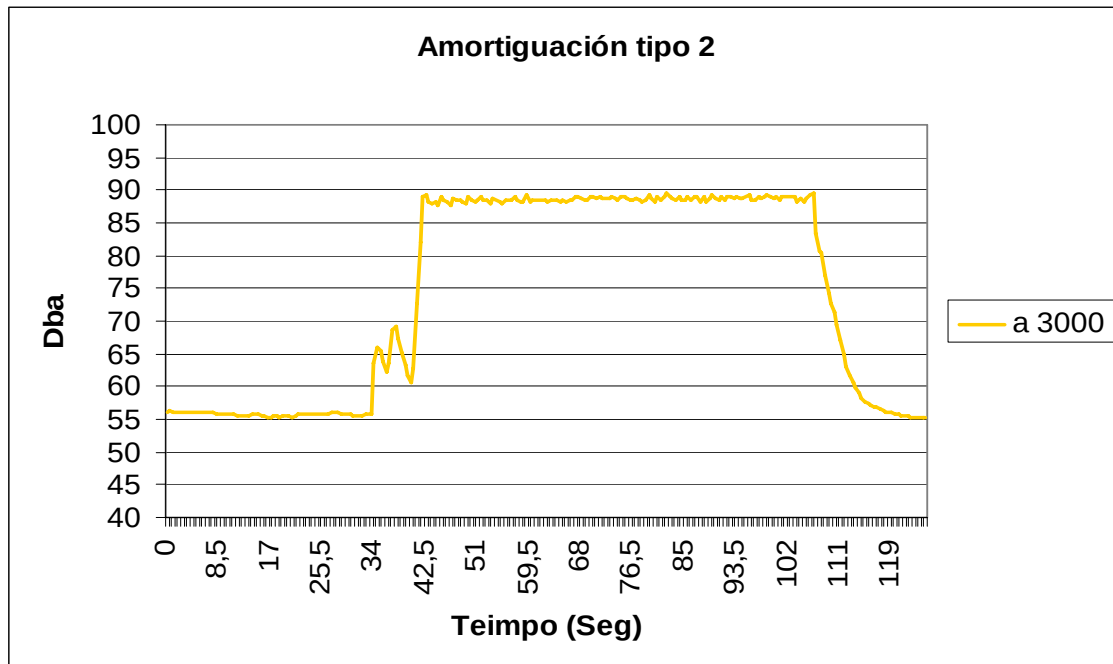


Gráfico 4.76 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, 3000 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

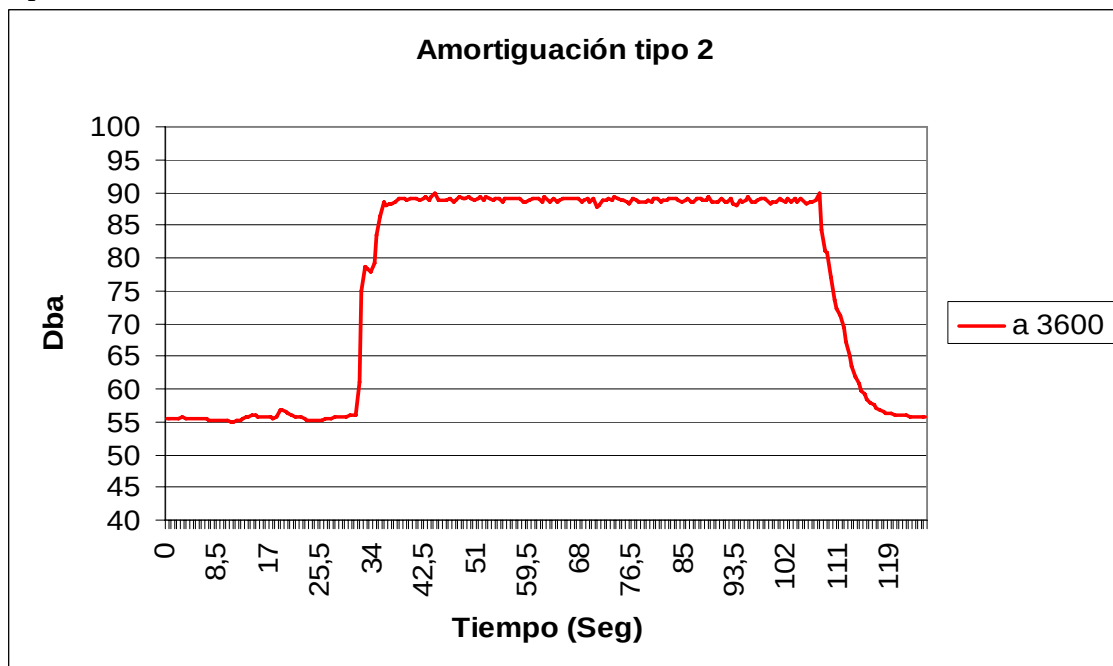


Gráfico 4.77 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, 3600 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 2

Velocidad del eje: Rango de 1800 a 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

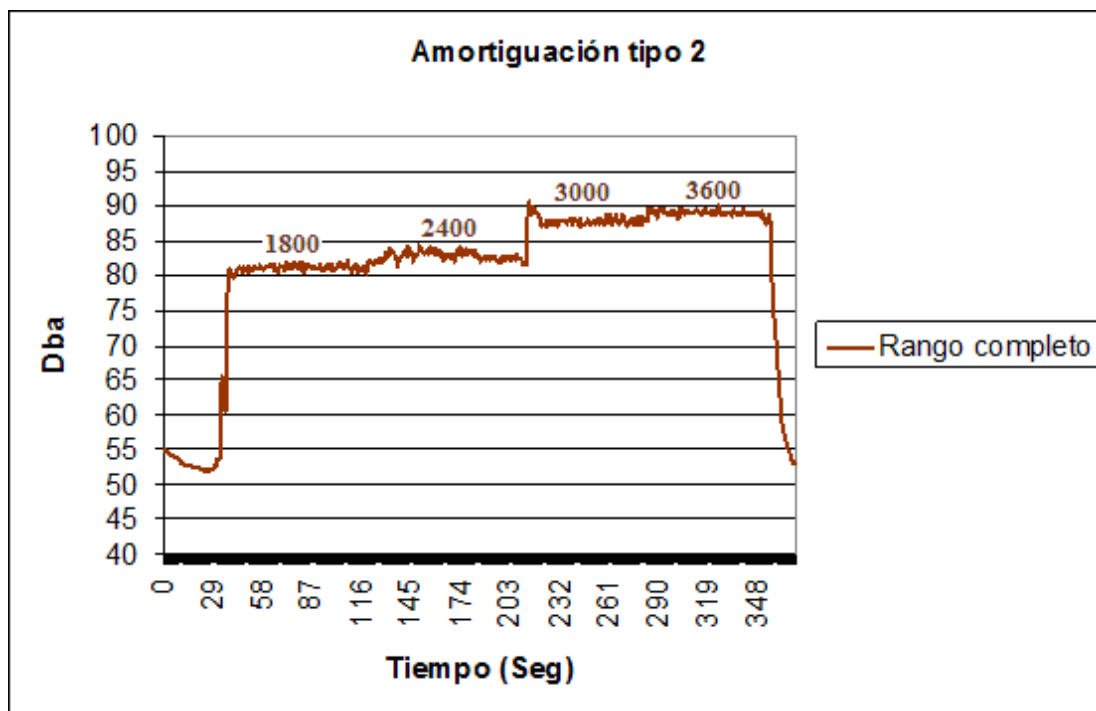


Gráfico 4.78 Emisión de sonido con amortiguación tipo 2, de 1800 a 3600 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

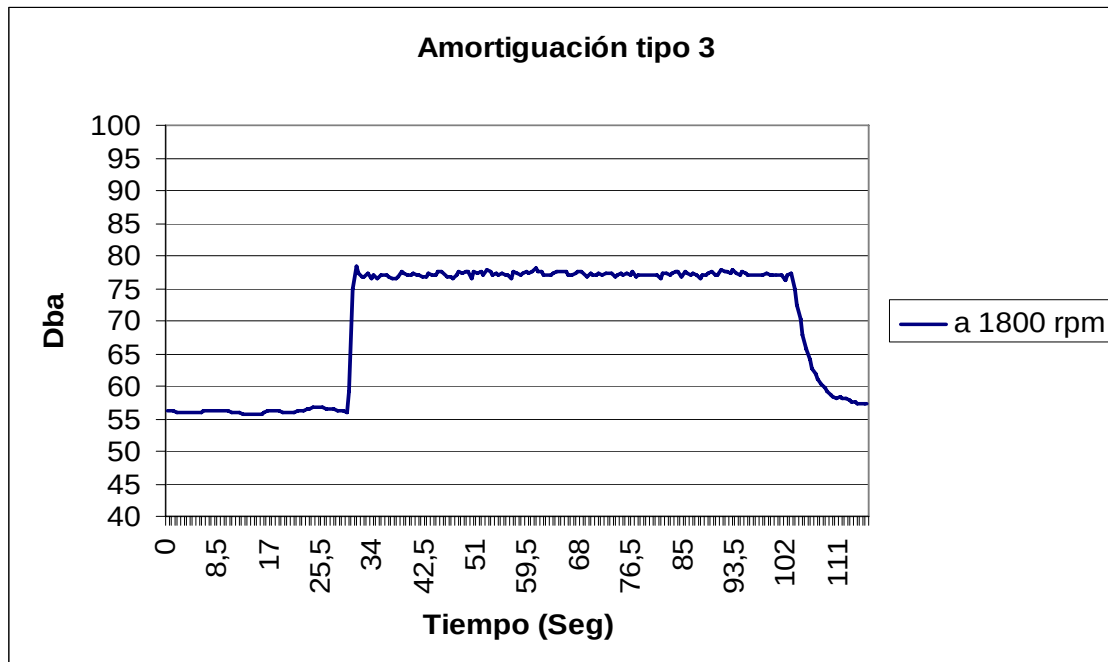


Gráfico 4.79 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, 1800 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: 2400 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

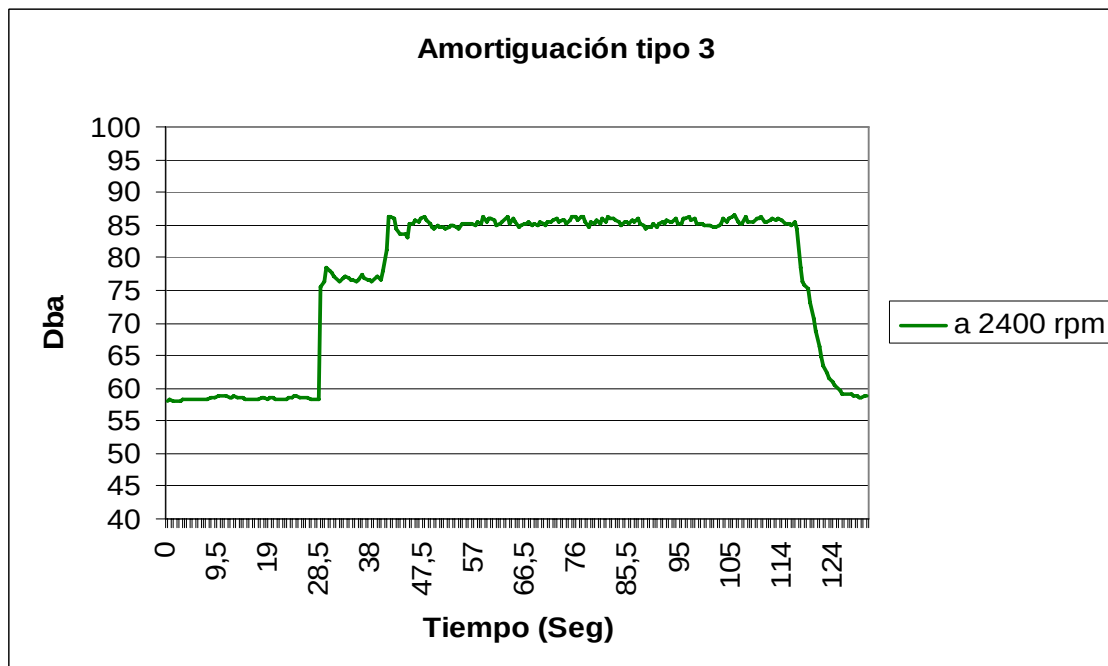


Gráfico 4.80 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, 2400 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: 3000 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

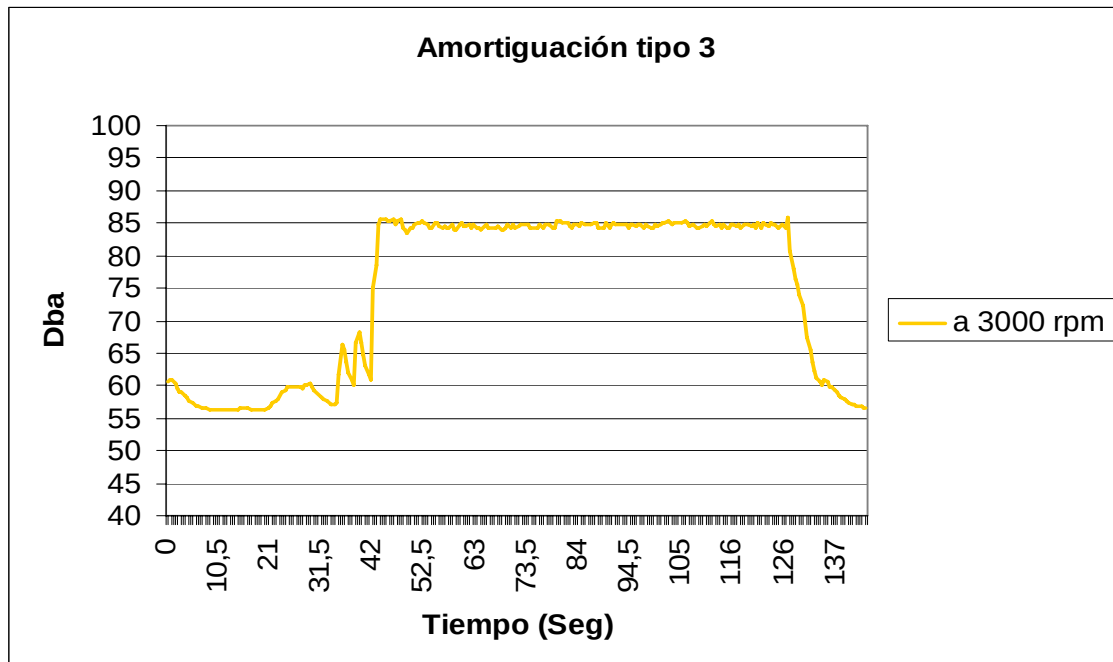


Gráfico 4.81 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, 3000 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

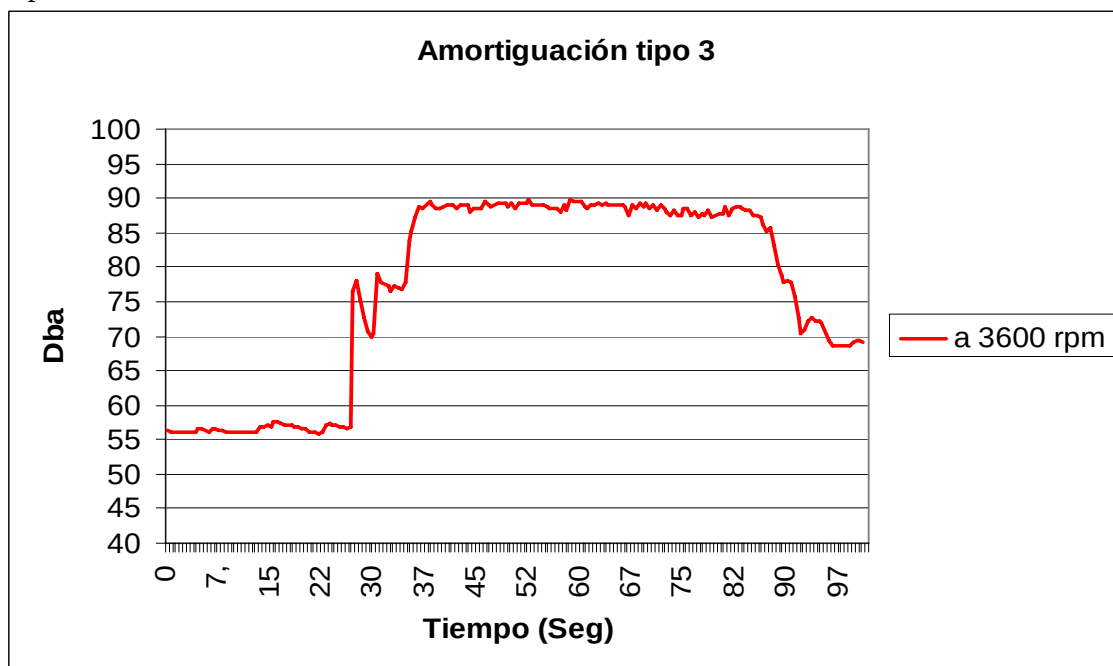


Gráfico 4.82 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, 3600 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 3

Velocidad del eje: Rango de 1800 a 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

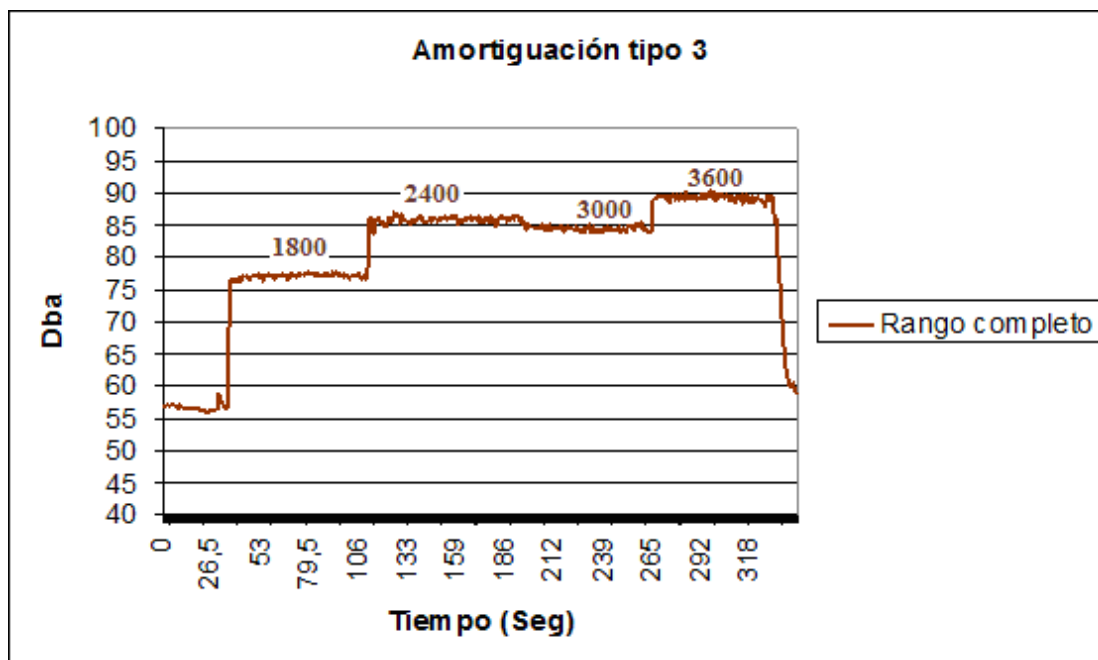


Gráfico 4.83 Emisión de sonido con amortiguación tipo 3, de 1800 a 3600 rpm, 95 oct.

Tipo de combustible: 95 oct



Tipo de combustible: 95 oct



Amortiguación: tipo 4

Velocidad del eje: 3000 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

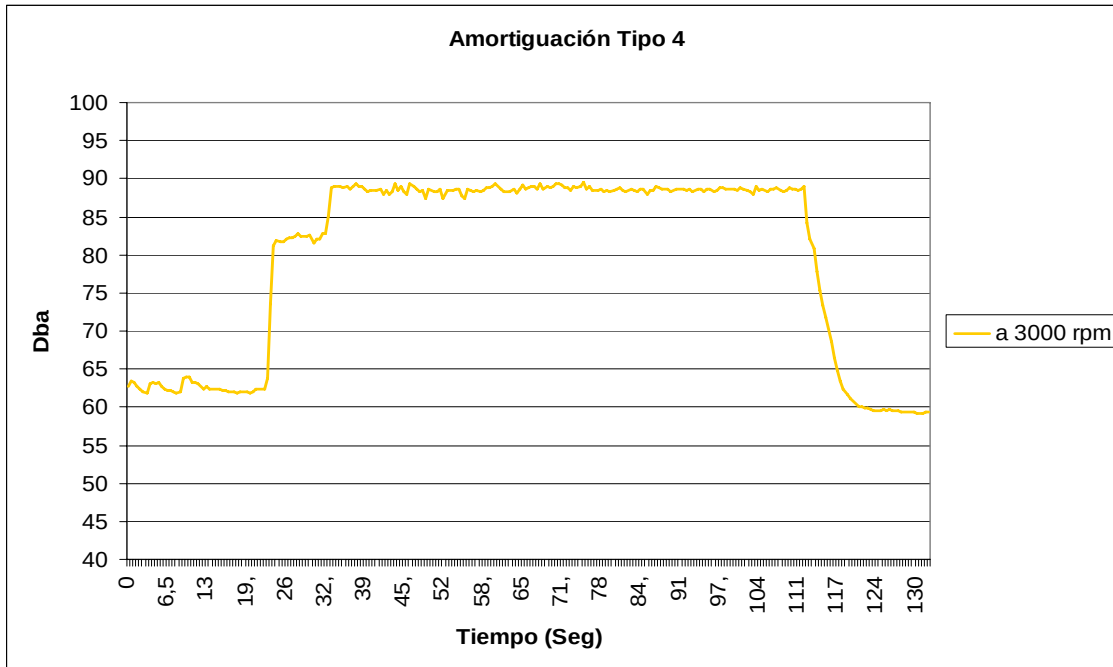


Gráfico 4.86 Emisión de sonido con amortiguación tipo 4, 3000 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 4

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

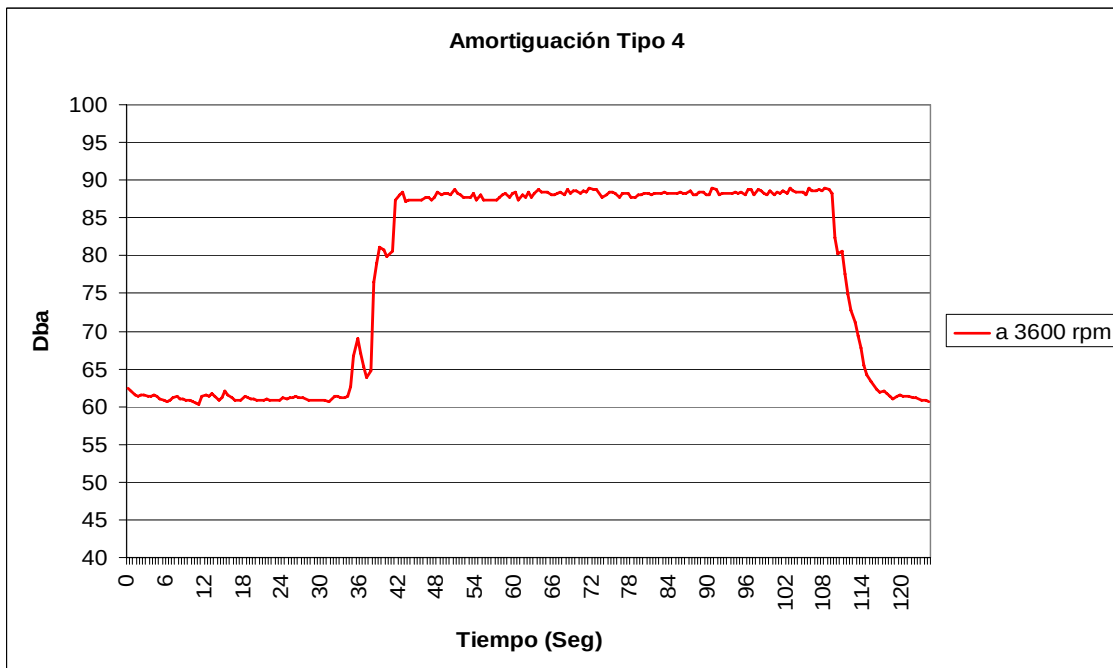


Gráfico 4.87 Emisión de sonido con amortiguación tipo 4, 3600 rpm, 95 oct.

Amortiguación: tipo 4

Velocidad del eje: Rango de 1800 a 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct

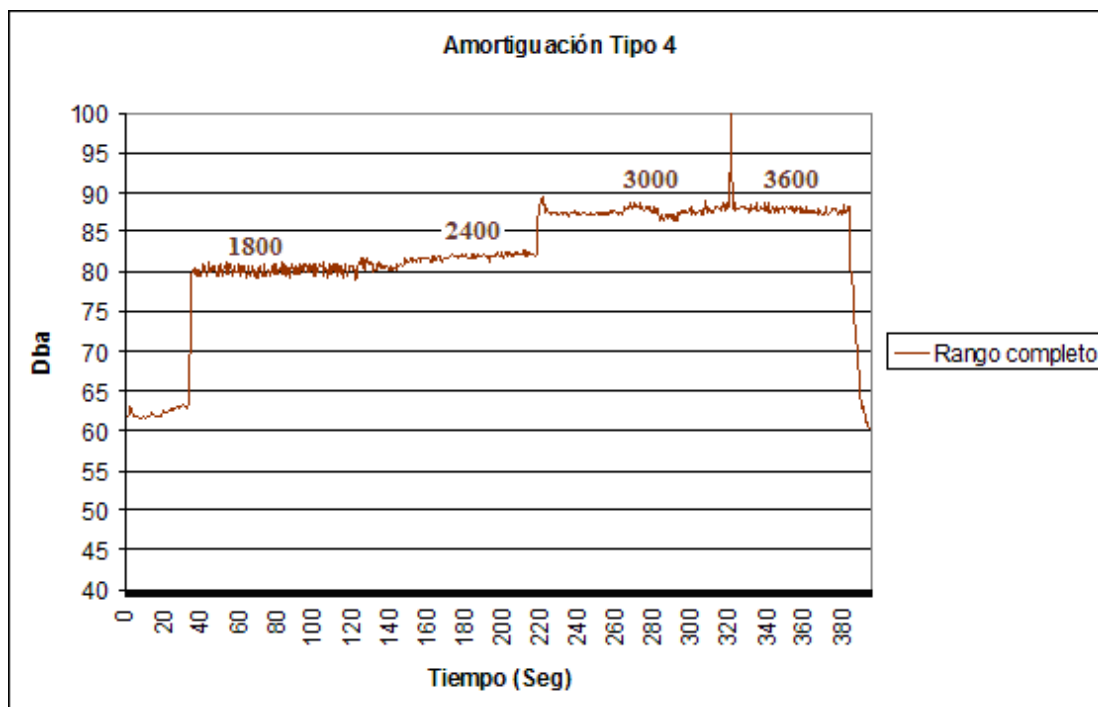


Gráfico 4.88 Emisión de sonido con amortiguación tipo 4, de 1800 a 3600

A continuación se compara el desempeño de los transductores elaborados con respecto a los datos obtenidos con el acelerómetro utilizado.

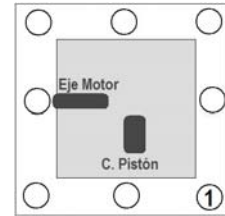
En la gráfica 4.89 se observan los voltajes obtenidos para el punto 1 empleando el acelerómetro y los transductores construidos.

Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Transductor número 3:

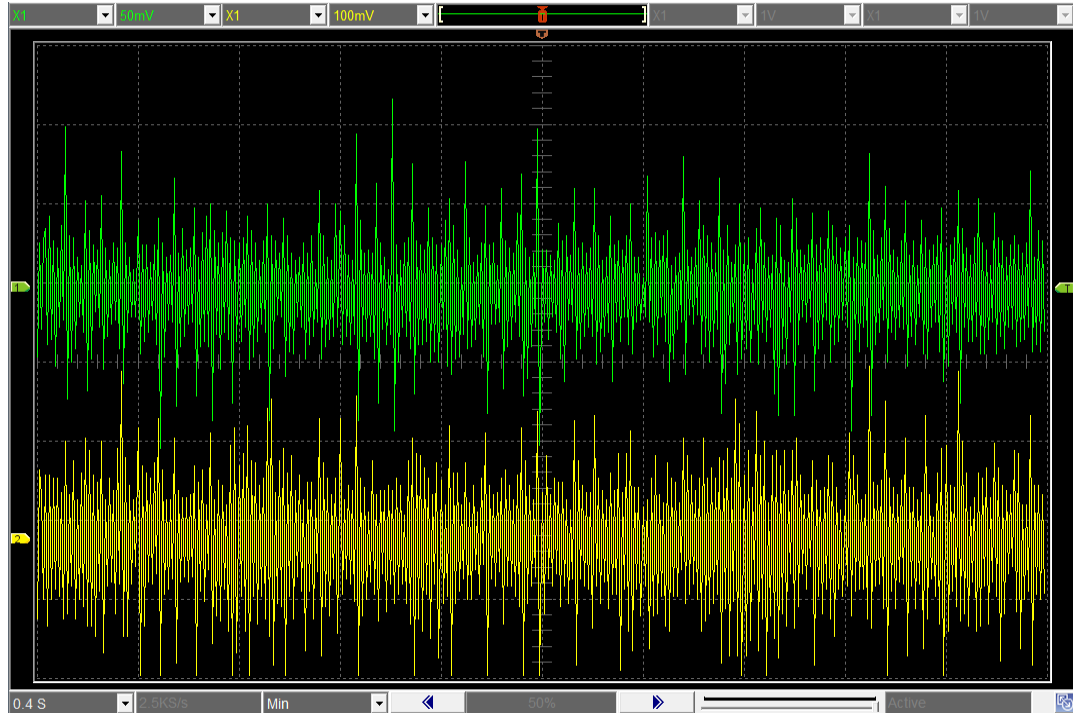


Gráfico 4.89 Amplitud de aceleraciones Punto 1, Vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Como podemos ver en la gráfica la línea verde son los voltajes obtenidos por el acelerómetro, la línea amarilla son los voltajes obtenidos por el transductor de construcción personal. Observamos que hay una cierta coincidencia en la forma de la gráfica lo cual nos indica que el desempeño cualitativo de ambos instrumentos se mantiene.

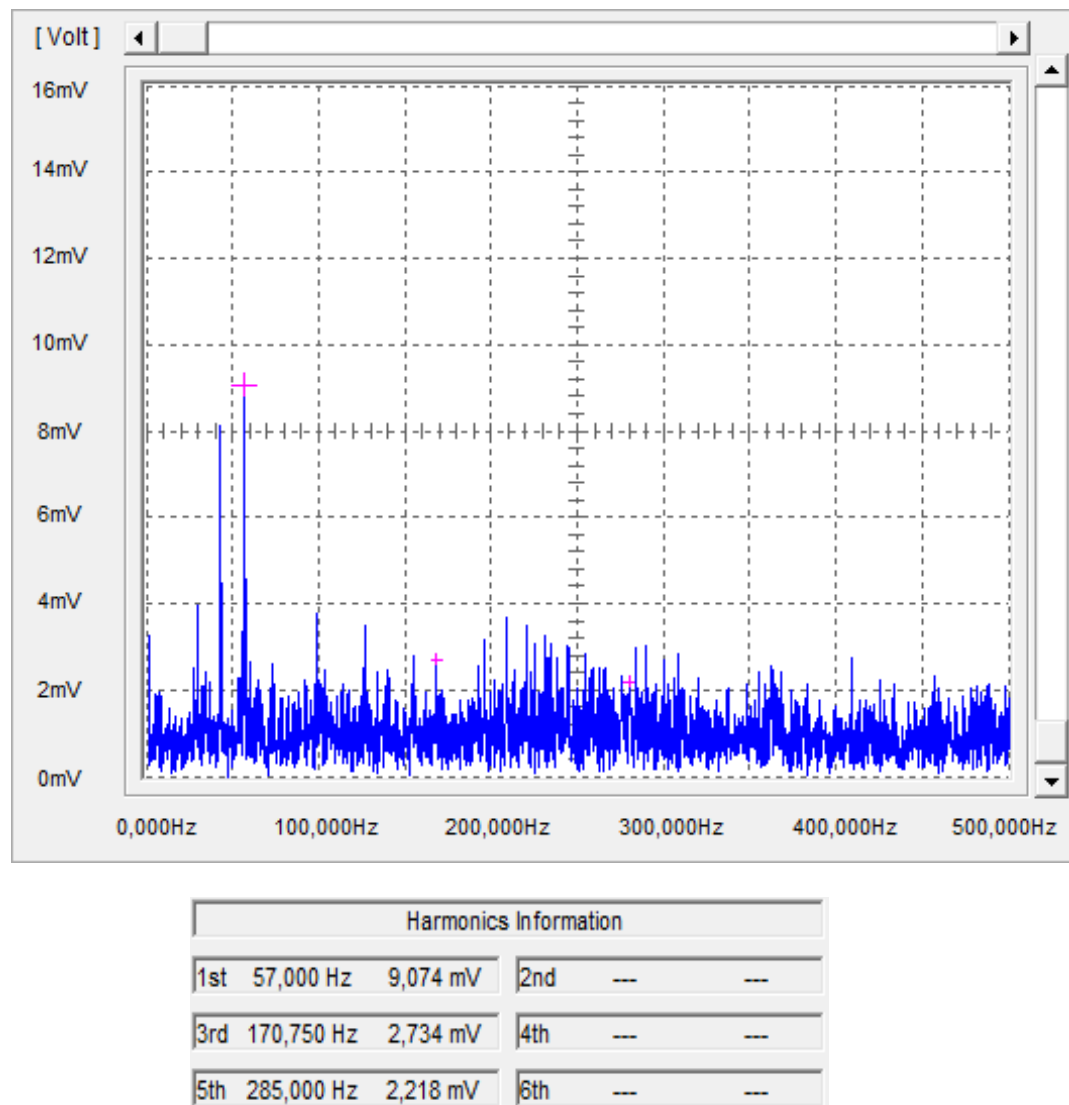


Gráfico 4.90 Transformada Rápida de Fourier Punto 1, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Como observamos en la gráfica de la FFT del acelerómetro construido (gráfica 4.90) hay un pico predominante a 57 hz, que coincide exactamente a la misma frecuencia pero diferente amplitud con las medidas tomadas con el acelerómetro calibrado a las mismas condiciones de funcionamiento del motor. Ver gráfica 4.15 y 4.16.

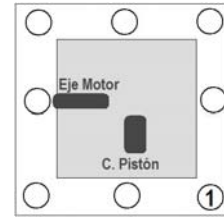
Para otro de los acelerómetros contruïdos se le hizo una prueba similar en comparaci3n con el aceler3metro calibrado obteni3ndose los siguientes resultados:

Referencia de medici3n: Punto 1.

Direcci3n: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Transductor n3mero 4:

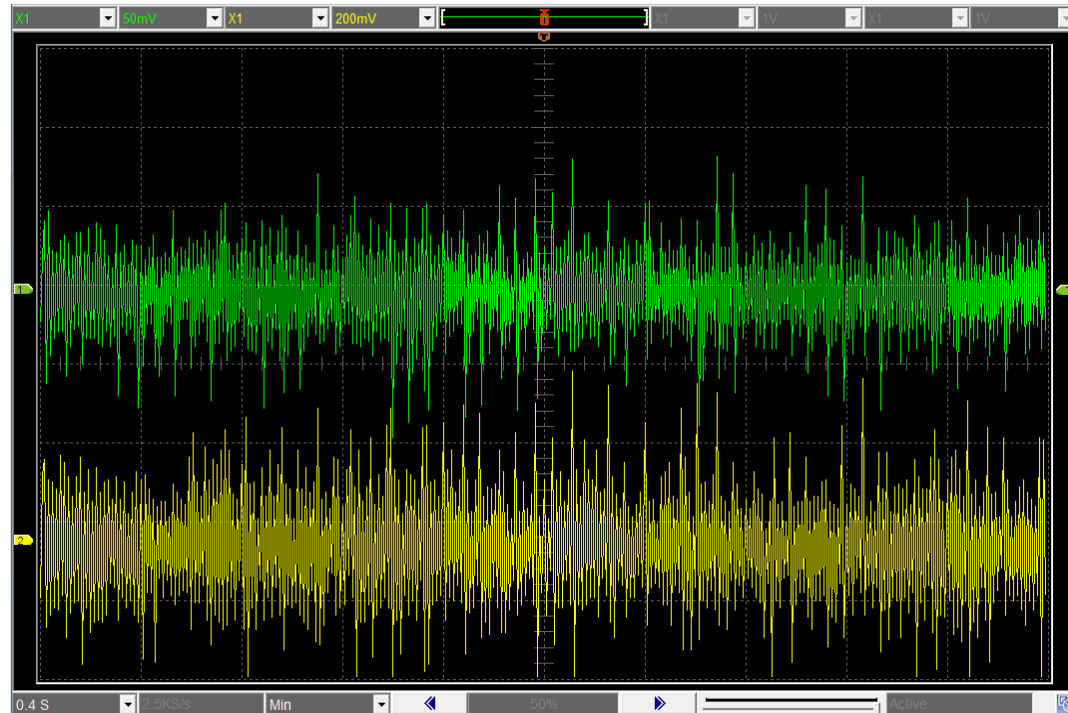


Gráfico 4.91 Amplitud de aceleraciones Punto 1, Vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Como podemos observar en la gr3fica 4.91 nuevamente hay una cierta coincidencia en la forma y en los picos, entre los resultados obtenidos por el aceler3metro calibrado y el aceler3metro de construcci3n personal.

Esta gr3fica de amplitud de aceleraciones demuestra que los resultados obtenidos por el aceler3metro de construcci3n personal incluso tienen un valor de voltaje mayor que el aceler3metro calibrado, lo cual quiere decir que el aceler3metro tiene una mayor sensibilidad. Esto se observa al ver la parte superior de la ventana del gr3fico y revisar el tipo de escala utilizada al realizar la medida en la cual para el calibrado es de 50 mv y el personal es de 200 mv.

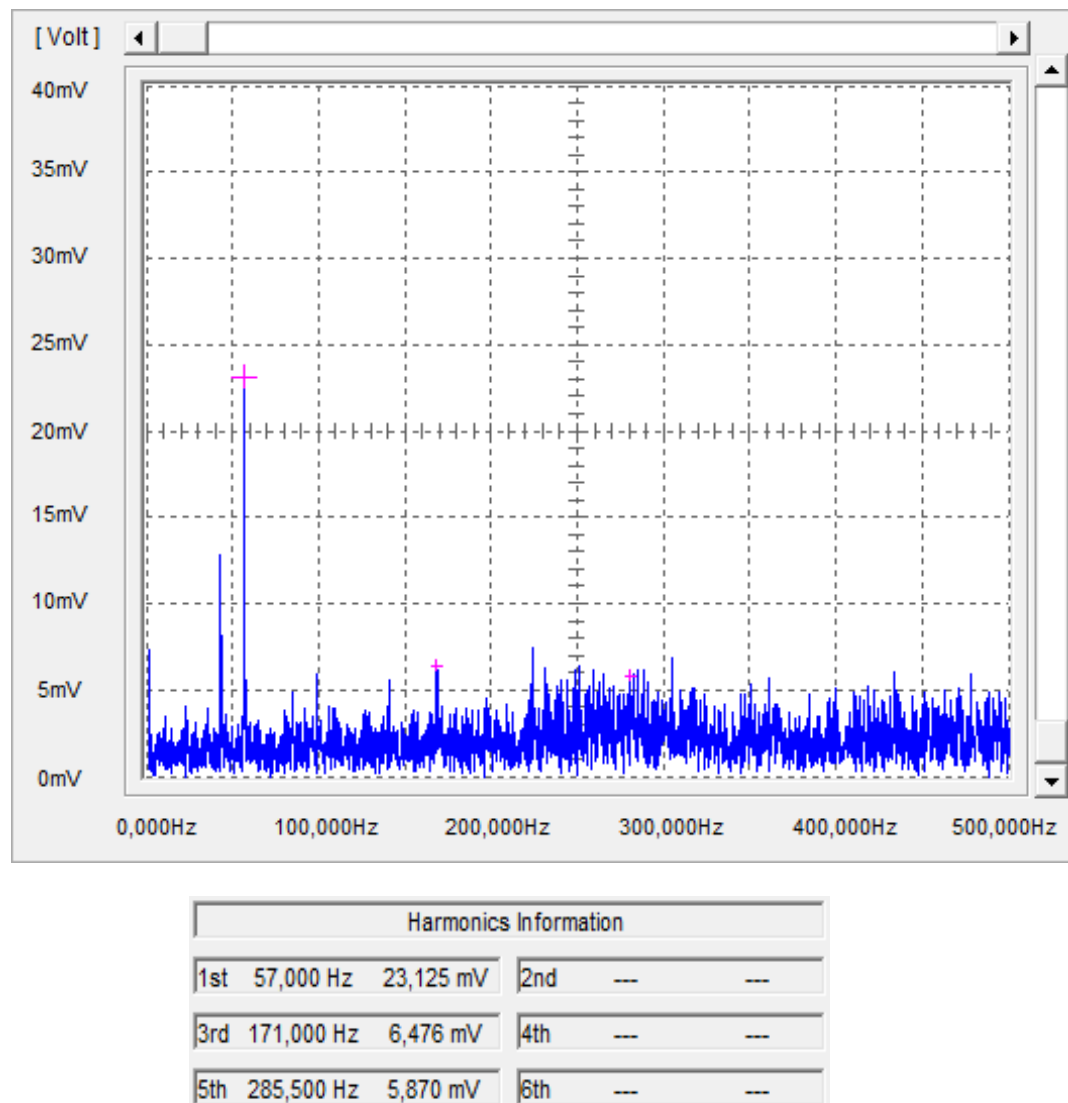


Gráfico 4.92 Amplitud de aceleraciones Punto 1, Vertical, 1800 rpm, 91 oct.

La Gráfica 4.92 demuestra que hay un pico de frecuencia fundamental en 57 hz que coincide con las frecuencias obtenidas en este mismo punto por el acelerómetro pero con distinta amplitud. Ver gráfica 4.15 y 4.16.

El problema fundamental de los transductores construidos reside en: la base magnética no es lo suficientemente fuerte para soportar grandes aceleraciones, el ruido en ciertos casos afecta la medida, los campos magnéticos alteran los resultados y adicionalmente también se ven influenciados por altas temperaturas.

Análisis de resultados

A continuación se presenta el análisis de los datos obtenidos relativos a la caracterización de un motor monocilíndrico de 8 hp, en cuanto al nivel de vibraciones y de emisión de sonido.

Con relación al nivel de vibración el análisis se presenta por cada punto considerado en el protocolo, comenzando con el punto 1 hasta el punto 8, en la dirección horizontal y la dirección vertical para cada tipo de combustible.

Con respecto al nivel de emisión de sonido el análisis se presenta en función de la velocidad del eje considerada en las pruebas y para cada tipo de combustible.

Análisis de resultados para el nivel de vibraciones

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Horizontal.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -80 mv y 80 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -200 mv y 200mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 275 Hz, 232 Hz y 244 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 20,070 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 1, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 2.

Dirección: Horizontal.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -80 mv y 80 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -200 mv y 200mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 463 Hz, 325 Hz y 244 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 18,86 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 2, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Horizontal.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -80 mv y 80 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -150 mv y 150 mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 388 Hz, 326 Hz y 183 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 17,43 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 3, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Horizontal.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -80 mv y 80 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 61,5 Hz, 92,5 Hz y 61,25 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 43,99 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 4, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Horizontal.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -80 mv y 80 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -200 mv y 200mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 338 Hz, 370 Hz y 122,25 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 14,82 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 5, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Horizontal.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -80 mv y 80 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -200 mv y 200mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -150 mv y 150 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 189,75 Hz, 186,5 Hz y 183,5 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 9,335 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 6, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Horizontal.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -80 mv y 80 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -300 mv y 300mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 201,75 Hz, 61,5 Hz y 245,5 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 11,027 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 7, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Horizontal.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -80 mv y 80 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -200 mv y 200mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 92,25 Hz, 46,5 Hz y 61,25 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 37,18 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 8, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 1.

Dirección: Vertical.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -150 mv y 150 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -300 mv y 300 mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 57,5 Hz, 46 Hz y 61 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 71,780 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 1, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 2.

Dirección: Vertical.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -150 mv y 150 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -300 mv y 300mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 57,25 Hz, 46 Hz y 61,25 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 60,95 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 2, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Vertical.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -100 mv y 100 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -300 mv y 300mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 57 Hz, 46 Hz y 61,5 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 49,914 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 3, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Vertical.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -100 mv y 100 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -300 mv y 300mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 57 Hz, 46 Hz y 61,25 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 73,43 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 4, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Vertical.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -150 mv y 150 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -200 mv y 200mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 57,25 Hz, 231,5 Hz y 61,25 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 115,63 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 5, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Vertical.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -150 mv y 150 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -200 mv y 200mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 61,25 Hz, 46,25 Hz y 61,25 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 127,227 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 6, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Vertical.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -150 mv y 150 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -200 mv y 200mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 60,75 Hz, 46,25 Hz y 61,25 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 125,227 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 7, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados

Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Vertical.

Tipo de combustible: 91 oct.

Una vez analizados la representación gráfica de los datos obtenidos, se puede observar que el rango de voltaje se mantiene según la velocidad de trabajo considerada.

A 1800 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -150 mv y 150 mv respectivamente.

A 2700 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400mv respectivamente.

A 3600 rpm en la gráfica de voltaje obtenida los límites superior e inferior son de -400 mv y 400 mv respectivamente.

La revisión de la FFT correspondiente a los resultados de voltaje, arroja que la frecuencia fundamental presente para las velocidades de 1800 rpm, 2700 rpm y 3600 rpm son de: 57,25 Hz, 46,25 Hz y 61,25 Hz respectivamente.

Los valores máximos de voltaje obtenidos en la FFT son de 111,808 mv para el caso de 3600 rpm.

Se puede observar que el aumento de velocidad del motor en el punto 8, incide en un aumento del voltaje obtenido el cual esta directamente relacionado con el nivel de vibración generado.

Análisis de resultados para el nivel de sonidoPara la amortiguación tipo 1 y 91 octanos:

El nivel de sonido más bajo se obtiene a: 79 dba en la gráfica 4.49 a 1800 rpm.

El nivel de sonido más elevado se obtiene a: 92 dba en la gráfica 4.52 a 3600 rpm.

En la gráfica del rango completo de velocidades se observa cierta similitud entre 2400 rpm y 3000 rpm.

Para la amortiguación tipo 2 y 91 octanos:

El nivel de sonido más bajo se obtiene a: 79 dba en la gráfica 4.54

El nivel de sonido más elevado se obtiene a: 90 dba en la gráfica 4.56 y 4.57

En la gráfica del rango completo de velocidades se observa cierta similitud entre 3000 rpm y 3600 rpm.

Para la amortiguación tipo 3 y 91 octanos:

El nivel de sonido más bajo se obtiene a: 76 dba en la gráfica 4.59

El nivel de sonido más elevado se obtiene a: 89 dba en la gráfica 4.61

En la gráfica del rango completo de velocidades se observa cierta similitud entre 3000 rpm y 3600 rpm. Incluso siendo mayor el nivel a 3000 rpm.

Para la amortiguación tipo 4 y 91 octanos:

El nivel de sonido más bajo se obtiene a: 79 dba en la gráfica 4.64

El nivel de sonido más elevado se obtiene a: 90 dba en la gráfica 4.66 y 4.67

En la gráfica del rango completo de velocidades se observa cierta similitud entre 3000 rpm y 3600 rpm.

Para la amortiguación tipo 1 y 95 octanos:

El nivel de sonido más bajo se obtiene a: 77 dba en la gráfica 4.69

El nivel de sonido más elevado se obtiene a: 91 dba en la gráfica 4.72

En la gráfica del rango completo de velocidades se observa que los niveles a las distintas rpm del motor varían.

Para la amortiguación tipo 2 y 95 octanos:

El nivel de sonido más bajo se obtiene a: 81 dba en la gráfica 4.74

El nivel de sonido más elevado se obtiene a: 89 dba en la gráfica 4.77

En la gráfica del rango completo de velocidades se observa cierta similitud entre 1800 rpm y 2400 rpm, al igual que entre 3000 rpm y 3600 rpm.

Para la amortiguación tipo 3 y 95 octanos:

El nivel de sonido más bajo se obtiene a: 77 dba en la gráfica 4.79

El nivel de sonido más elevado se obtiene a: 89 dba en la gráfica 4.82

En la gráfica del rango completo de velocidades se observa la diferencia de los distintos rangos de velocidades.

Para la amortiguación tipo 4 y 95 octanos:

El nivel de sonido más bajo se obtiene a: 80 dba en la gráfica 4.84

El nivel de sonido más elevado se obtiene a: 89 dba en la gráfica 4.86

En la gráfica del rango completo de velocidades se observa cierta similitud entre 3000 rpm y 3600 rpm. Un valor dominante separa los dos rangos de velocidades del motor.

En resumen, los resultados anteriores se pueden mostrar en las tablas siguientes:

Niveles de emisión de sonido para combustible de 91 octanos:

Emisión de S.	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Nivel mas bajo	79	79	76	79
Nivel mas alto	92	90	89	90

Medidas en dba.

Niveles de emisión de sonido para combustible de 95 octanos:

Emisión de S.	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Nivel mas bajo	77	81	77	80
Nivel mas alto	91	89	89	89

Medidas en dba.

Conclusiones para el nivel de vibraciones

- Al analizar la representación gráfica de los datos obtenidos se observó que existe una influencia en el nivel de vibración generada según la velocidad de funcionamiento del motor.
- La tendencia del nivel de vibraciones es a aumentar en función con la velocidad, tanto en dirección horizontal, como en dirección vertical. Este efecto parece ser más acentuado en la dirección vertical.
- En todos los puntos se puede observar que los valores de las aceleraciones en dirección vertical resulta mayor que las aceleraciones en dirección horizontal, tanto para el combustible de 91 octanos, como para el de 95 octanos y para todas las velocidades de prueba.
- En las gráficas de la FFT para las aceleraciones en dirección vertical, siempre se observan valores máximos bien definidos para los 8 puntos. En cambio en las gráficas de la FFT para las aceleraciones horizontales en muy pocos casos hay valores tan predominantes
- Al aumentar las revoluciones del motor a 3600 rpm, la tendencia en la FFT para los 8 puntos es de una frecuencia de 60 hz. Por lo que observamos que a medida que se aumentan las revoluciones del motor, la frecuencia del eje principal suele coincidir con la frecuencia del nivel de vibración observado.
- Para las aceleraciones verticales en el rango de funcionamiento de 2700 rpm, siempre se observan para los 8 puntos, en las gráficas de la FFT, mayor cantidad de máximos relativos alrededor del máximo dominante de la gráfica en comparación con los puntos de trabajo de 1800 rpm y 3600 rpm.

- Los valores máximos de voltaje obtenidos corresponden a la velocidad de 3600 rpm en la posición vertical para el punto 6, por lo tanto se puede concluir que este punto es altamente sensible y significativo en sistema soporte – motor.
- El nivel de vibraciones no varía al utilizar combustible de 91 octanos en comparación con el uso de 95 octanos, para las mismas condiciones de funcionamiento.
- Las aceleraciones observadas en las gráficas varían en todos los casos, para cada punto de muestra, por lo cual podemos concluir que al variar el punto donde se toma la muestra del nivel de vibración se observan cambios en las aceleraciones registradas.

Conclusiones de los transductores contruidos

- La FFT de los transductores nos muestra una frecuencia predominante similar a la FFT del acelerómetro.
- Los transductores tiene más sensibilidad que el acelerómetro.
- La base magnética no es lo suficientemente fuerte para soportar grandes aceleraciones.
- El ruido, temperatura y campos magnéticos afecta la medida.

Conclusiones para el nivel de emisión de sonido

- La configuración de colocación o instalación del motor afecta en todos los casos los valores de emisión de sonido para las distintas condiciones de funcionamiento y los diversos tipos de combustibles utilizados.
- Para todas las condiciones de funcionamiento se observa que al aumentar las revoluciones del motor, los valores de emisión de sonido tienden a aumentar, sin tomar en cuenta los puntos donde hay una posible resonancia.
- Se puede observar que las condiciones de amortiguación tipo 3 tienden a disminuir el nivel general de emisión de sonido, en comparación con la amortiguación tipo 4 en la cual se alcanzan los valores más elevados.
- El nivel máximo de ruido producido por el motor se obtiene con la amortiguación tipo 1 y 91 octanos de aproximadamente 95 dba y el mínimo nivel se encuentra en los 78 dba para la amortiguación tipo 3 con 95 octanos.
- Los valores mas bajos del nivel de ruido se obtienen a 1800 rpm para todos los casos y tipos de combustible.
- En varios puntos de funcionamiento se observan que los niveles de sonido son similares, posiblemente debido a efectos de la resonancia, a pesar de estar funcionando a distintas velocidades.
- Los valores del nivel de sonido al utilizar combustible de 91 octanos, no son afectados significativamente al evaluar su desempeño con el combustible de 95 octanos.

- Se pudo identificar un comportamiento inestable aproximadamente a 2750 rpm para la amortiguación tipo 3, esto puede estar asociado con el fenómeno de resonancia, lo cual hace que en el nivel de sonido a 3000 rpm la curva obtenida no se acerque a un valor constante.

- Conseguir y utilizar equipos un poco más actualizados o de última generación, para la obtención de datos de vibraciones, como acelerómetros, osciloscopios, tacómetros. Y para la medición de ruido un equipo Tipo 1, que tiene una precisión más exacta.
- Emplear varios instrumentos de adquisición para la toma de datos simultáneos en los diferentes puntos sobre la base del motor.
- Es adecuado afinar los valores de velocidad de estudio, de manera tal de establecer una curva de tendencia más precisa tanto para el nivel de vibración como para el de emisión de sonido.
- Analizar la relación entre la potencia generada y los niveles de vibración y emisión de sonido.
- Emplear otros diversos tipos de amortiguación y analizar su impacto con el nivel de vibración y emisión de sonido.
- Realizar las pruebas en espacios un poco mas controlados, como una camara anecoica.
- Elaborar un sistema mas optimizado para la medición del nivel de combustible disponible en el motor, para así tener un mejor control sobre las condiciones de funcionamiento.
- Hacer el ensayo con otro tipo de motores o simulando algún tipo de fallas para ver si varían los resultados.

- Arias, F. (2004). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica*. 4ta ed. Caracas. Episteme.
- Behar, A. (1966). *El ruido y su control* 3ª edición. Editorial. Argo argentina.
- Briggs & Stratton Corporation, Major Engine Failure Análisis. (1996). USA:Autor.
- Briggs & Stratton Corporation, Internacional 2004 Technical Update Sminar. (2004).
- Creus, A. (1997) *Instrumentación Industrial* Marcombo S.A. de Boixareu Editores 6 ed, Barcelona, ESPAÑA.
- Dante, G. (1978) *Motores Endotérmicos*. 3ª edición. Madrid, España. Editorial Dossat, S.A.
- Dimarogonas, A. (1993). *Vibration for Engineers*. 2da ed. USA. Prentice-Hall.
- Gaviria, A., Velásquez, A. (2007) *Análisis de vibraciones de transformadores de potencia de una central hidroeléctrica*. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Gómez, D. (2006). *El Sonido en Simulación Vehicular* [Documento en línea]. Disponible en: <http://personales.ya.com/davidgomez/proysonido.htm>. [Consulta: 2008,abril, 11].
- Harris, C. (1995). *Manual de medidas acústicas y control de ruido*. Tercera edición España.
- Jian-Da., Chao-Qin (2005). *Fault diagnosis of internal combustion engines using visual dot patterns or acoustic and vibration signals*. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/> [Consulta: 2008,abril, 05].
- Lara, Serrano, Barranco, Pérez (2008) *Establecimiento de un protocolo de ensayos*. España.
- Gaceta oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela, Ley orgánica del ambiente (artículo 80, numeral 9)., N° 5.833 (extraordinario), Diciembre 22, 2006.
- Manual del ingeniero mecánico* (1995). Tomo 1 9ª edición, Pág. 9-90.
- Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. (Autor corporativo) Caracas 2006. Edición FEDUPEL.
- Mikaty, M., Padrón, M., Figuera, L. (2005). *Instructivo para la presentación de tesis de pregrado, postgrado, doctorado y trabajos de ascenso*. Caracas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Comisión de Bibliotecas.
- NORMA UNE-EN ISO 3740 “Determinación de los niveles de potencia acústica de las fuentes de ruido”.

NORMA COVENIN 2255-91 *Vibración ocupacional*. Caracas, Fondonorma.

NORMA ISO 3945 “*Medida y evaluación de la severidad de vibración en grandes máquinas rotativas, in situ; velocidades de operación entre 10 y 200 rev/s*”.

NORMA ISO 10816 “*Vibración mecánica- Evaluación de la vibración en una maquina mediante medidas en partes no rotativas*”.

NORMA COVENIN 1565 (1995) “*Ruido ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación*”. Caracas, Fodonorma.

NORMA COVENIN 1434 (1996) “*Automotriz, silenciadores y resonadores*”. Caracas, Fondonorma.

NORMA COVENIN 1432 (1982) “*Medidores del nivel de Sonido*”. Caracas, Fondonorma.

NORMA COVENIN 1433 (1981) “*Determinación del ruido emitido por vehículos de motor*”

NORMA ISO 1996, “*descripción y medida de ruido ambiental*”

NORMA EN ISO 3744: (1995) “*Acústica - Determinación de los niveles de potencia sonora de fuentes de ruido utilizando presión sonora. Método de ingeniería para condiciones de campo libre sobre un plano reflectante*”.

NORMA EN ISO 3746: (1995) “*Acústica - Determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido a partir de presión sonora. Método de control en una superficie de medida envolvente sobre un plano reflectante*”.

NORMA UNE EN ISO 11820: (1997) “*Acústica. Mediciones in situ de silenciadores*”.

Pistono, Martínez, J., Santolaria, J. (1993) “*Caracterización acústica de un motor Diesel monocilíndrico utilizando técnicas intensimétricas*”. I Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica.

Rigio R. y Palacios J. (2006). *Construcción y prueba de un silenciador para el prototipo formula SAE 2006*. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Página web. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.sciencedirect.com>. [Consulta: 2008, Mayo, 15].

Página web. [Documento en línea]. Disponible: www.sciencemusings.com [Consulta: 2008, Mayo, 05].

Sensores en el automóvil [Página Web en línea]
Disponible en: <http://www.mecanicavirtual.org/sensores3.htm>
[Consulta: 2008, Mayo, 1].

Página web. [Documento en línea].

Disponible: <http://www.Sae.Org/Students/Fsaerules.pdf>

[Consulta: 2008, Mayo, 25].

Steve, G. (1999) *Vibration Spectrum Analysis*. 2° Edición. Estados Unidos. Industrial Press inc.

Shigley, J. (2002). *Diseño en ingeniería mecánica*. 6° Edición. México. Mc Graw-Hill.

Stollberg, R., Hill, F. (1967) *Física fundamentos y fronteras*. Houghton Mifflin Company. Estados unidos

Thomson, W. (1982). *Teoría de vibraciones*. México. Prentice-Hall.

Página web. [Documento en línea] TodoMotores

Disponible: http://www.todomotores.cl/mecanica/silenciadores_escape.htm

[Consulta: 2007, Noviembre, 20].

Vila R., León J. (1985). *Vibraciones mecánicas*. México. Editorial Limusa.

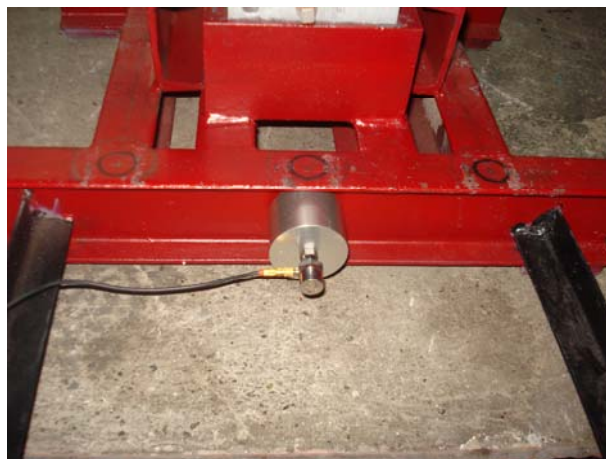
Volterra, E., Zachmanogolv, E. (1965). *Dinamics of Vibrations*. USA. Merrill.

Apéndice A

Medida de vibraciones

Combustible: 91 octanos.

Ubicación del Acelerómetro: Horizontal.



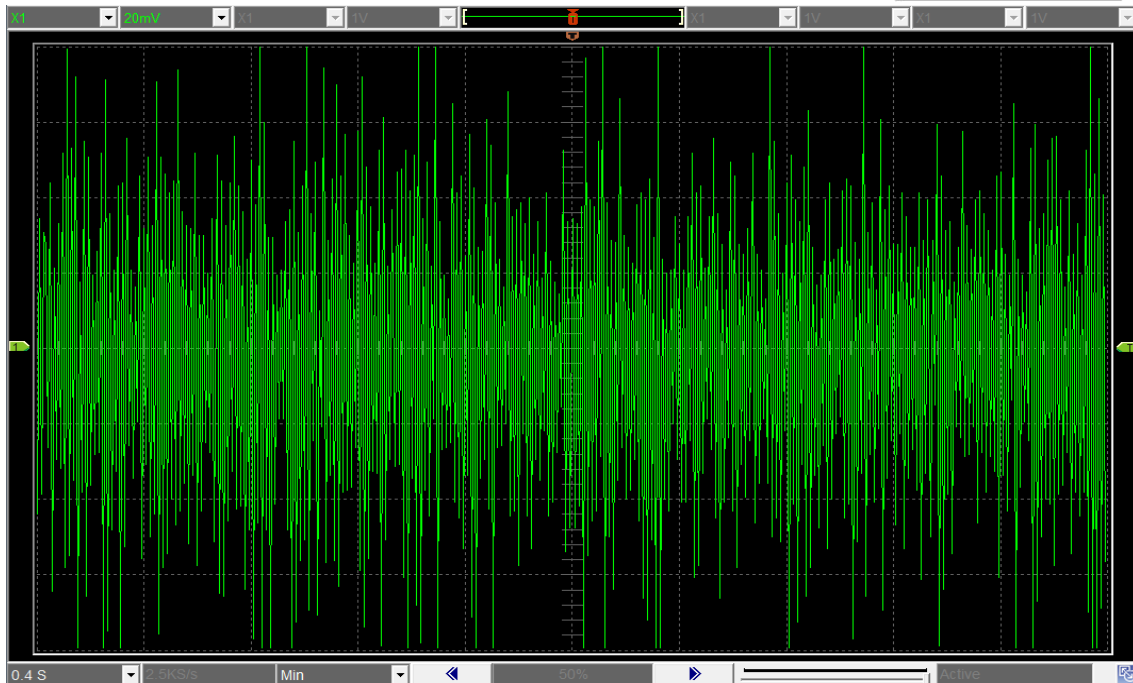
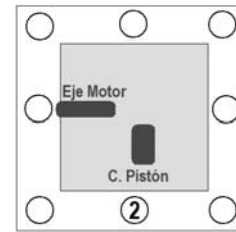
Referencia de medición: Punto 2.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

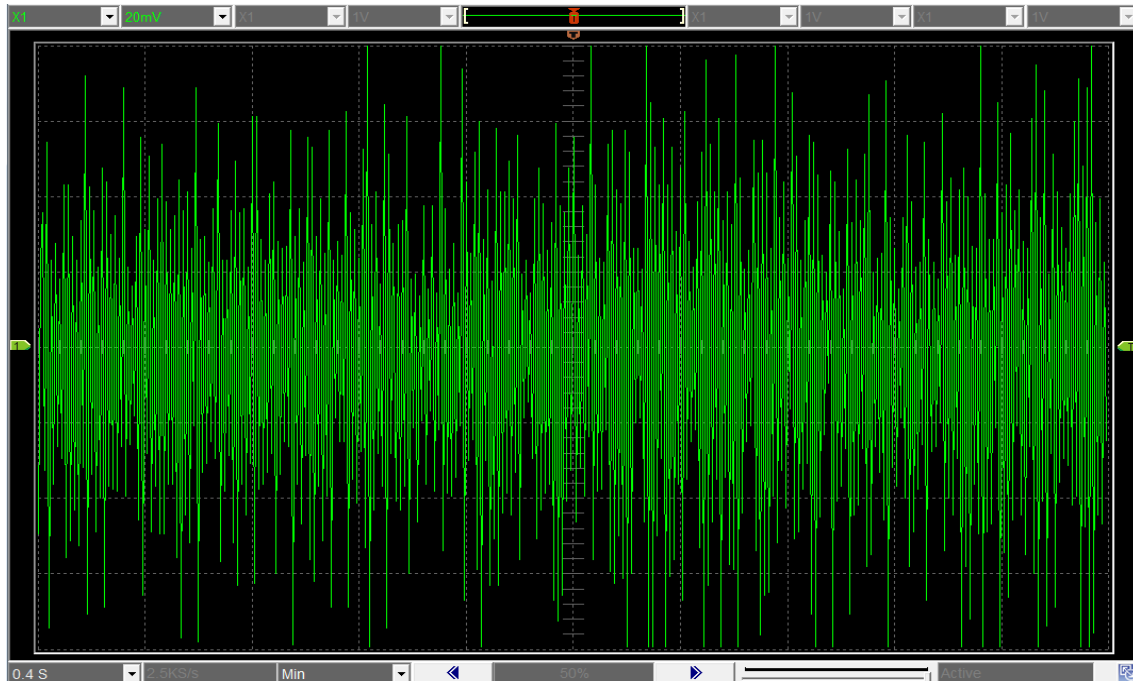
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A.1 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



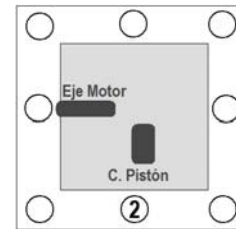
Gráfica A.2 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2.

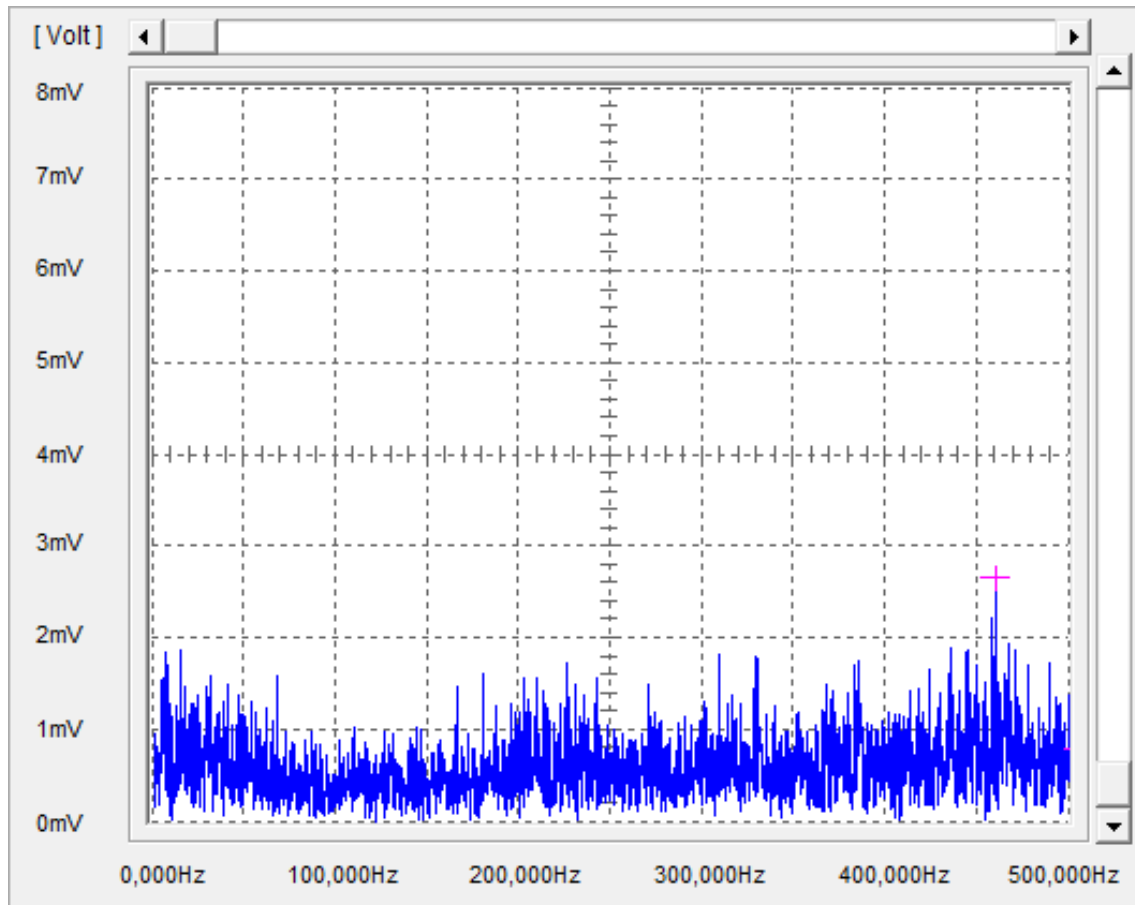
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	469,250 Hz	2,650 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	1,275 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	0,935 mV	6th	---	---

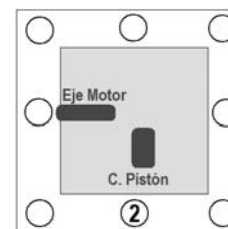
Gráfica A.3 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2

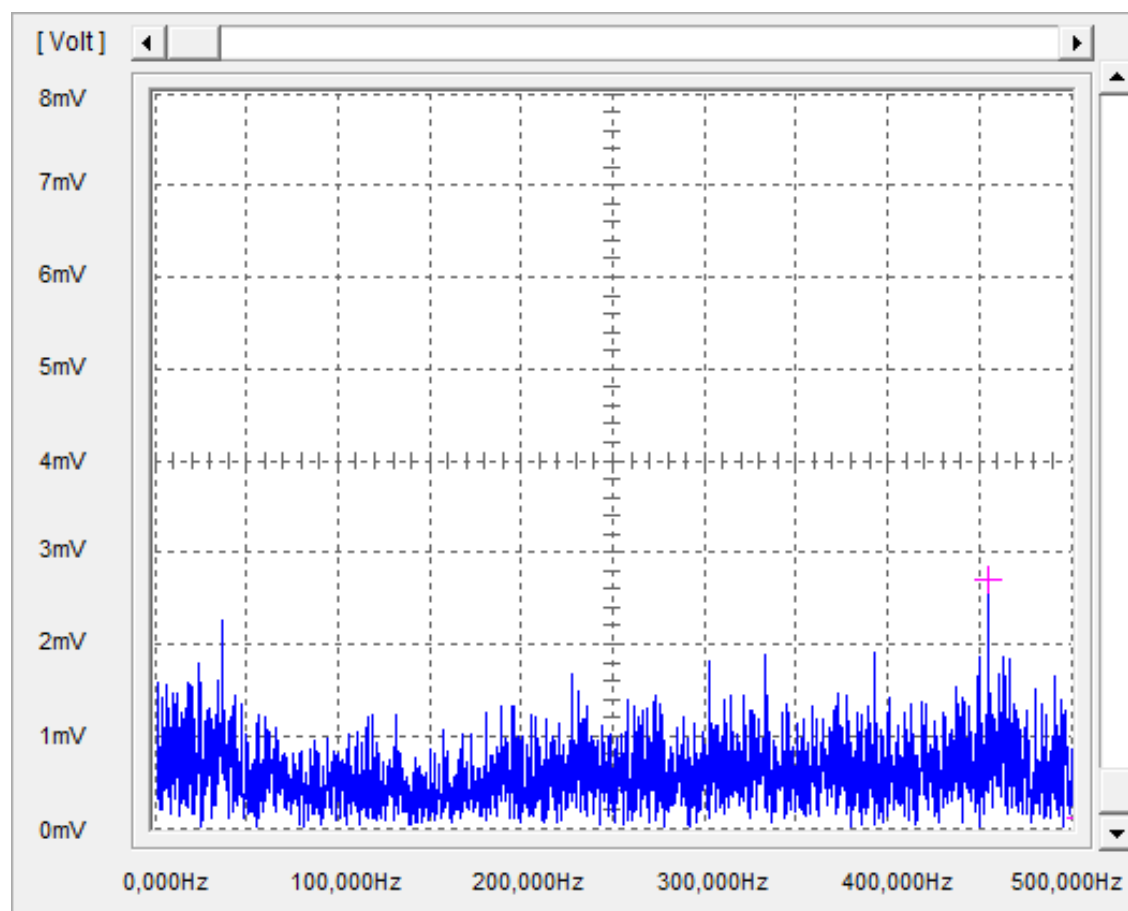
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	463,500 Hz	2,711 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	1,275 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	0,935 mV	6th	---	---

Gráfica A.4 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

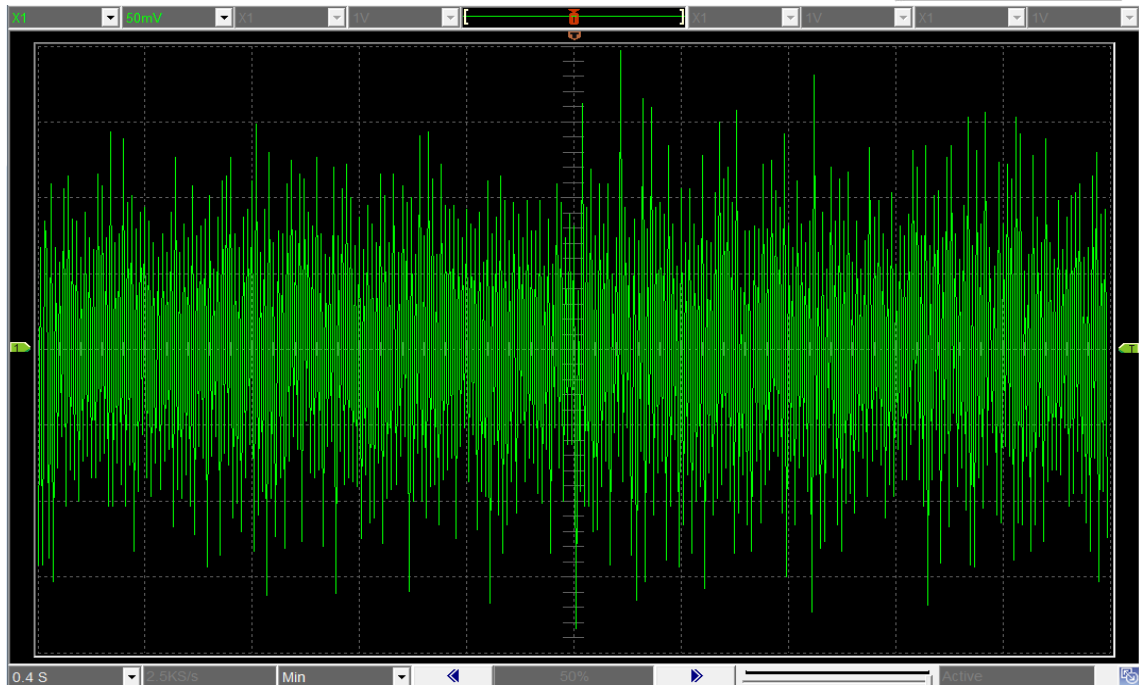
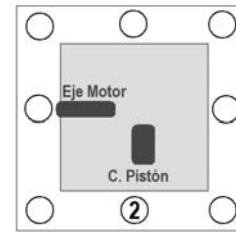
Referencia de medición: Punto 2

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

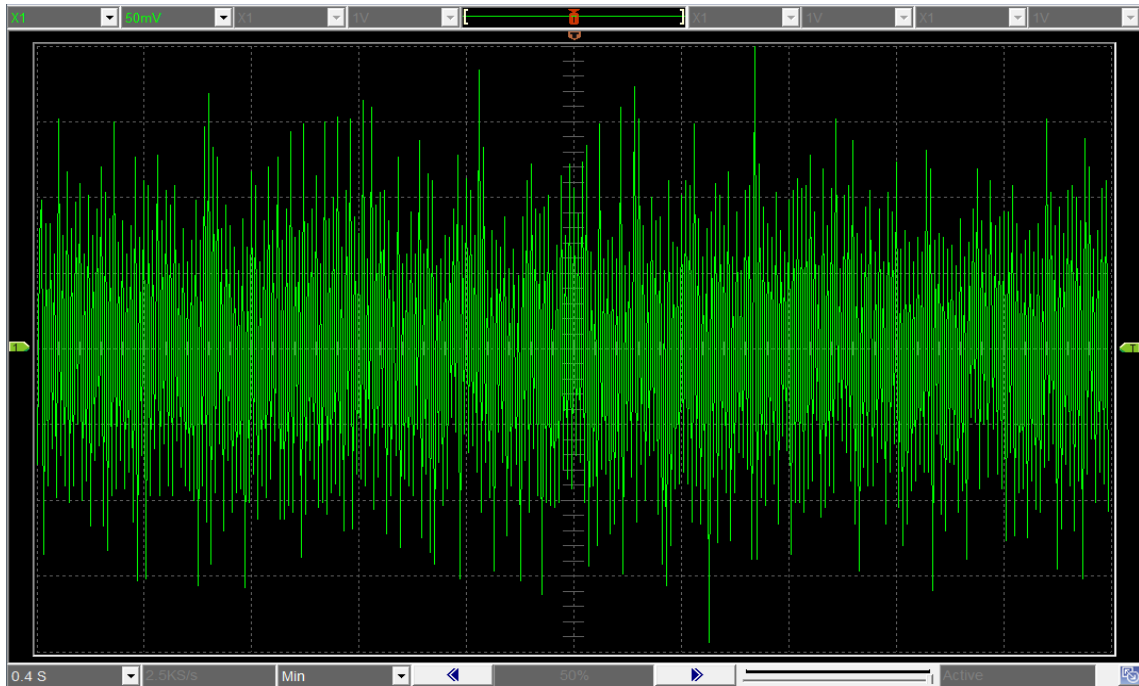
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A.5 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



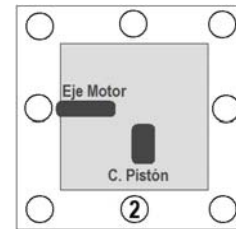
Gráfica A.6 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2

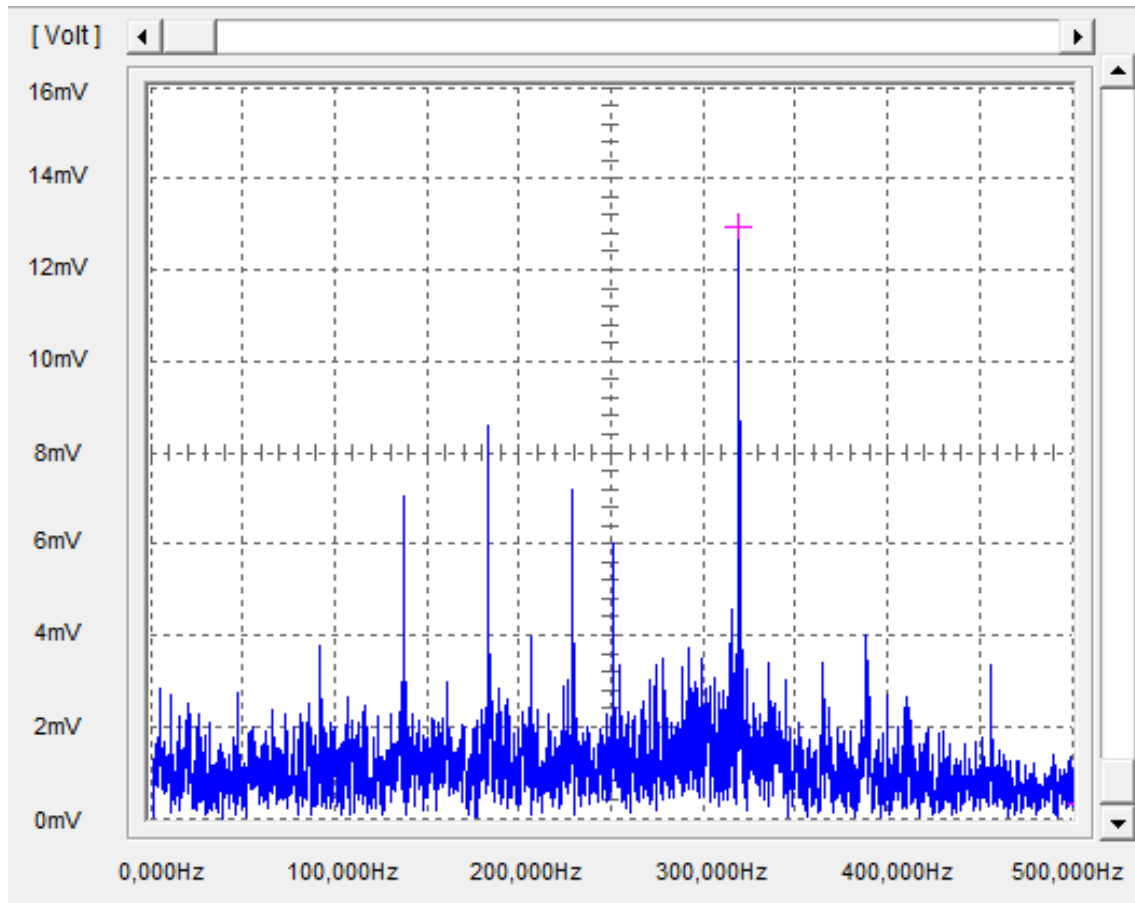
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	325,500 Hz	12,939 mV	2nd	511,750 Hz	2,739 mV
3rd	511,750 Hz	2,164 mV	4th	511,750 Hz	4,816 mV
5th	511,750 Hz	3,055 mV	6th	511,750 Hz	1,442 mV

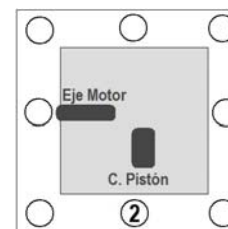
Gráfica A. 7 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2

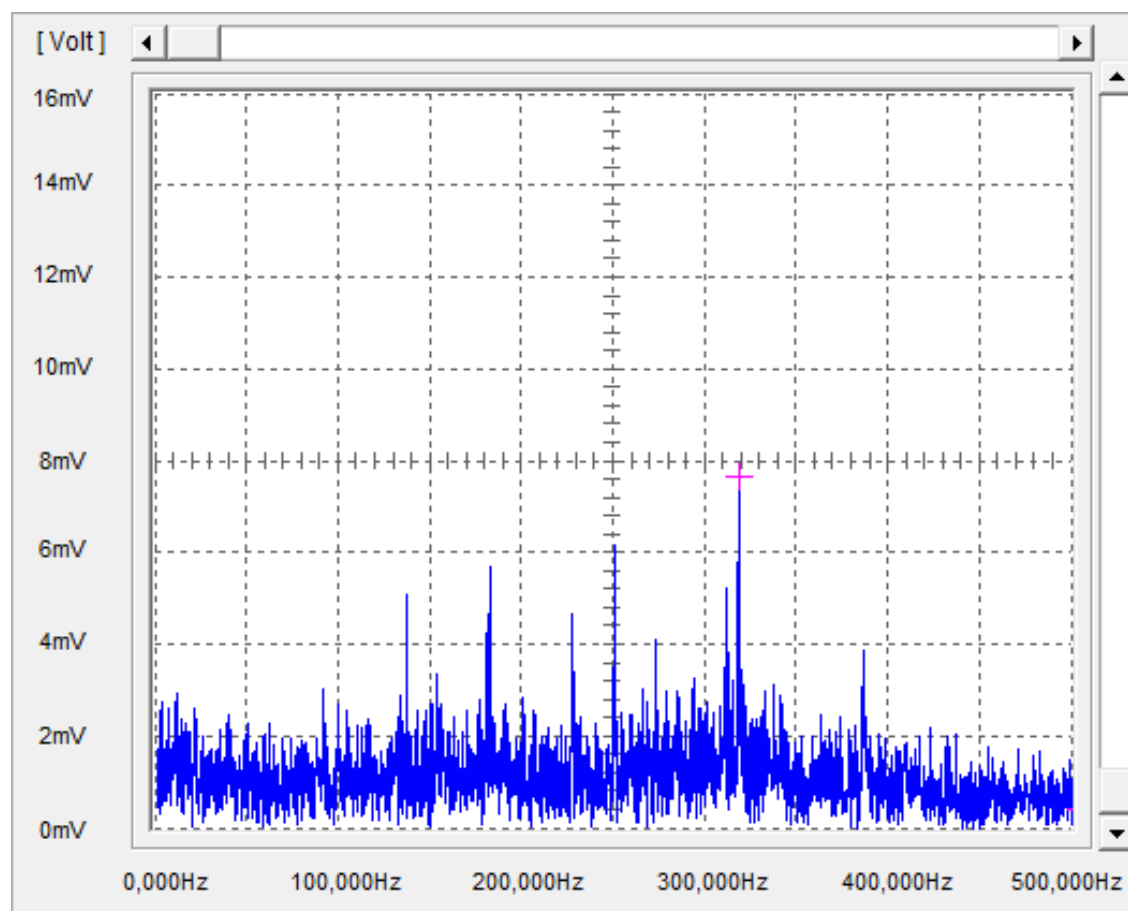
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	324,750 Hz	7,651 mV	2nd	511,750 Hz	2,202 mV
3rd	511,750 Hz	2,164 mV	4th	511,750 Hz	4,816 mV
5th	511,750 Hz	3,055 mV	6th	511,750 Hz	1,442 mV

Gráfica A. 8 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

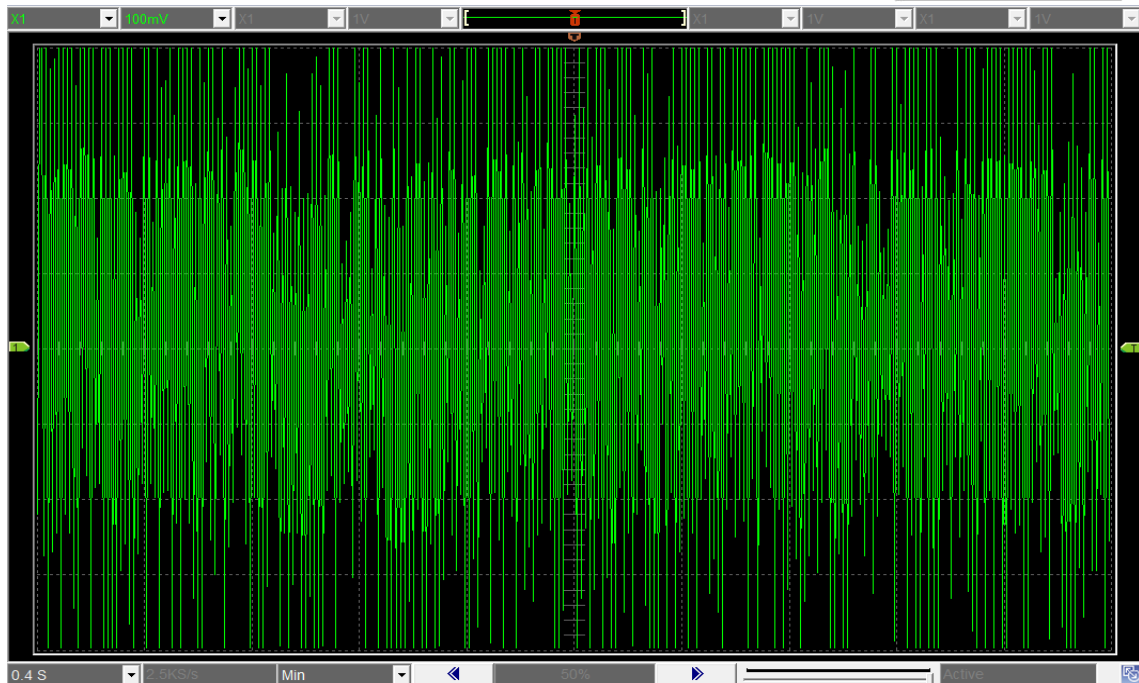
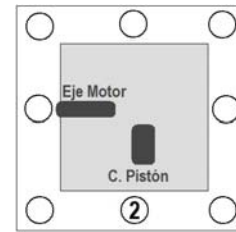
Referencia de medición: Punto 2

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

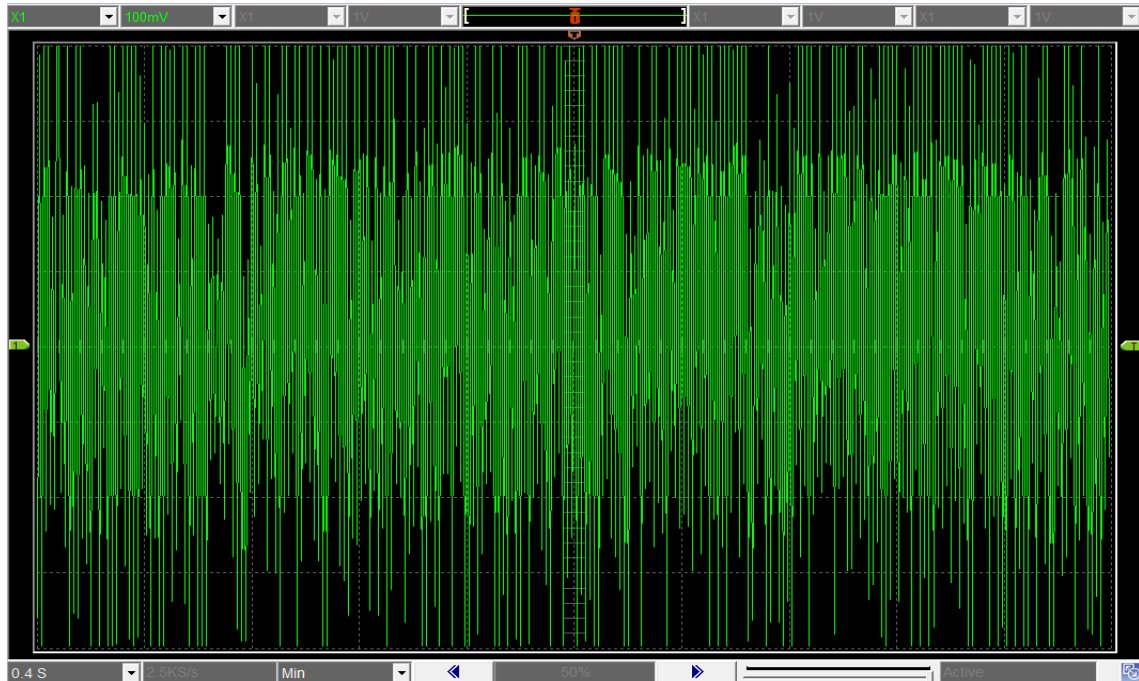
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 9 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



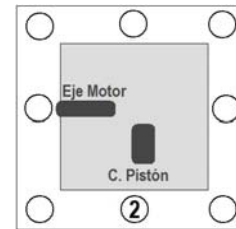
Gráfica A. 10 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2

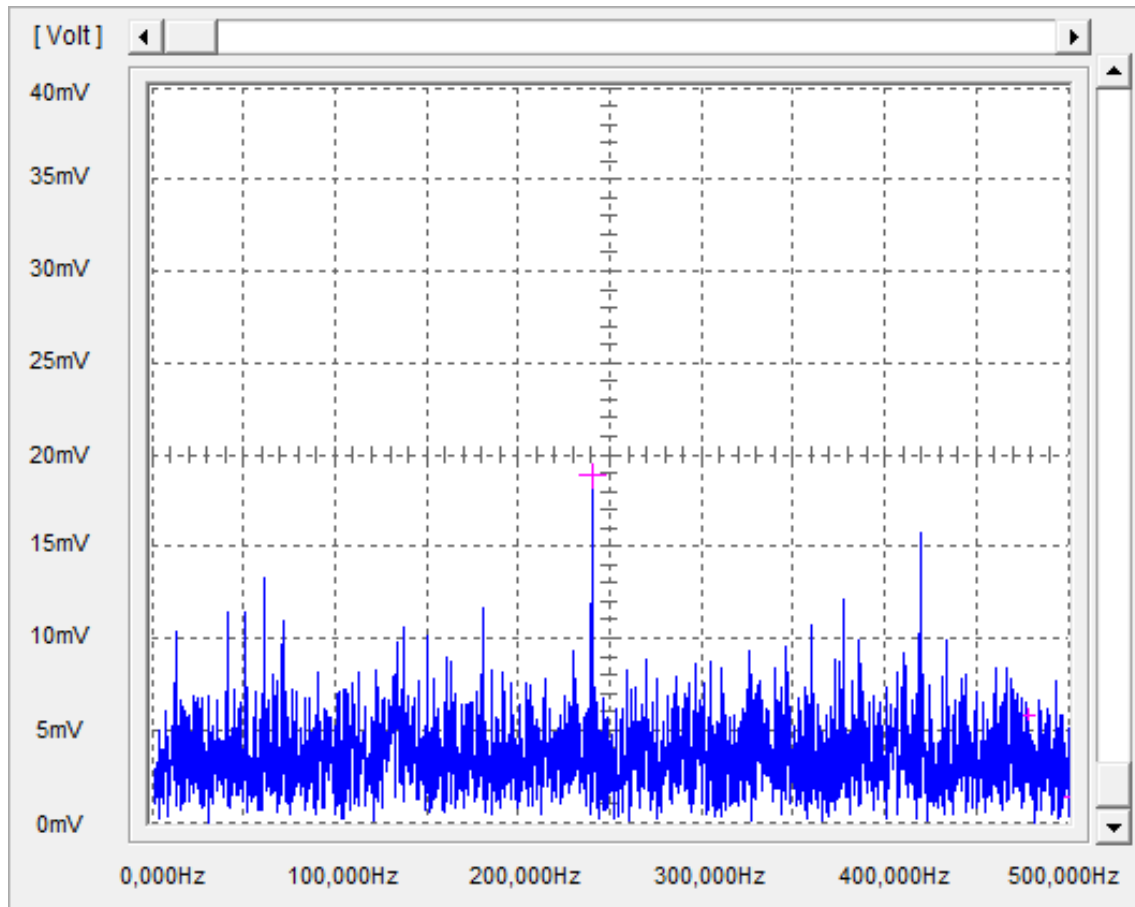
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



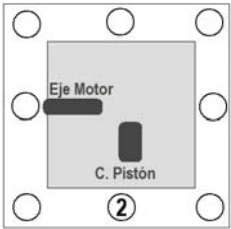
Prueba 1:



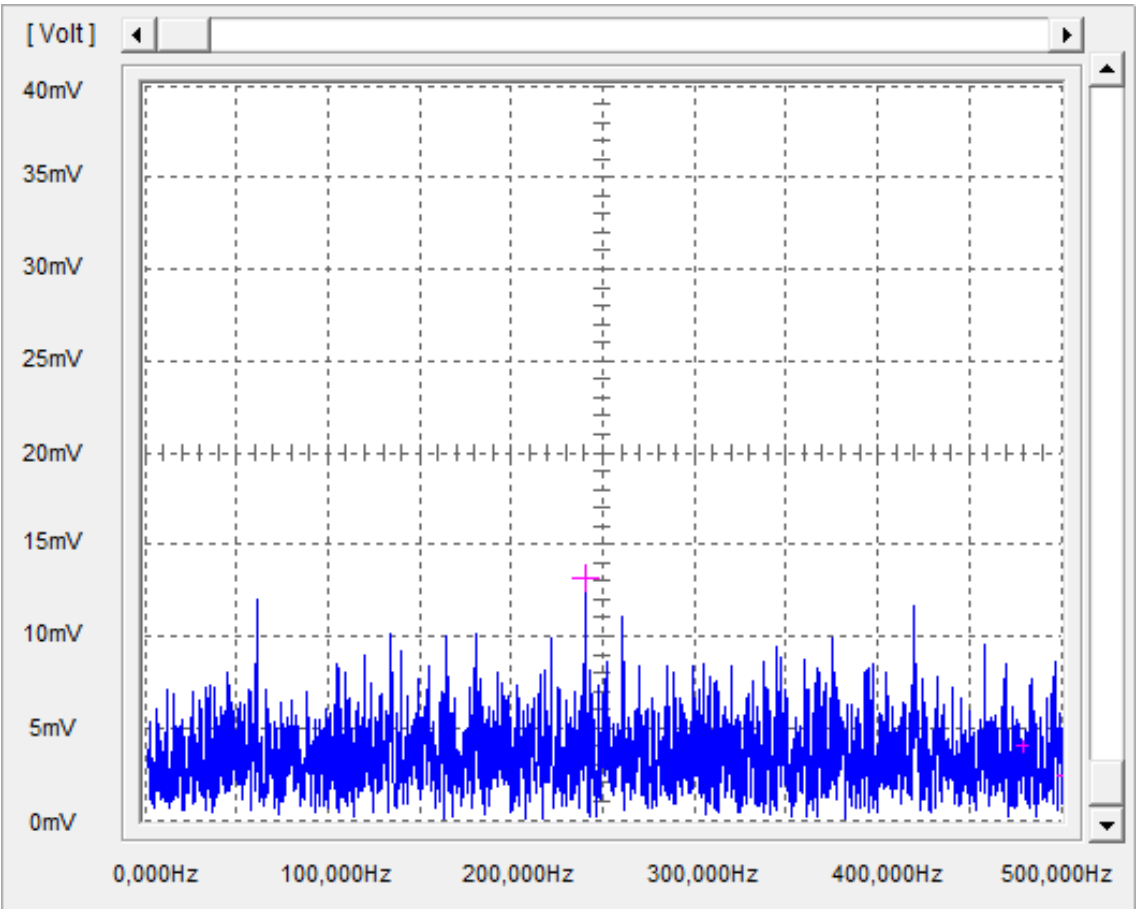
Harmonics Information					
1st	244,250 Hz	18,868 mV	2nd	488,000 Hz	5,869 mV
3rd	511,750 Hz	0,756 mV	4th	511,750 Hz	0,620 mV
5th	511,750 Hz	0,600 mV	6th	511,750 Hz	0,311 mV

Gráfica A. 11 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	244,500 Hz	13,208 mV	2nd	488,750 Hz	4,052 mV
3rd	511,750 Hz	0,756 mV	4th	511,750 Hz	0,620 mV
5th	511,750 Hz	0,600 mV	6th	511,750 Hz	0,311 mV

Gráfica A. 12 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

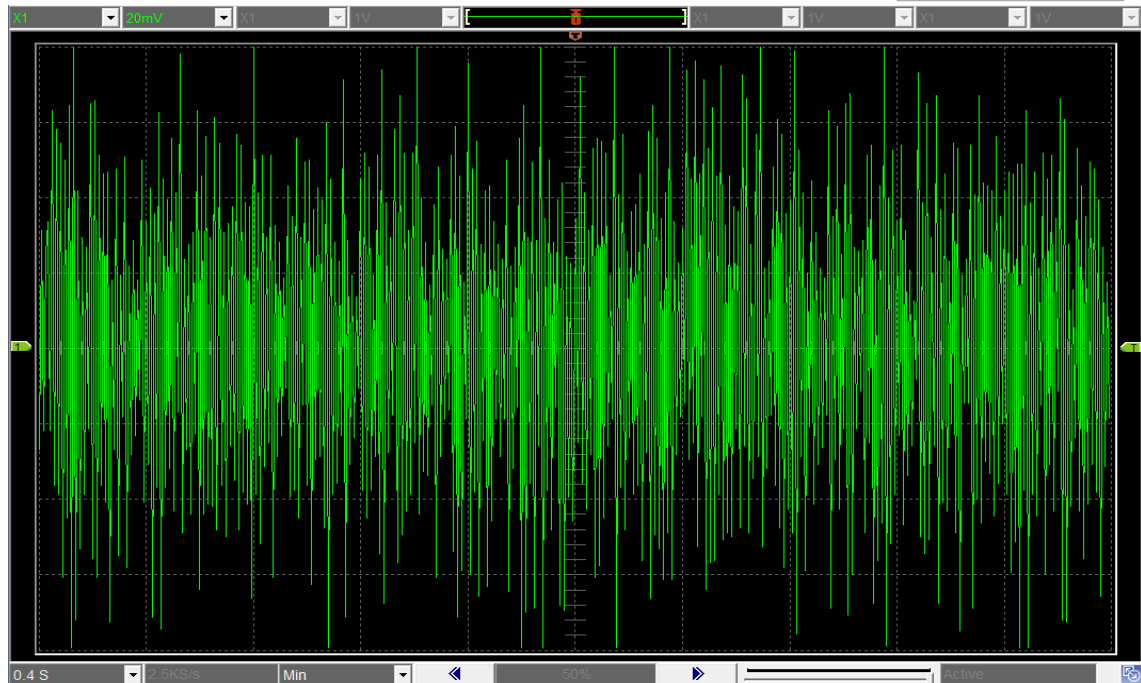
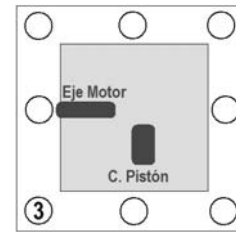
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

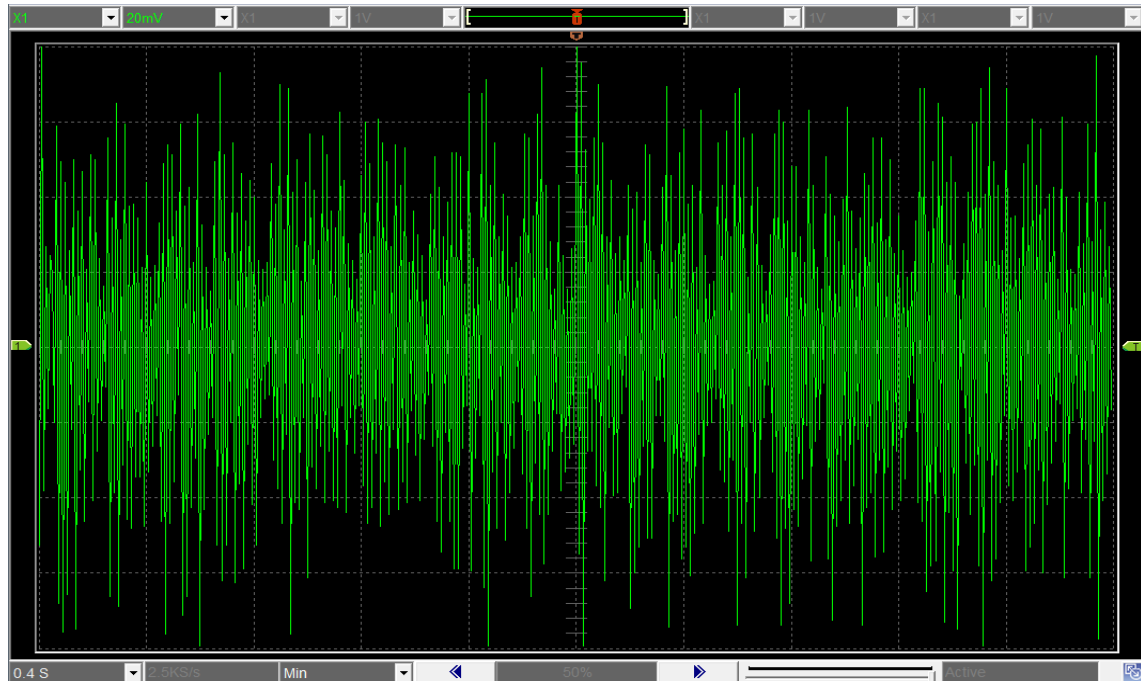
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 13 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



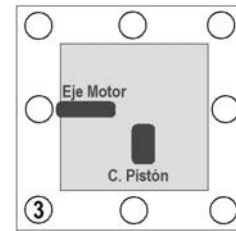
Gráfica A. 14 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

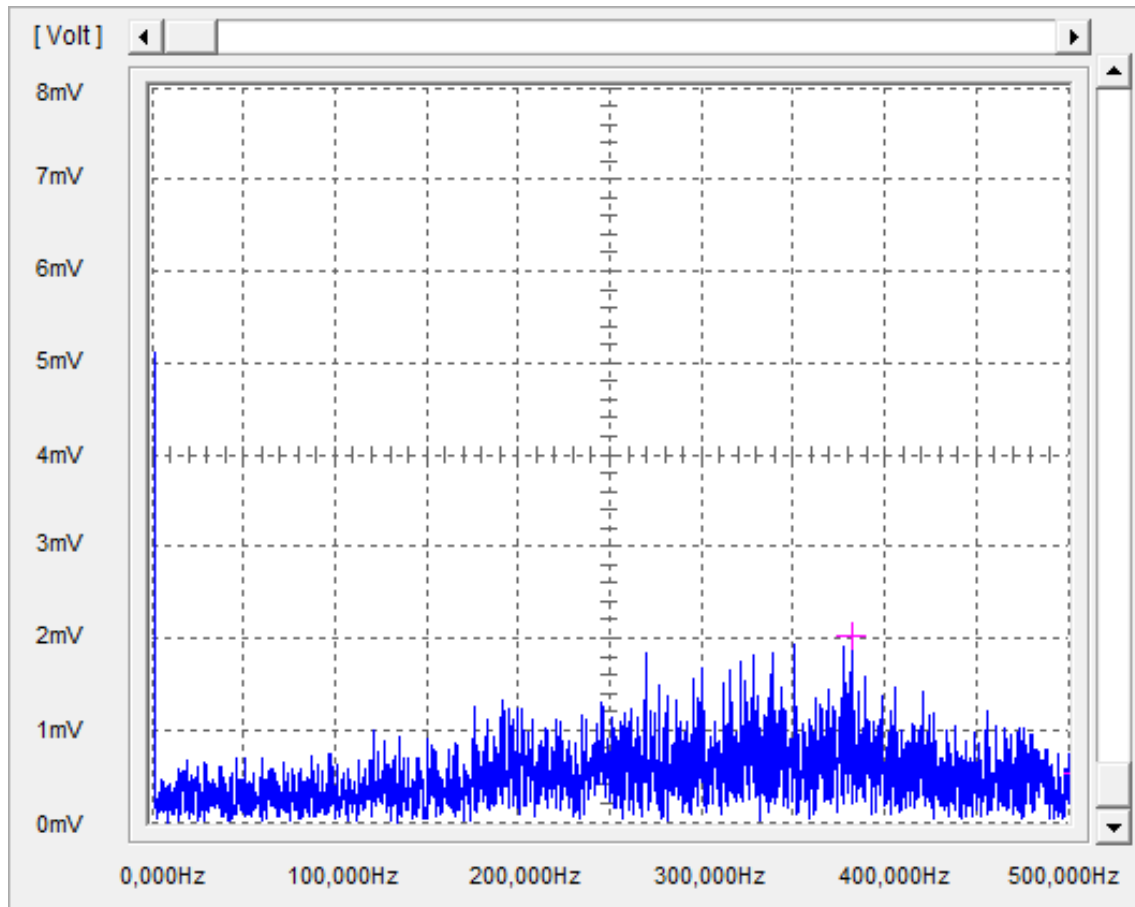
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	389,000 Hz	2,035 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	1,275 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	0,935 mV	6th	---	---

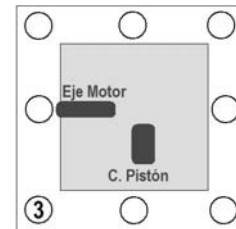
Gráfica A. 15 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

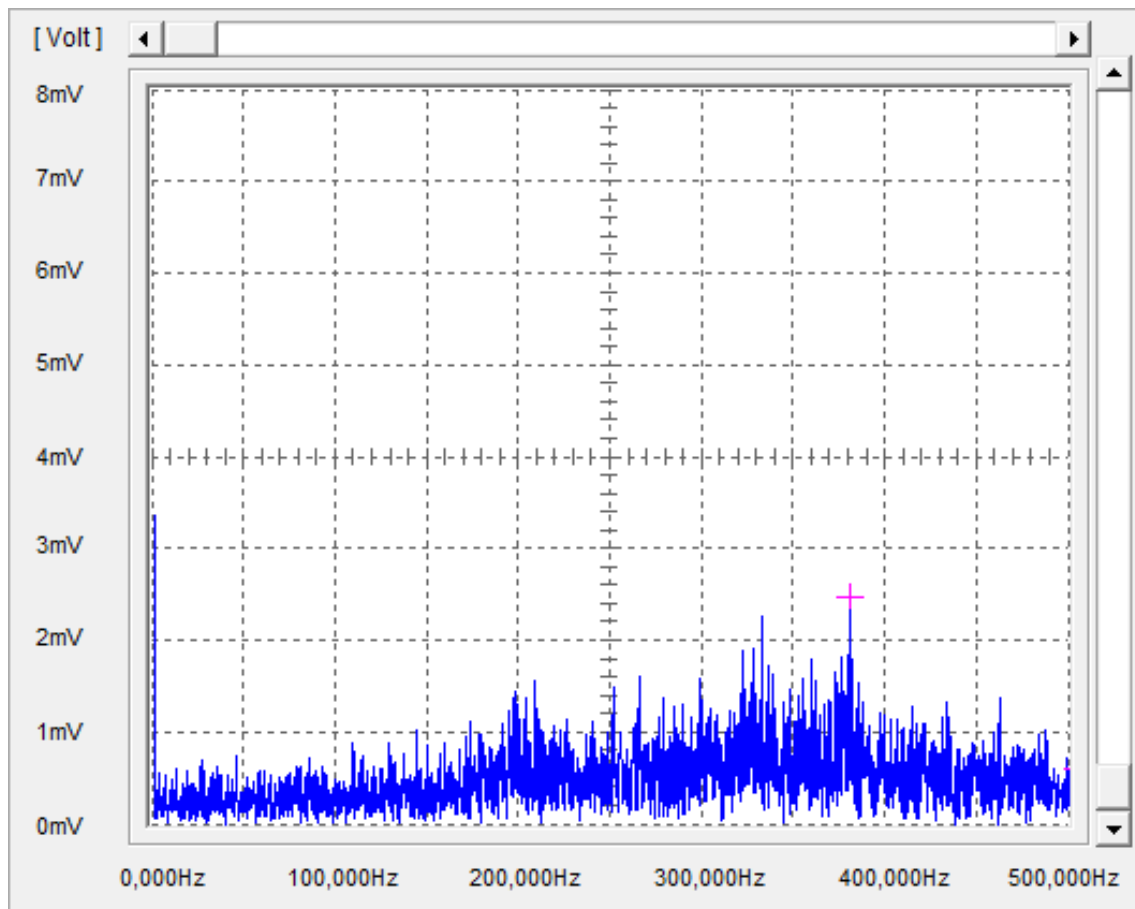
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	388,000 Hz	2,481 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	1,275 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	0,935 mV	6th	---	---

Gráfica A. 16 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

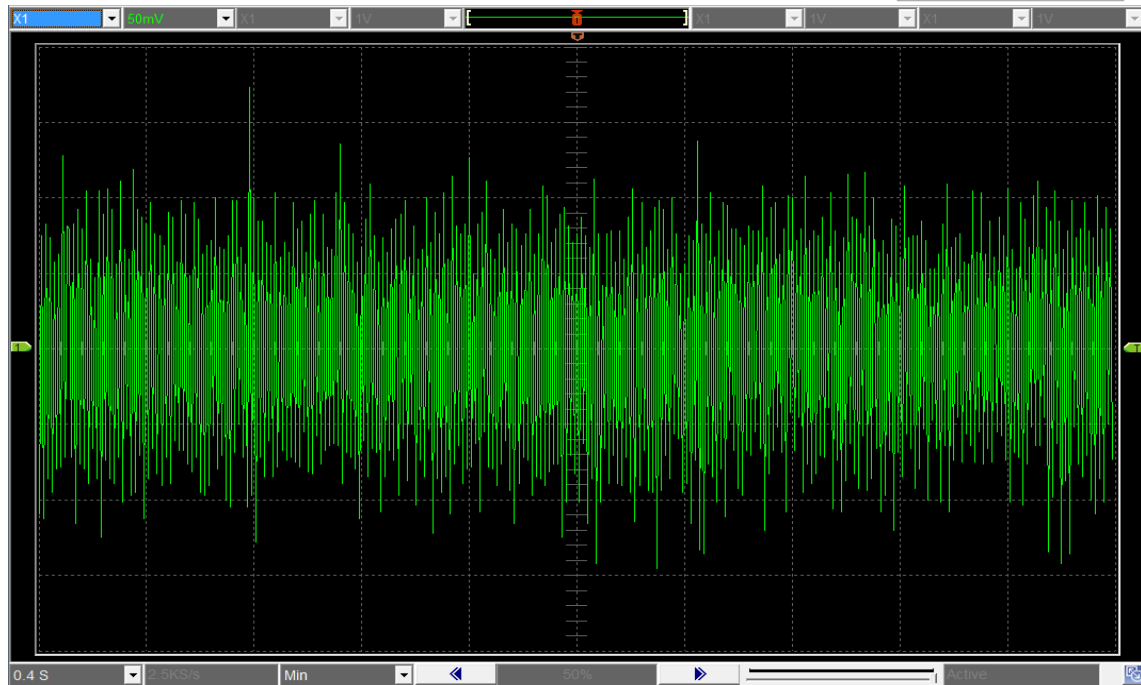
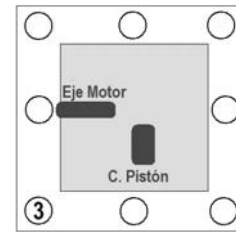
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

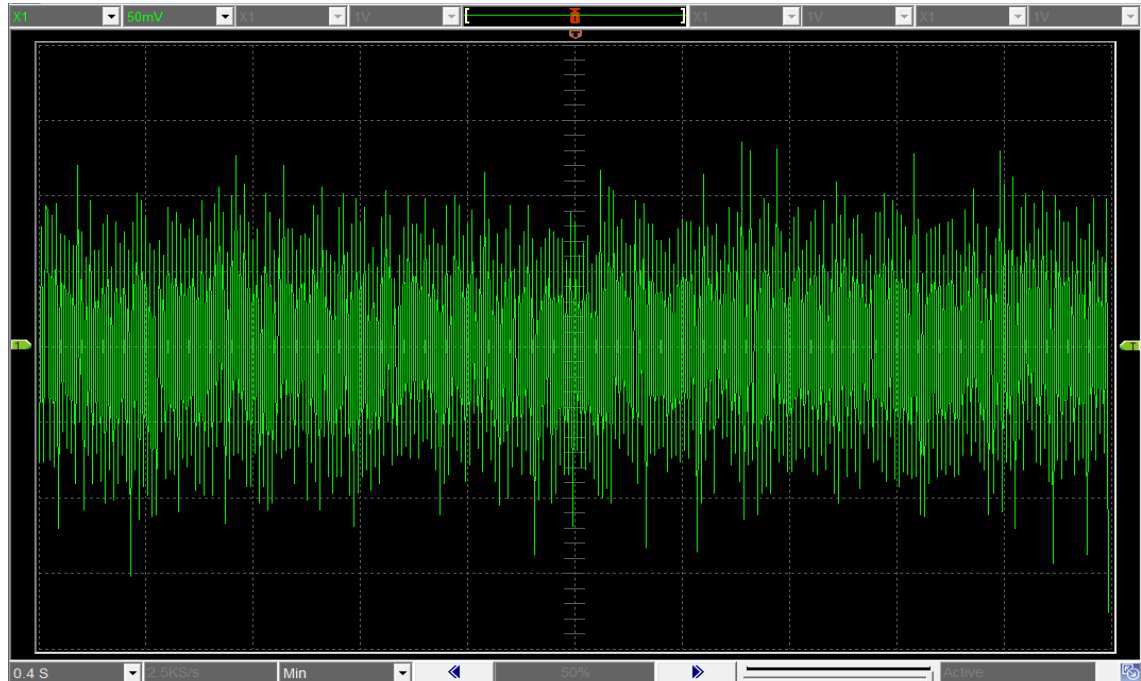
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



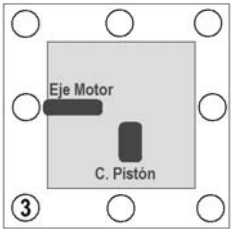
Gráfica A. 17 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

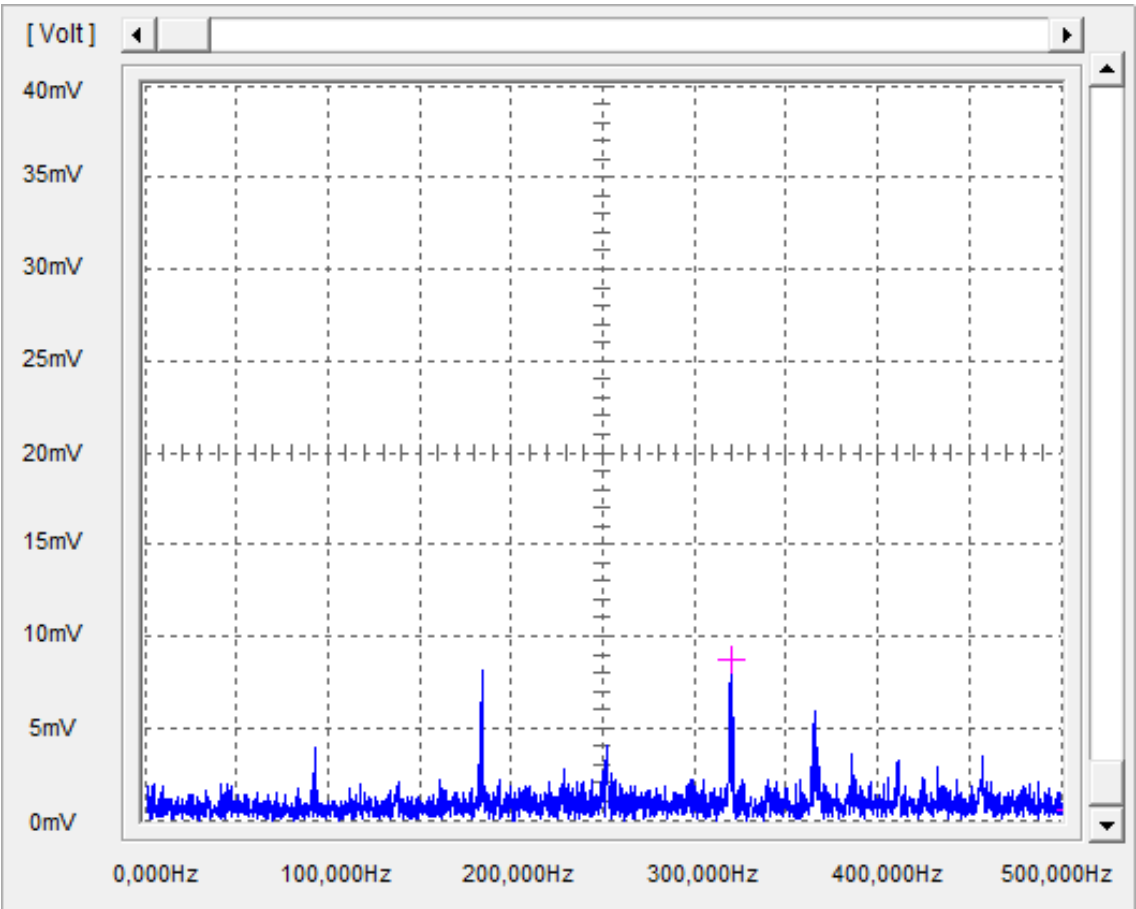


Gráfica A. 18 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



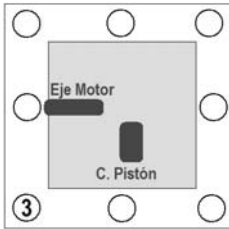
Prueba 1:



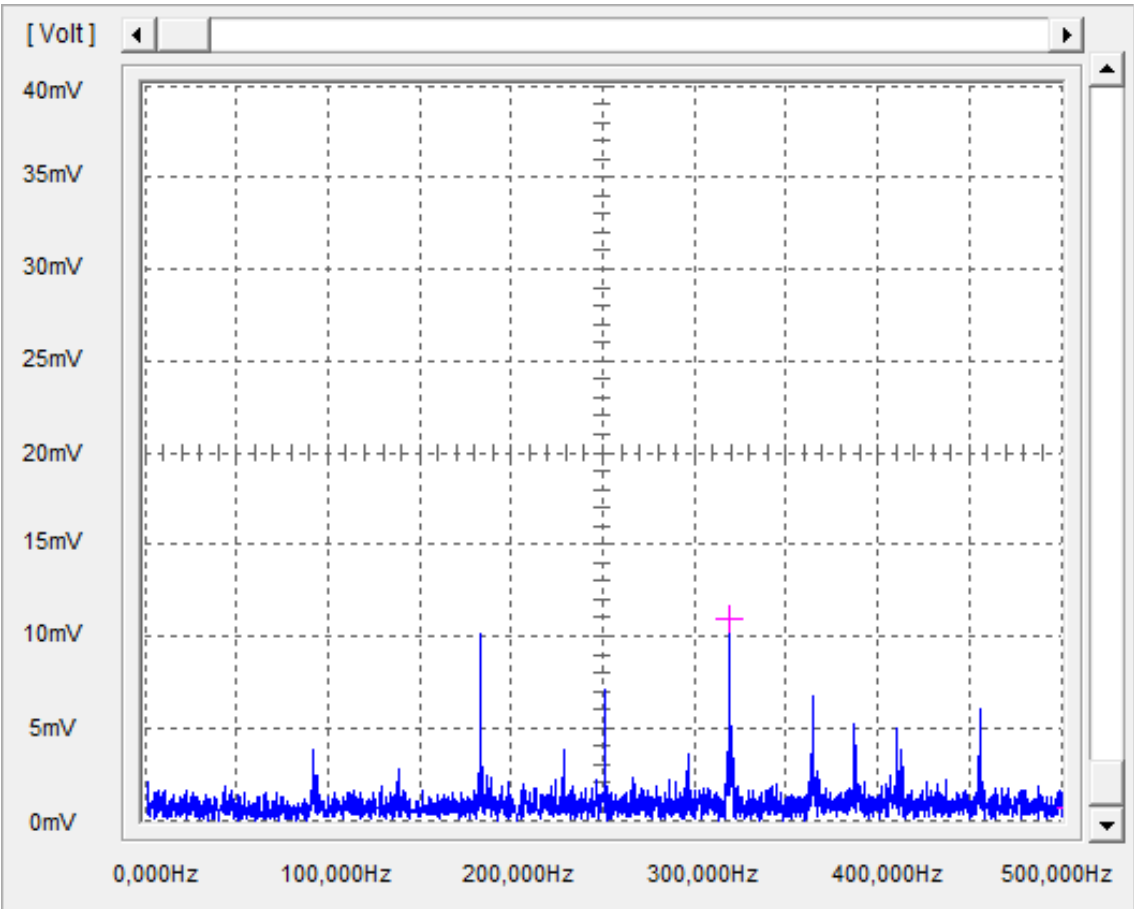
Harmonics Information					
1st	326,500 Hz	8,775 mV	2nd	511,750 Hz	7,700 mV
3rd	511,750 Hz	6,652 mV	4th	511,750 Hz	3,212 mV
5th	511,750 Hz	4,796 mV	6th	511,750 Hz	5,217 mV

Gráfica A. 19 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	325,250 Hz	10,994 mV	2nd	511,750 Hz	7,700 mV
3rd	511,750 Hz	6,652 mV	4th	511,750 Hz	3,212 mV
5th	511,750 Hz	4,796 mV	6th	511,750 Hz	5,217 mV

Gráfica A. 20 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

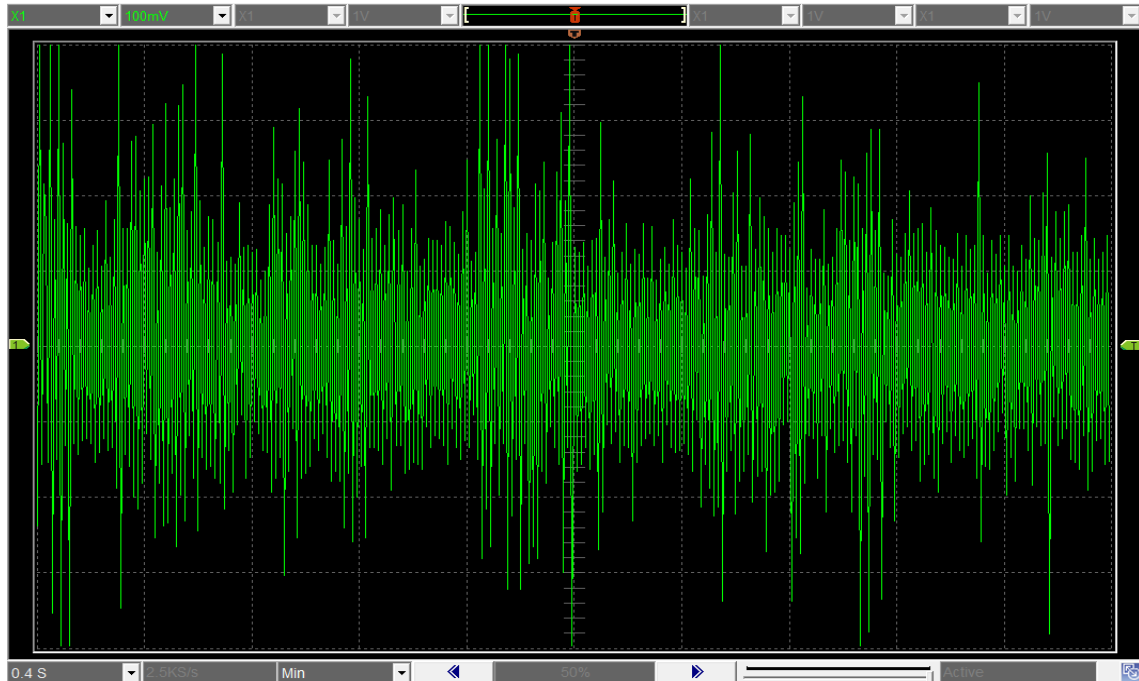
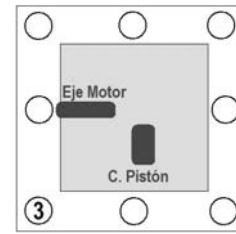
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

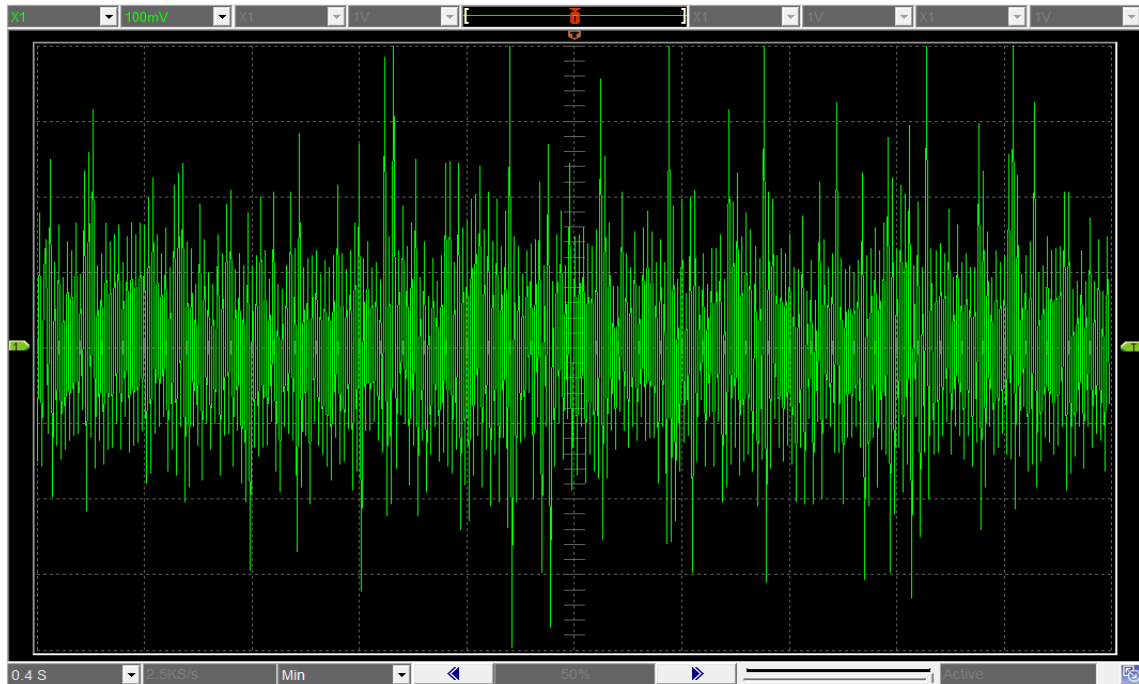
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 21 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



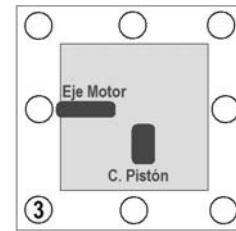
Gráfica A. 22 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

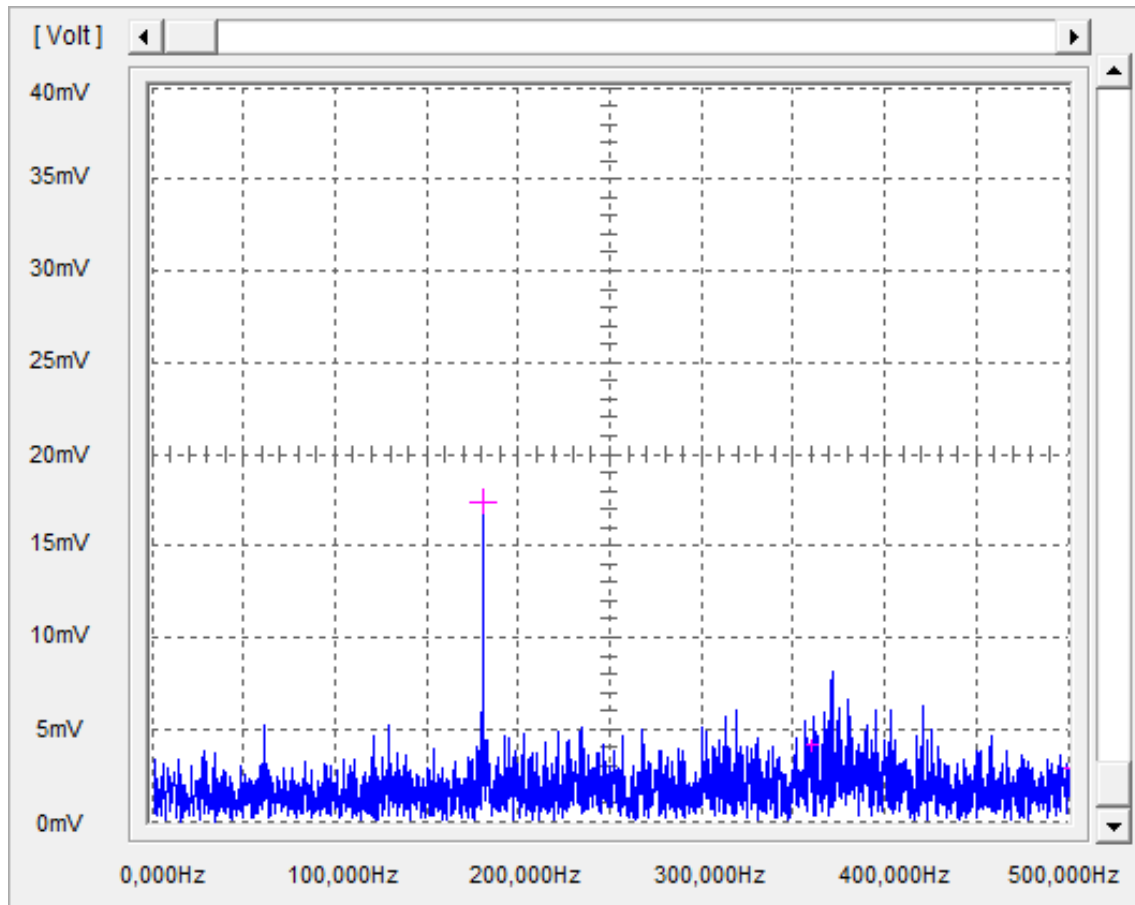
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	183,750 Hz	17,437 mV	2nd	367,000 Hz	4,188 mV
3rd	511,750 Hz	0,065 mV	4th	511,750 Hz	0,093 mV
5th	511,750 Hz	0,067 mV	6th	511,750 Hz	0,072 mV

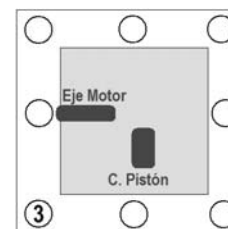
Gráfica A. 23 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

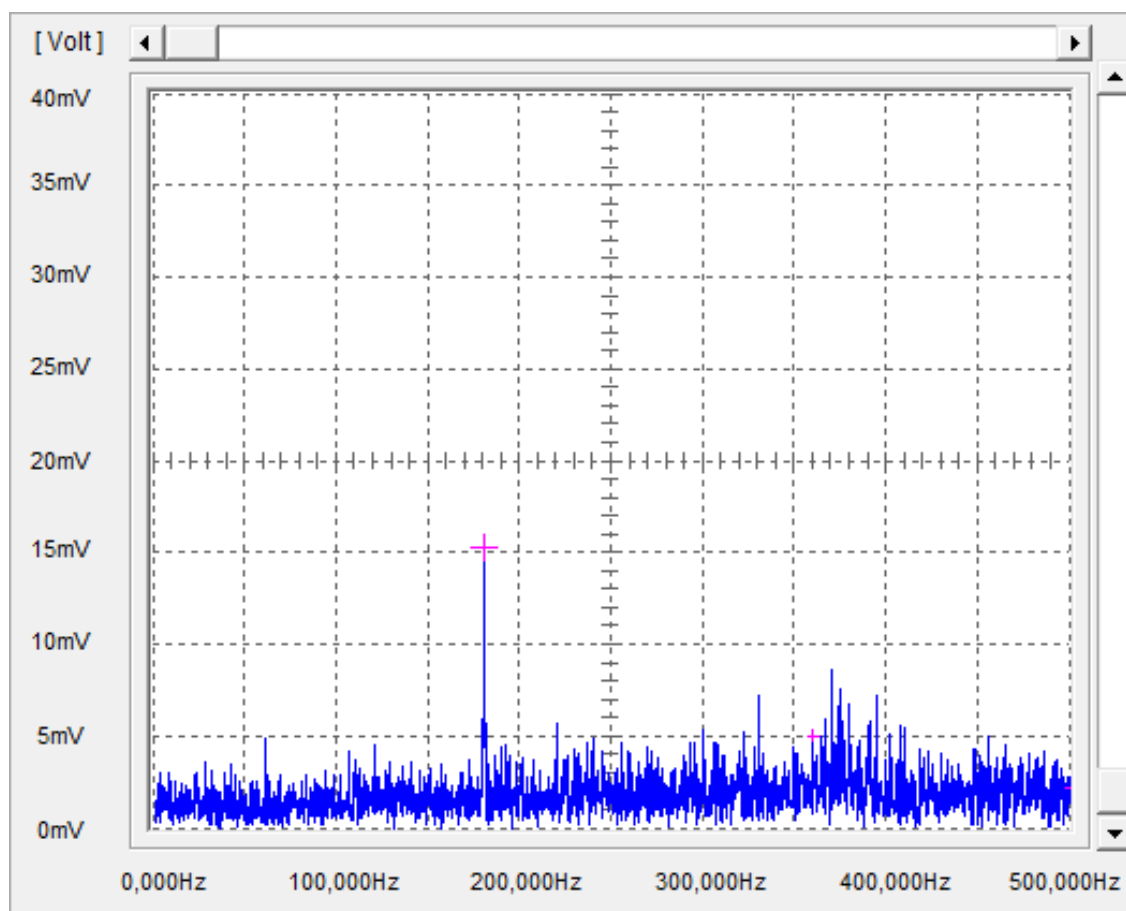
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	183,750 Hz	15,278 mV	2nd	367,250 Hz	5,063 mV
3rd	511,750 Hz	0,065 mV	4th	511,750 Hz	0,093 mV
5th	511,750 Hz	0,067 mV	6th	511,750 Hz	0,072 mV

Gráfica A. 24 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

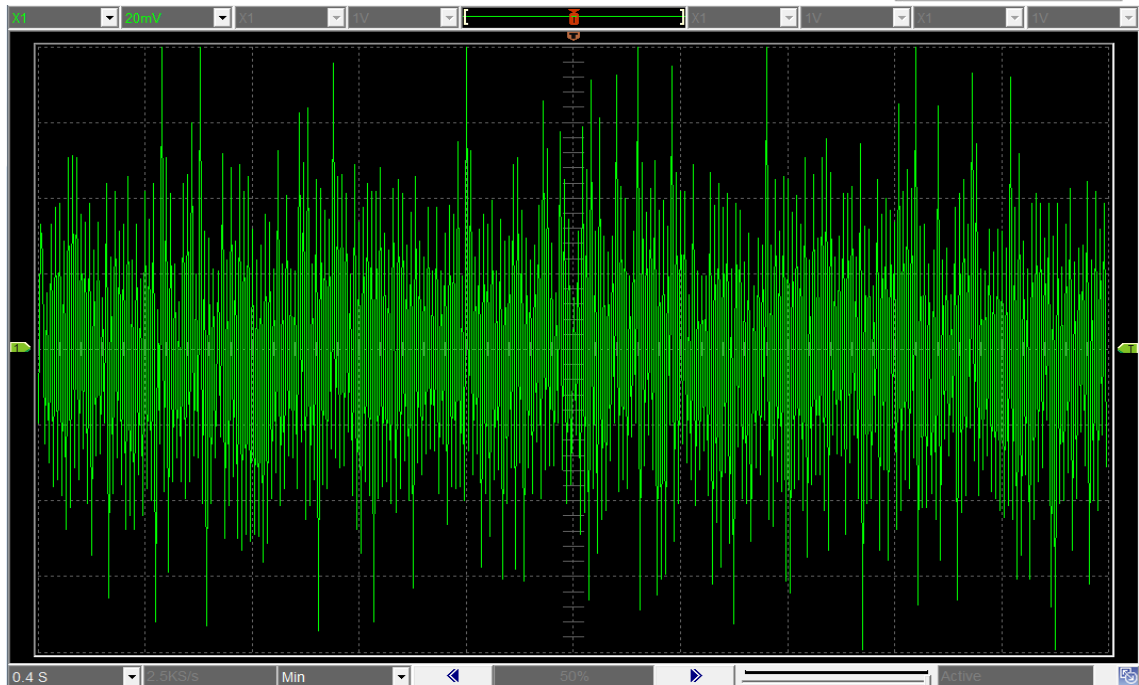
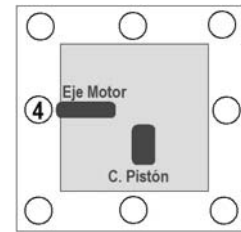
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

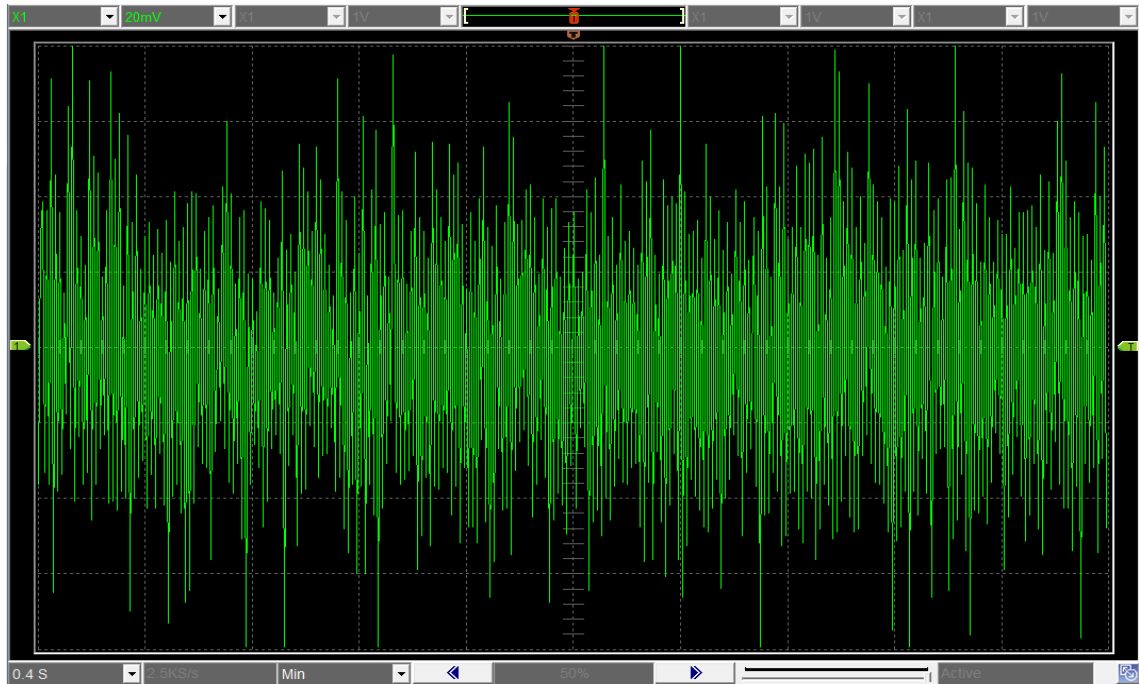
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 25 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



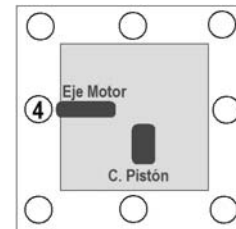
Gráfica A. 26 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

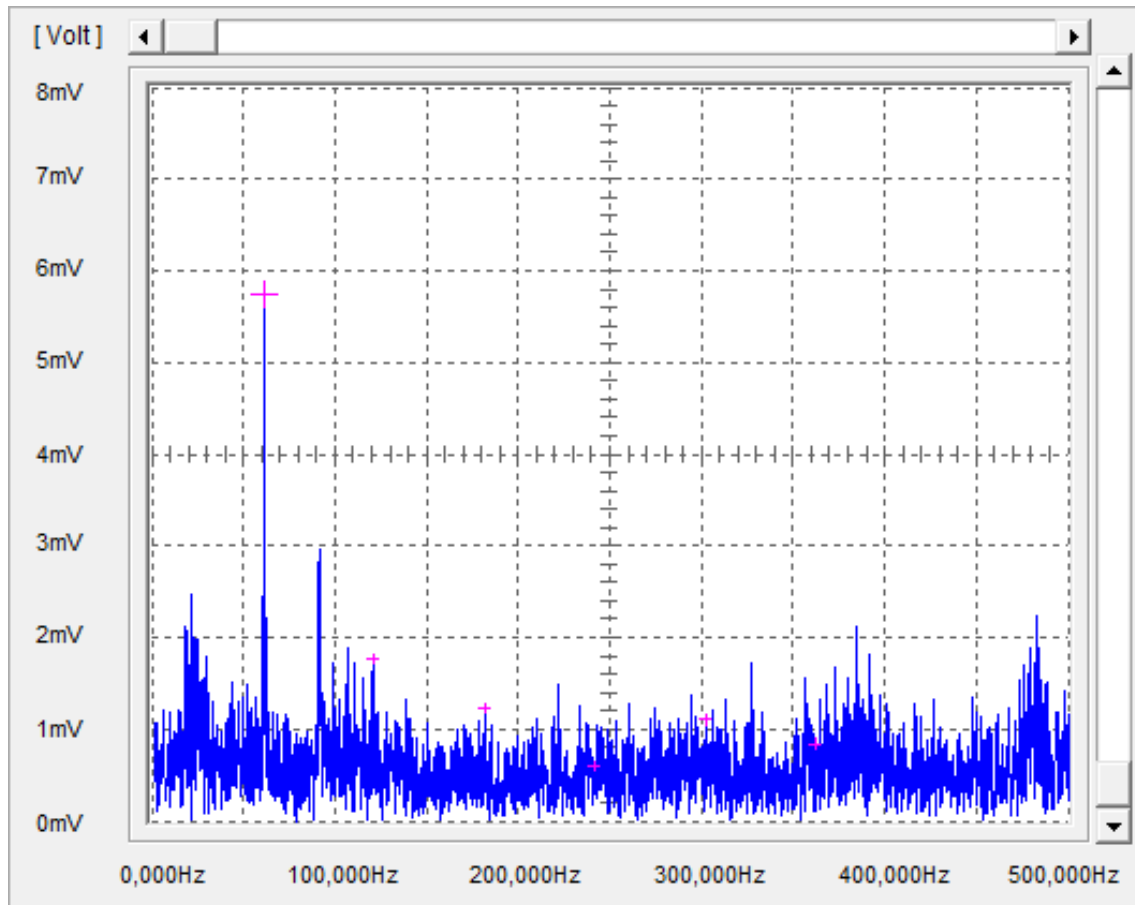
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	5,737 mV	2nd	122,500 Hz	1,775 mV
3rd	184,250 Hz	1,242 mV	4th	245,500 Hz	0,606 mV
5th	308,000 Hz	1,116 mV	6th	368,750 Hz	0,851 mV

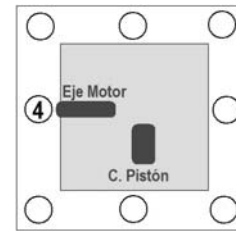
Gráfica A. 27 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

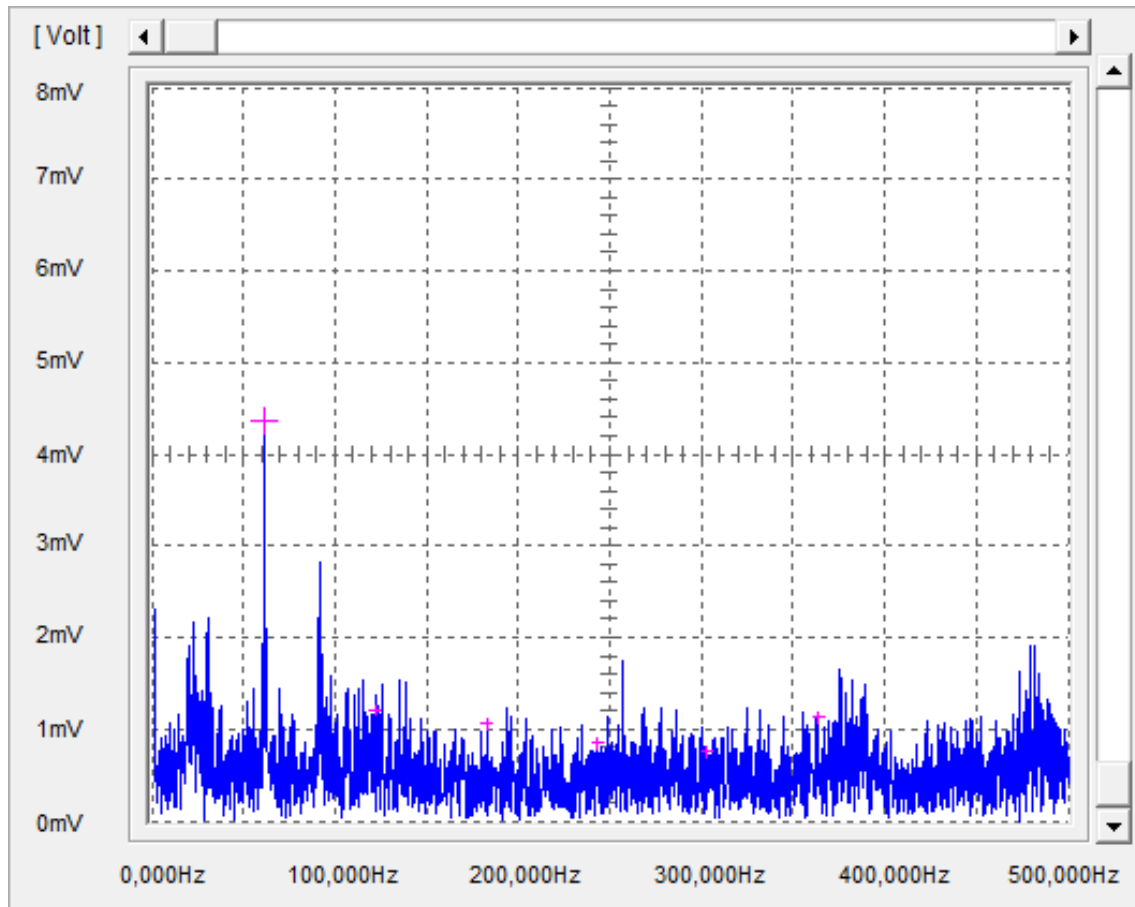
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,750 Hz	4,359 mV	2nd	123,500 Hz	1,215 mV
3rd	185,500 Hz	1,065 mV	4th	247,250 Hz	0,856 mV
5th	308,750 Hz	0,766 mV	6th	370,500 Hz	1,138 mV

Gráfica A. 28 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

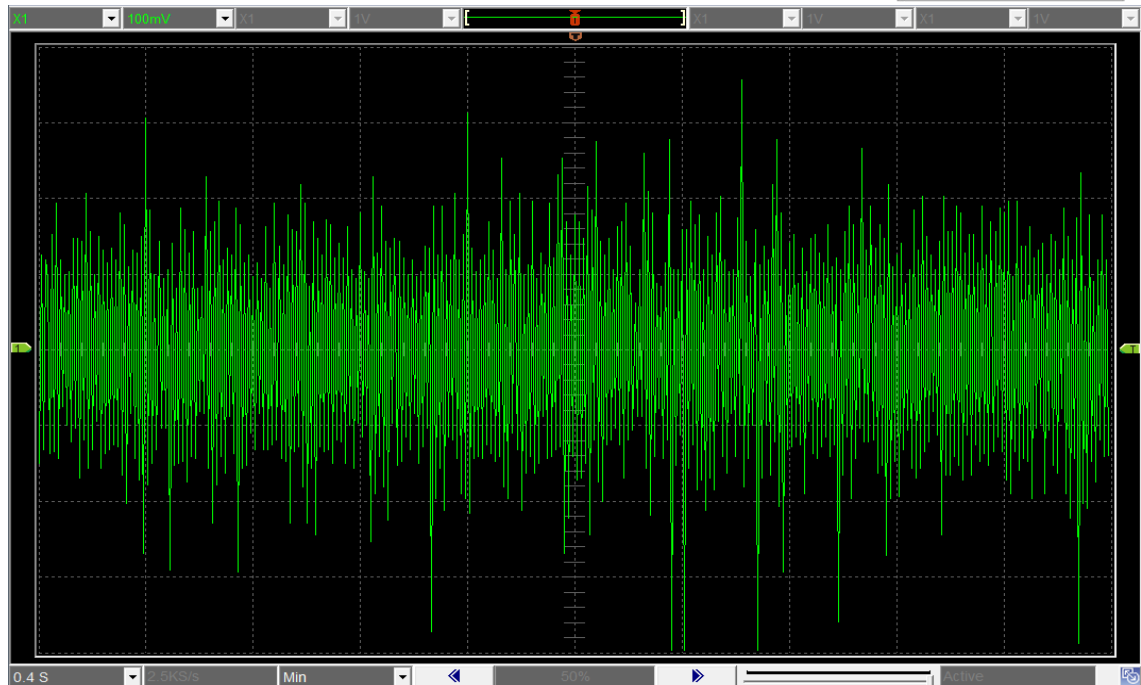
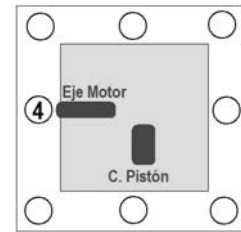
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

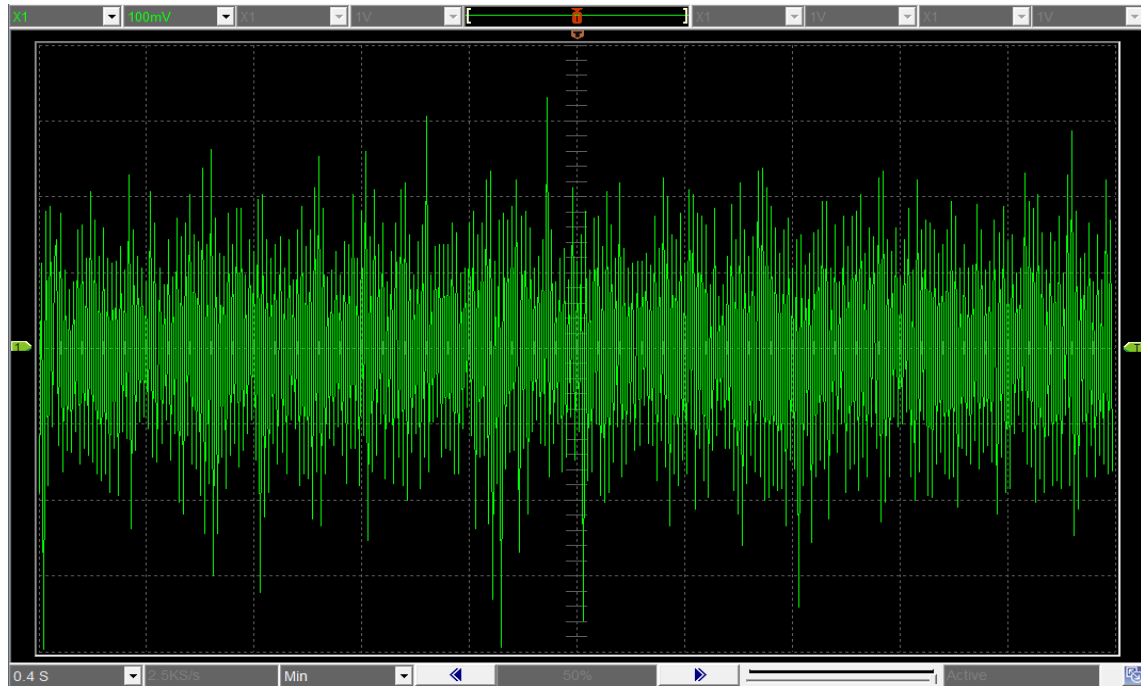
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



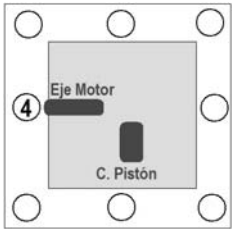
Gráfica A. 29 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

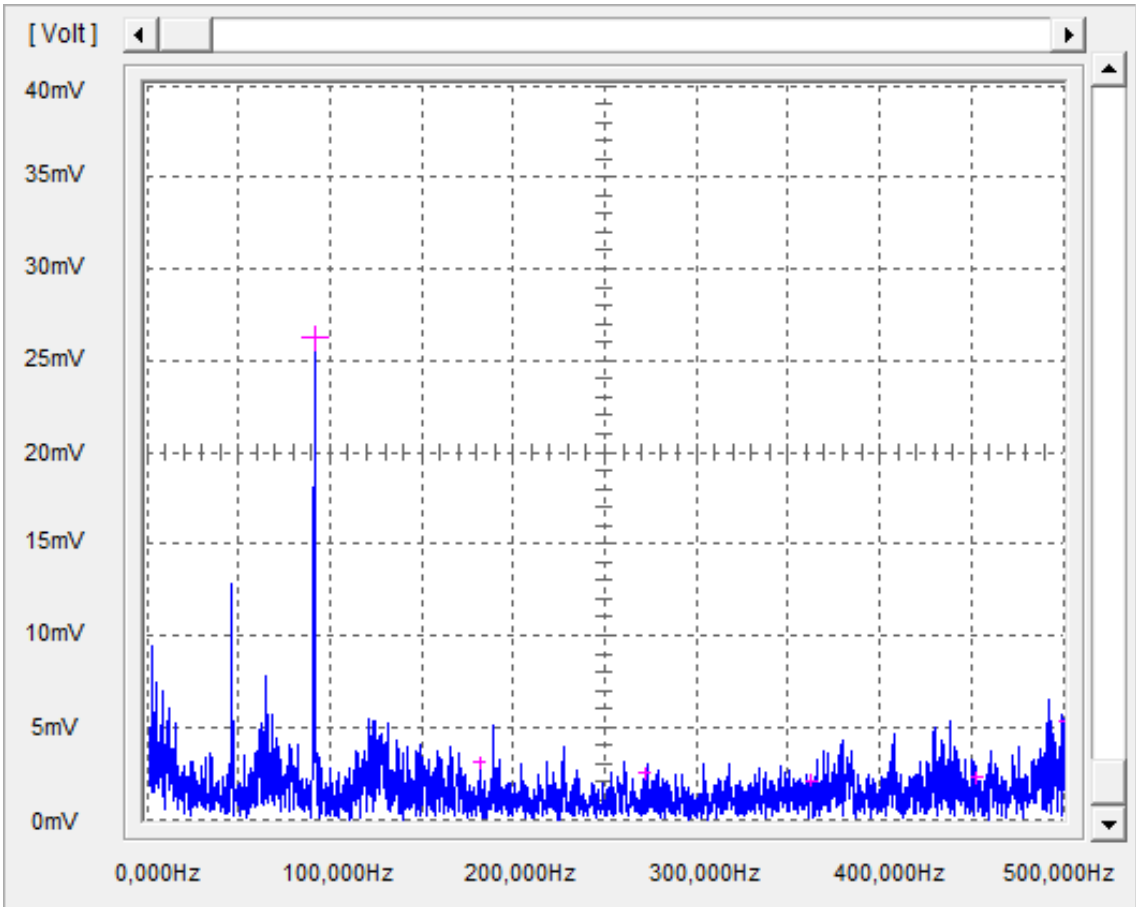


Gráfica A. 30 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



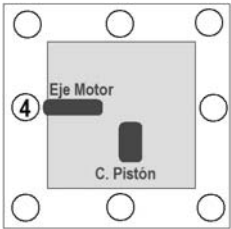
Prueba 1:



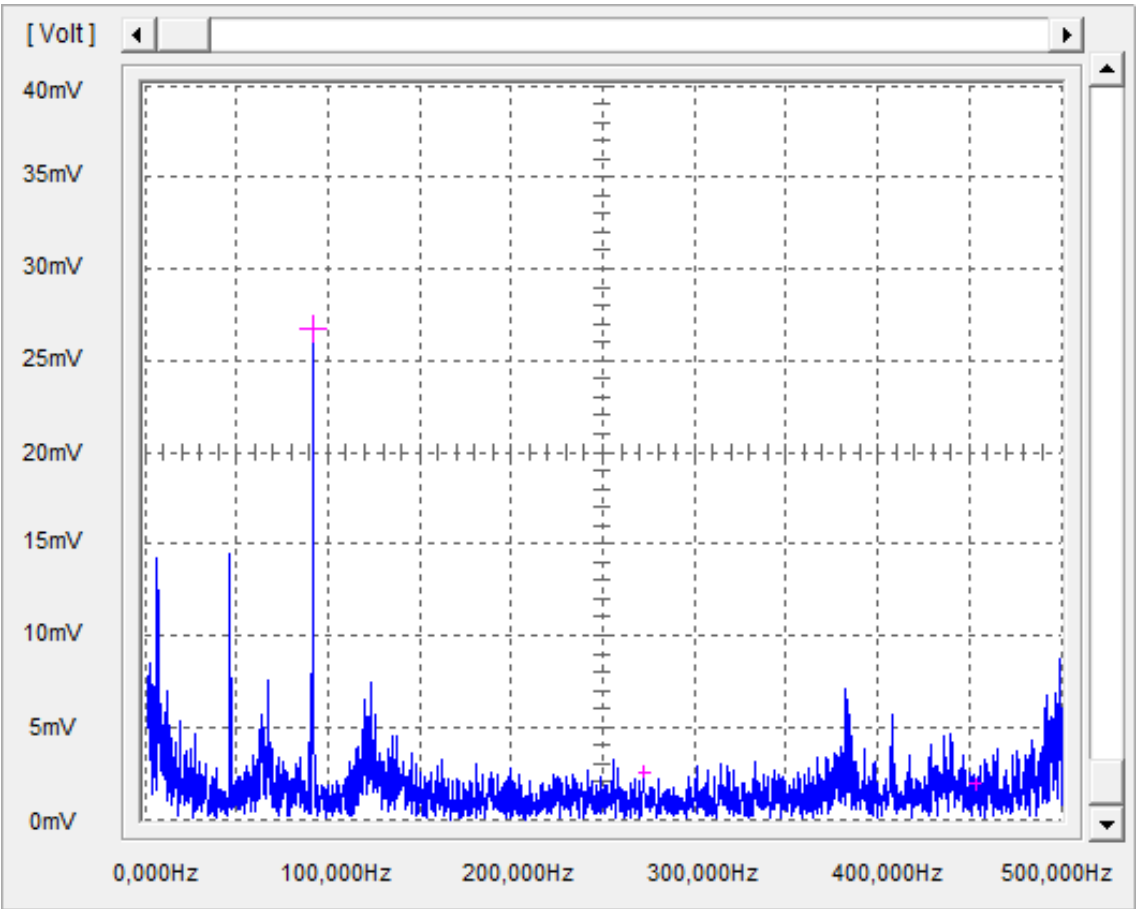
Harmonics Information					
1st	92,250 Hz	26,209 mV	2nd	184,500 Hz	3,126 mV
3rd	276,750 Hz	2,536 mV	4th	369,500 Hz	2,155 mV
5th	461,500 Hz	2,302 mV	6th	511,750 Hz	21,801 mV

Gráfica A. 31 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	92,500 Hz	26,695 mV	2nd	---	---
3rd	277,250 Hz	2,624 mV	4th	---	---
5th	462,500 Hz	1,965 mV	6th	---	---

Gráfica A. 32 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

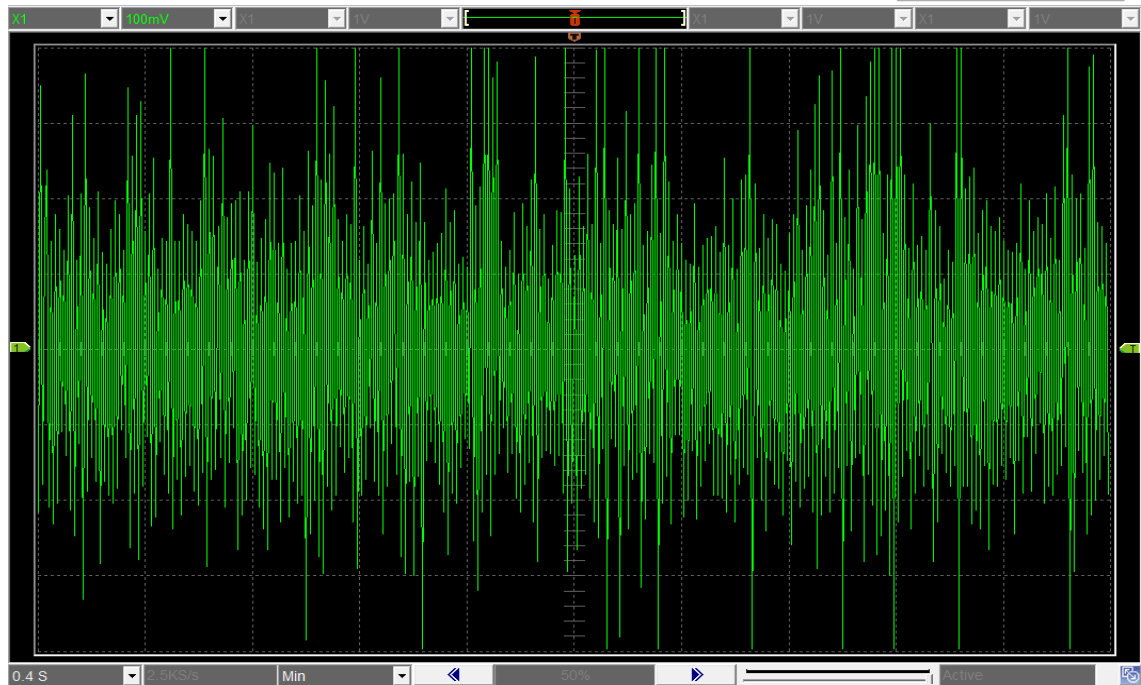
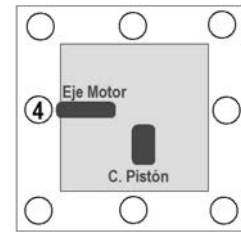
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

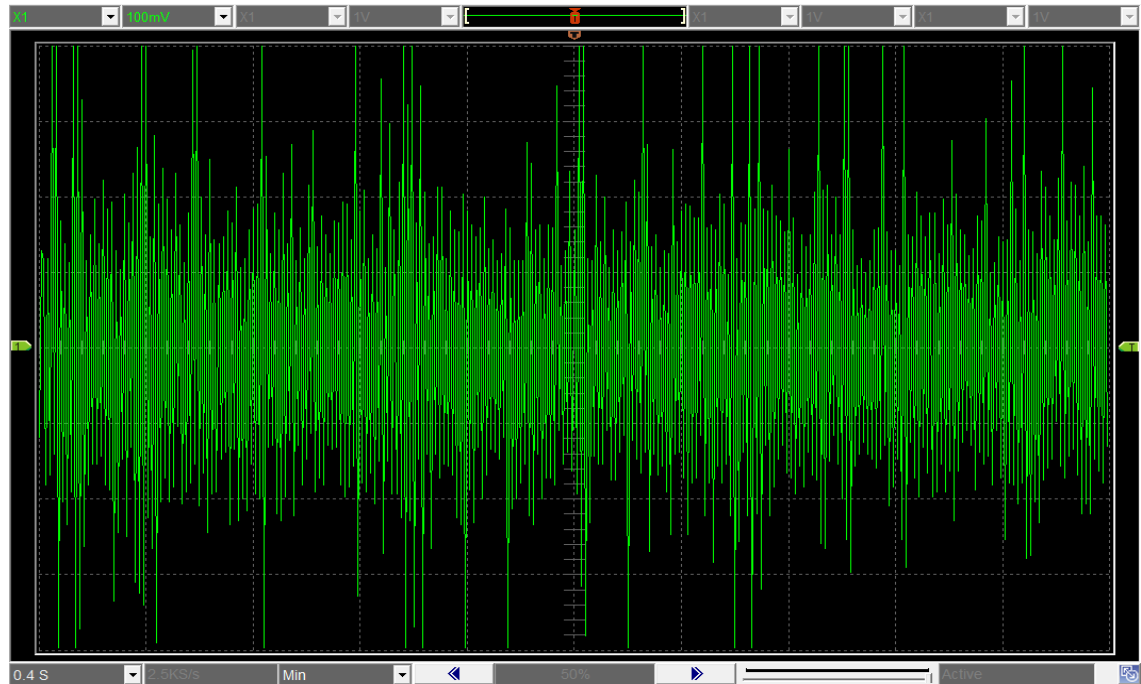
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 33 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



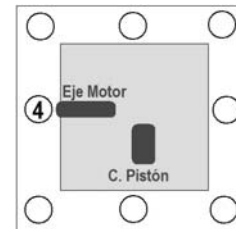
Gráfica A. 34 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

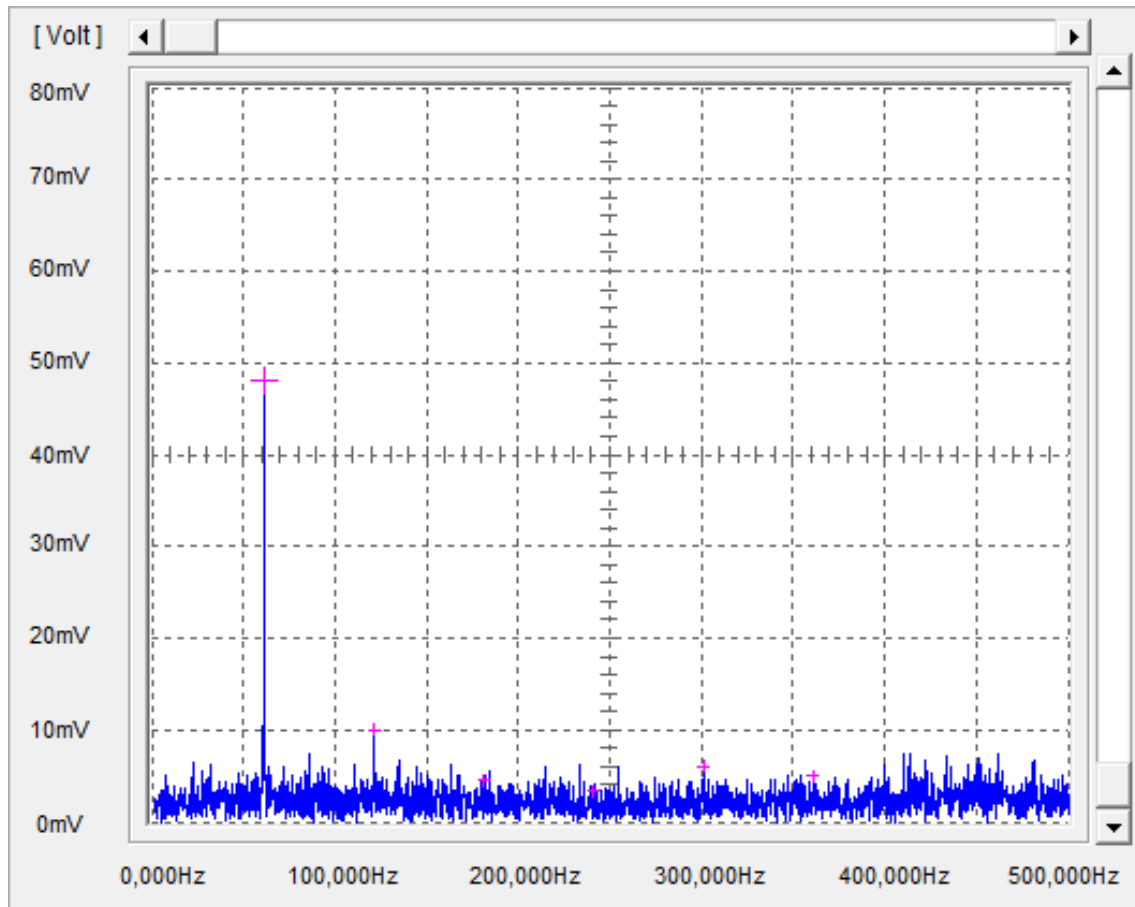
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	48,088 mV	2nd	122,750 Hz	10,145 mV
3rd	184,000 Hz	4,609 mV	4th	244,750 Hz	3,467 mV
5th	306,500 Hz	6,193 mV	6th	367,500 Hz	5,105 mV

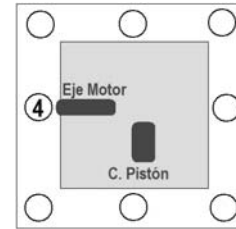
Gráfica A. 35 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

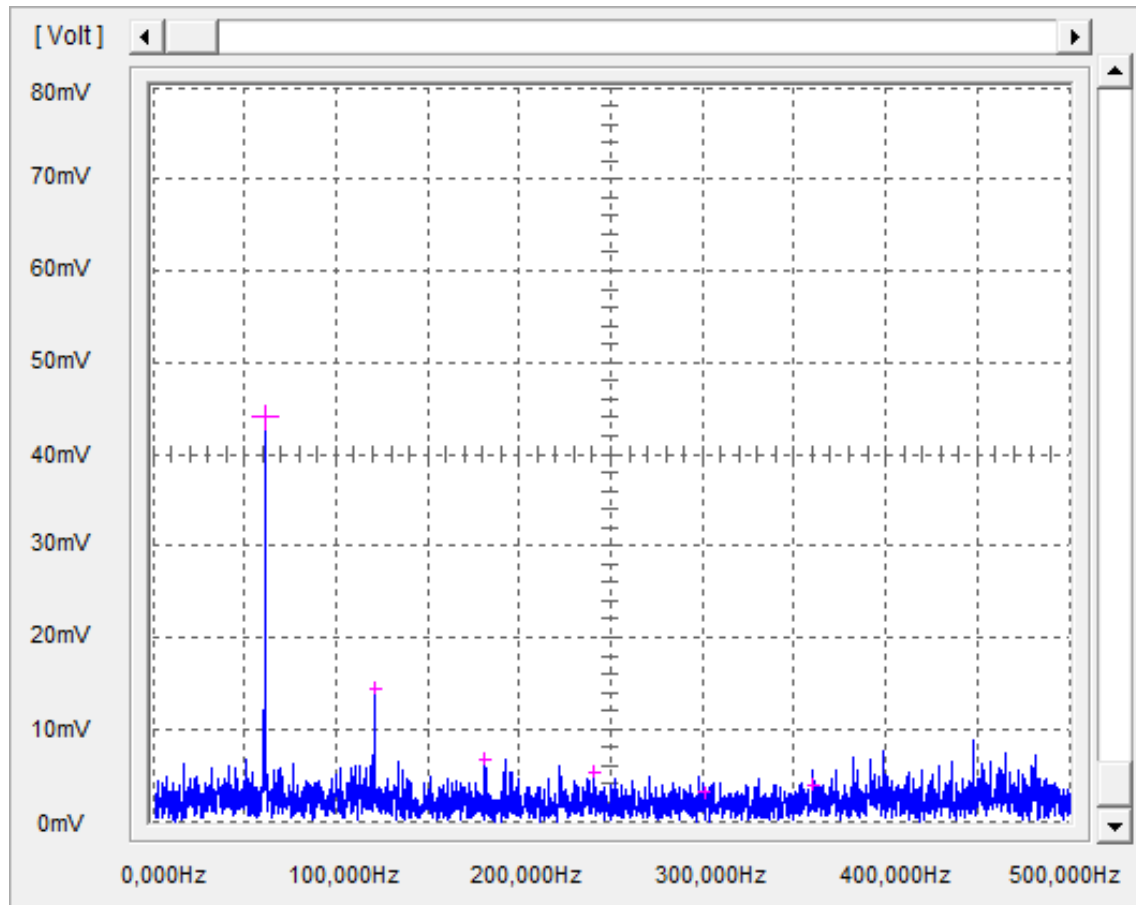
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	43,994 mV	2nd	122,750 Hz	14,599 mV
3rd	184,000 Hz	6,830 mV	4th	245,250 Hz	5,504 mV
5th	306,750 Hz	3,238 mV	6th	367,000 Hz	4,056 mV

Gráfica A. 36 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

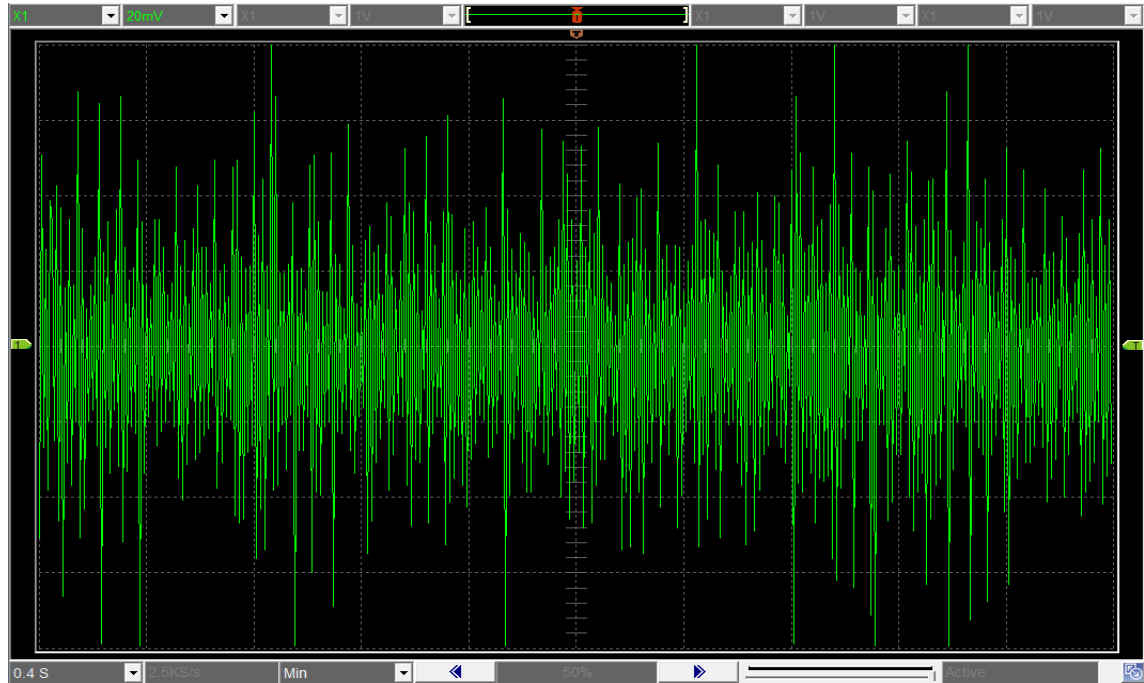
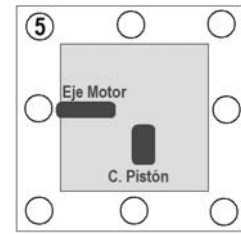
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

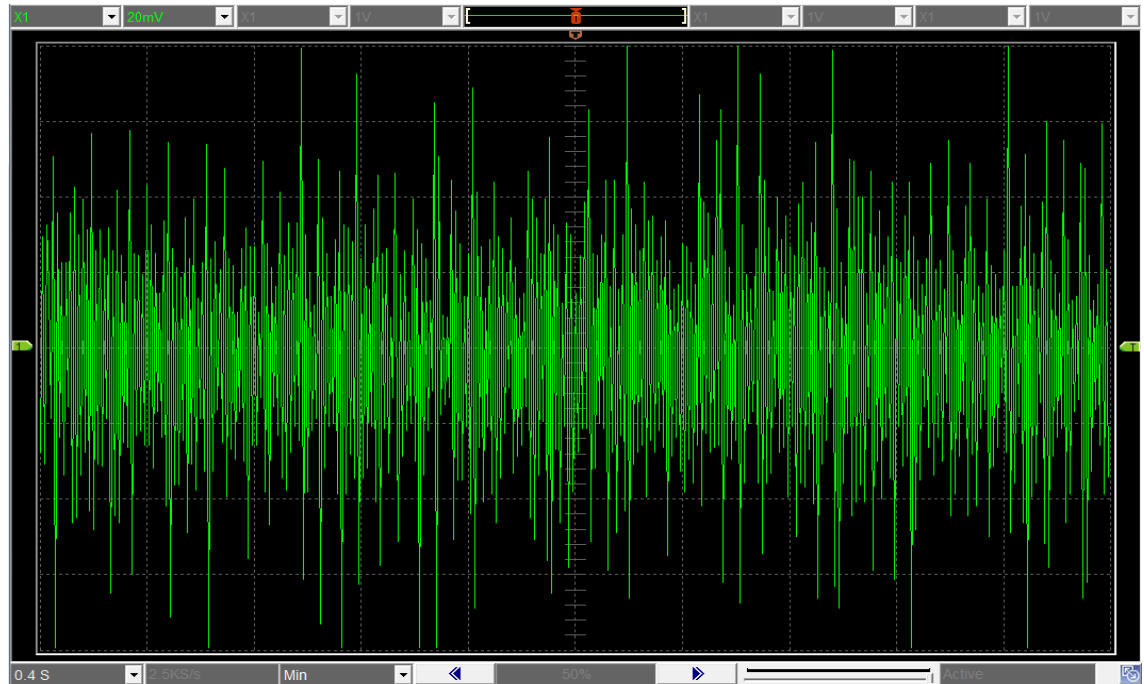
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



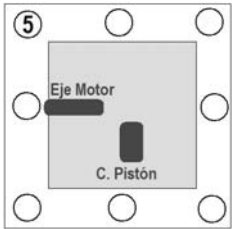
Gráfica A. 37 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

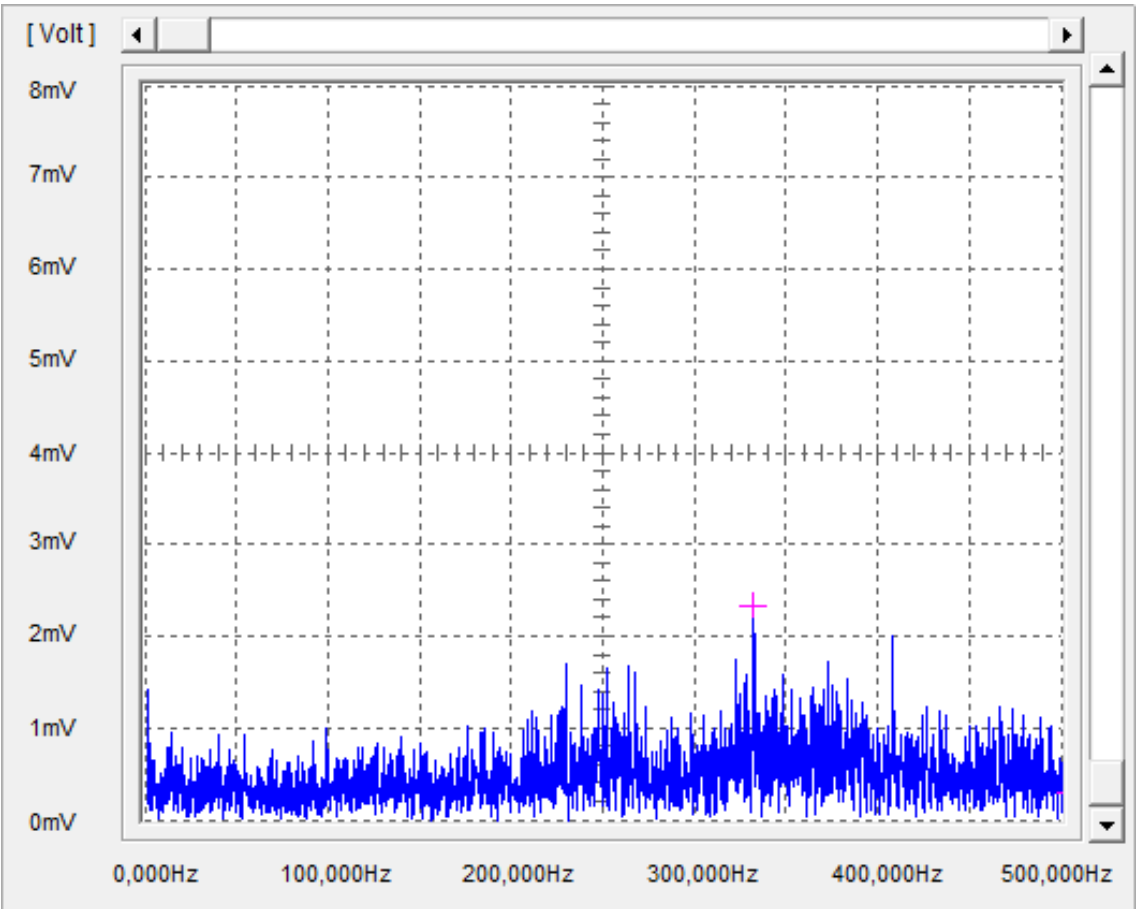


Gráfica A. 38 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



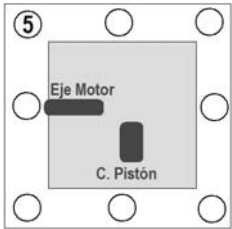
Prueba 1:



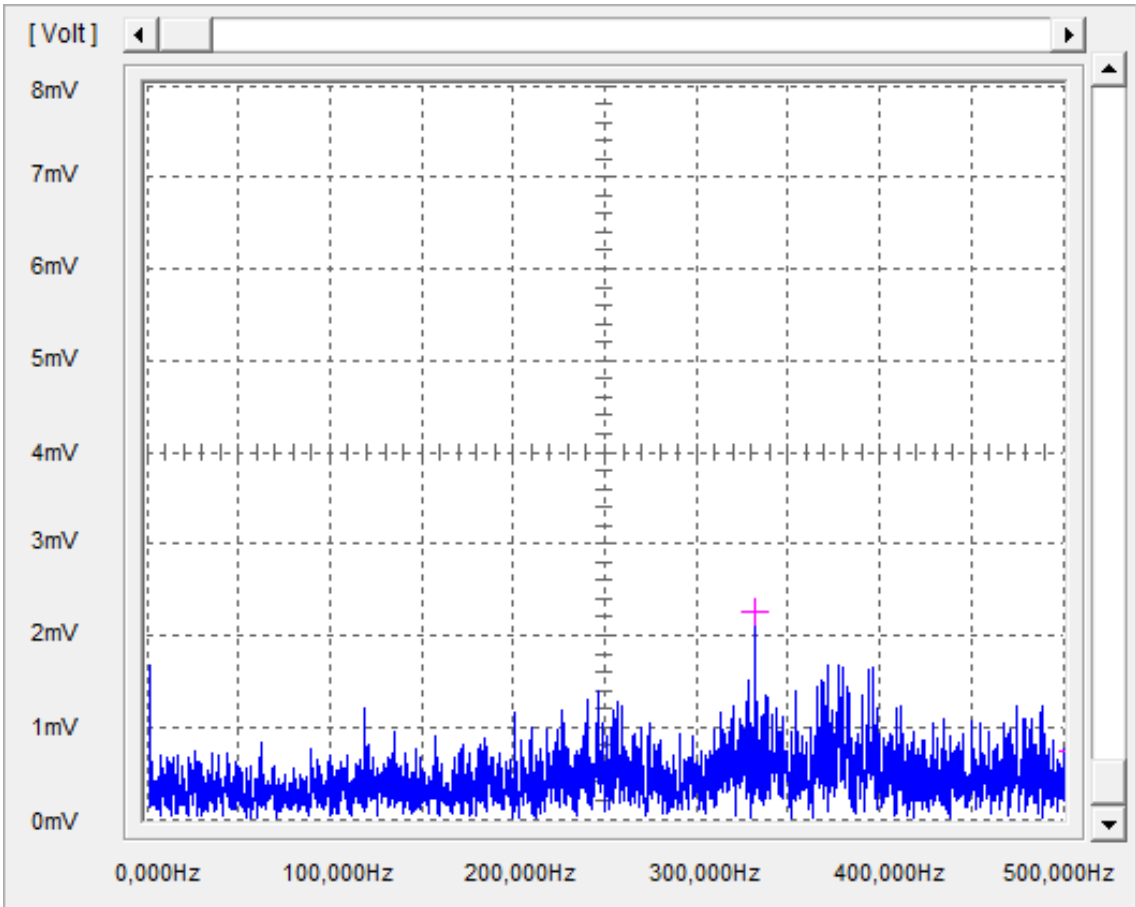
Harmonics Information					
1st	338,500 Hz	2,346 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	1,187 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	0,715 mV	6th	---	---

Gráfica A. 39 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	338,500 Hz	2,263 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	1,187 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	0,715 mV	6th	---	---

Gráfica A. 40 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

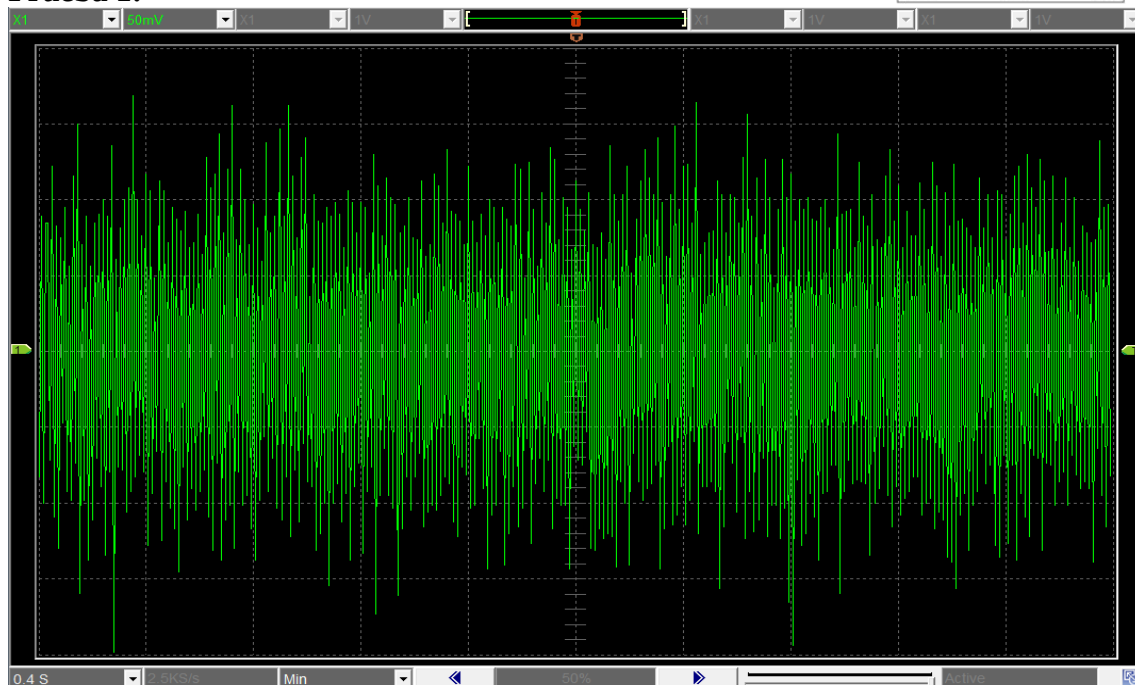
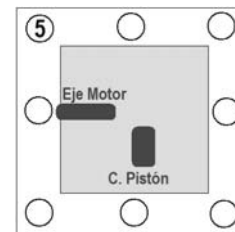
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

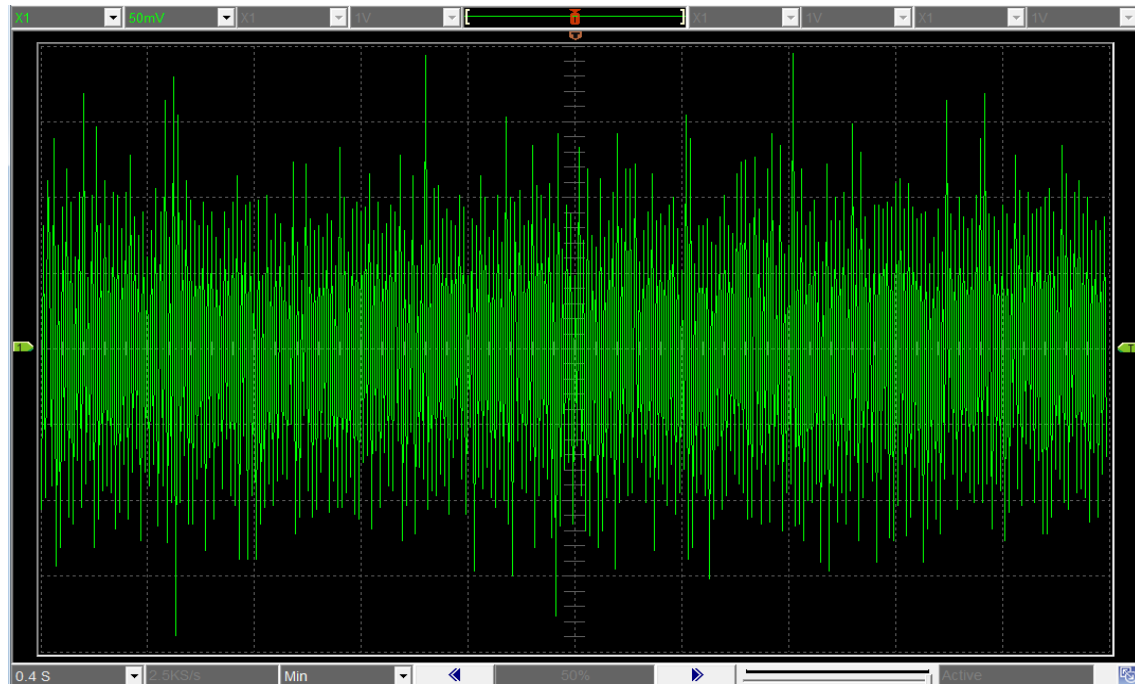
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



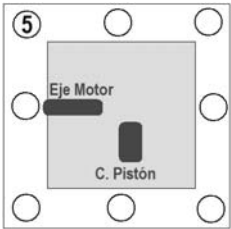
Gráfica A. 41 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

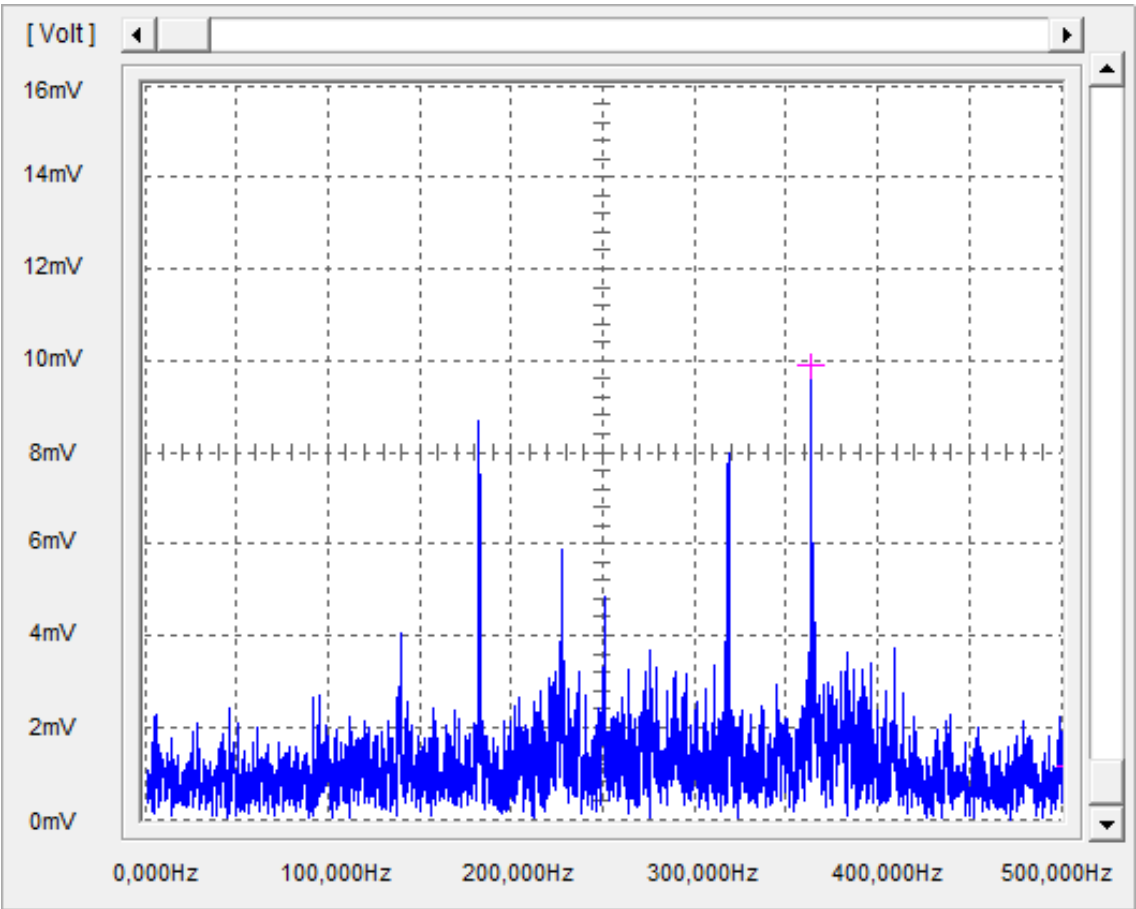


Gráfica A. 42 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



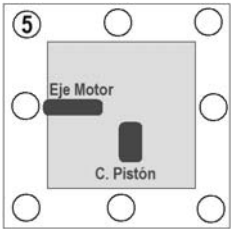
Prueba 1:



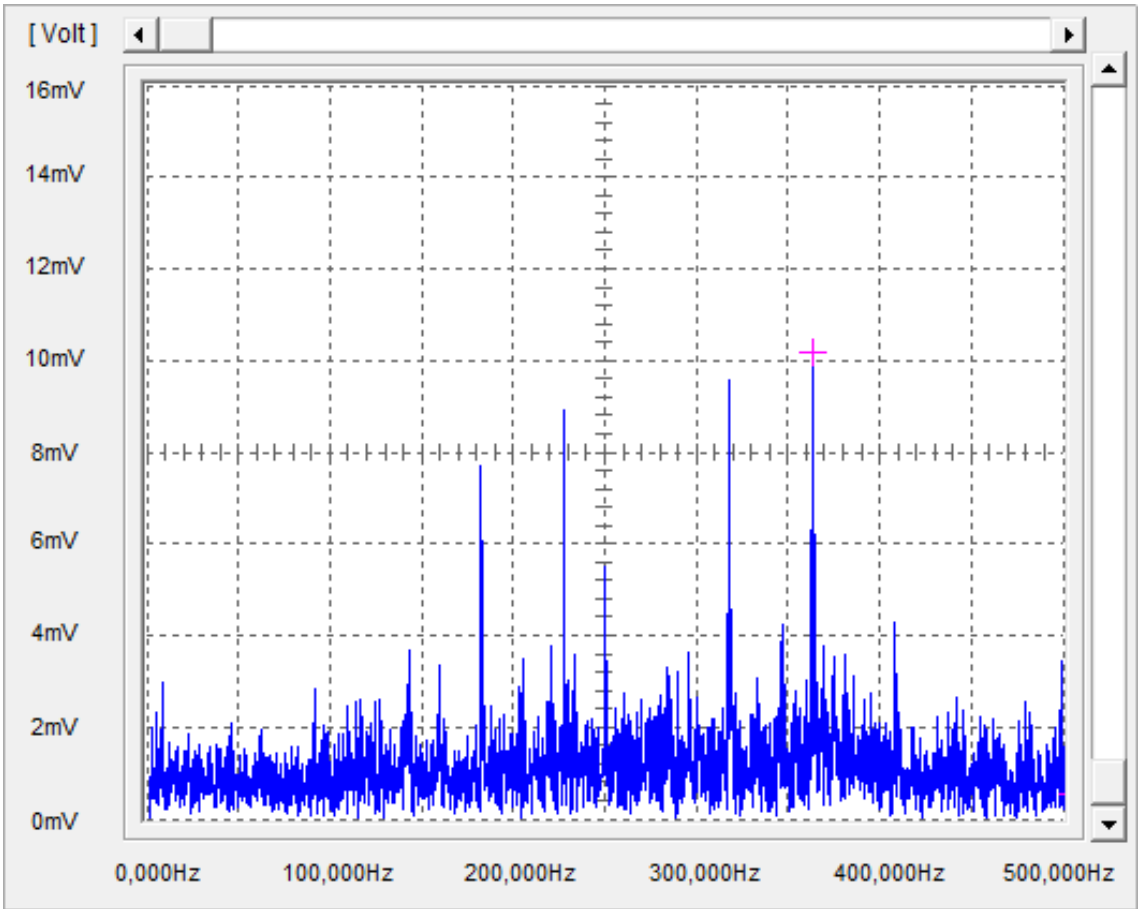
Harmonics Information					
1st	370,750 Hz	9,879 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	7,999 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	8,664 mV	6th	---	---

Gráfica A. 43 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	370,000 Hz	10,166 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	7,999 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	8,664 mV	6th	---	---

Gráfica A. 44 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

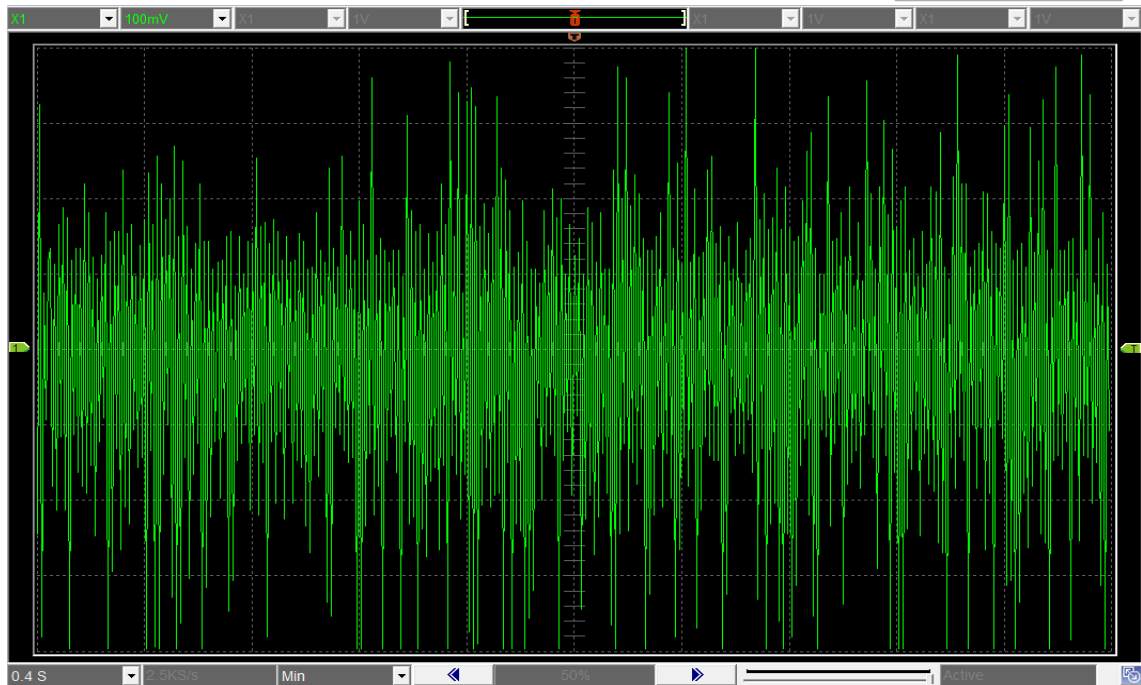
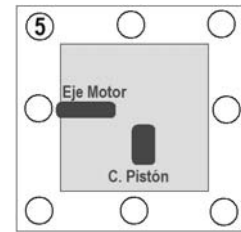
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

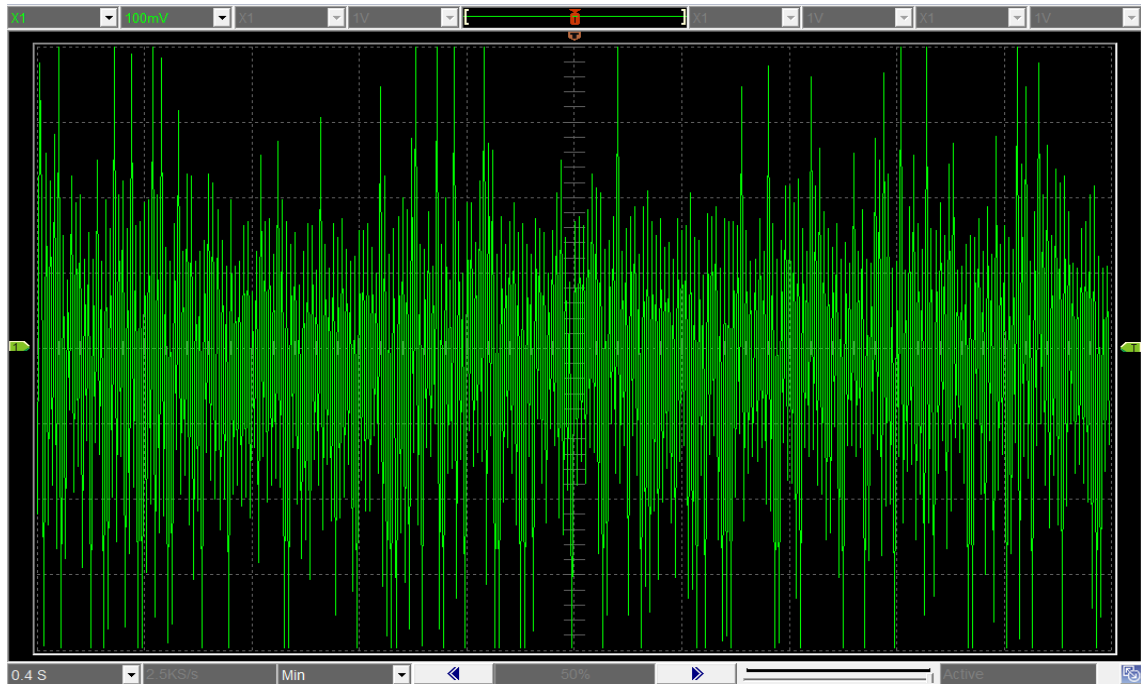
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 45 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



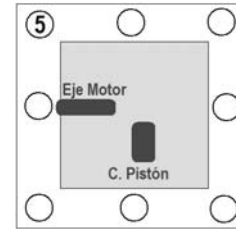
Gráfica A. 46 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

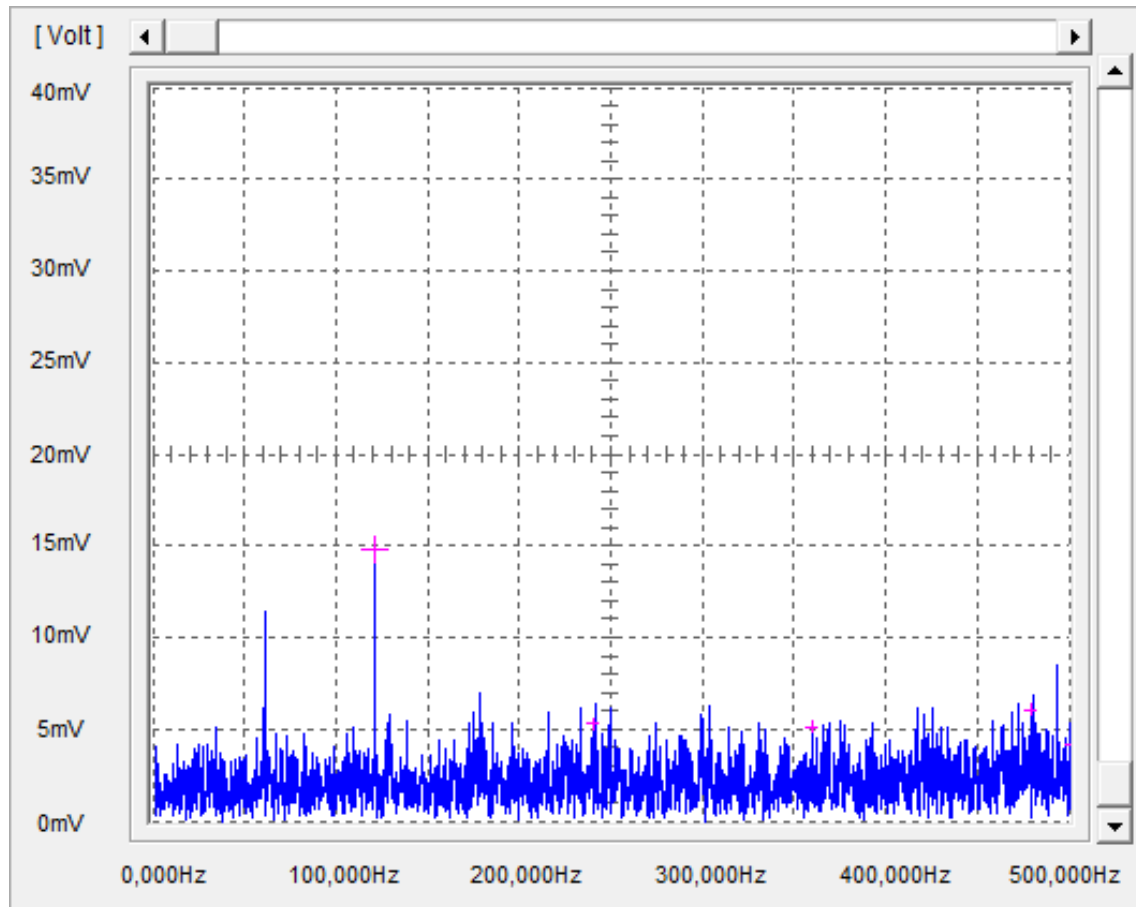
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



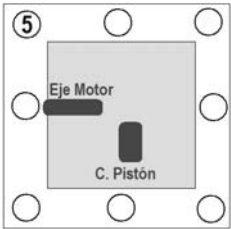
Prueba 1:



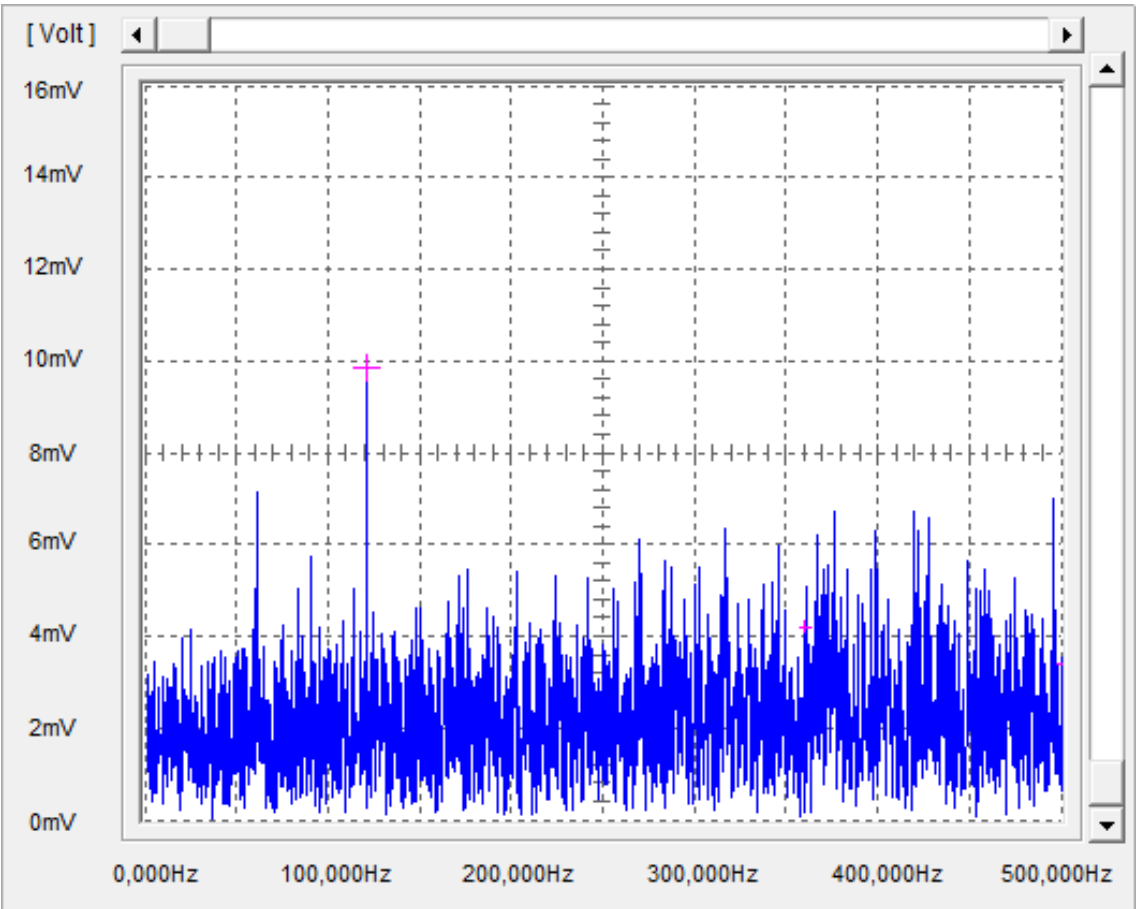
Harmonics Information					
1st	122,250 Hz	14,826 mV	2nd	244,250 Hz	5,321 mV
3rd	366,500 Hz	5,164 mV	4th	488,500 Hz	6,111 mV
5th	511,750 Hz	8,436 mV	6th	511,750 Hz	10,370 mV

Gráfica A. 47 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	122,250 Hz	9,844 mV	2nd	---	---
3rd	367,250 Hz	4,223 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	4,679 mV	6th	---	---

Gráfica A. 48 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

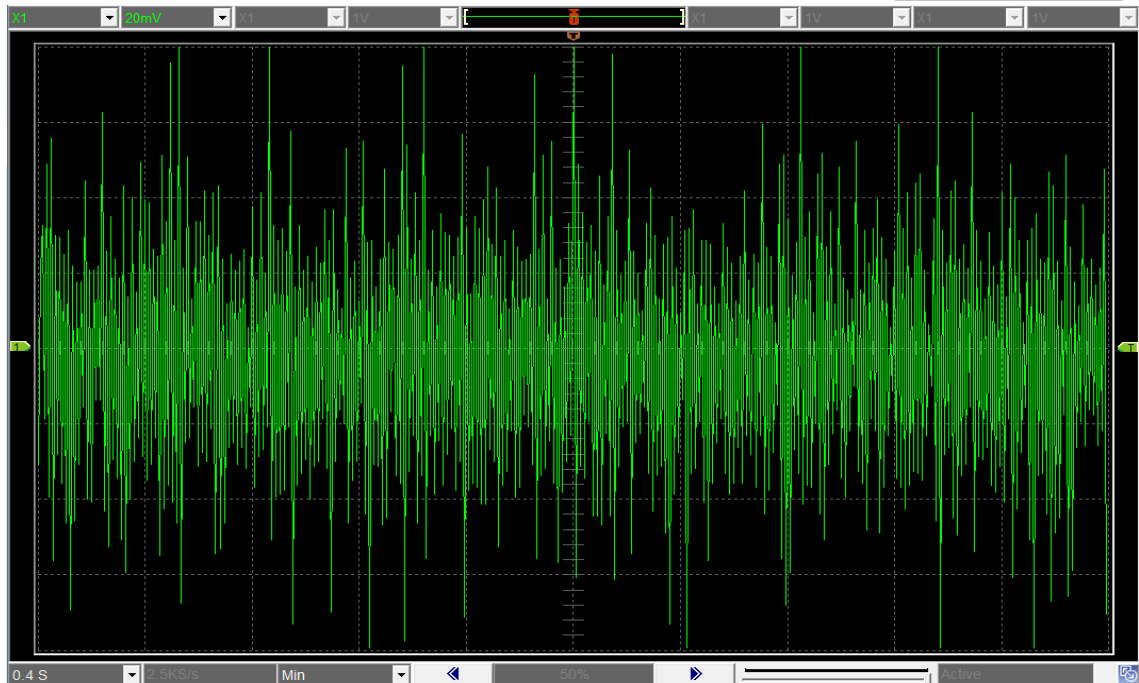
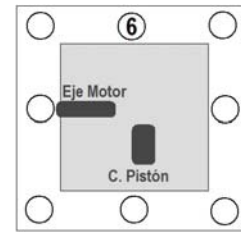
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

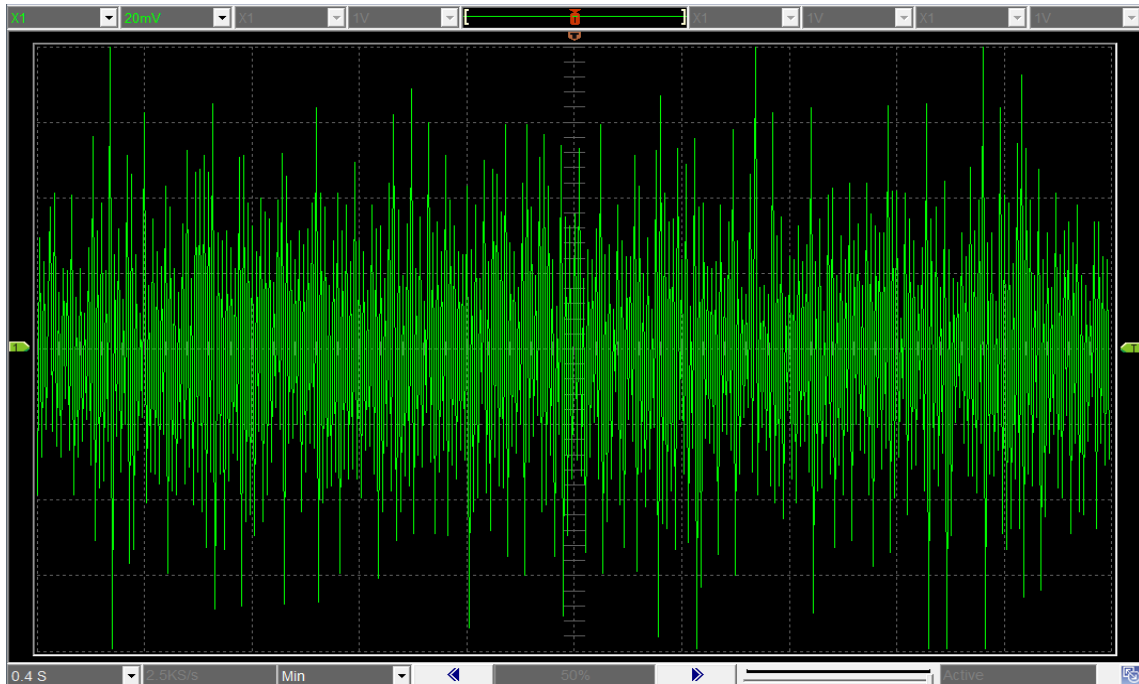
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 49 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



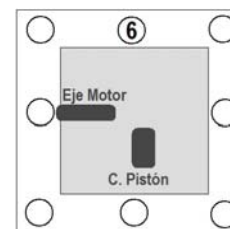
Gráfica A. 50 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

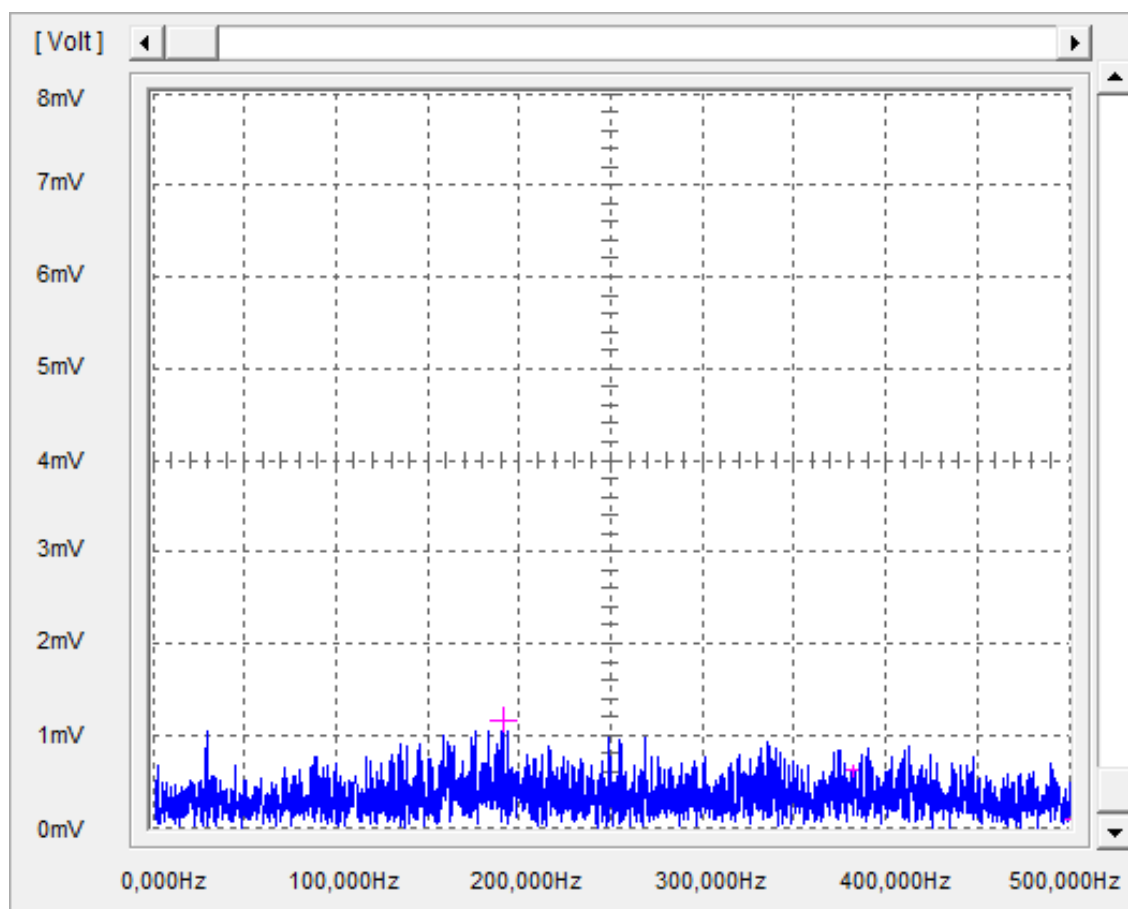
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	194,500 Hz	1,174 mV	2nd	389,500 Hz	0,624 mV
3rd	511,750 Hz	0,531 mV	4th	511,750 Hz	0,352 mV
5th	511,750 Hz	0,519 mV	6th	511,750 Hz	0,667 mV

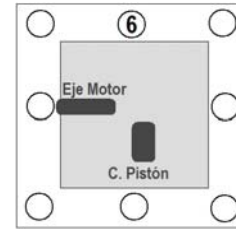
Gráfica A. 51 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

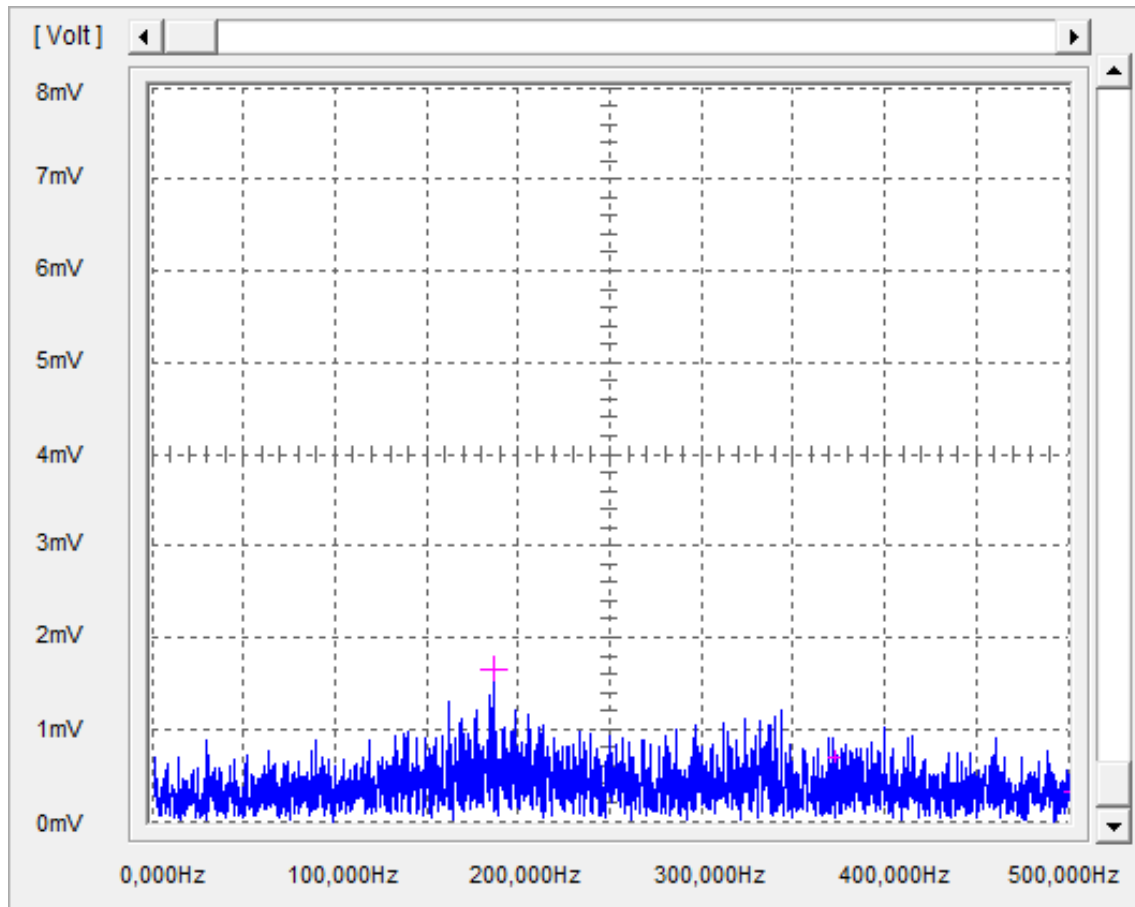
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	189,750 Hz	1,664 mV	2nd	380,000 Hz	0,710 mV
3rd	511,750 Hz	0,531 mV	4th	511,750 Hz	0,352 mV
5th	511,750 Hz	0,519 mV	6th	511,750 Hz	0,667 mV

Gráfica A. 52 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

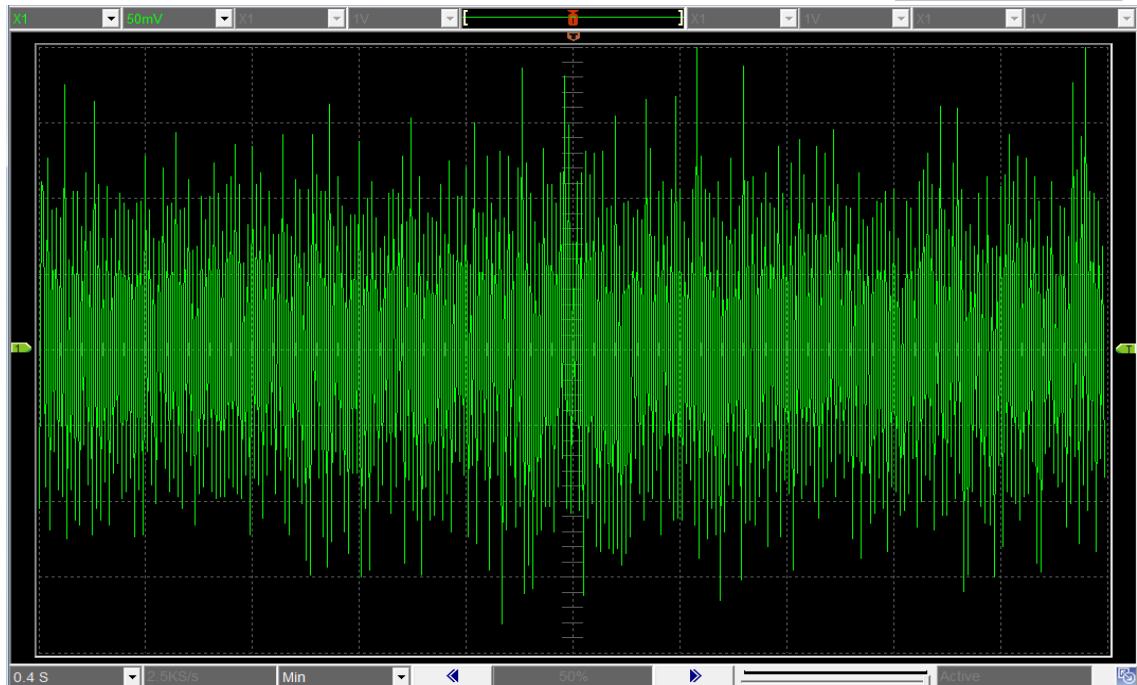
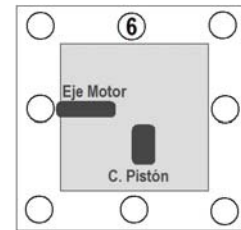
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

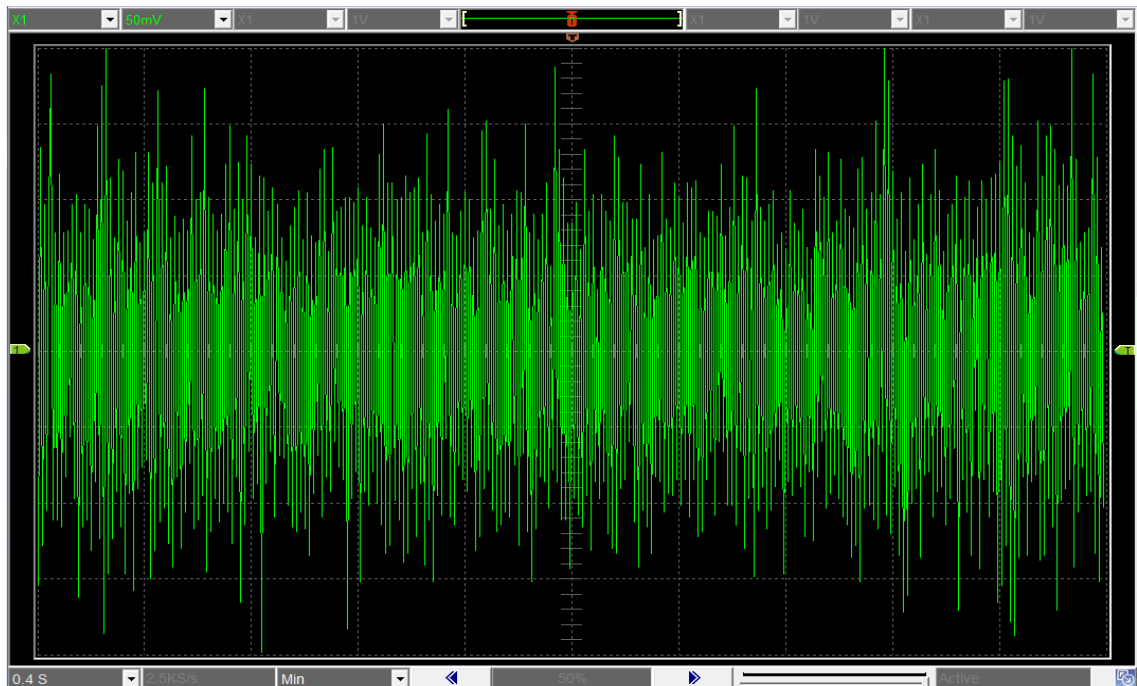
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



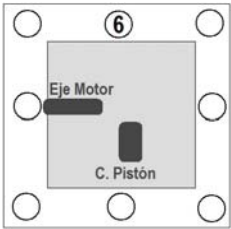
Gráfica A. 53 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

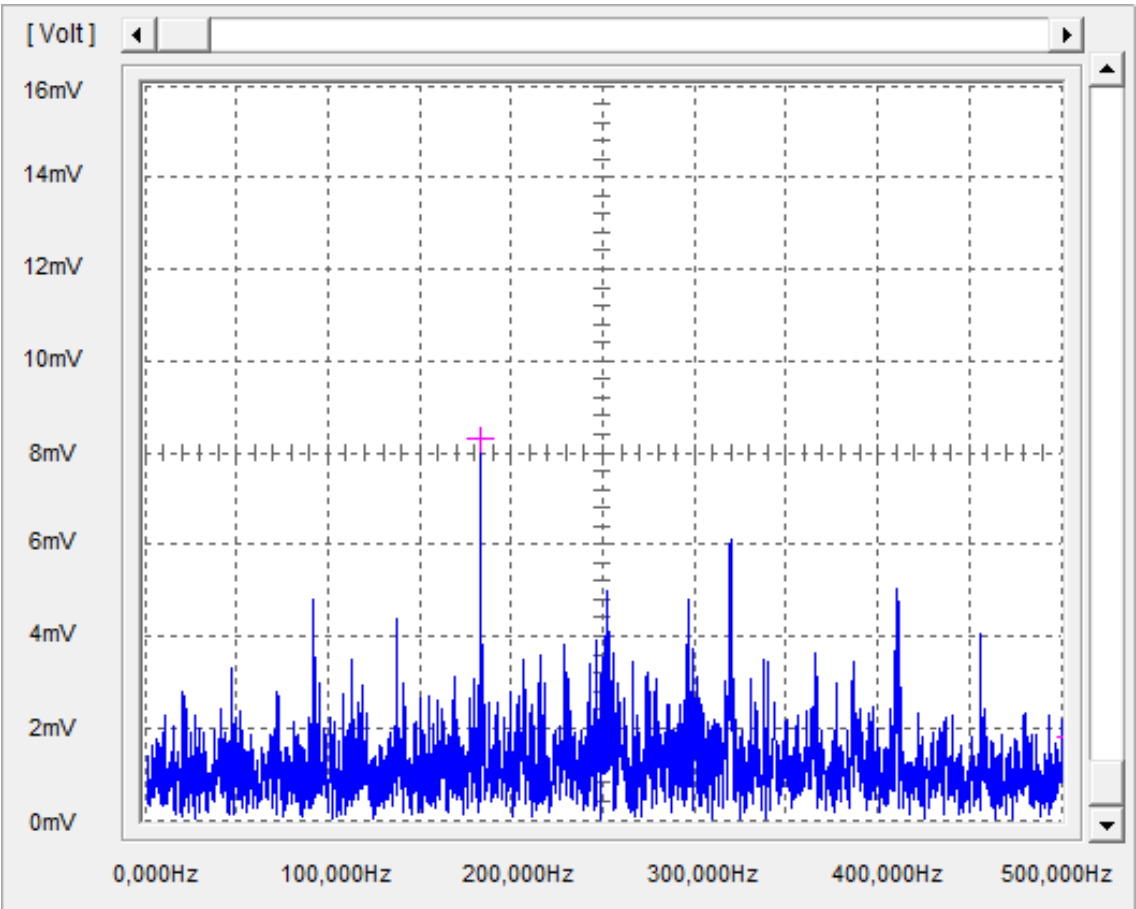


Gráfica A. 54 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	186,000 Hz	8,295 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	7,999 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	8,664 mV	6th	---	---

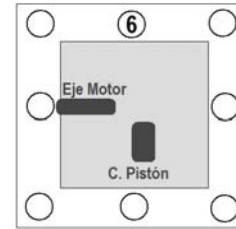
Gráfica A. 55 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

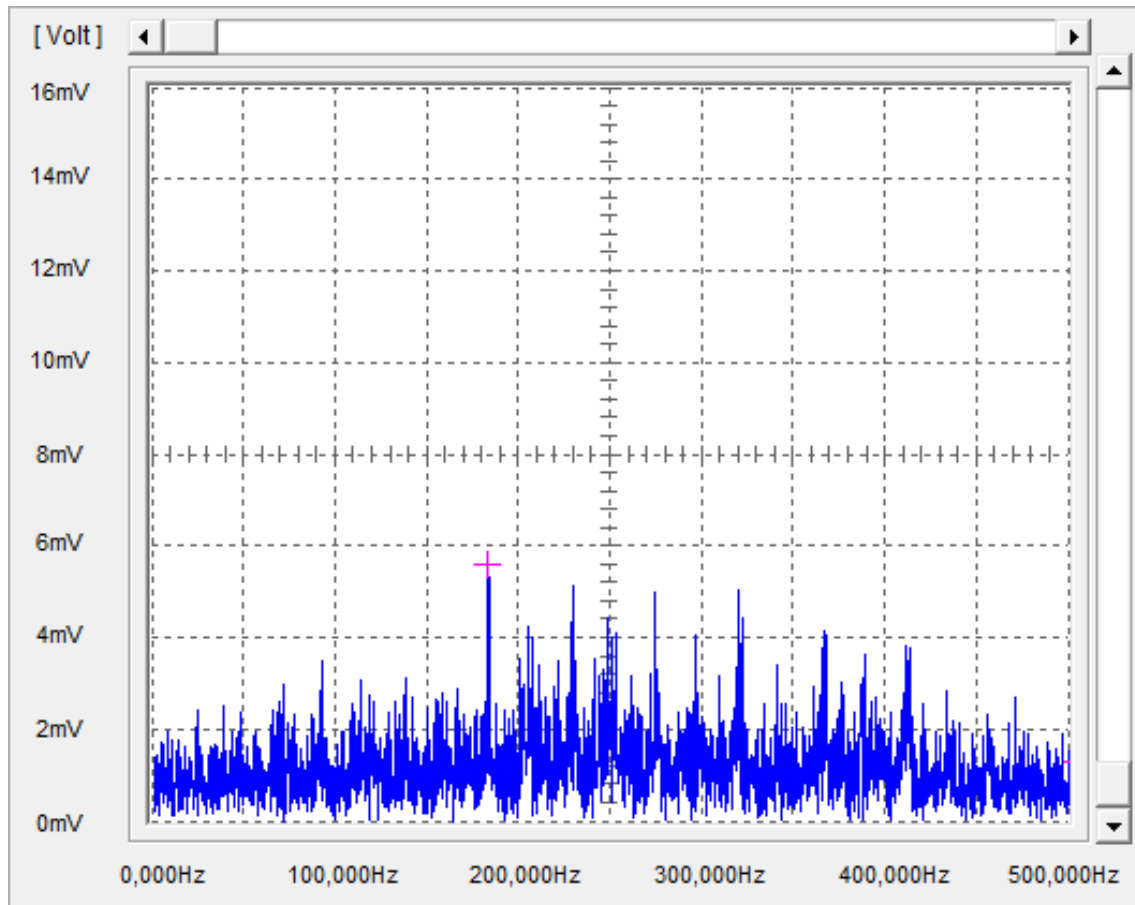
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	186,500 Hz	5,603 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	7,999 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	8,664 mV	6th	---	---

Gráfica A. 56 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

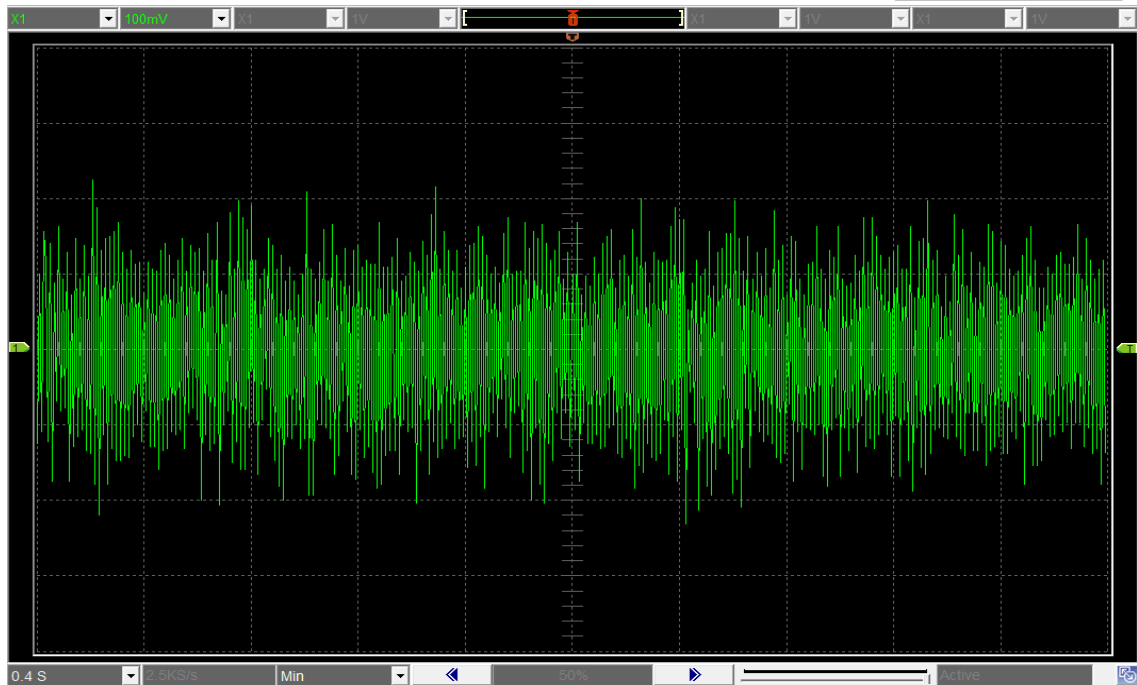
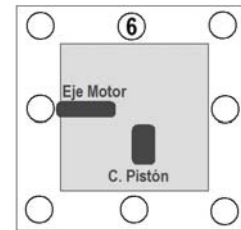
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

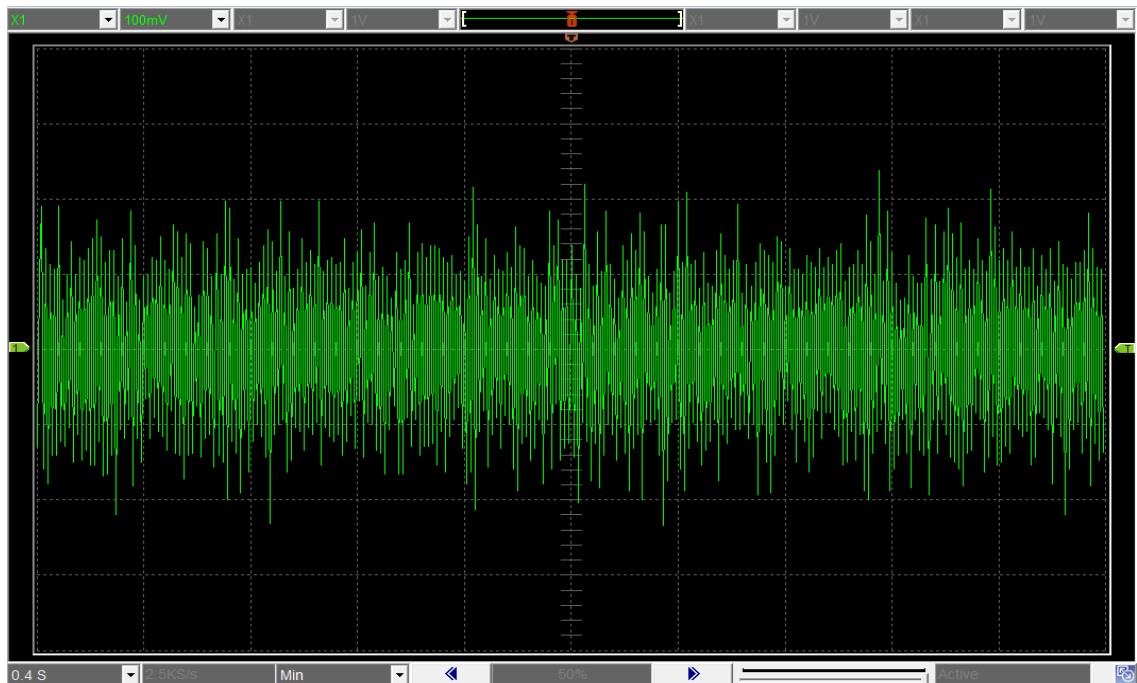
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 57 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



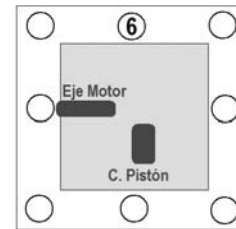
Gráfica A. 58 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

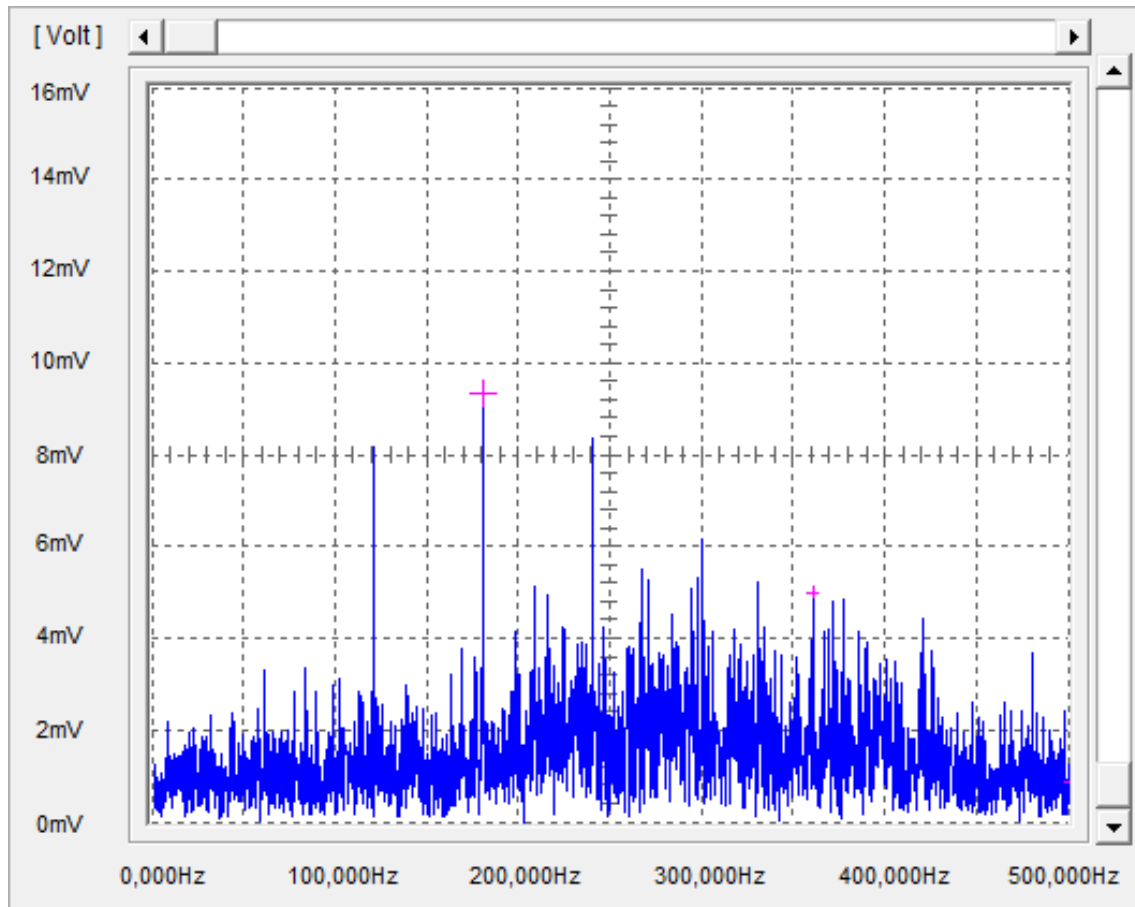
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



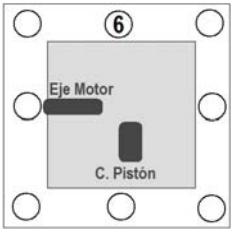
Prueba 1:



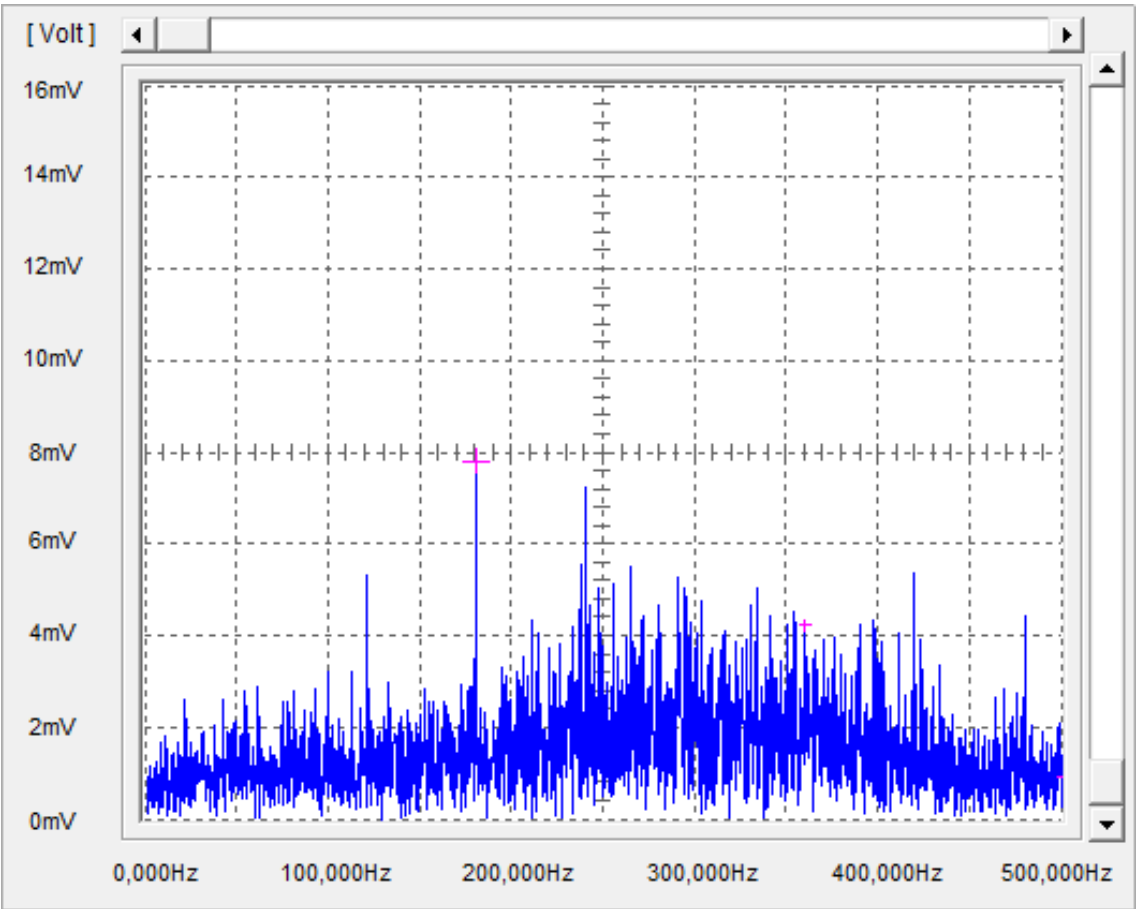
Harmonics Information					
1st	183,750 Hz	9,335 mV	2nd	367,500 Hz	5,019 mV
3rd	511,750 Hz	2,812 mV	4th	511,750 Hz	6,835 mV
5th	511,750 Hz	5,971 mV	6th	511,750 Hz	3,253 mV

Gráfica A. 59 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	183,500 Hz	7,811 mV	2nd	367,250 Hz	4,235 mV
3rd	511,750 Hz	2,812 mV	4th	511,750 Hz	6,835 mV
5th	511,750 Hz	5,971 mV	6th	511,750 Hz	3,253 mV

Gráfica A. 60 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

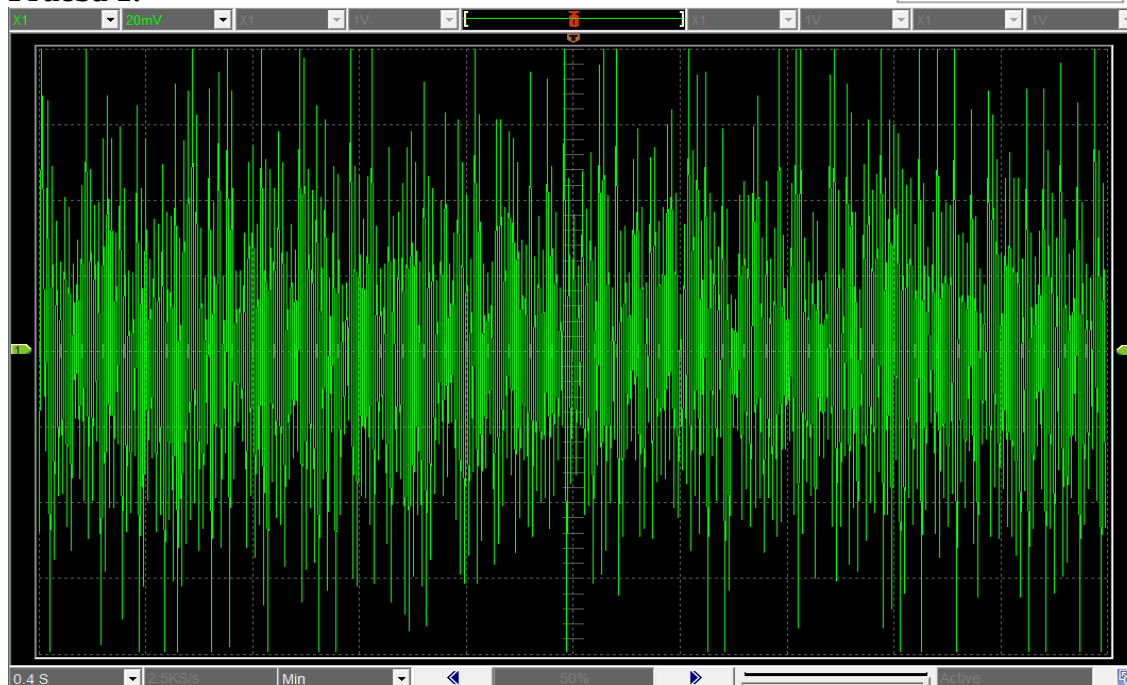
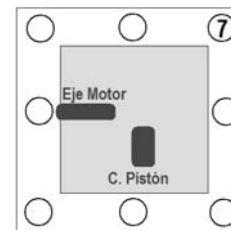
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

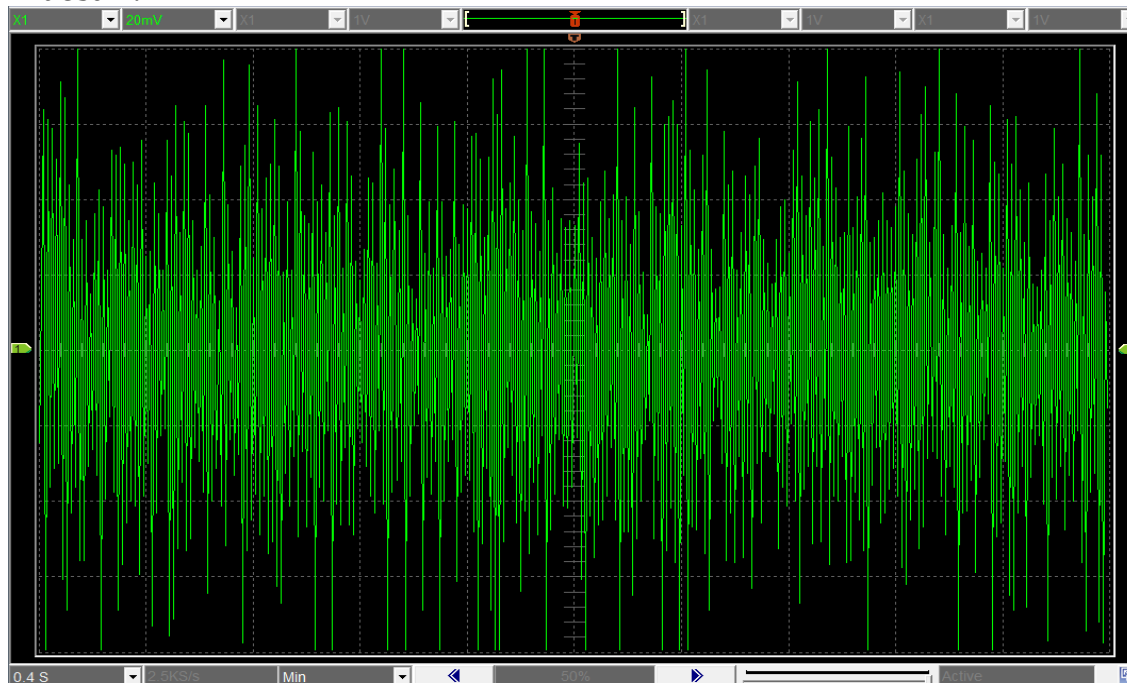
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 61 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



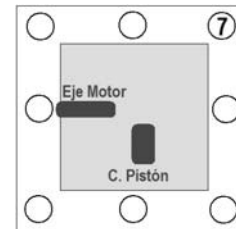
Gráfica A. 62 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

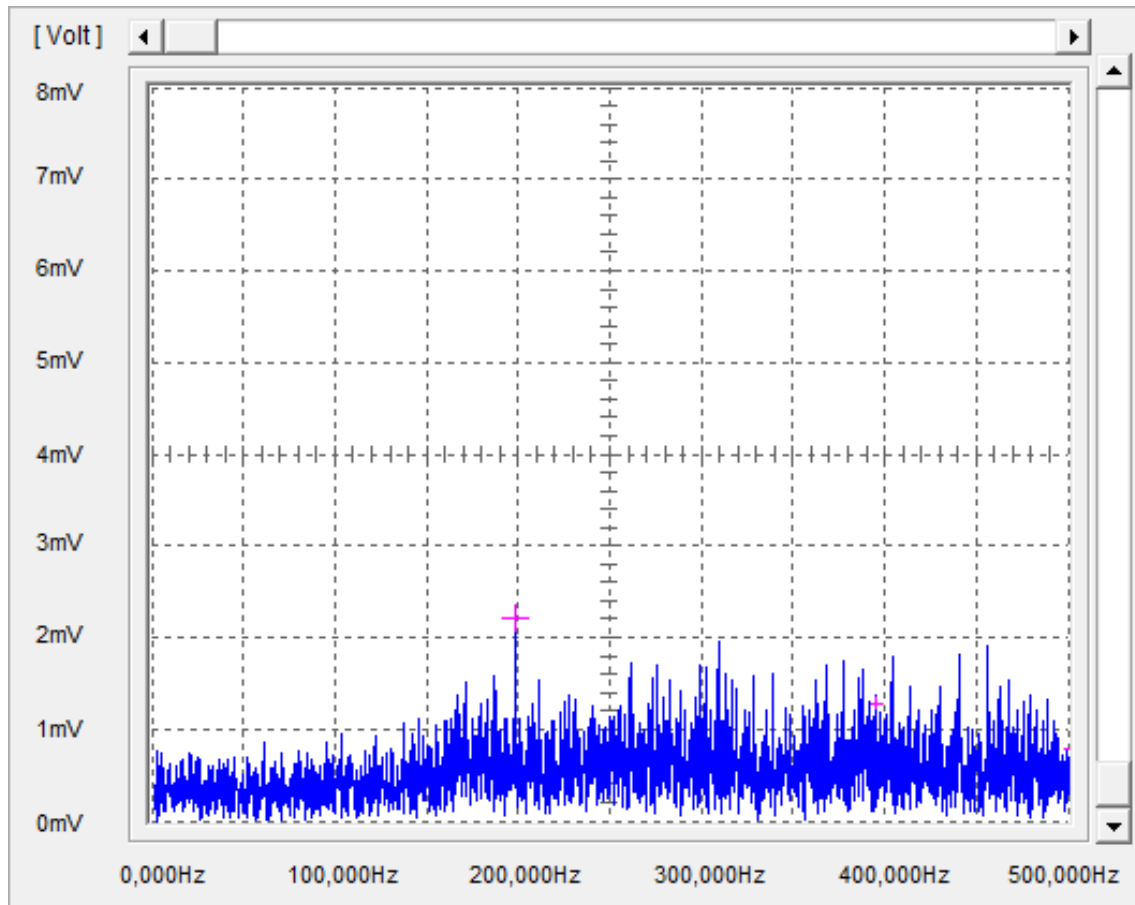
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



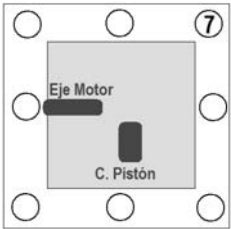
Prueba 1:



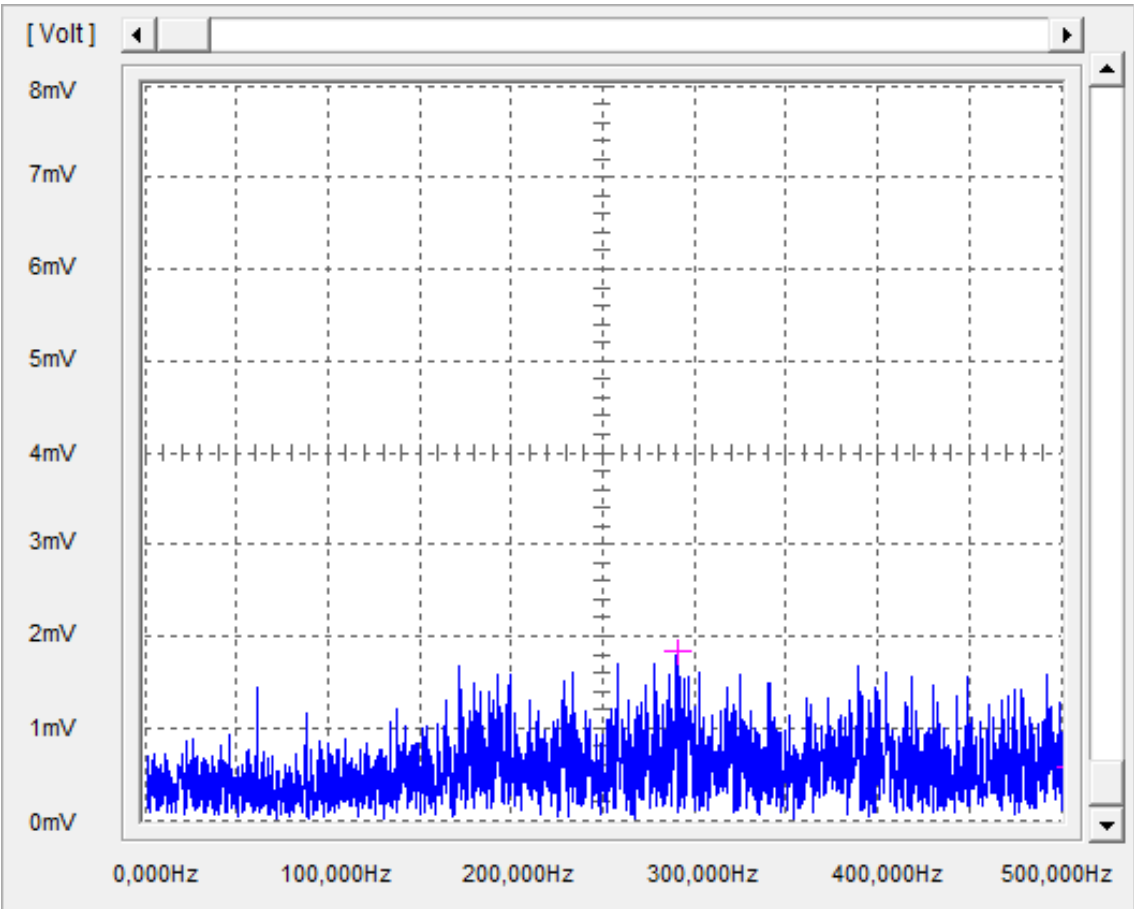
Harmonics Information					
1st	201,750 Hz	2,220 mV	2nd	403,000 Hz	1,292 mV
3rd	511,750 Hz	0,956 mV	4th	511,750 Hz	0,352 mV
5th	511,750 Hz	0,519 mV	6th	511,750 Hz	0,667 mV

Gráfica A. 63 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	296,750 Hz	1,838 mV	2nd	511,750 Hz	1,292 mV
3rd	511,750 Hz	0,956 mV	4th	511,750 Hz	0,352 mV
5th	511,750 Hz	0,519 mV	6th	511,750 Hz	0,667 mV

Gráfica A. 64 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

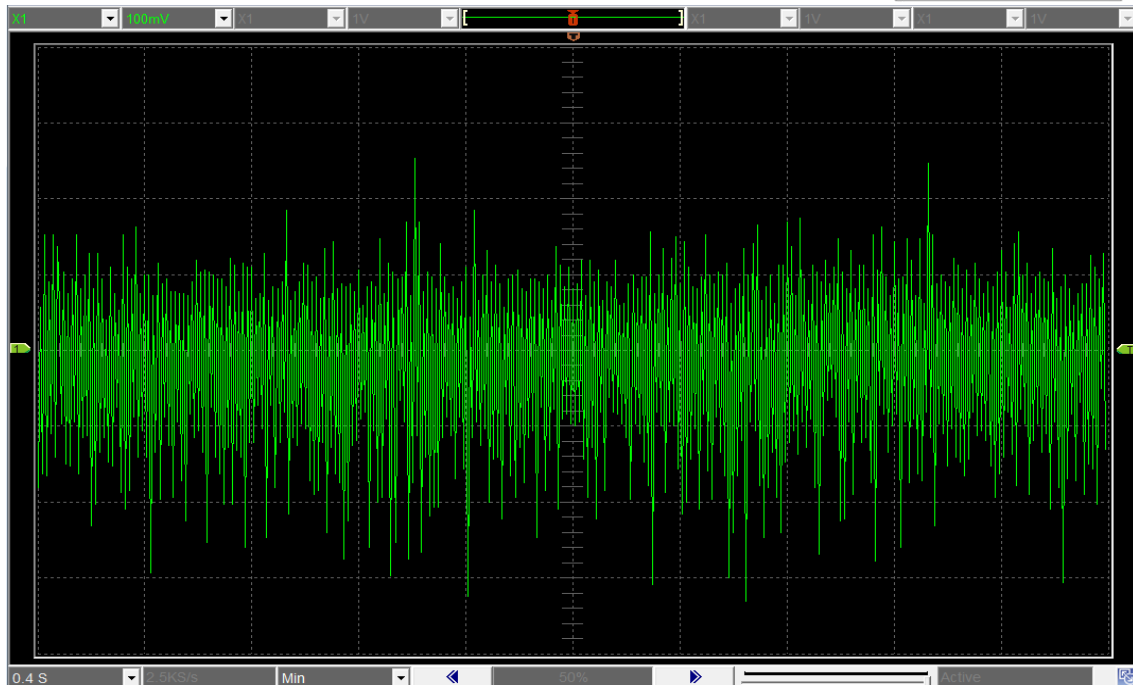
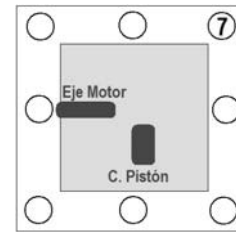
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

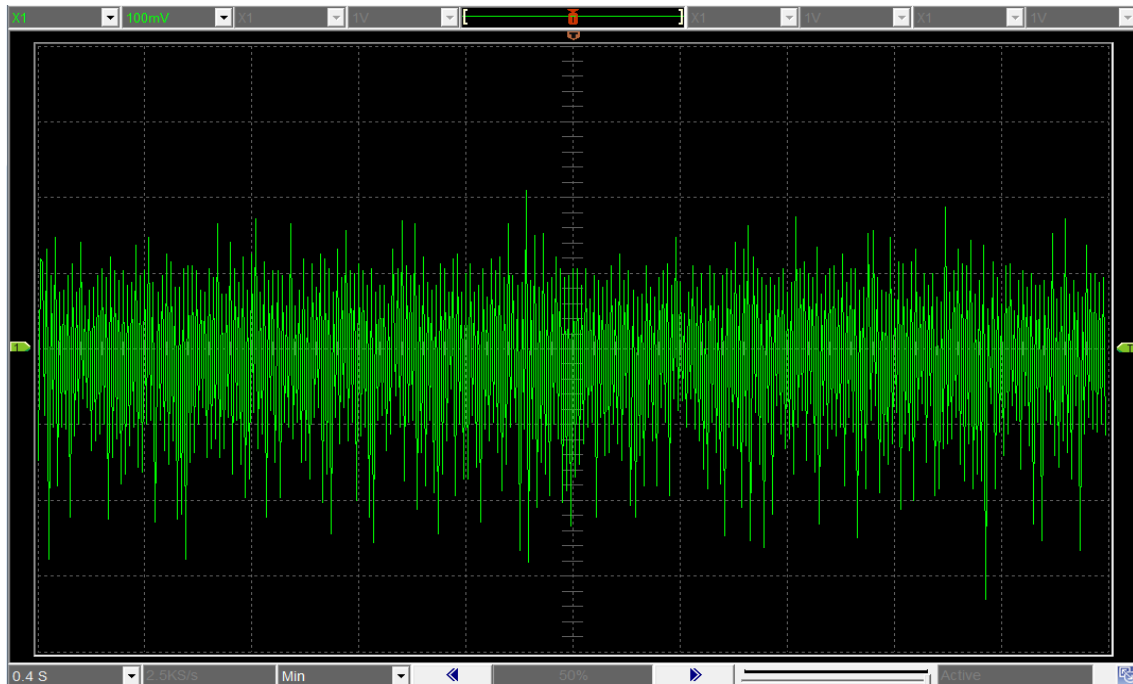
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



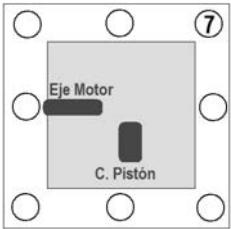
Gráfica A. 65 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

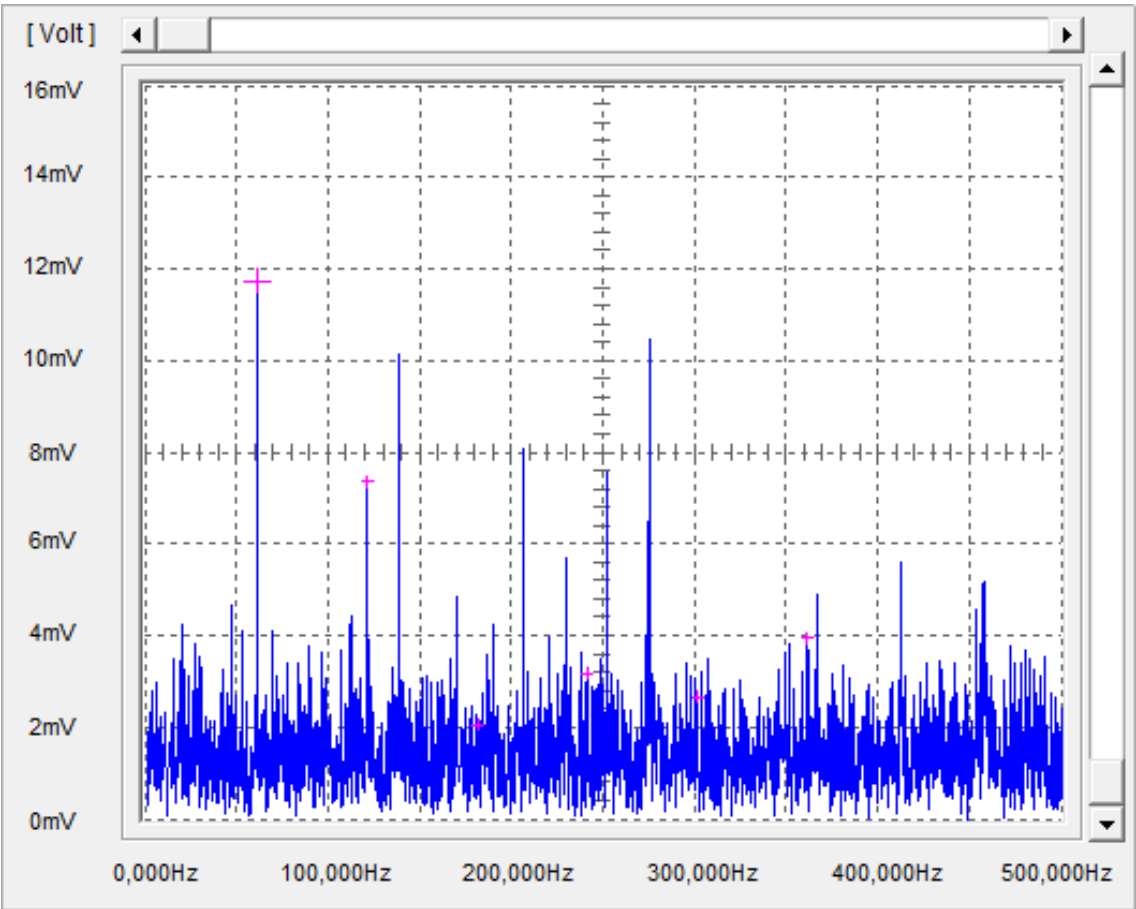


Gráfica A. 66 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	11,731 mV	2nd	122,750 Hz	7,354 mV
3rd	184,250 Hz	2,081 mV	4th	245,750 Hz	3,190 mV
5th	307,250 Hz	2,676 mV	6th	368,500 Hz	3,959 mV

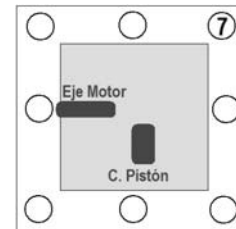
Gráfica A. 67 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

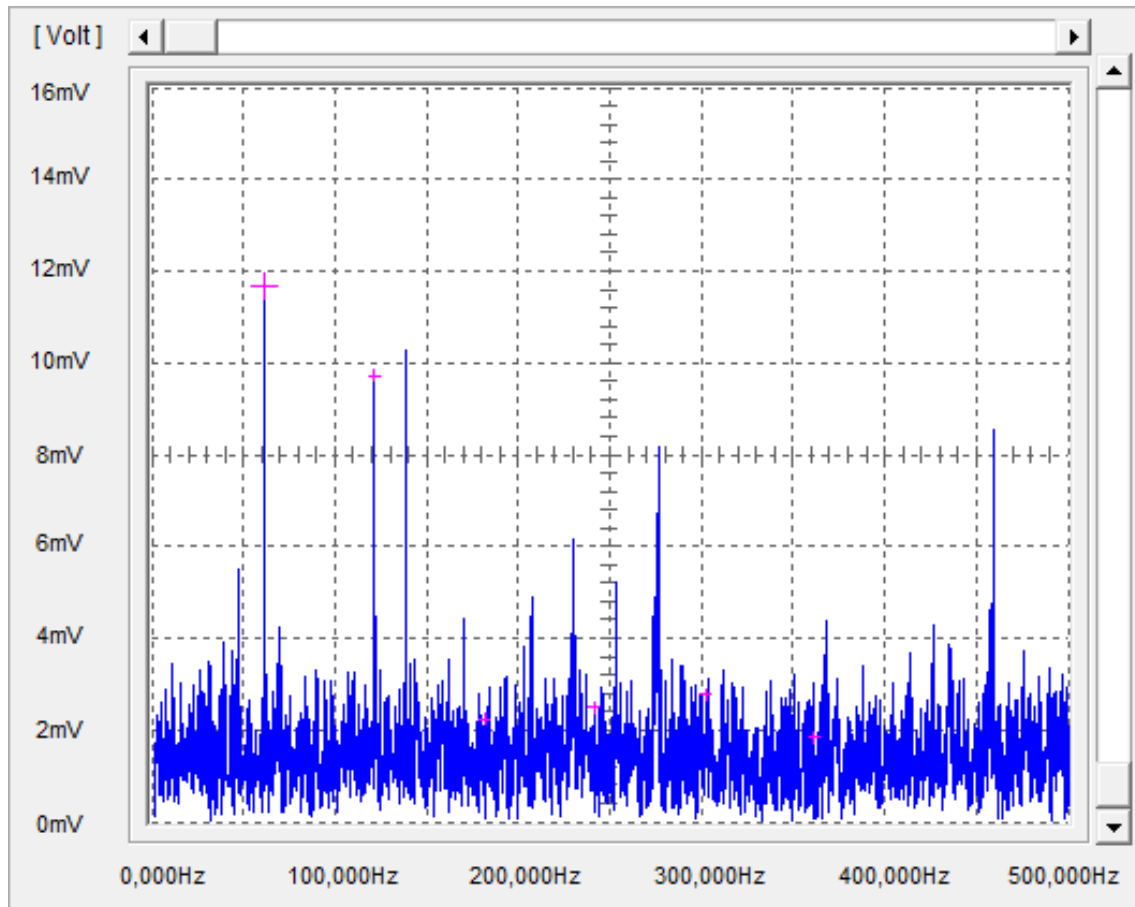
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	11,663 mV	2nd	122,750 Hz	9,728 mV
3rd	184,250 Hz	2,255 mV	4th	245,750 Hz	2,505 mV
5th	307,750 Hz	2,784 mV	6th	368,500 Hz	1,864 mV

Gráfica A. 68 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

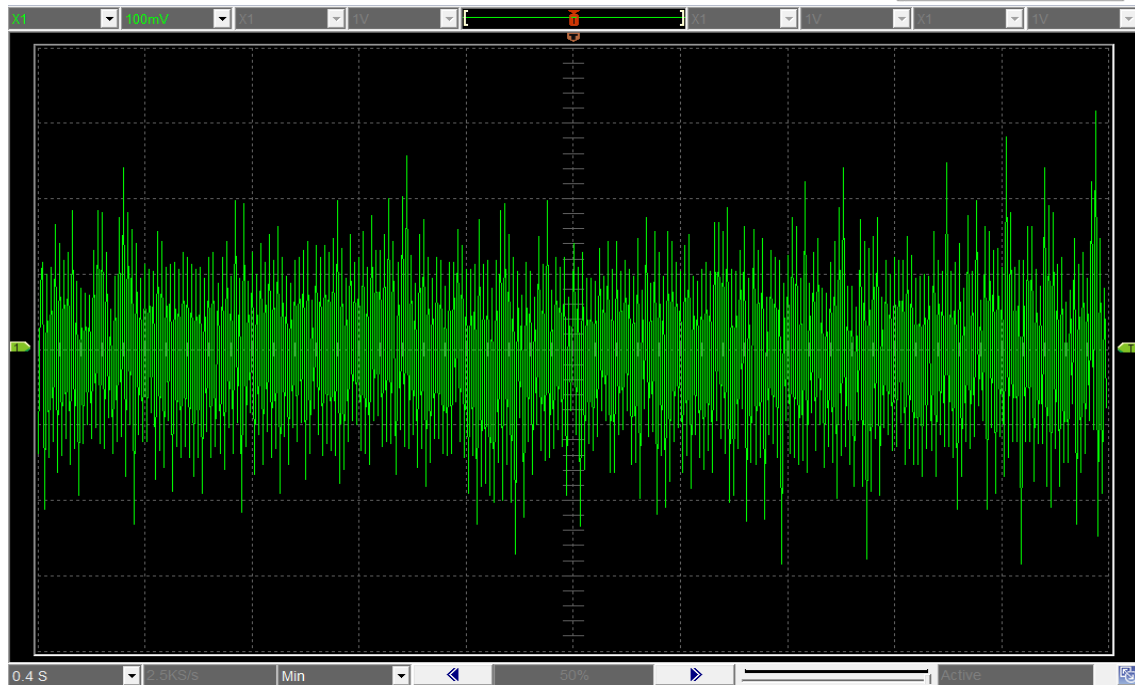
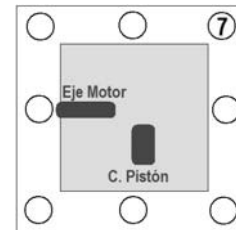
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

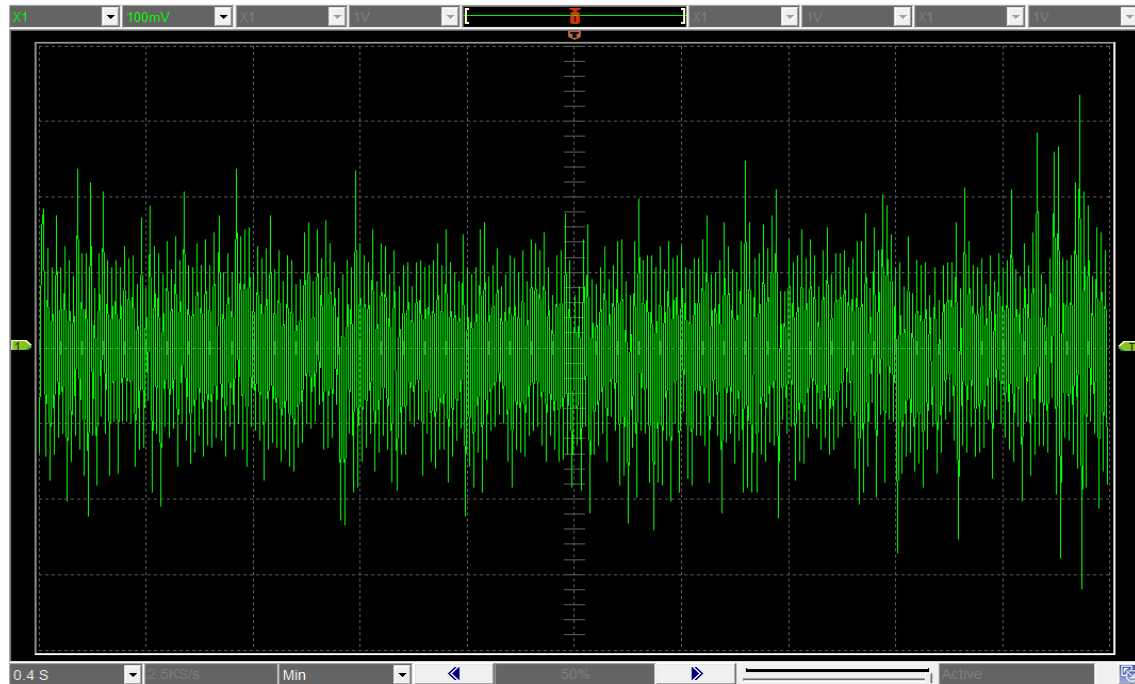
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



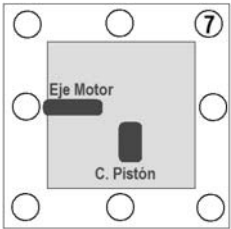
Gráfica A. 68 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

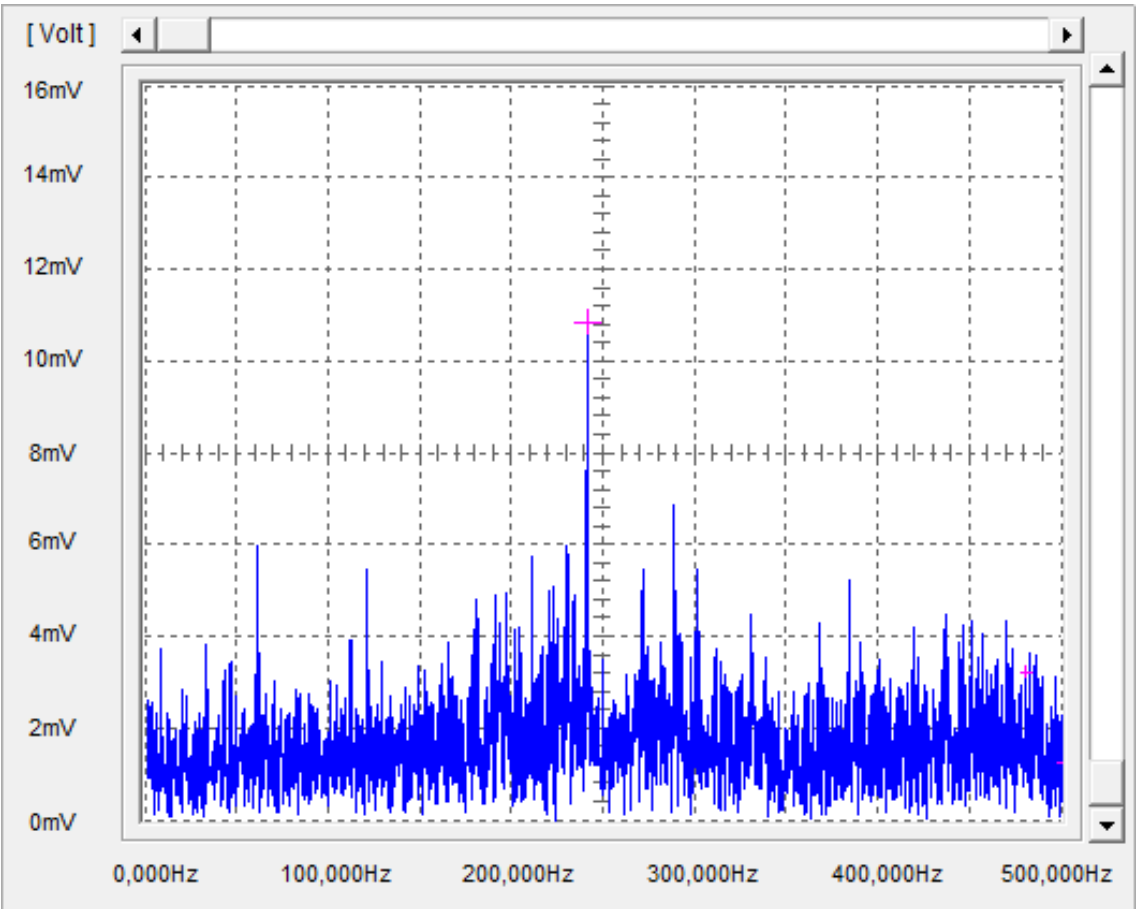


Gráfica A. 70 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



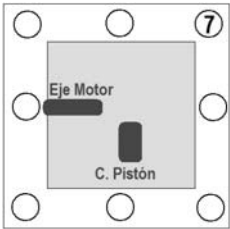
Prueba 1:



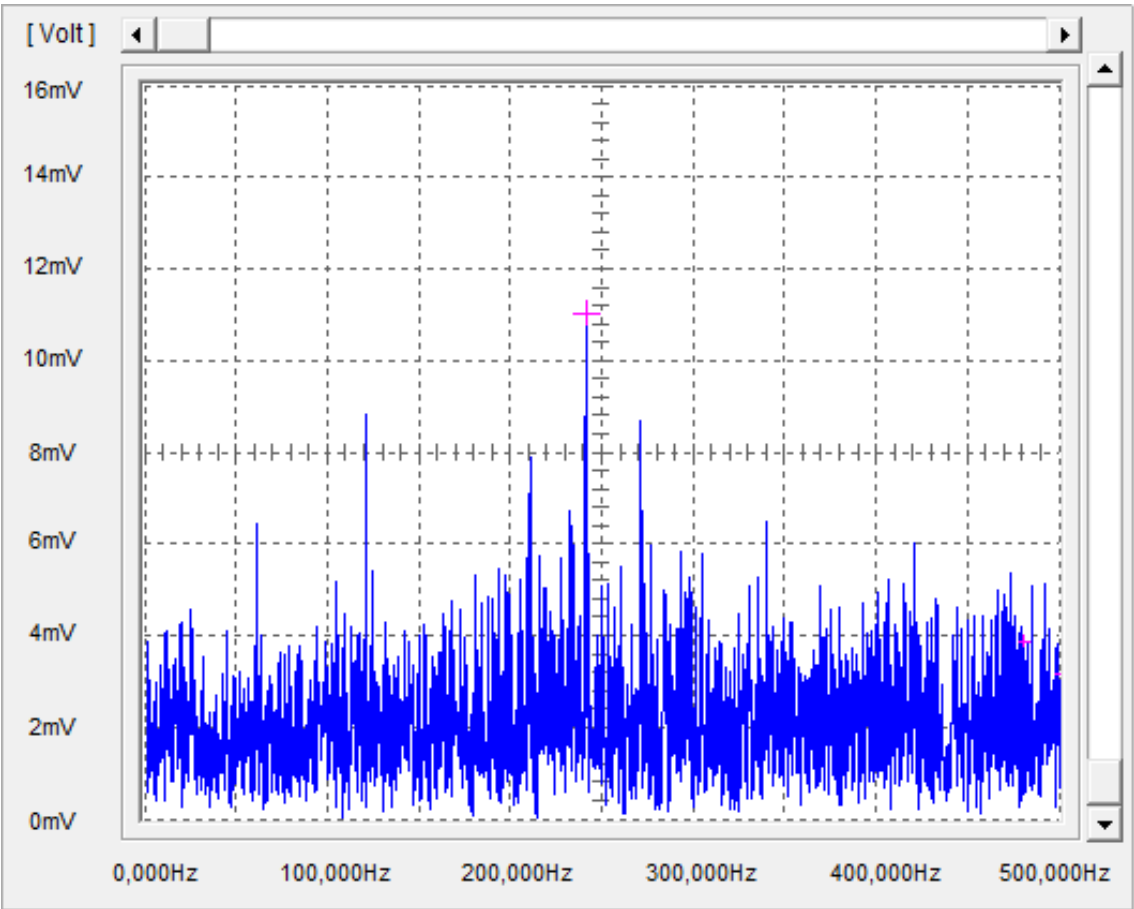
Harmonics Information					
1st	245,500 Hz	10,840 mV	2nd	490,750 Hz	3,236 mV
3rd	511,750 Hz	0,465 mV	4th	511,750 Hz	0,273 mV
5th	511,750 Hz	0,365 mV	6th	511,750 Hz	0,782 mV

Gráfica A. 71 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	245,500 Hz	11,027 mV	2nd	490,500 Hz	3,884 mV
3rd	511,750 Hz	0,465 mV	4th	511,750 Hz	0,273 mV
5th	511,750 Hz	0,365 mV	6th	511,750 Hz	0,782 mV

Gráfica A. 72 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

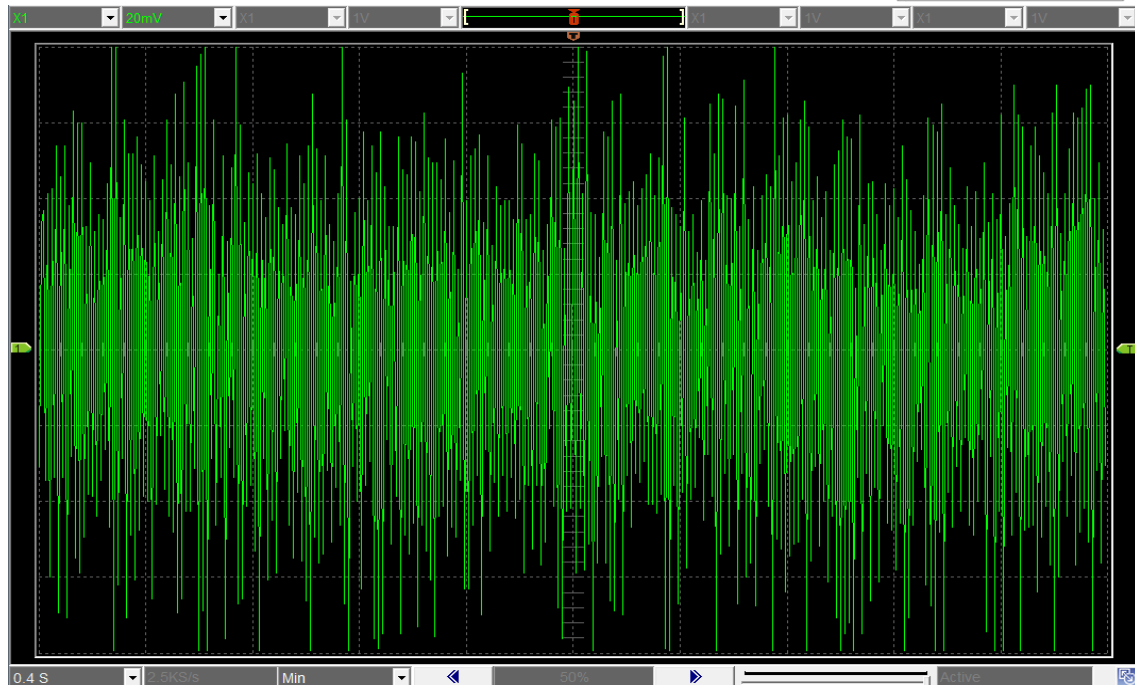
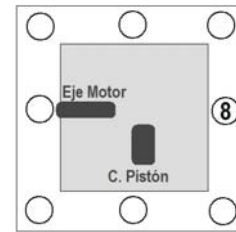
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

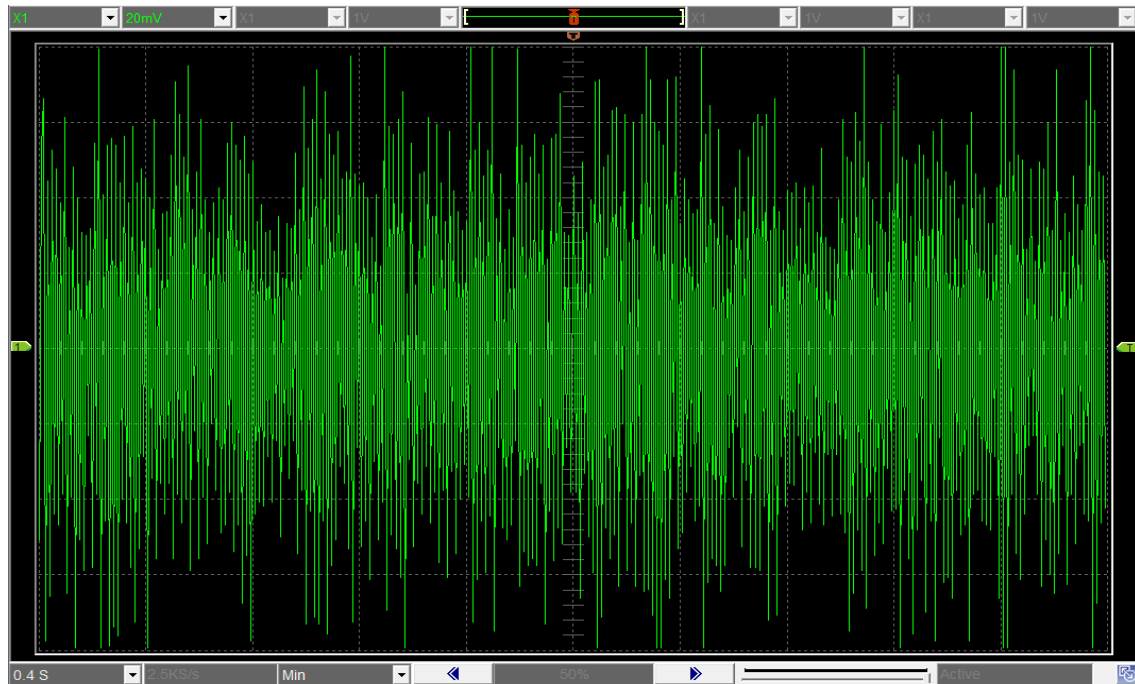
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



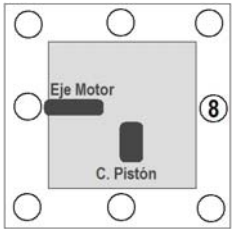
Gráfica A. 73 Amplitud de aceleraciones Punto 8 horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

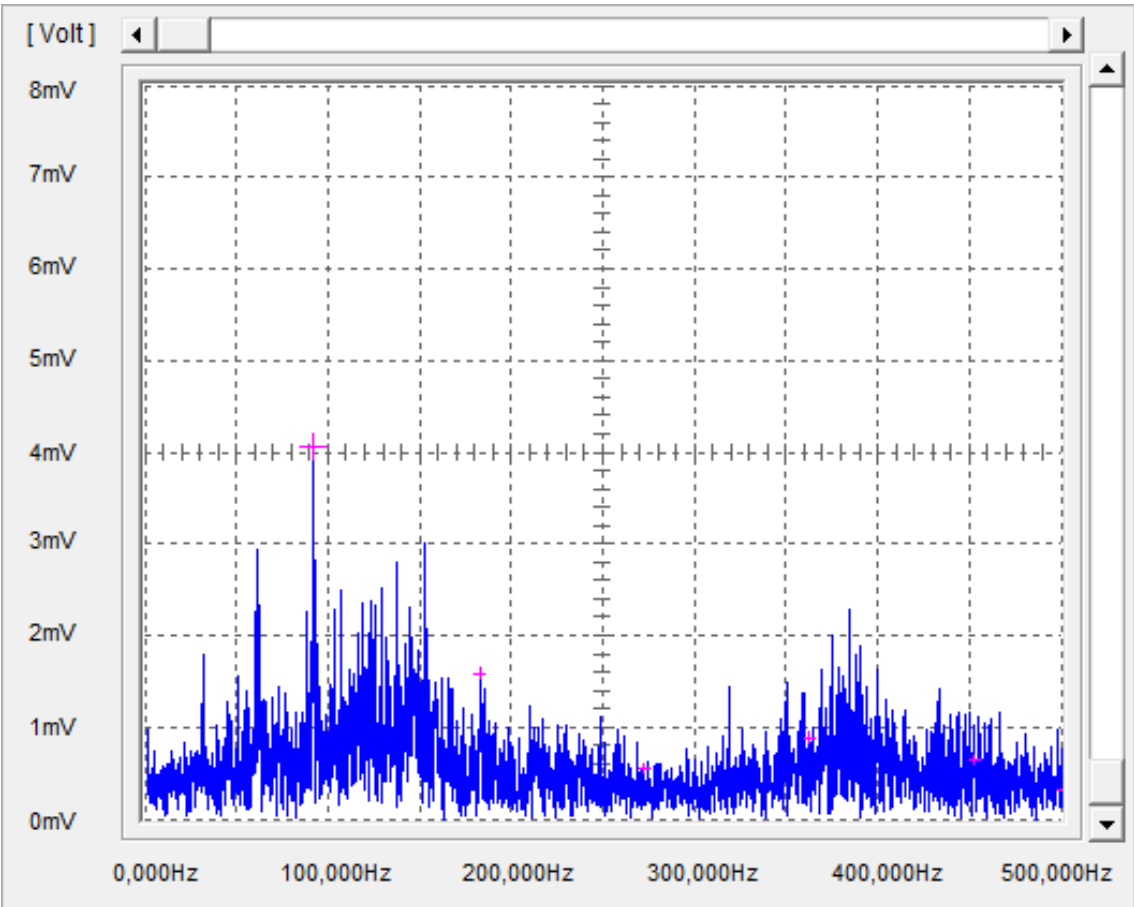


Gráfica A. 74 Amplitud de aceleraciones Punto 8 horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	92,500 Hz	4,059 mV	2nd	185,500 Hz	1,597 mV
3rd	277,500 Hz	0,560 mV	4th	369,500 Hz	0,895 mV
5th	462,000 Hz	0,658 mV	6th	511,750 Hz	1,039 mV

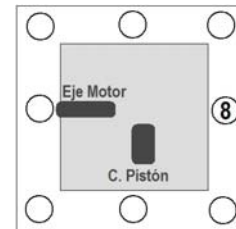
Gráfica A. 75 Transformada Rápida de Fourier Punto 8 horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

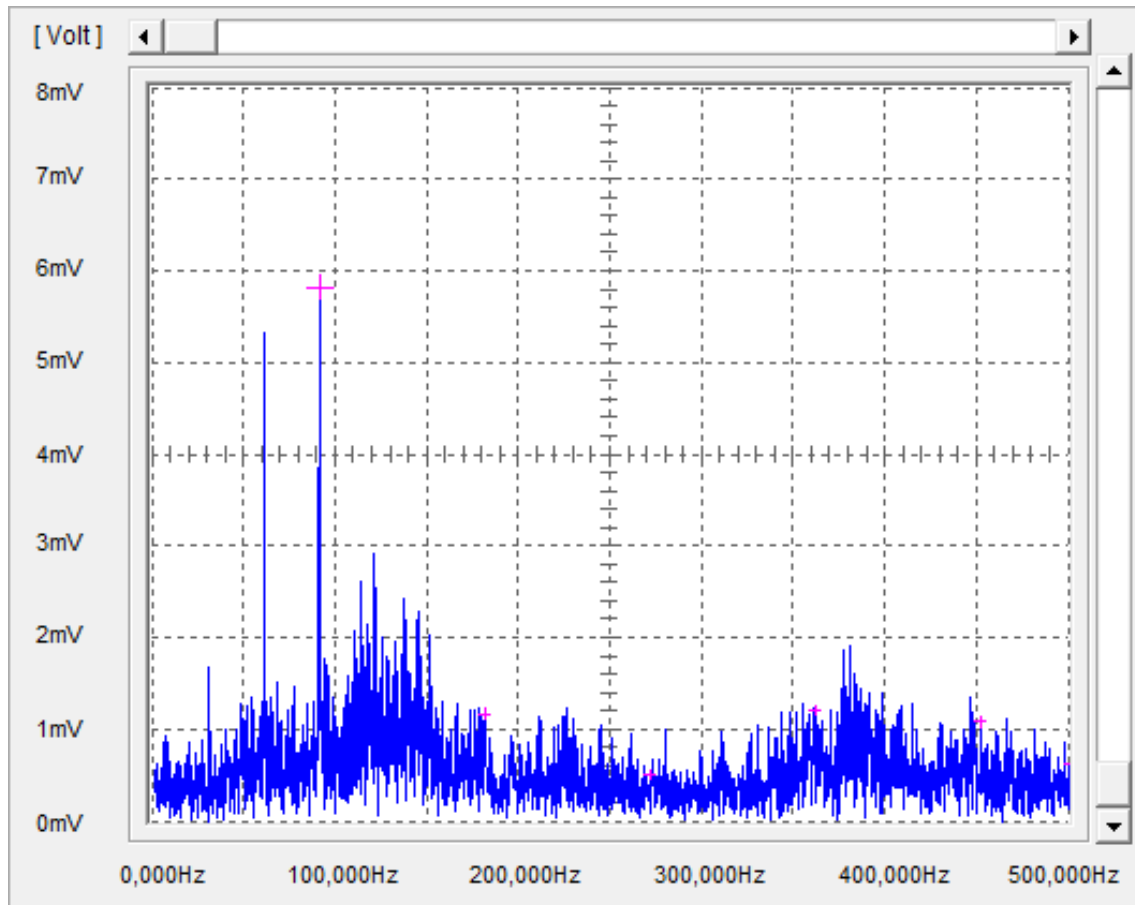
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	92,250 Hz	5,815 mV	2nd	184,250 Hz	1,175 mV
3rd	276,750 Hz	0,513 mV	4th	368,750 Hz	1,212 mV
5th	461,250 Hz	1,088 mV	6th	511,750 Hz	1,039 mV

Gráfica A. 76 Transformada Rápida de Fourier Punto 8 horizontal, 1800 rpm, 91 oct.

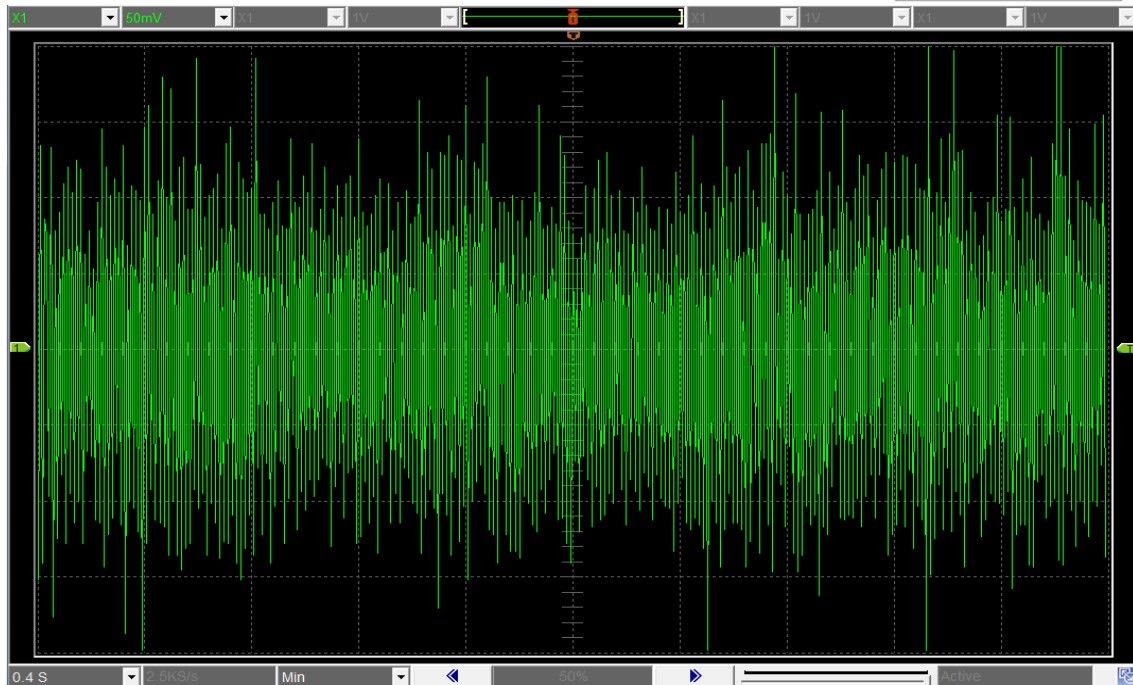
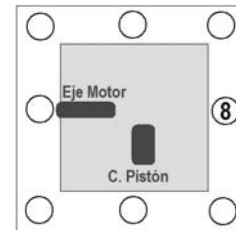
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

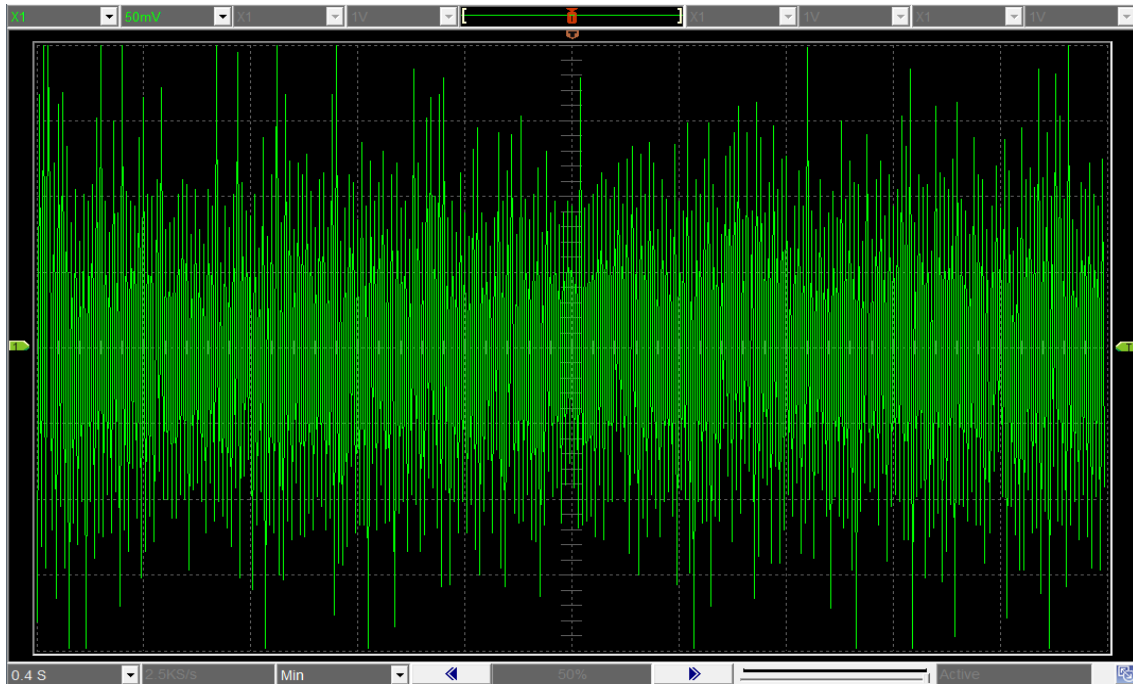
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica A. 77 Amplitud de aceleraciones Punto 8 horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



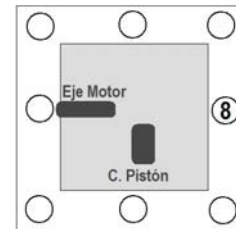
Gráfica A. 78 Amplitud de aceleraciones Punto 8, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

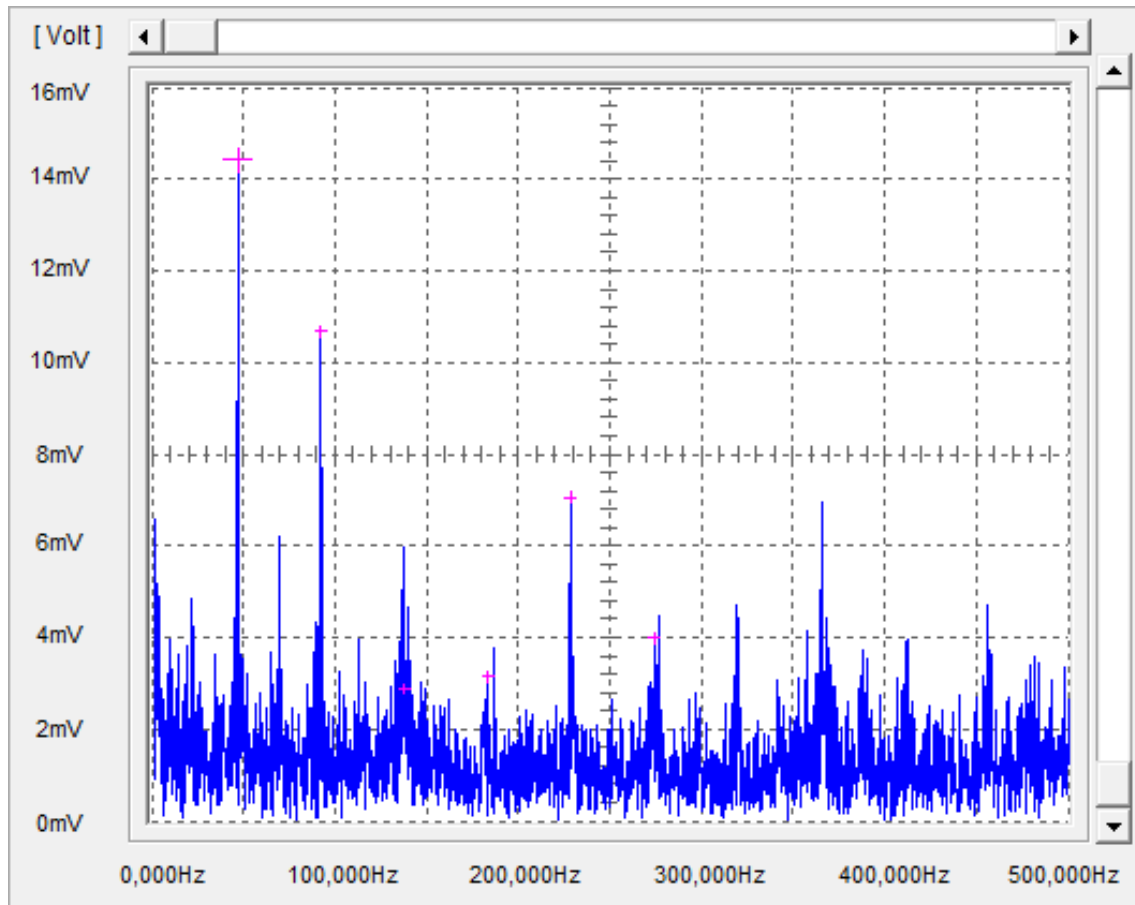
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	46,500 Hz	14,400 mV	2nd	92,750 Hz	10,667 mV
3rd	139,750 Hz	2,894 mV	4th	186,250 Hz	3,167 mV
5th	232,250 Hz	7,069 mV	6th	279,000 Hz	4,003 mV

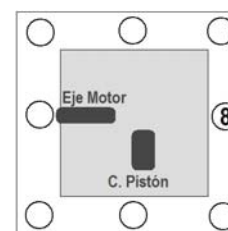
Gráfica A. 79 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

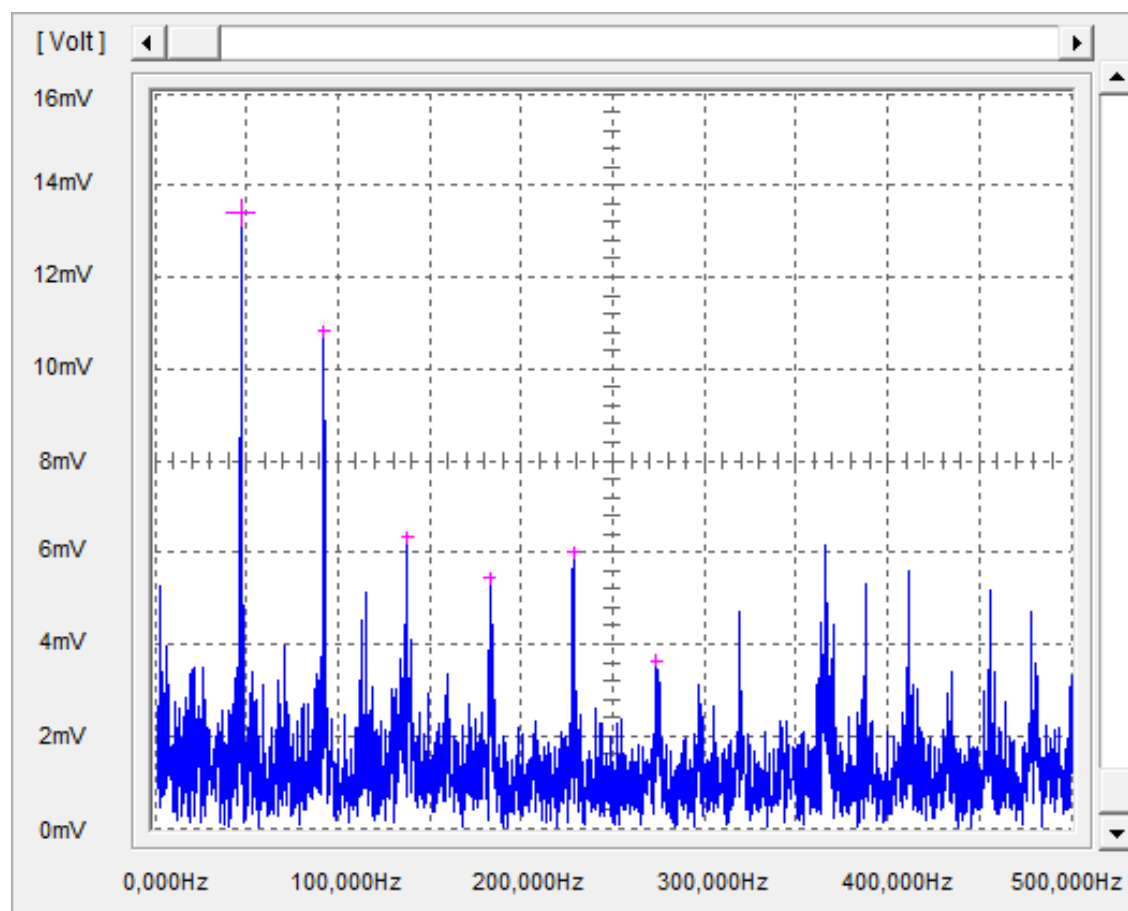
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,500 Hz	13,382 mV	2nd	93,000 Hz	10,802 mV
3rd	139,500 Hz	6,330 mV	4th	185,750 Hz	5,450 mV
5th	232,250 Hz	6,005 mV	6th	278,750 Hz	3,655 mV

Gráfica A. 80 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 2700 rpm, 91 oct.

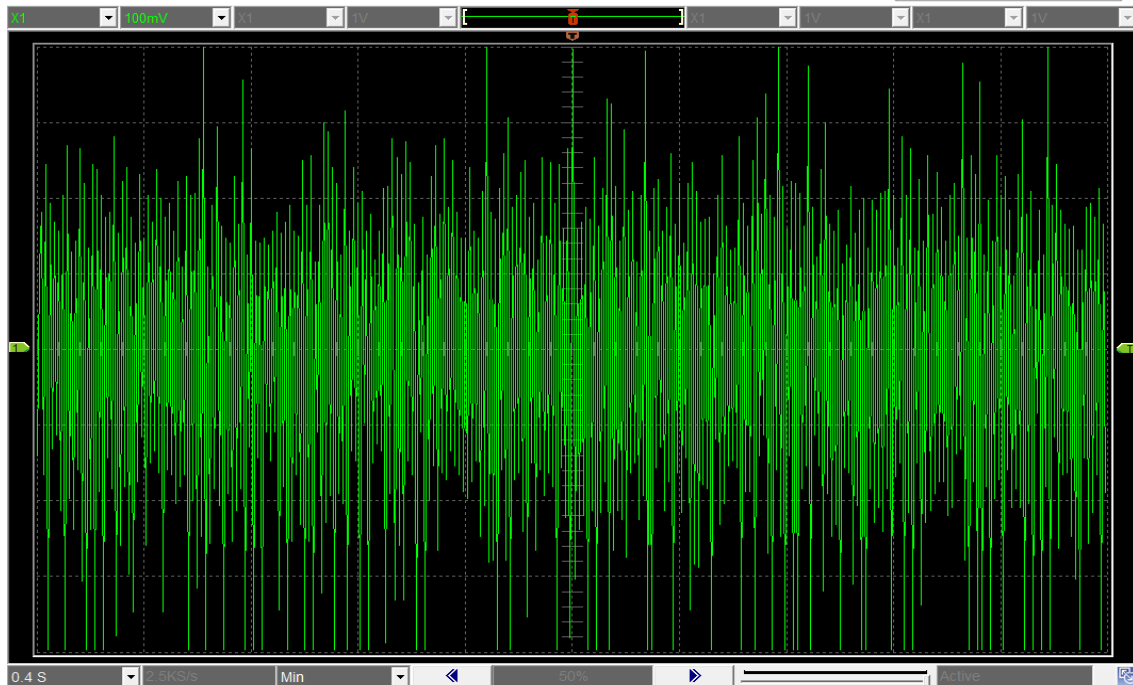
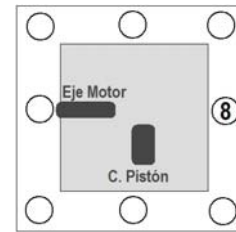
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

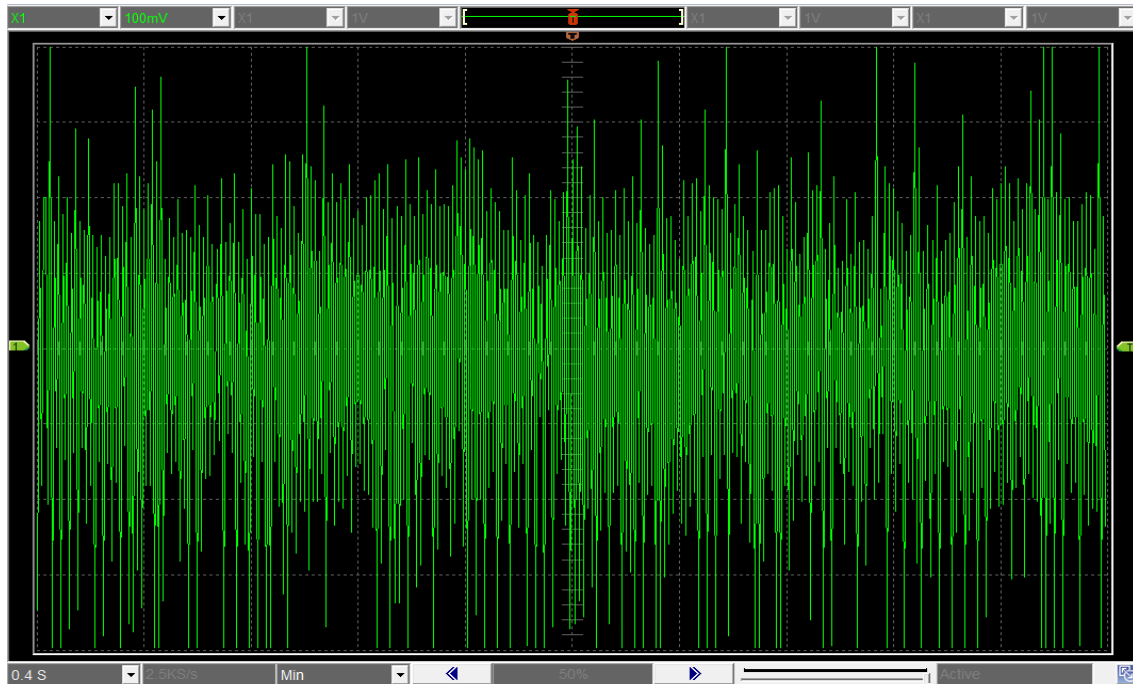
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



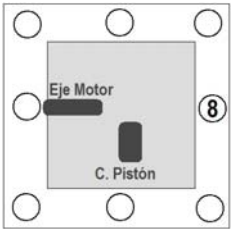
Gráfica A. 81 Amplitud de aceleraciones Punto 8, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

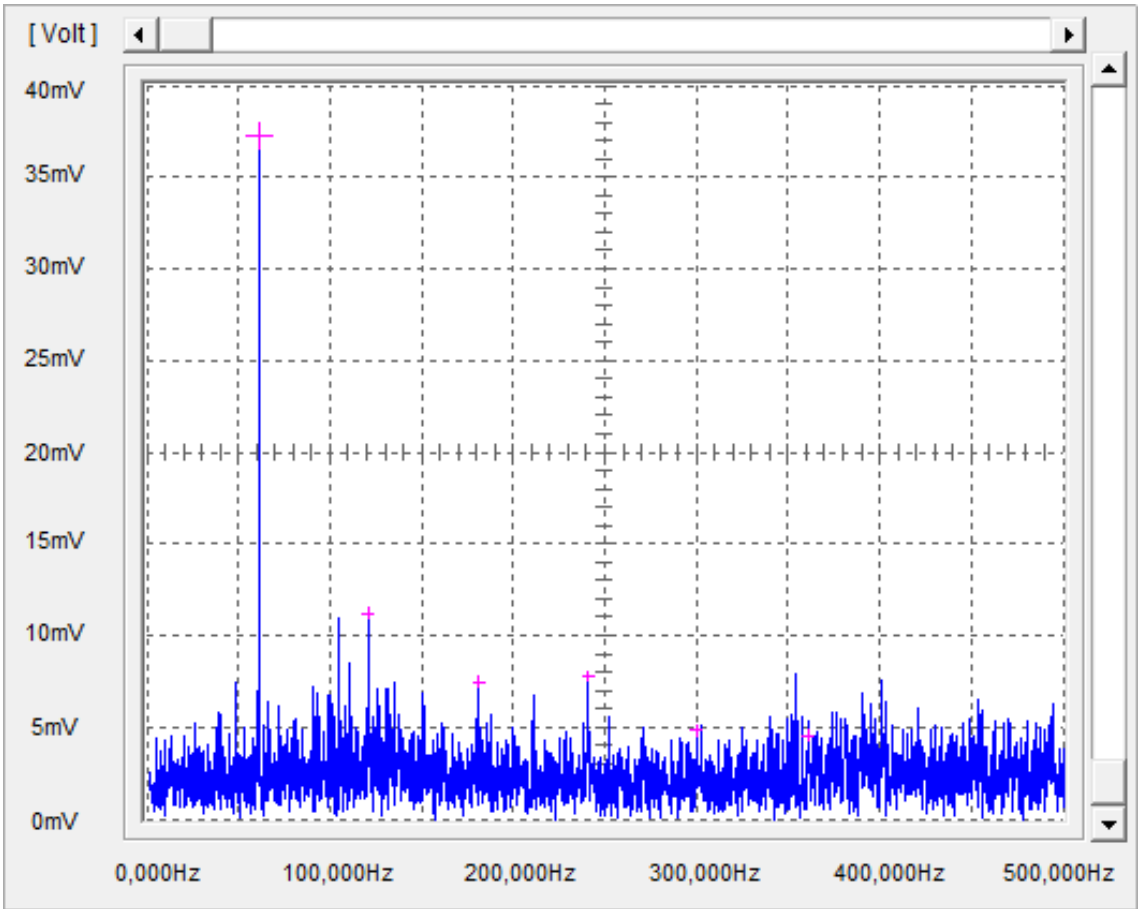


Gráfica A. 82 Amplitud de aceleraciones Punto 8, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



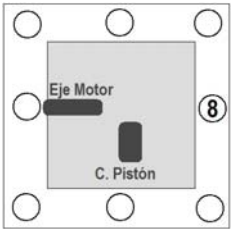
Prueba 1:



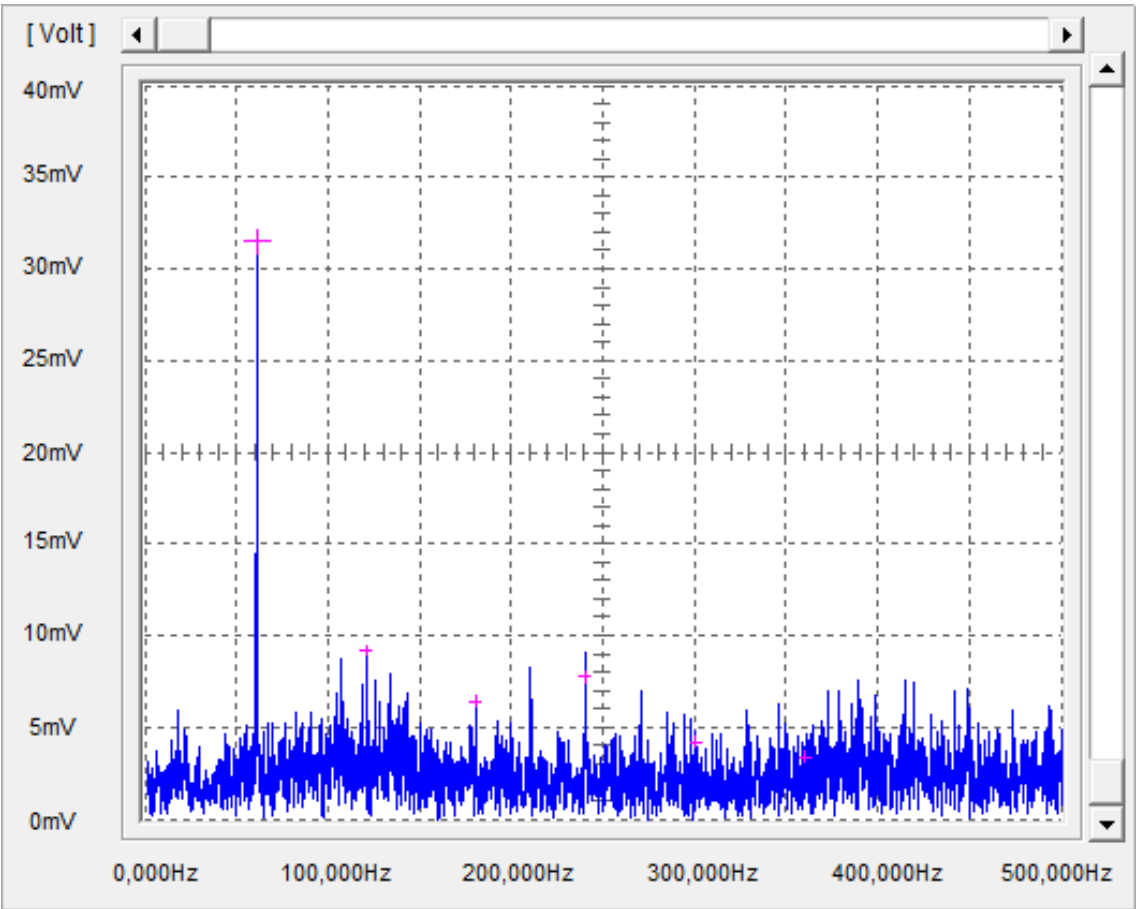
Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	37,188 mV	2nd	122,500 Hz	11,263 mV
3rd	184,000 Hz	7,497 mV	4th	244,750 Hz	7,826 mV
5th	305,750 Hz	4,890 mV	6th	367,500 Hz	4,583 mV

Gráfica A. 83 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	31,442 mV	2nd	122,250 Hz	9,224 mV
3rd	183,500 Hz	6,468 mV	4th	244,500 Hz	7,800 mV
5th	306,000 Hz	4,250 mV	6th	367,250 Hz	3,430 mV

Gráfica A. 84 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 3600 rpm, 91 oct.

APÉNDICE B

Medida de vibraciones

Combustible: 91 octanos.

Ubicación del Acelerómetro: Vertical.



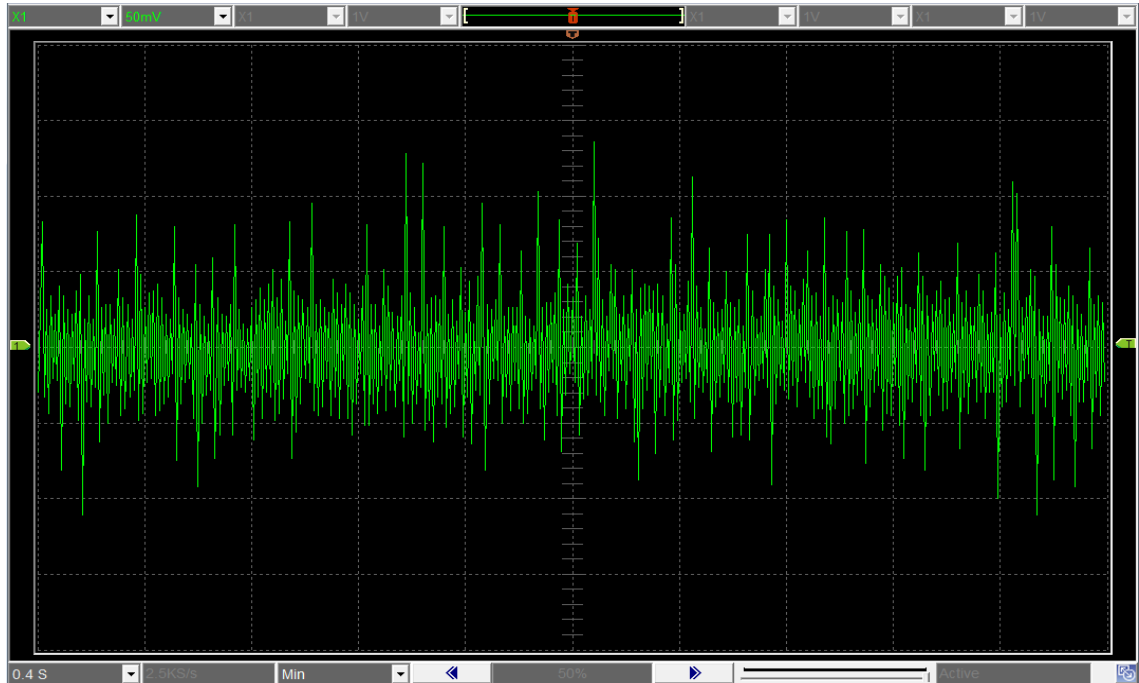
Referencia de medición: Punto 2.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

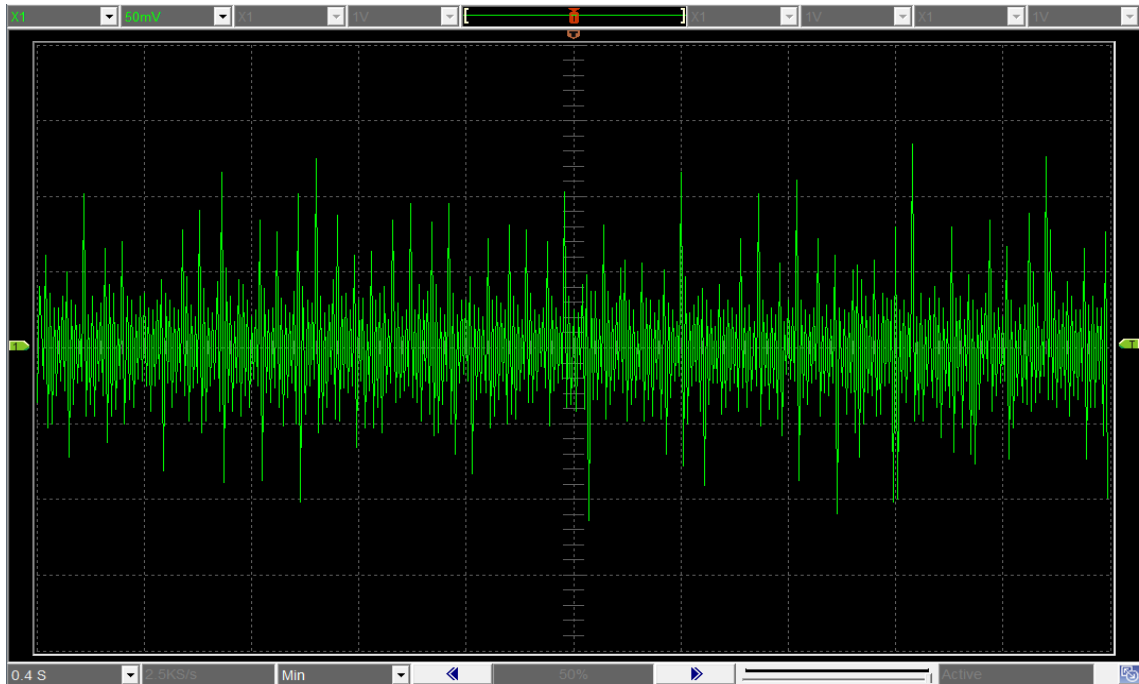
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 1 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



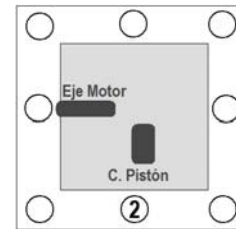
Gráfica B. 2 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2.

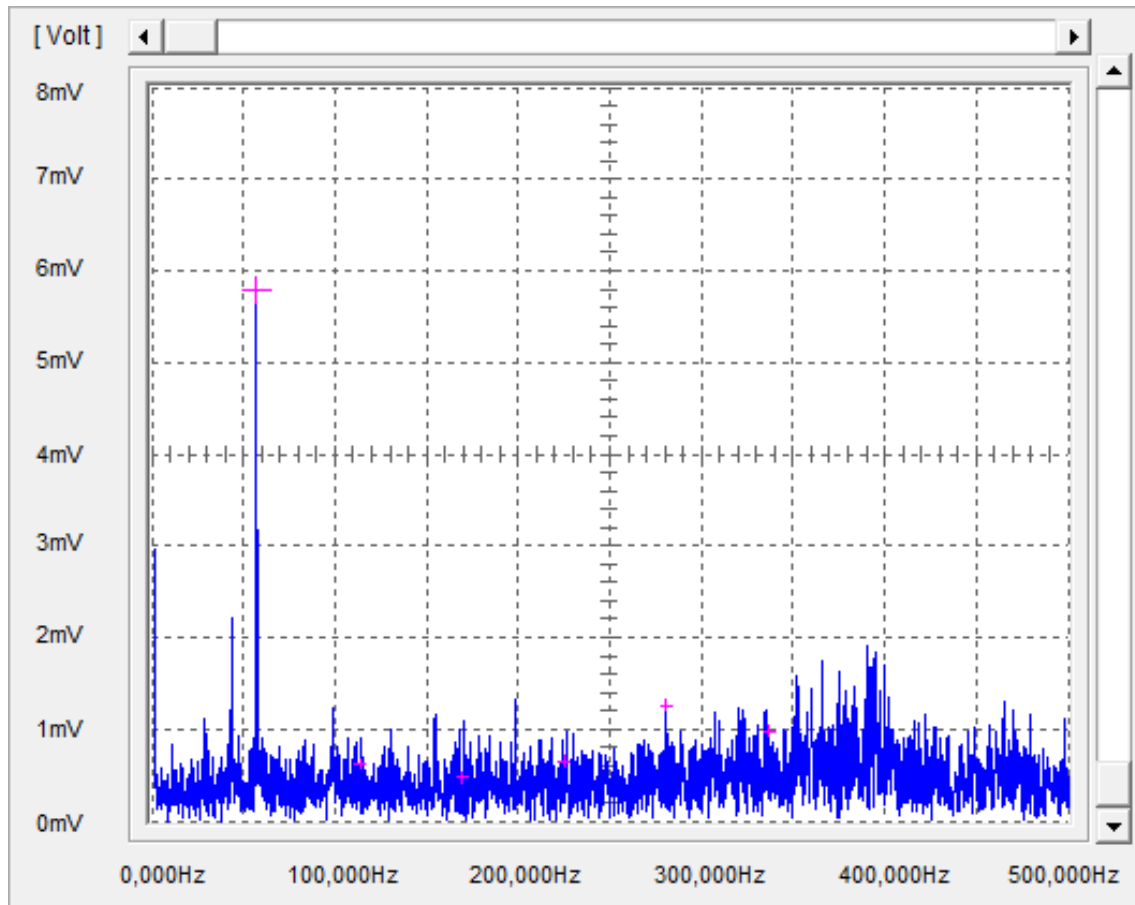
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	57,250 Hz	5,789 mV	2nd	115,000 Hz	0,631 mV
3rd	171,750 Hz	0,489 mV	4th	228,750 Hz	0,666 mV
5th	286,000 Hz	1,267 mV	6th	343,250 Hz	0,991 mV

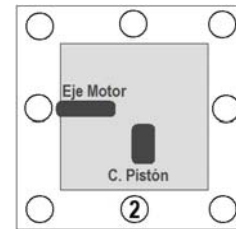
Gráfica B. 3 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2

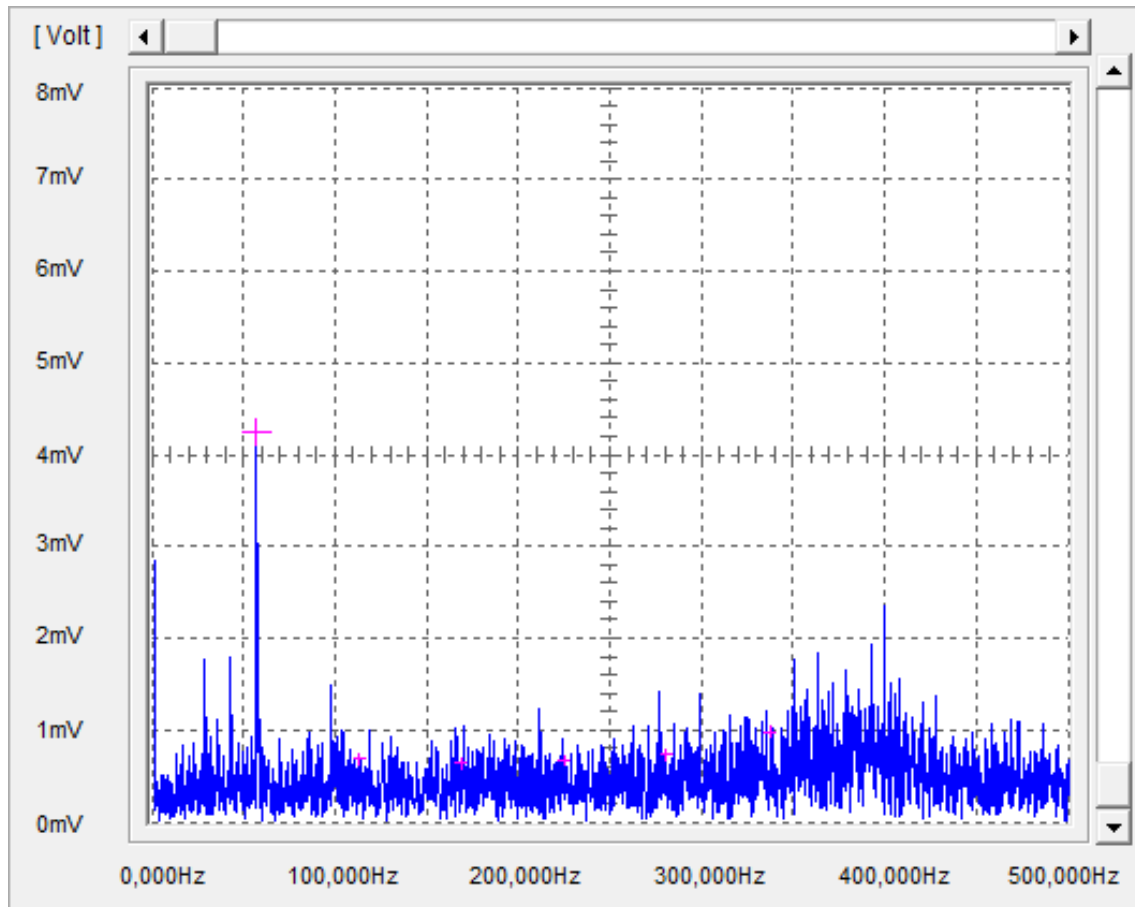
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	57,250 Hz	4,244 mV	2nd	114,250 Hz	0,697 mV
3rd	171,500 Hz	0,652 mV	4th	228,750 Hz	0,680 mV
5th	286,000 Hz	0,742 mV	6th	343,500 Hz	0,994 mV

Gráfica B. 4 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

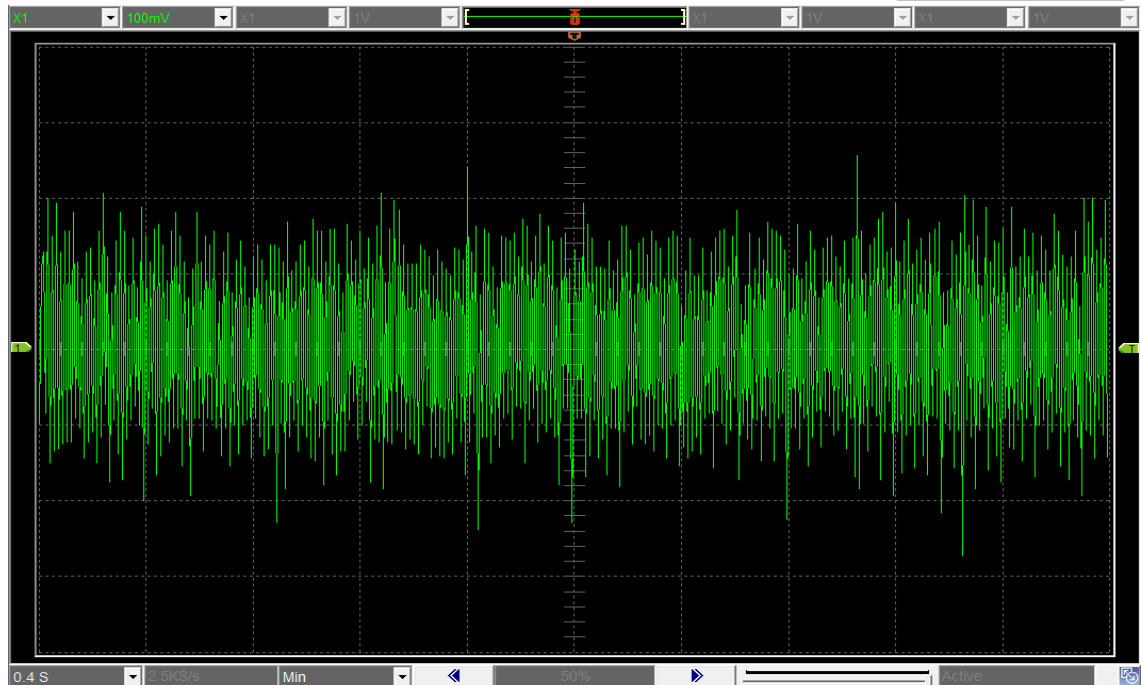
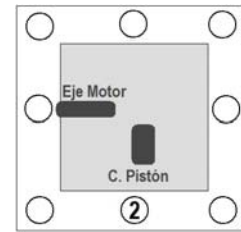
Referencia de medición: Punto 2

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

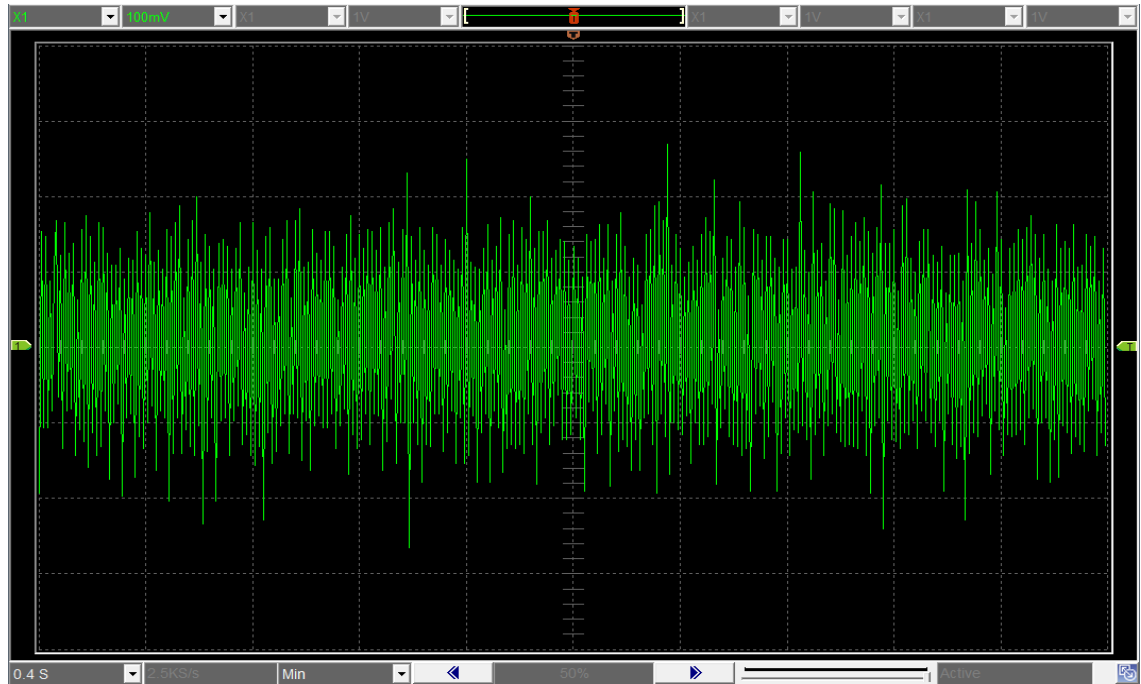
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 5 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



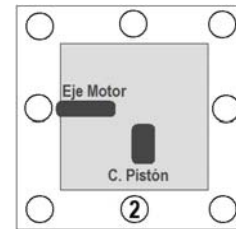
Gráfica B. 6 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2

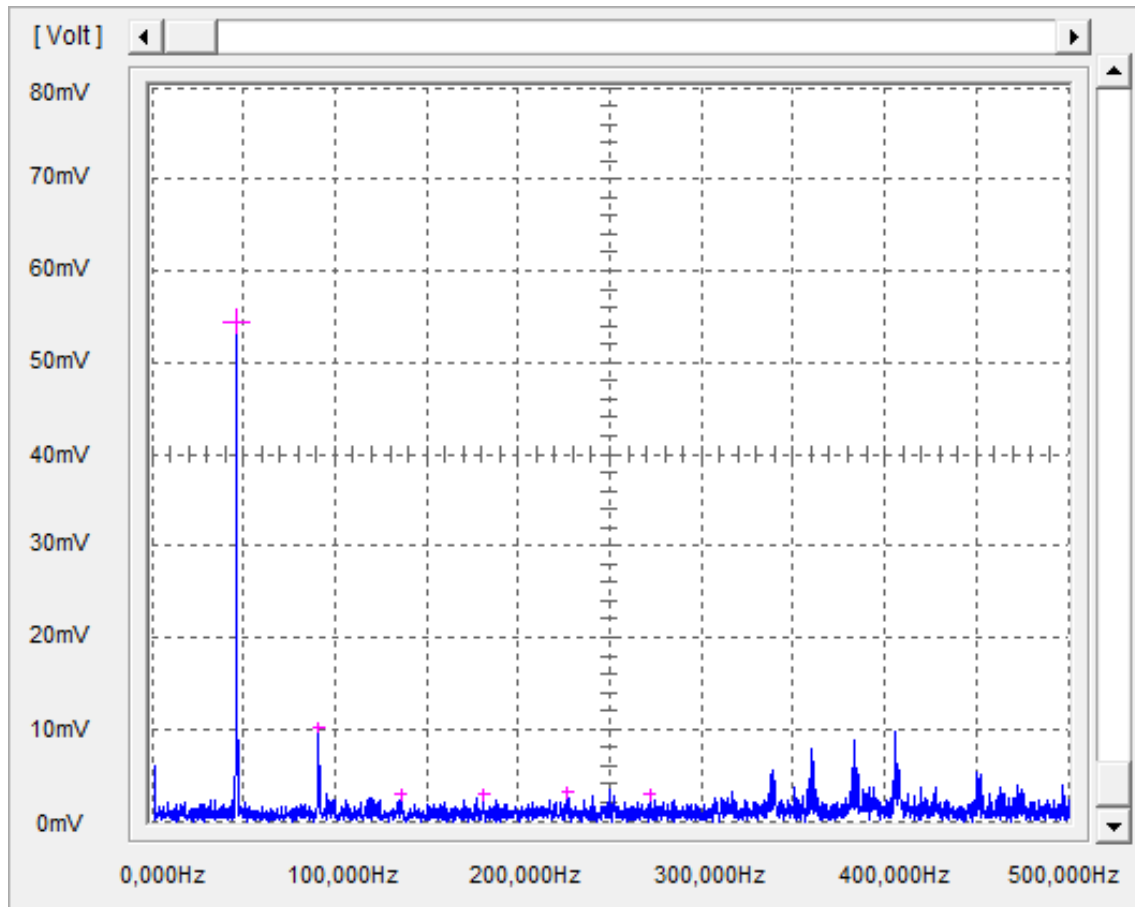
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	46,000 Hz	54,428 mV	2nd	92,000 Hz	10,285 mV
3rd	138,000 Hz	3,015 mV	4th	183,750 Hz	2,960 mV
5th	230,500 Hz	3,260 mV	6th	276,500 Hz	3,021 mV

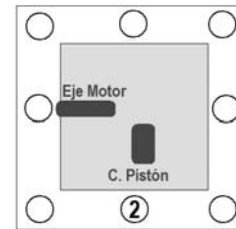
Gráfica B. 7 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2

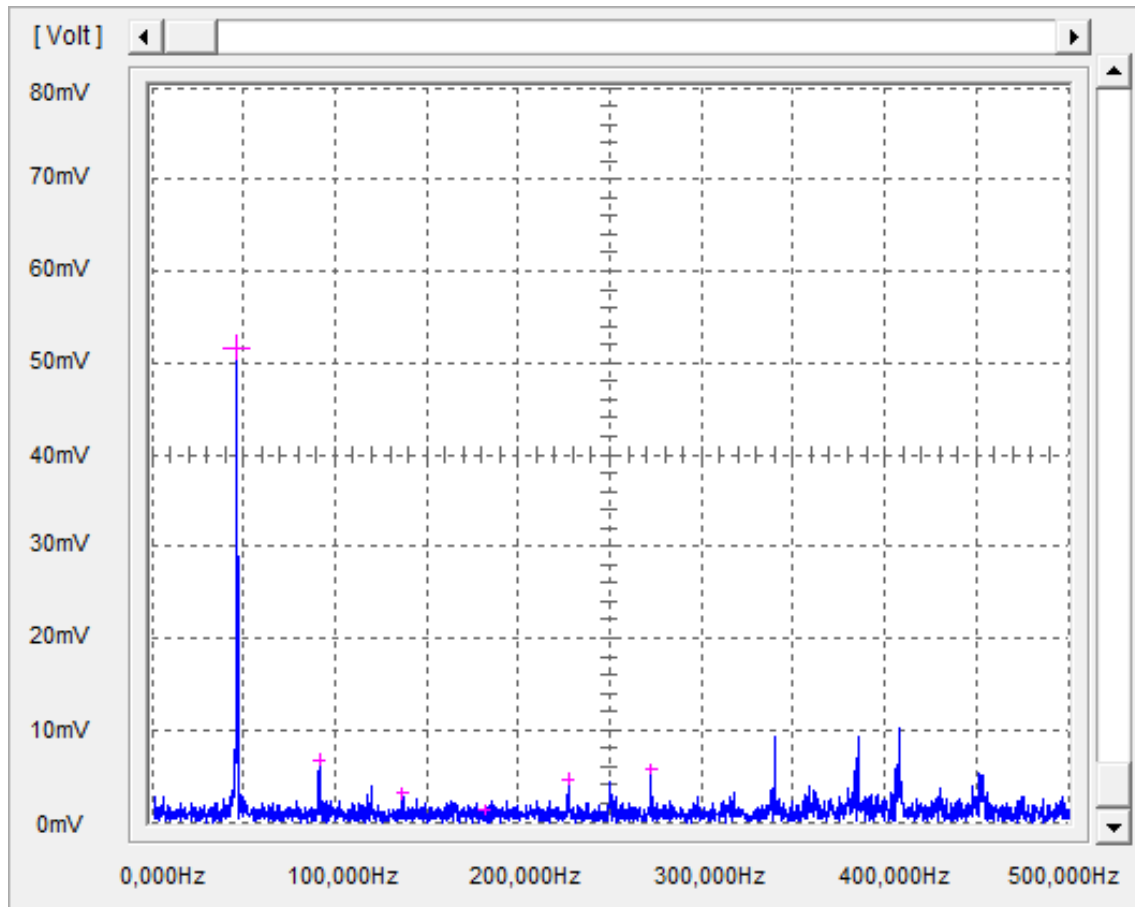
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	51,637 mV	2nd	92,500 Hz	6,872 mV
3rd	138,500 Hz	3,235 mV	4th	184,750 Hz	1,445 mV
5th	231,000 Hz	4,801 mV	6th	277,250 Hz	5,855 mV

Gráfica B. 8 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

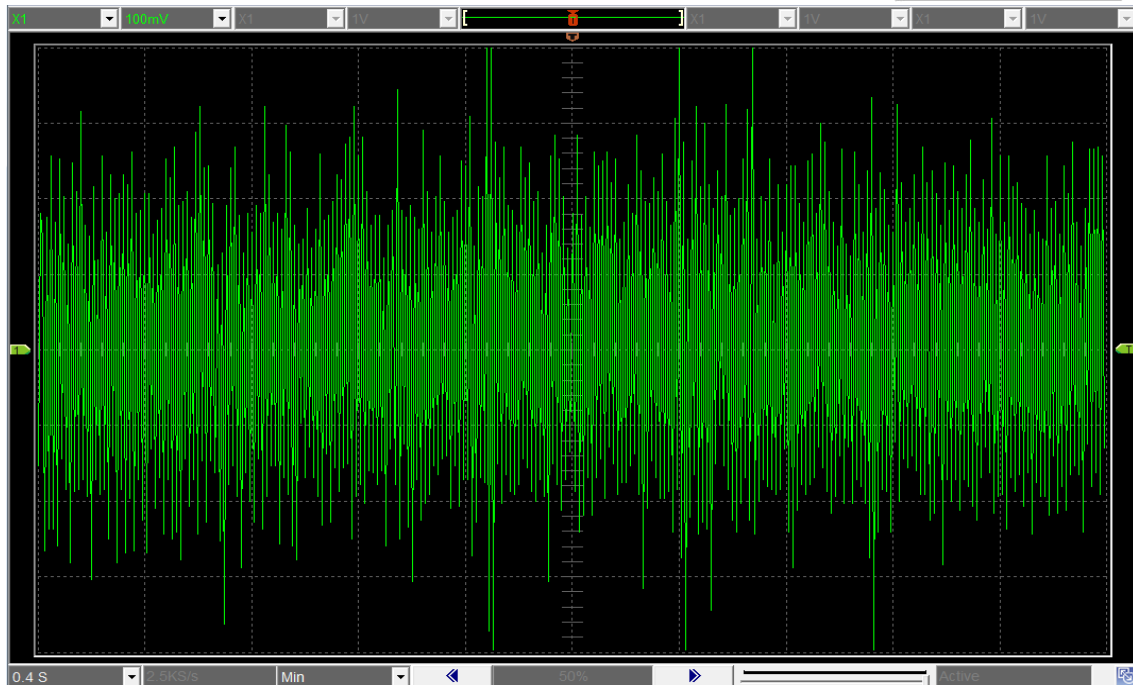
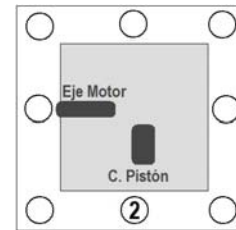
Referencia de medición: Punto 2

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

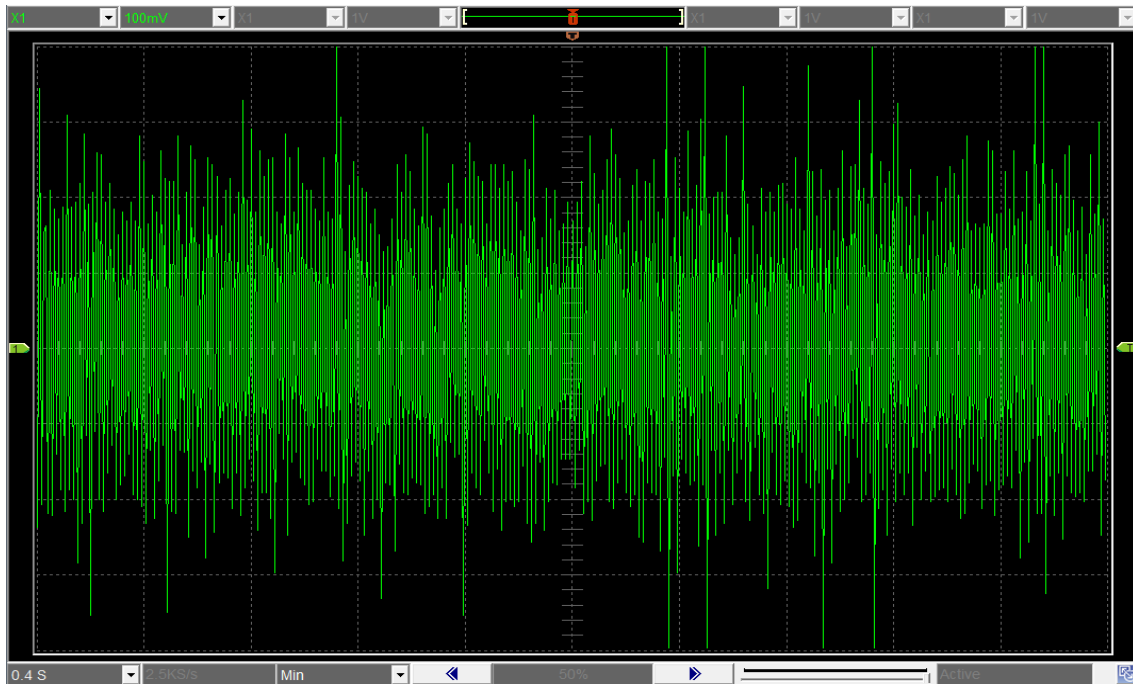
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 9 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



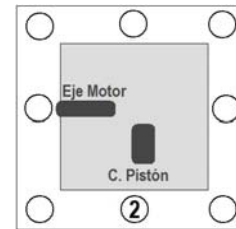
Gráfica B. 10 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2

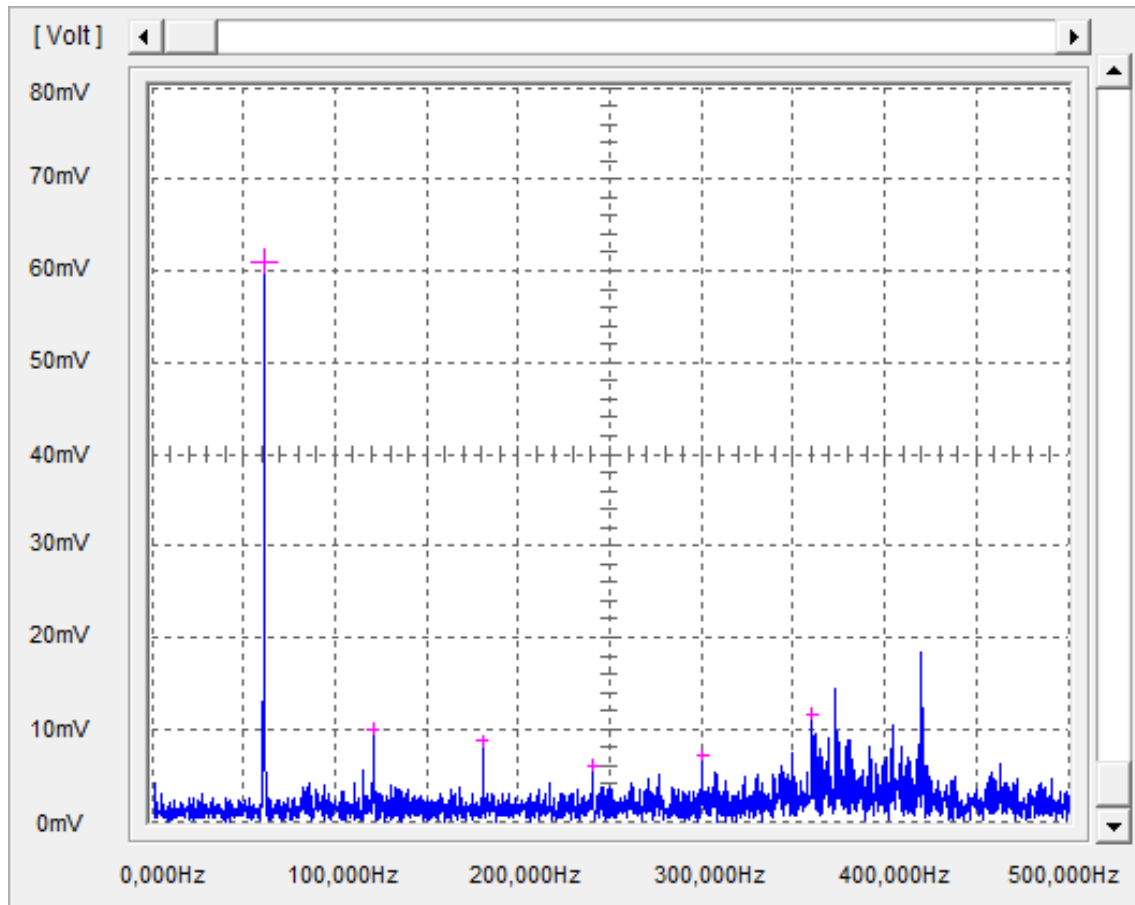
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	60,957 mV	2nd	122,500 Hz	10,125 mV
3rd	183,500 Hz	8,813 mV	4th	244,750 Hz	6,163 mV
5th	306,000 Hz	7,265 mV	6th	367,250 Hz	11,770 mV

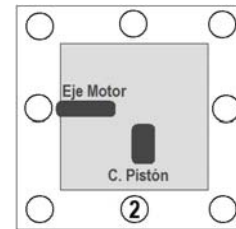
Gráfica B. 11 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 2.

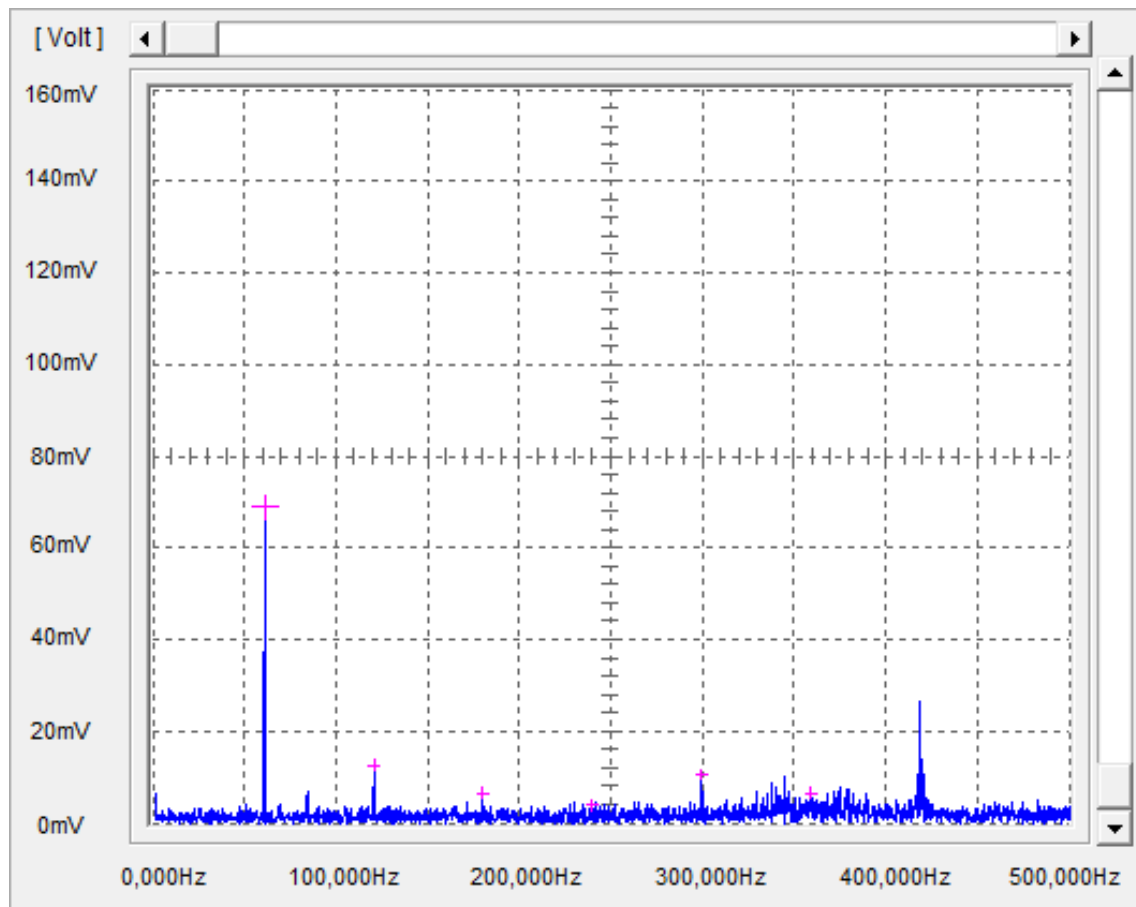
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	68,964 mV	2nd	122,000 Hz	12,744 mV
3rd	183,000 Hz	6,786 mV	4th	244,000 Hz	4,066 mV
5th	305,000 Hz	10,813 mV	6th	366,000 Hz	6,679 mV

Gráfica B. 12 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

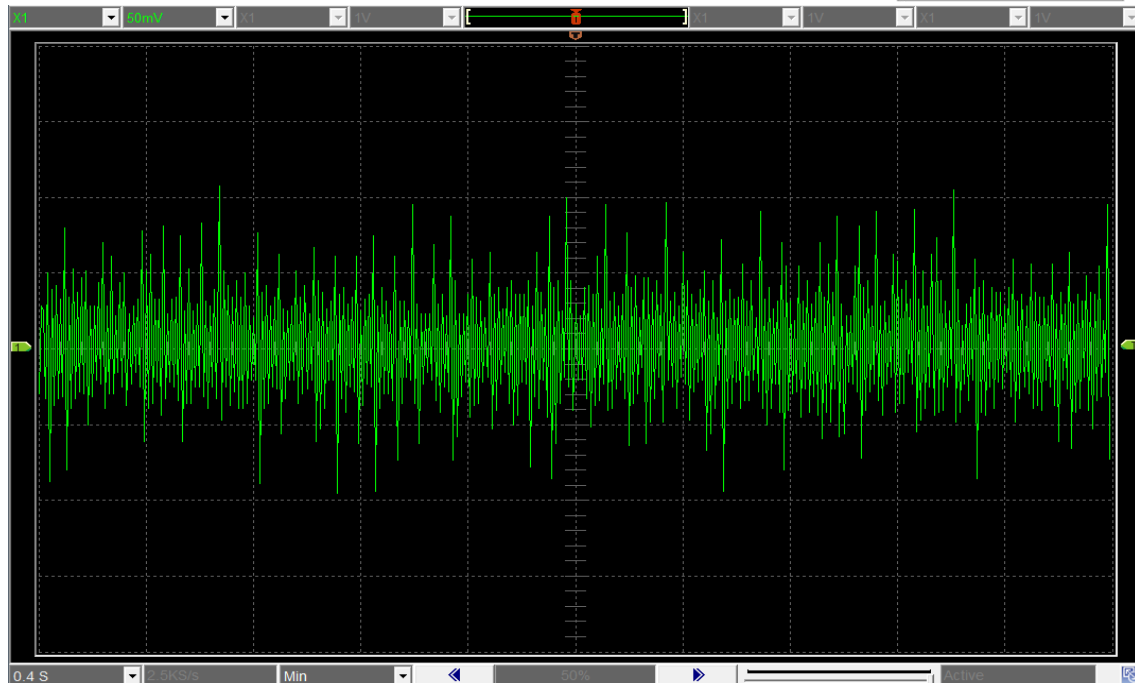
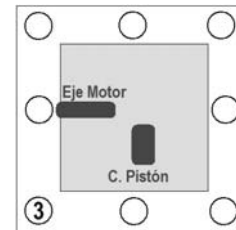
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

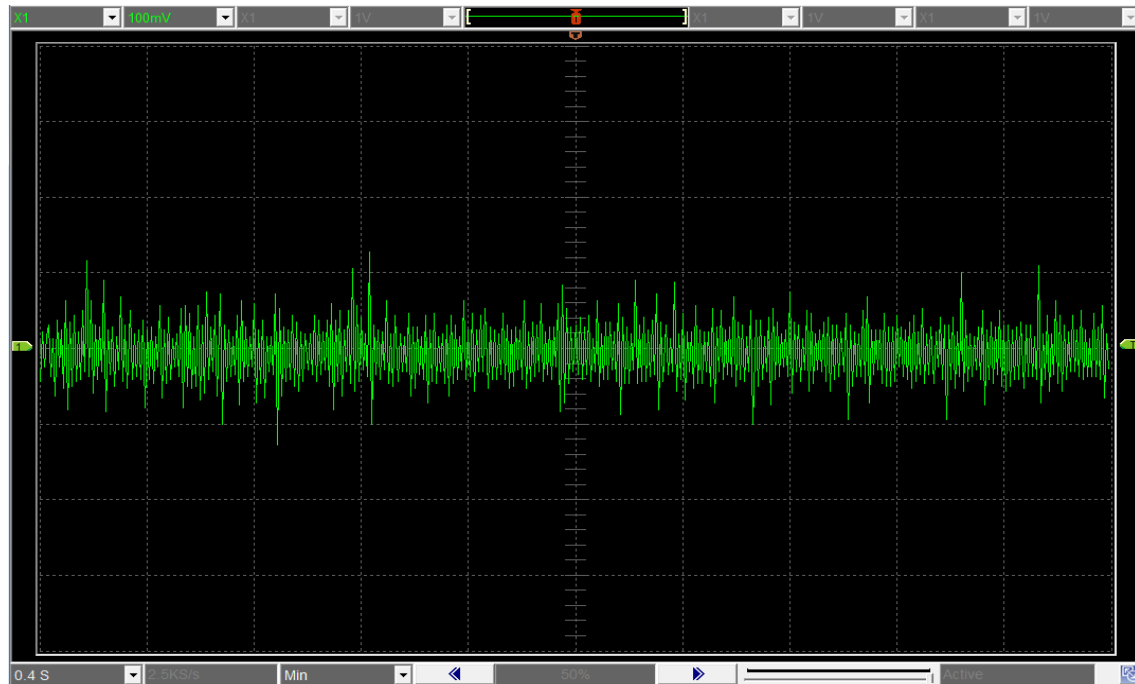
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



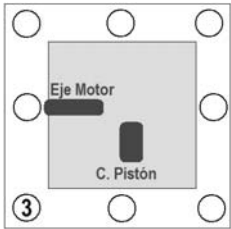
Gráfica B. 13 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

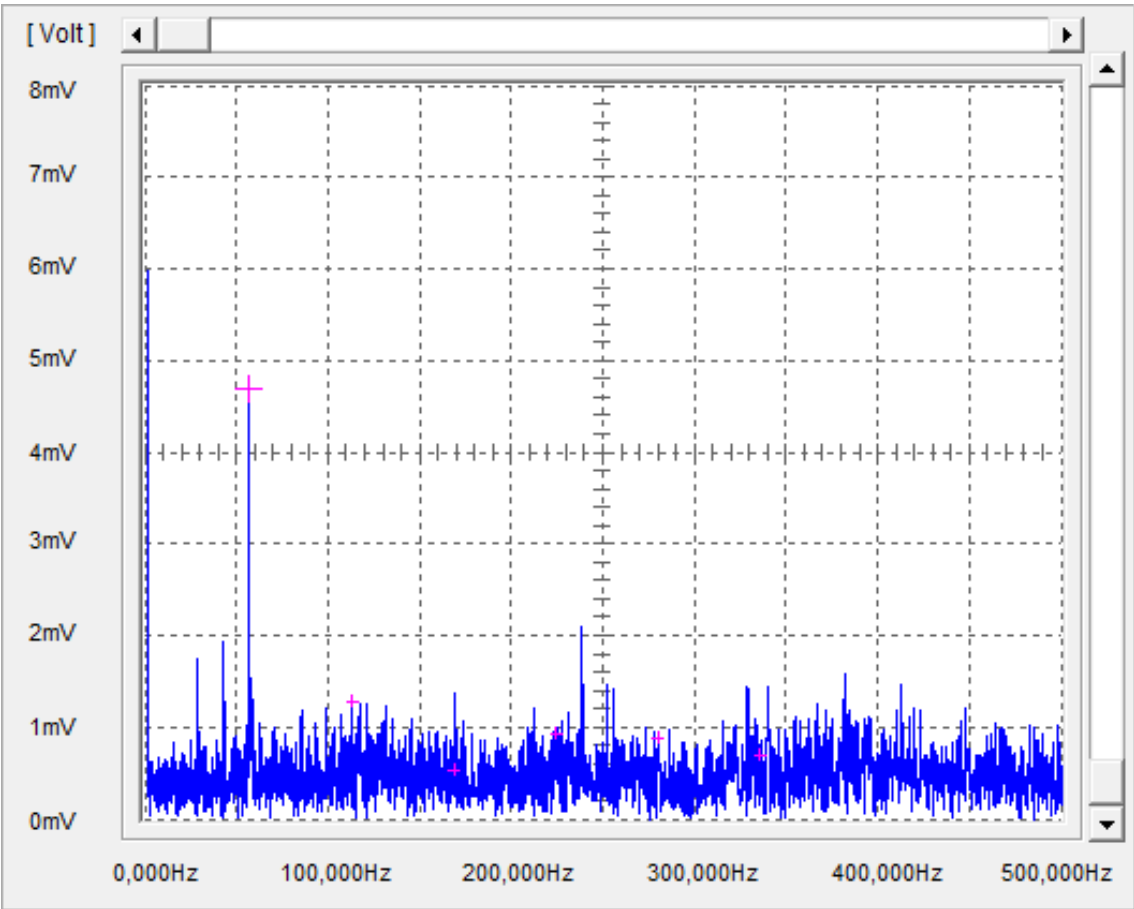


Gráfica B. 14 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



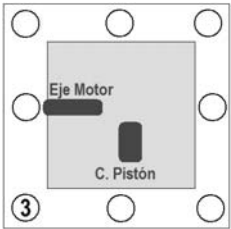
Prueba 1:



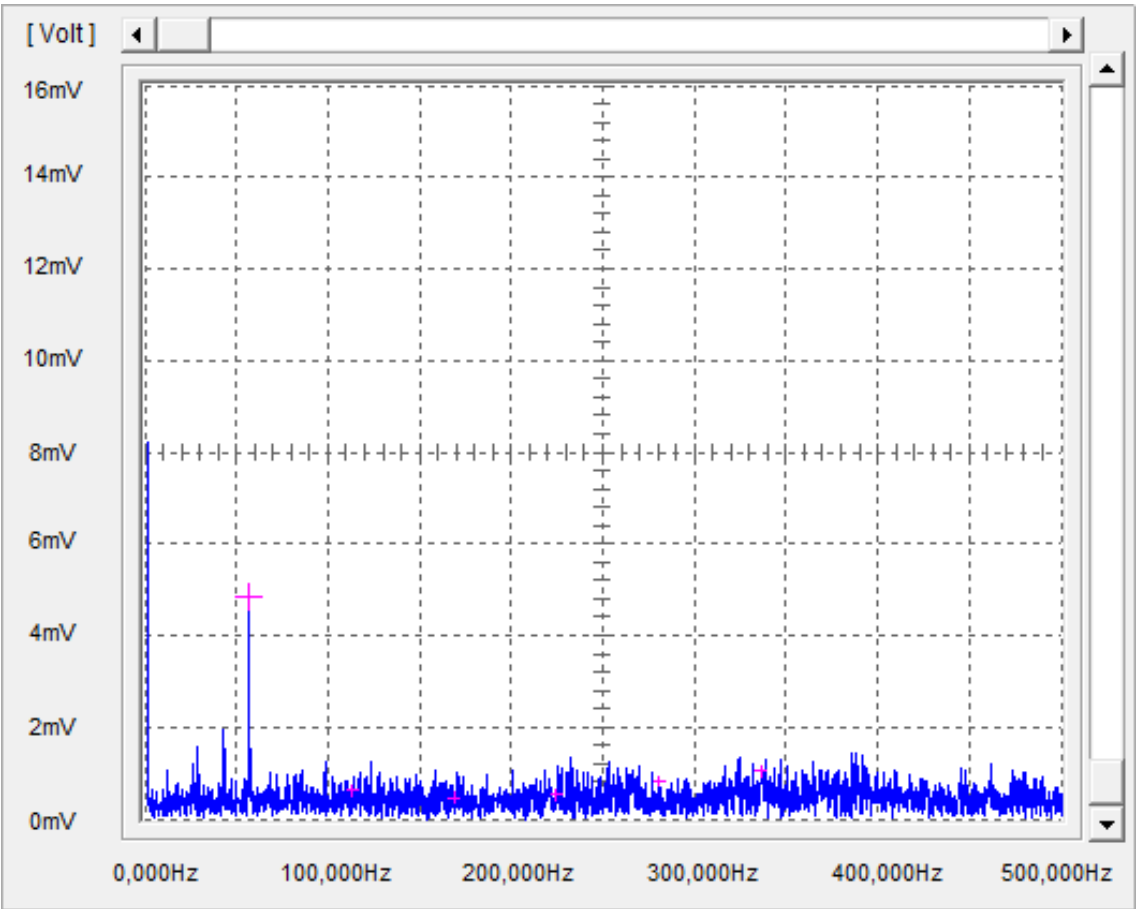
Harmonics Information					
1st	57,000 Hz	4,688 mV	2nd	114,250 Hz	1,293 mV
3rd	171,250 Hz	0,544 mV	4th	228,250 Hz	0,941 mV
5th	285,000 Hz	0,898 mV	6th	342,000 Hz	0,712 mV

Gráfica B. 15 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	57,000 Hz	4,859 mV	2nd	114,250 Hz	0,636 mV
3rd	171,500 Hz	0,490 mV	4th	228,250 Hz	0,549 mV
5th	285,500 Hz	0,848 mV	6th	342,500 Hz	1,065 mV

Gráfica B. 16 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

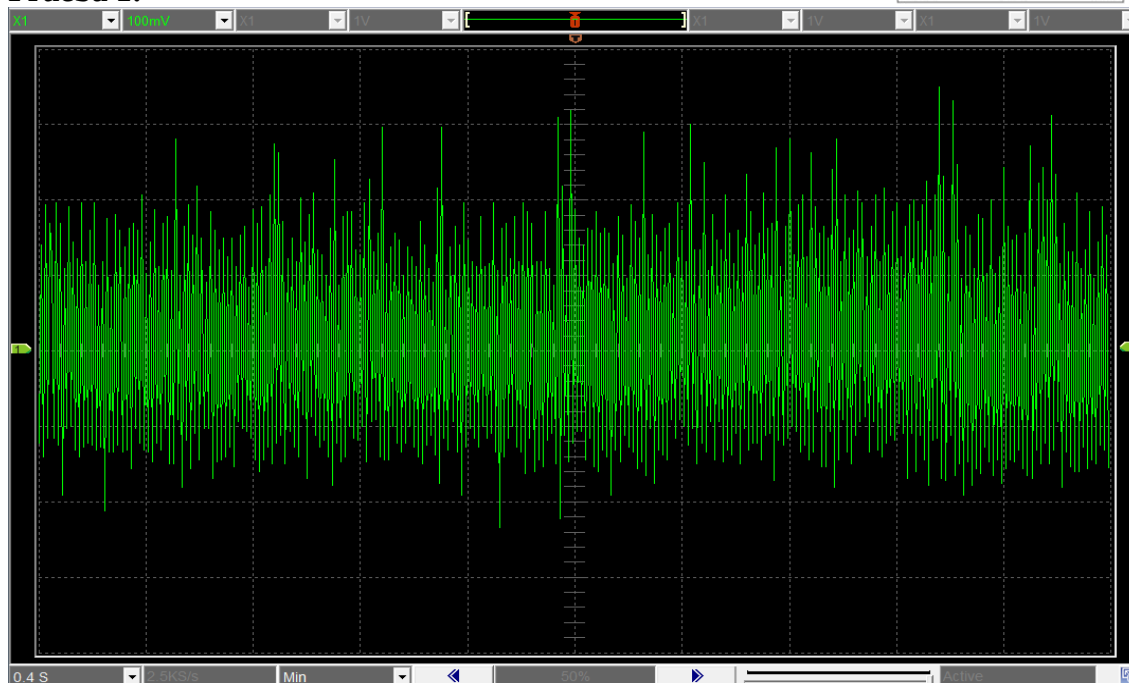
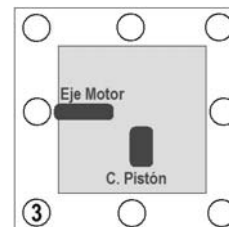
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

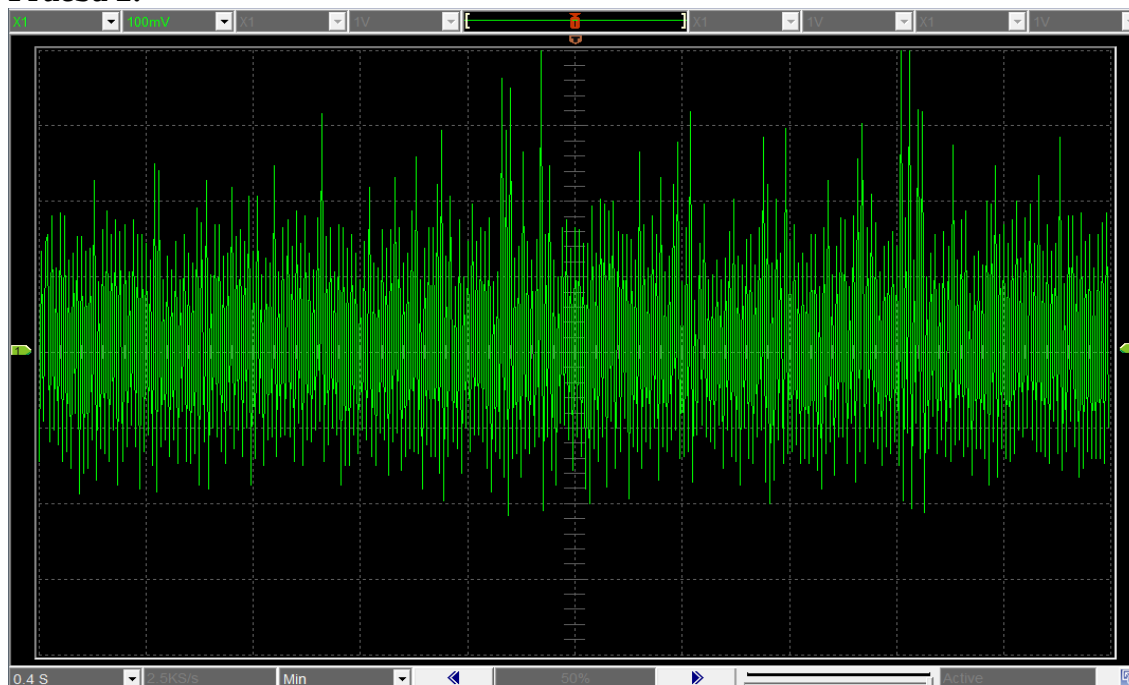
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 17 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



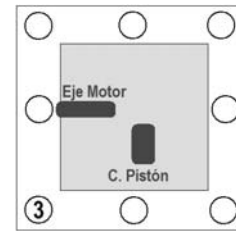
Gráfica B. 18 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

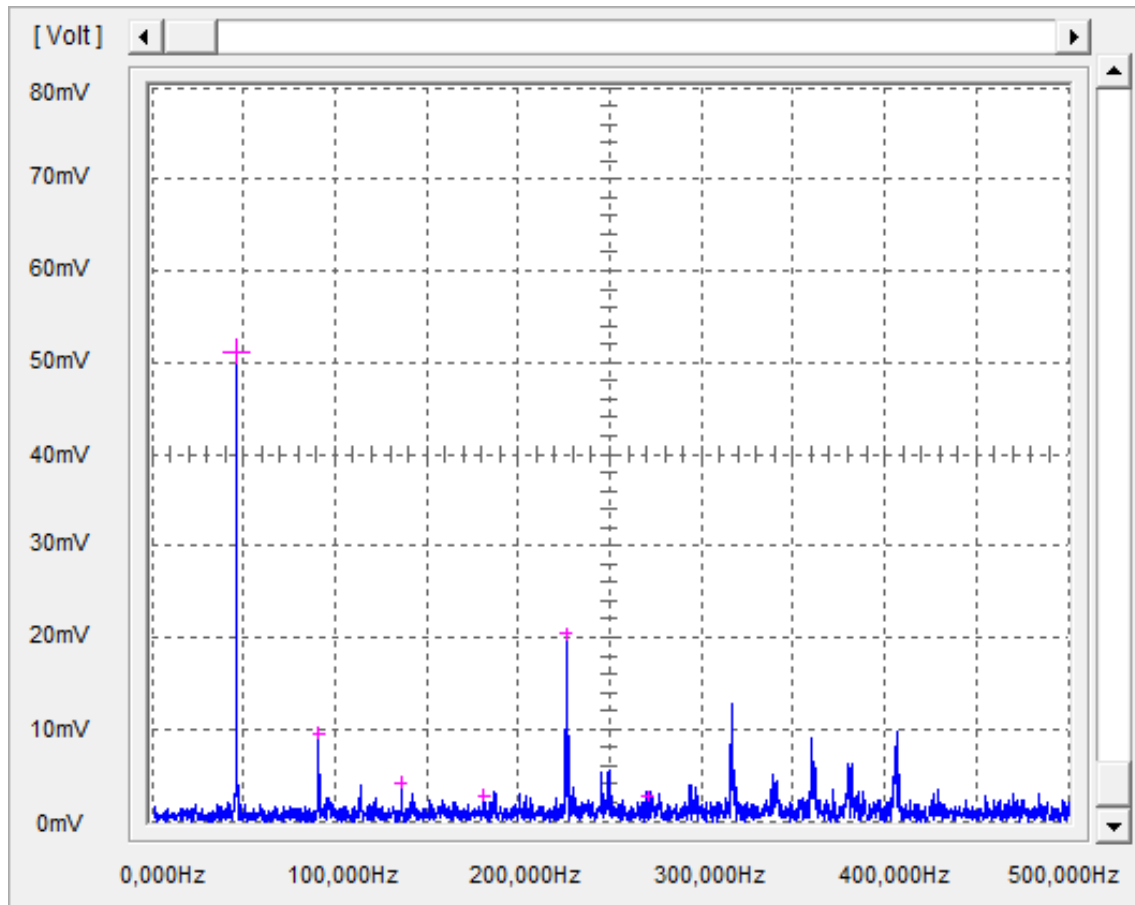
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	46,000 Hz	51,162 mV	2nd	92,000 Hz	9,651 mV
3rd	138,000 Hz	4,268 mV	4th	184,000 Hz	2,881 mV
5th	230,000 Hz	20,508 mV	6th	275,750 Hz	2,815 mV

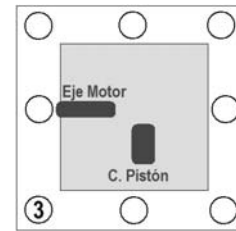
Gráfica B. 19 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

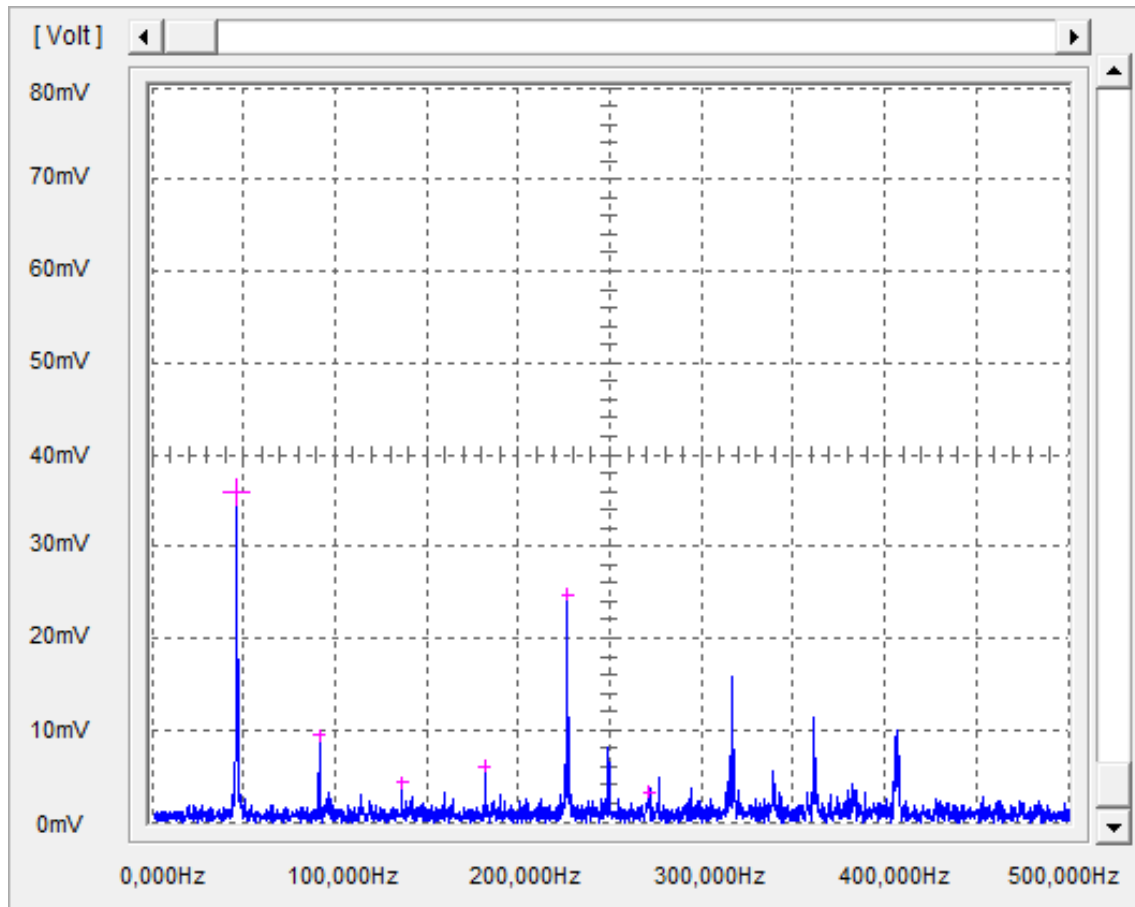
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,000 Hz	35,906 mV	2nd	92,250 Hz	9,547 mV
3rd	138,250 Hz	4,366 mV	4th	184,500 Hz	6,173 mV
5th	230,500 Hz	24,859 mV	6th	276,250 Hz	3,391 mV

Gráfica B. 20 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

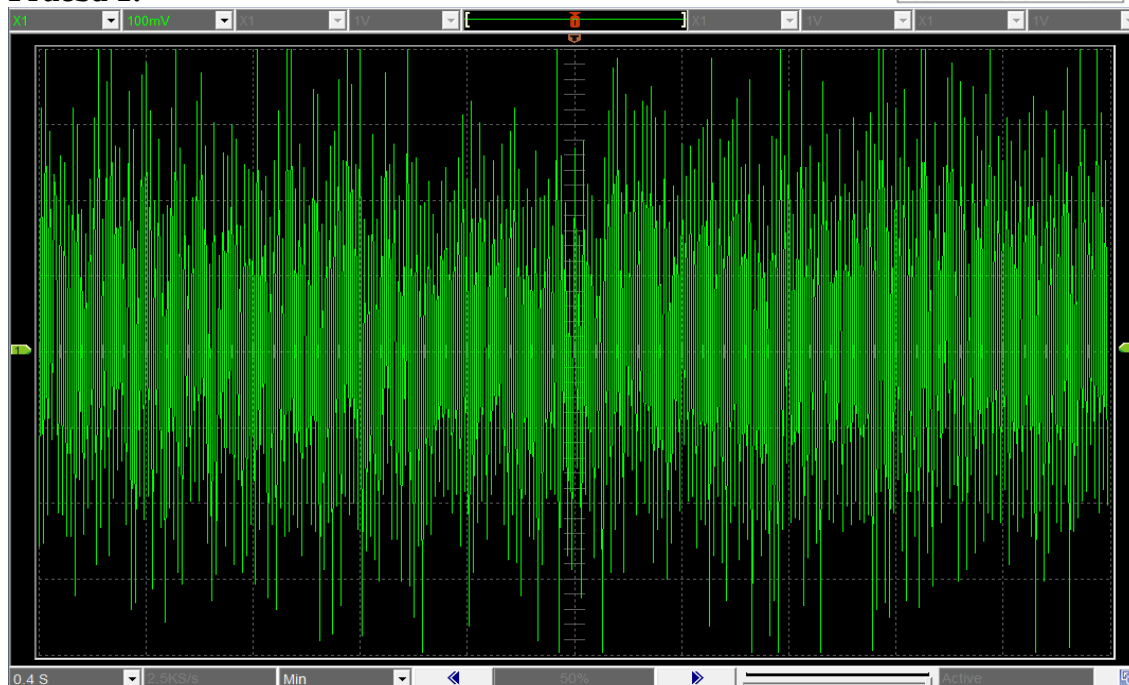
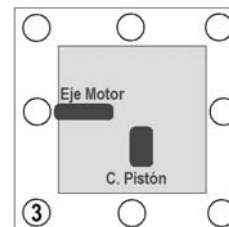
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

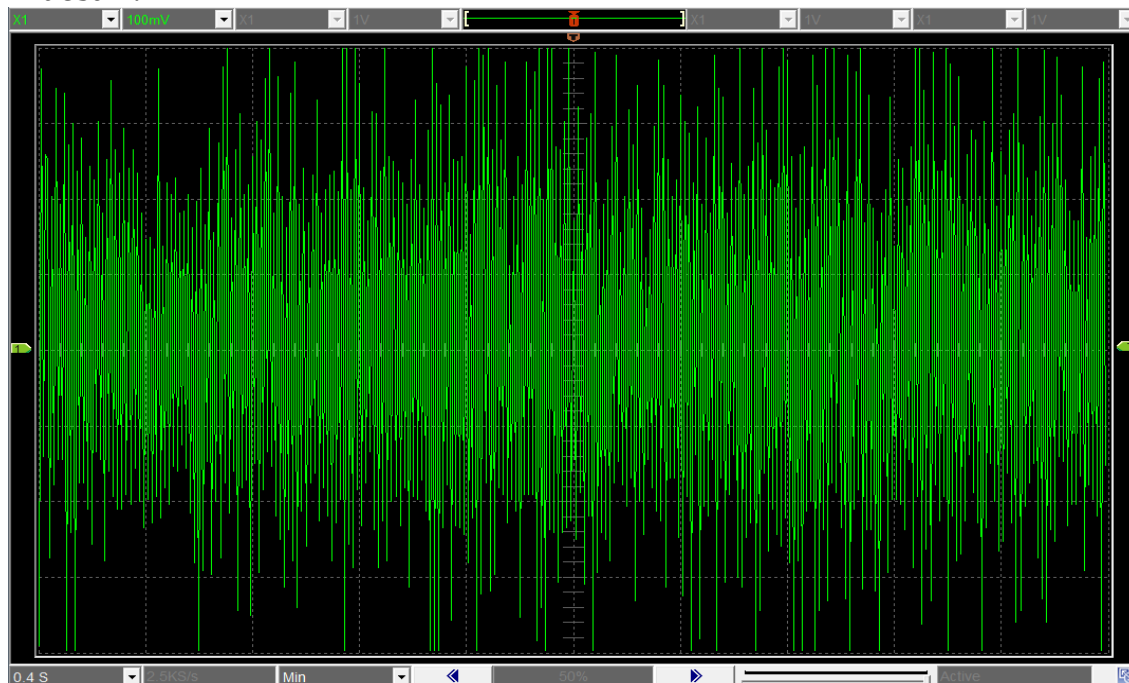
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 21 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



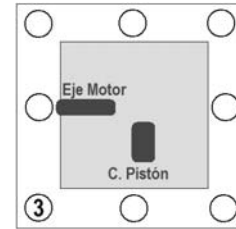
Gráfica B. 22 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

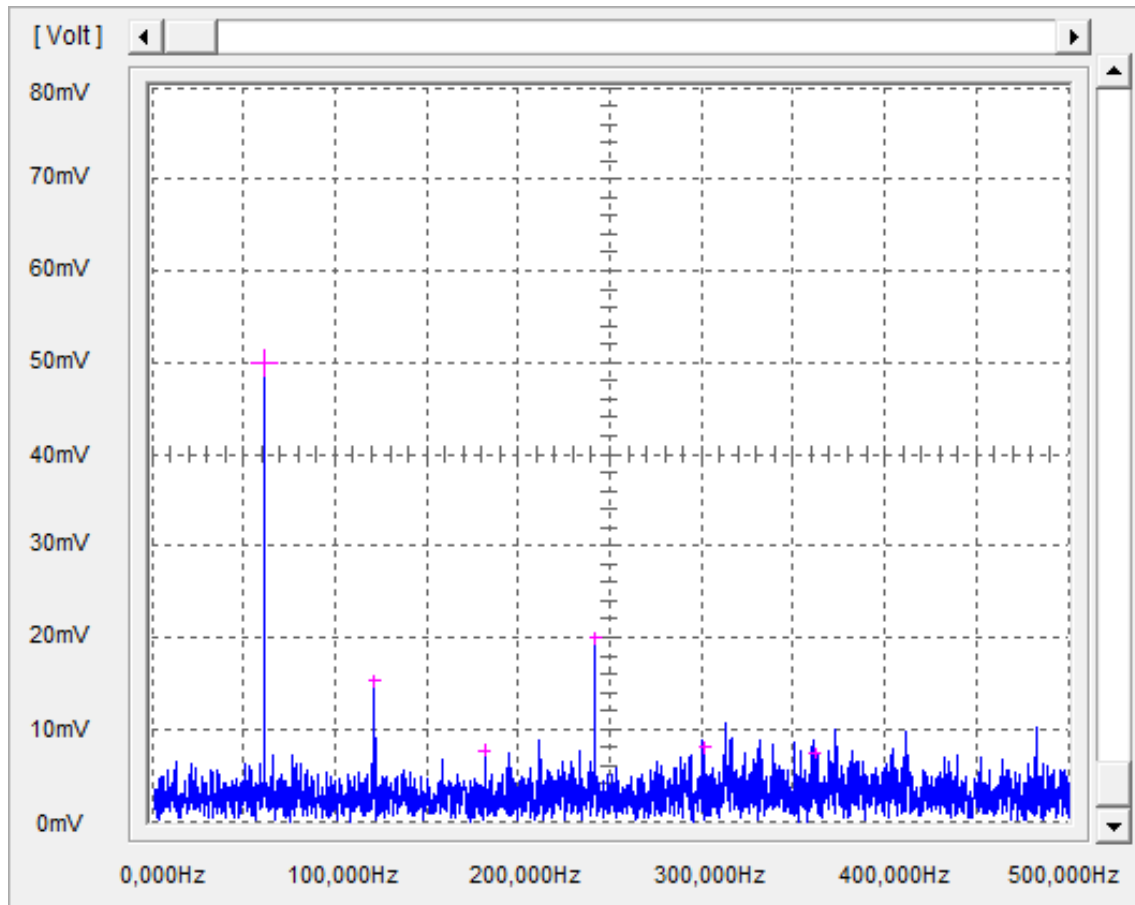
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	49,914 mV	2nd	123,000 Hz	15,342 mV
3rd	184,500 Hz	7,800 mV	4th	246,000 Hz	20,045 mV
5th	307,500 Hz	8,142 mV	6th	368,750 Hz	7,517 mV

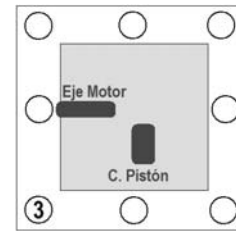
Gráfica B. 23 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

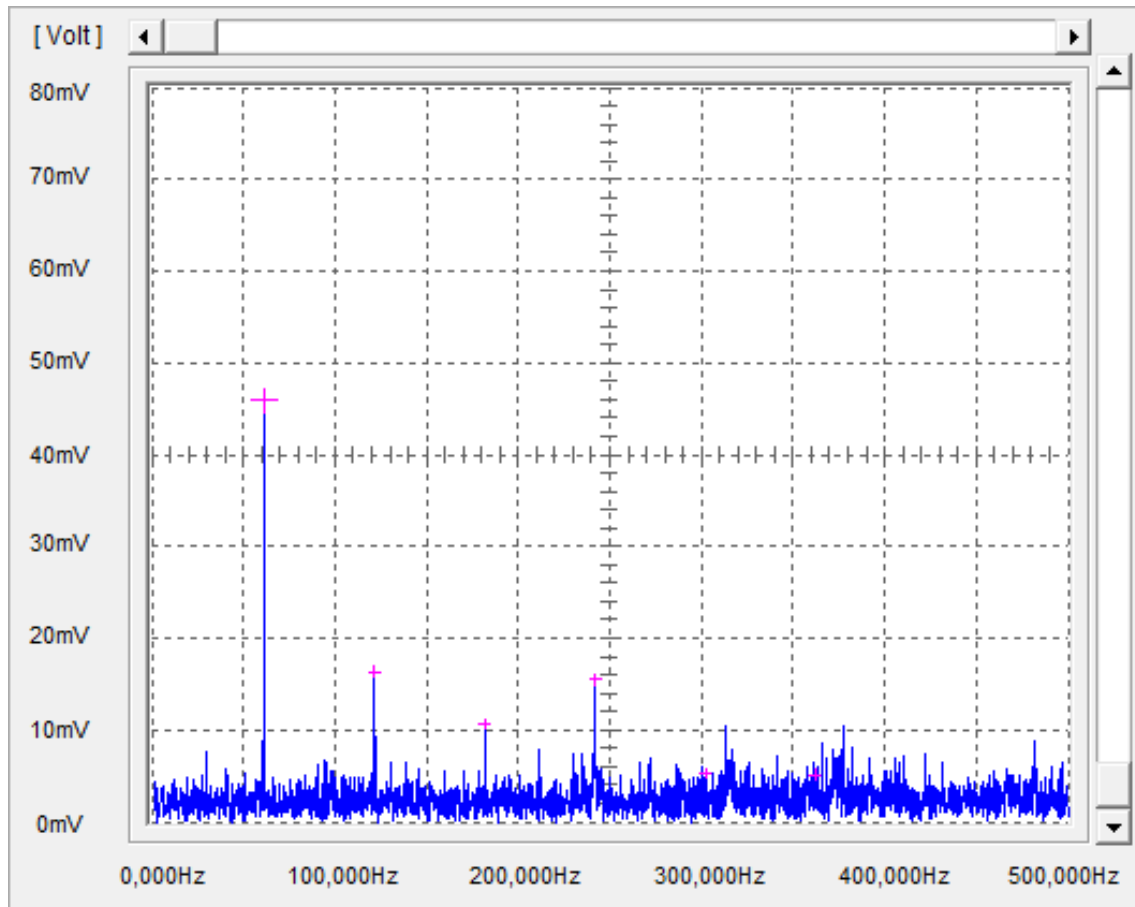
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	45,876 mV	2nd	123,000 Hz	16,450 mV
3rd	184,500 Hz	10,767 mV	4th	246,000 Hz	15,543 mV
5th	307,750 Hz	5,384 mV	6th	368,750 Hz	5,251 mV

Gráfica B. 24 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

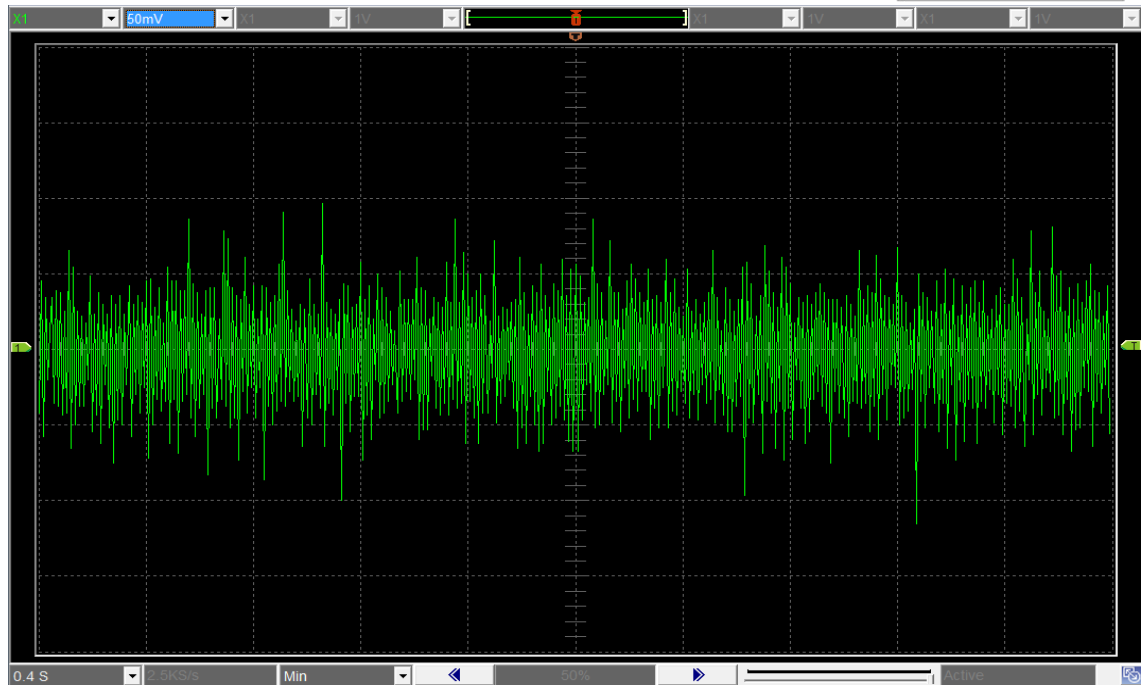
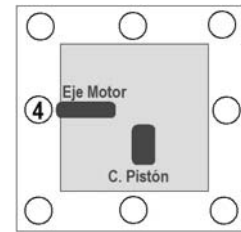
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

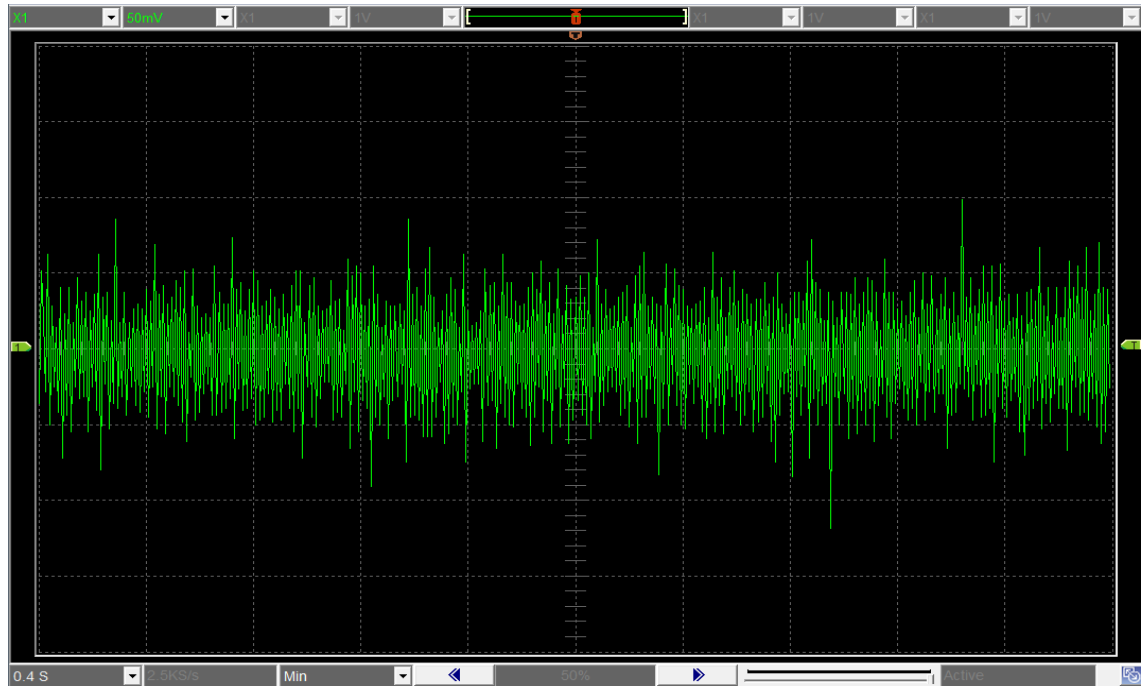
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 25 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



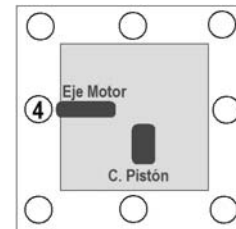
Gráfica B. 26 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

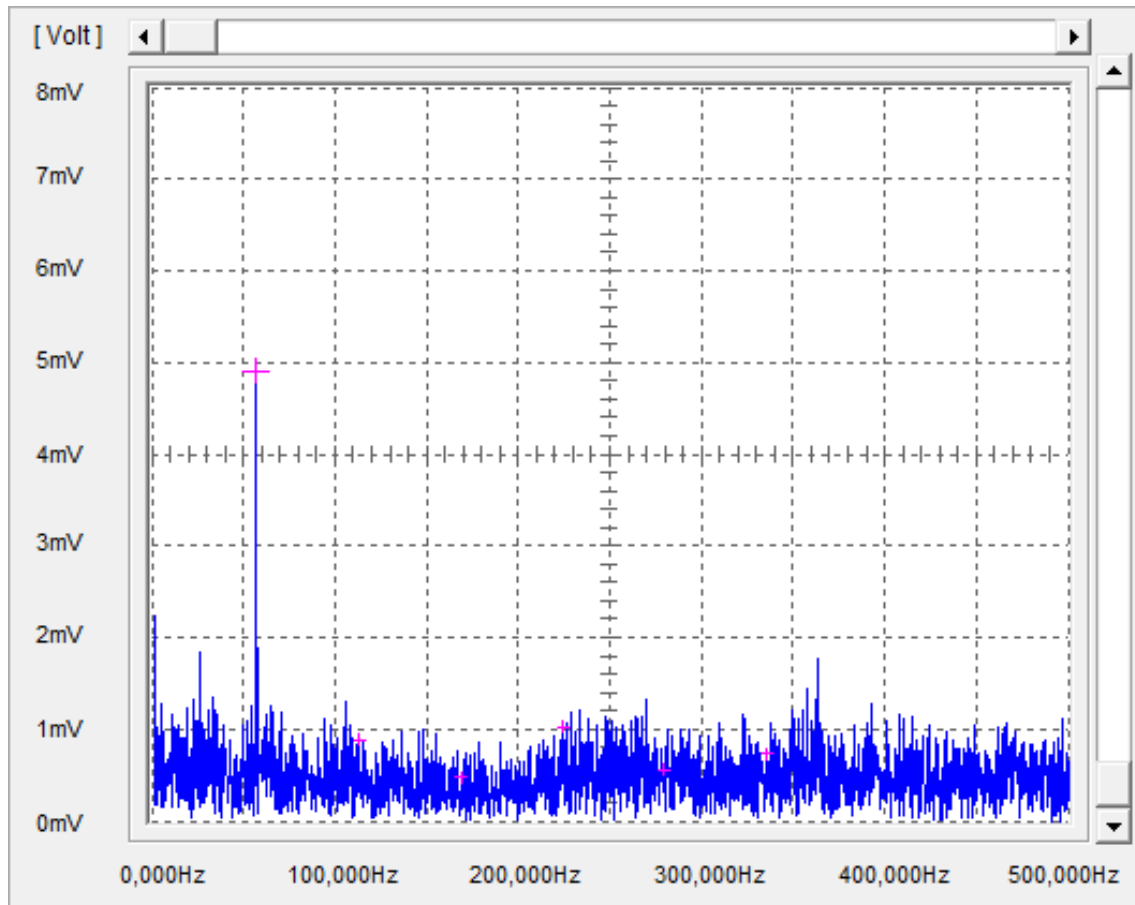
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	57,000 Hz	4,904 mV	2nd	114,250 Hz	0,898 mV
3rd	171,500 Hz	0,489 mV	4th	228,250 Hz	1,034 mV
5th	284,750 Hz	0,574 mV	6th	342,000 Hz	0,742 mV

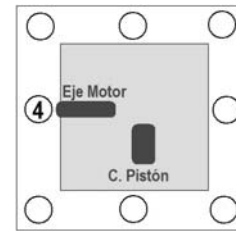
Gráfica B. 27 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

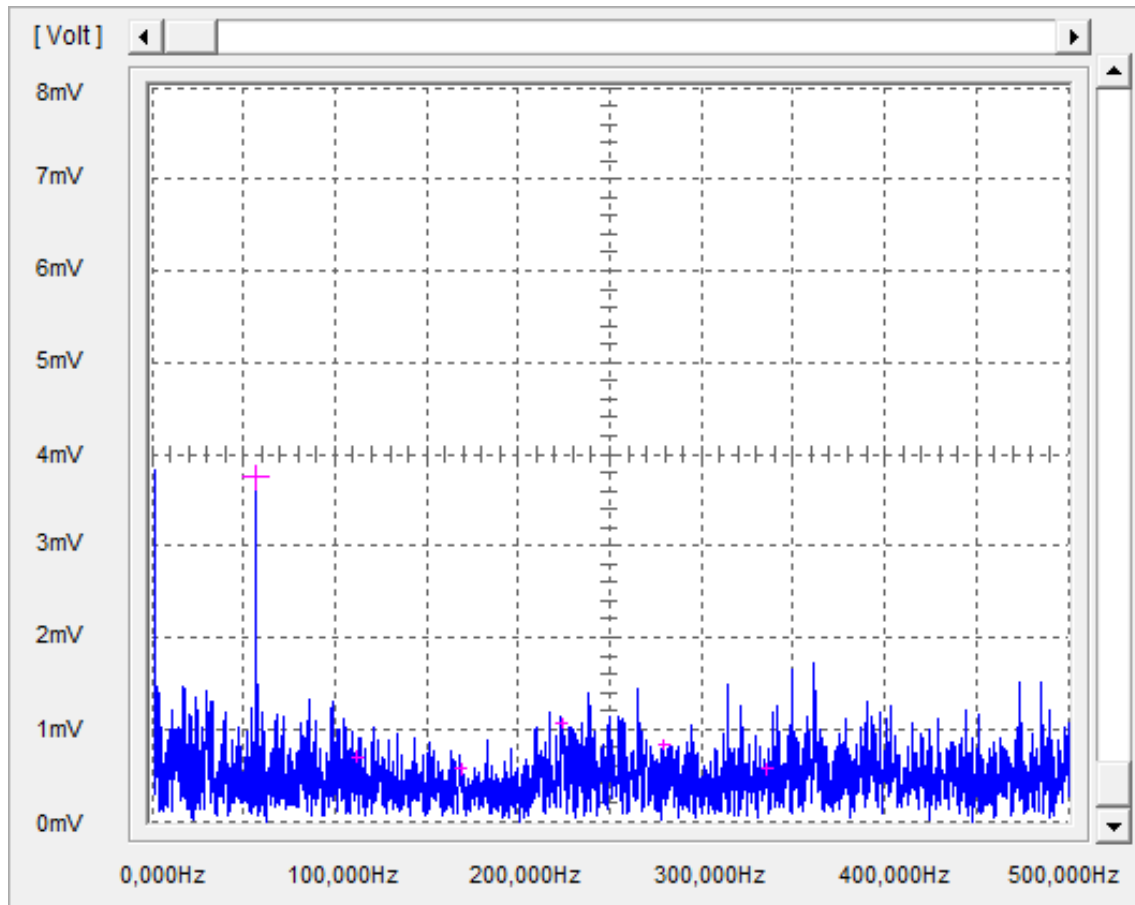
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	57,000 Hz	3,749 mV	2nd	113,500 Hz	0,710 mV
3rd	171,500 Hz	0,579 mV	4th	227,750 Hz	1,077 mV
5th	284,750 Hz	0,842 mV	6th	342,250 Hz	0,579 mV

Gráfica B.28 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

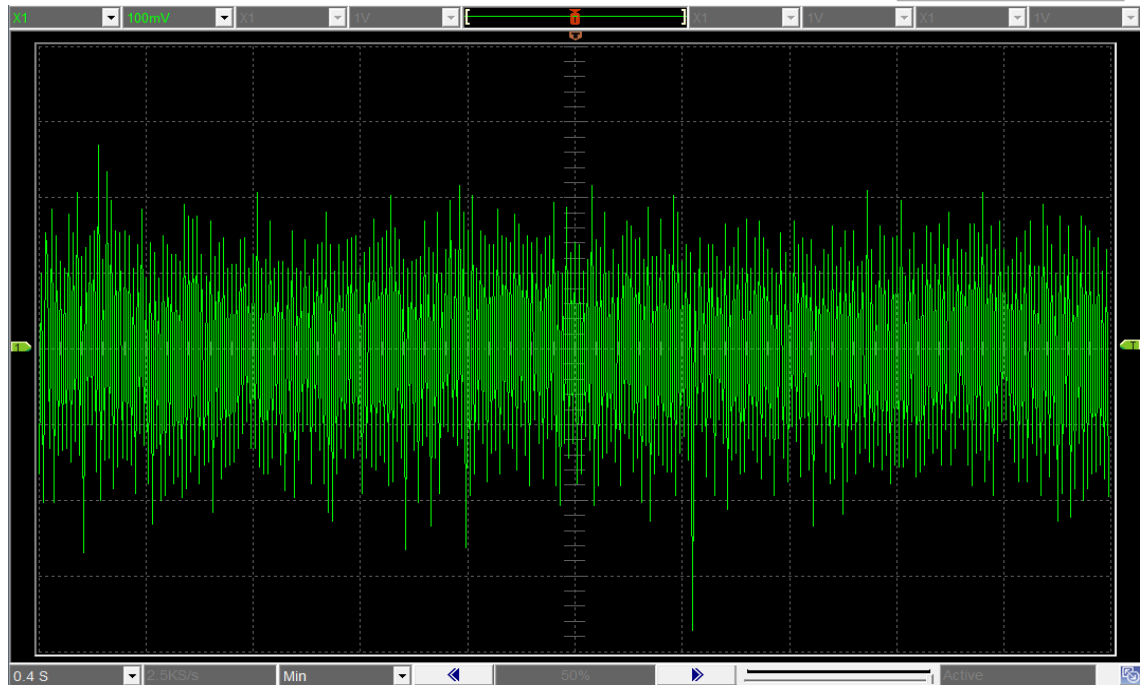
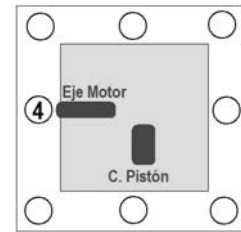
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

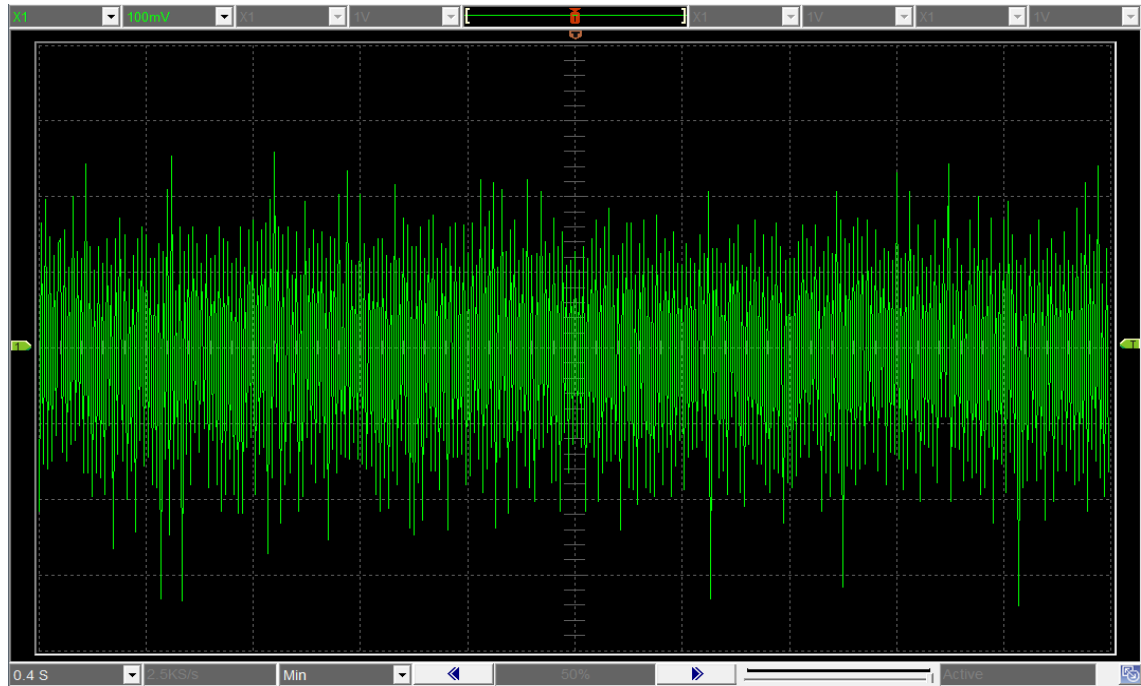
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



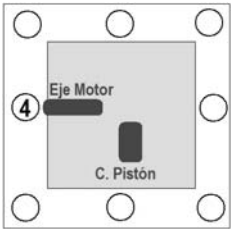
Gráfica B. 29 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

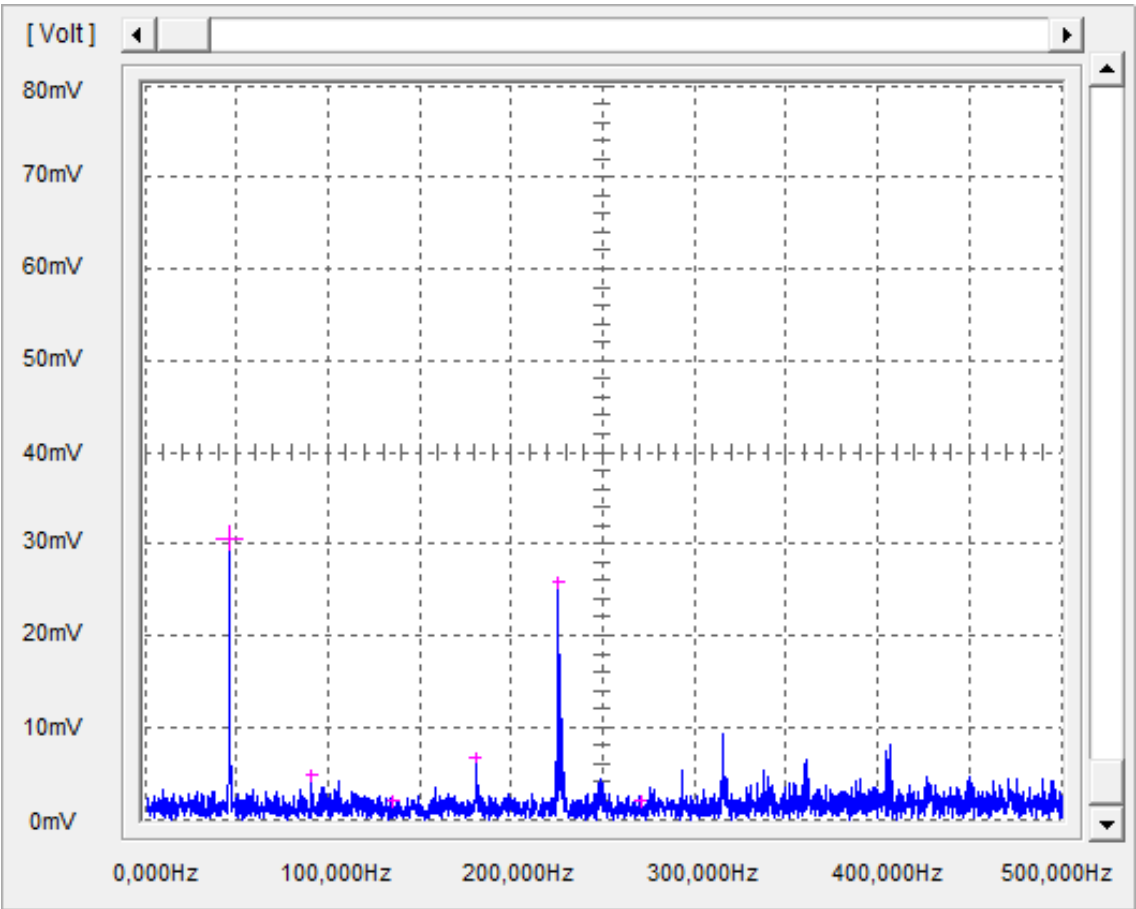


Gráfica B. 30 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	46,000 Hz	30,640 mV	2nd	92,000 Hz	4,843 mV
3rd	137,500 Hz	2,081 mV	4th	183,500 Hz	6,775 mV
5th	229,500 Hz	25,866 mV	6th	275,500 Hz	2,071 mV

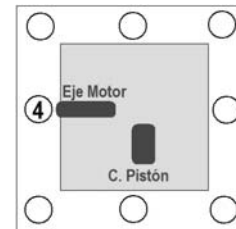
Gráfica B. 31 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

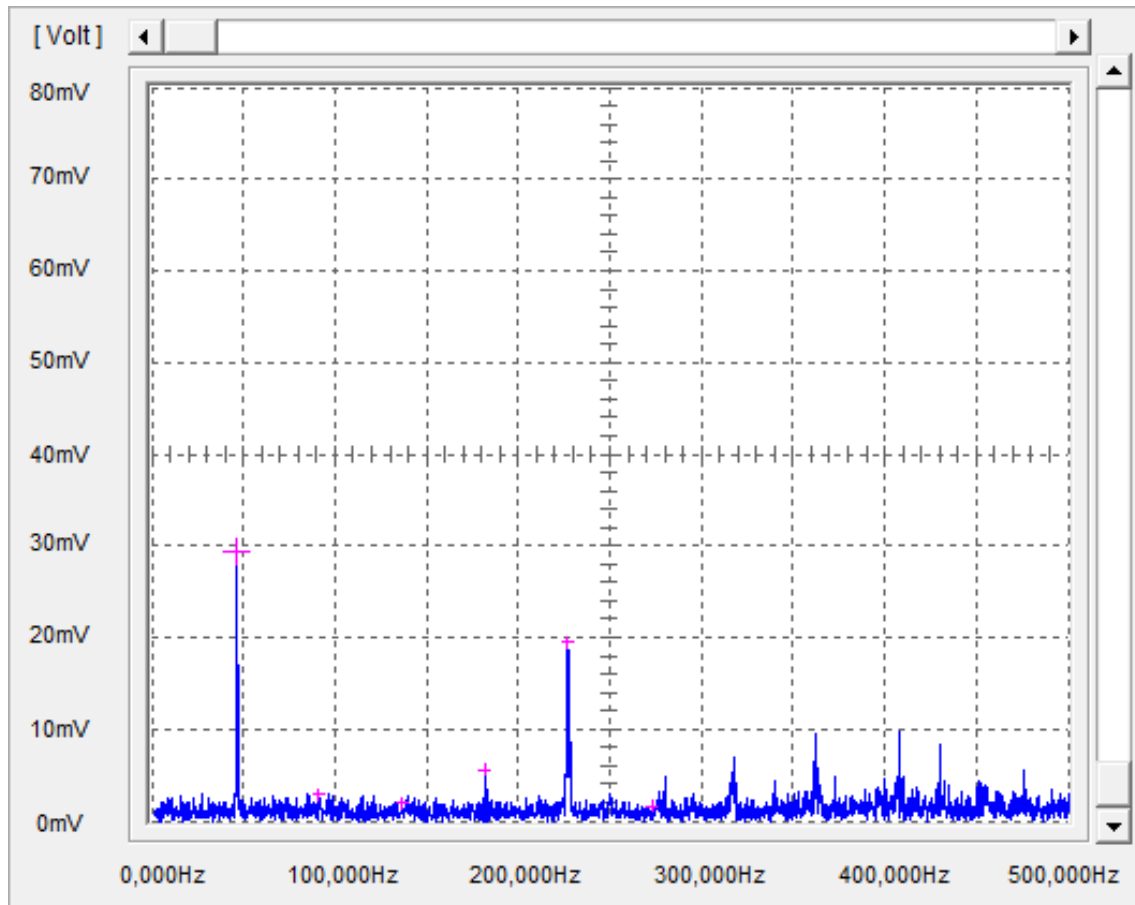
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	29,365 mV	2nd	92,000 Hz	3,027 mV
3rd	138,250 Hz	2,041 mV	4th	184,750 Hz	5,723 mV
5th	230,750 Hz	19,579 mV	6th	278,000 Hz	1,718 mV

Gráfica B. 32 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

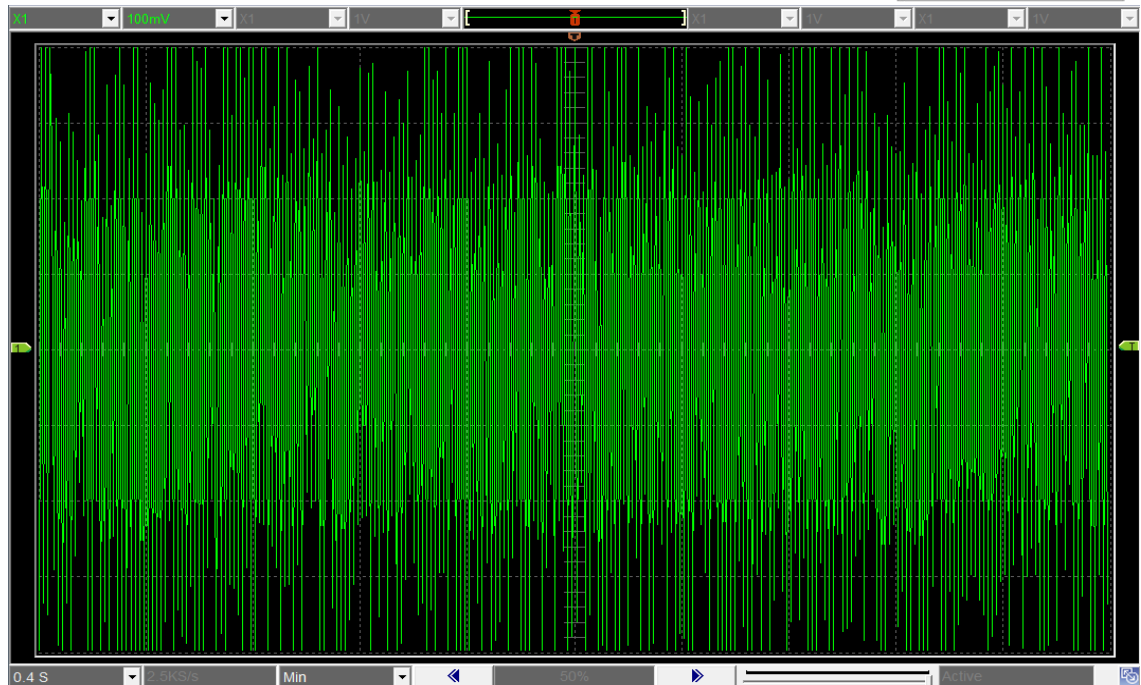
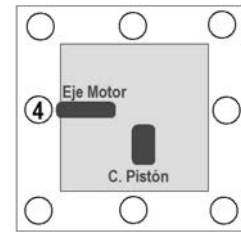
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

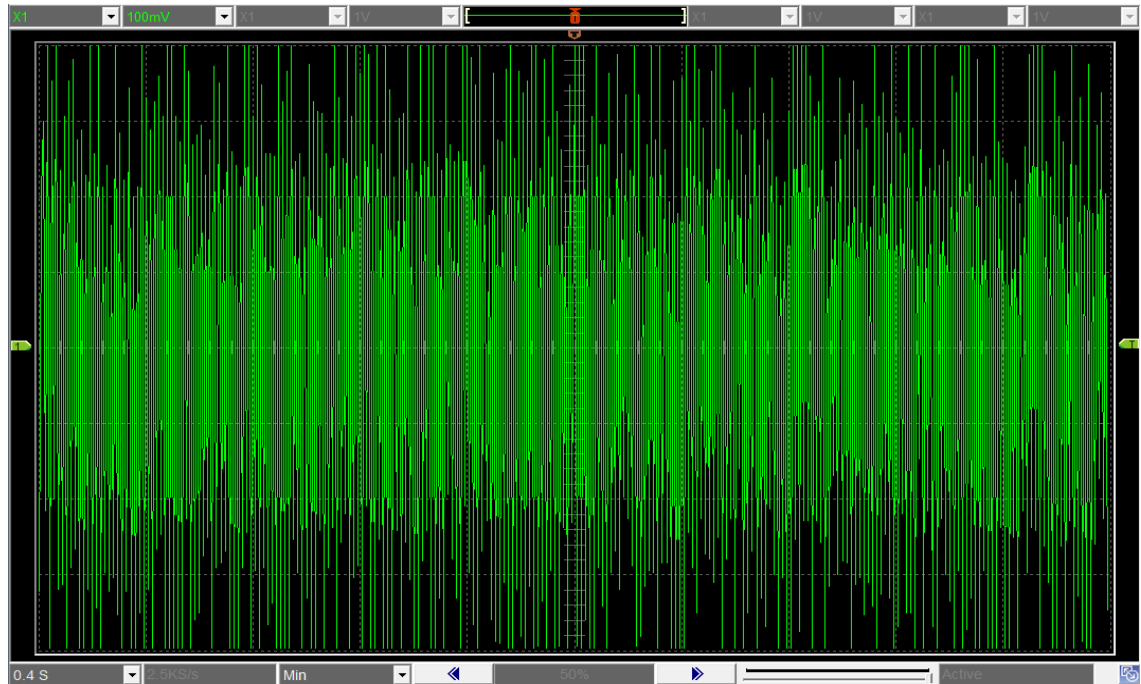
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



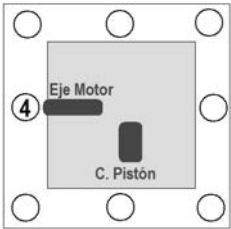
Gráfica B. 33 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

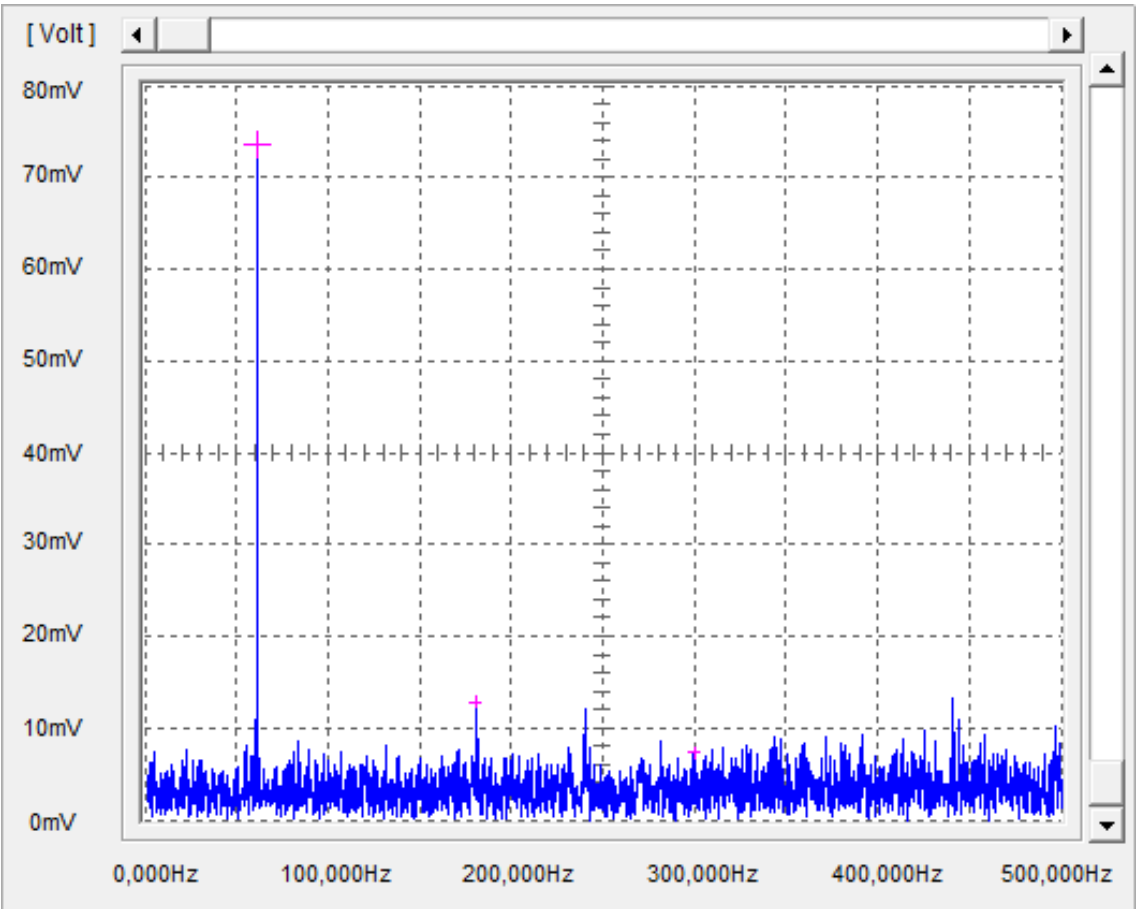


Gráfica B. 34 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	73,439 mV	2nd	---	---
3rd	183,500 Hz	12,970 mV	4th	---	---
5th	305,750 Hz	7,433 mV	6th	---	---

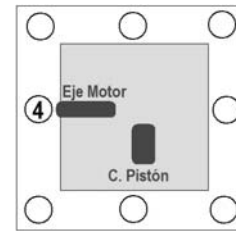
Gráfica B. 35 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

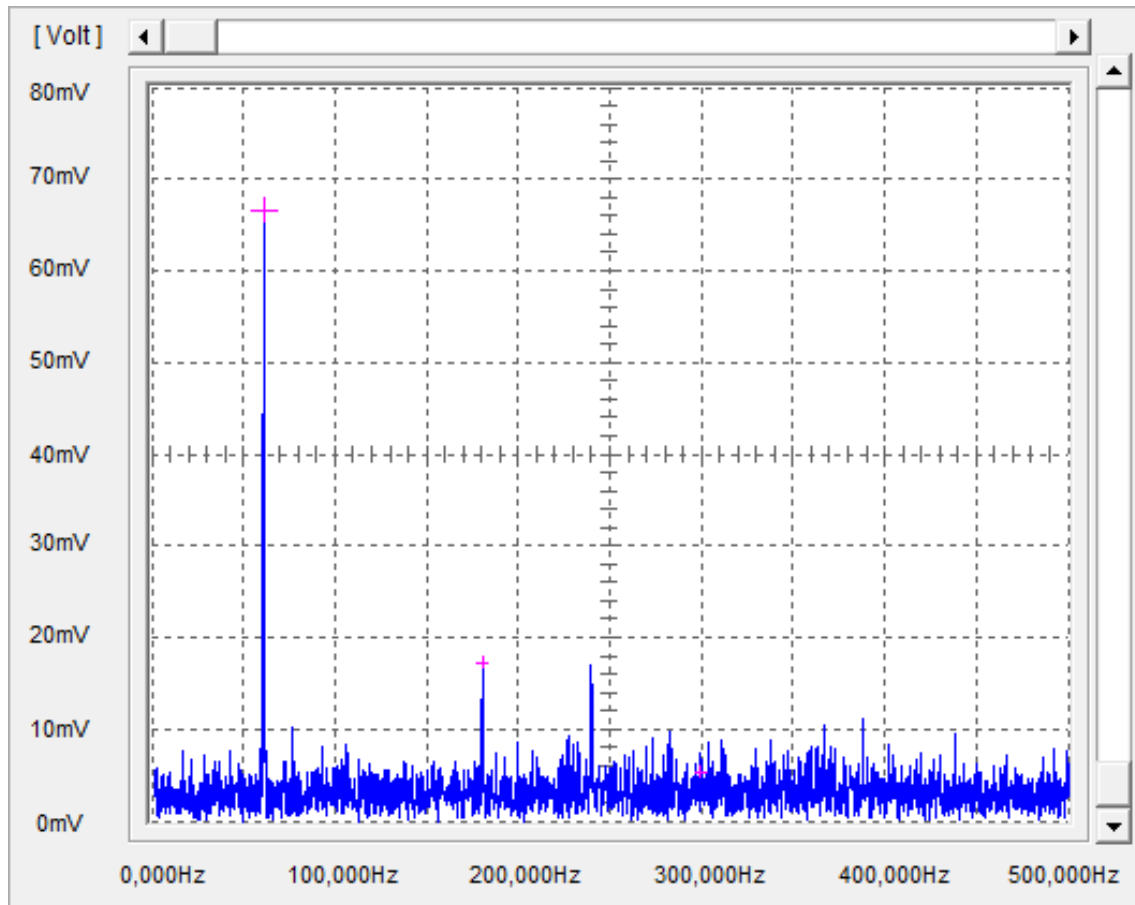
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	66,594 mV	2nd	---	---
3rd	183,250 Hz	17,401 mV	4th	---	---
5th	305,000 Hz	5,444 mV	6th	---	---

Gráfica B. 36 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

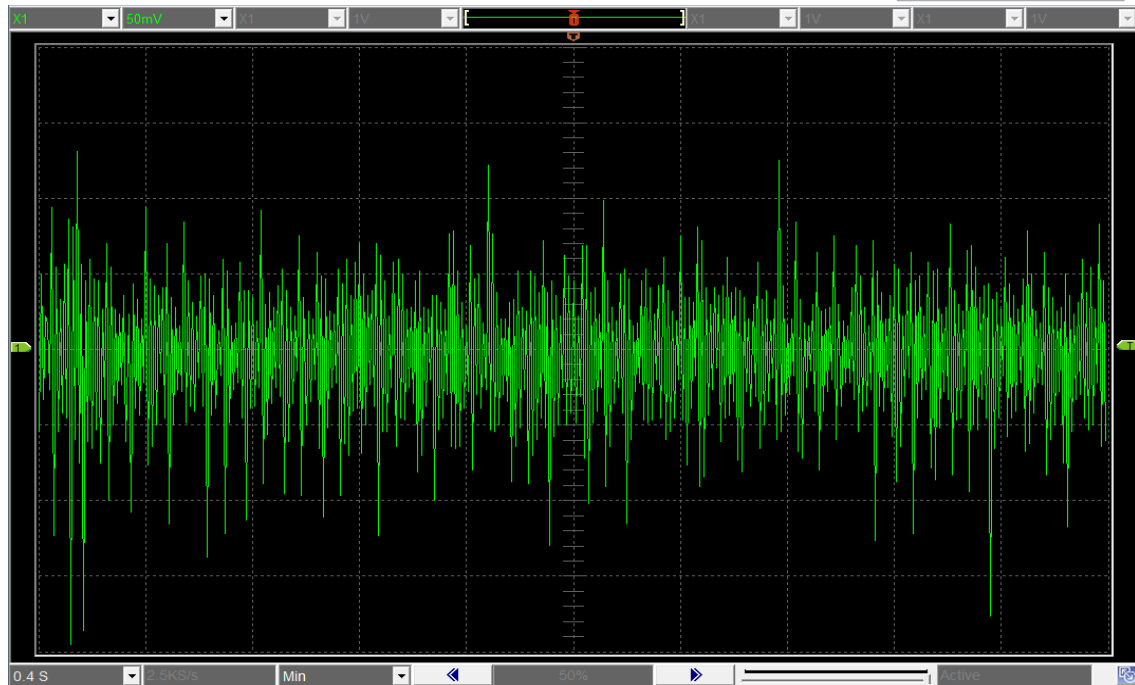
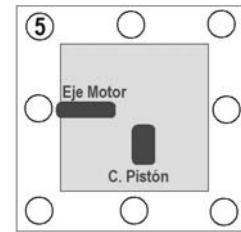
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

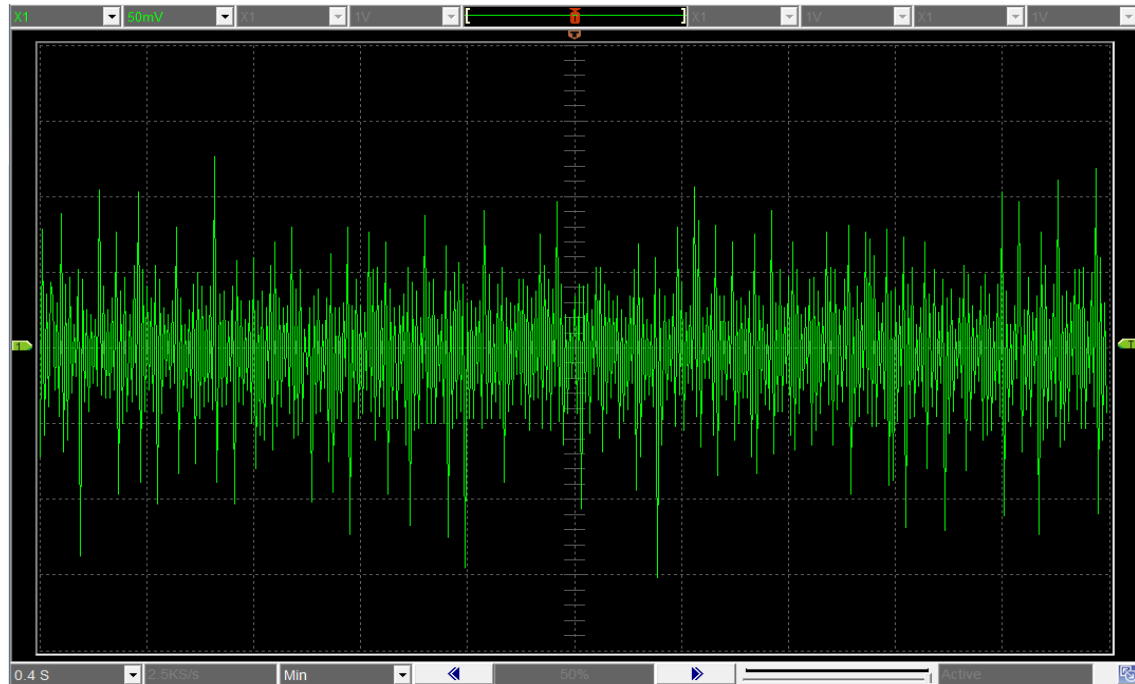
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 37 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



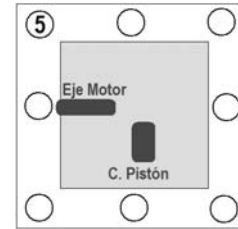
Gráfica B. 38 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

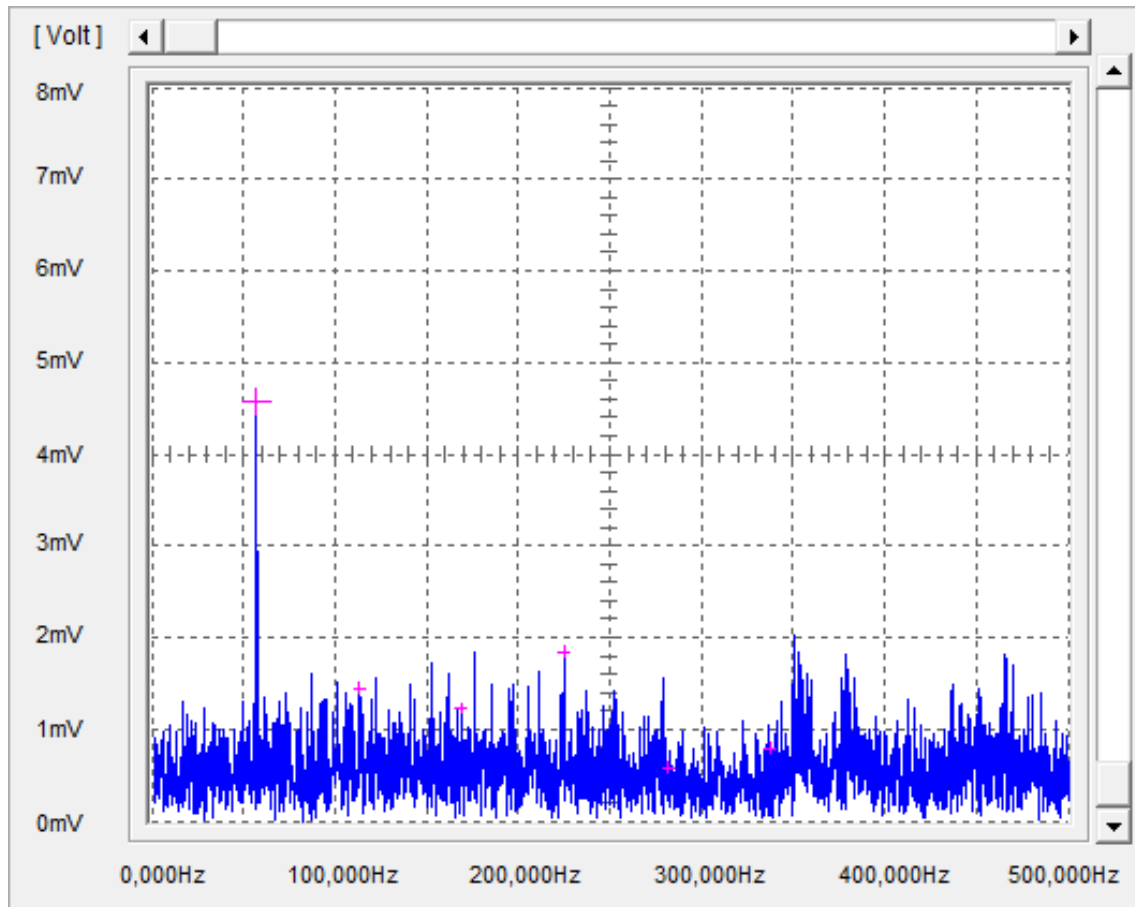
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



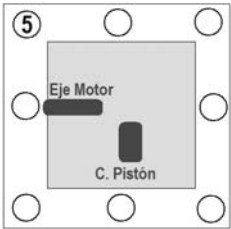
Prueba 1:



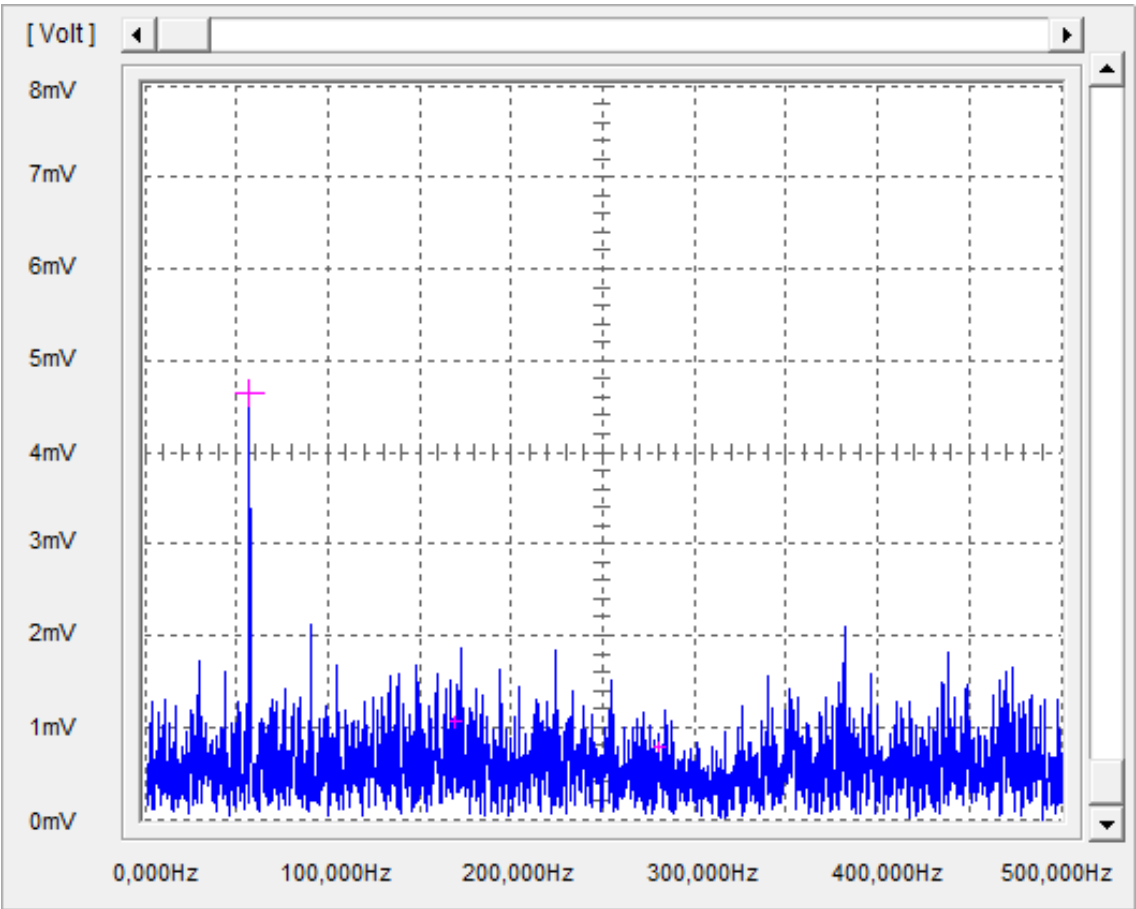
Harmonics Information					
1st	57,250 Hz	4,568 mV	2nd	114,500 Hz	1,456 mV
3rd	171,500 Hz	1,236 mV	4th	228,750 Hz	1,853 mV
5th	286,750 Hz	0,592 mV	6th	343,500 Hz	0,800 mV

Gráfica B. 39 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	57,250 Hz	4,641 mV	2nd	---	---
3rd	172,000 Hz	1,065 mV	4th	---	---
5th	285,750 Hz	0,799 mV	6th	---	---

Gráfica B. 40 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

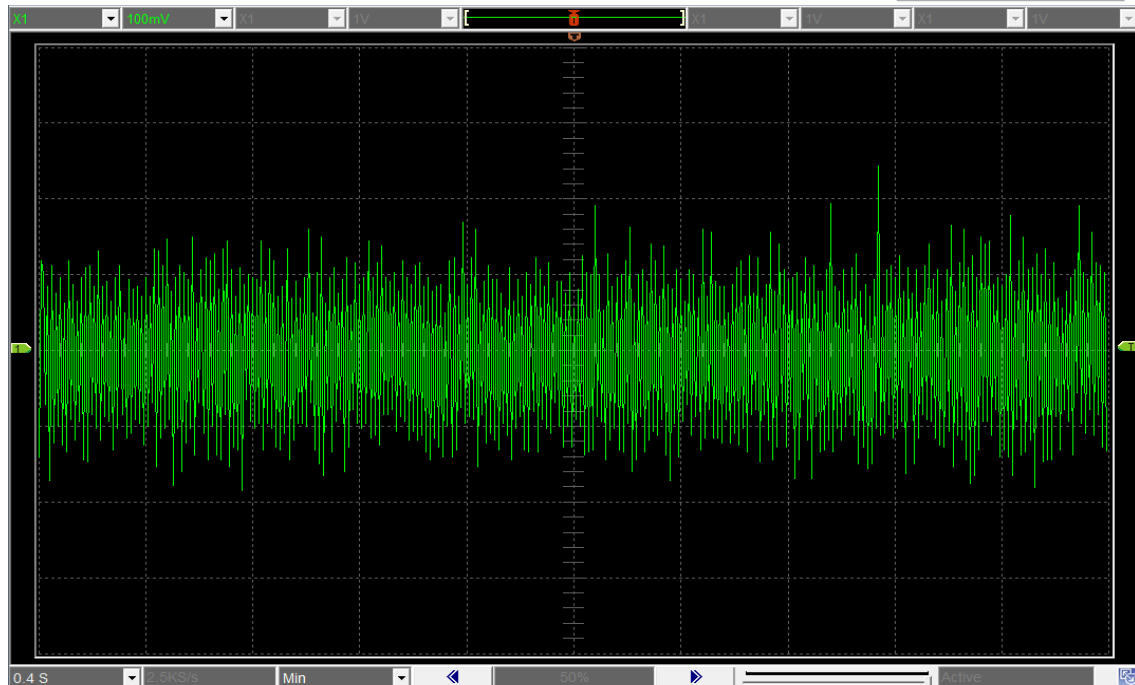
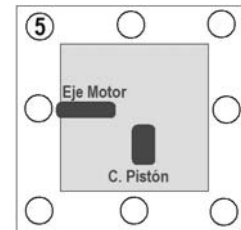
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

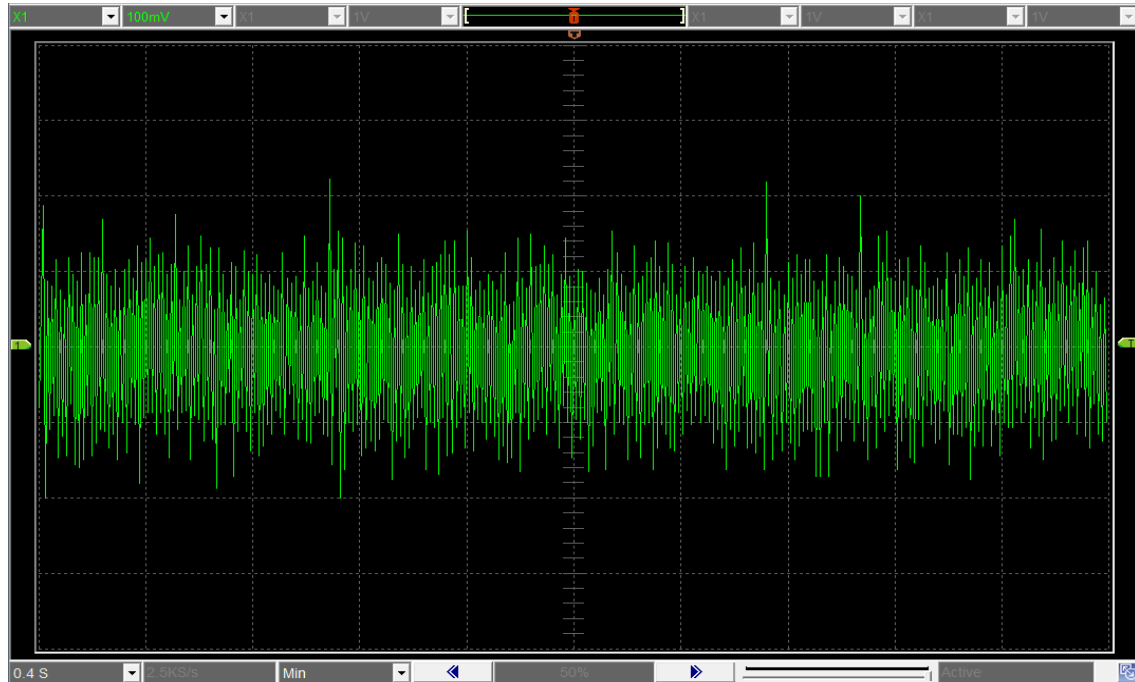
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 41 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



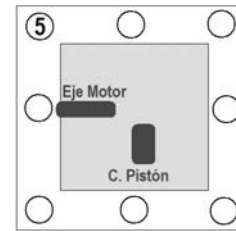
Gráfica B. 42 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

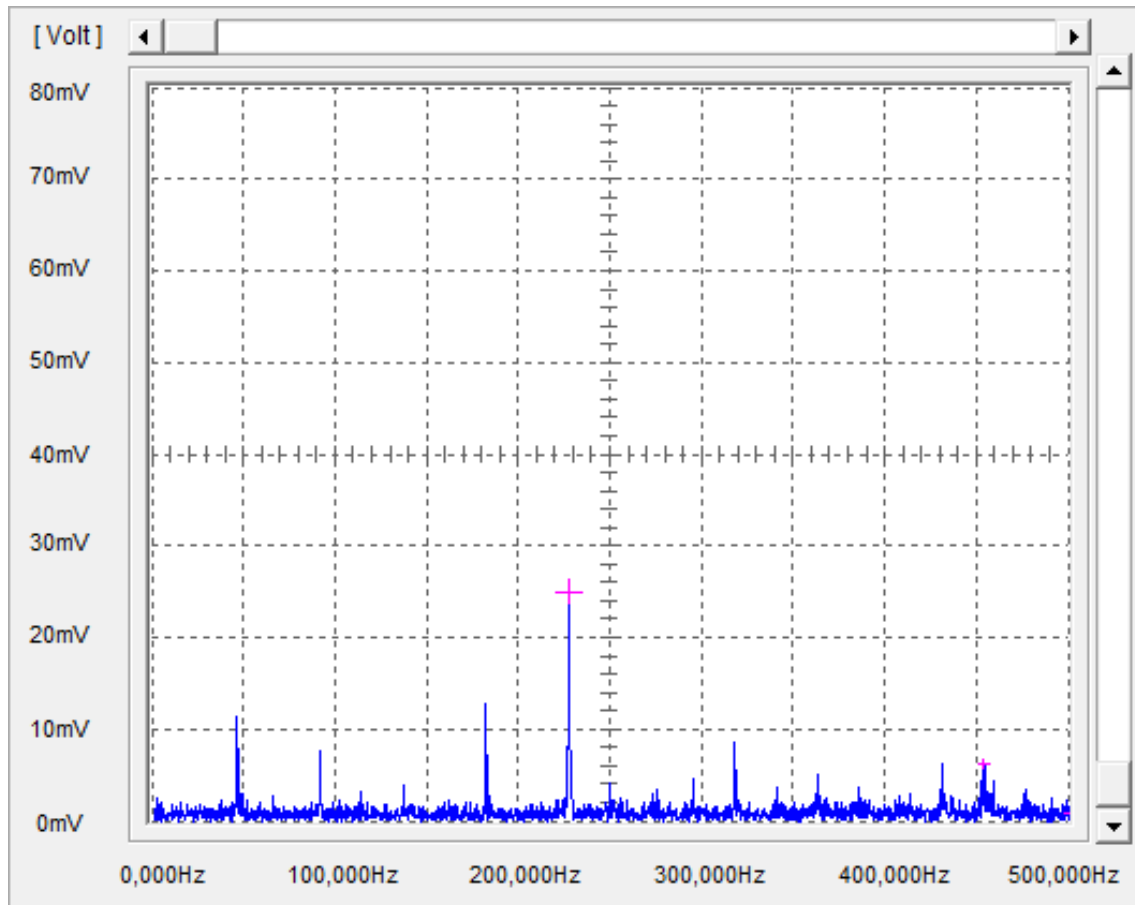
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	231,500 Hz	25,093 mV	2nd	463,000 Hz	6,359 mV
3rd	511,750 Hz	1,348 mV	4th	511,750 Hz	8,159 mV
5th	511,750 Hz	27,168 mV	6th	511,750 Hz	2,486 mV

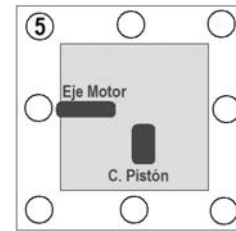
Gráfica B. 43 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

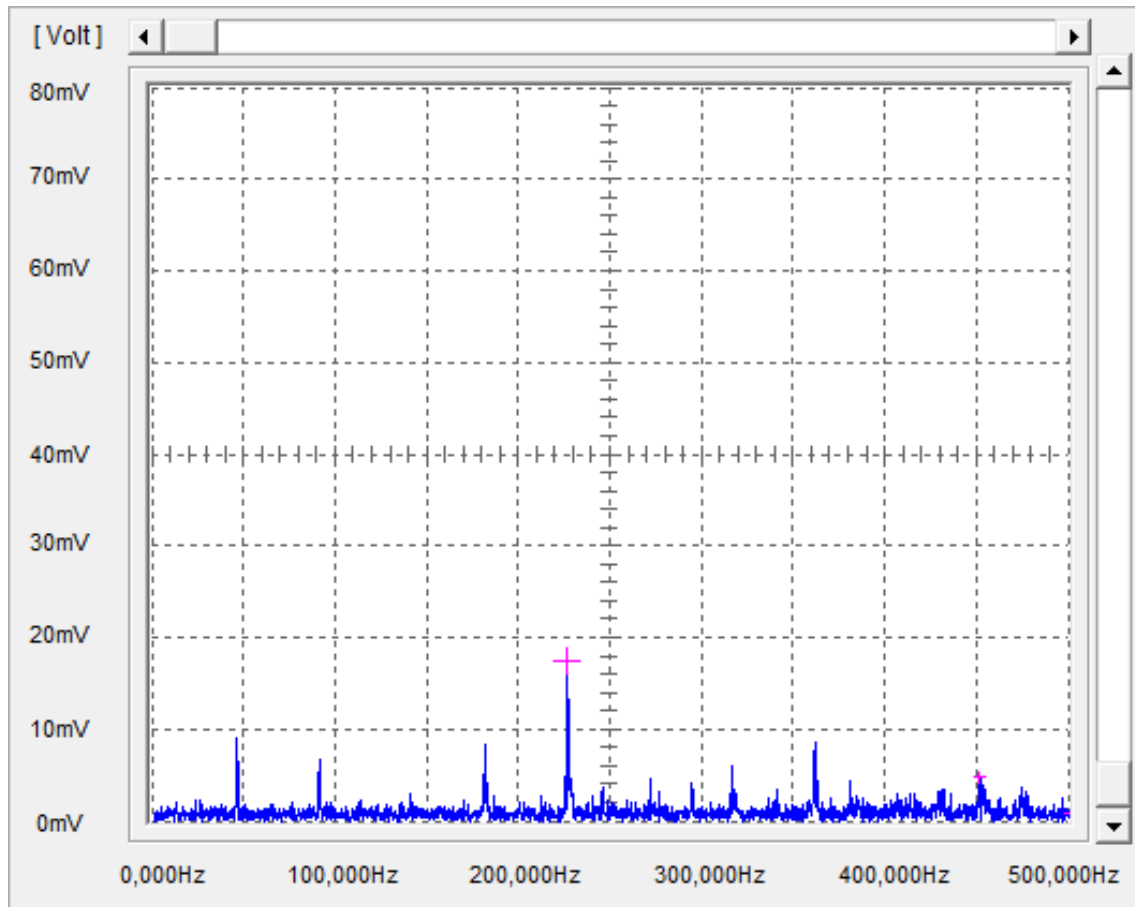
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	230,500 Hz	17,559 mV	2nd	460,750 Hz	4,880 mV
3rd	511,750 Hz	1,348 mV	4th	511,750 Hz	8,159 mV
5th	511,750 Hz	27,168 mV	6th	511,750 Hz	2,486 mV

Gráfica B. 44 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

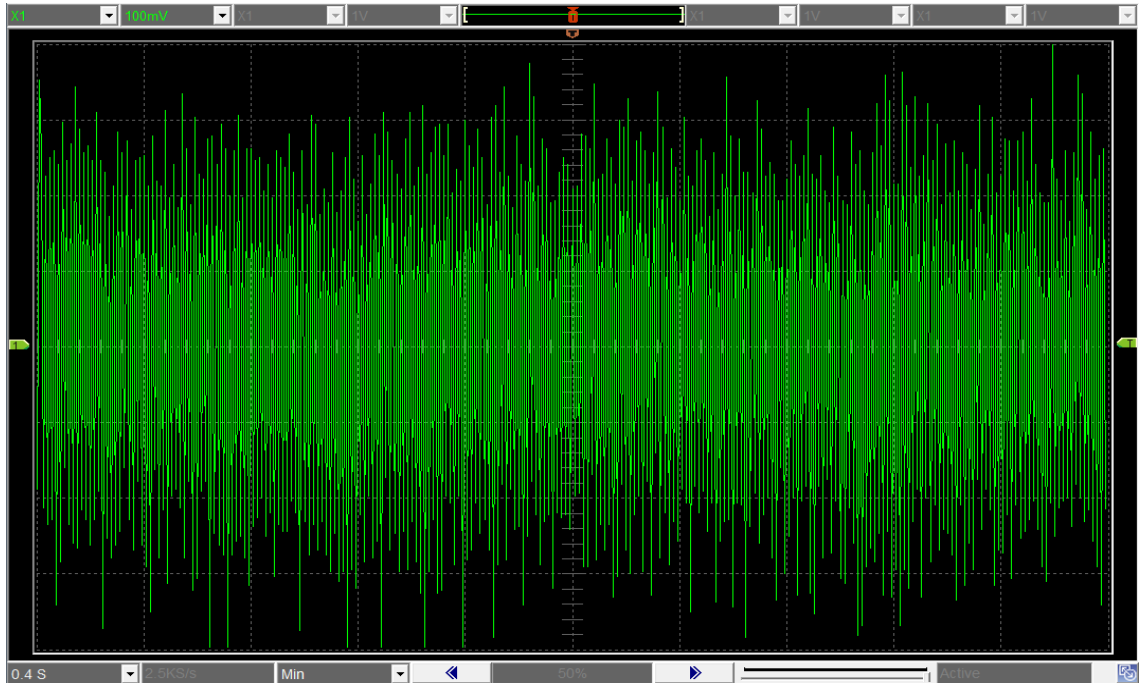
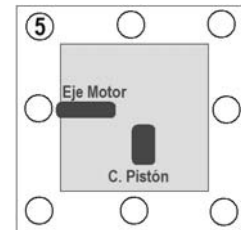
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

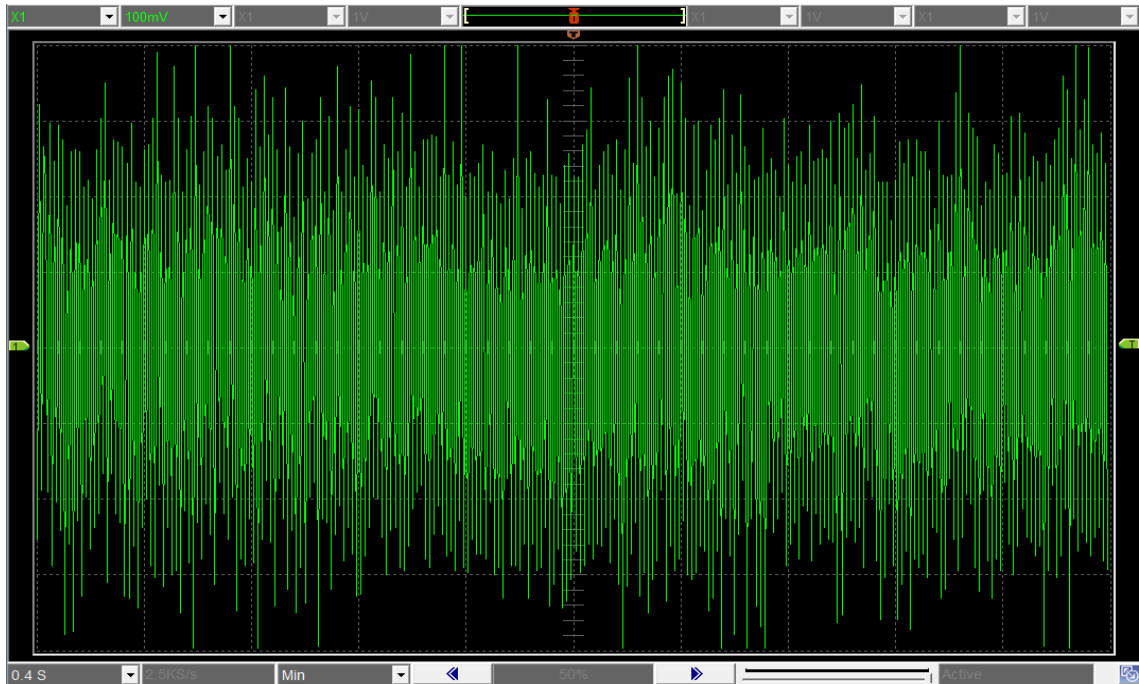
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 45 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



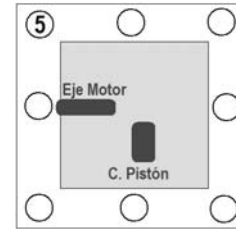
Gráfica B. 46 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

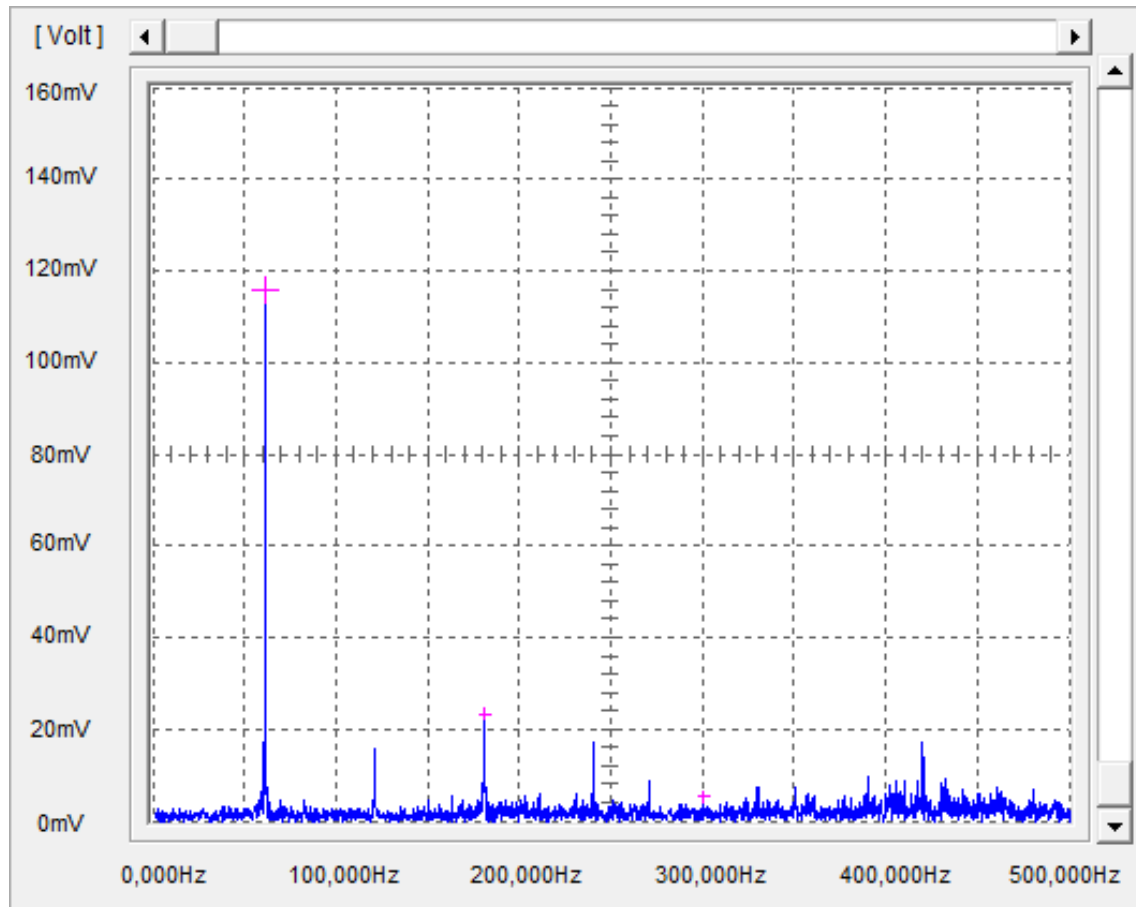
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



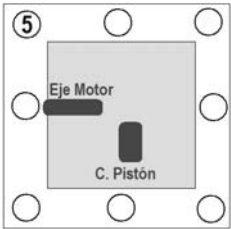
Prueba 1:



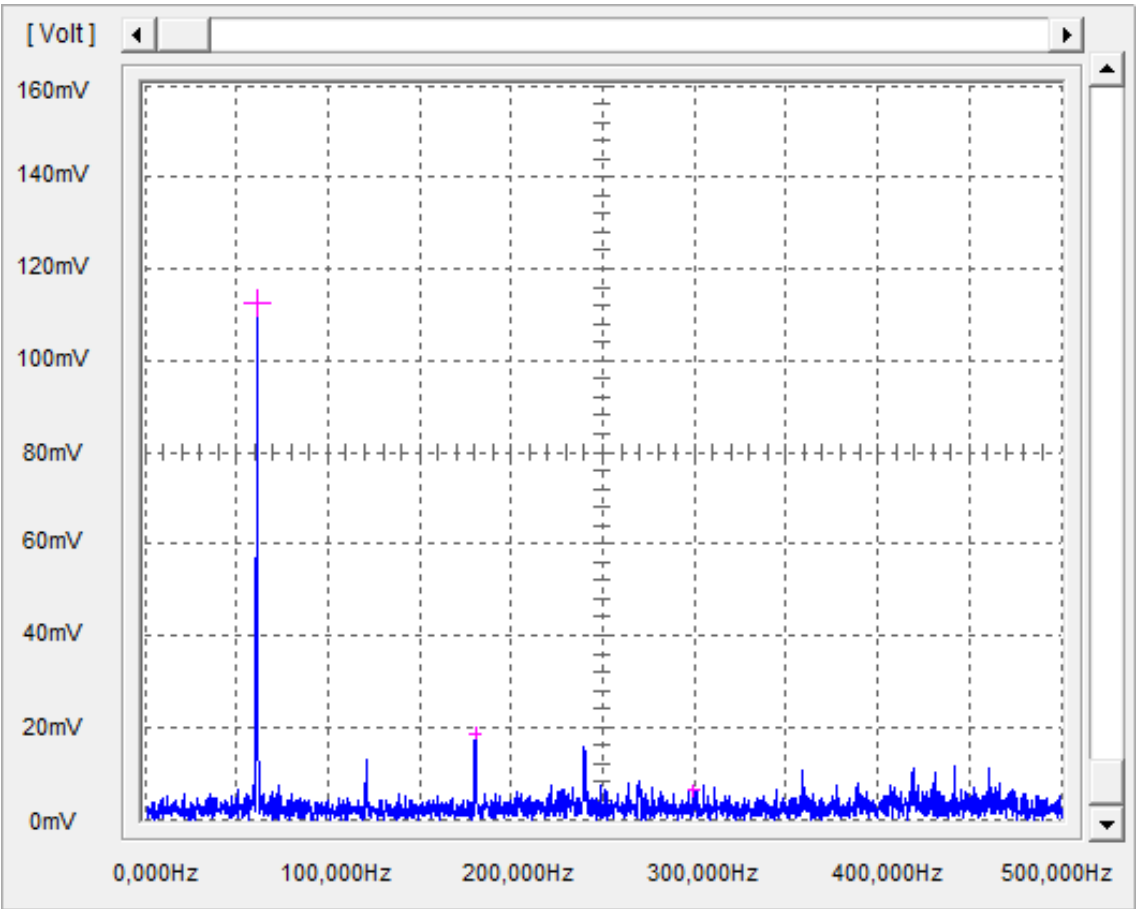
Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	115,636 mV	2nd	---	---
3rd	183,750 Hz	23,557 mV	4th	---	---
5th	306,000 Hz	5,588 mV	6th	---	---

Gráfica B. 47 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	112,487 mV	2nd	---	---
3rd	183,500 Hz	18,924 mV	4th	---	---
5th	304,750 Hz	6,365 mV	6th	---	---

Gráfica B. 48 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

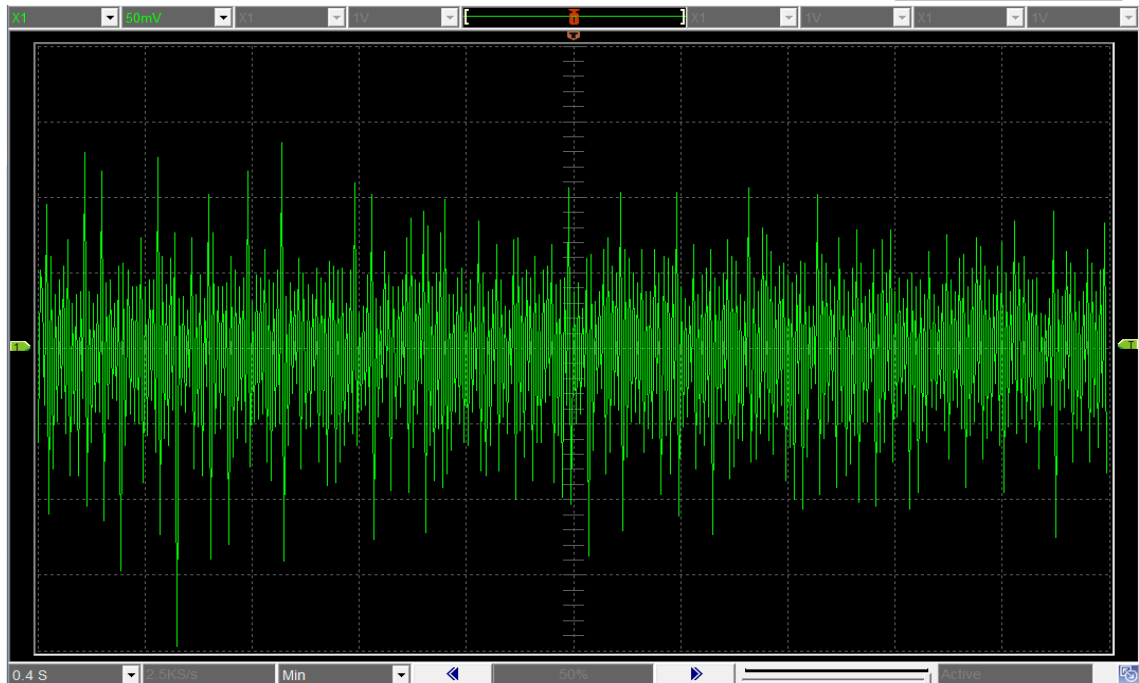
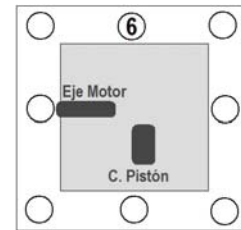
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

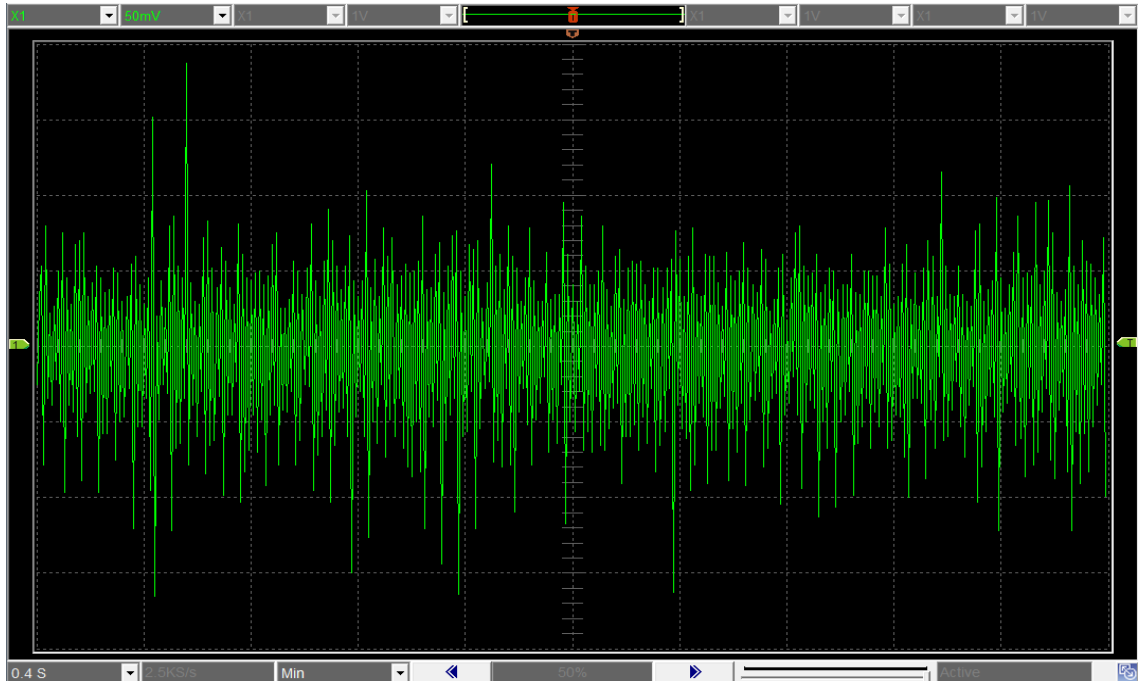
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



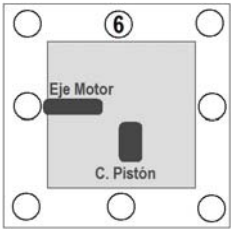
Gráfica B. 49 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

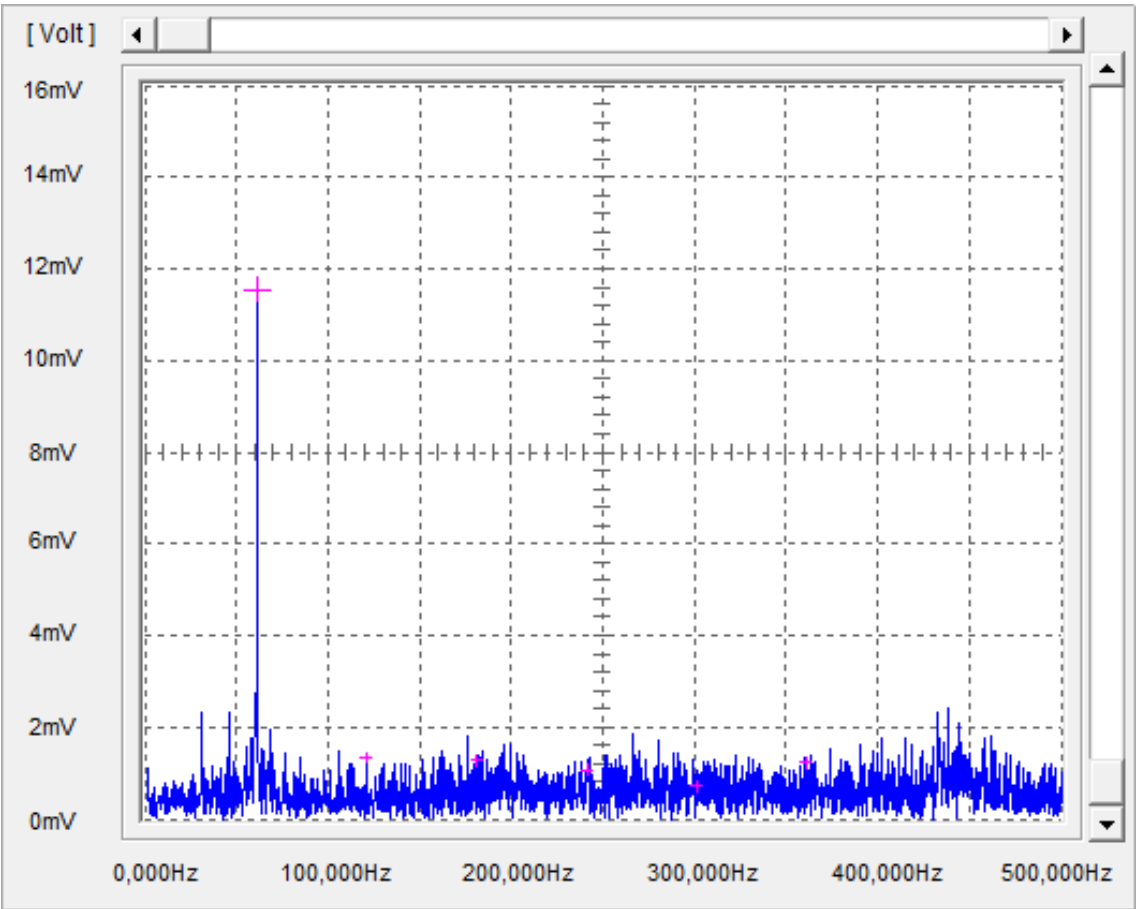


Gráfica B. 50 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	11,536 mV	2nd	122,500 Hz	1,360 mV
3rd	184,000 Hz	1,289 mV	4th	245,500 Hz	1,101 mV
5th	306,500 Hz	0,743 mV	6th	368,000 Hz	1,251 mV

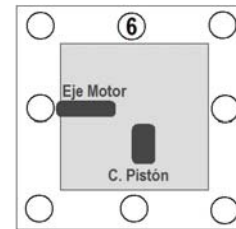
Gráfica B. 51 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

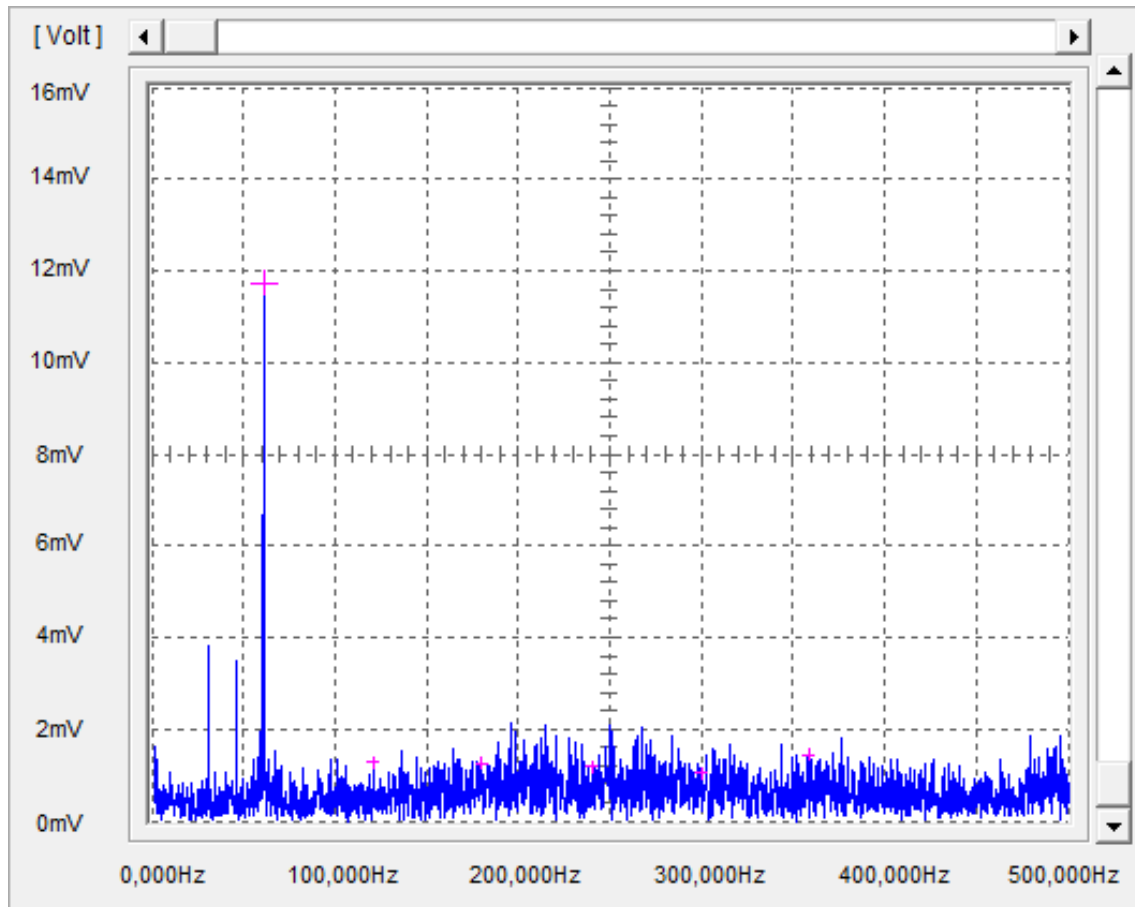
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	11,724 mV	2nd	122,000 Hz	1,305 mV
3rd	182,500 Hz	1,286 mV	4th	244,250 Hz	1,205 mV
5th	305,500 Hz	1,062 mV	6th	365,500 Hz	1,468 mV

Gráfica B. 52 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

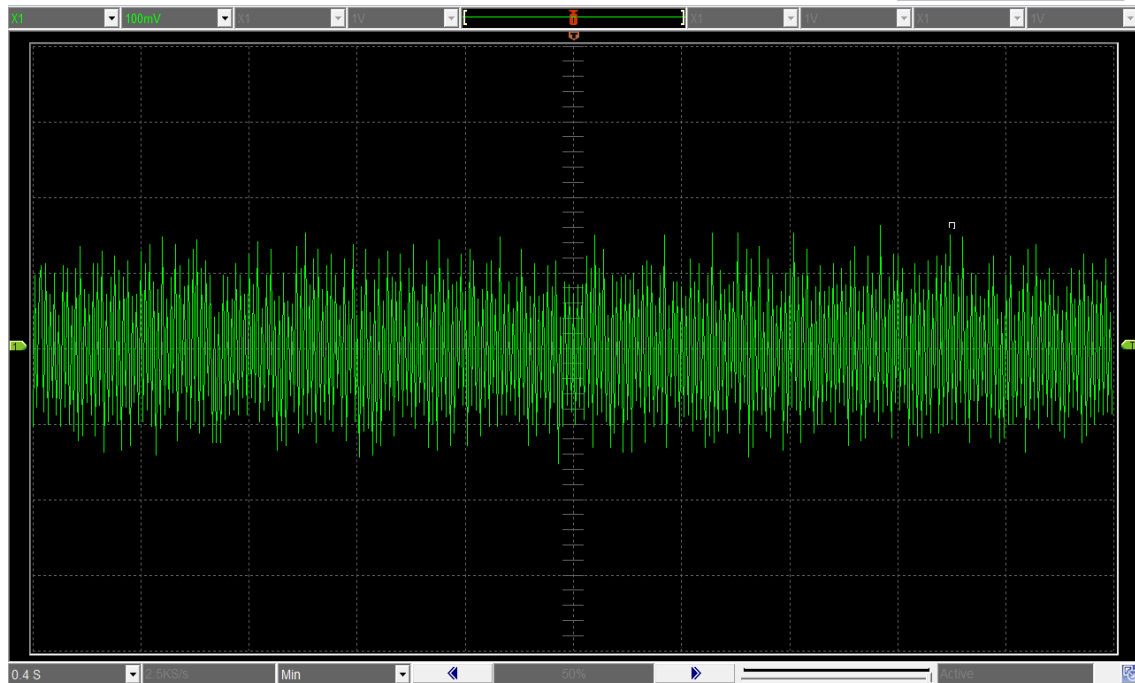
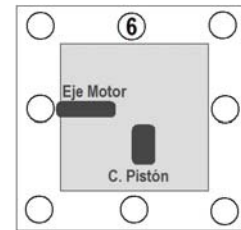
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

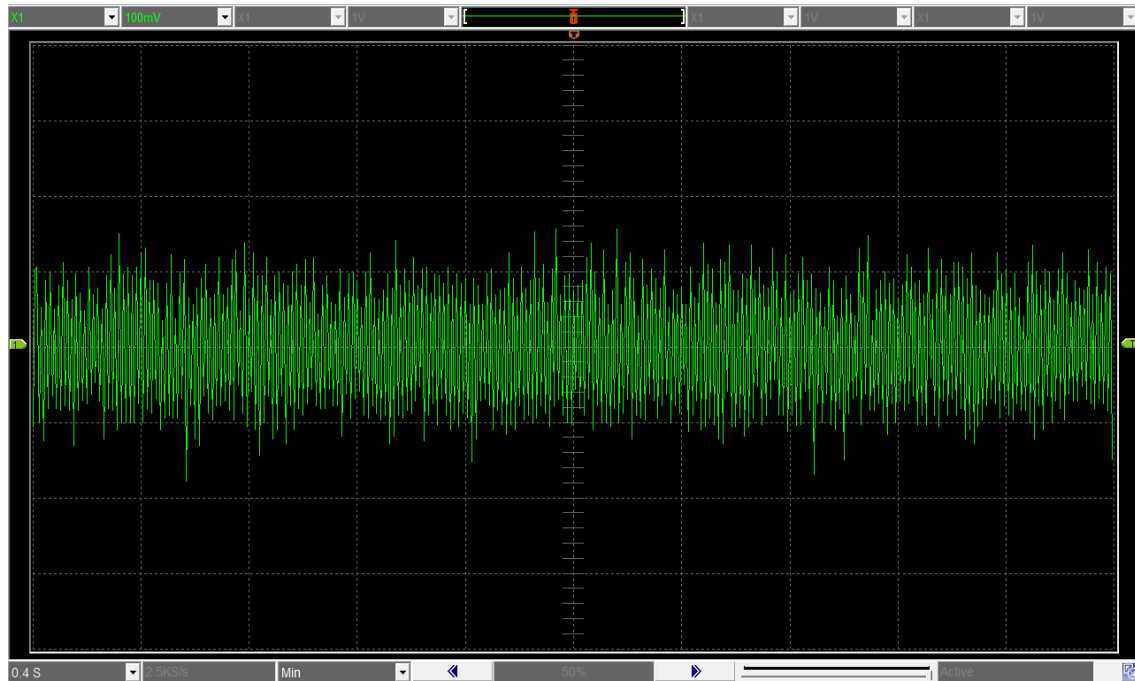
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 53 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



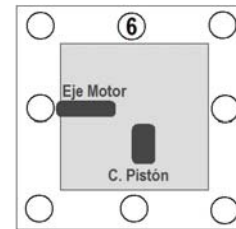
Gráfica B. 54 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

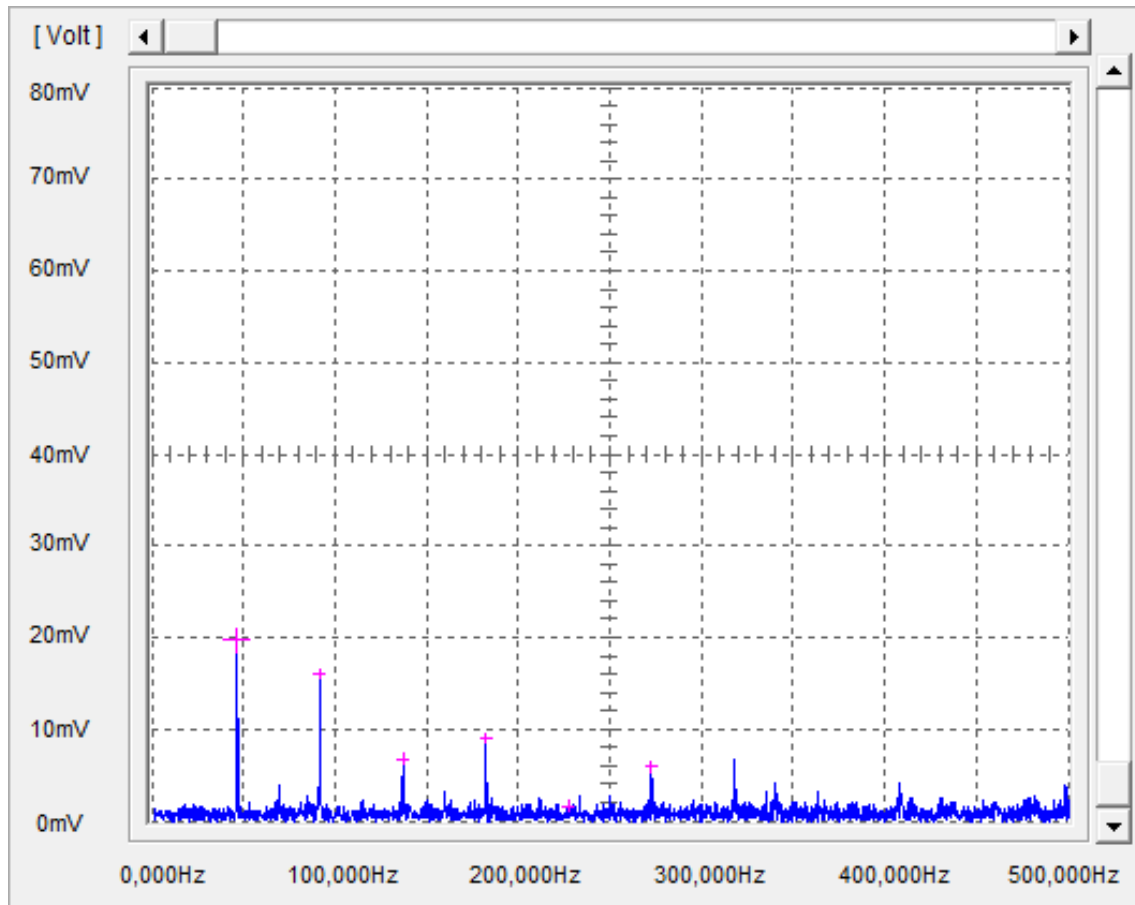
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	19,764 mV	2nd	92,500 Hz	16,087 mV
3rd	138,750 Hz	6,899 mV	4th	185,000 Hz	9,103 mV
5th	231,250 Hz	1,782 mV	6th	277,250 Hz	5,983 mV

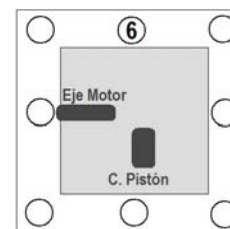
Gráfica B. 55 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

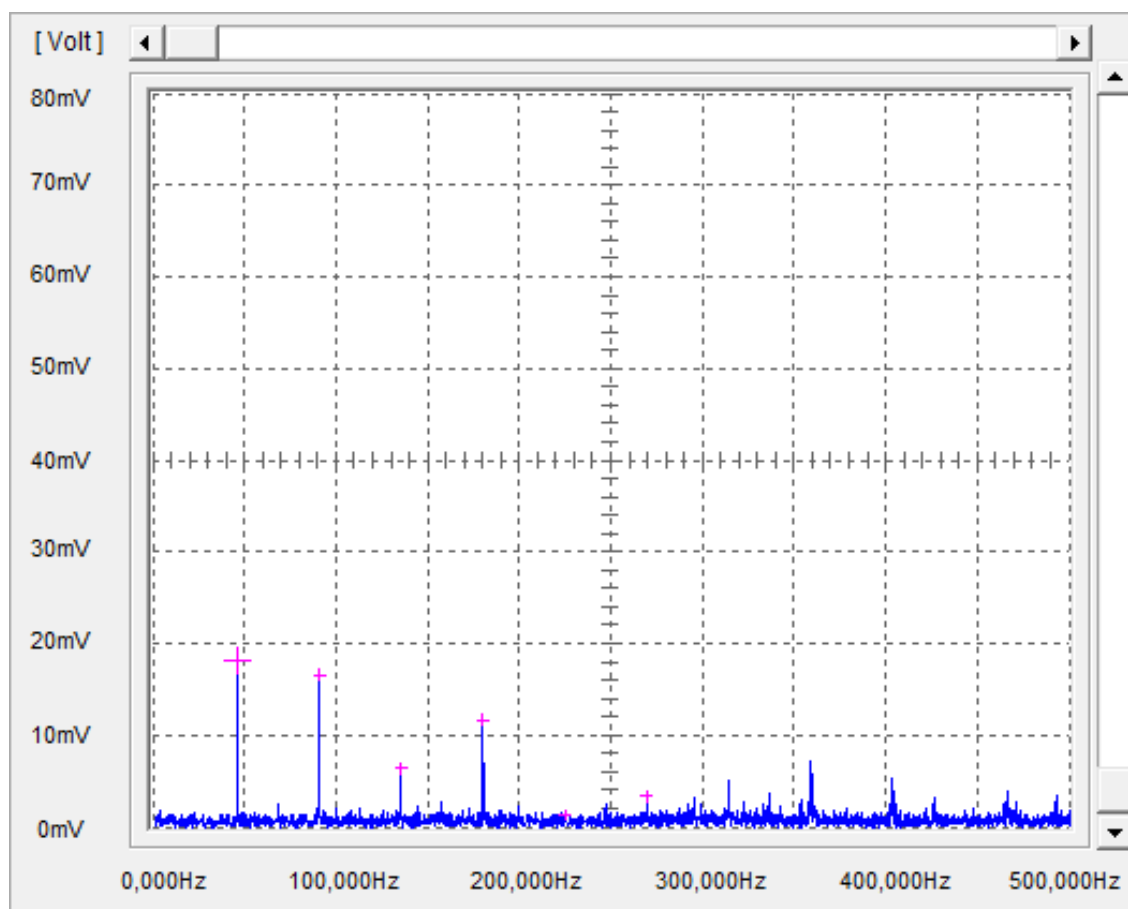
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	45,750 Hz	18,200 mV	2nd	91,500 Hz	16,696 mV
3rd	137,250 Hz	6,465 mV	4th	183,000 Hz	11,805 mV
5th	228,750 Hz	1,399 mV	6th	274,500 Hz	3,479 mV

Gráfica B. 56 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

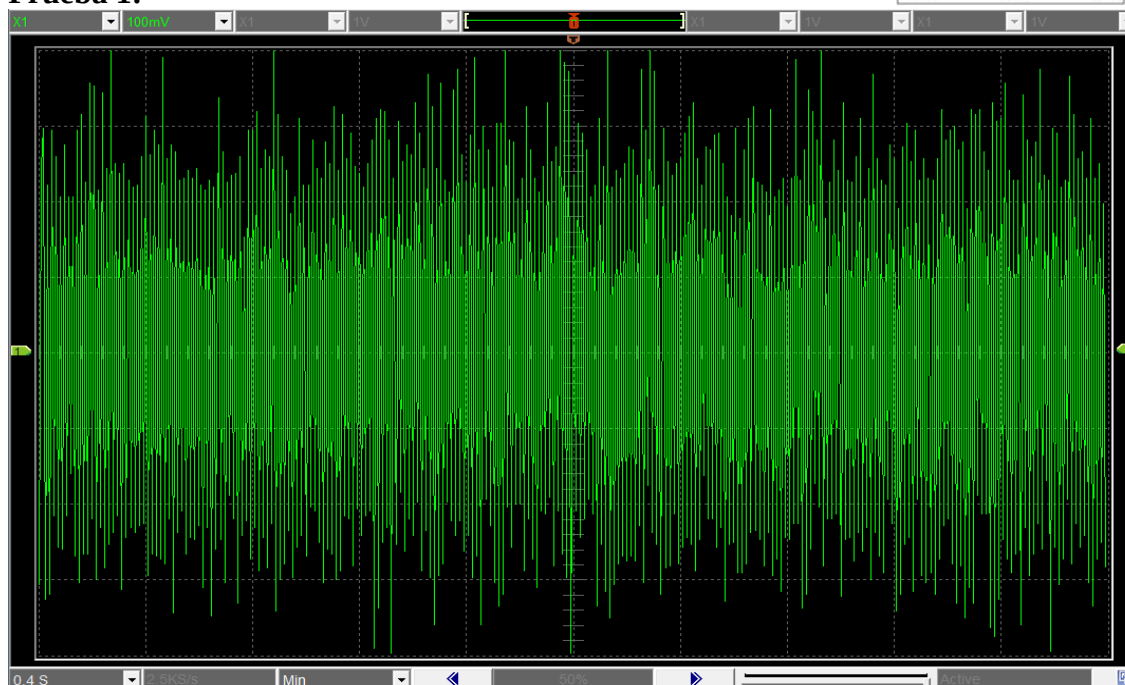
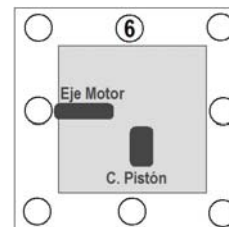
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

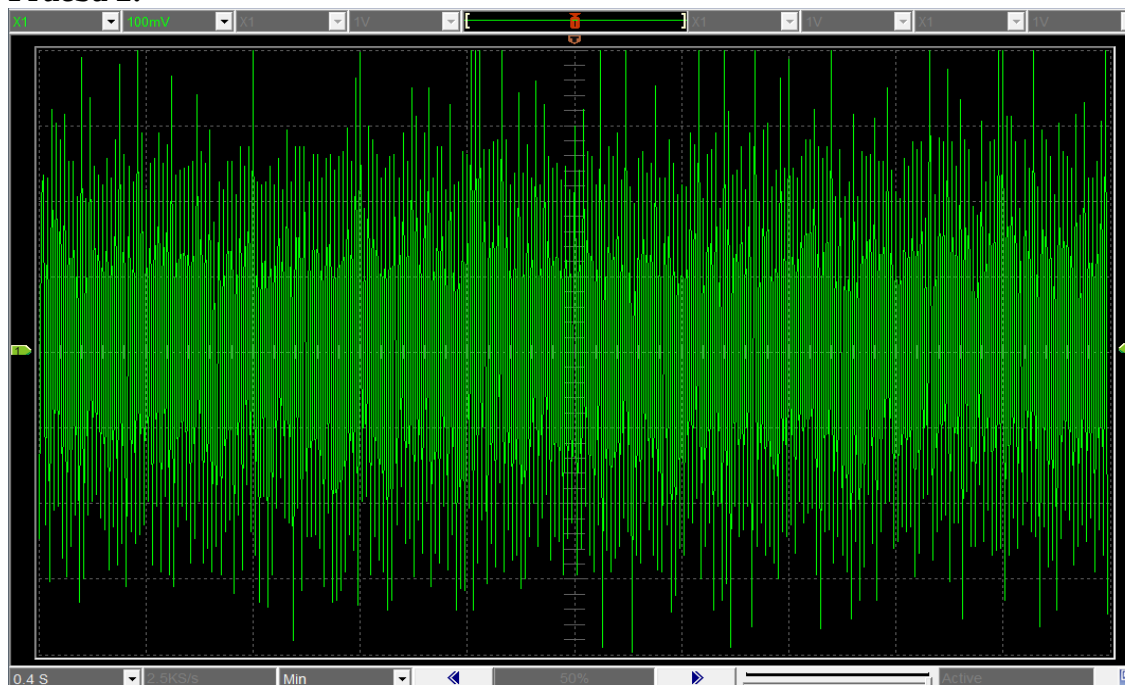
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 57 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



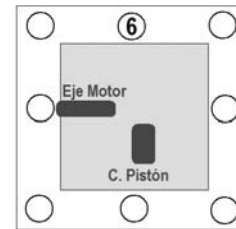
Gráfica B. 58 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

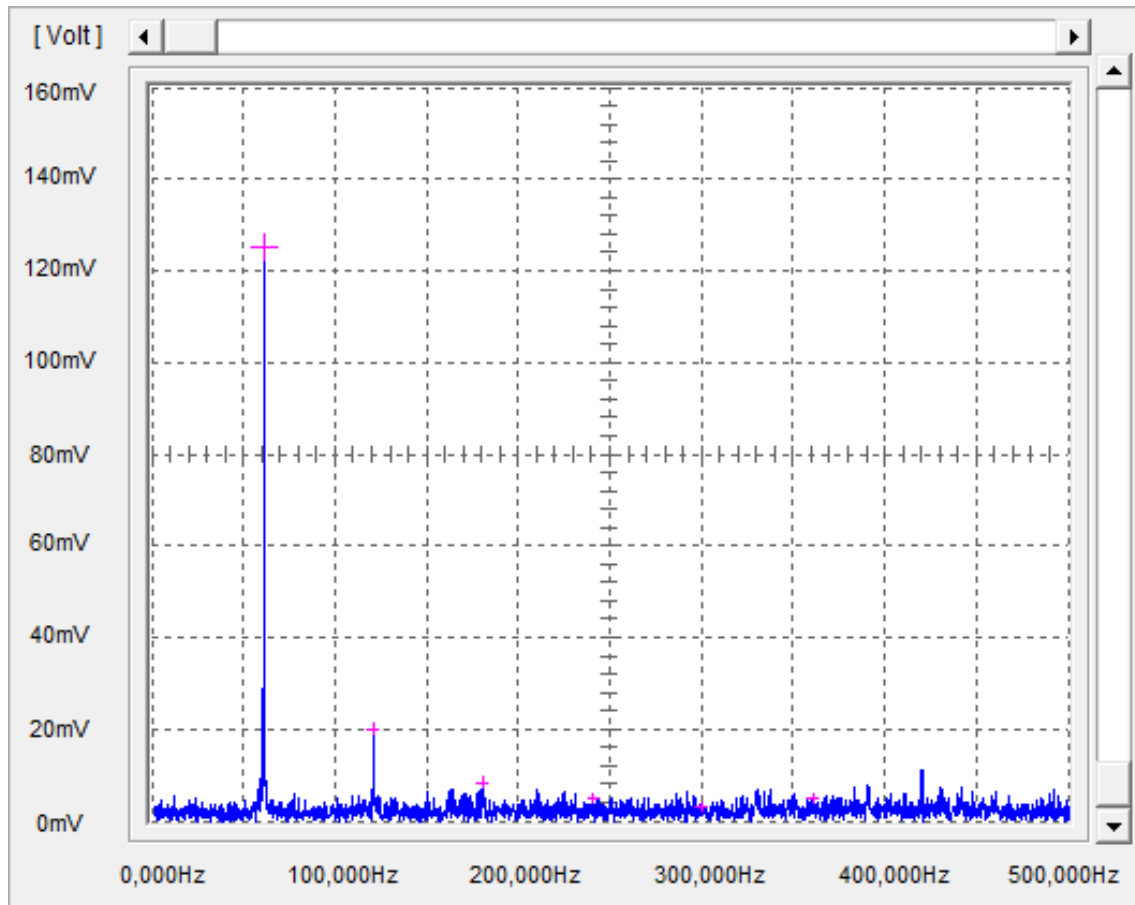
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	124,970 mV	2nd	122,500 Hz	20,195 mV
3rd	183,500 Hz	8,545 mV	4th	245,000 Hz	5,200 mV
5th	305,750 Hz	3,294 mV	6th	367,500 Hz	5,131 mV

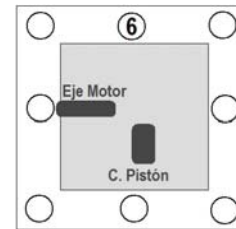
Gráfica B. 59 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

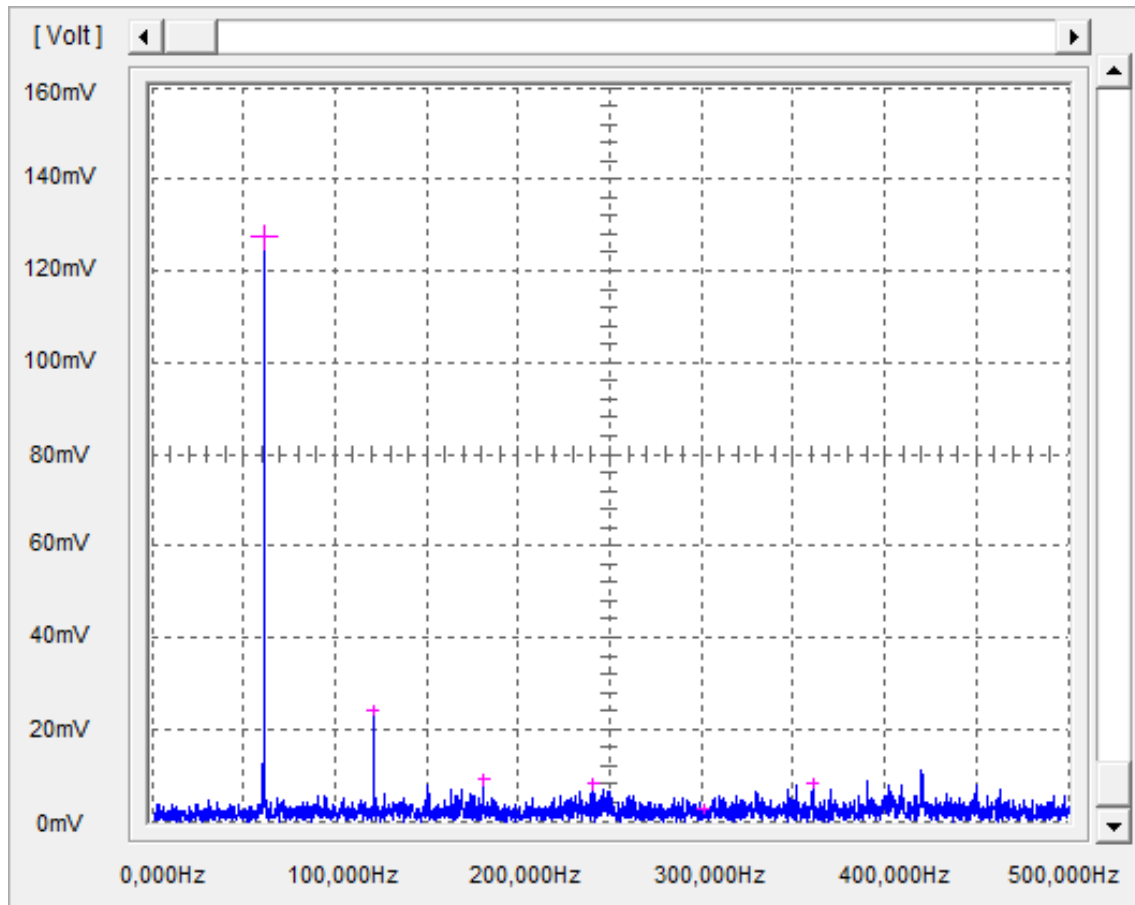
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	127,227 mV	2nd	122,500 Hz	24,357 mV
3rd	183,750 Hz	9,267 mV	4th	245,250 Hz	8,347 mV
5th	306,500 Hz	2,881 mV	6th	367,750 Hz	8,444 mV

Gráfica B. 60 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

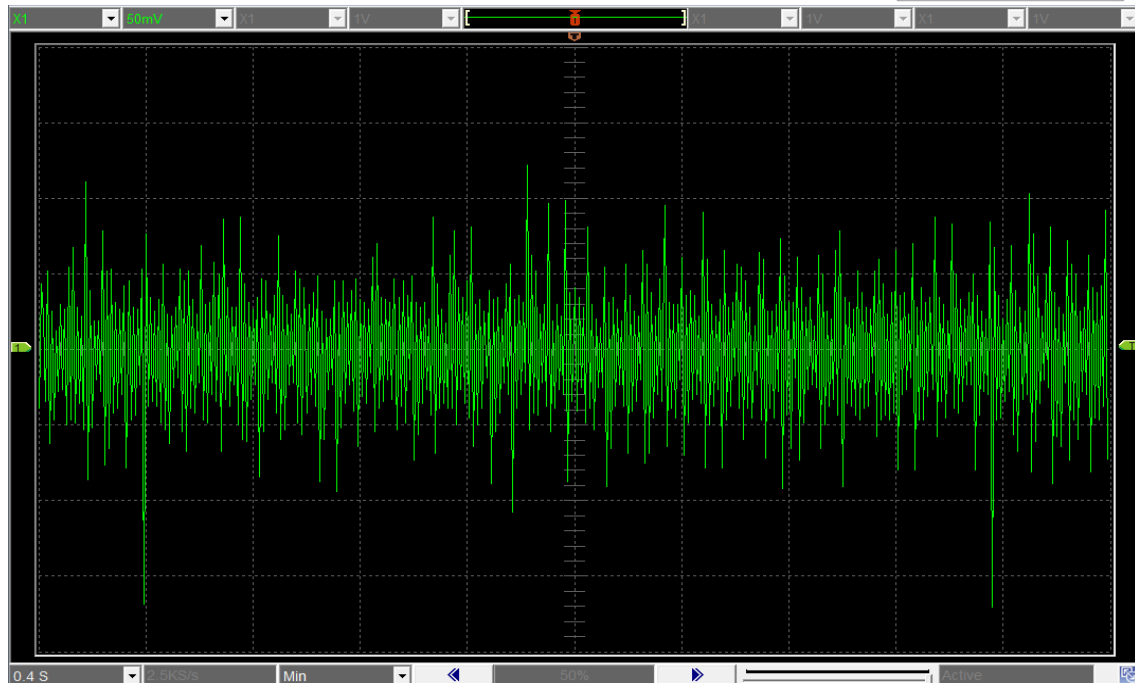
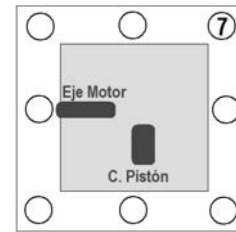
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

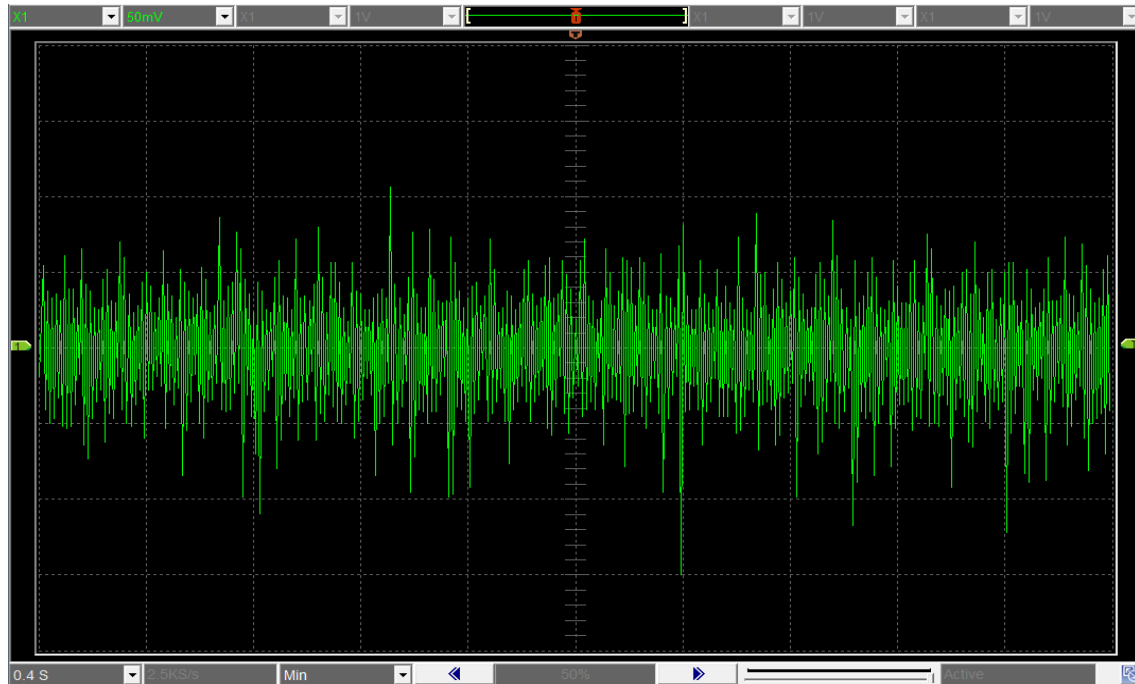
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 61 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



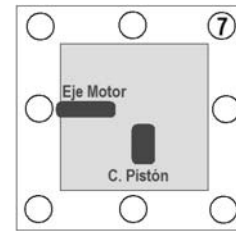
Gráfica B. 62 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

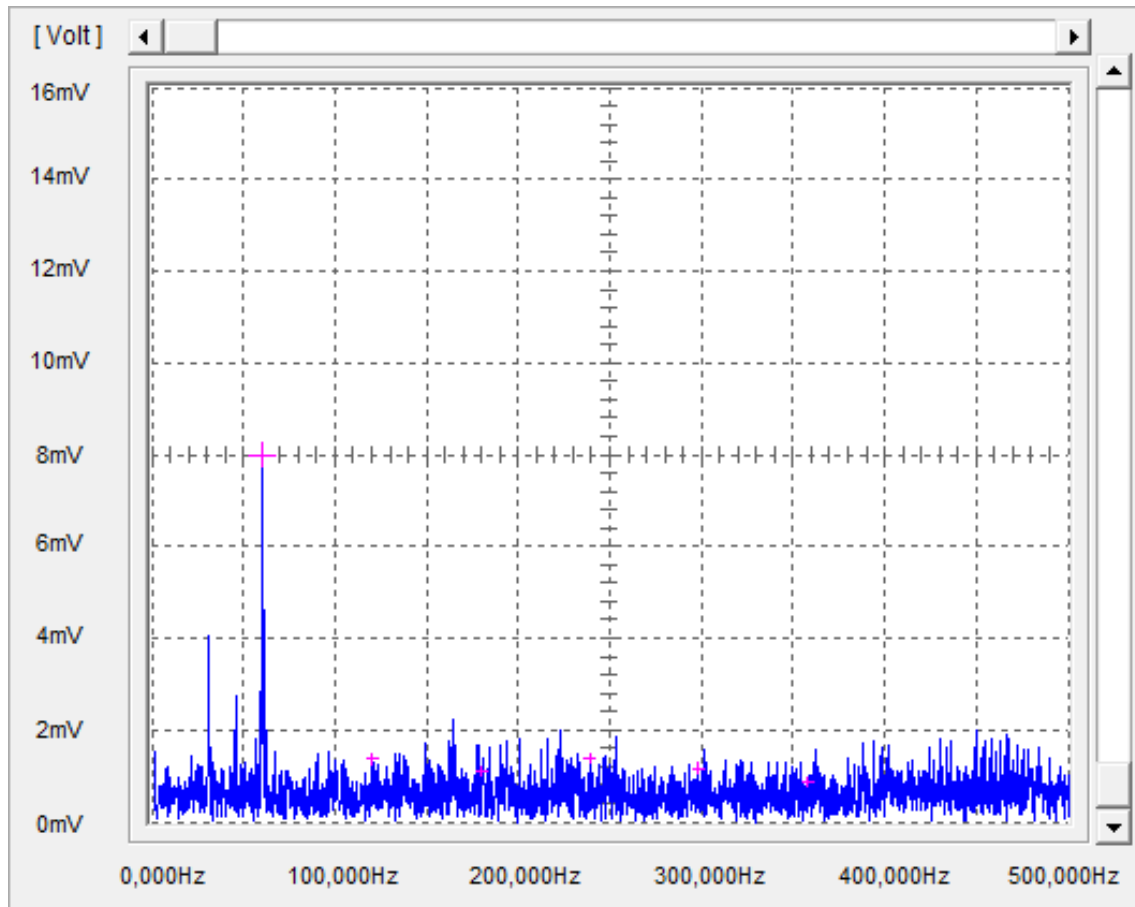
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



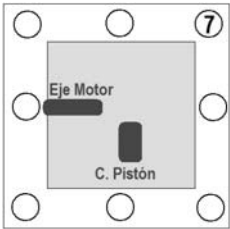
Prueba 1:



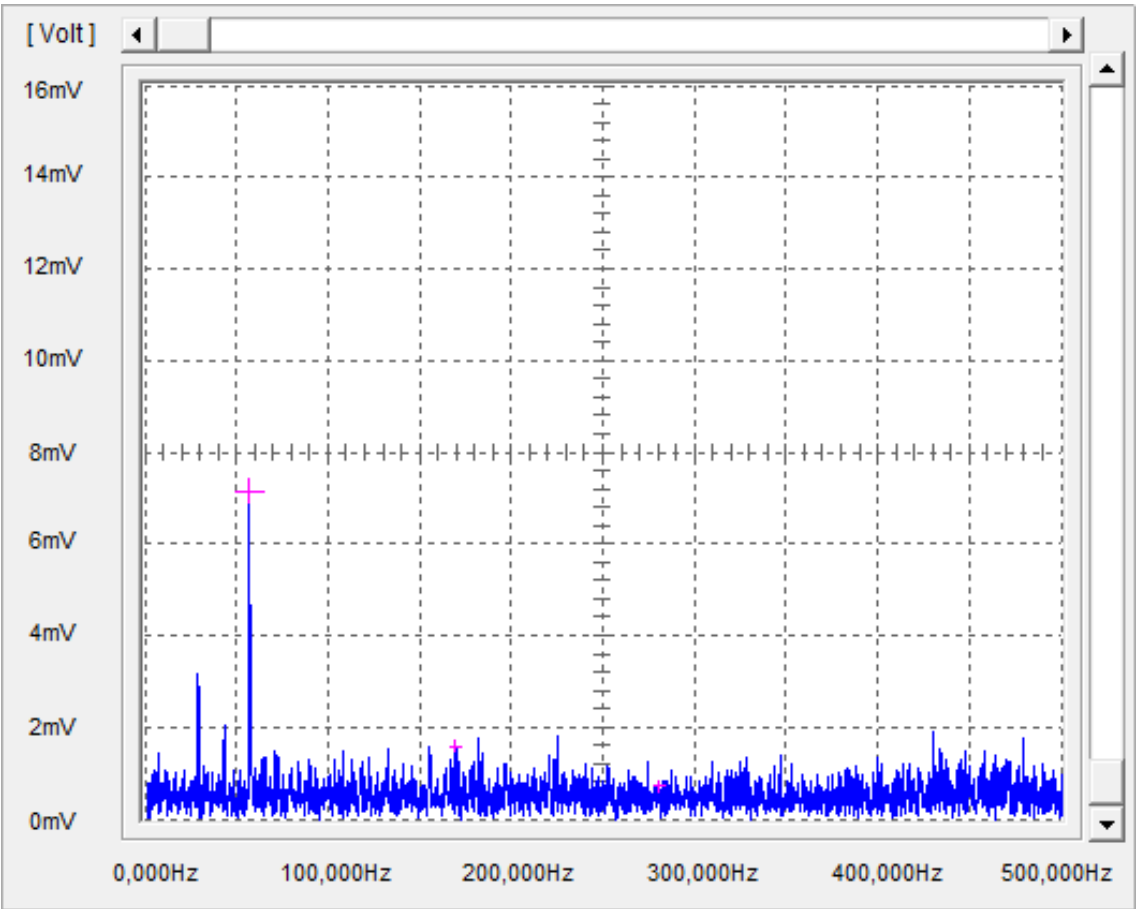
Harmonics Information					
1st	60,750 Hz	7,997 mV	2nd	121,500 Hz	1,385 mV
3rd	182,750 Hz	1,126 mV	4th	243,000 Hz	1,409 mV
5th	303,500 Hz	1,190 mV	6th	365,000 Hz	0,896 mV

Gráfica B. 63 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	57,250 Hz	7,154 mV	2nd	---	---
3rd	172,000 Hz	1,615 mV	4th	---	---
5th	285,750 Hz	0,744 mV	6th	---	---

Gráfica B. 64 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

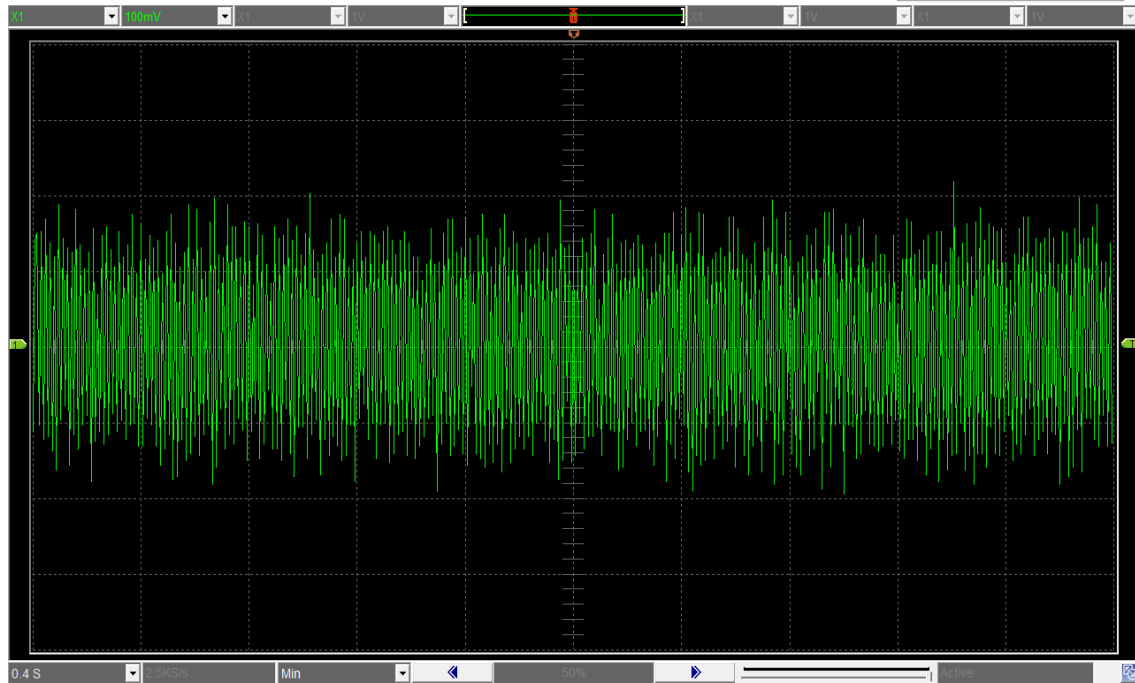
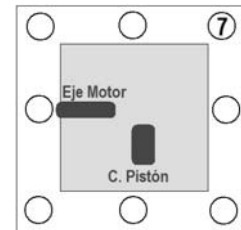
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

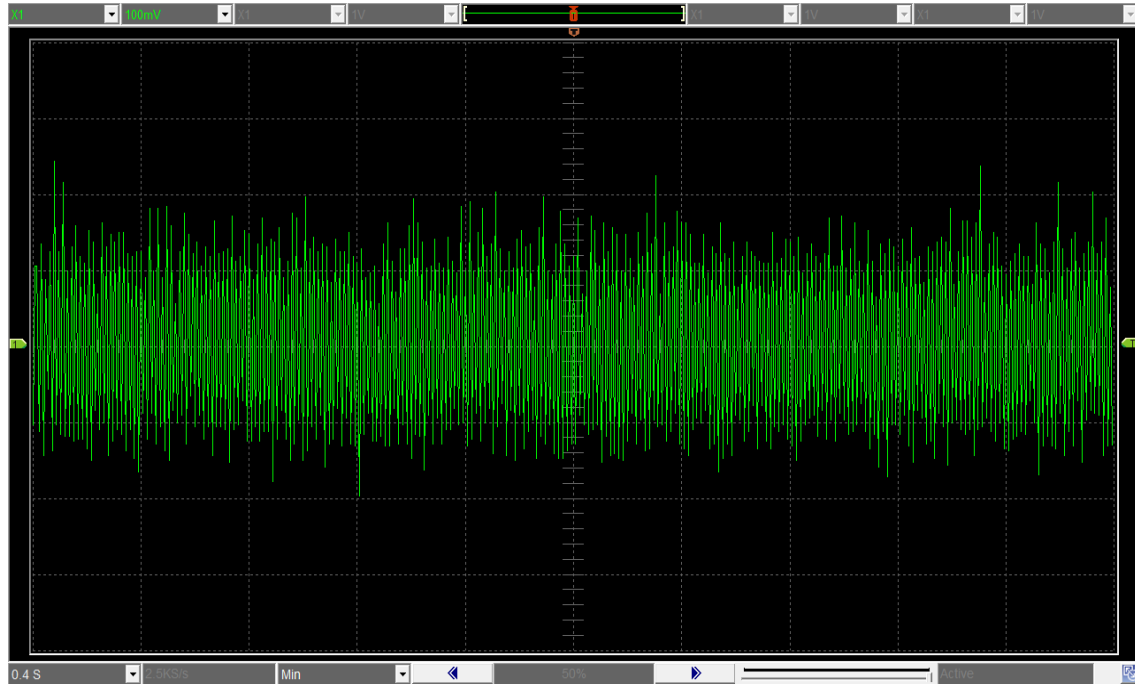
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



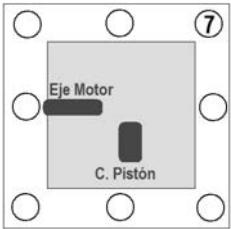
Gráfica B. 65 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

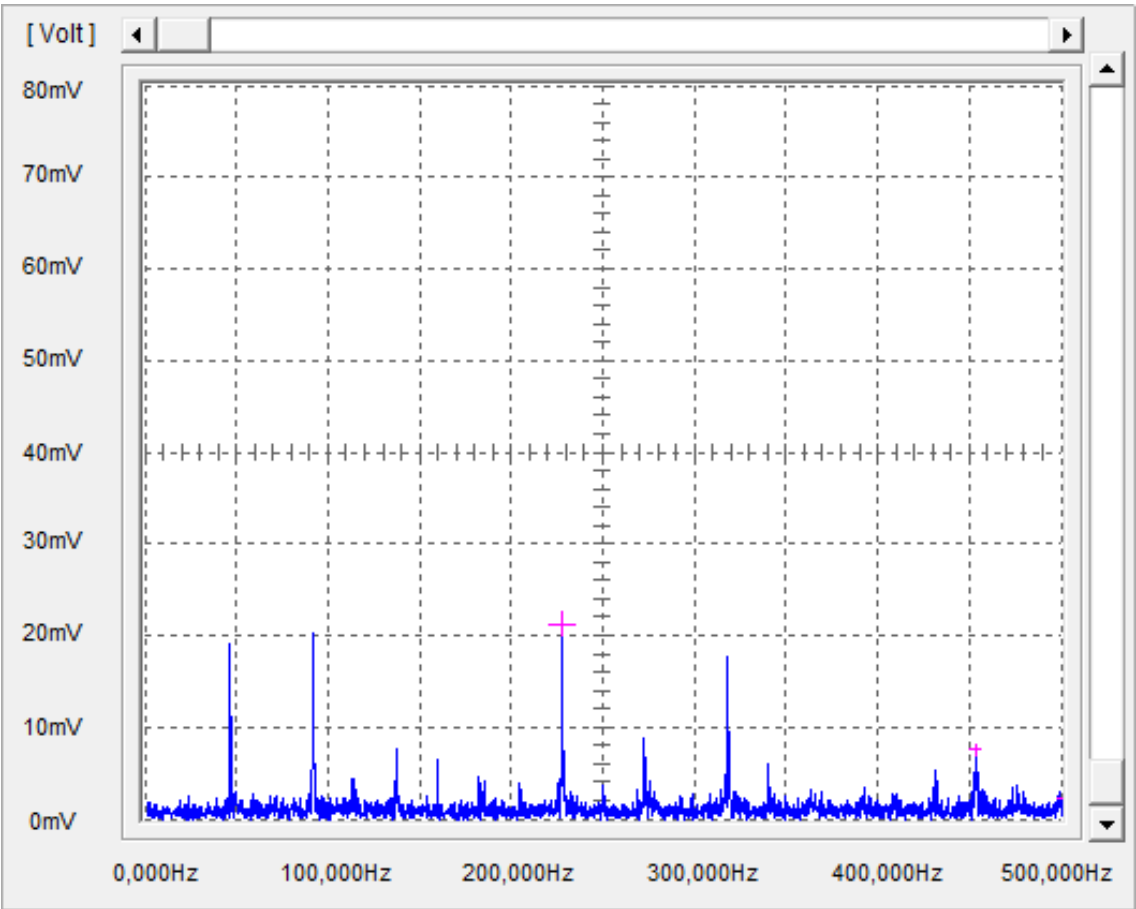


Gráfica B. 66 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	231,250 Hz	21,301 mV	2nd	462,500 Hz	7,629 mV
3rd	511,750 Hz	7,438 mV	4th	511,750 Hz	3,356 mV
5th	511,750 Hz	11,600 mV	6th	511,750 Hz	5,539 mV

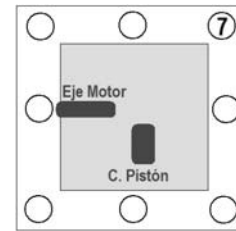
Gráfica B. 67 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

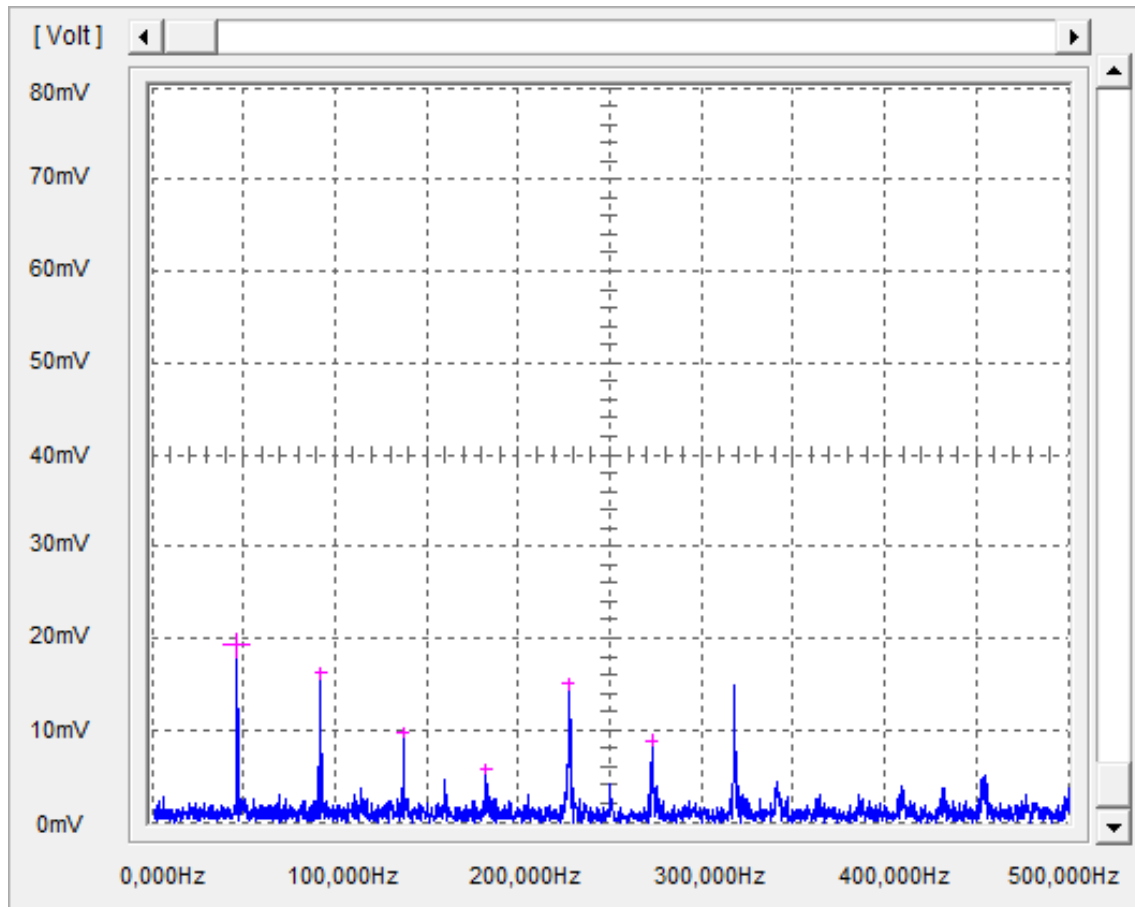
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	19,312 mV	2nd	92,750 Hz	16,289 mV
3rd	139,000 Hz	9,809 mV	4th	185,250 Hz	5,844 mV
5th	231,500 Hz	15,130 mV	6th	277,750 Hz	8,979 mV

Gráfica B. 68 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

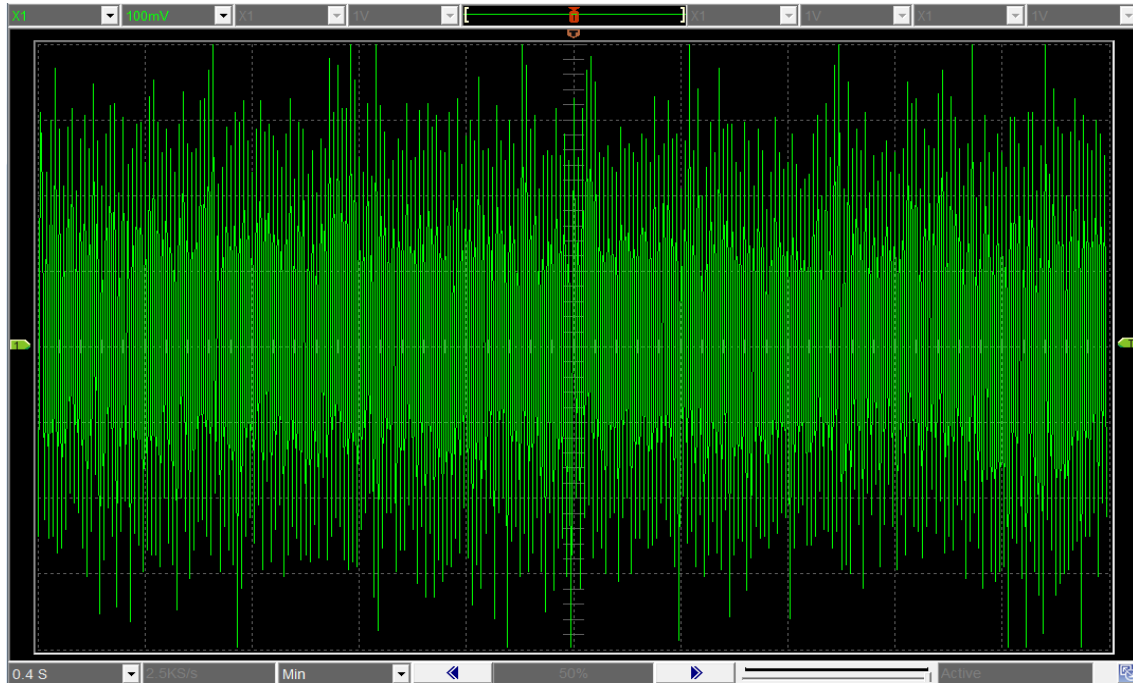
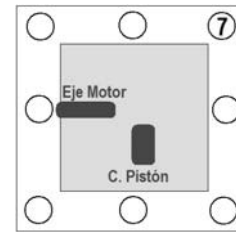
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

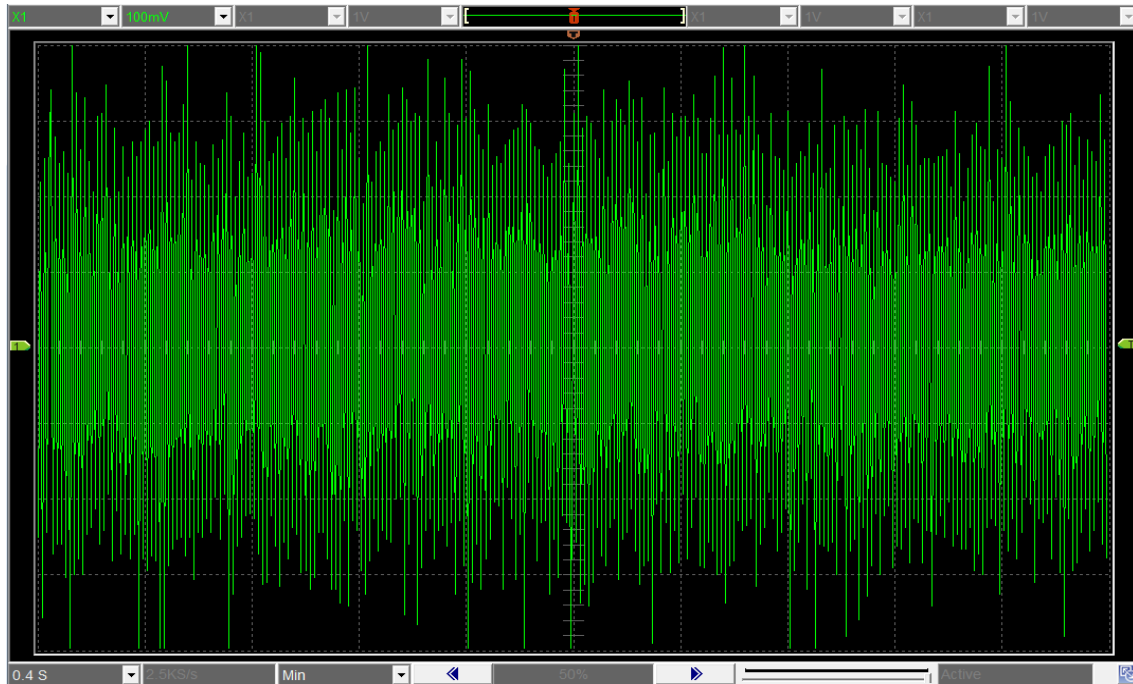
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 69 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



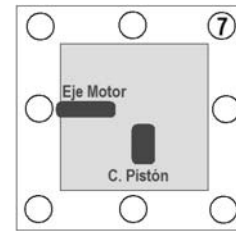
Gráfica B. 70 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

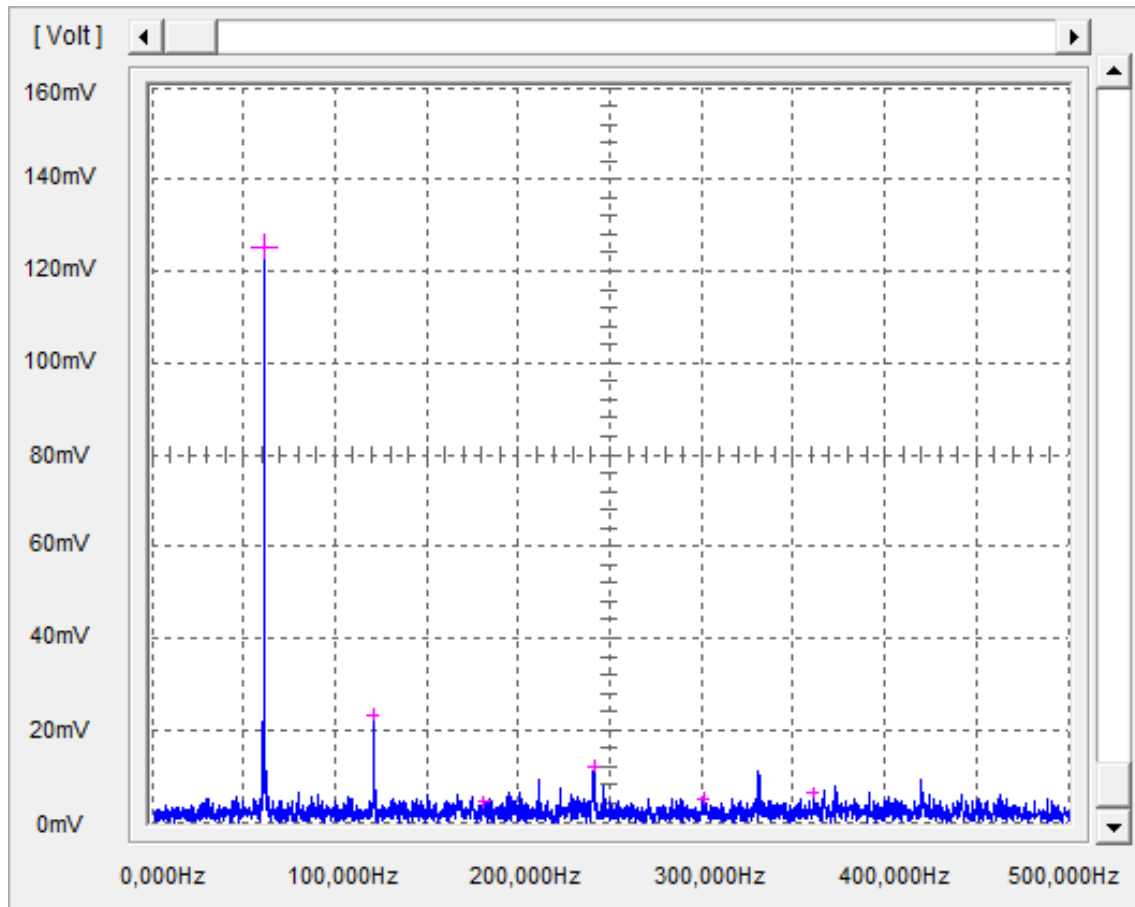
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	125,227 mV	2nd	122,500 Hz	23,594 mV
3rd	184,000 Hz	4,504 mV	4th	245,500 Hz	12,391 mV
5th	306,750 Hz	5,391 mV	6th	368,000 Hz	6,642 mV

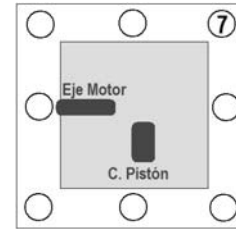
Gráfica B. 71 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

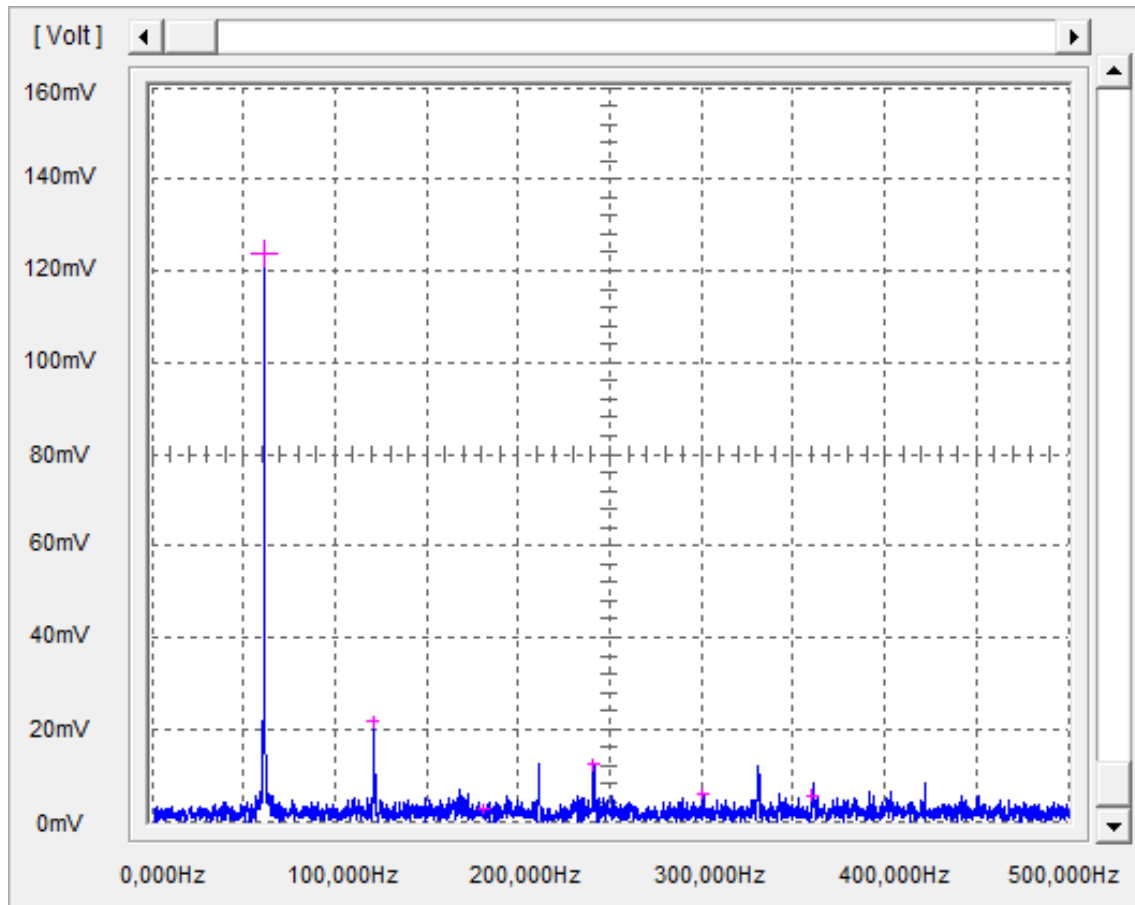
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	123,701 mV	2nd	122,500 Hz	21,807 mV
3rd	183,750 Hz	2,873 mV	4th	245,250 Hz	12,523 mV
5th	306,250 Hz	6,174 mV	6th	367,250 Hz	5,868 mV

Gráfica B. 72 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

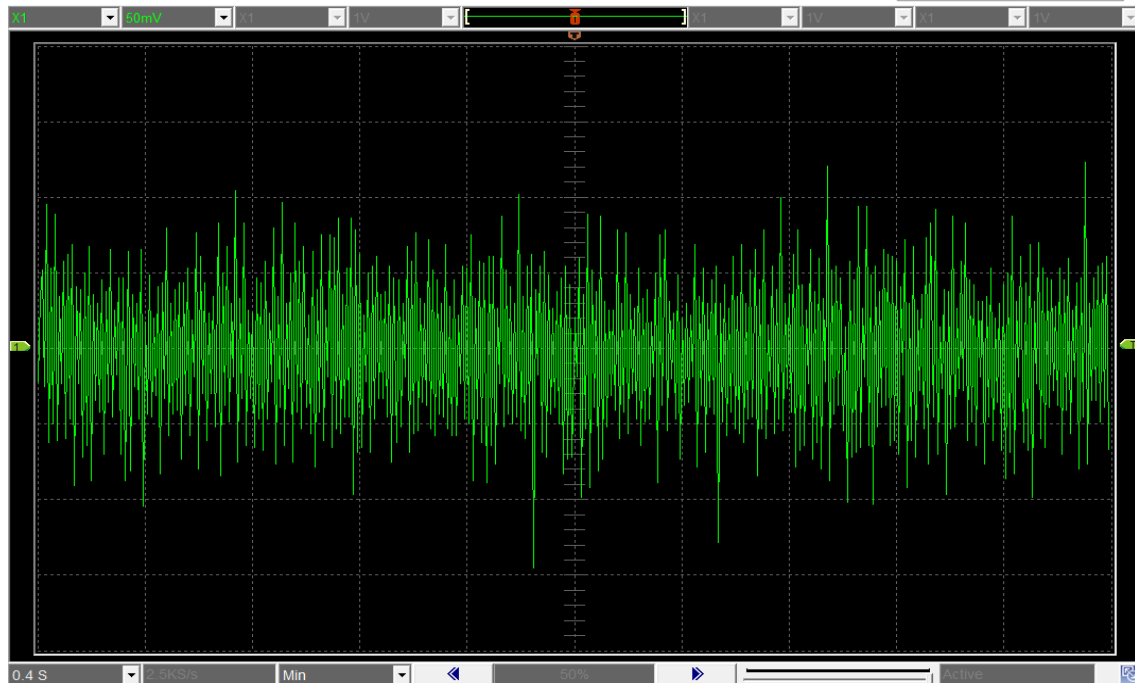
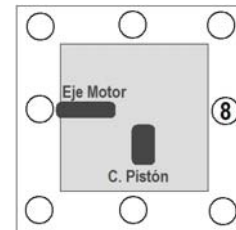
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

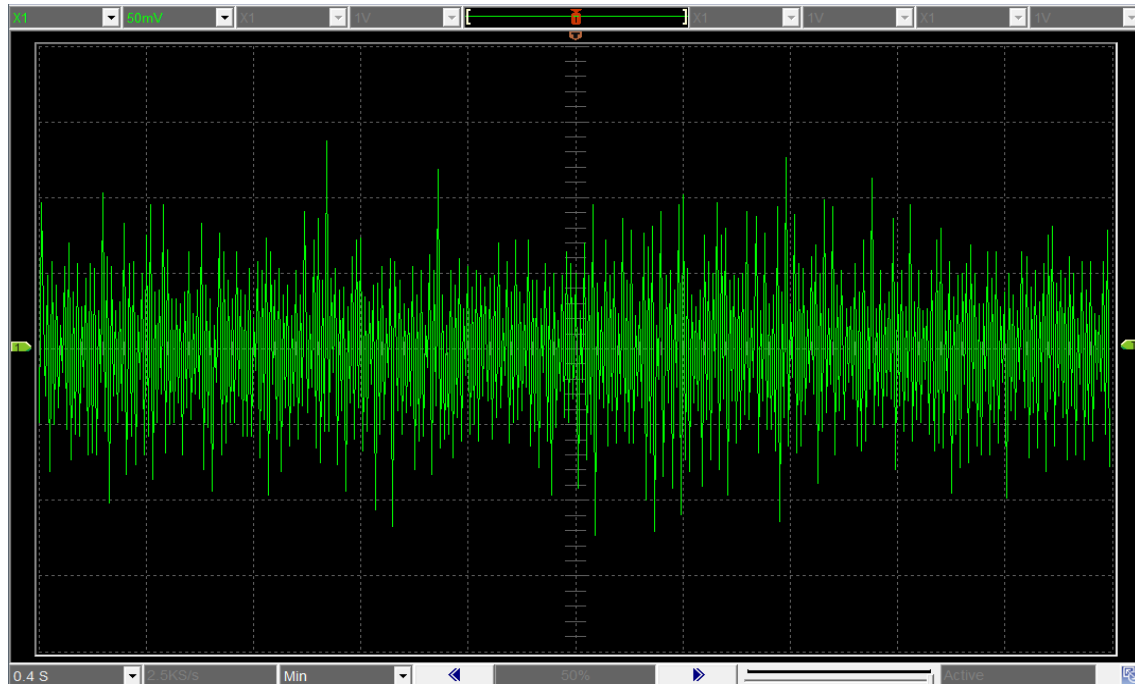
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 73 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



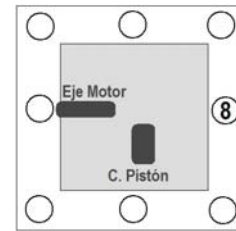
Gráfica B. 74 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

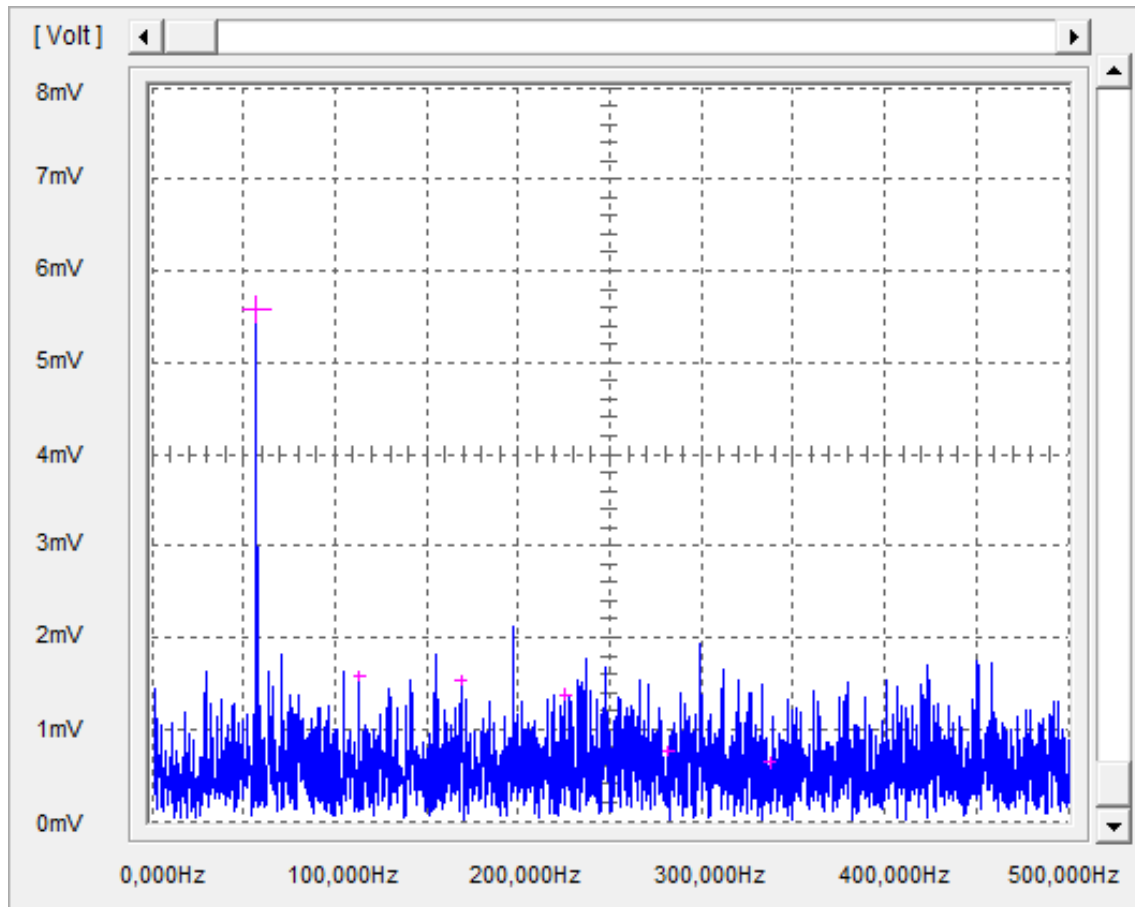
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



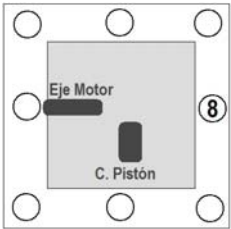
Prueba 1:



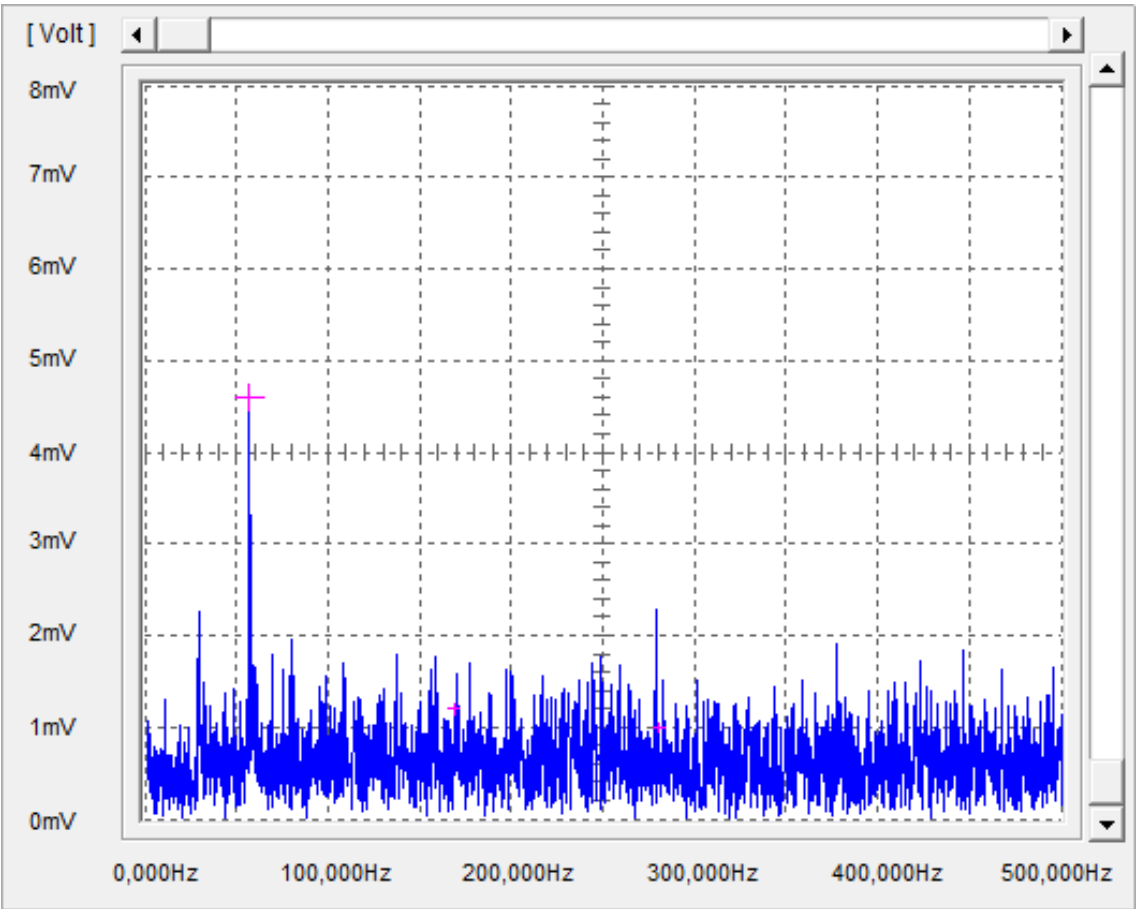
Harmonics Information					
1st	57,250 Hz	5,576 mV	2nd	114,500 Hz	1,586 mV
3rd	171,500 Hz	1,542 mV	4th	229,250 Hz	1,387 mV
5th	286,750 Hz	0,772 mV	6th	343,500 Hz	0,652 mV

Gráfica B. 75 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	57,250 Hz	4,600 mV	2nd	---	---
3rd	171,500 Hz	1,209 mV	4th	---	---
5th	285,750 Hz	1,004 mV	6th	---	---

Gráfica B. 76 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 1800 rpm, 91 oct.

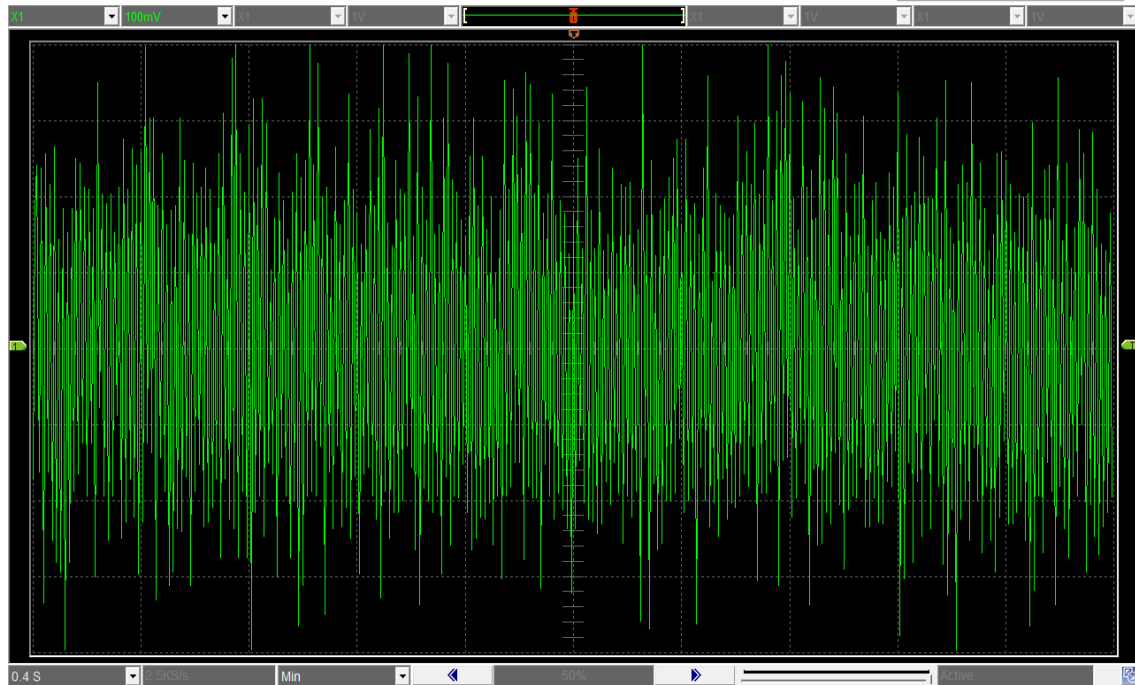
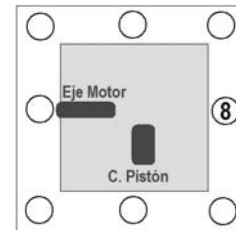
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

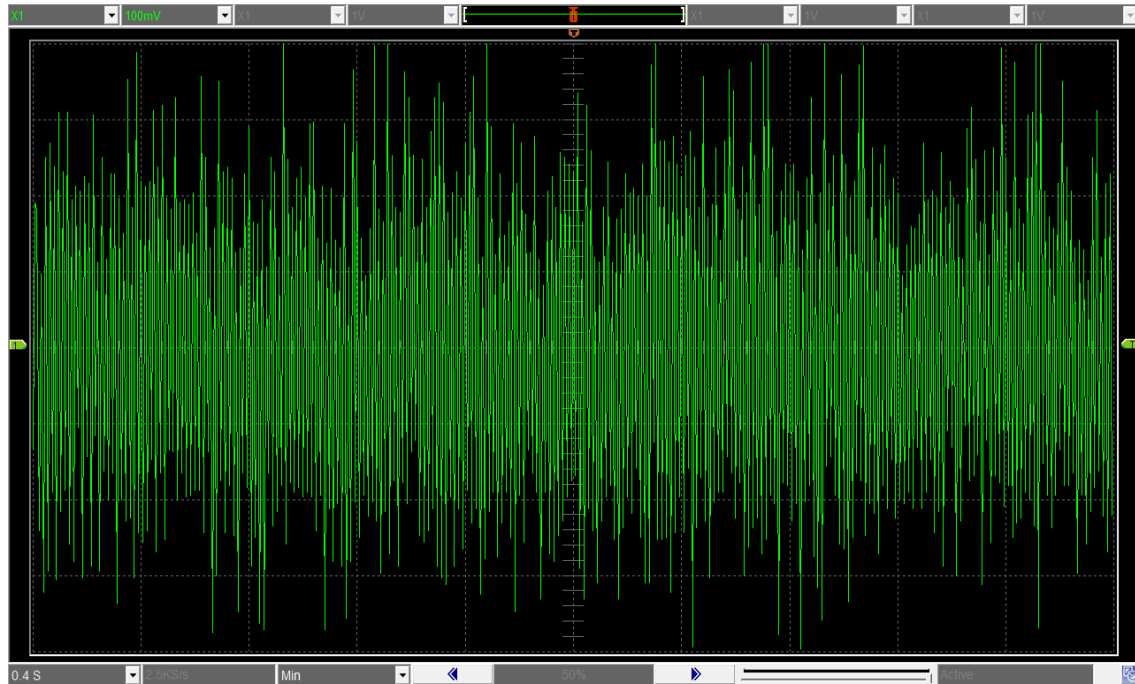
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



Gráfica B. 77 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Prueba 2:



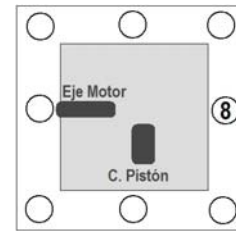
Gráfica B. 78 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

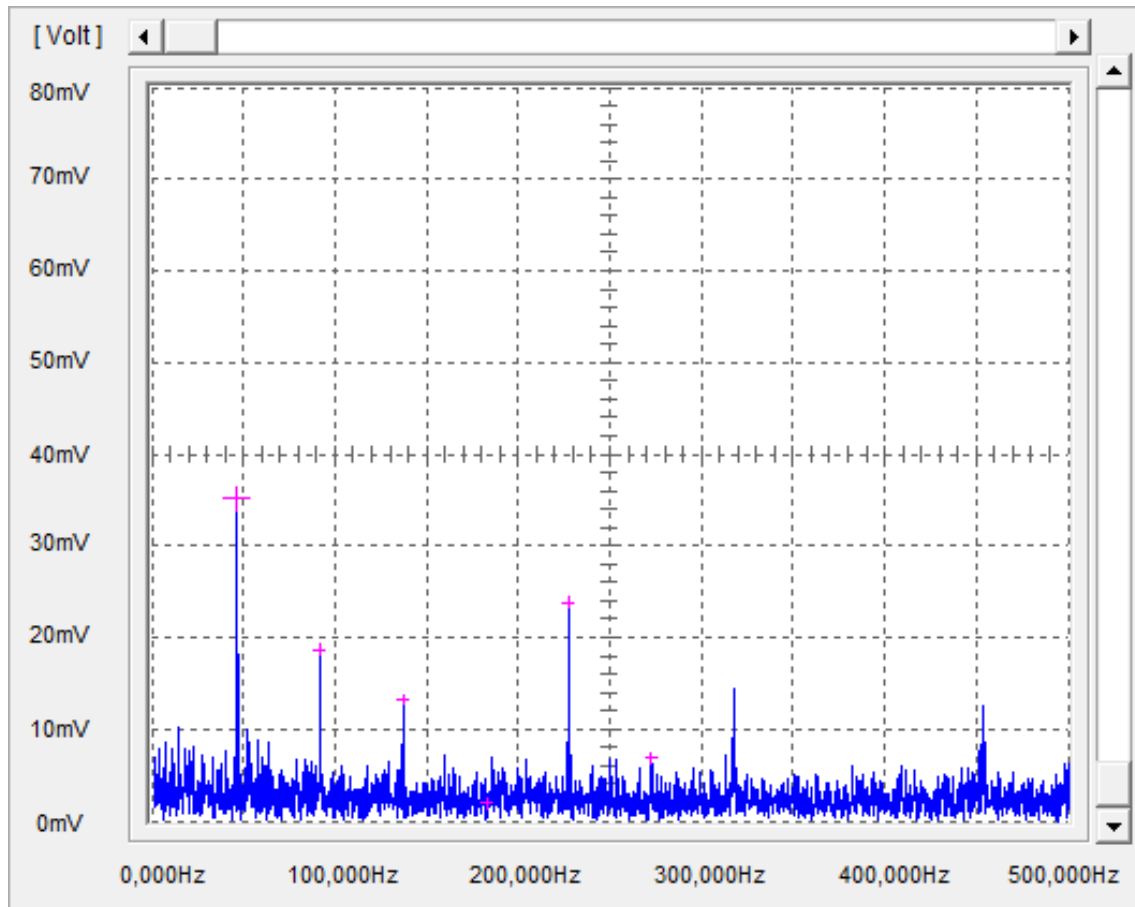
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	35,138 mV	2nd	92,500 Hz	18,772 mV
3rd	138,750 Hz	13,357 mV	4th	185,500 Hz	2,031 mV
5th	231,250 Hz	23,868 mV	6th	277,250 Hz	6,935 mV

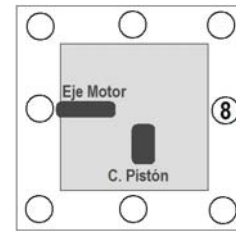
Gráfica B. 79 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

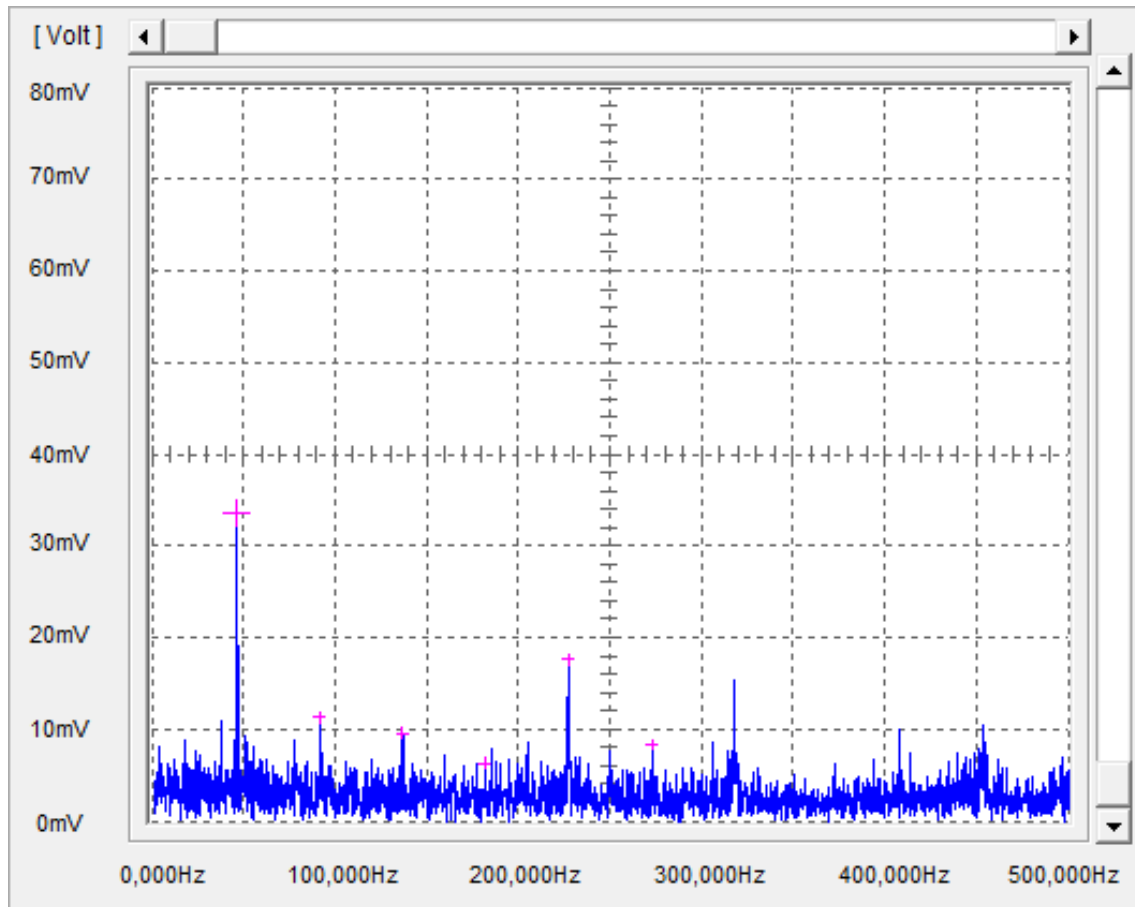
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	33,568 mV	2nd	92,500 Hz	11,377 mV
3rd	138,500 Hz	9,680 mV	4th	184,750 Hz	6,386 mV
5th	231,000 Hz	17,703 mV	6th	277,750 Hz	8,456 mV

Gráfica B. 80 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 2700 rpm, 91 oct.

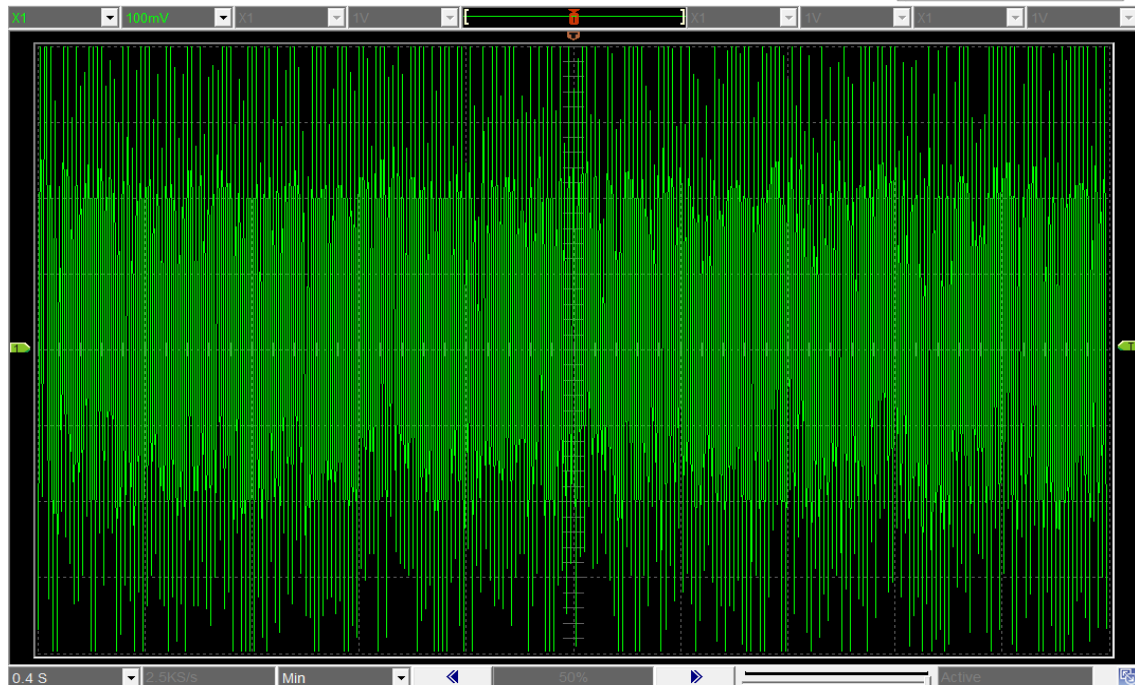
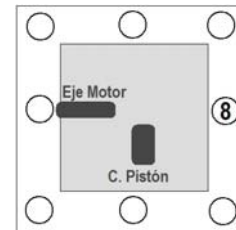
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

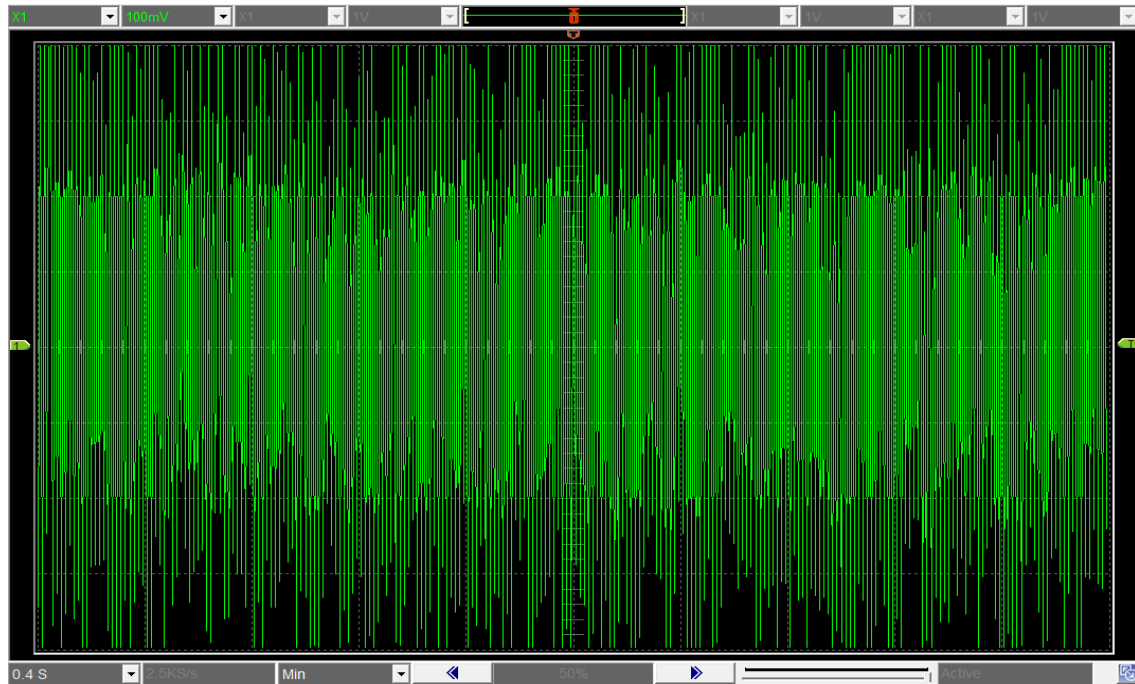
Tipo de combustible: 91 oct.

Prueba 1:



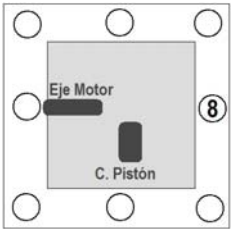
Gráfica B. 81 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Prueba 2:

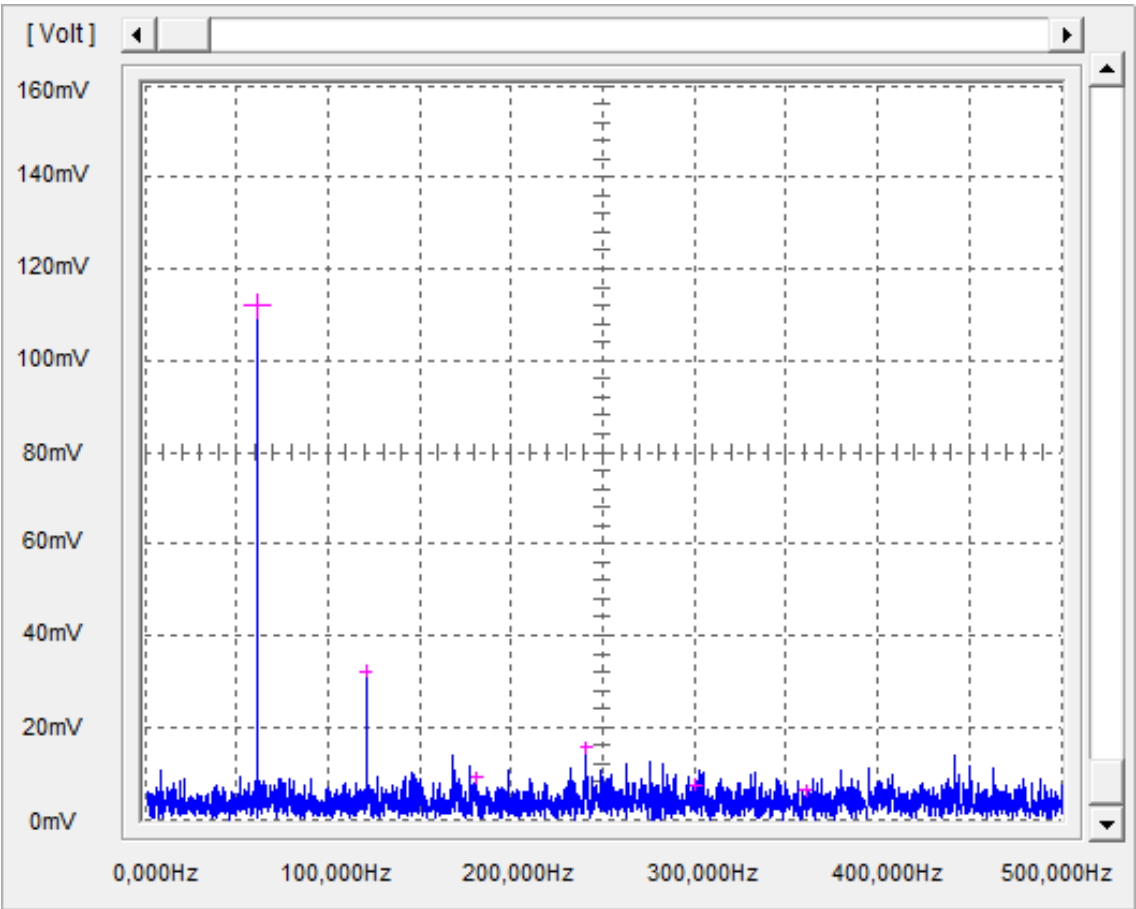


Gráfica B. 82 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	111,808 mV	2nd	122,500 Hz	32,472 mV
3rd	183,750 Hz	9,256 mV	4th	245,000 Hz	15,733 mV
5th	306,250 Hz	7,642 mV	6th	367,500 Hz	6,520 mV

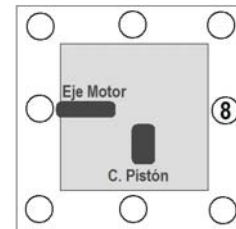
Gráfica B. 83 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

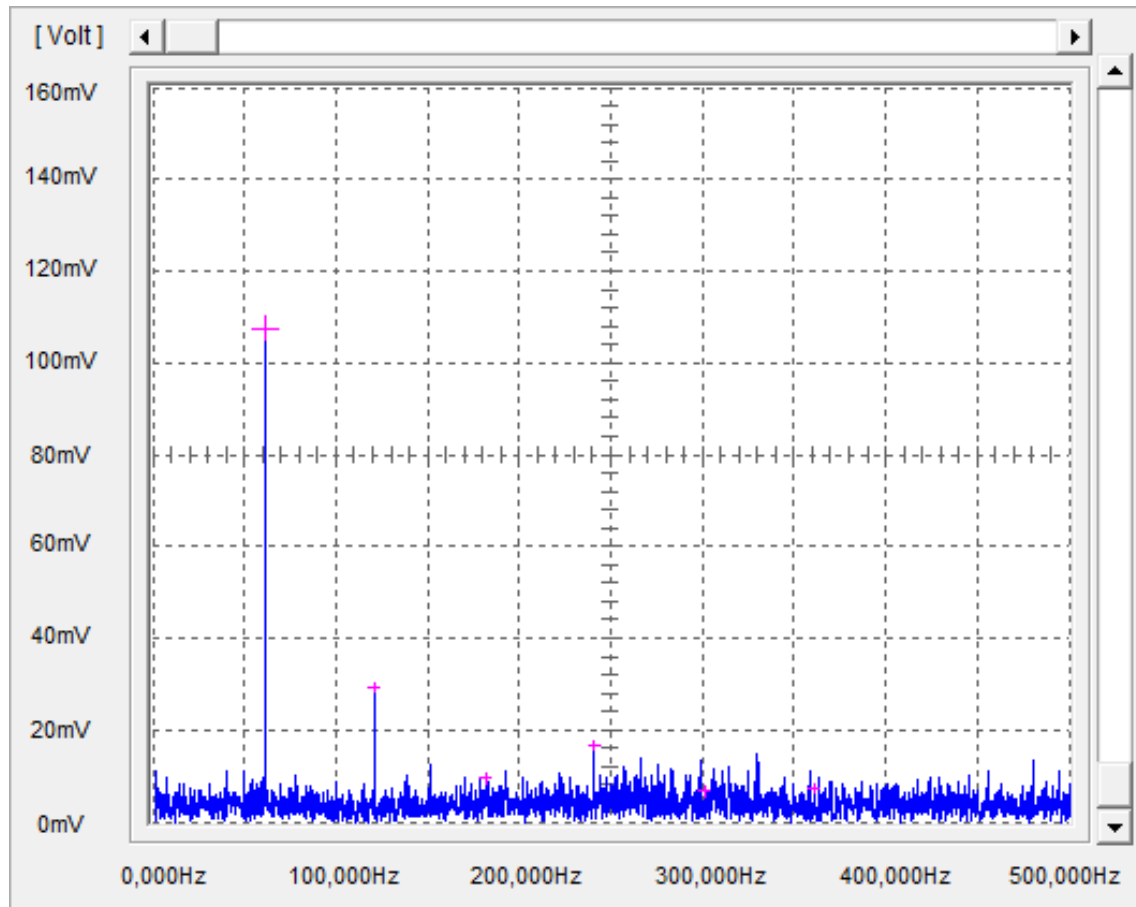
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 91 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	107,446 mV	2nd	122,500 Hz	29,442 mV
3rd	184,250 Hz	9,736 mV	4th	245,000 Hz	16,892 mV
5th	306,750 Hz	6,830 mV	6th	368,000 Hz	7,458 mV

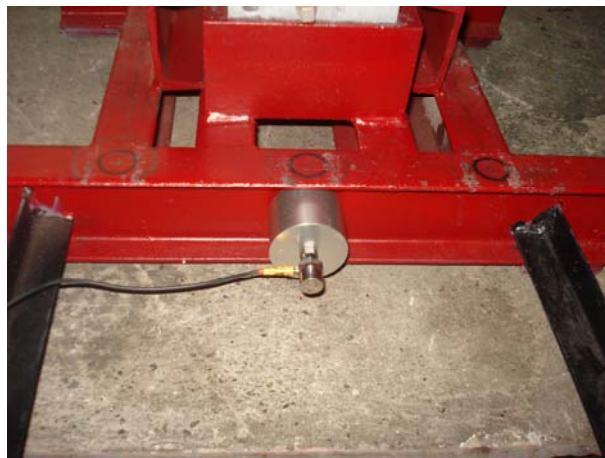
Gráfica B. 84 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 3600 rpm, 91 oct.

APÉNDICE C

Medida de vibraciones

Combustible: 95 octanos.

Ubicación del Acelerómetro: Horizontal.



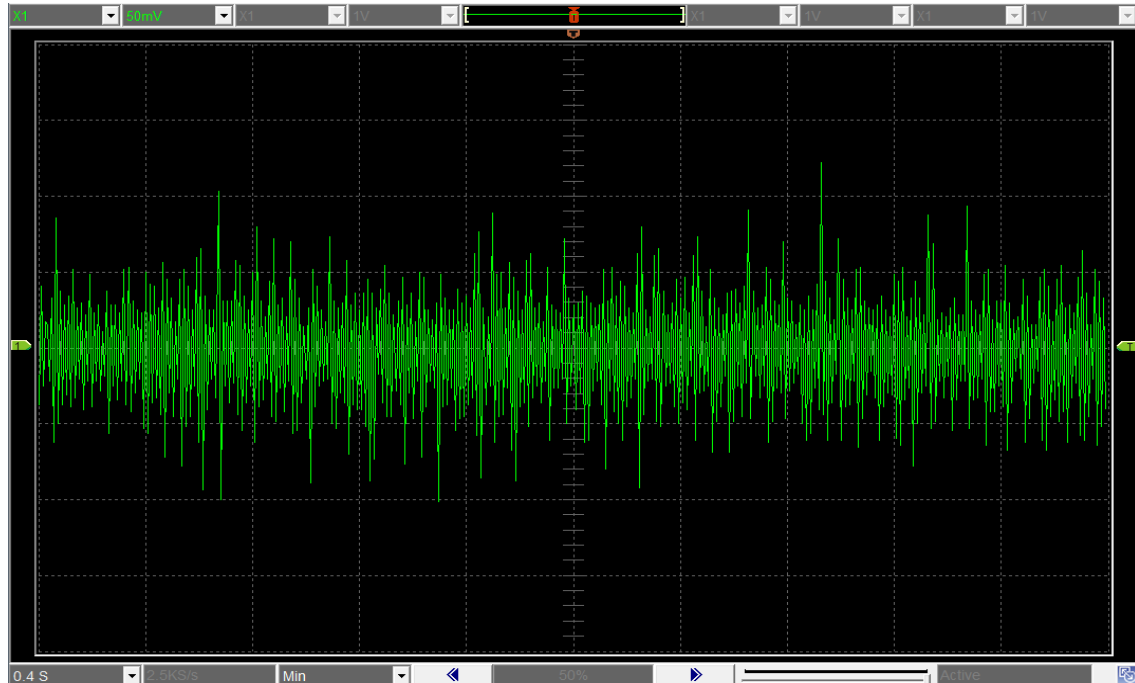
Referencia de medición: Punto 2.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

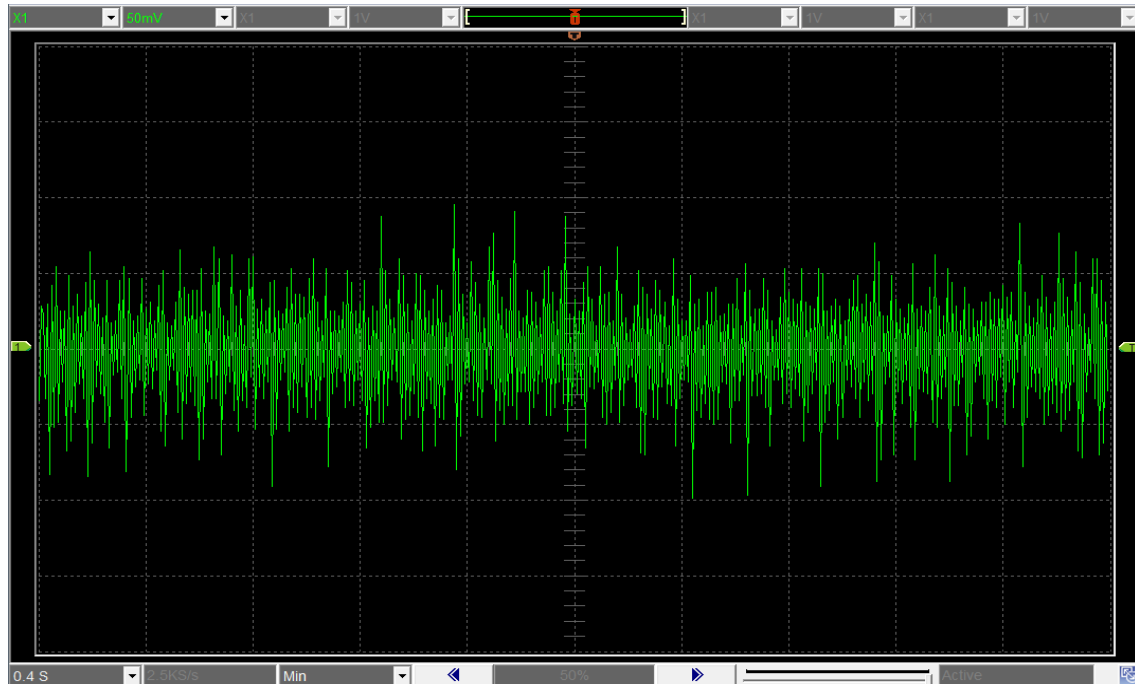
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



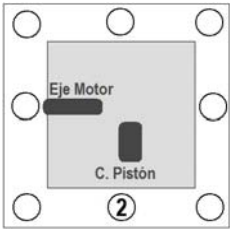
Gráfica C. 1 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

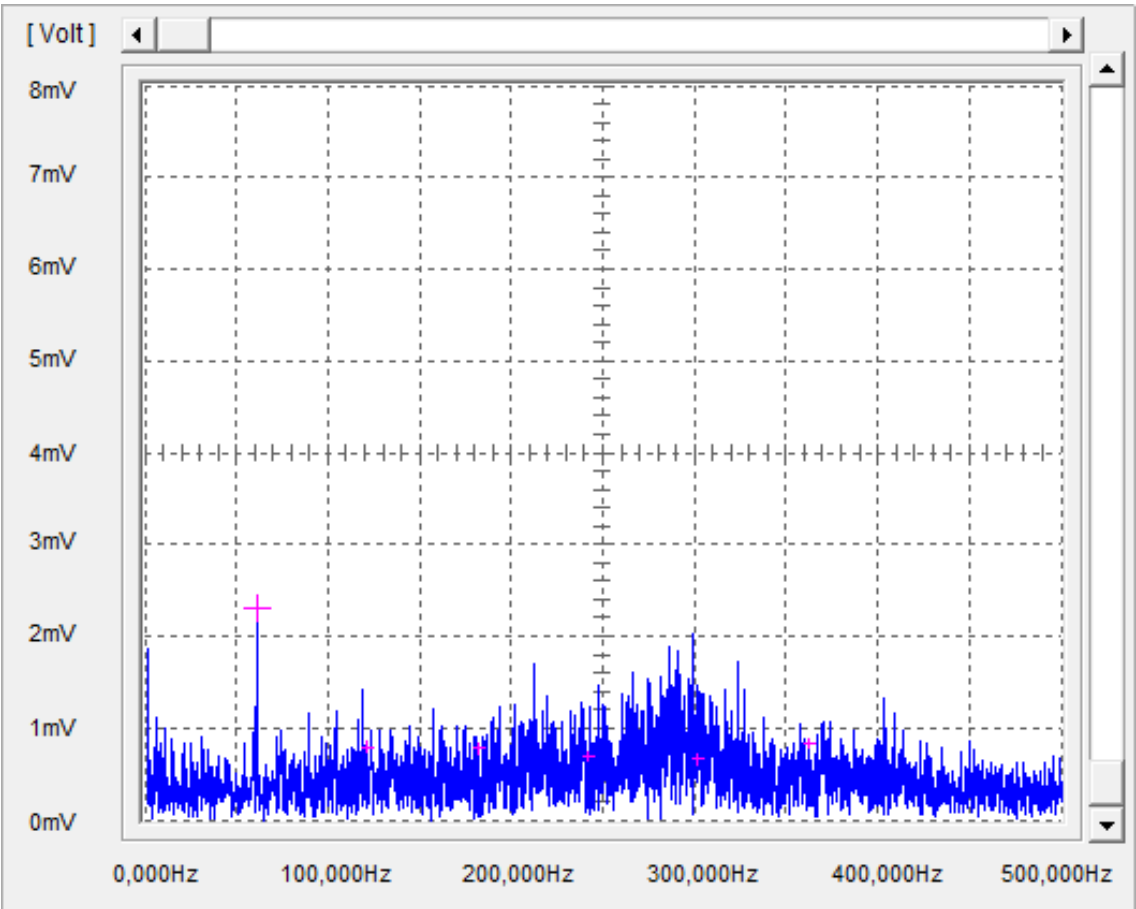


Gráfica C. 2 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	2,311 mV	2nd	122,750 Hz	0,800 mV
3rd	185,000 Hz	0,791 mV	4th	246,250 Hz	0,705 mV
5th	307,250 Hz	0,672 mV	6th	369,500 Hz	0,843 mV

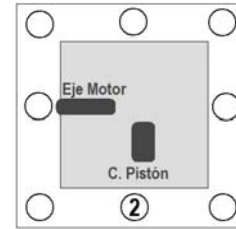
Gráfica C. 3 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2

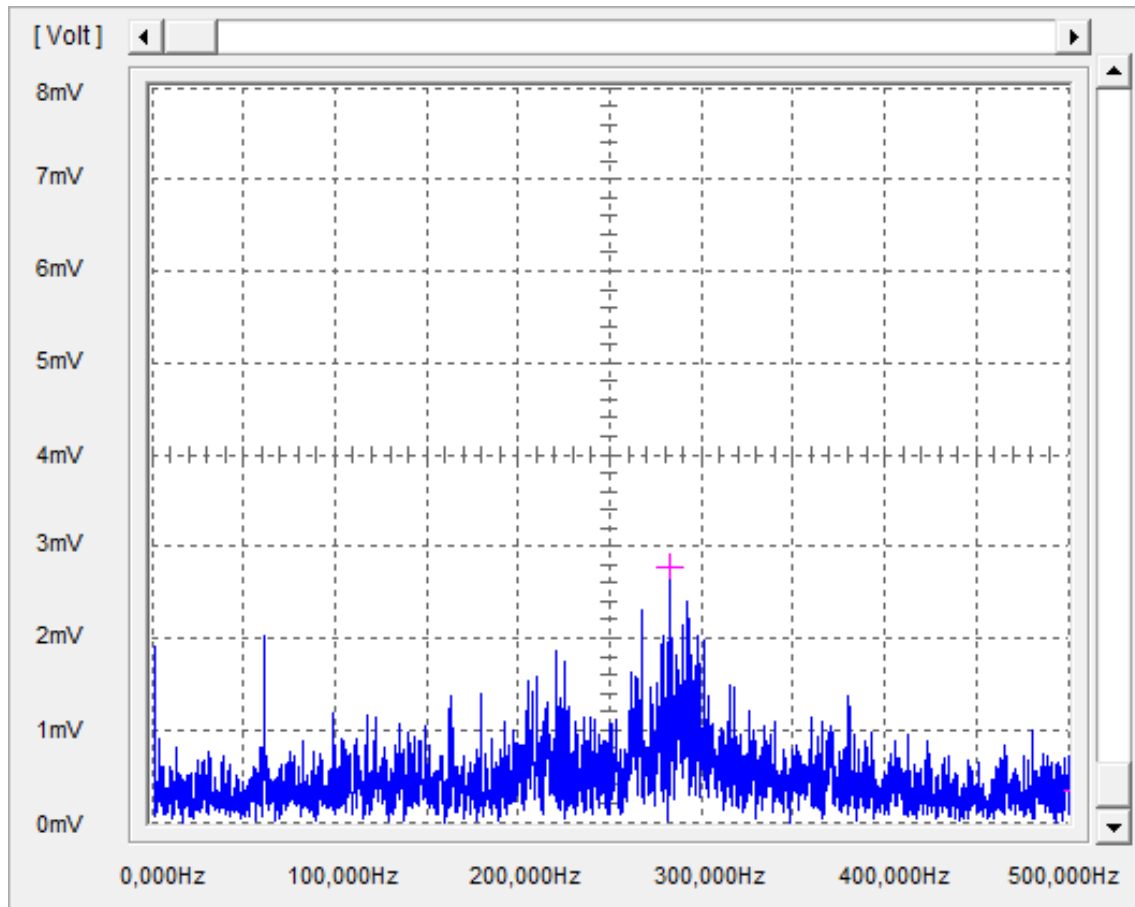
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	287,250 Hz	2,789 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	0,917 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	1,118 mV	6th	---	---

Gráfica C. 4 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

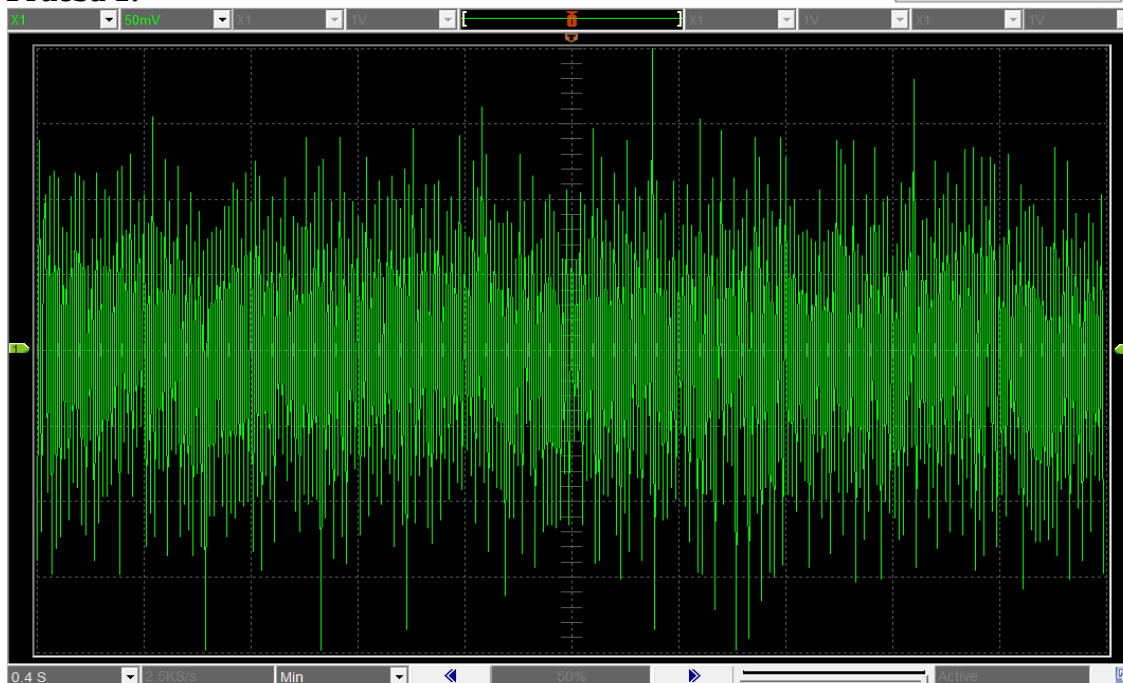
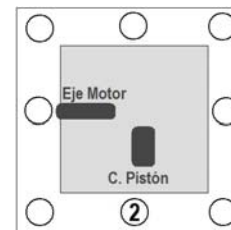
Referencia de medición: Punto 2

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



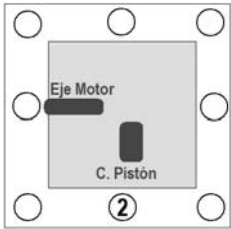
Gráfica C. 5 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

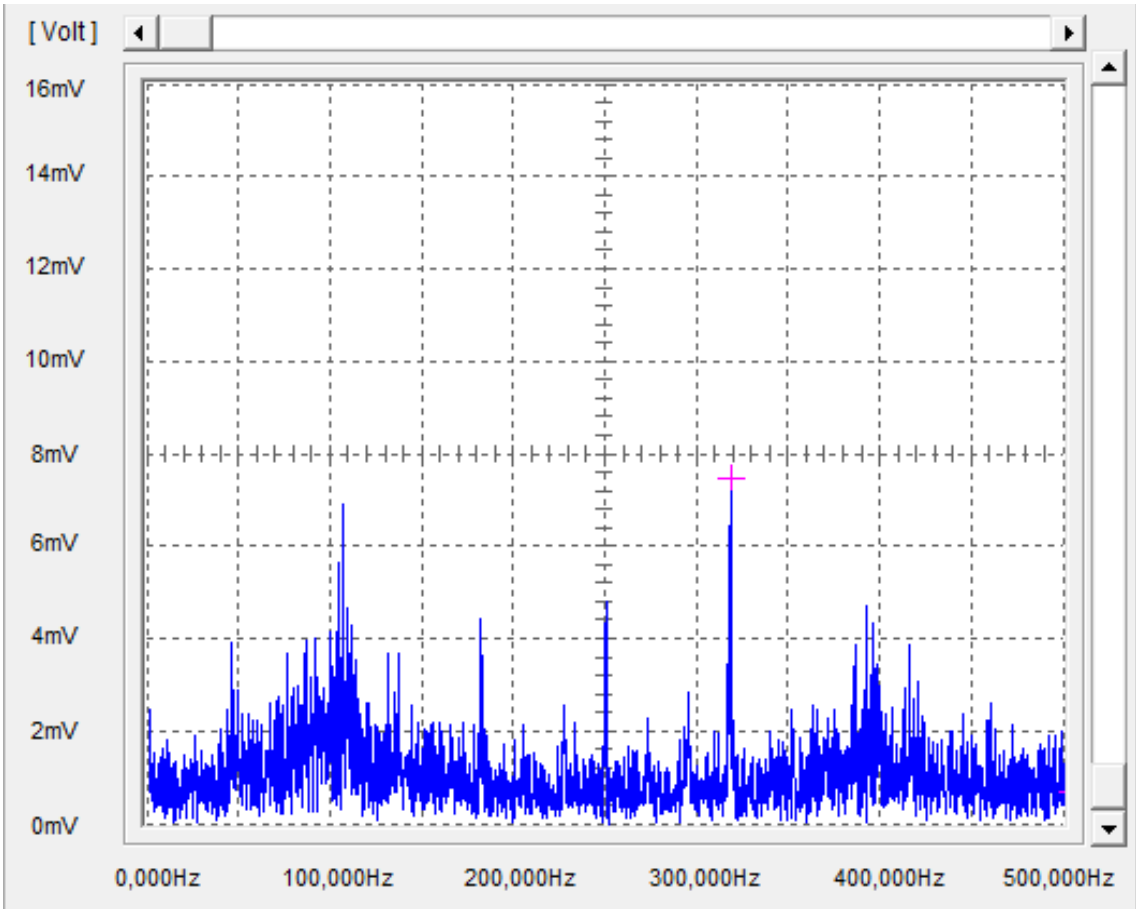


Gráfica C. 6 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



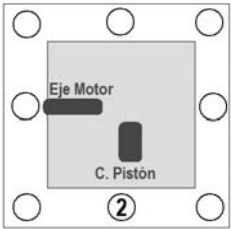
Prueba 1:



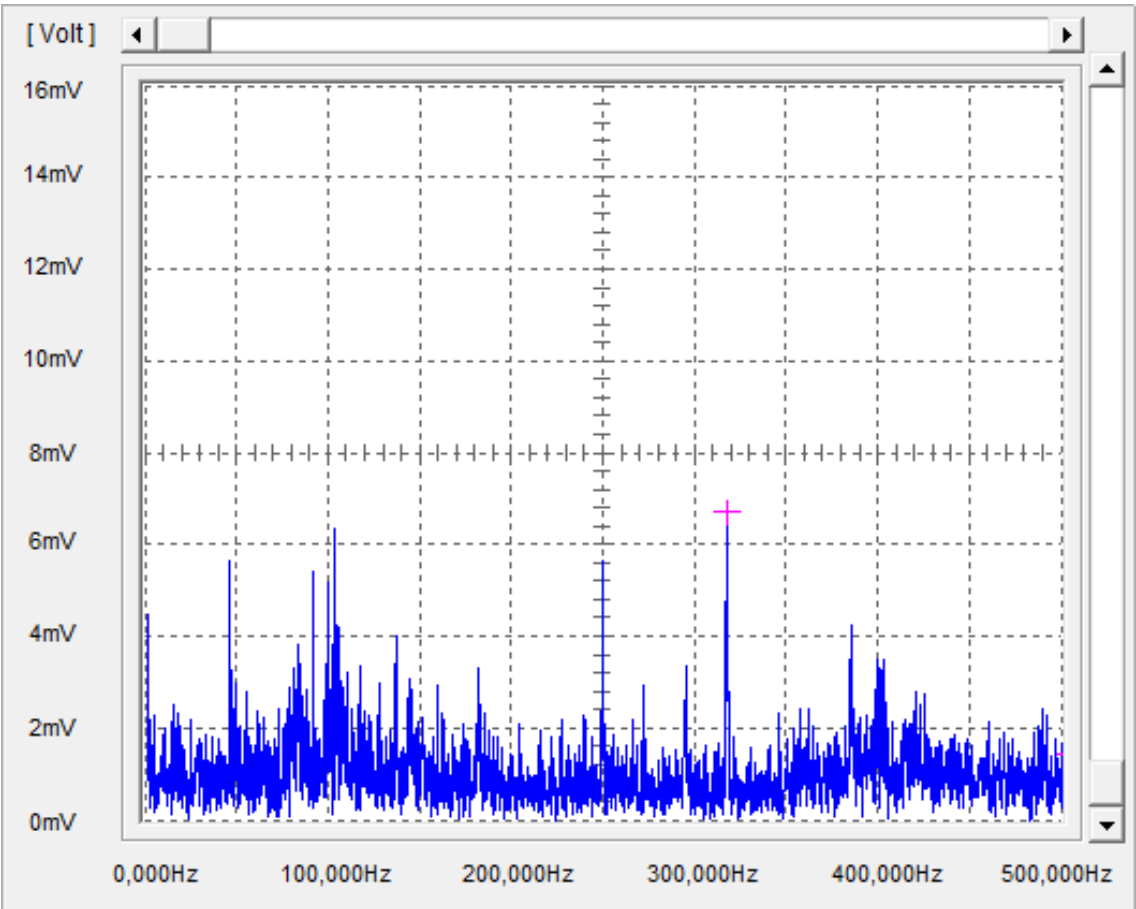
Harmonics Information					
1st	324,500 Hz	7,478 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	1,104 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	3,219 mV	6th	---	---

Gráfica C. 7 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	323,250 Hz	6,710 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	1,104 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	3,219 mV	6th	---	---

Gráfica C. 8 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

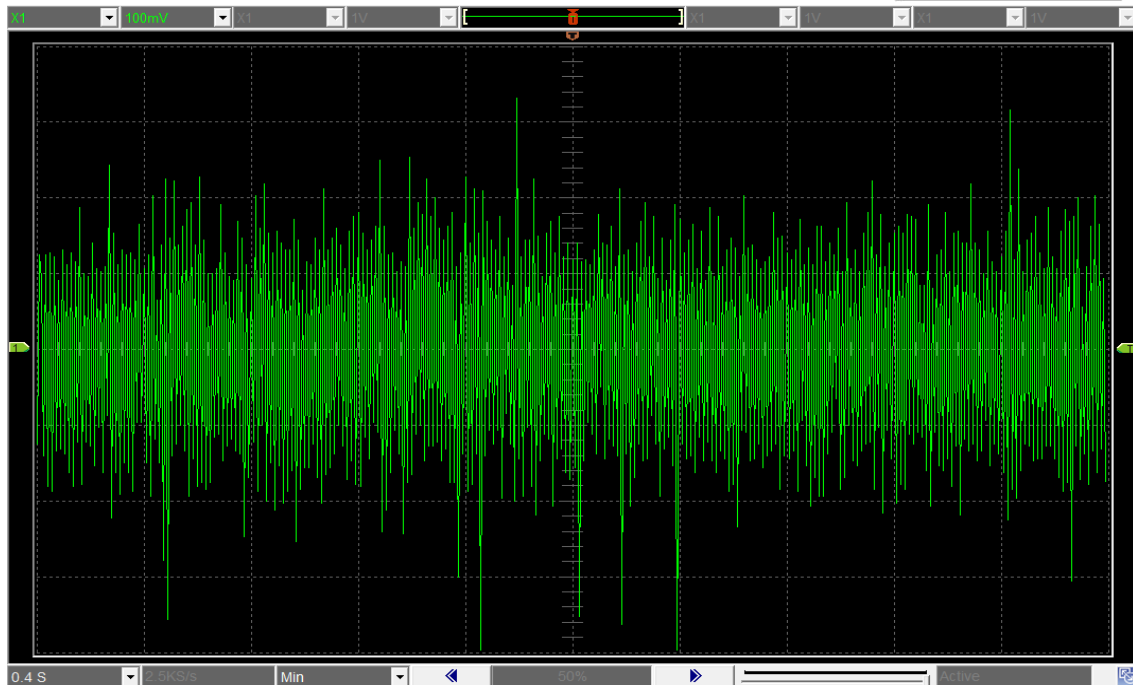
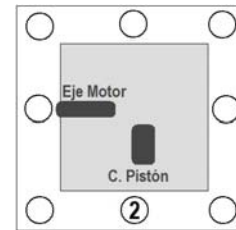
Referencia de medición: Punto 2

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

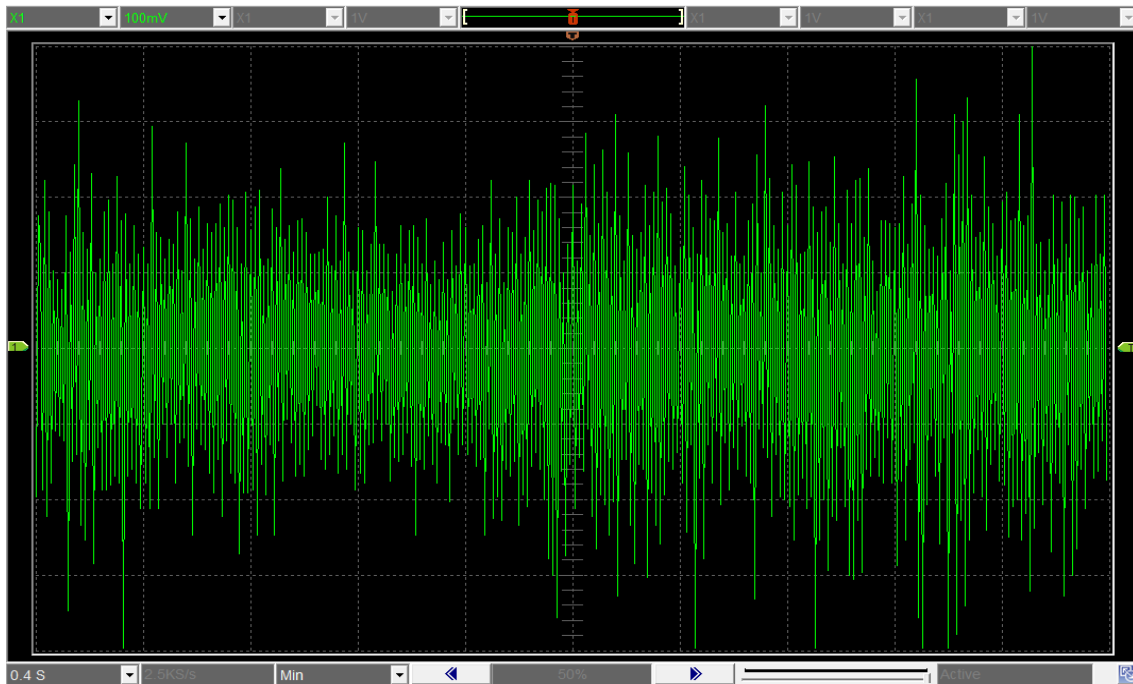
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



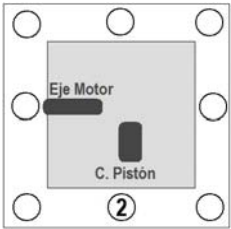
Gráfica C. 9 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

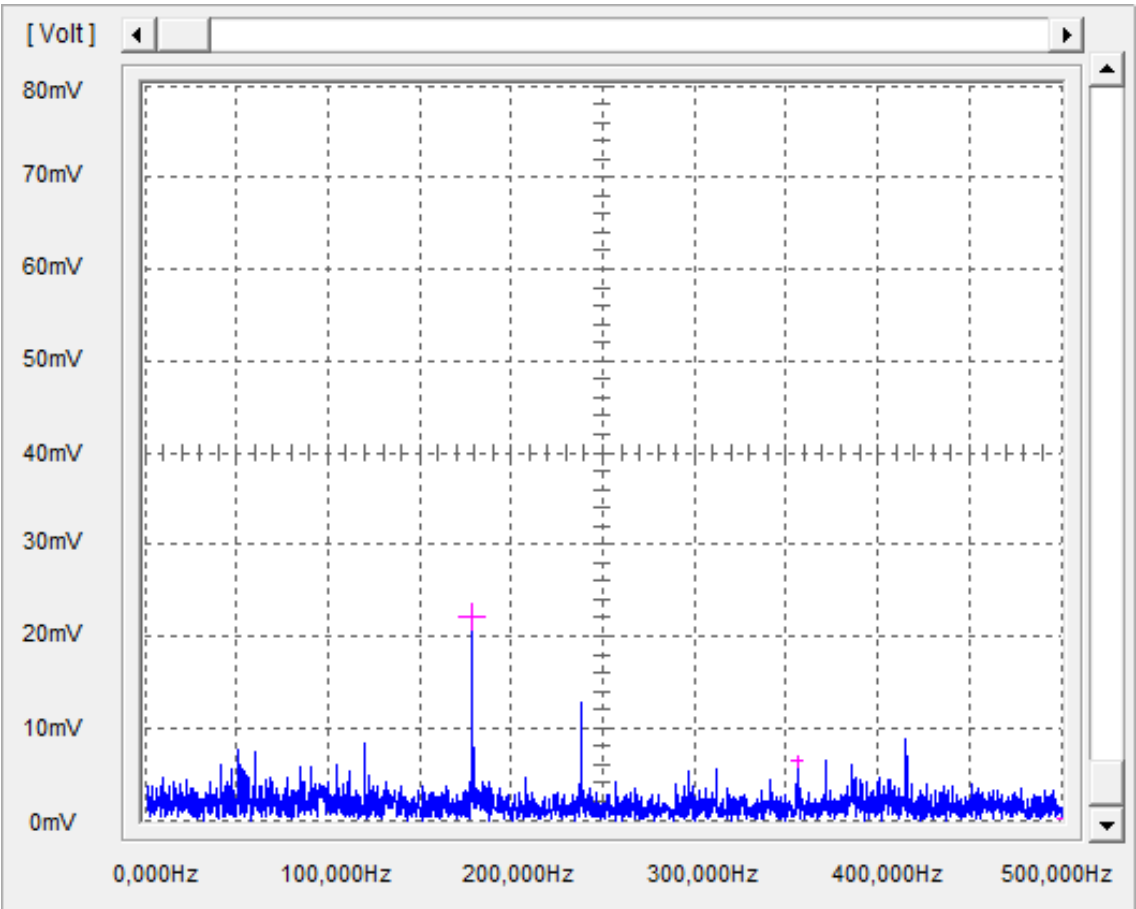


Gráfica C. 10 Amplitud de aceleraciones Punto 2, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



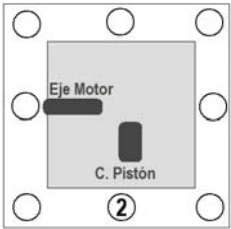
Prueba 1:



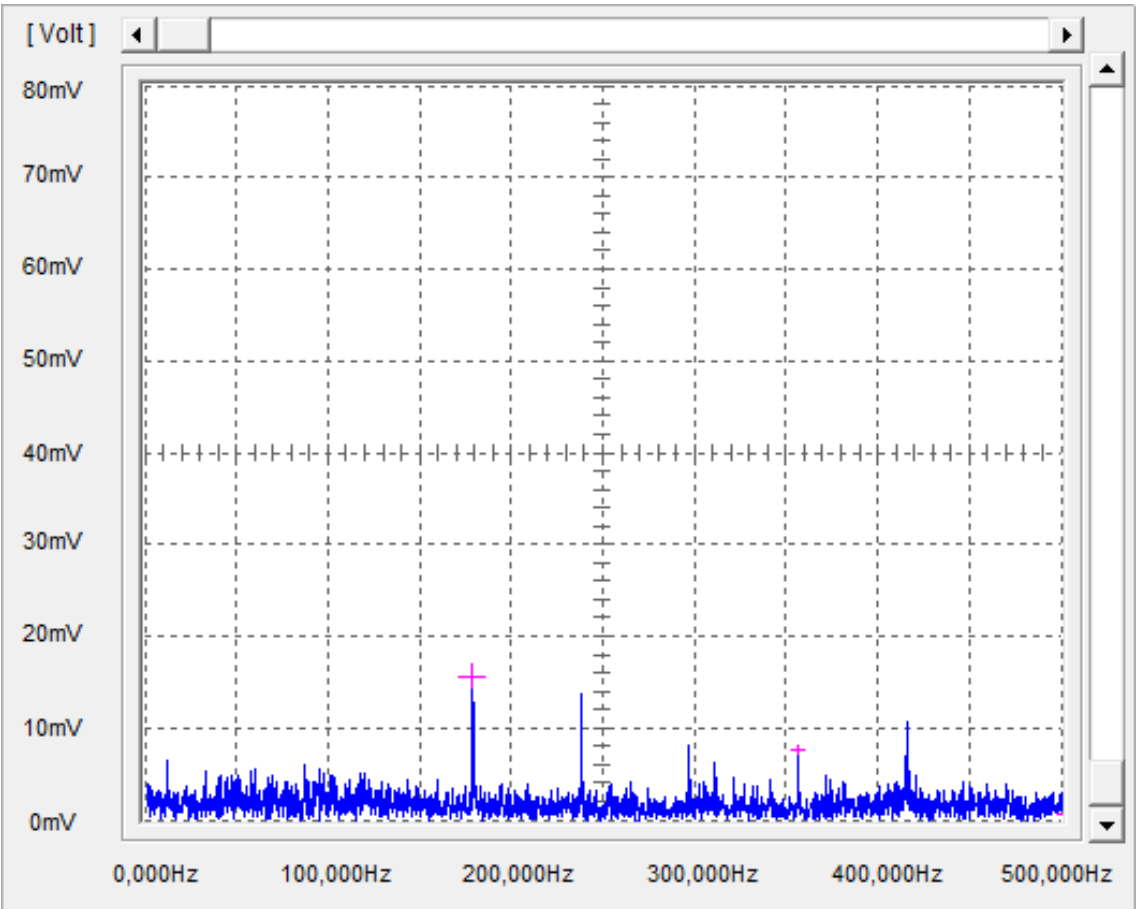
Harmonics Information					
1st	181,500 Hz	22,144 mV	2nd	362,750 Hz	6,523 mV
3rd	511,750 Hz	5,245 mV	4th	511,750 Hz	5,961 mV
5th	511,750 Hz	9,676 mV	6th	511,750 Hz	5,353 mV

Gráfica C. 11 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	181,750 Hz	15,758 mV	2nd	363,250 Hz	7,734 mV
3rd	511,750 Hz	5,245 mV	4th	511,750 Hz	5,961 mV
5th	511,750 Hz	9,676 mV	6th	511,750 Hz	5,353 mV

Gráfica C. 12 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

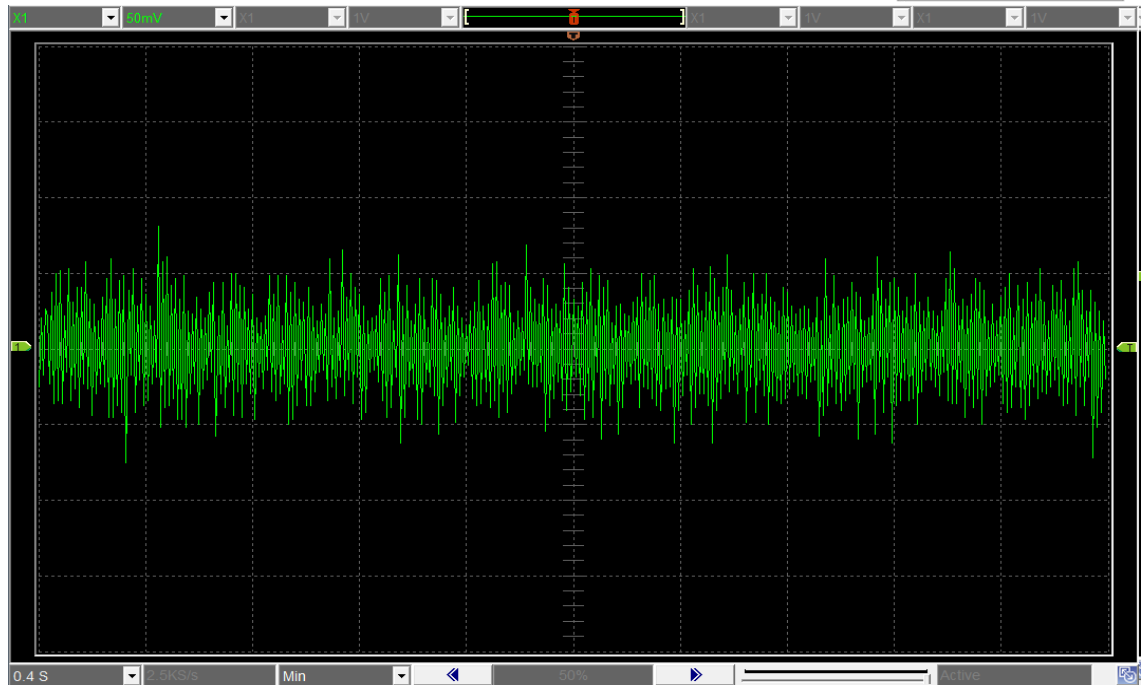
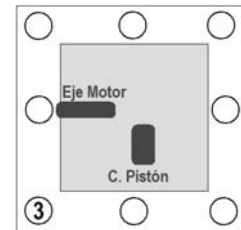
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

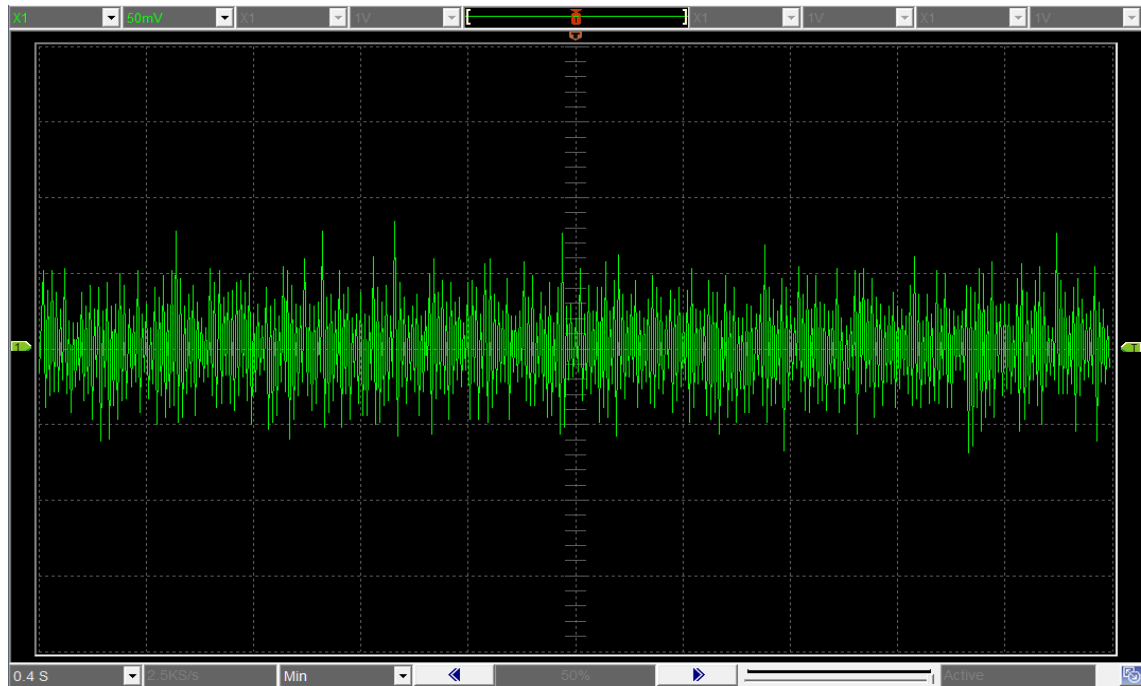
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica C. 13 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



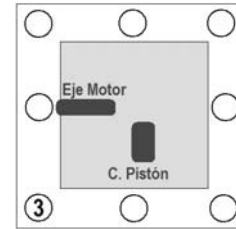
Gráfica C. 14 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

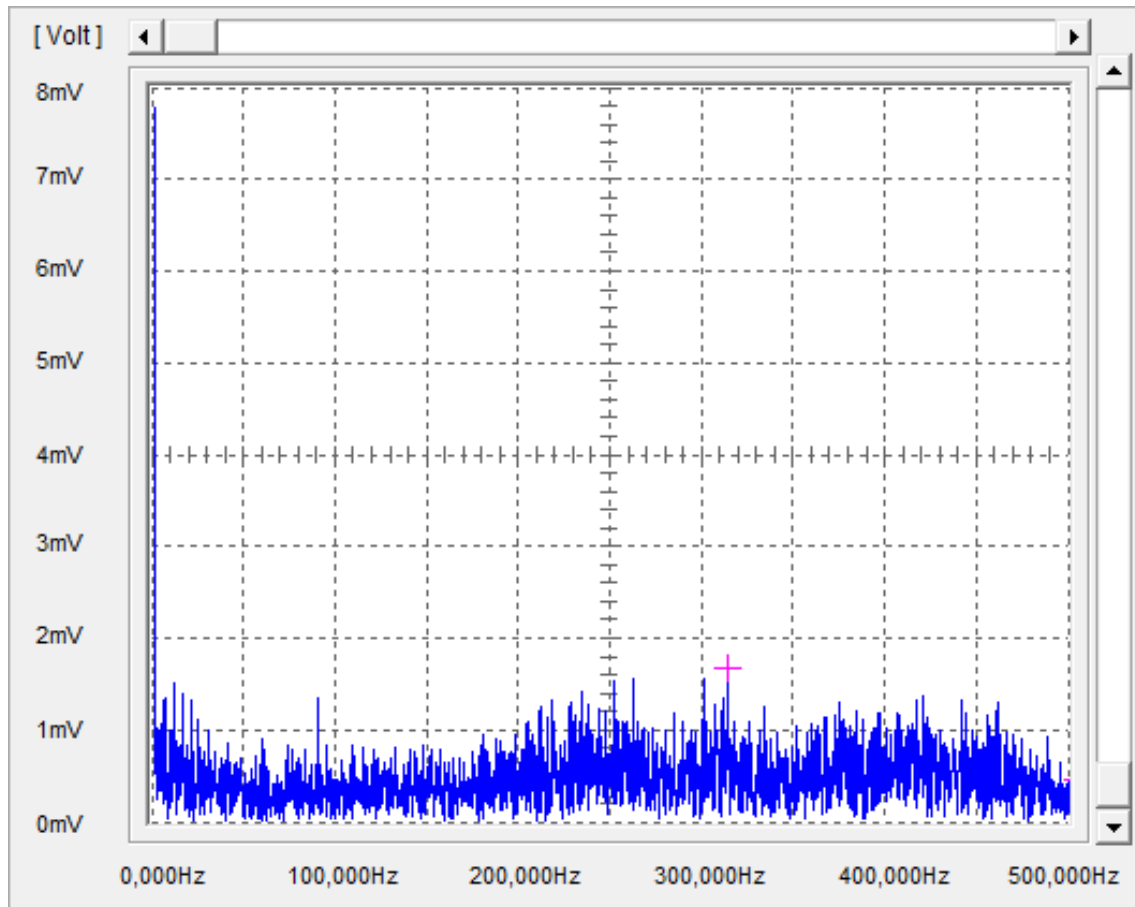
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



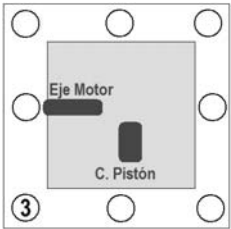
Prueba 1:



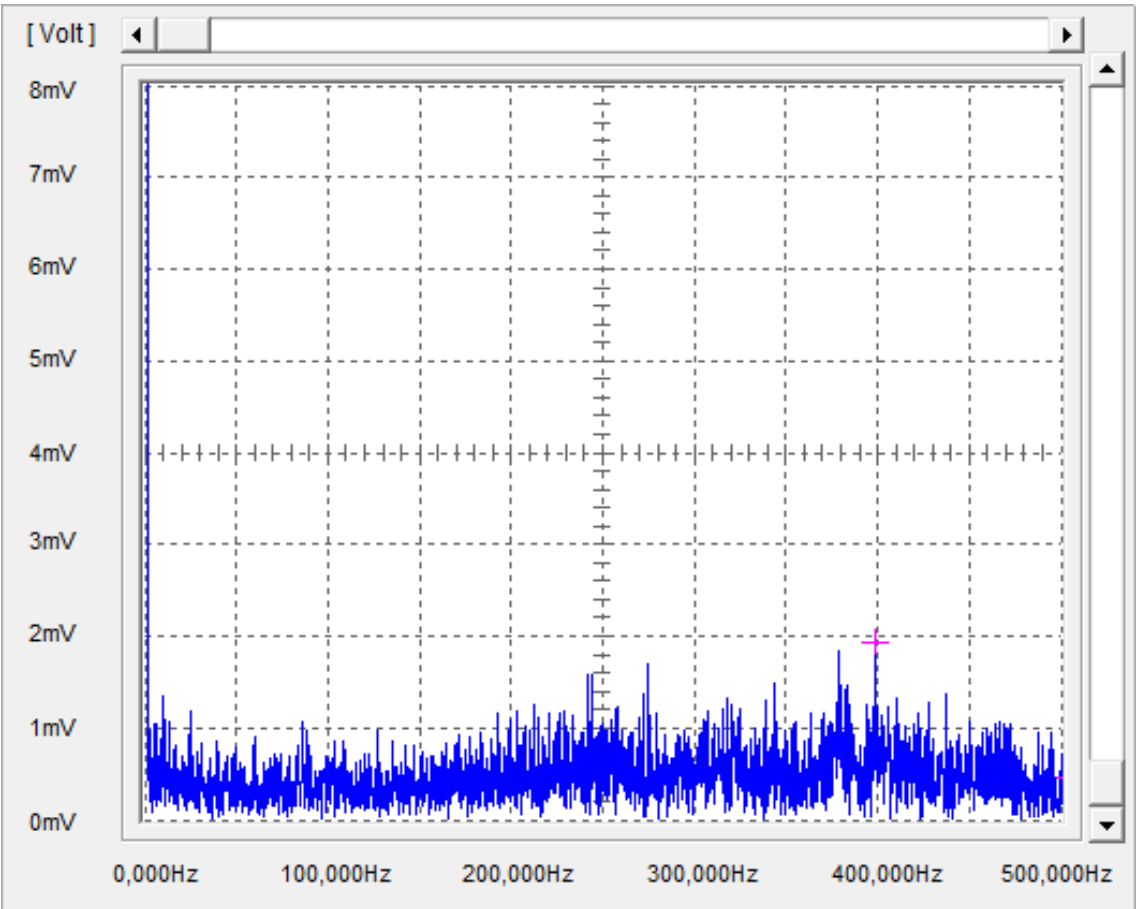
Harmonics Information					
1st	320,250 Hz	1,681 mV	2nd	511,750 Hz	3,711 mV
3rd	511,750 Hz	2,511 mV	4th	511,750 Hz	0,957 mV
5th	511,750 Hz	1,283 mV	6th	511,750 Hz	1,280 mV

Gráfica C. 15 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	406,750 Hz	1,947 mV	2nd	511,750 Hz	3,711 mV
3rd	511,750 Hz	2,511 mV	4th	511,750 Hz	0,957 mV
5th	511,750 Hz	1,283 mV	6th	511,750 Hz	1,280 mV

Gráfica C. 16 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

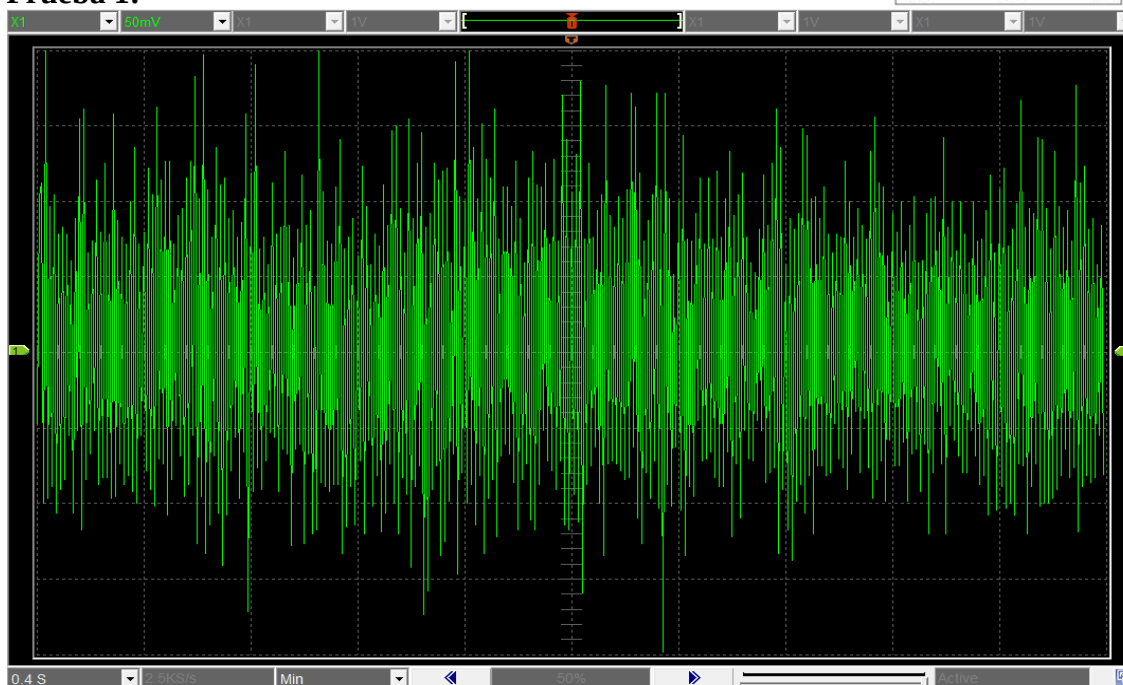
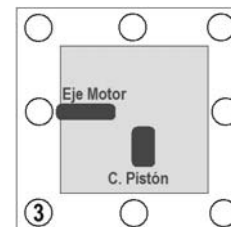
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

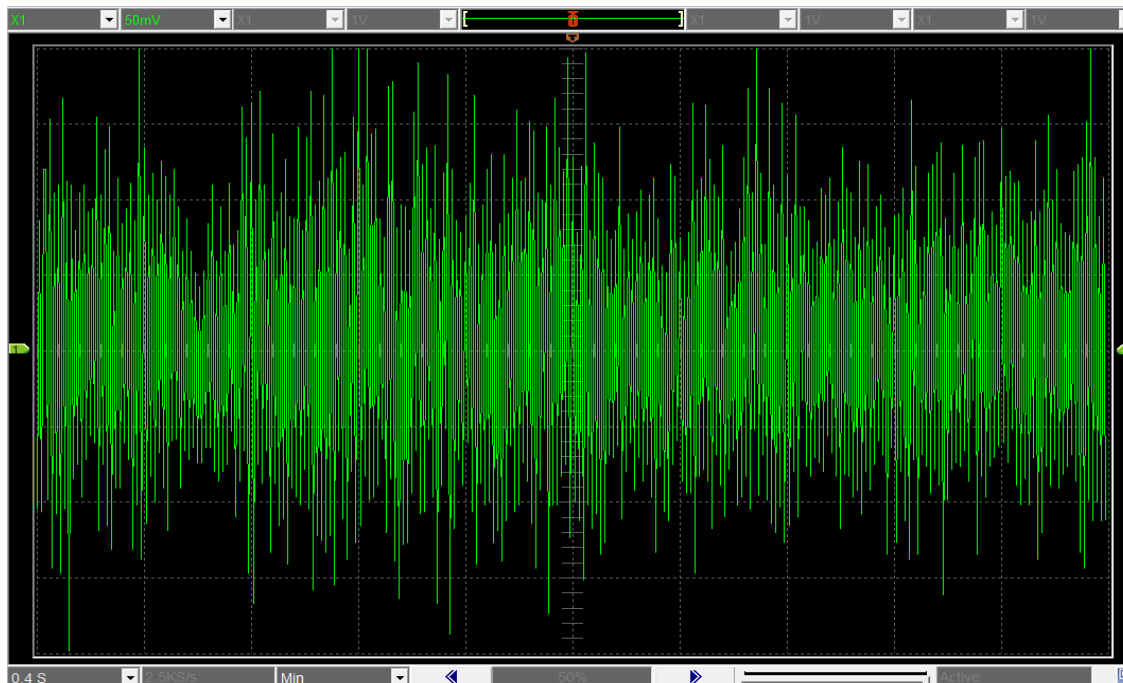
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



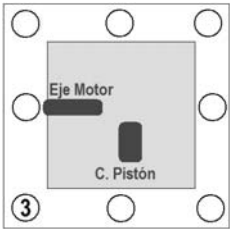
Gráfica C. 17 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

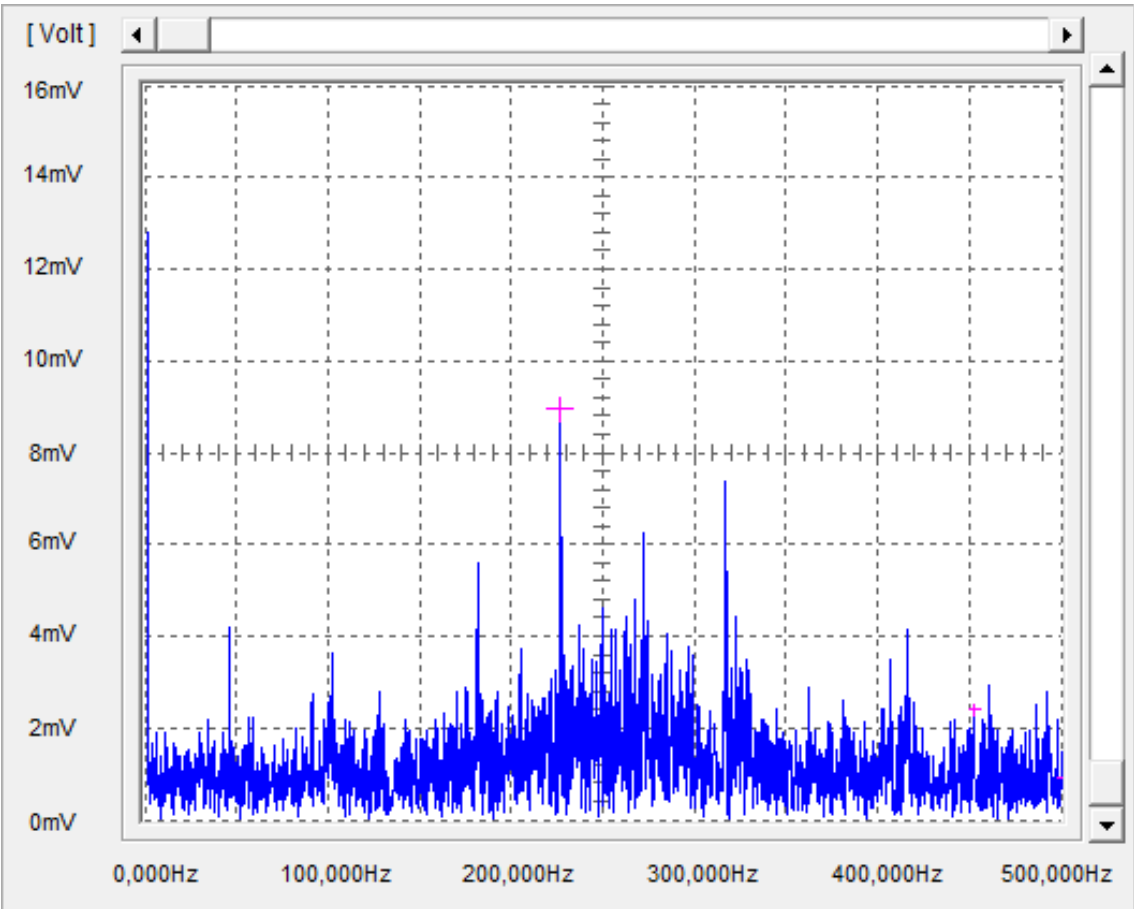


Gráfica C. 18 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



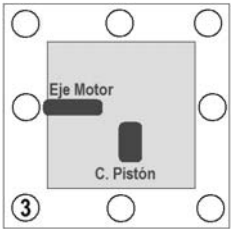
Prueba 1:



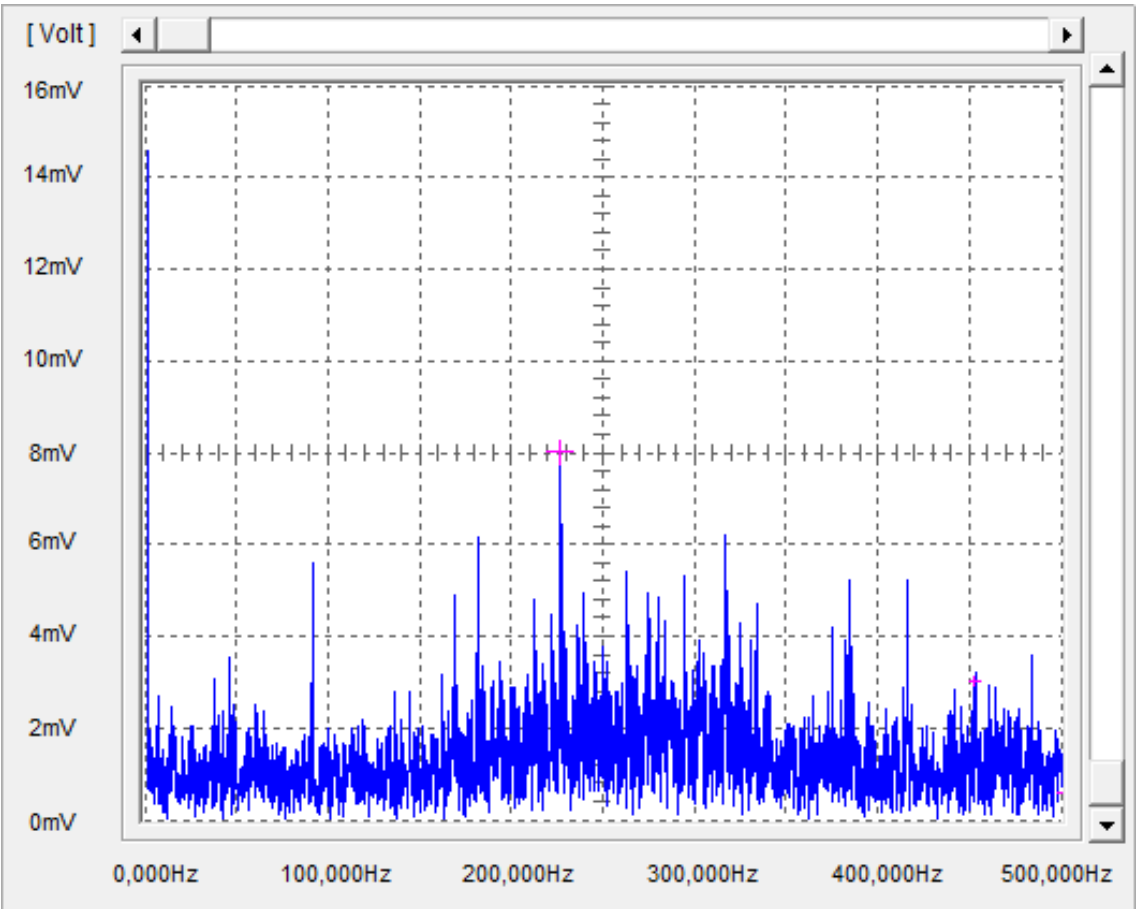
Harmonics Information					
1st	230,750 Hz	8,948 mV	2nd	461,500 Hz	2,414 mV
3rd	511,750 Hz	1,568 mV	4th	511,750 Hz	1,547 mV
5th	511,750 Hz	3,585 mV	6th	511,750 Hz	1,565 mV

Gráfica C. 19 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	230,750 Hz	8,017 mV	2nd	461,500 Hz	3,037 mV
3rd	511,750 Hz	1,568 mV	4th	511,750 Hz	1,547 mV
5th	511,750 Hz	3,585 mV	6th	511,750 Hz	1,565 mV

Gráfica C. 20 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

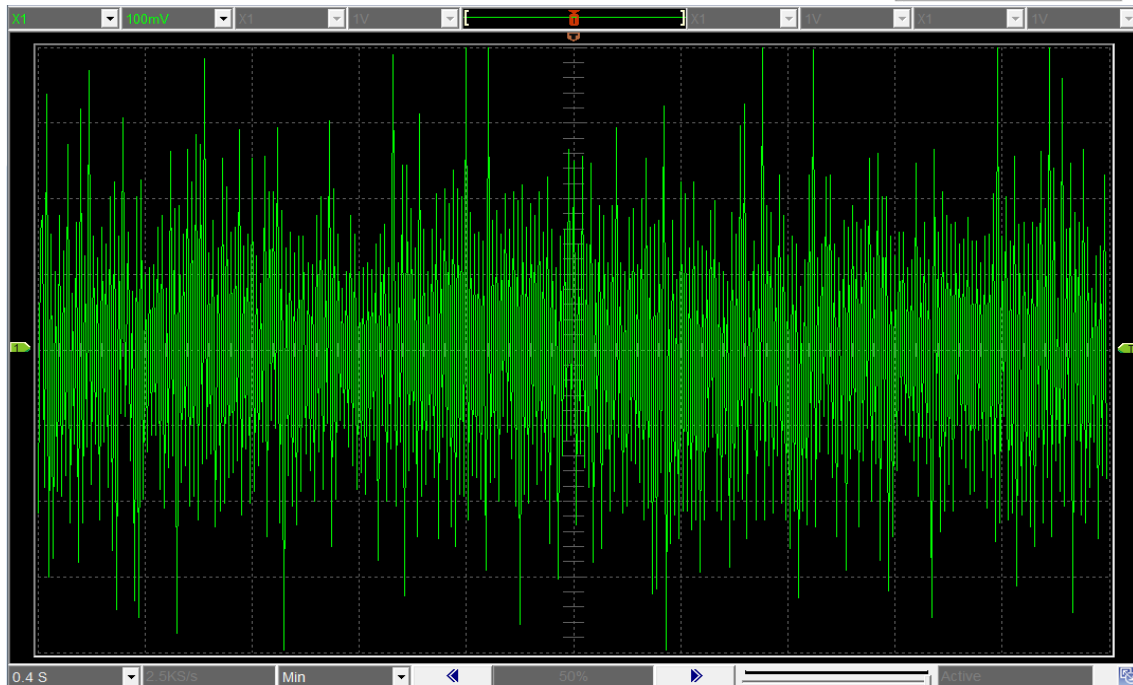
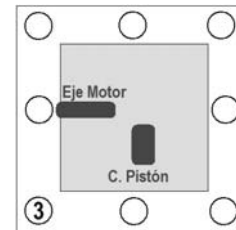
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

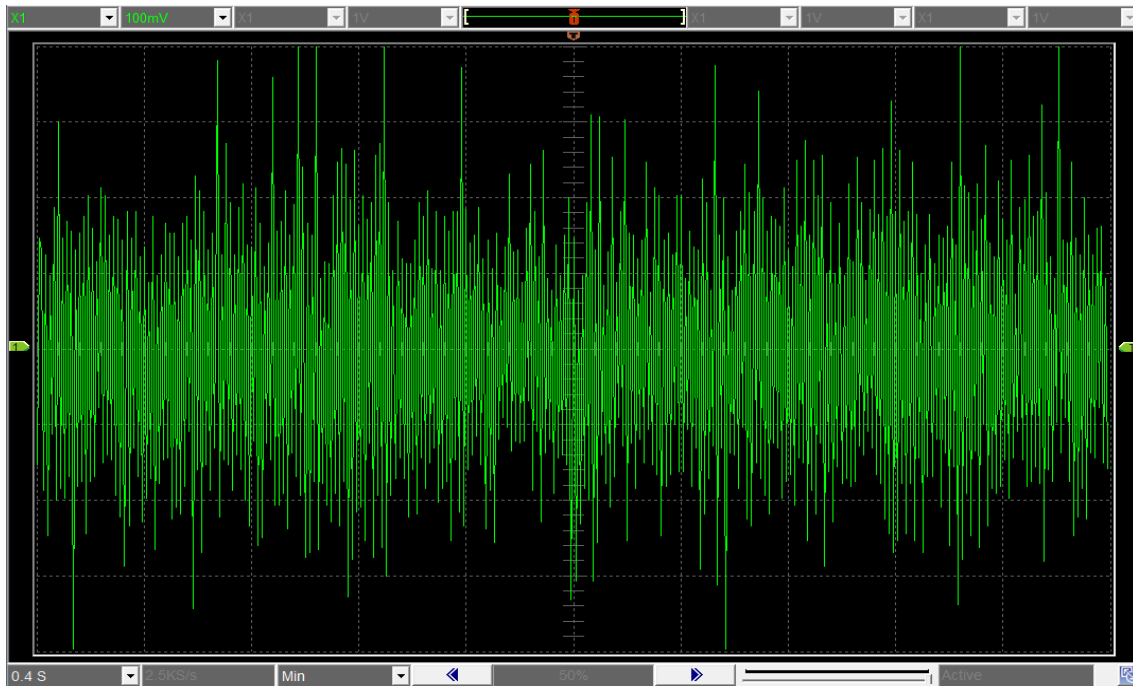
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



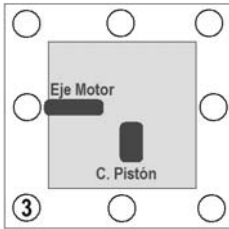
Gráfica C. 21 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

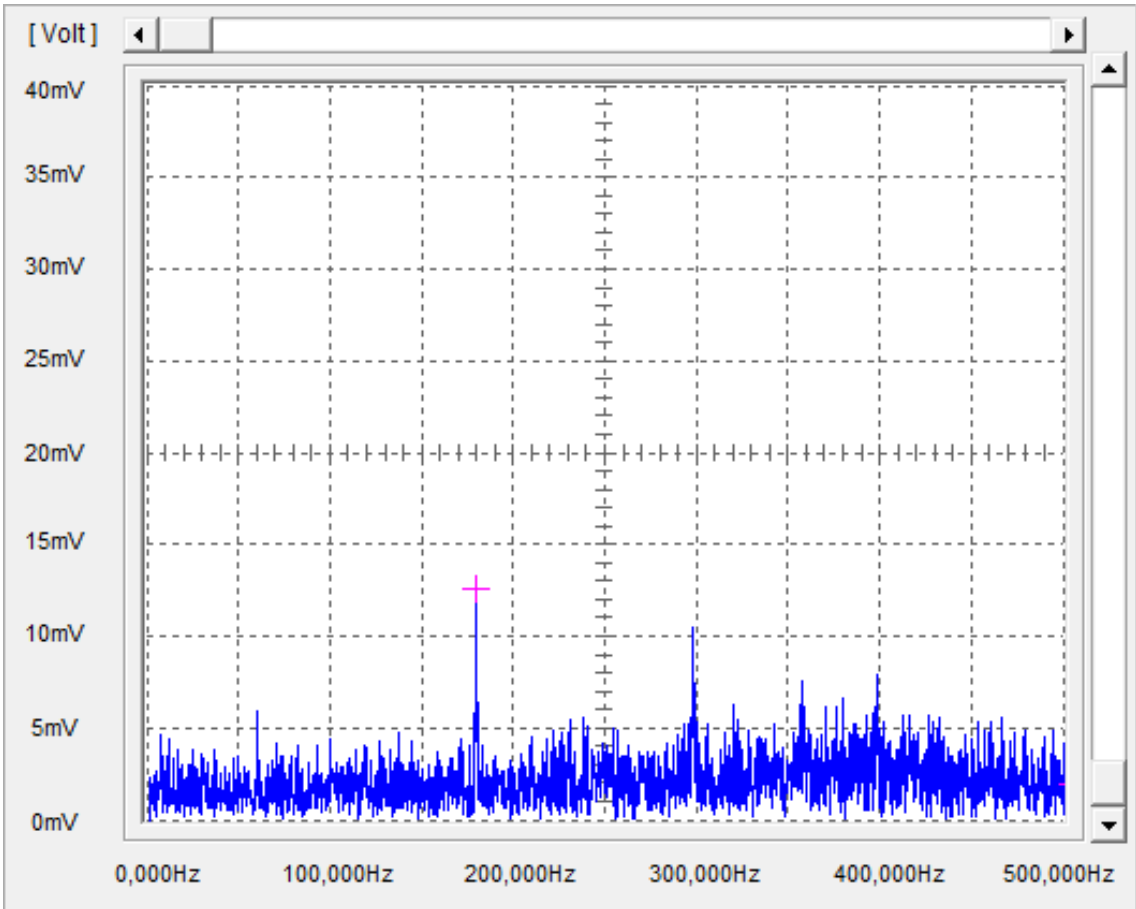


Gráfica C. 22 Amplitud de aceleraciones Punto 3, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



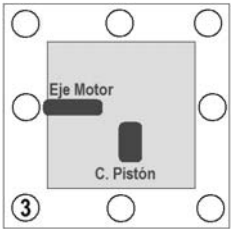
Prueba 1:



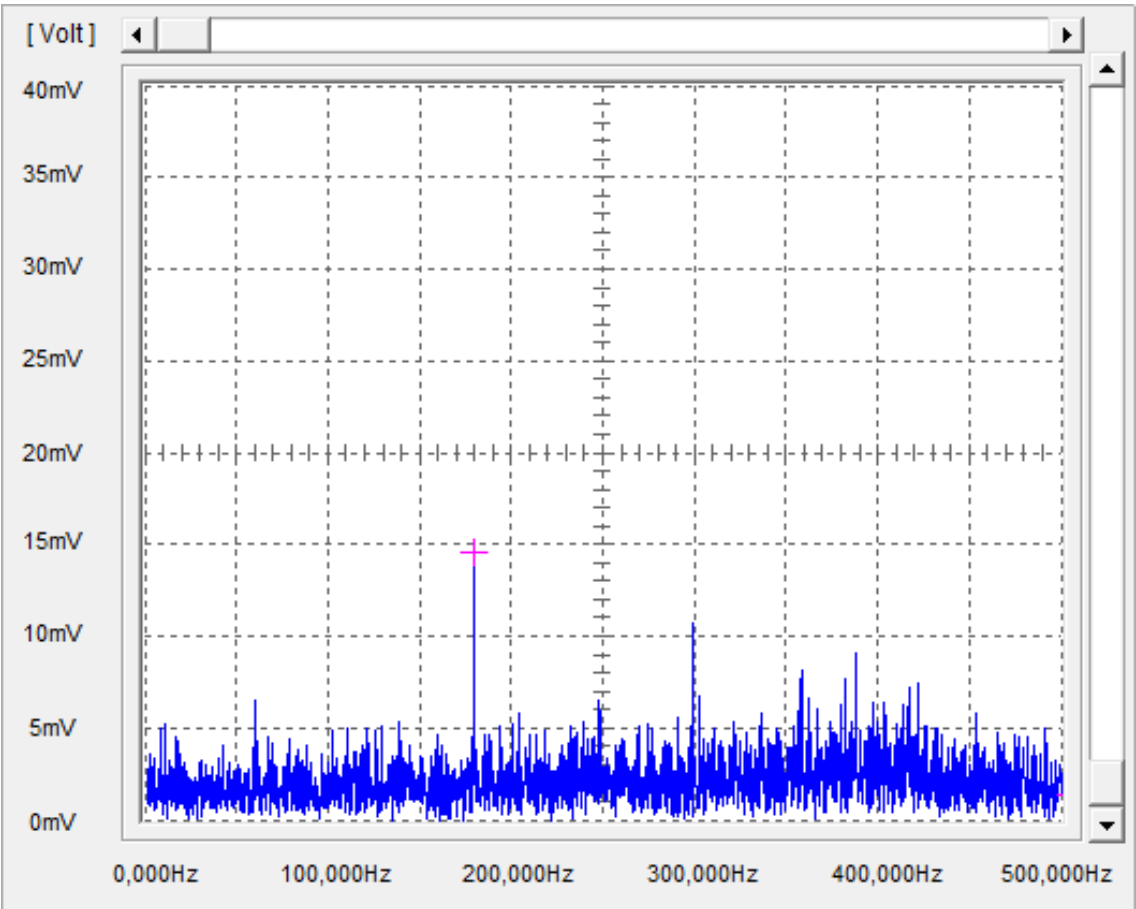
Harmonics Information					
1st	182,250 Hz	12,626 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	59,499 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	38,537 mV	6th	---	---

Gráfica C. 23 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	182,750 Hz	14,594 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	59,499 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	38,537 mV	6th	---	---

Gráfica C. 24 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

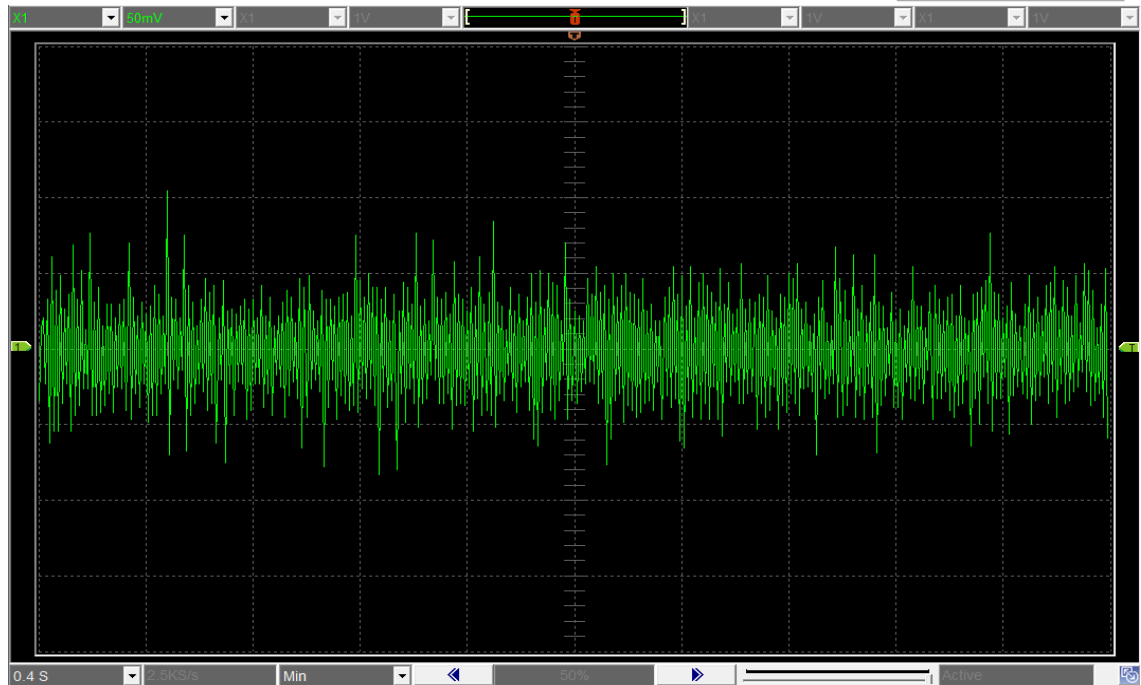
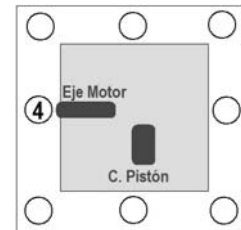
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

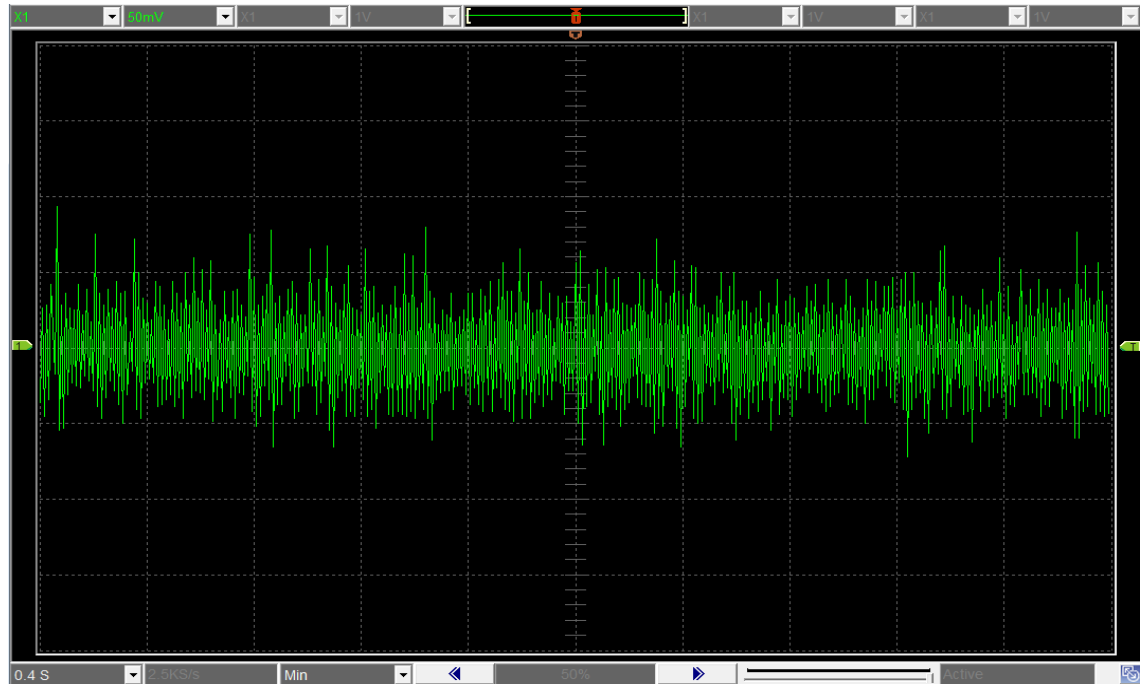
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica C. 25 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



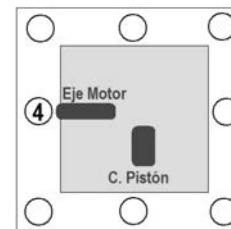
Gráfica C. 26 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

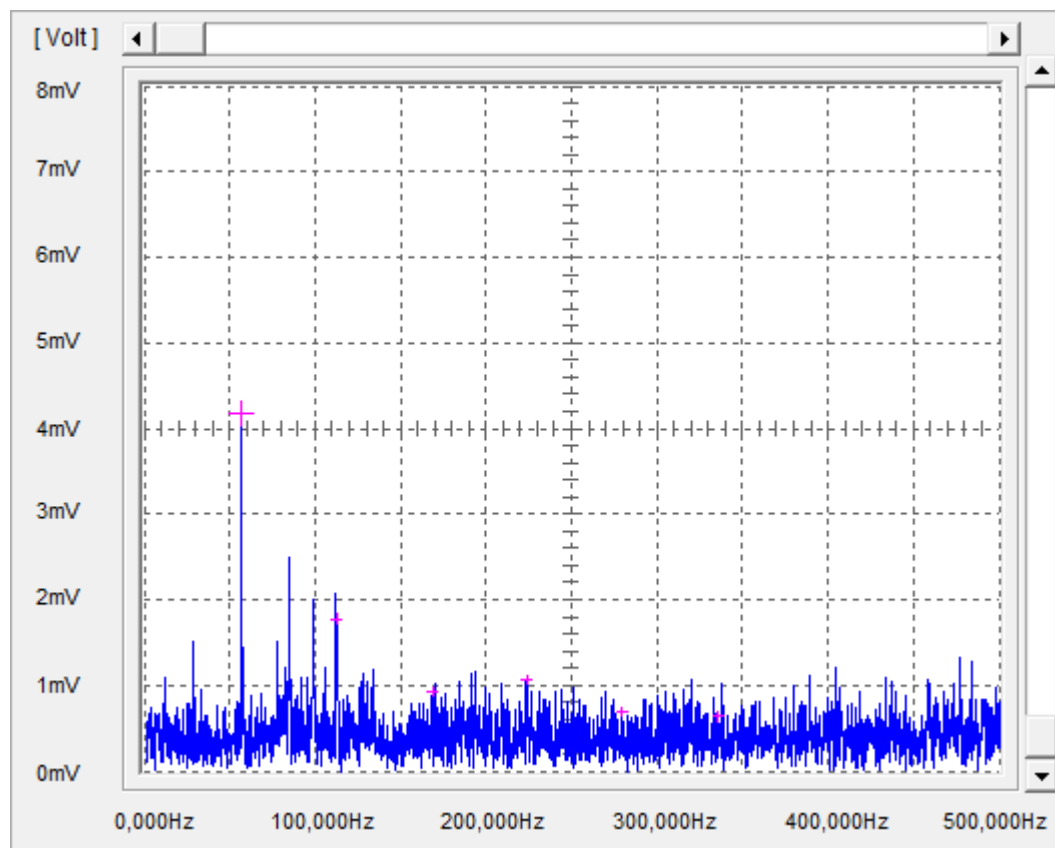
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



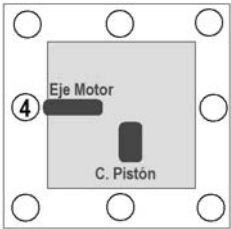
Prueba 1:



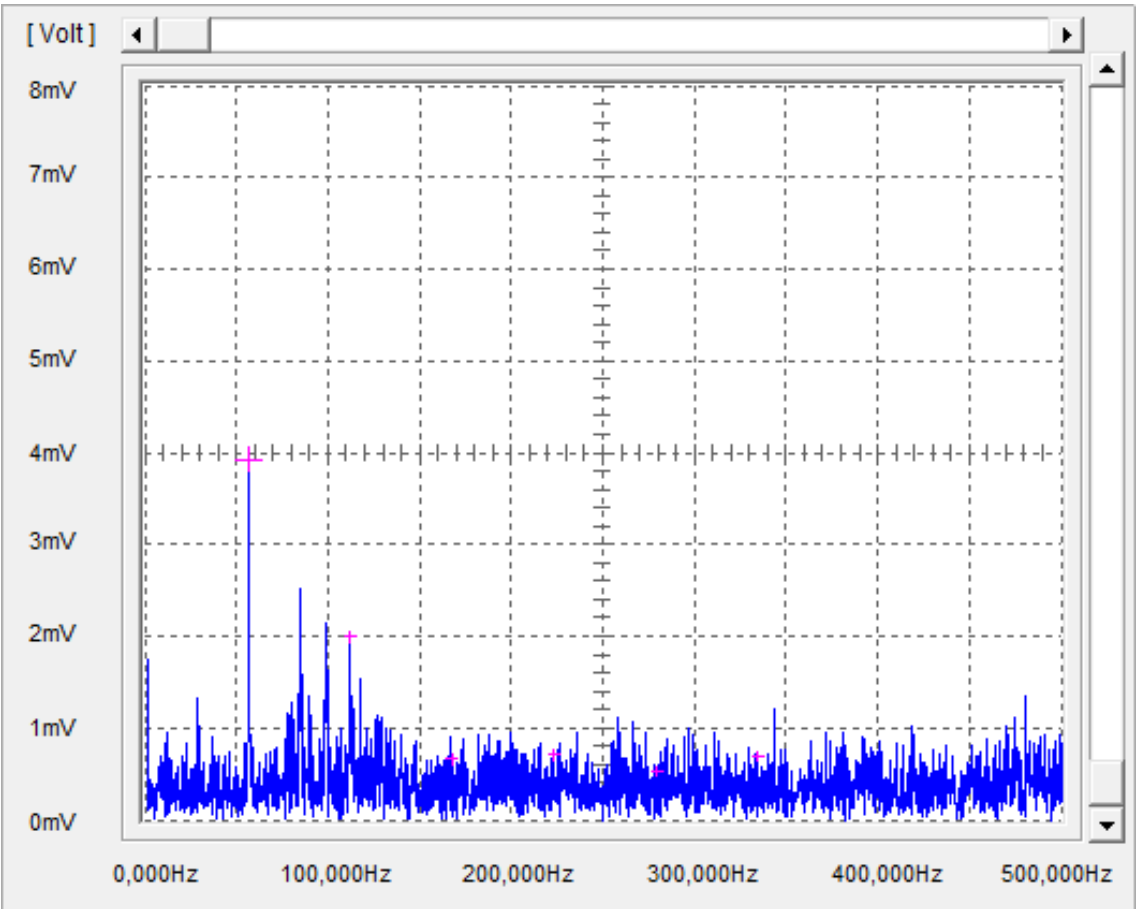
Harmonics Information					
1st	57,000 Hz	4,175 mV	2nd	113,750 Hz	1,786 mV
3rd	171,500 Hz	0,938 mV	4th	227,500 Hz	1,074 mV
5th	284,750 Hz	0,700 mV	6th	342,250 Hz	0,651 mV

Gráfica C. 27 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	56,750 Hz	3,925 mV	2nd	113,500 Hz	1,997 mV
3rd	170,000 Hz	0,674 mV	4th	226,750 Hz	0,719 mV
5th	284,250 Hz	0,540 mV	6th	340,750 Hz	0,704 mV

Gráfica C. 28 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

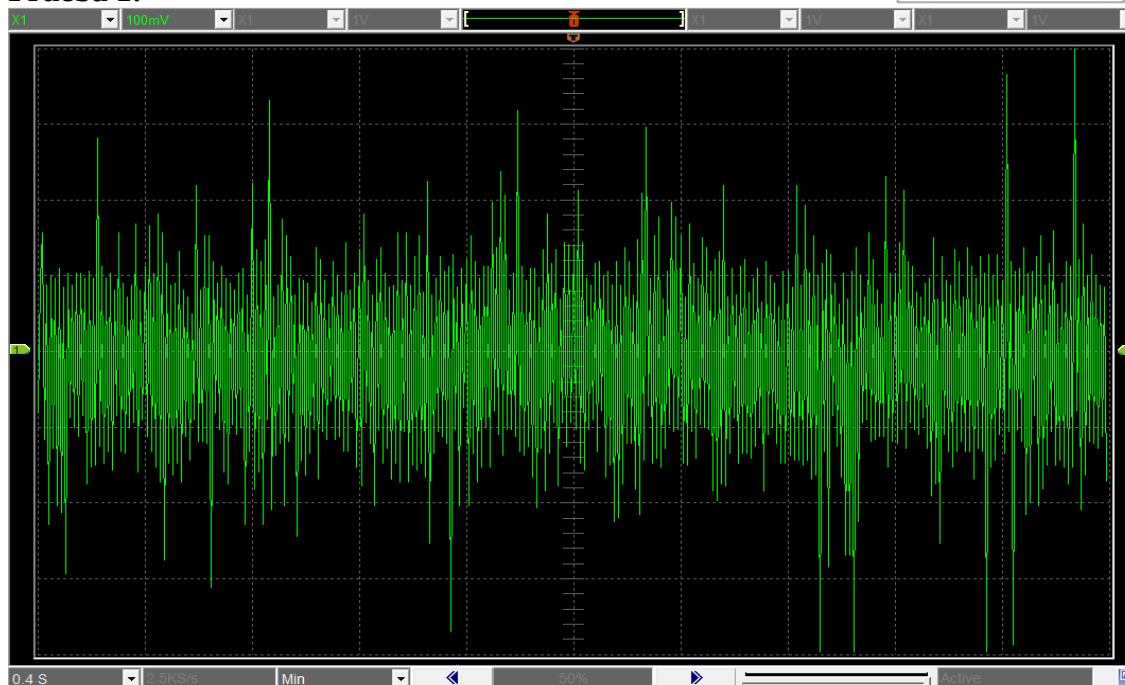
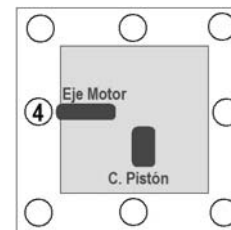
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

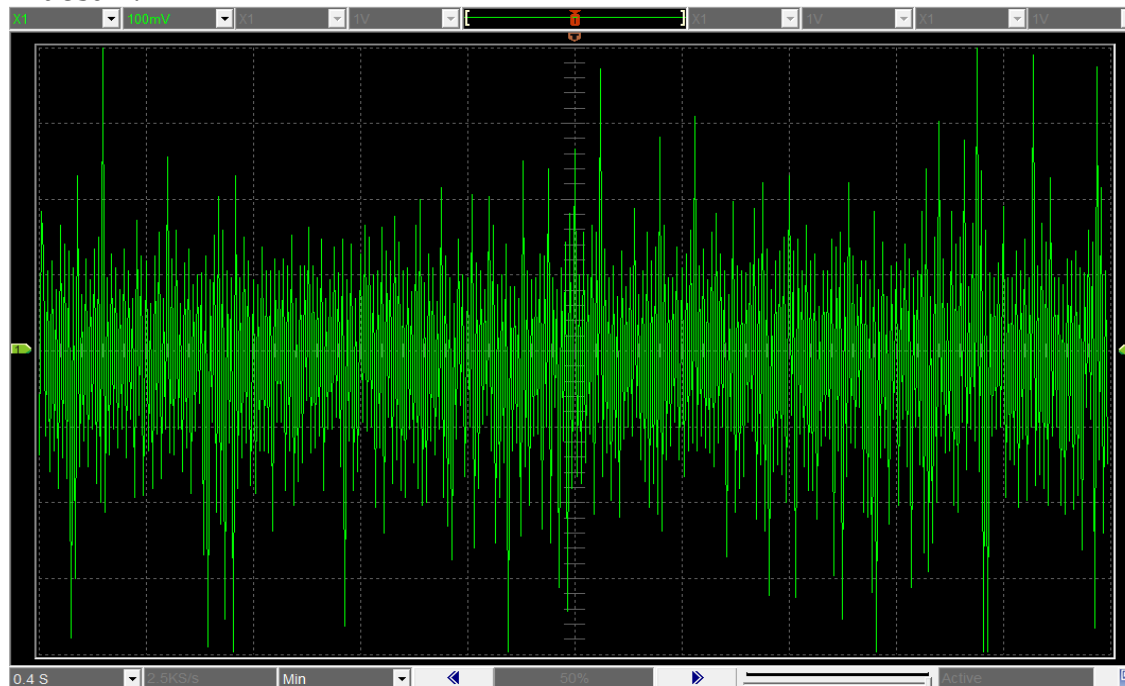
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica C. 29 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



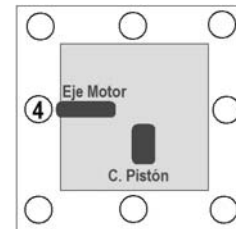
Gráfica C. 30 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

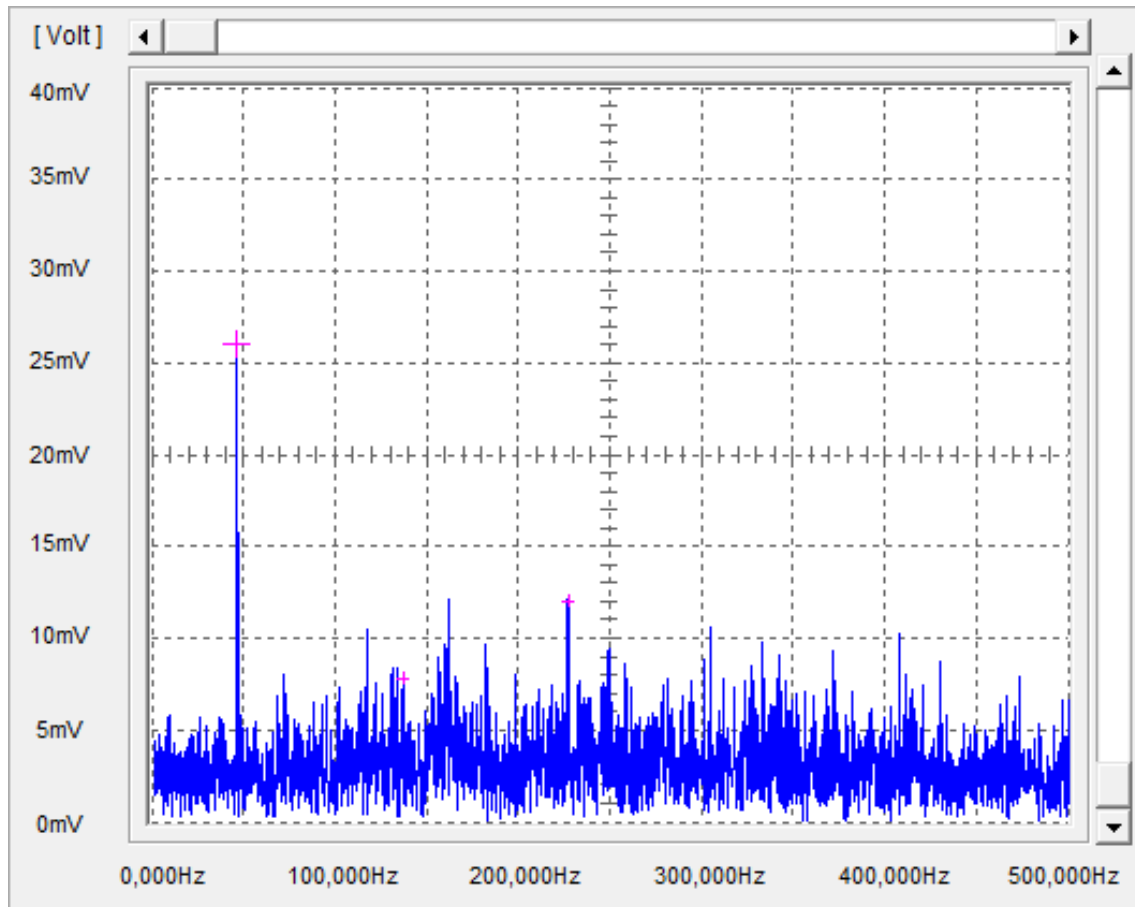
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



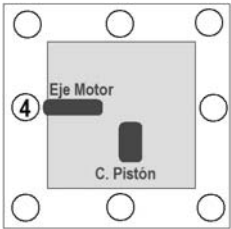
Prueba 1:



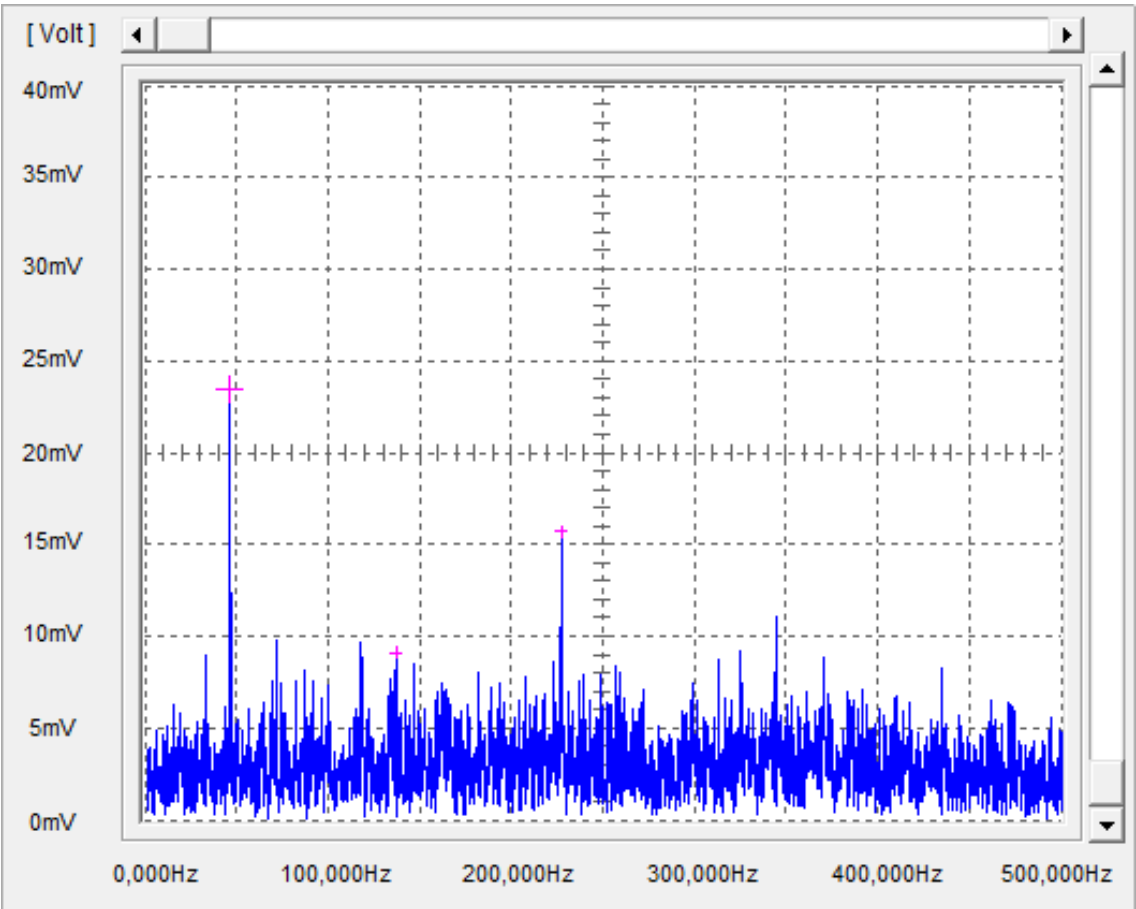
Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	25,994 mV	2nd	---	---
3rd	138,750 Hz	7,875 mV	4th	---	---
5th	231,500 Hz	12,074 mV	6th	---	---

Gráfica C. 31 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	23,429 mV	2nd	---	---
3rd	138,750 Hz	9,131 mV	4th	---	---
5th	231,000 Hz	15,719 mV	6th	---	---

Gráfica C. 32 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

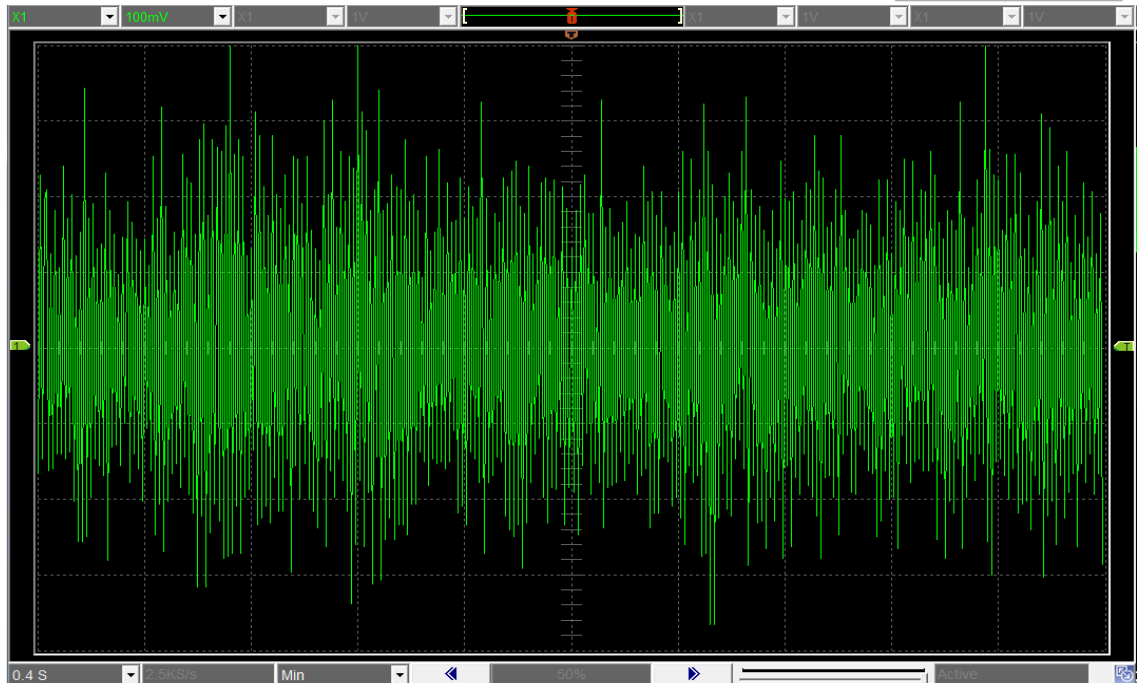
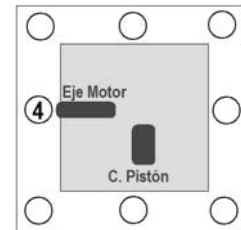
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

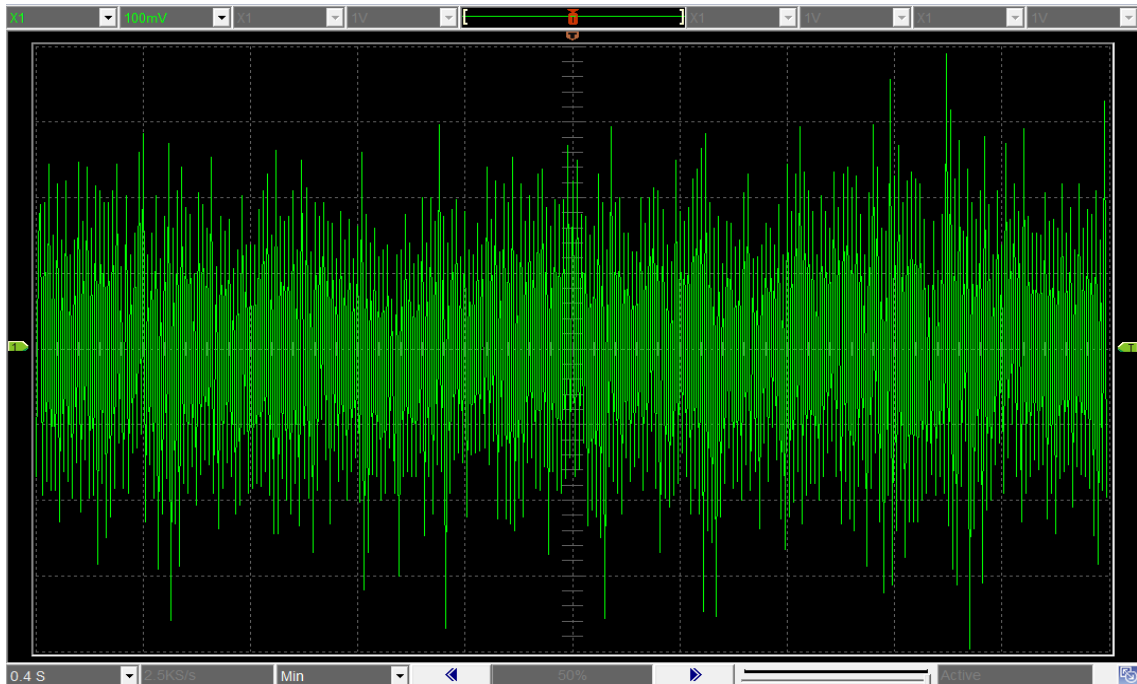
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



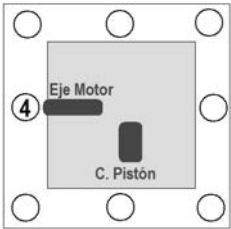
Gráfica C. 33 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

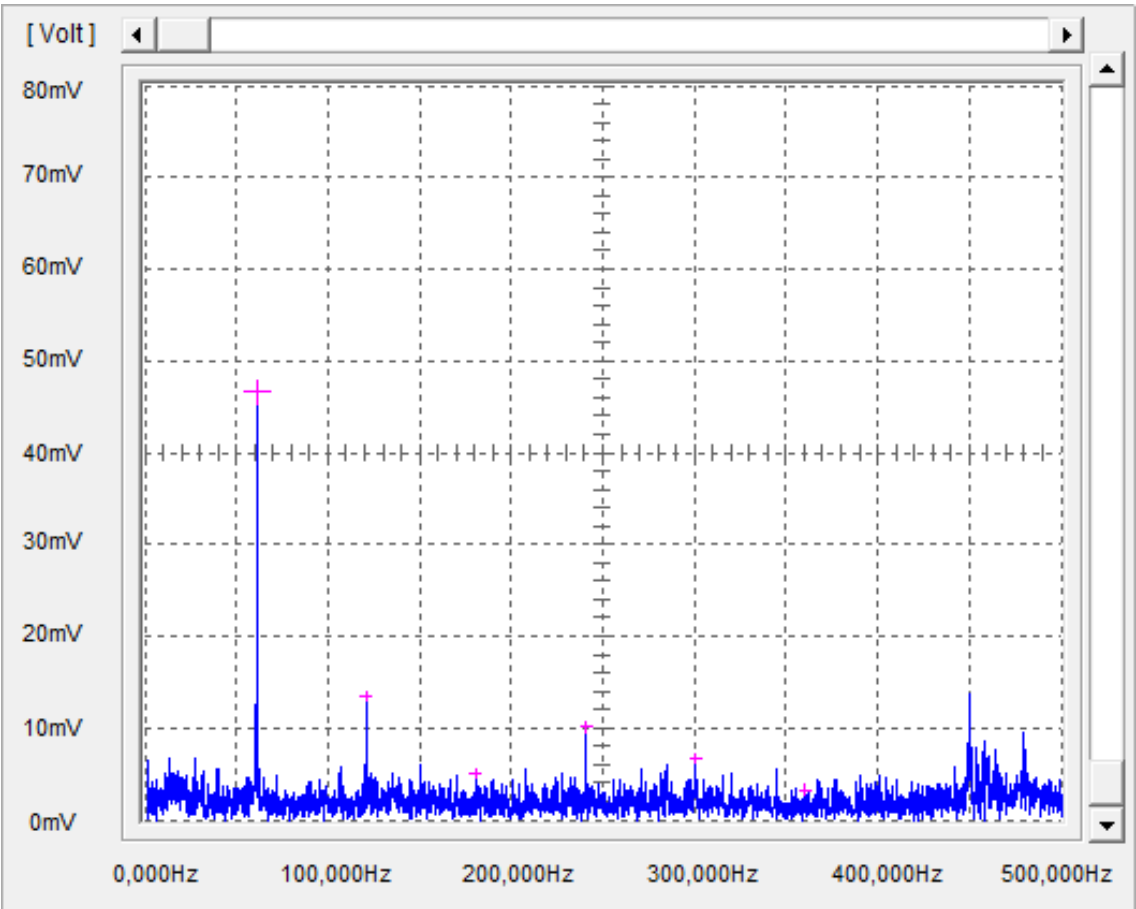


Gráfica C. 34 Amplitud de aceleraciones Punto 4, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	46,599 mV	2nd	122,500 Hz	13,574 mV
3rd	183,500 Hz	5,144 mV	4th	244,750 Hz	10,198 mV
5th	306,000 Hz	6,819 mV	6th	367,250 Hz	3,369 mV

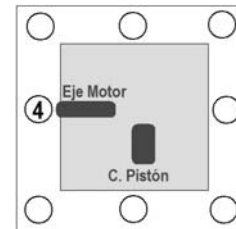
Gráfica C. 35 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

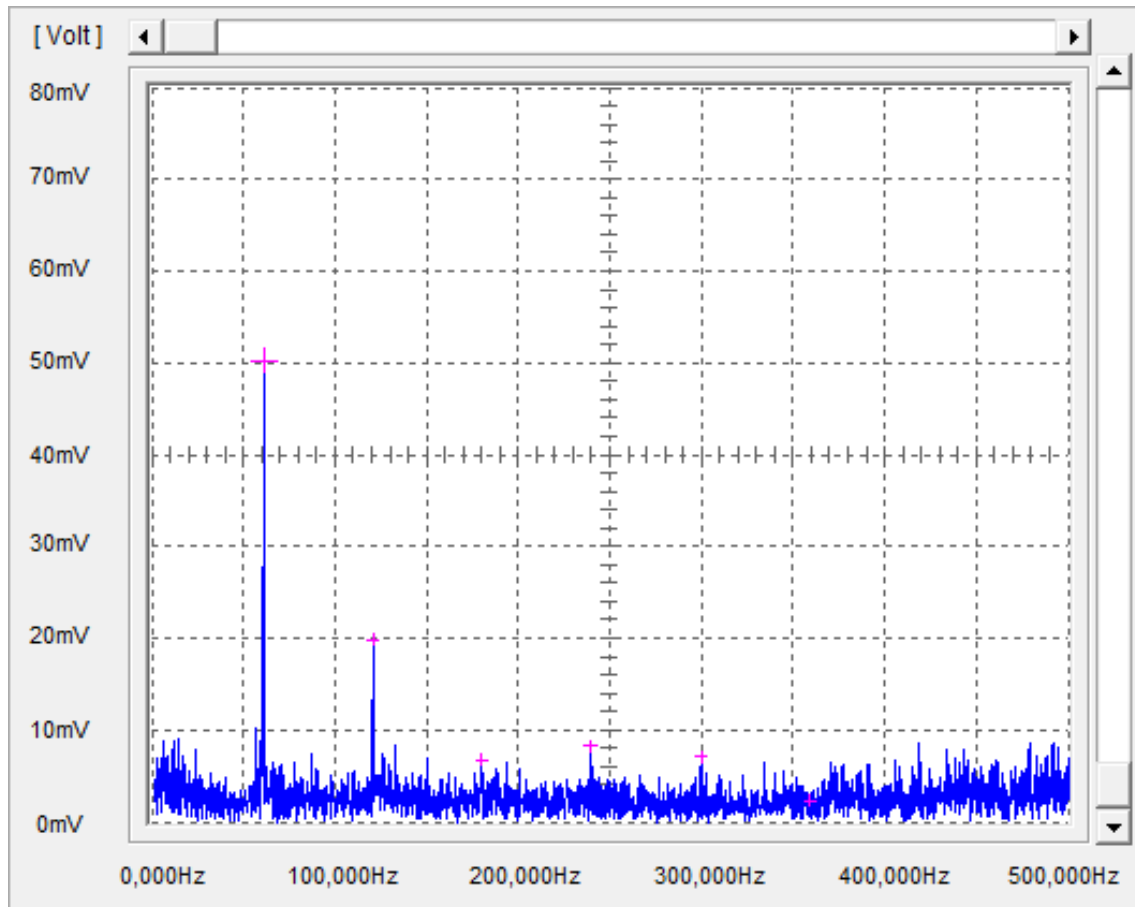
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	50,247 mV	2nd	122,000 Hz	19,930 mV
3rd	183,000 Hz	6,911 mV	4th	243,500 Hz	8,341 mV
5th	305,250 Hz	7,221 mV	6th	366,000 Hz	2,439 mV

Gráfica C. 36 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

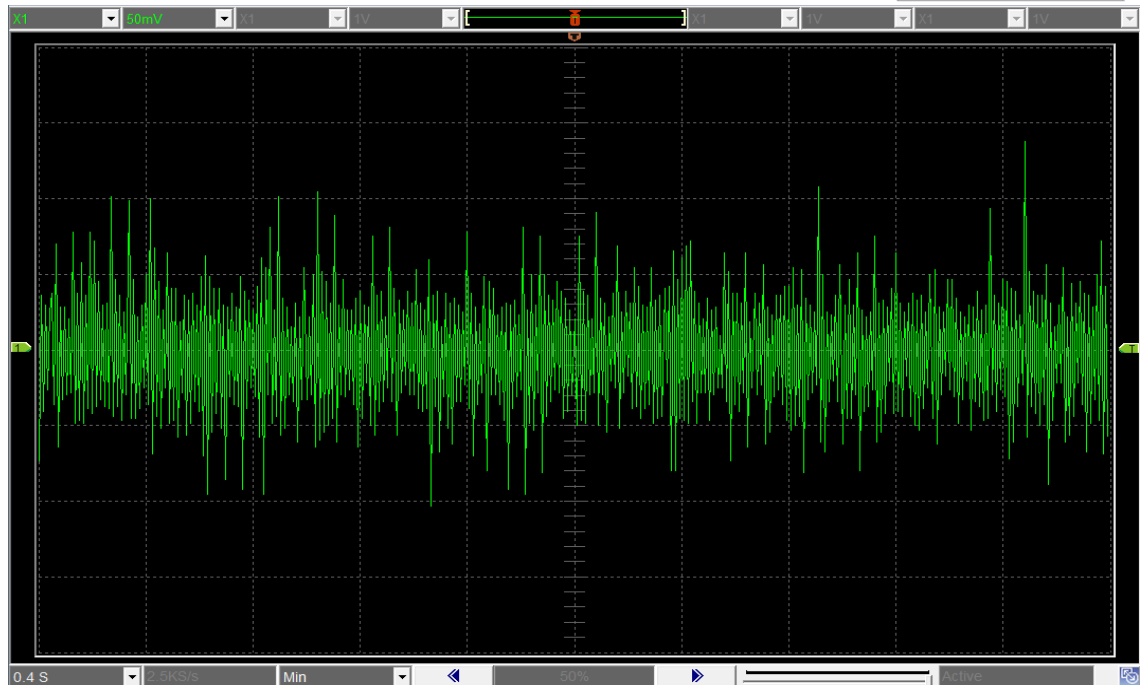
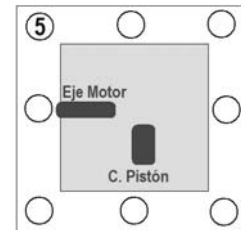
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

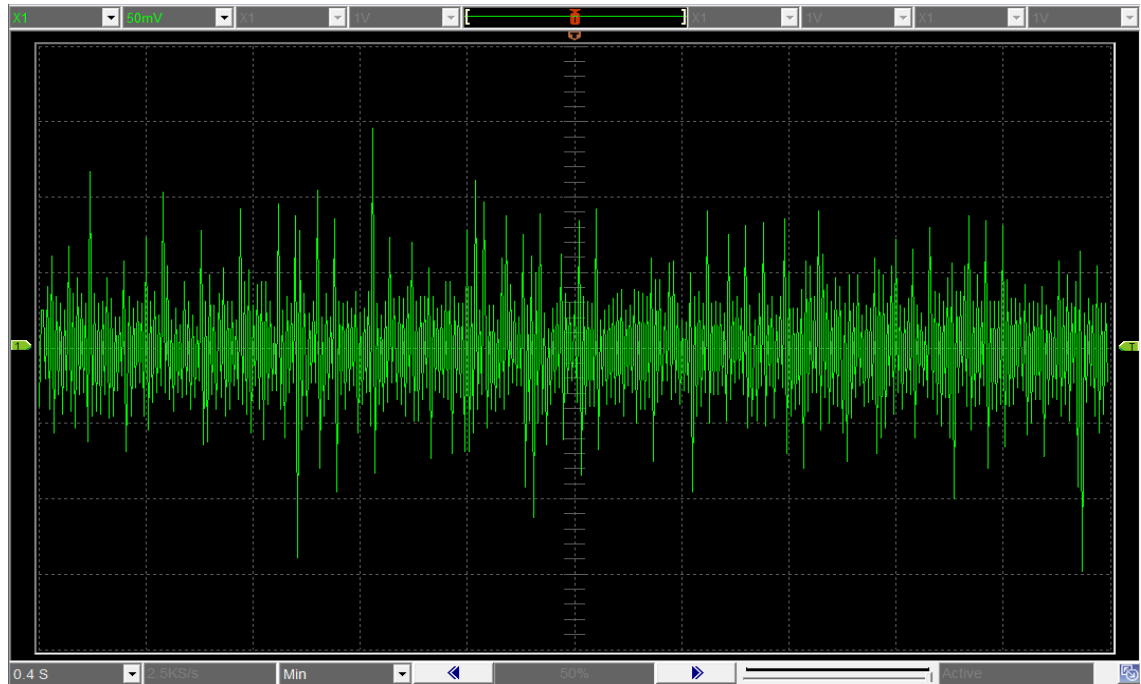
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



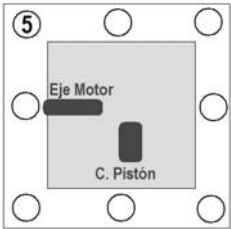
Gráfica C. 37 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

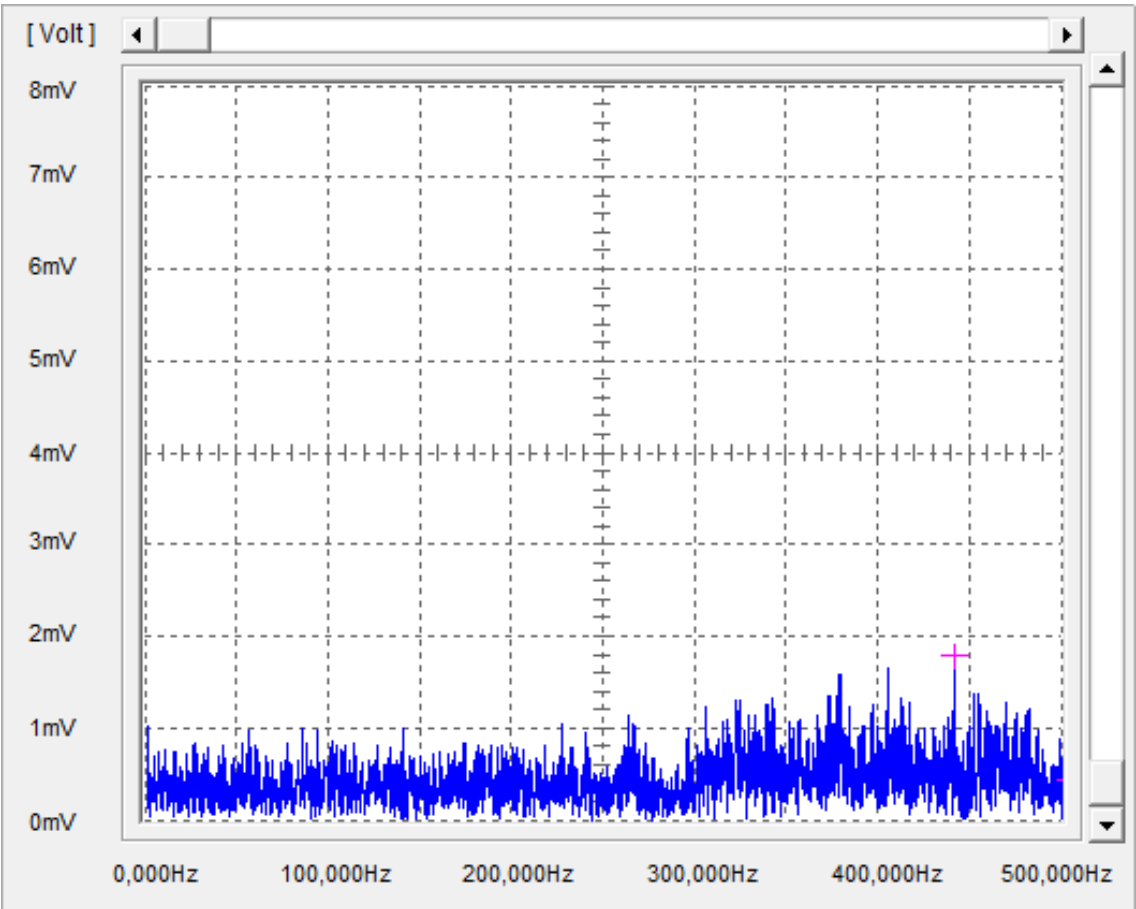


Gráfica C. 38 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



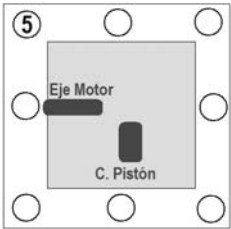
Prueba 1:



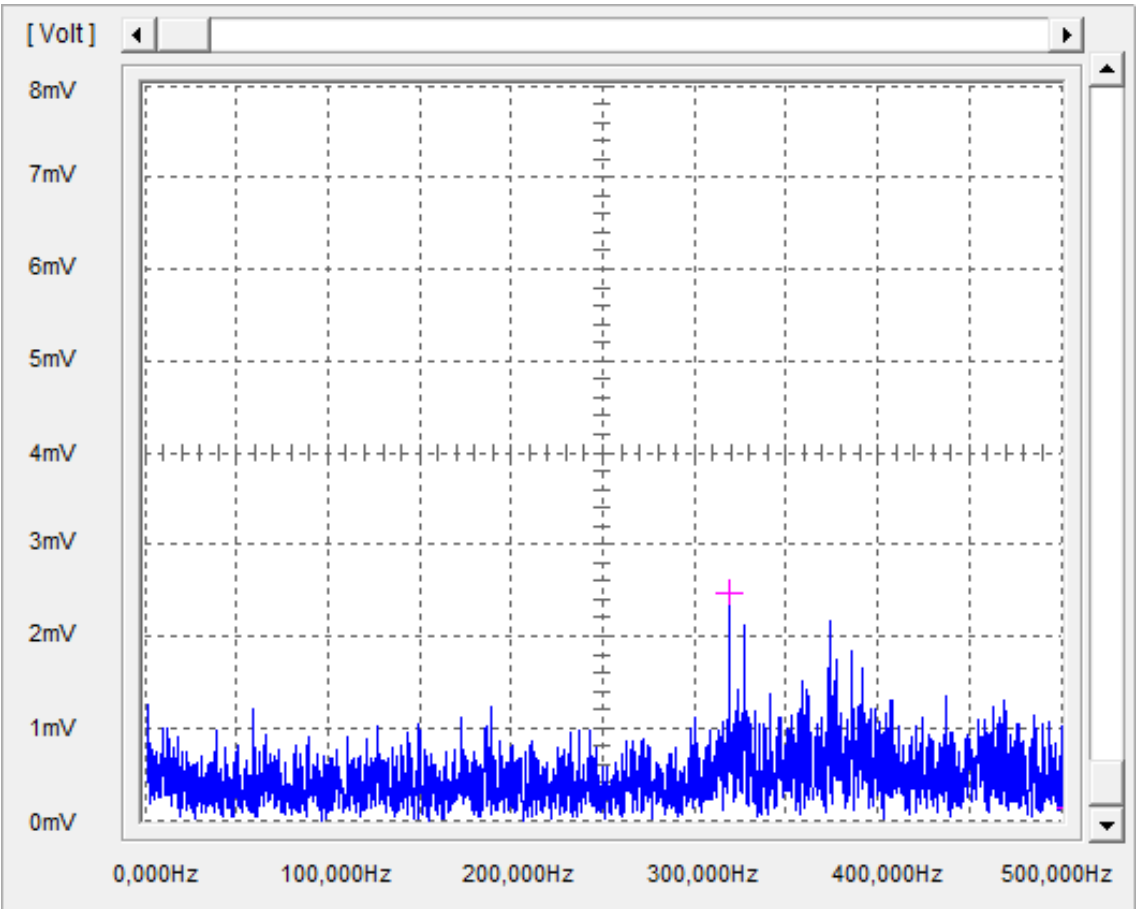
Harmonics Information					
1st	450,250 Hz	1,789 mV	2nd	511,750 Hz	1,227 mV
3rd	511,750 Hz	1,088 mV	4th	511,750 Hz	0,921 mV
5th	511,750 Hz	0,830 mV	6th	511,750 Hz	0,530 mV

Gráfica C. 39 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	324,750 Hz	2,480 mV	2nd	511,750 Hz	1,227 mV
3rd	511,750 Hz	1,088 mV	4th	511,750 Hz	0,921 mV
5th	511,750 Hz	0,830 mV	6th	511,750 Hz	0,530 mV

Gráfica C. 40 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

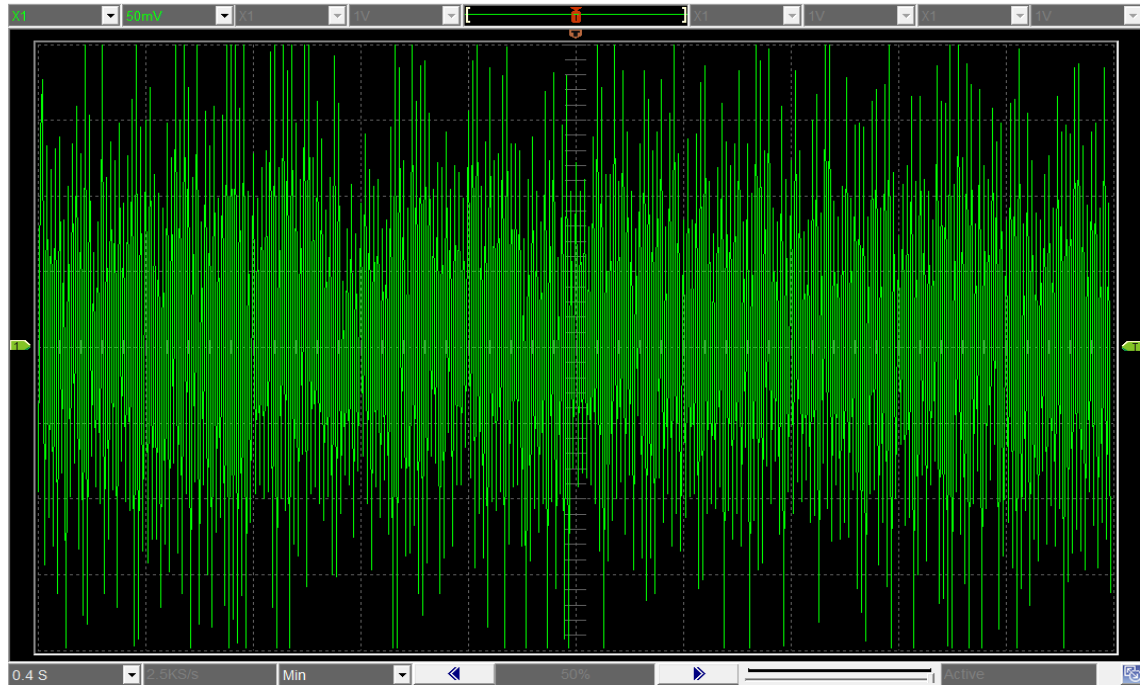
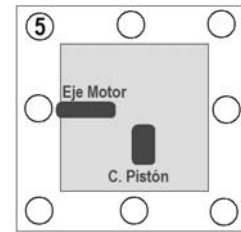
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

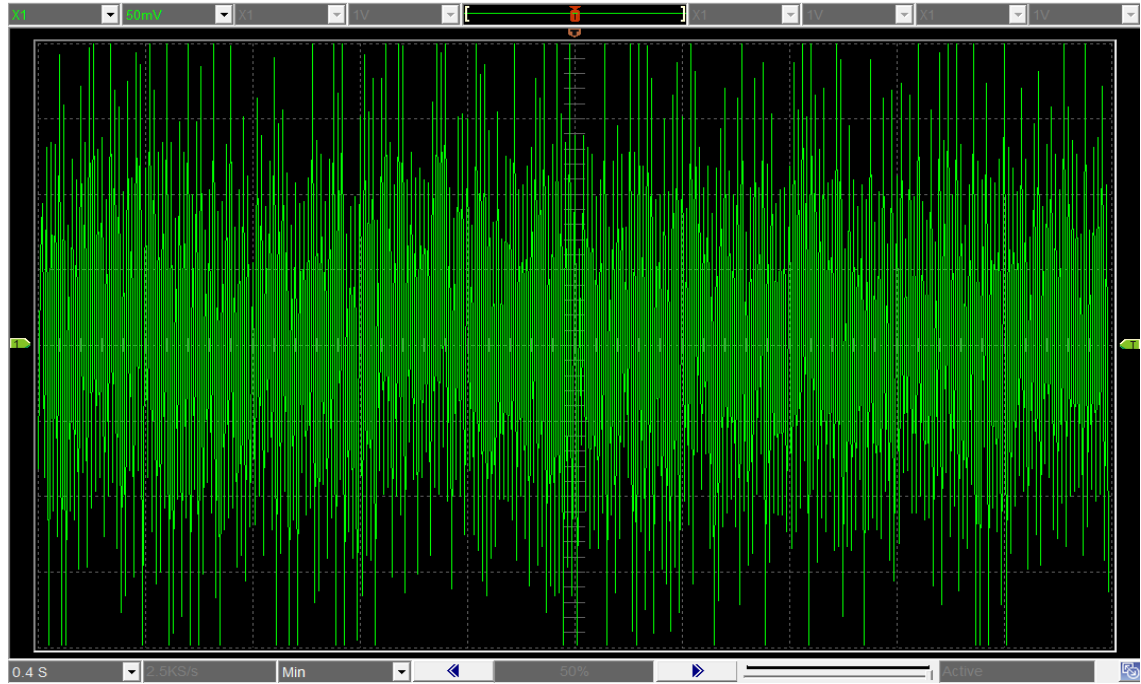
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



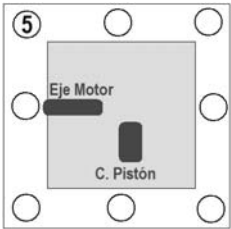
Gráfica C. 41 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

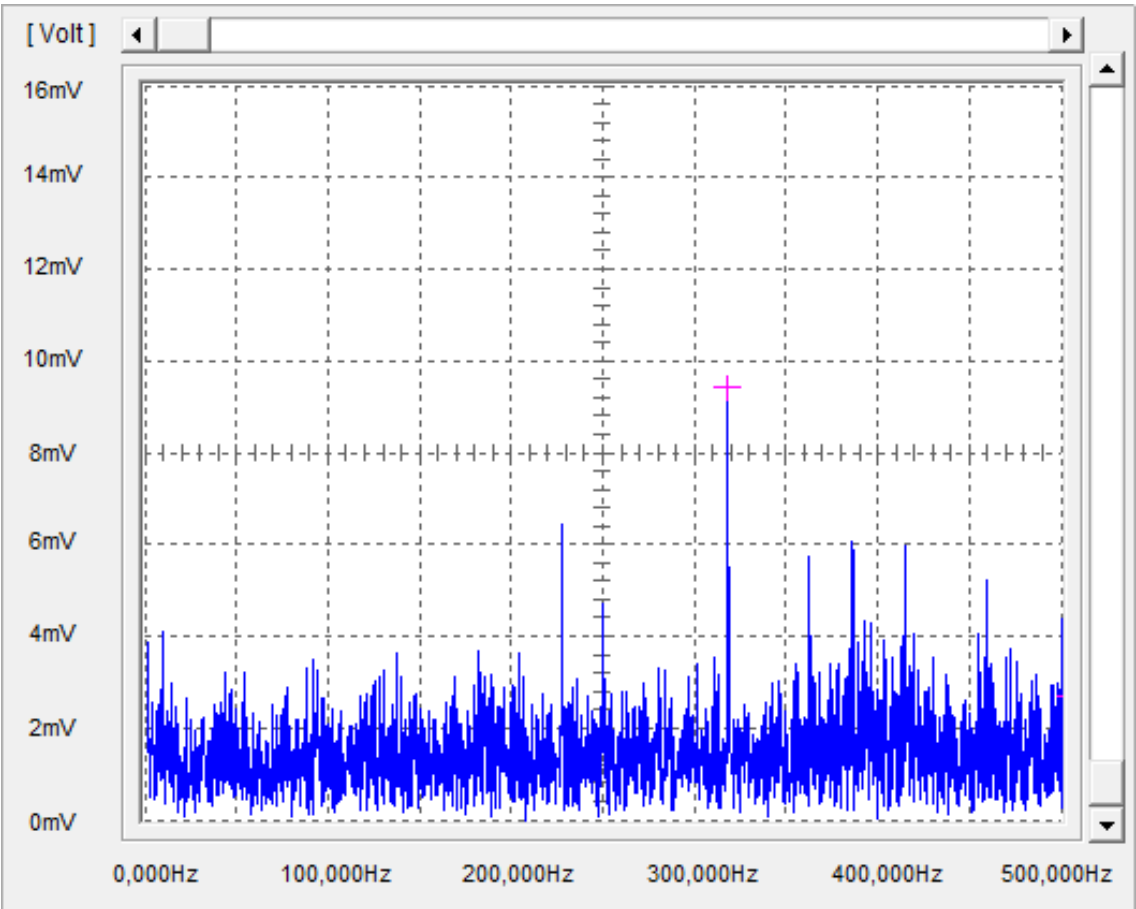


Gráfica C. 42 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



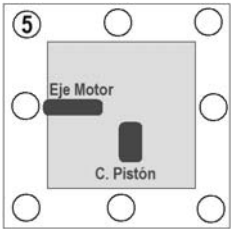
Prueba 1:



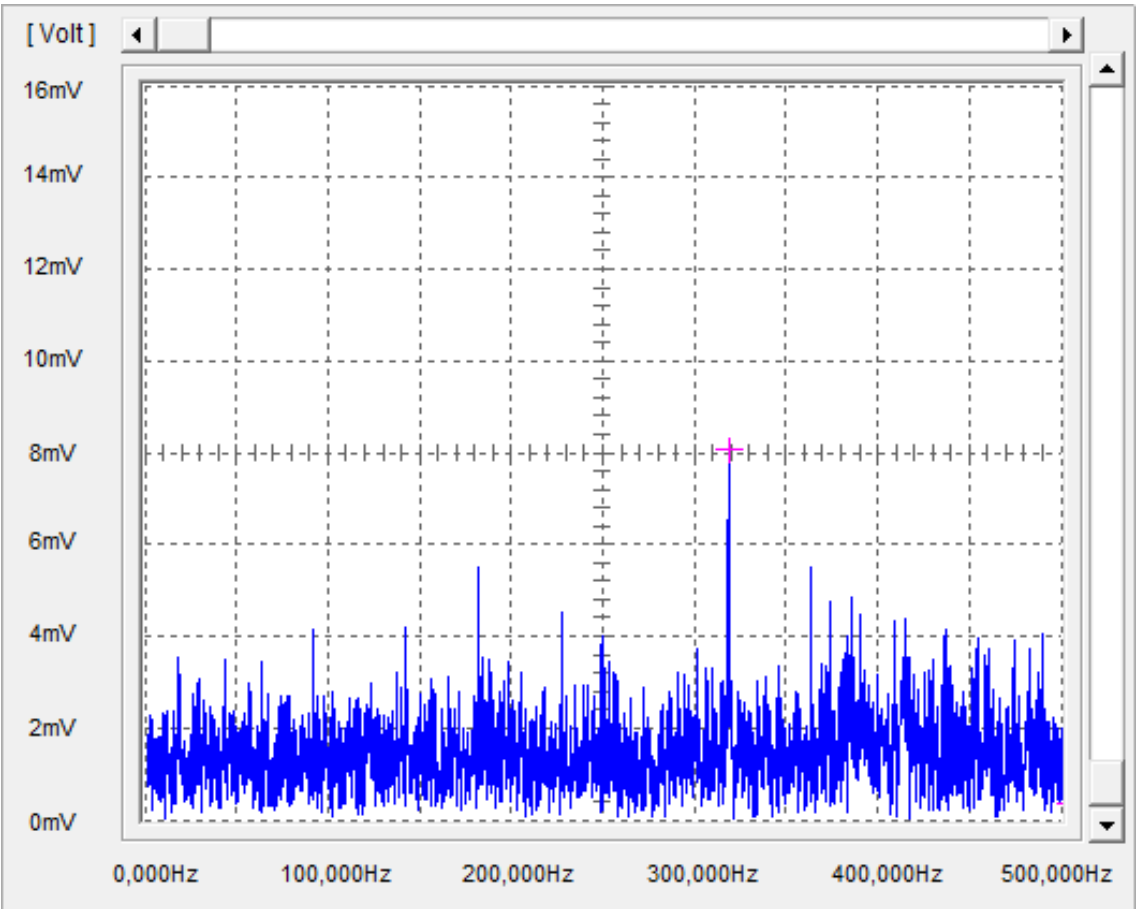
Harmonics Information					
1st	324,250 Hz	9,407 mV	2nd	511,750 Hz	3,355 mV
3rd	511,750 Hz	2,296 mV	4th	511,750 Hz	5,329 mV
5th	511,750 Hz	3,347 mV	6th	511,750 Hz	5,835 mV

Gráfica C. 43 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	324,500 Hz	8,062 mV	2nd	511,750 Hz	3,355 mV
3rd	511,750 Hz	2,296 mV	4th	511,750 Hz	5,329 mV
5th	511,750 Hz	3,347 mV	6th	511,750 Hz	5,835 mV

Gráfica C. 44 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

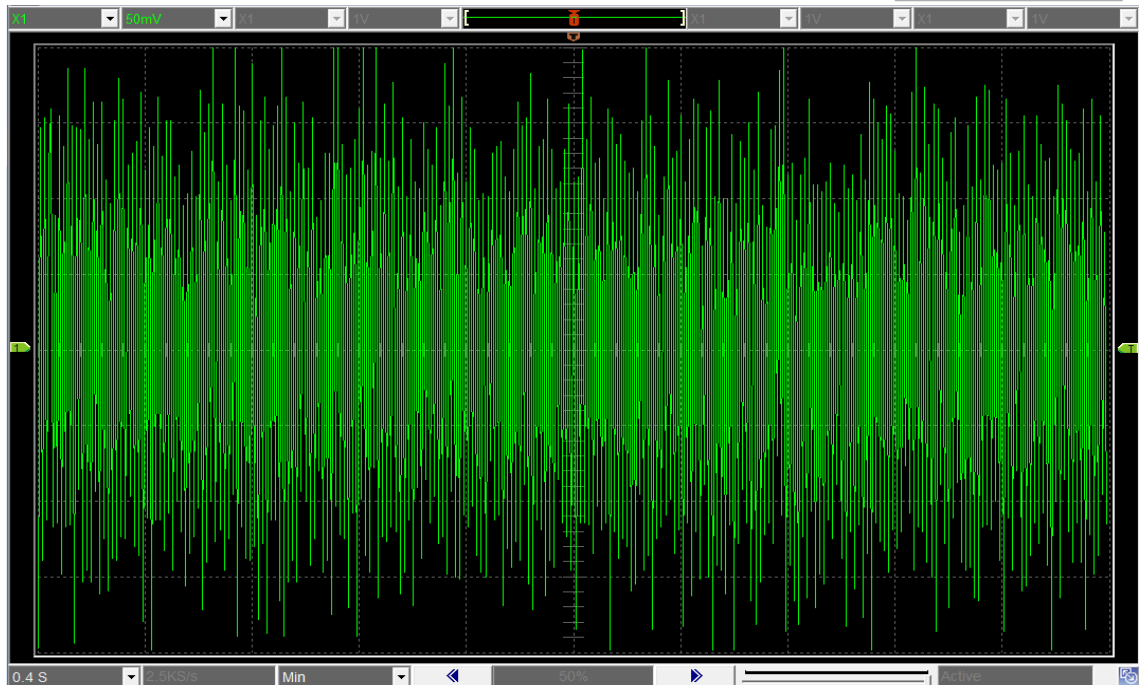
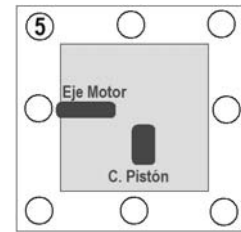
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

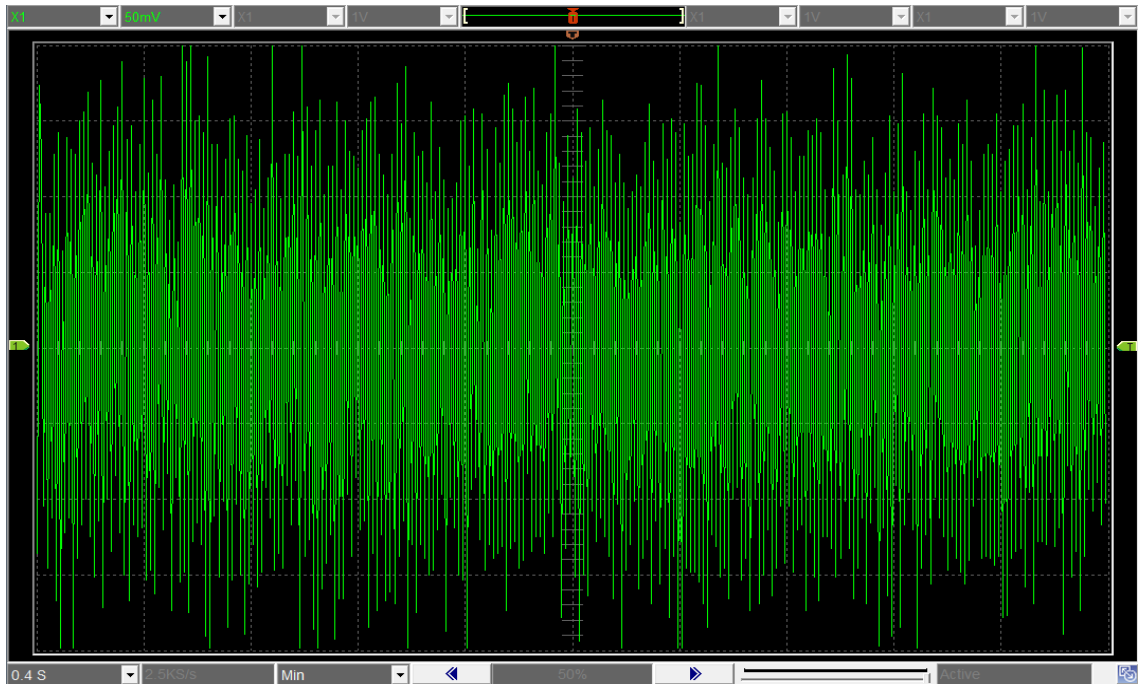
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



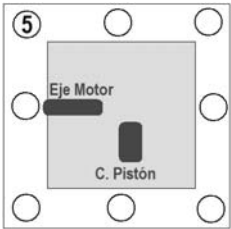
Gráfica C. 45 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

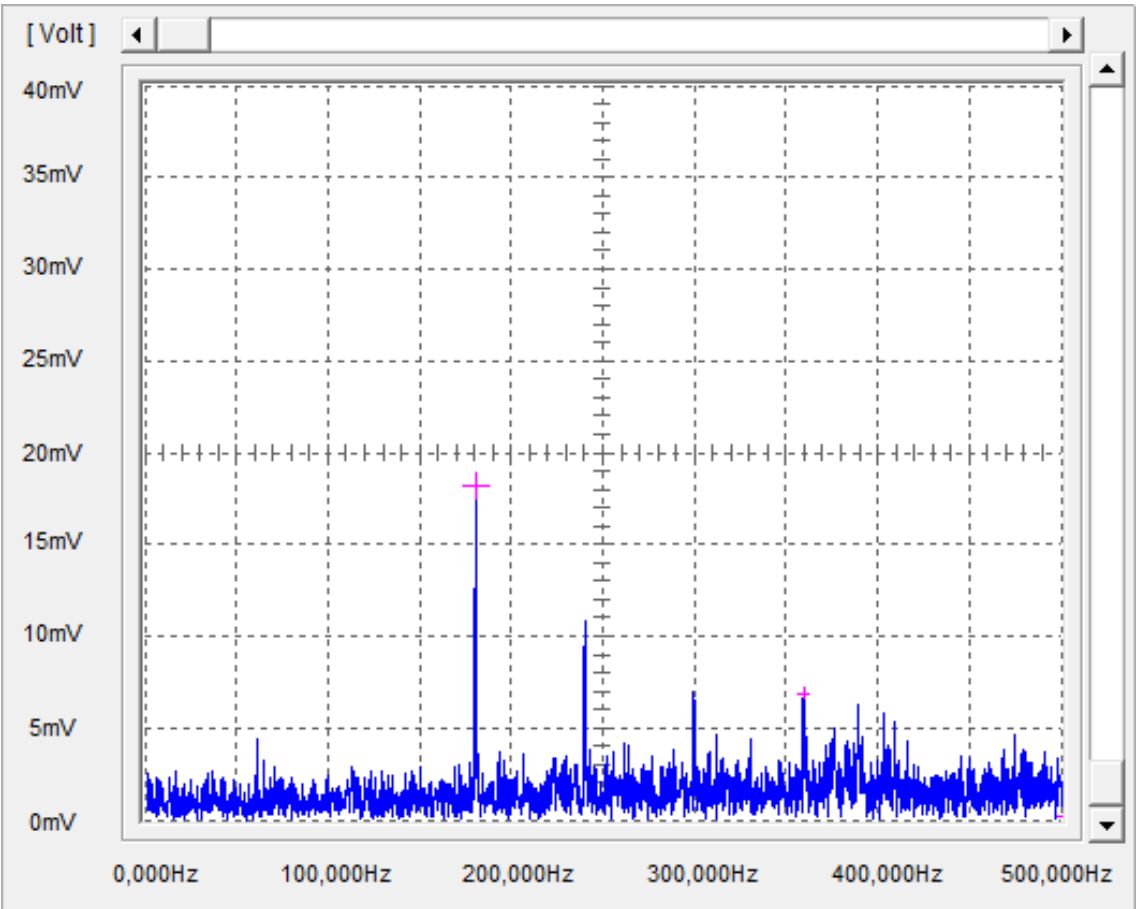


Gráfica C. 46 Amplitud de aceleraciones Punto 5, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	183,250 Hz	18,219 mV	2nd	366,750 Hz	6,942 mV
3rd	511,750 Hz	0,858 mV	4th	511,750 Hz	1,541 mV
5th	511,750 Hz	1,181 mV	6th	511,750 Hz	1,350 mV

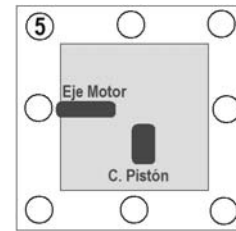
Gráfica C. 47 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

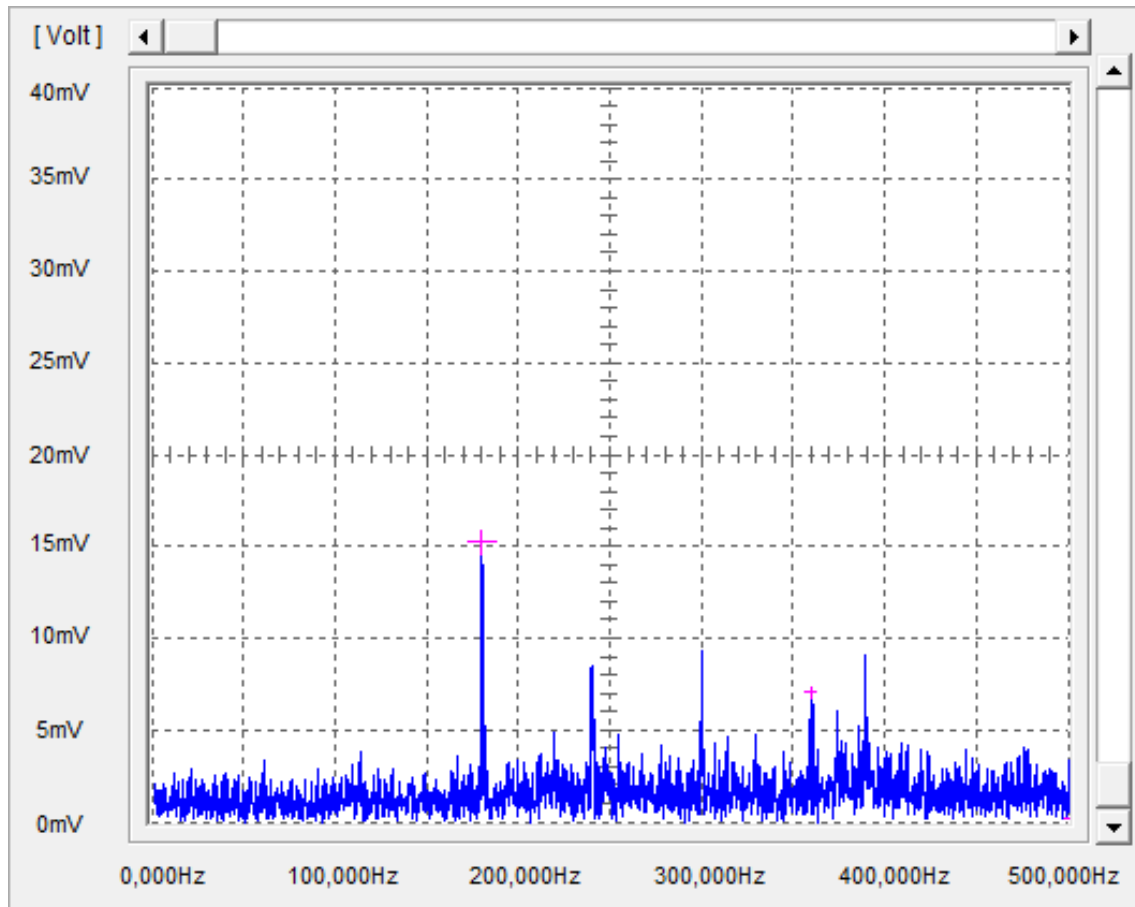
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	183,000 Hz	15,231 mV	2nd	366,250 Hz	7,072 mV
3rd	511,750 Hz	0,858 mV	4th	511,750 Hz	1,541 mV
5th	511,750 Hz	1,181 mV	6th	511,750 Hz	1,350 mV

Gráfica C. 48 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

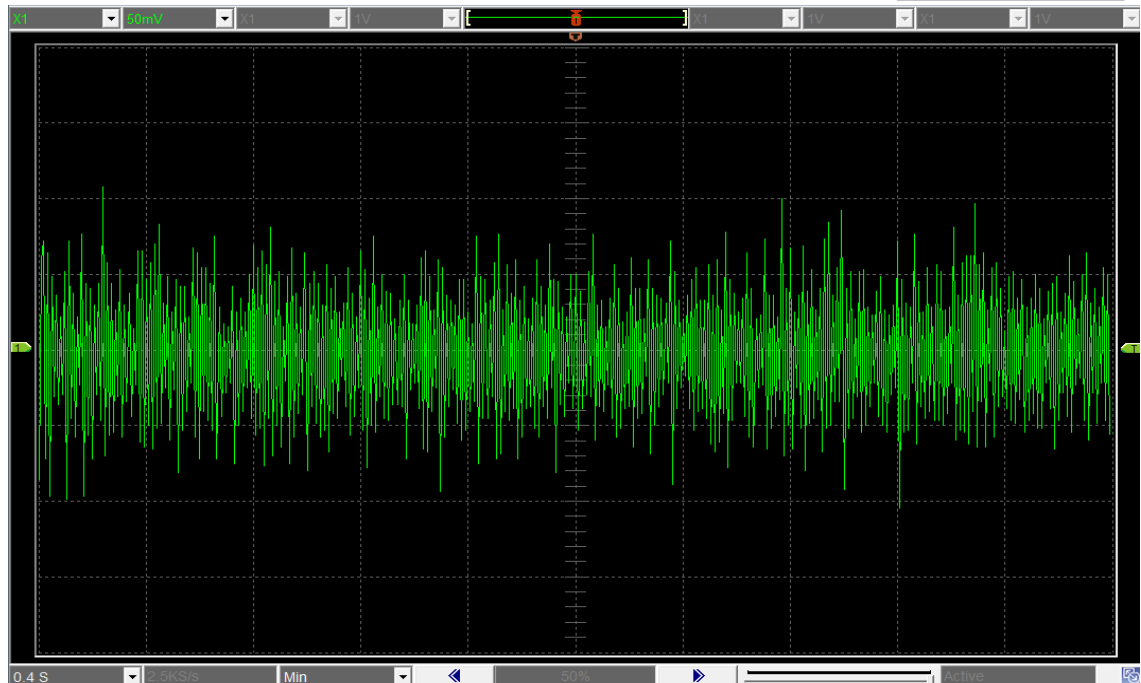
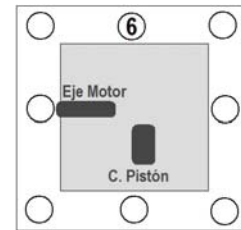
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

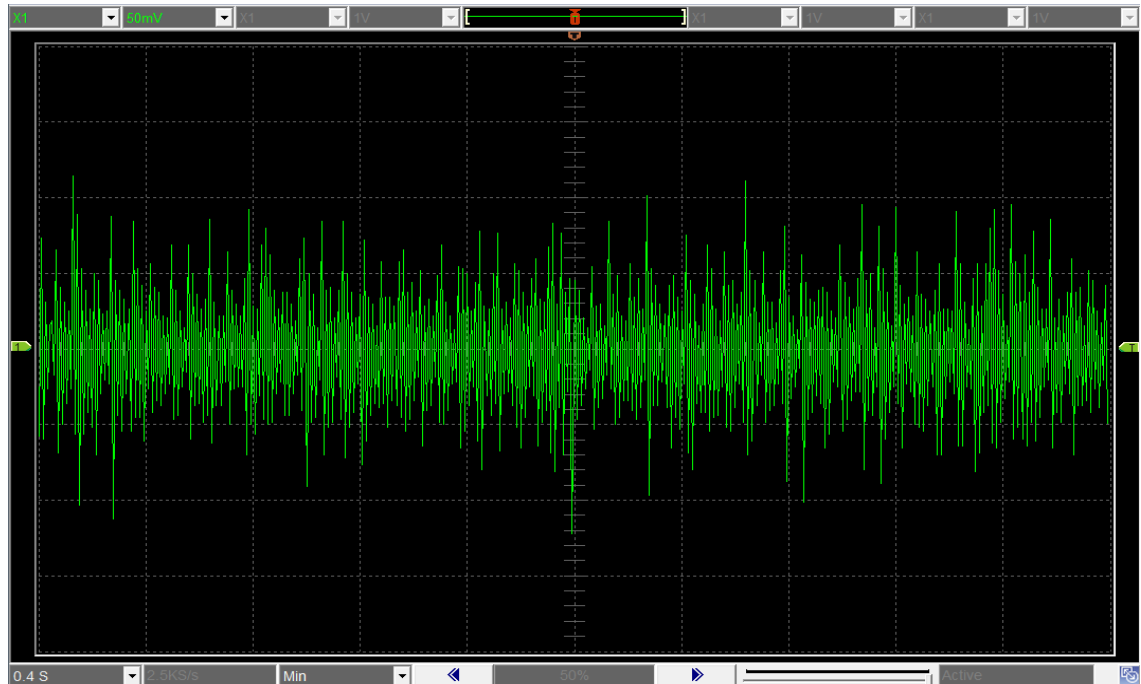
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



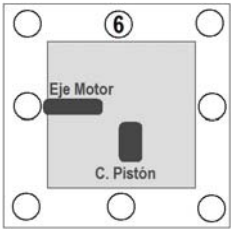
Gráfica C. 49 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

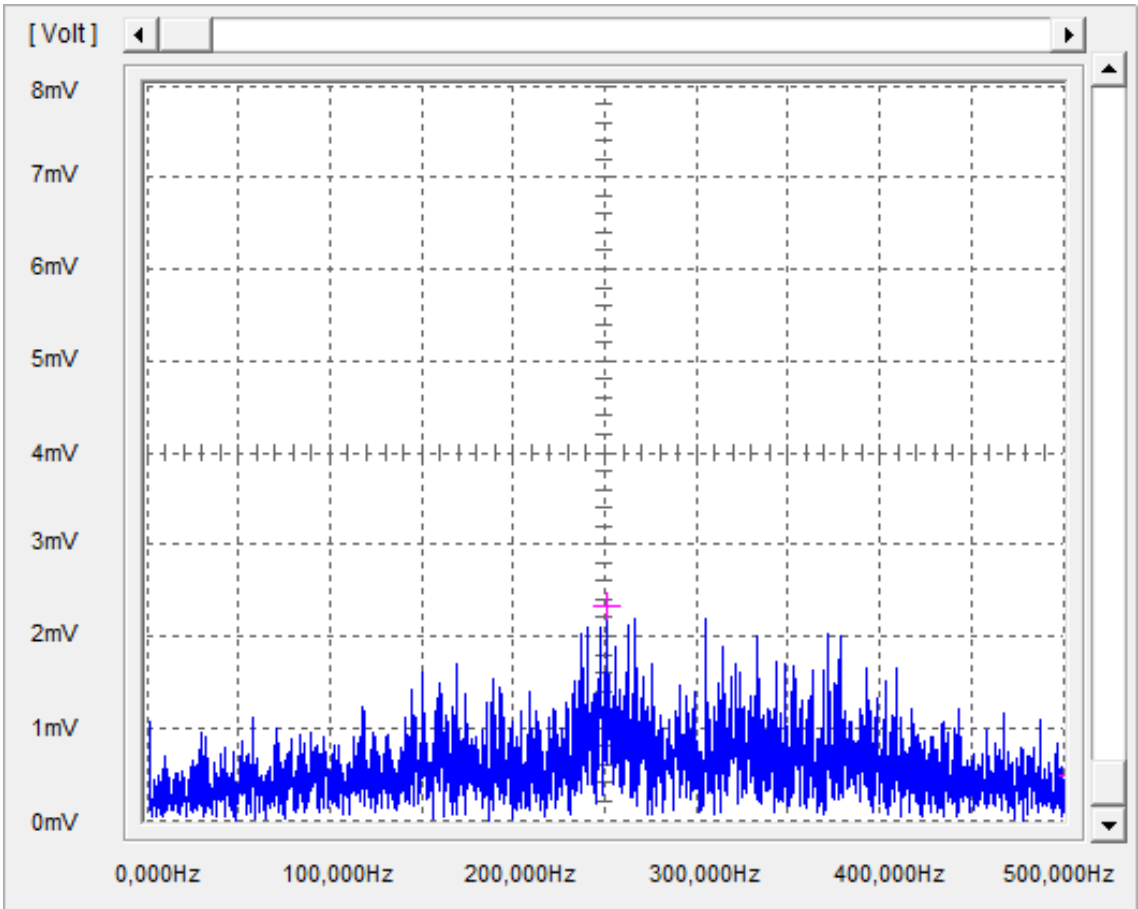


Gráfica C. 50 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



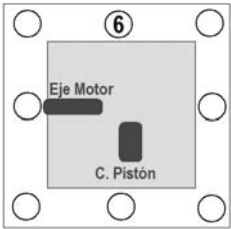
Prueba 1:



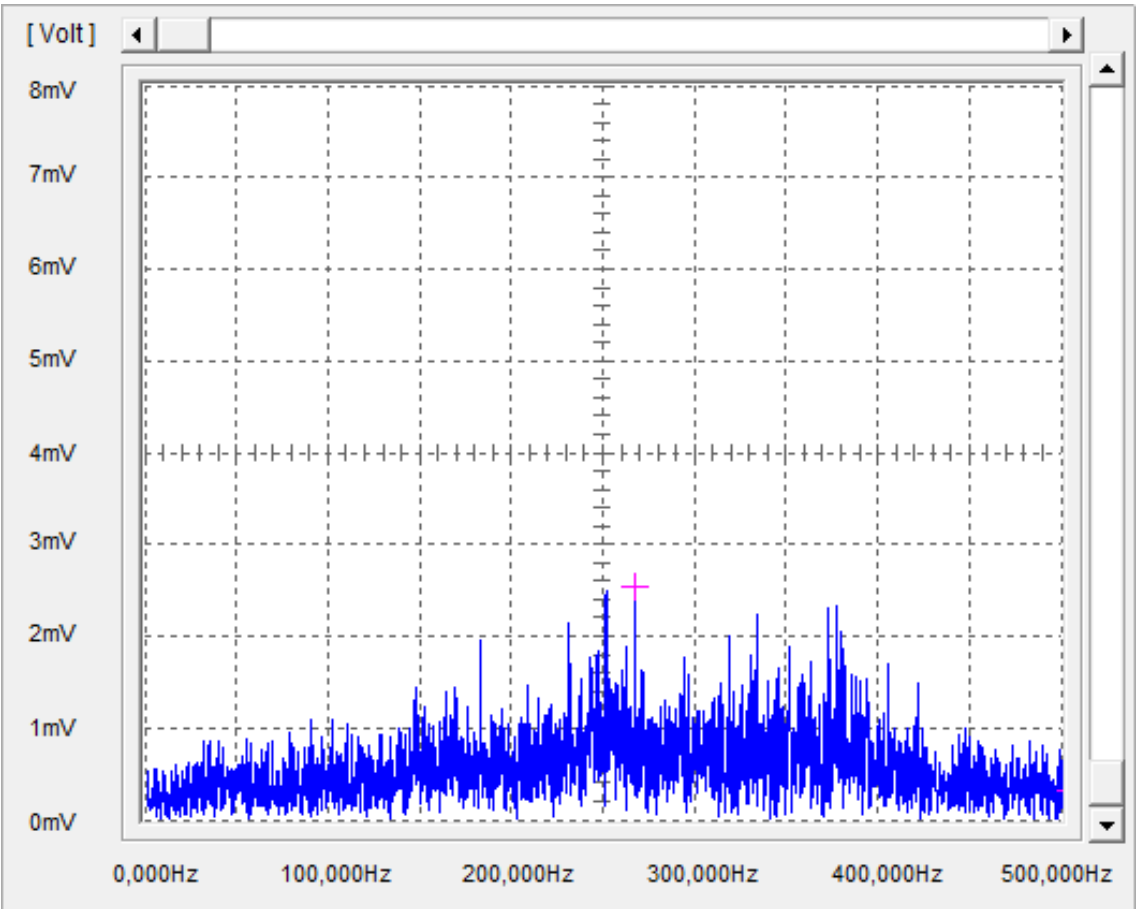
Harmonics Information					
1st	256,000 Hz	2,332 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	2,070 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	1,955 mV	6th	---	---

Gráfica C. 51 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	272,250 Hz	2,546 mV	2nd	---	---
3rd	511,750 Hz	2,070 mV	4th	---	---
5th	511,750 Hz	1,955 mV	6th	---	---

Gráfica C. 52 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

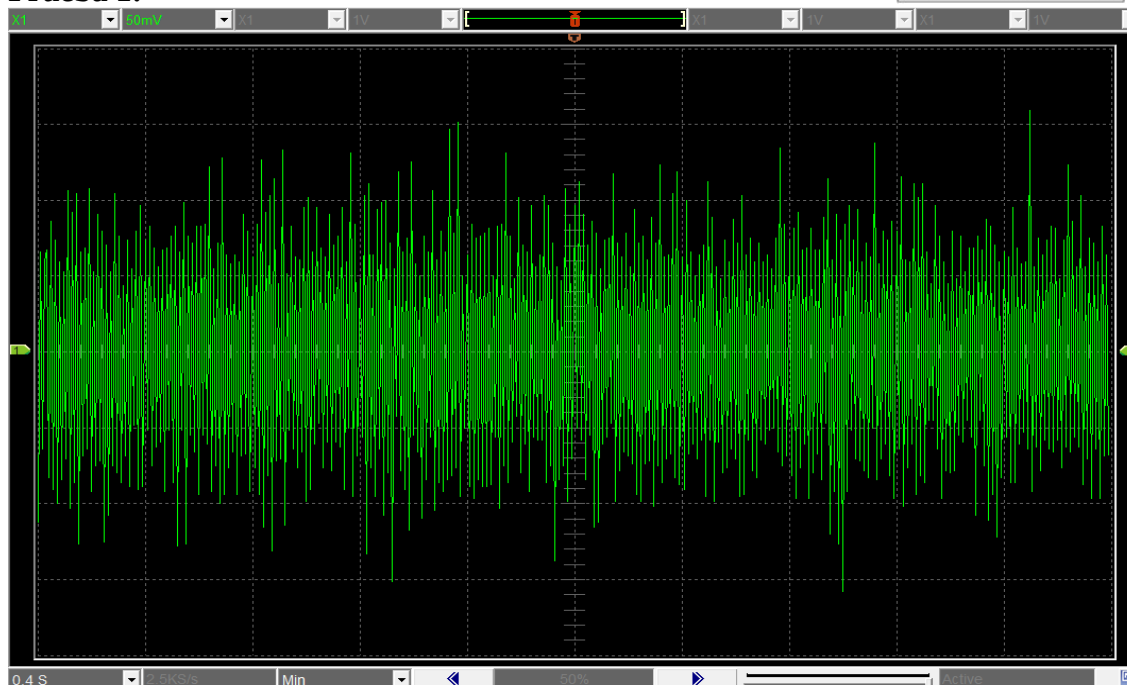
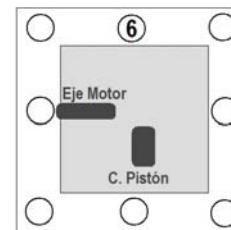
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

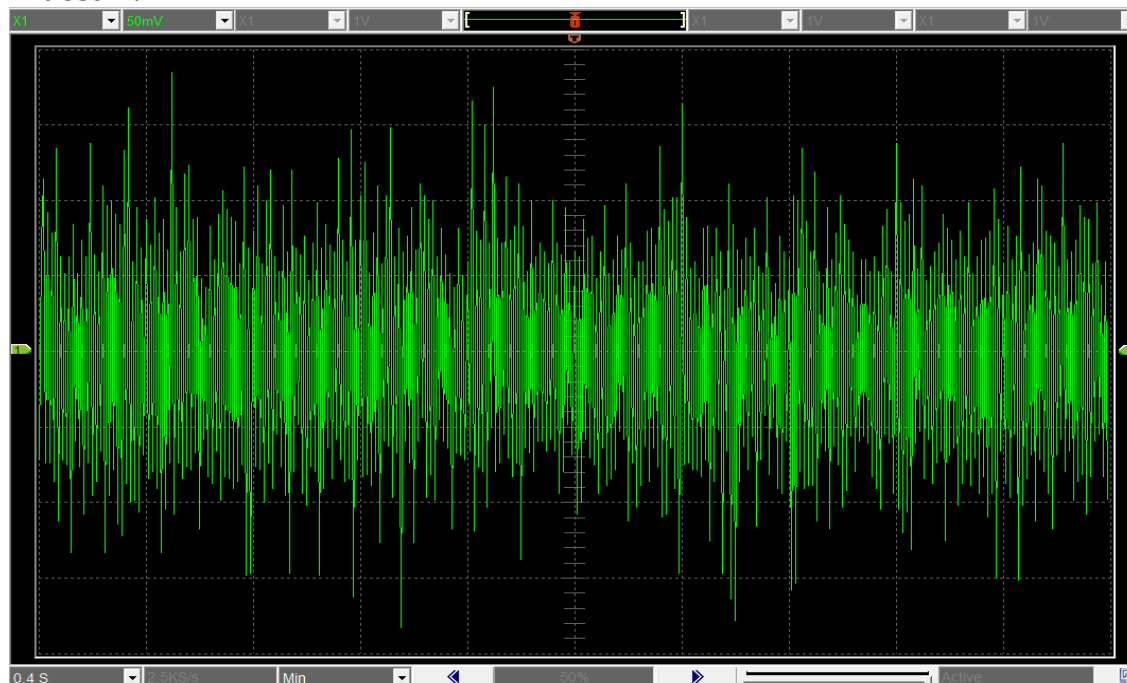
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



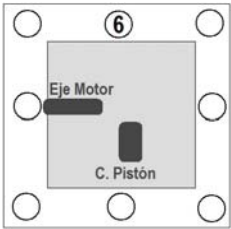
Gráfica C. 53 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

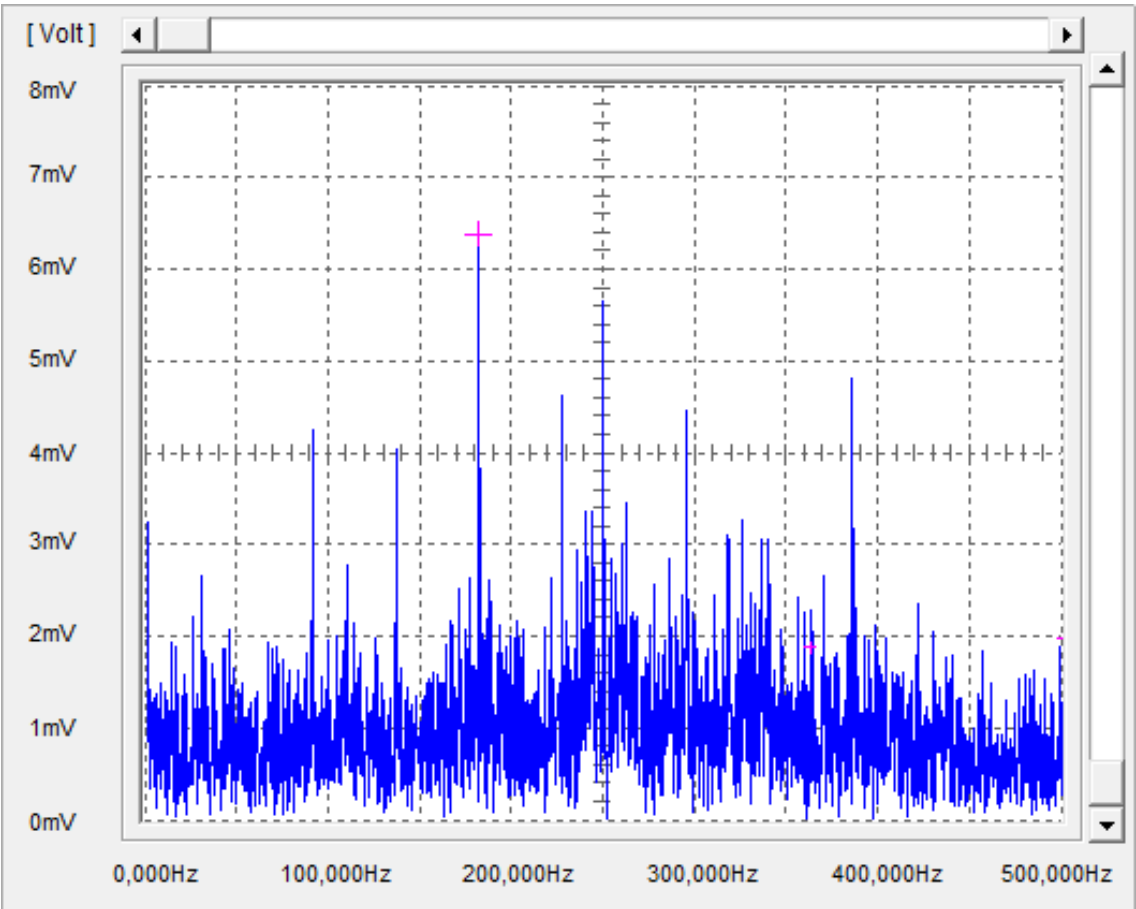


Gráfica C. 54 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



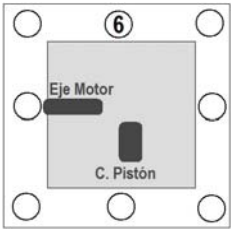
Prueba 1:



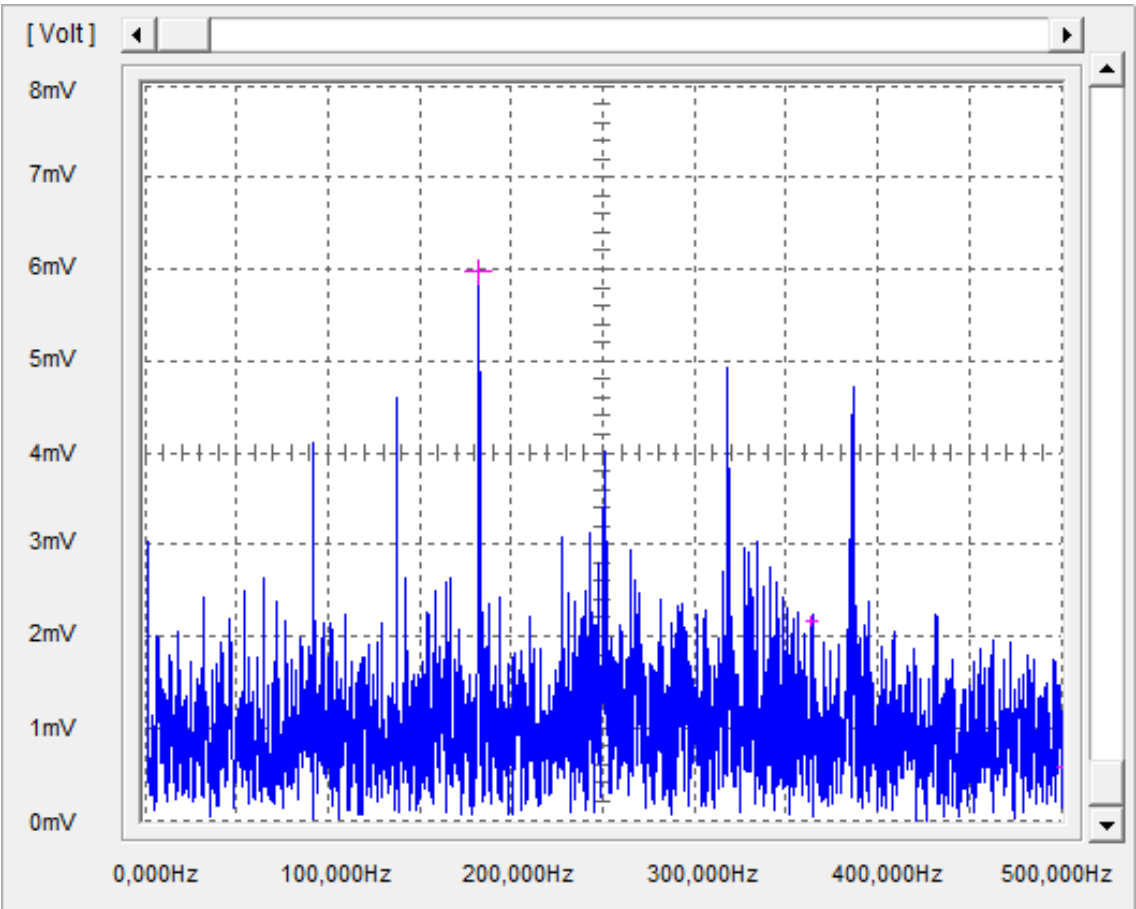
Harmonics Information					
1st	185,000 Hz	6,376 mV	2nd	370,000 Hz	1,882 mV
3rd	511,750 Hz	1,568 mV	4th	511,750 Hz	1,547 mV
5th	511,750 Hz	3,585 mV	6th	511,750 Hz	1,565 mV

Gráfica C. 55 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	185,250 Hz	5,964 mV	2nd	370,500 Hz	2,173 mV
3rd	511,750 Hz	1,568 mV	4th	511,750 Hz	1,547 mV
5th	511,750 Hz	3,585 mV	6th	511,750 Hz	1,565 mV

Gráfica C. 56 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

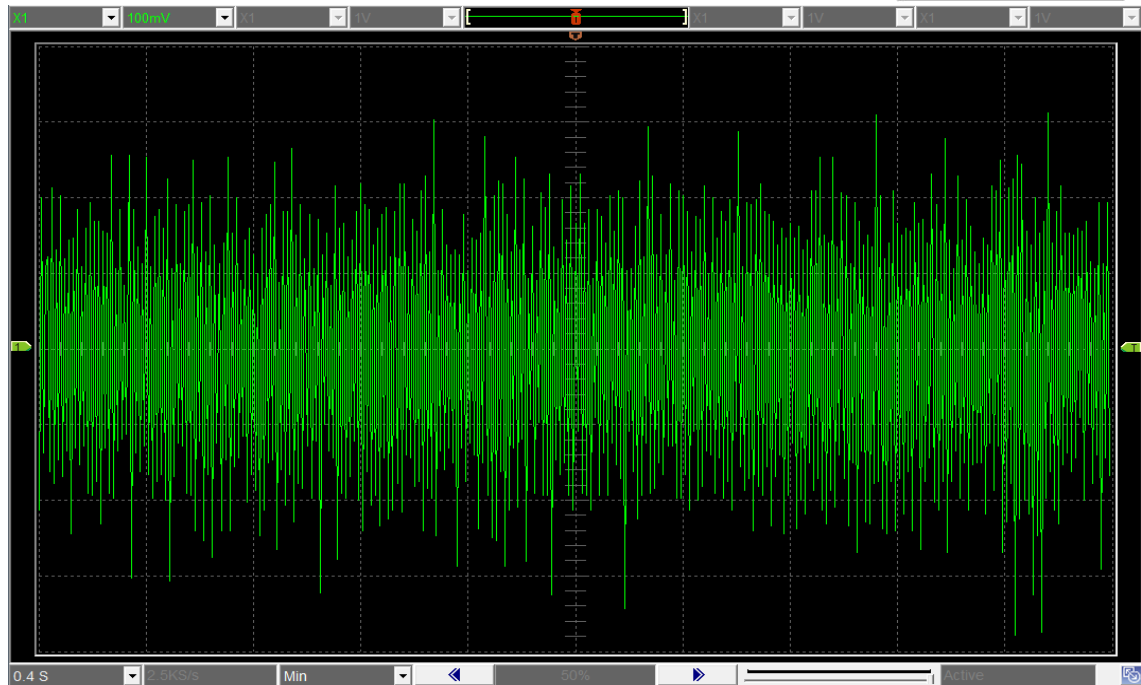
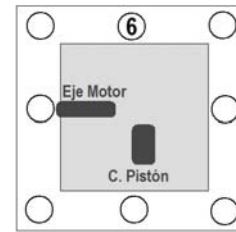
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

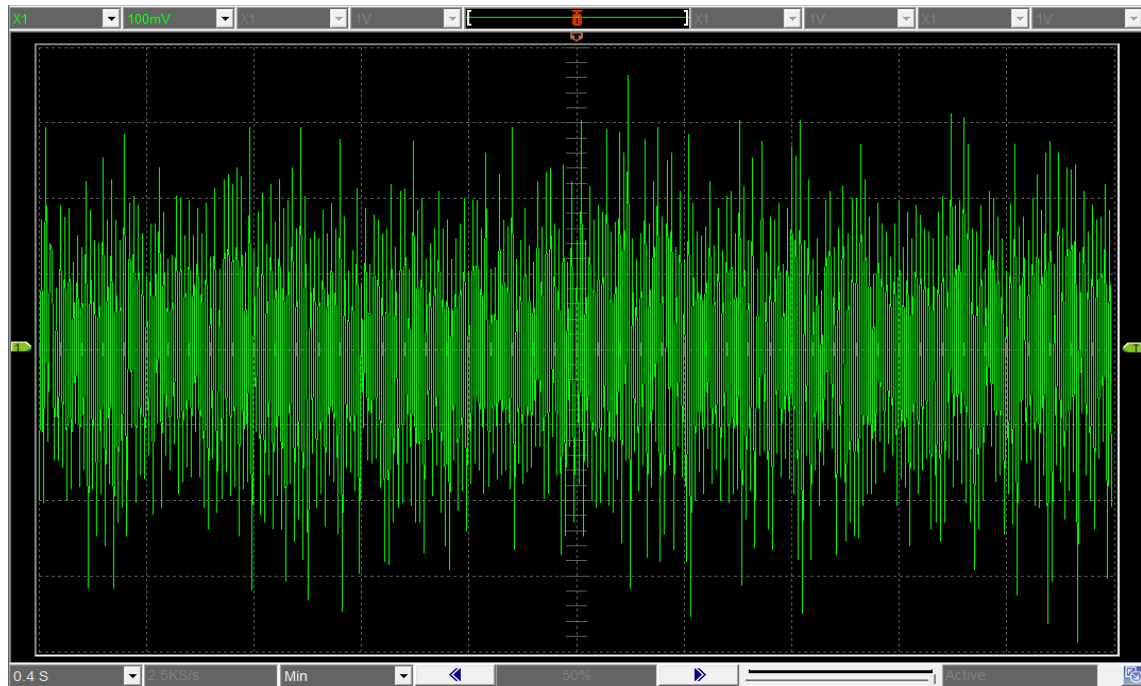
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



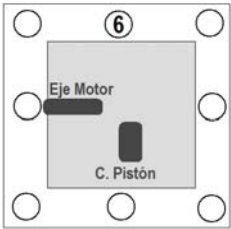
Gráfica C. 57 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

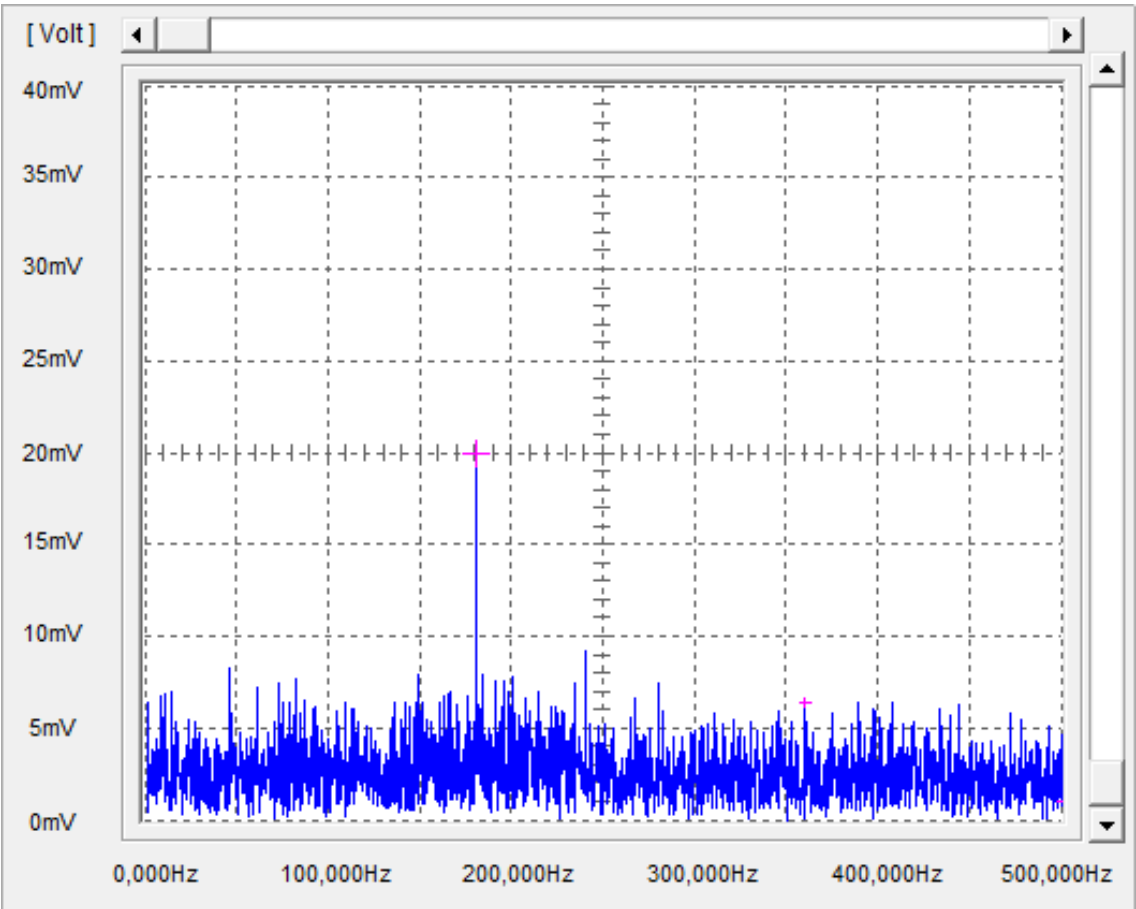


Gráfica C. 58 Amplitud de aceleraciones Punto 6, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	183,500 Hz	19,949 mV	2nd	367,000 Hz	6,445 mV
3rd	511,750 Hz	2,070 mV	4th	511,750 Hz	2,054 mV
5th	511,750 Hz	1,955 mV	6th	511,750 Hz	1,862 mV

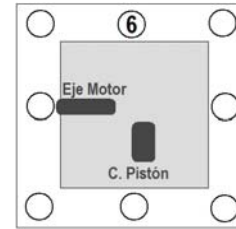
Gráfica C. 59 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

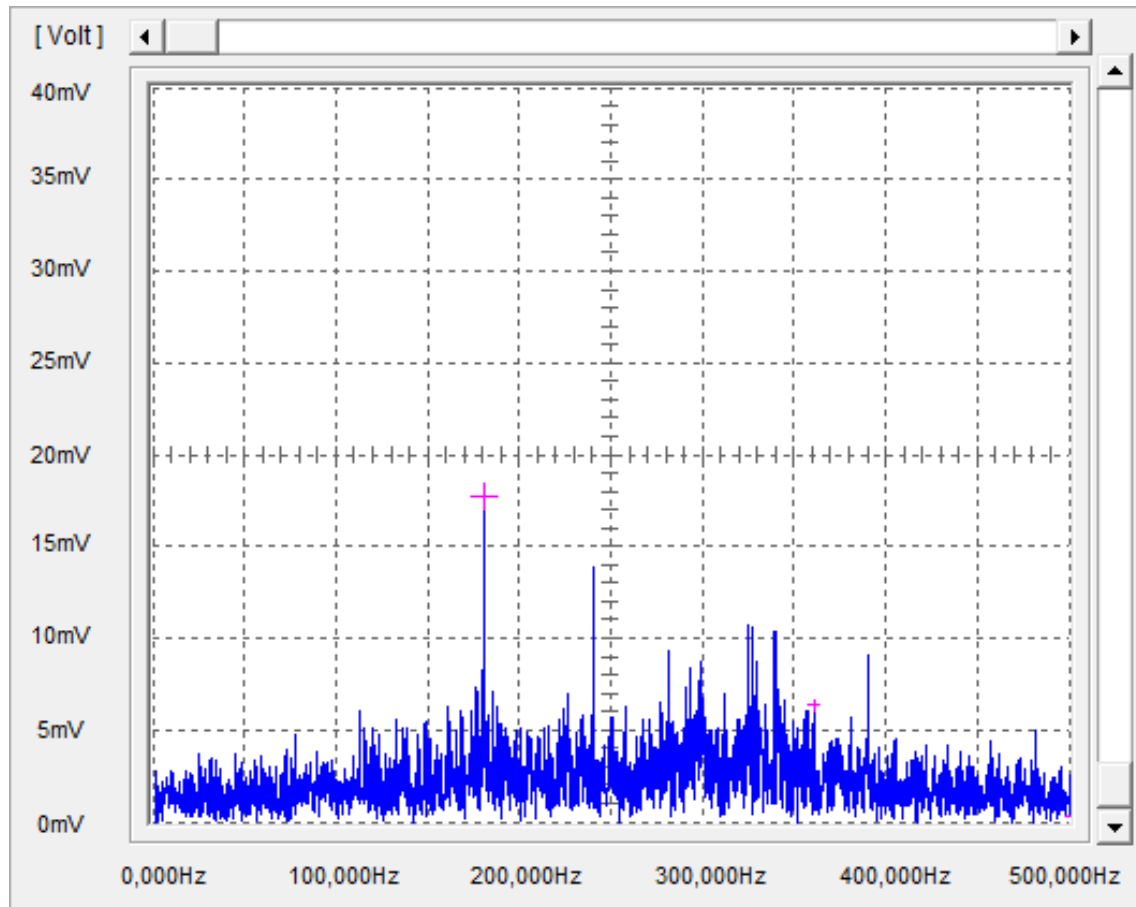
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	183,750 Hz	17,747 mV	2nd	367,500 Hz	6,385 mV
3rd	511,750 Hz	2,070 mV	4th	511,750 Hz	2,054 mV
5th	511,750 Hz	1,955 mV	6th	511,750 Hz	1,862 mV

Gráfica C. 60 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

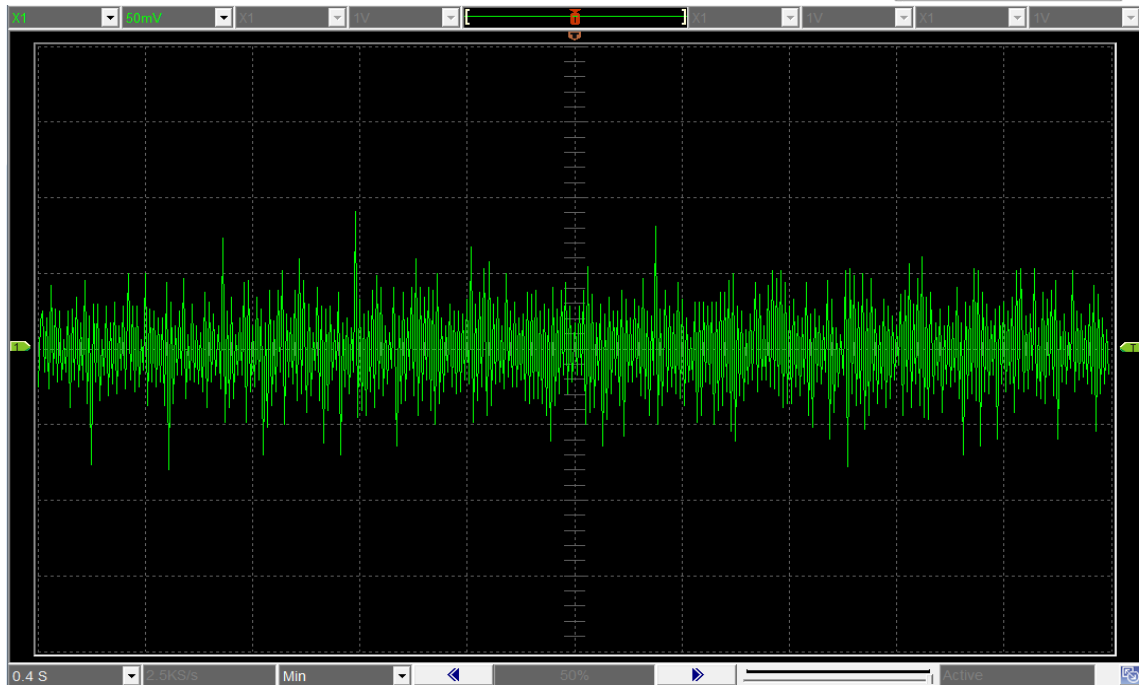
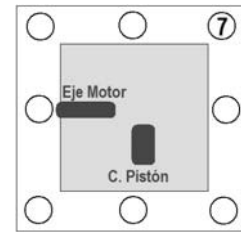
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

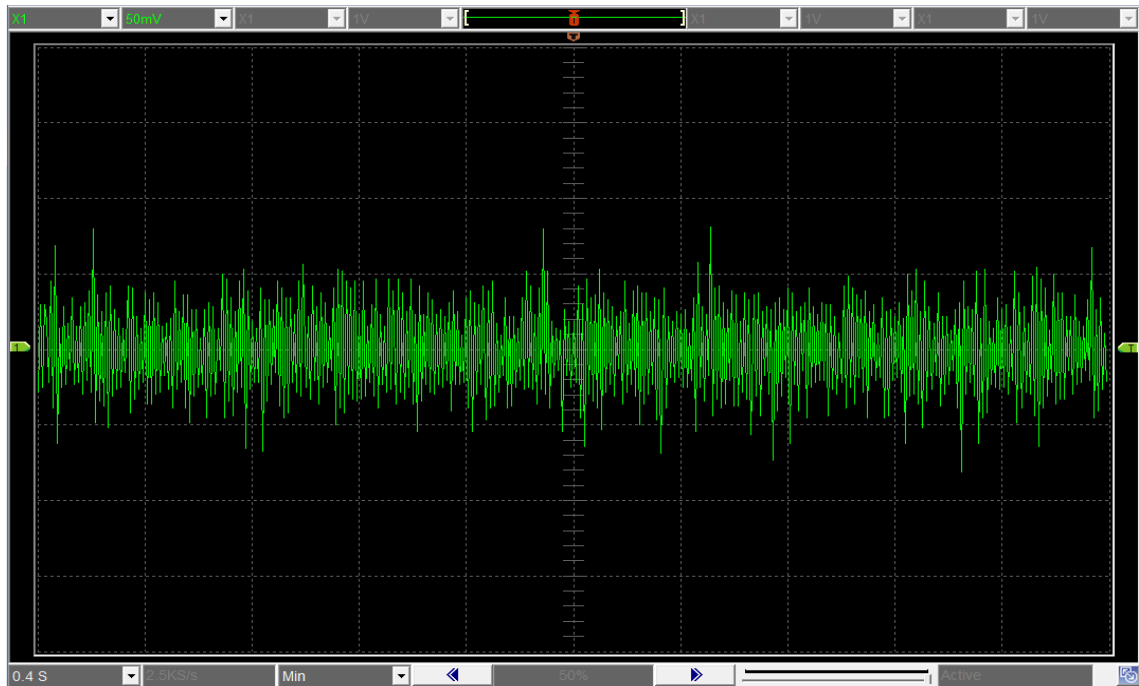
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



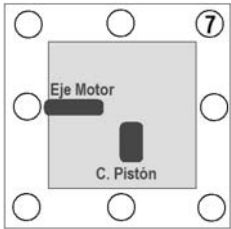
Gráfica C. 61 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

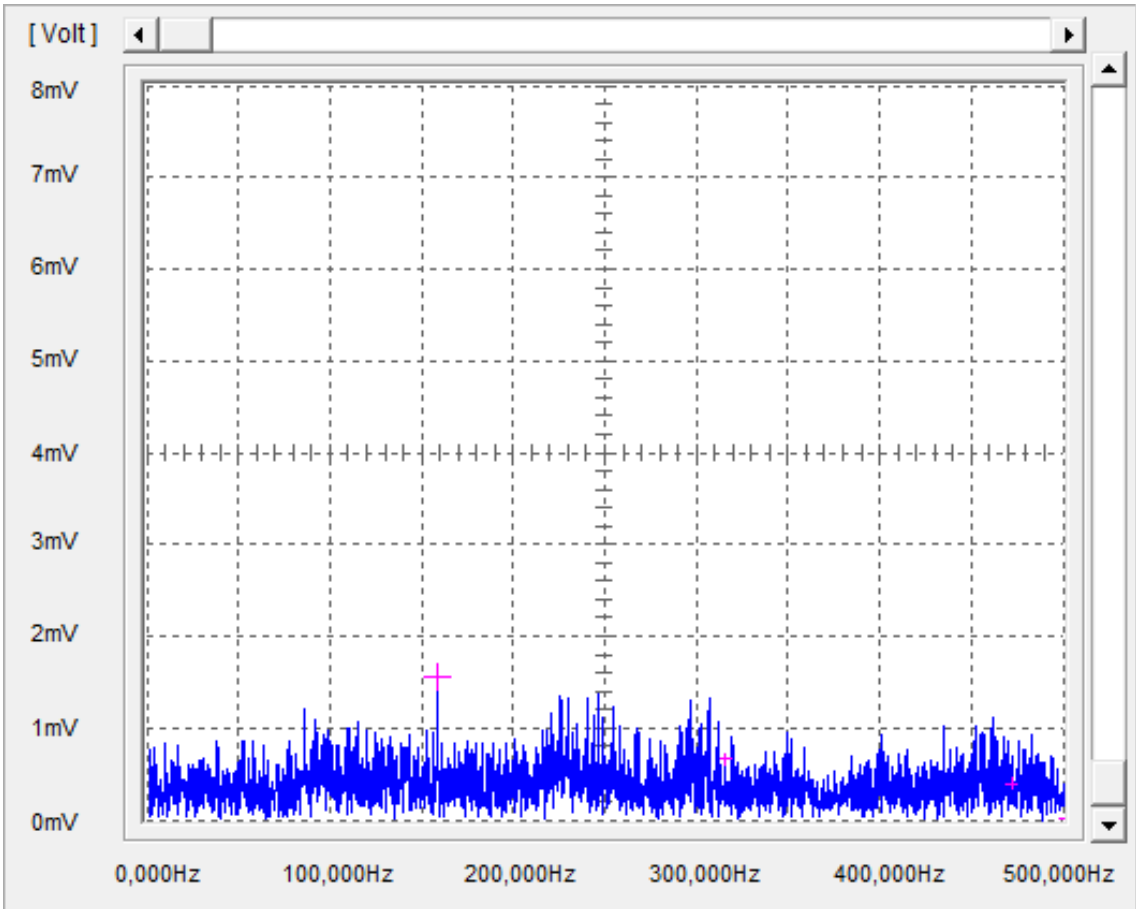


Gráfica C. 62 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



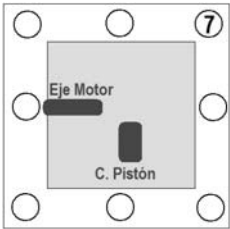
Prueba 1:



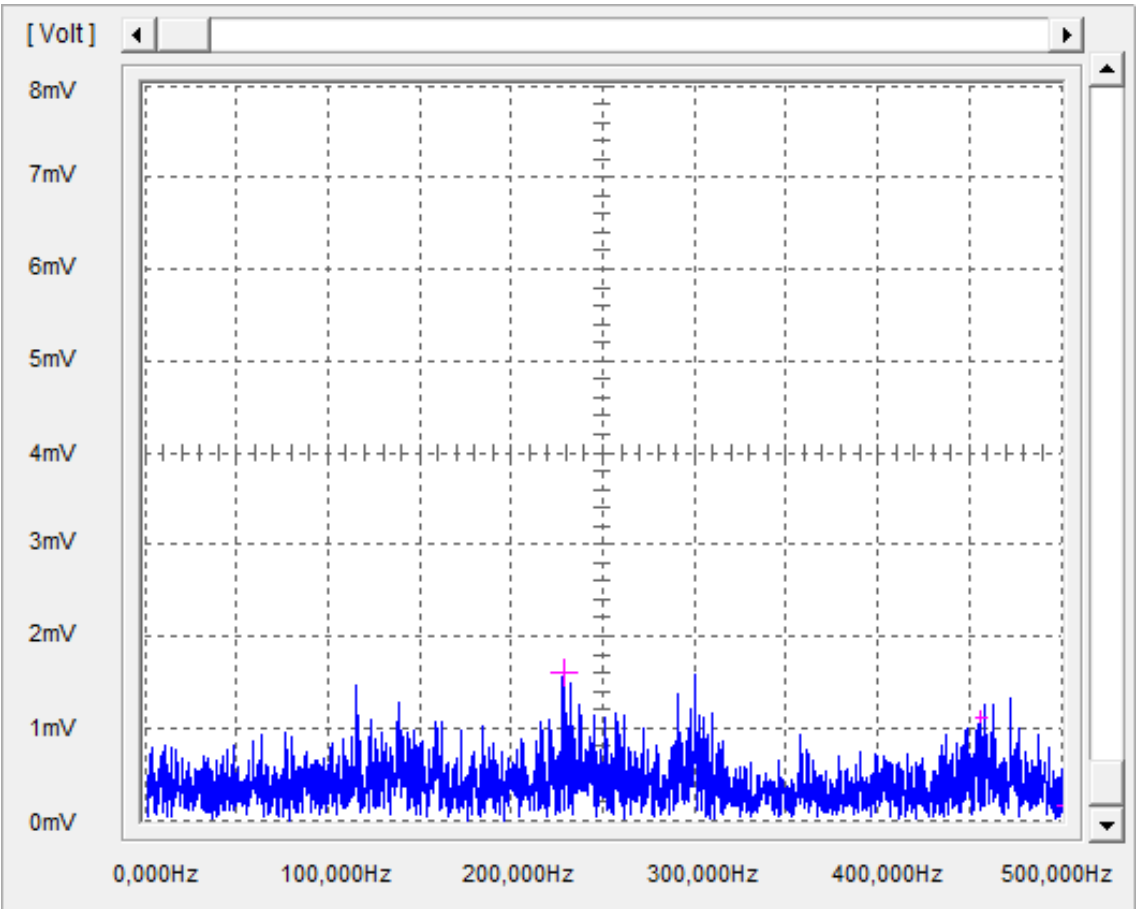
Harmonics Information					
1st	160,750 Hz	1,570 mV	2nd	321,500 Hz	0,672 mV
3rd	481,750 Hz	0,407 mV	4th	511,750 Hz	1,005 mV
5th	511,750 Hz	0,763 mV	6th	511,750 Hz	0,524 mV

Gráfica C. 63 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	232,750 Hz	1,614 mV	2nd	465,500 Hz	1,131 mV
3rd	511,750 Hz	0,630 mV	4th	511,750 Hz	1,005 mV
5th	511,750 Hz	0,763 mV	6th	511,750 Hz	0,524 mV

Gráfica C. 64 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

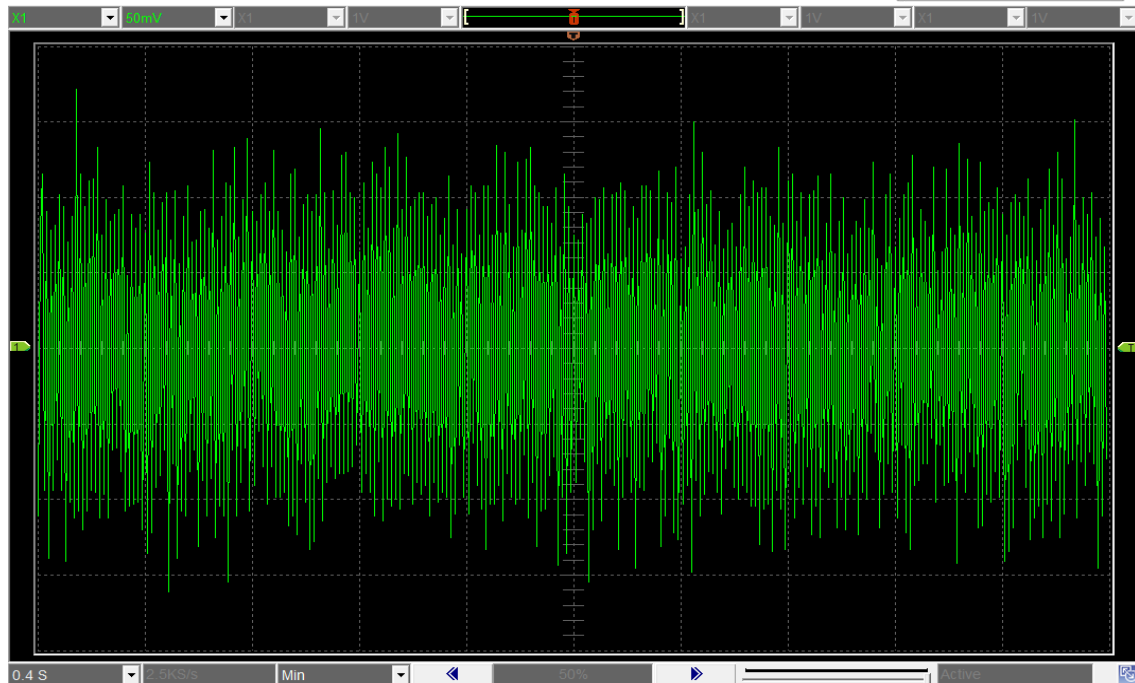
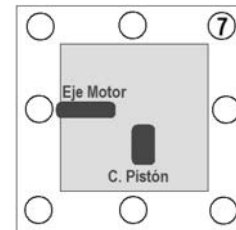
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

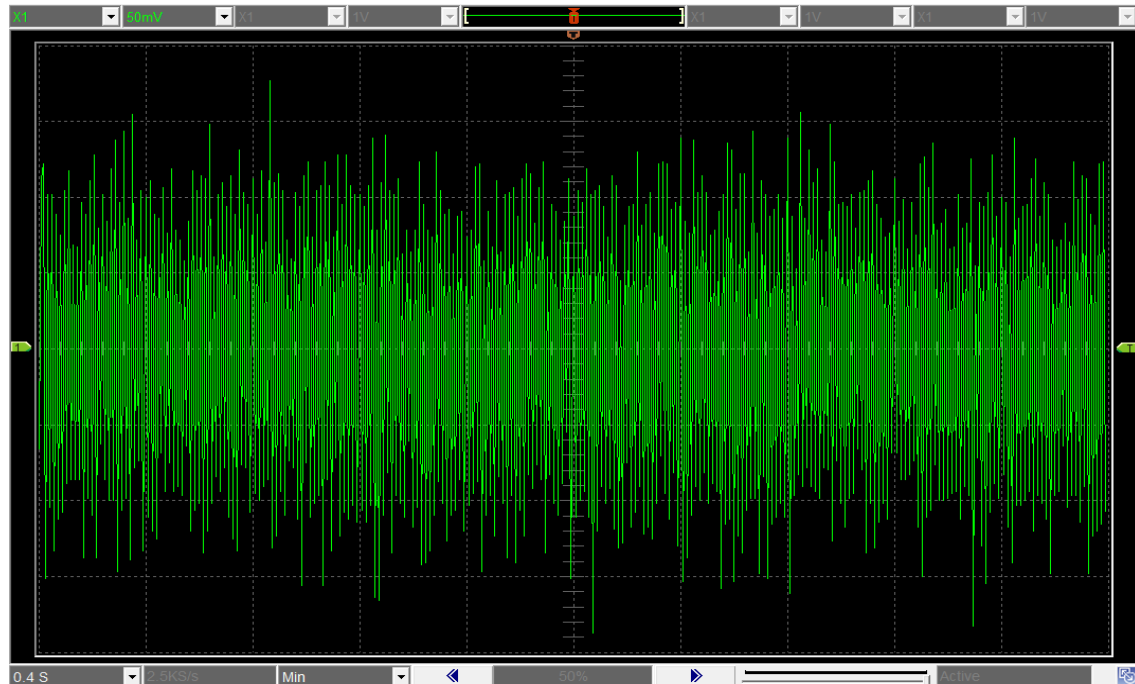
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica C. 65 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



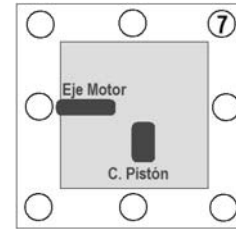
Gráfica C. 66 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

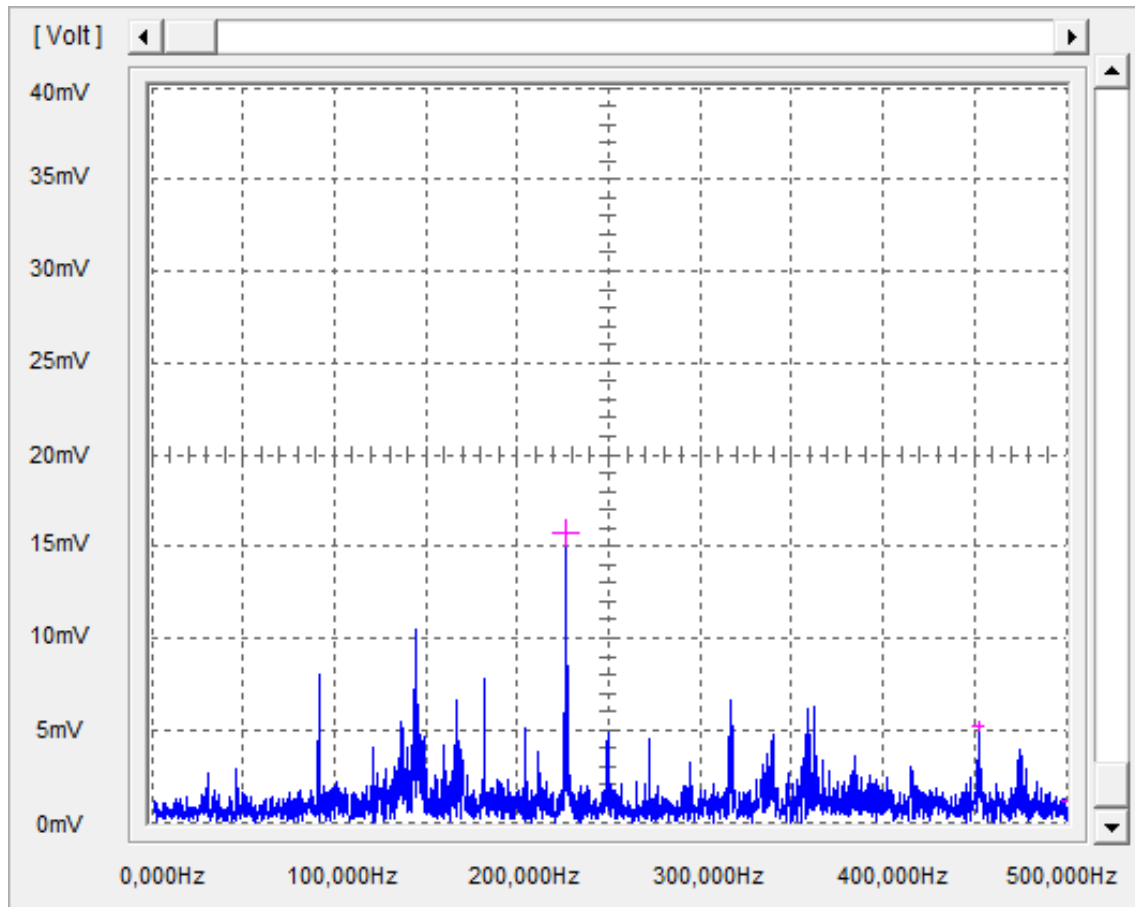
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



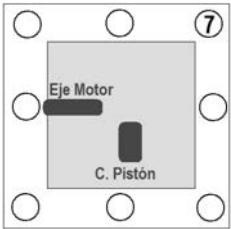
Prueba 1:



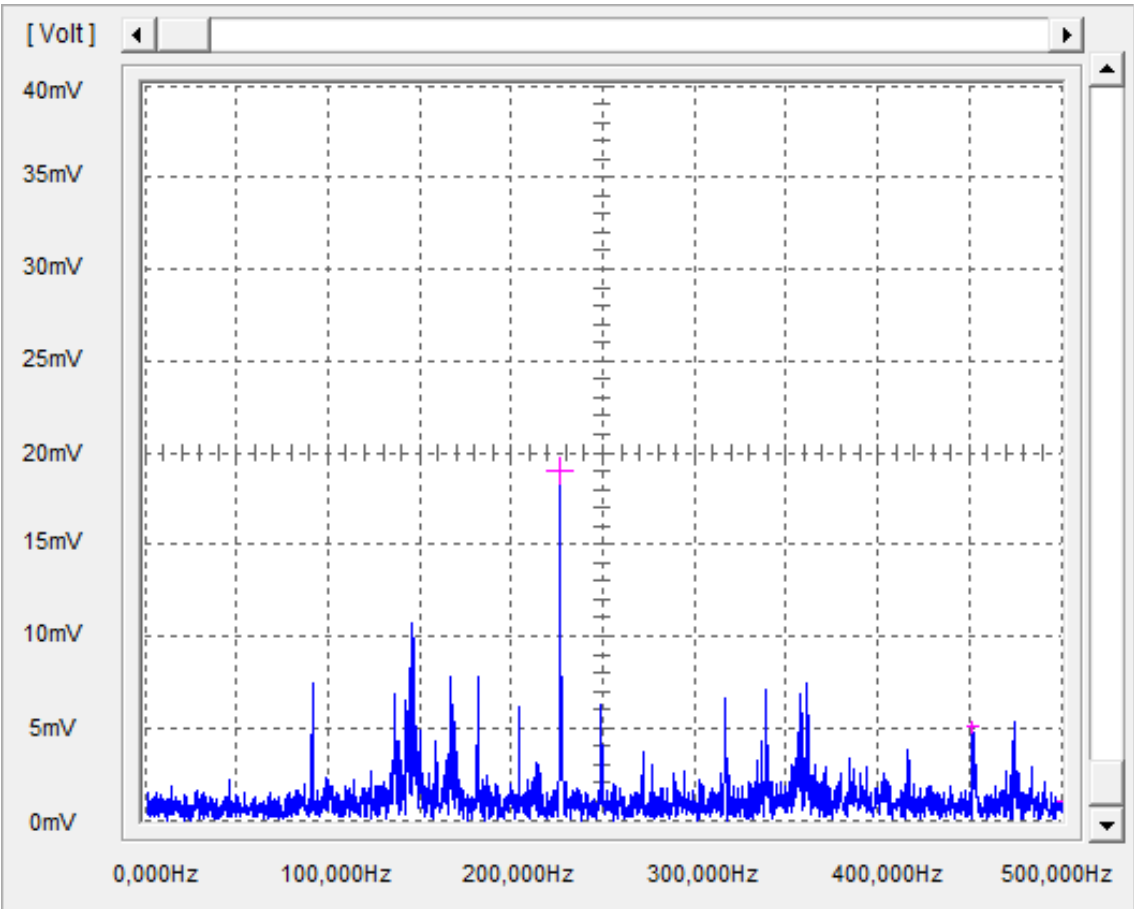
Harmonics Information					
1st	230,500 Hz	15,733 mV	2nd	461,250 Hz	5,276 mV
3rd	511,750 Hz	3,162 mV	4th	511,750 Hz	2,580 mV
5th	511,750 Hz	0,990 mV	6th	511,750 Hz	26,573 mV

Gráfica C. 67 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	230,500 Hz	19,014 mV	2nd	460,750 Hz	5,110 mV
3rd	511,750 Hz	3,162 mV	4th	511,750 Hz	2,580 mV
5th	511,750 Hz	0,990 mV	6th	511,750 Hz	26,573 mV

Gráfica C. 68 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

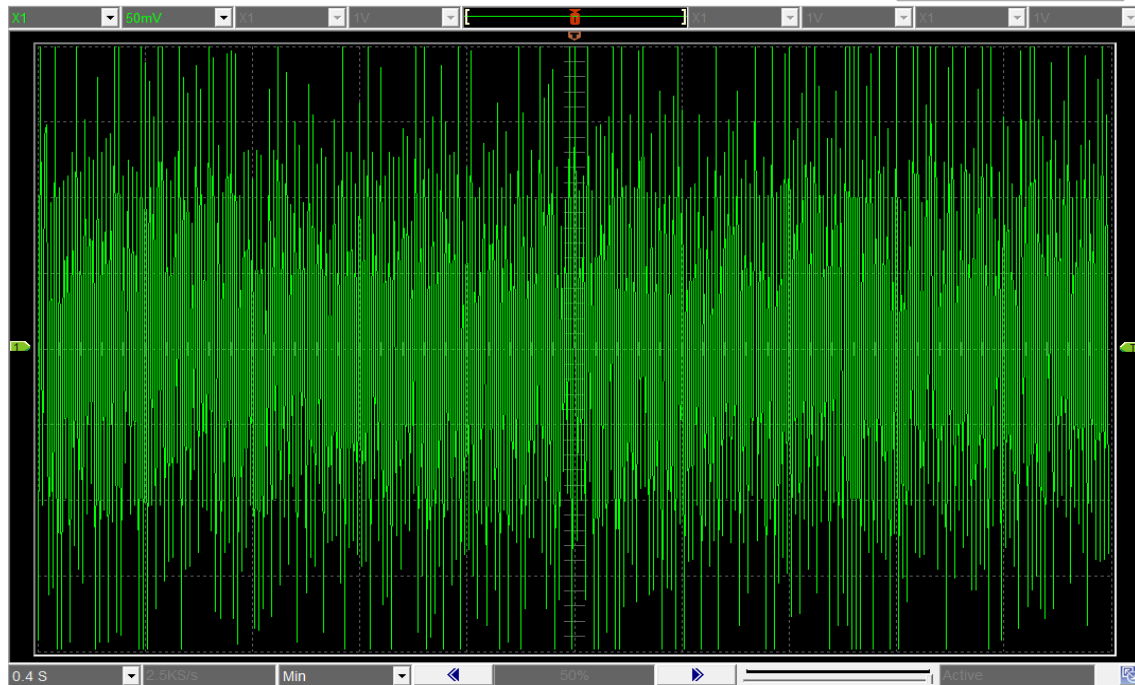
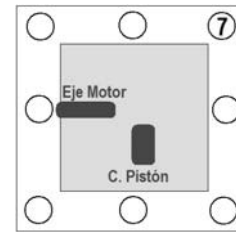
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

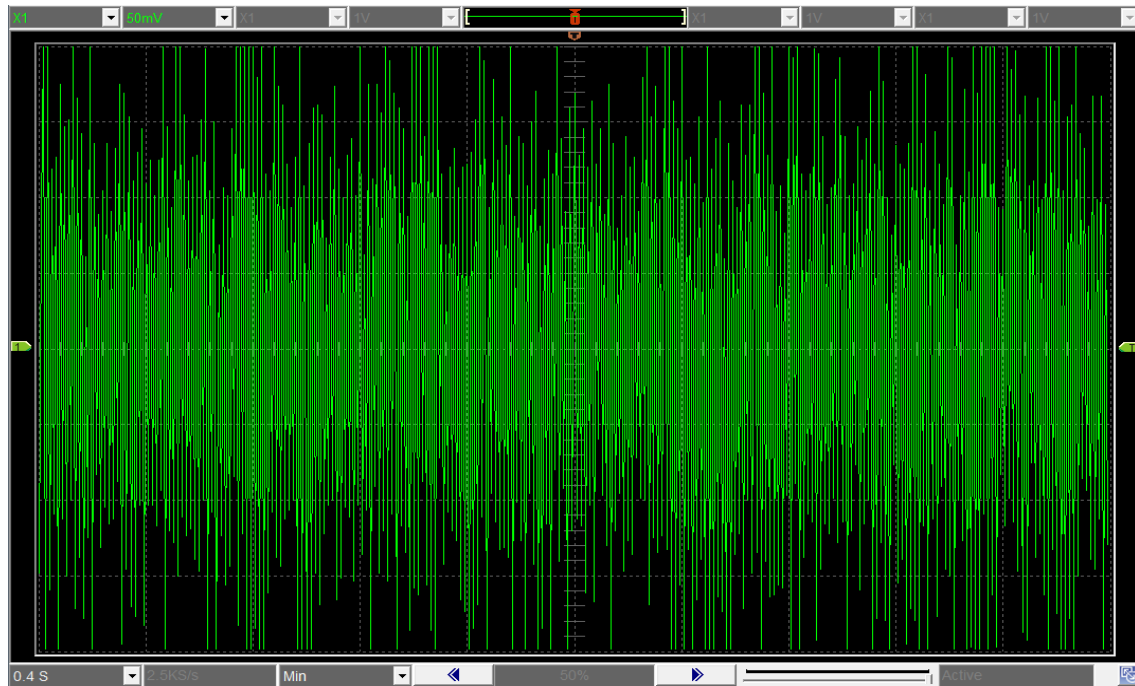
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



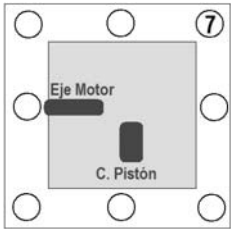
Gráfica C. 69 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

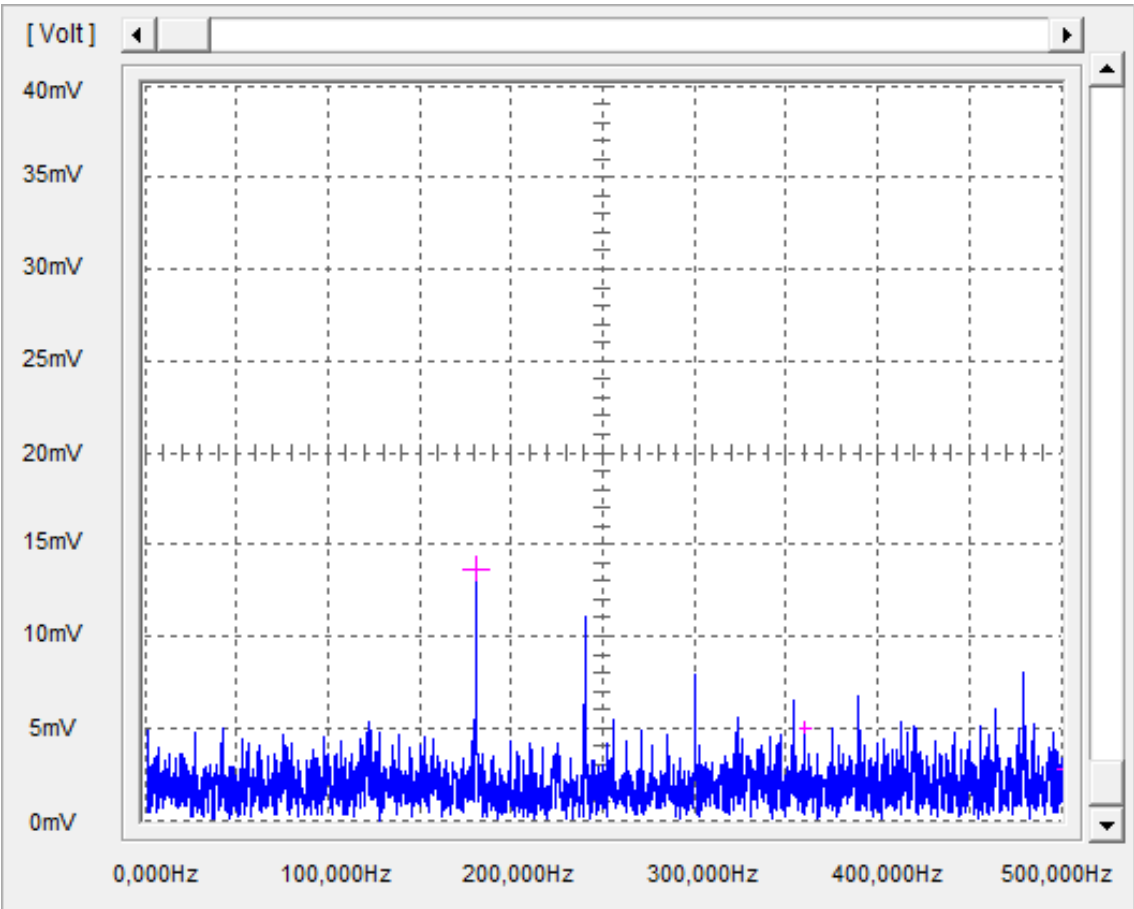


Gráfica C. 70 Amplitud de aceleraciones Punto 7, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	183,500 Hz	13,710 mV	2nd	367,000 Hz	5,078 mV
3rd	511,750 Hz	0,752 mV	4th	511,750 Hz	1,291 mV
5th	511,750 Hz	0,669 mV	6th	511,750 Hz	0,516 mV

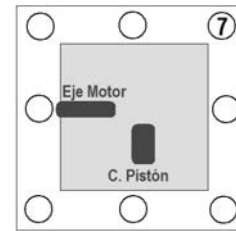
Gráfica C. 71 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

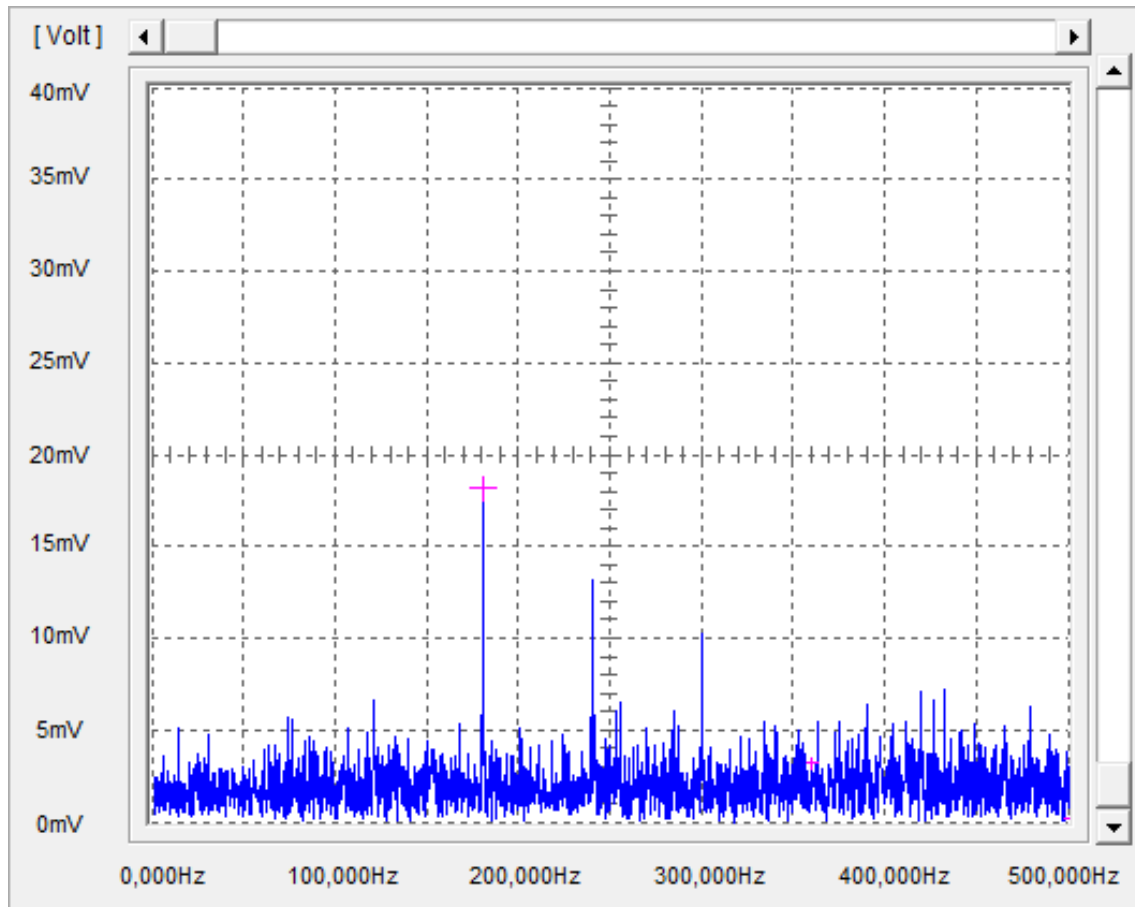
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	183,500 Hz	18,154 mV	2nd	367,000 Hz	3,231 mV
3rd	511,750 Hz	0,752 mV	4th	511,750 Hz	1,291 mV
5th	511,750 Hz	0,669 mV	6th	511,750 Hz	0,516 mV

Gráfica C. 72 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

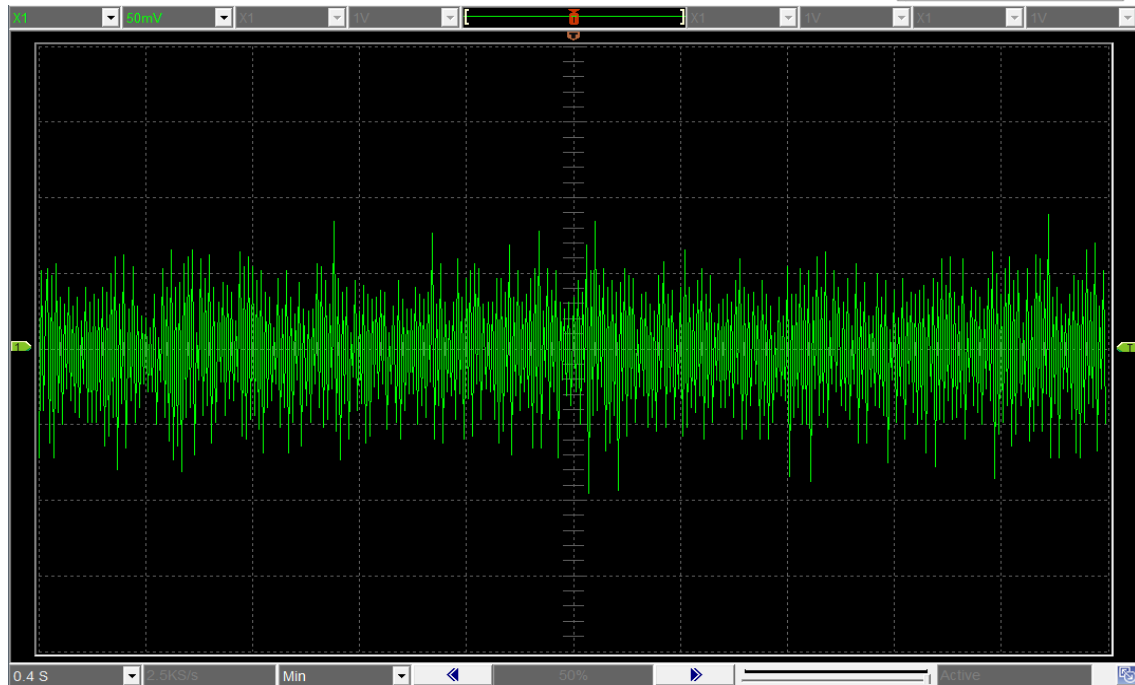
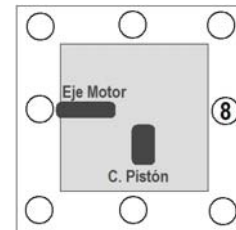
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

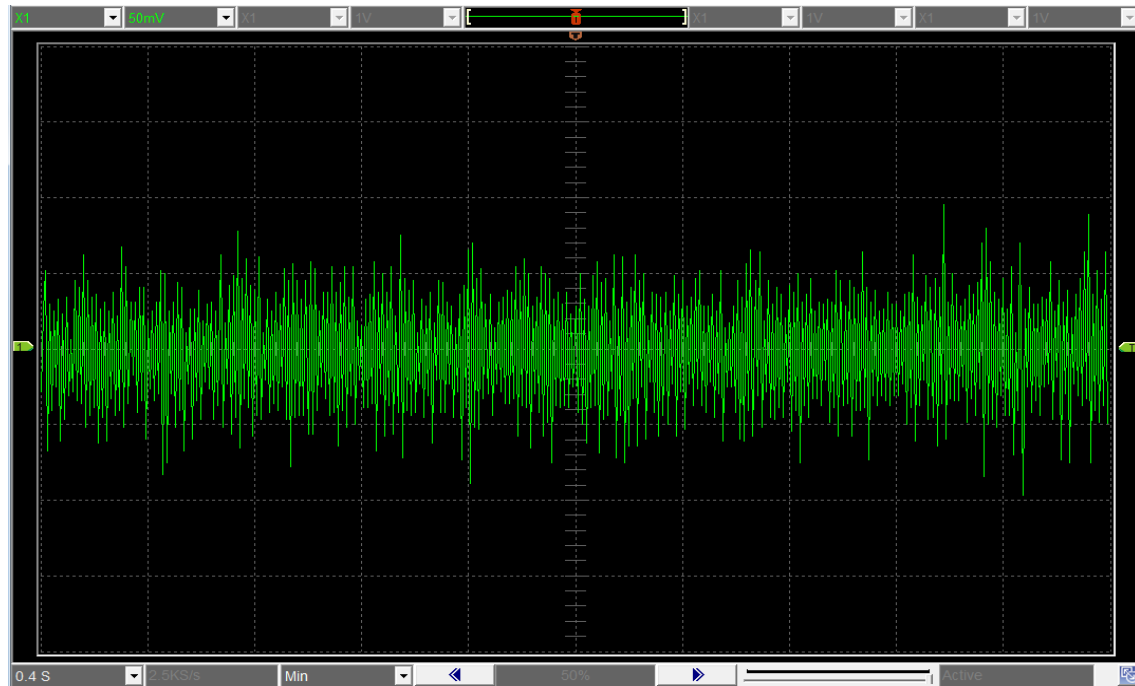
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



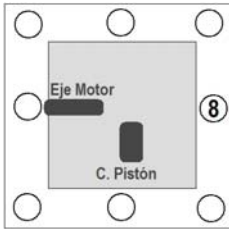
Gráfica C.73 Amplitud de aceleraciones Punto 8, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

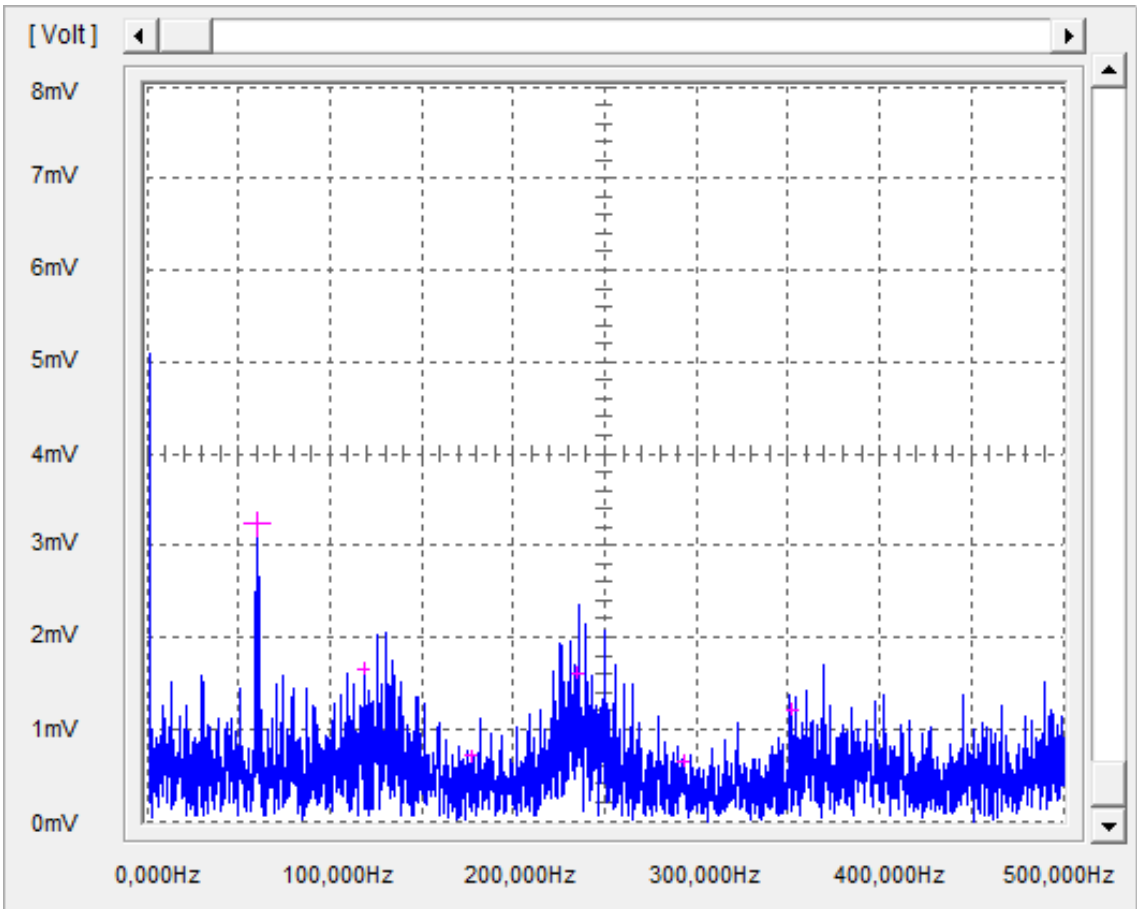


Gráfica C. 74 Amplitud de aceleraciones Punto 8, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	59,750 Hz	3,237 mV	2nd	119,750 Hz	1,664 mV
3rd	179,500 Hz	0,719 mV	4th	238,750 Hz	1,620 mV
5th	298,500 Hz	0,662 mV	6th	358,500 Hz	1,227 mV

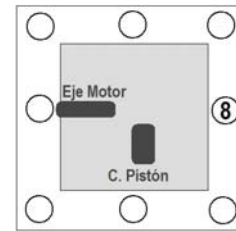
Gráfica C. 75 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

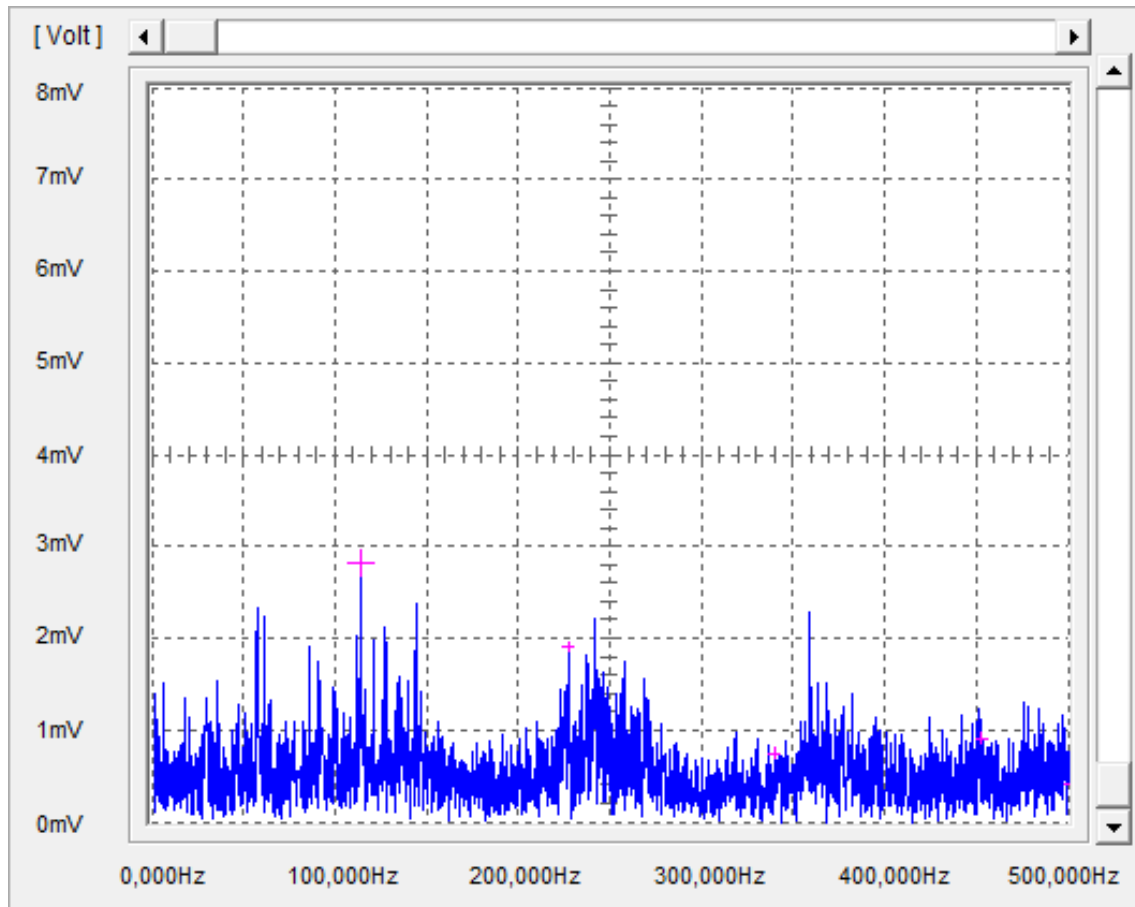
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	115,500 Hz	2,827 mV	2nd	231,500 Hz	1,914 mV
3rd	346,000 Hz	0,753 mV	4th	461,500 Hz	0,922 mV
5th	511,750 Hz	0,702 mV	6th	511,750 Hz	1,076 mV

Gráfica C. 76 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 1800 rpm, 95 oct.

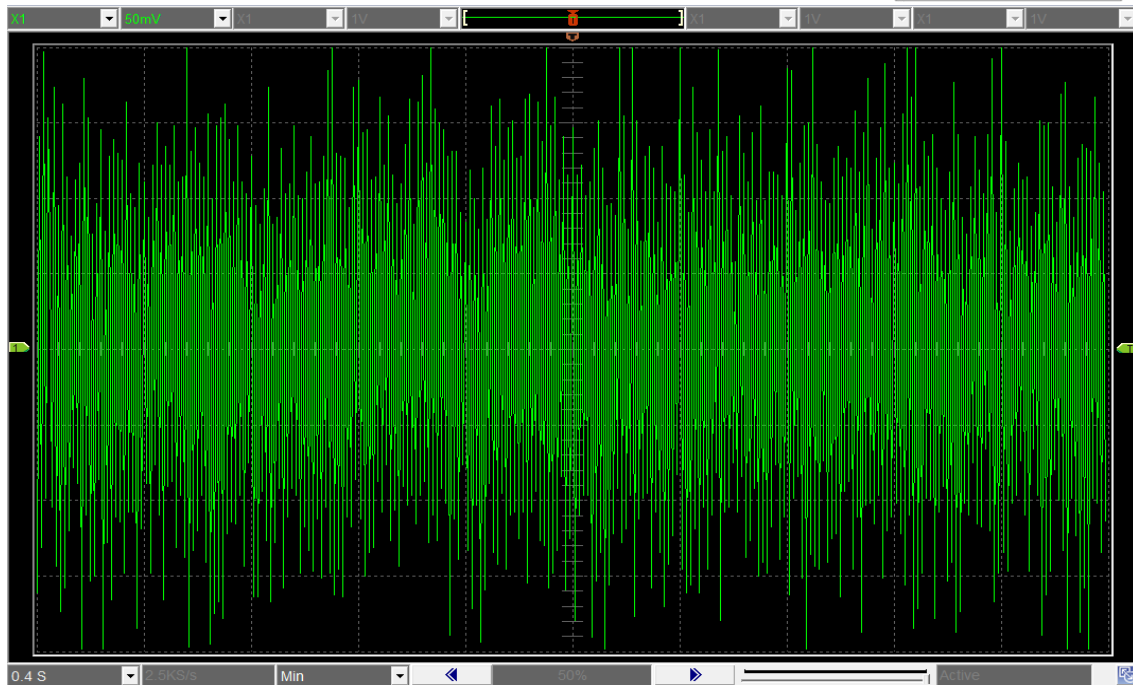
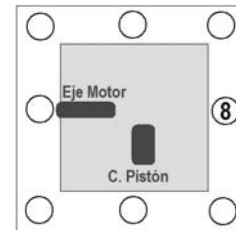
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

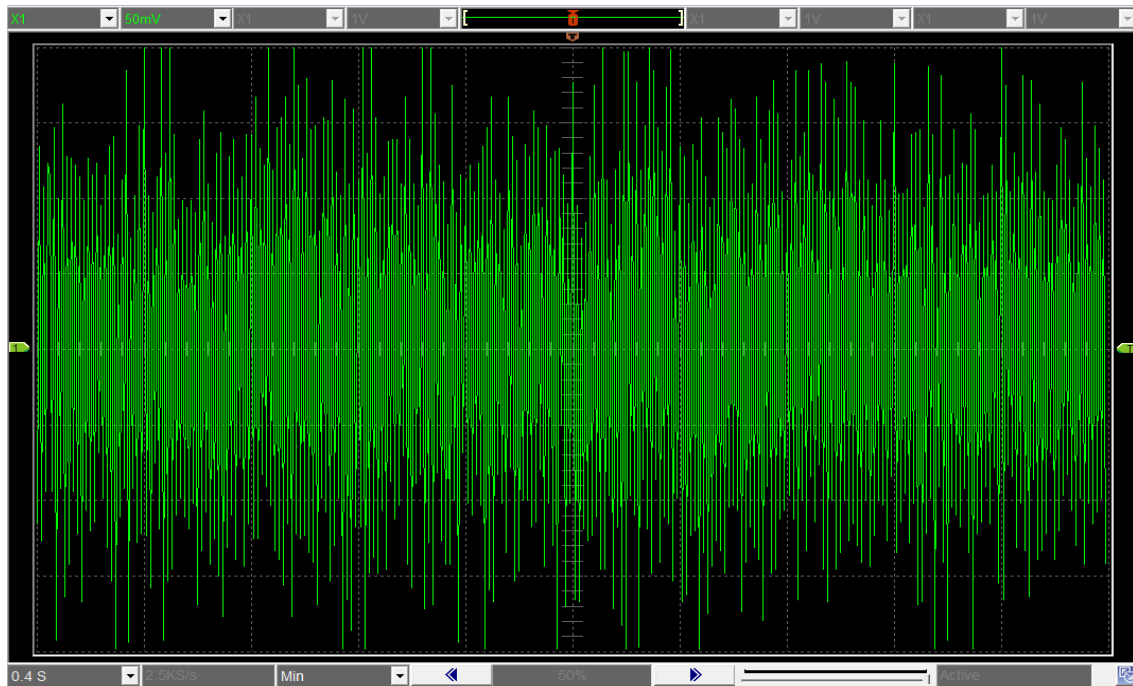
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica C. 77 Amplitud de aceleraciones Punto 8, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



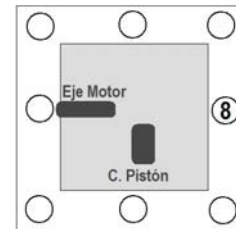
Gráfica C. 78 Amplitud de aceleraciones Punto 8, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

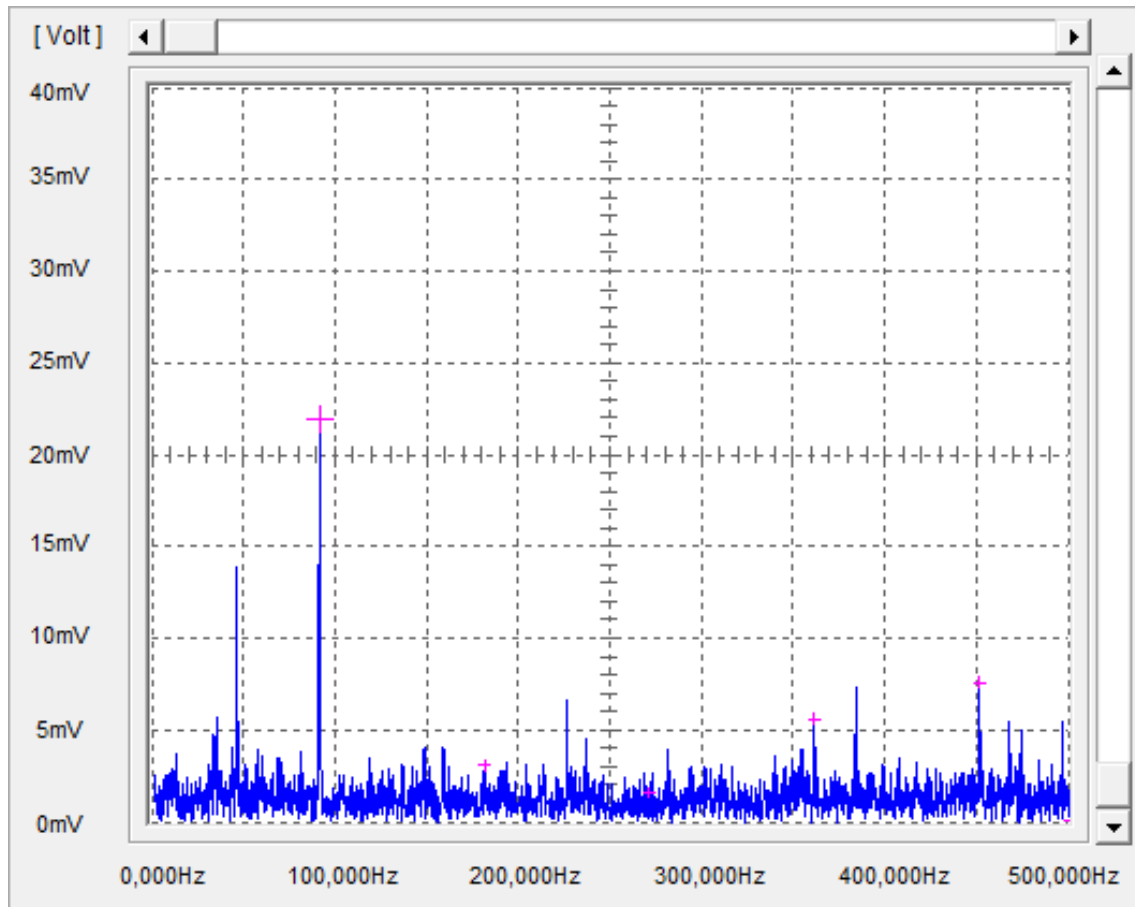
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



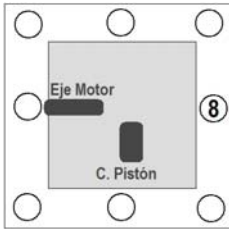
Prueba 1:



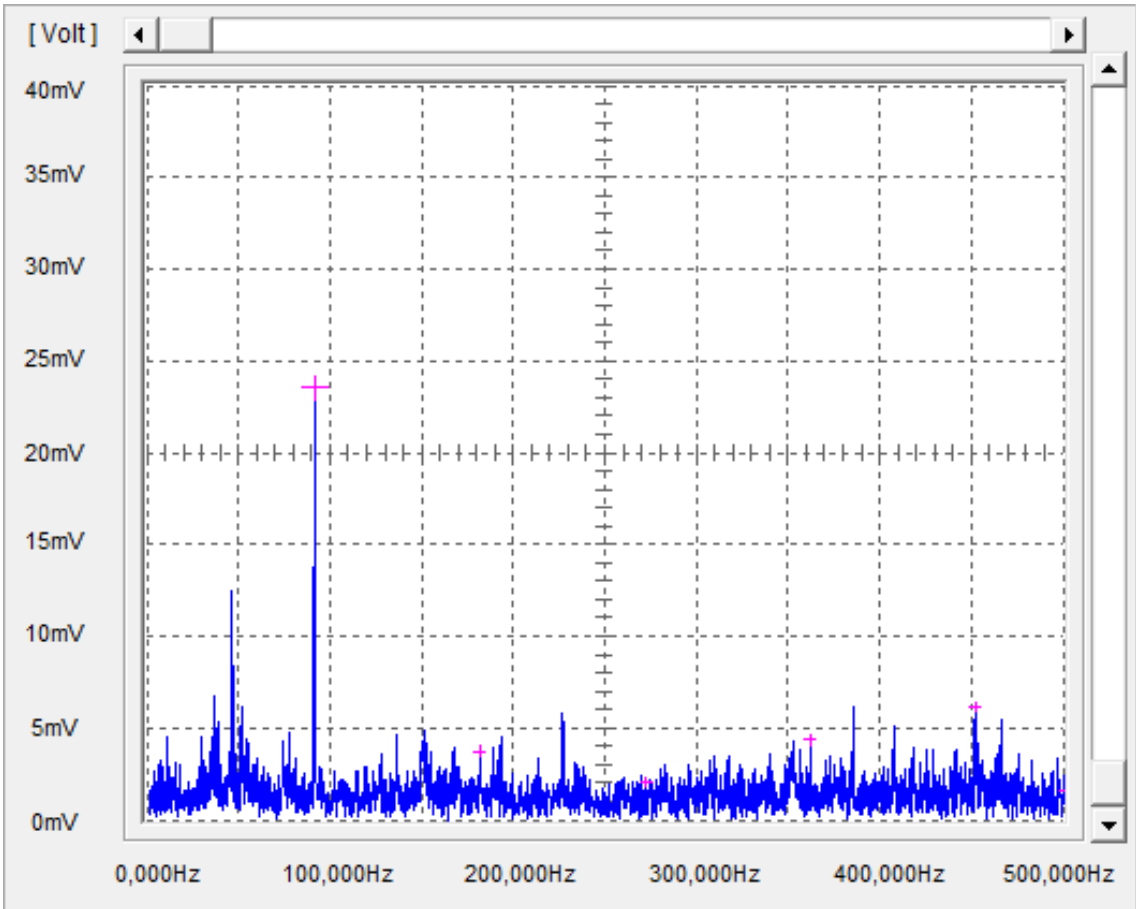
Harmonics Information					
1st	92,250 Hz	21,911 mV	2nd	184,750 Hz	3,106 mV
3rd	276,250 Hz	1,663 mV	4th	368,500 Hz	5,651 mV
5th	460,750 Hz	7,621 mV	6th	511,750 Hz	6,425 mV

Gráfica C. 79 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	92,250 Hz	23,535 mV	2nd	184,500 Hz	3,785 mV
3rd	277,250 Hz	2,106 mV	4th	368,750 Hz	4,406 mV
5th	461,000 Hz	6,189 mV	6th	511,750 Hz	6,425 mV

Gráfica C. 80 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 2700 rpm, 95 oct.

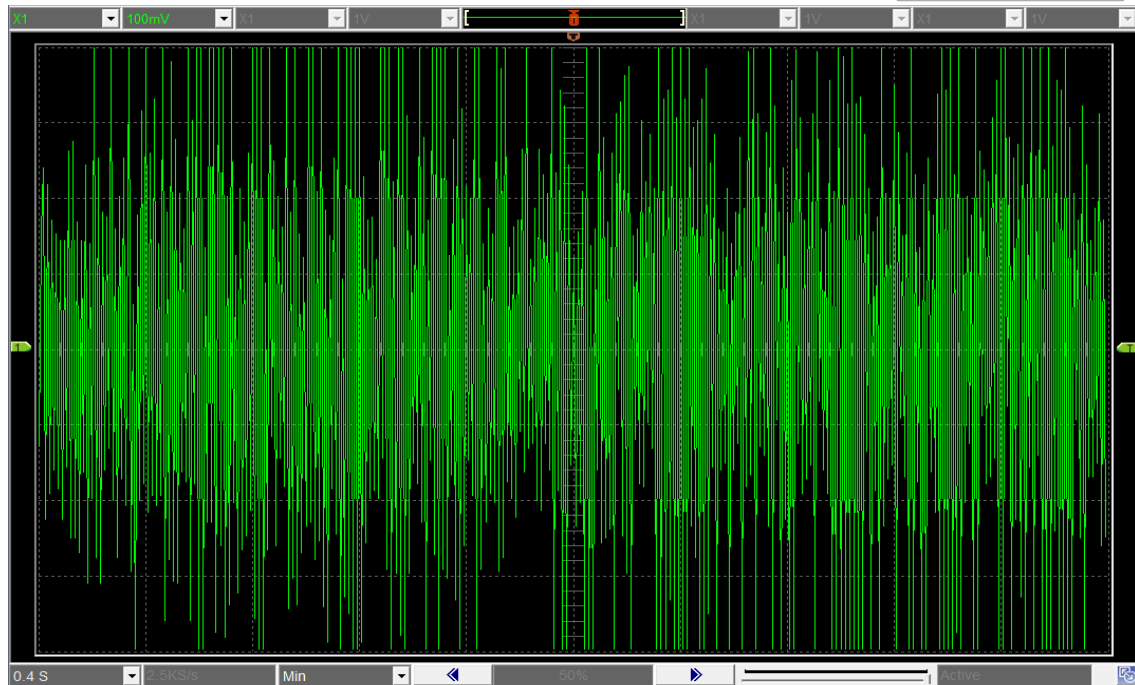
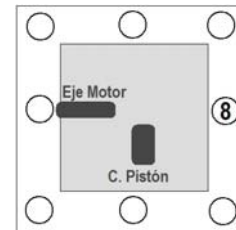
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

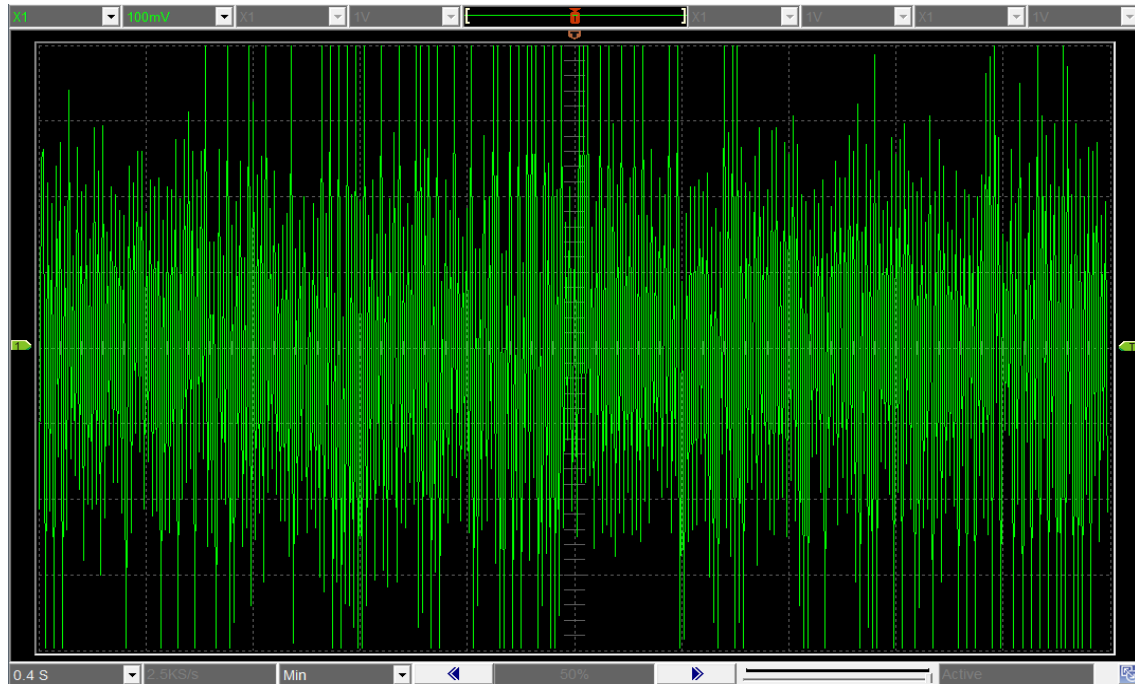
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



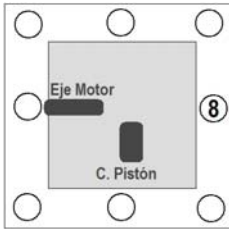
Gráfica C. 81 Amplitud de aceleraciones Punto 8, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

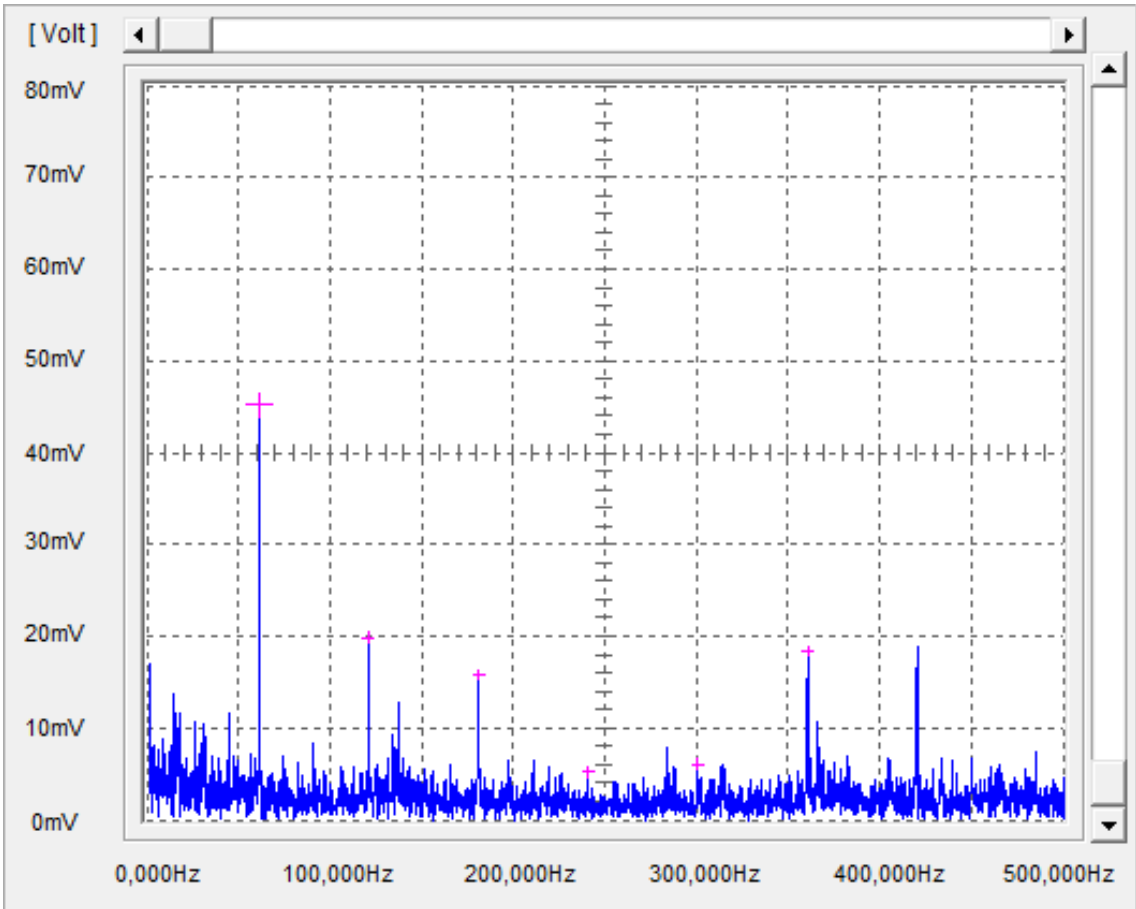


Gráfica C. 82 Amplitud de aceleraciones Punto 8, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.
Dirección: Horizontal.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	45,171 mV	2nd	122,500 Hz	19,951 mV
3rd	183,750 Hz	15,897 mV	4th	244,750 Hz	5,317 mV
5th	306,250 Hz	6,172 mV	6th	367,500 Hz	18,478 mV

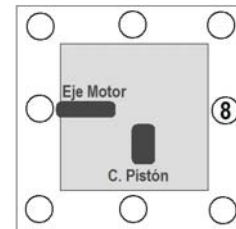
Gráfica C. 83 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

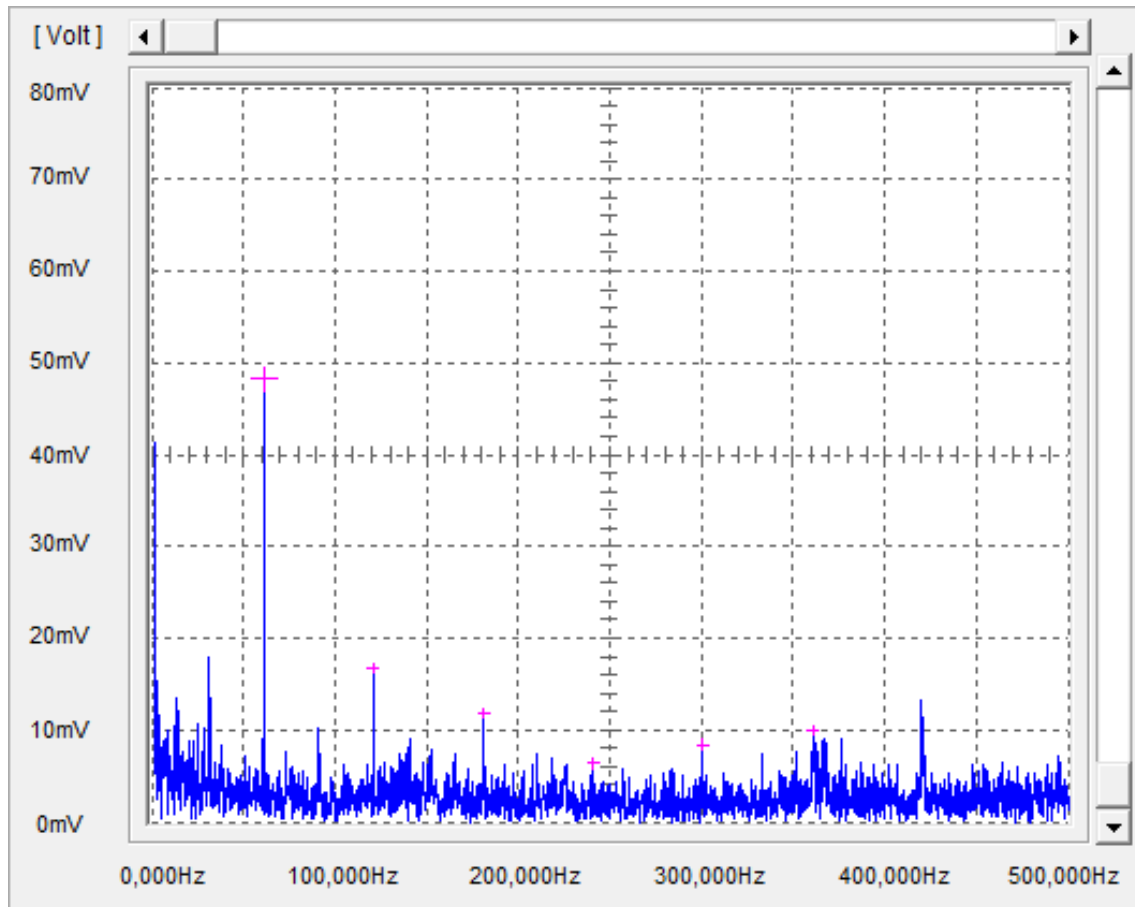
Dirección: Horizontal.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	48,190 mV	2nd	122,500 Hz	16,793 mV
3rd	184,000 Hz	11,900 mV	4th	245,000 Hz	6,479 mV
5th	306,250 Hz	8,495 mV	6th	367,750 Hz	10,051 mV

Gráfica C. 84 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, horizontal, 3600 rpm, 95 oct.

APÉNDICE D

Medida de vibraciones

Combustible: 95 octanos.

Ubicación del Acelerómetro: Vertical.



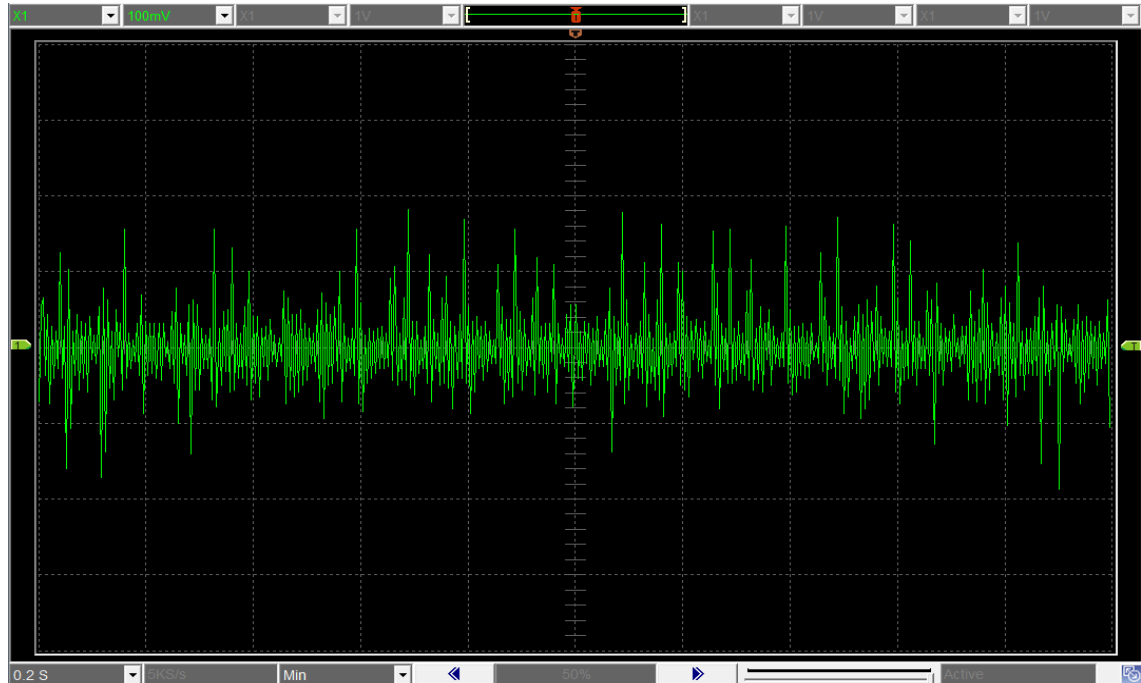
Referencia de medición: Punto 2.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

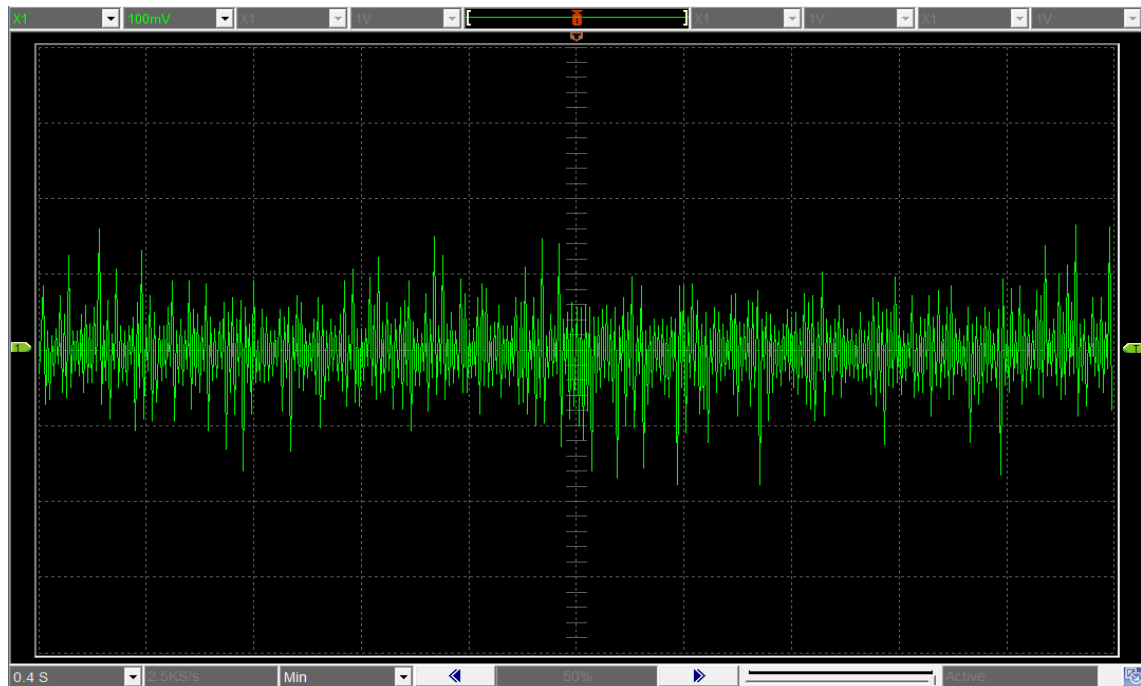
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



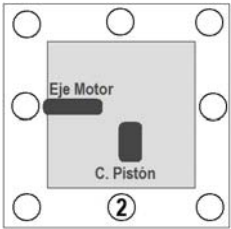
Gráfica D. 1 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

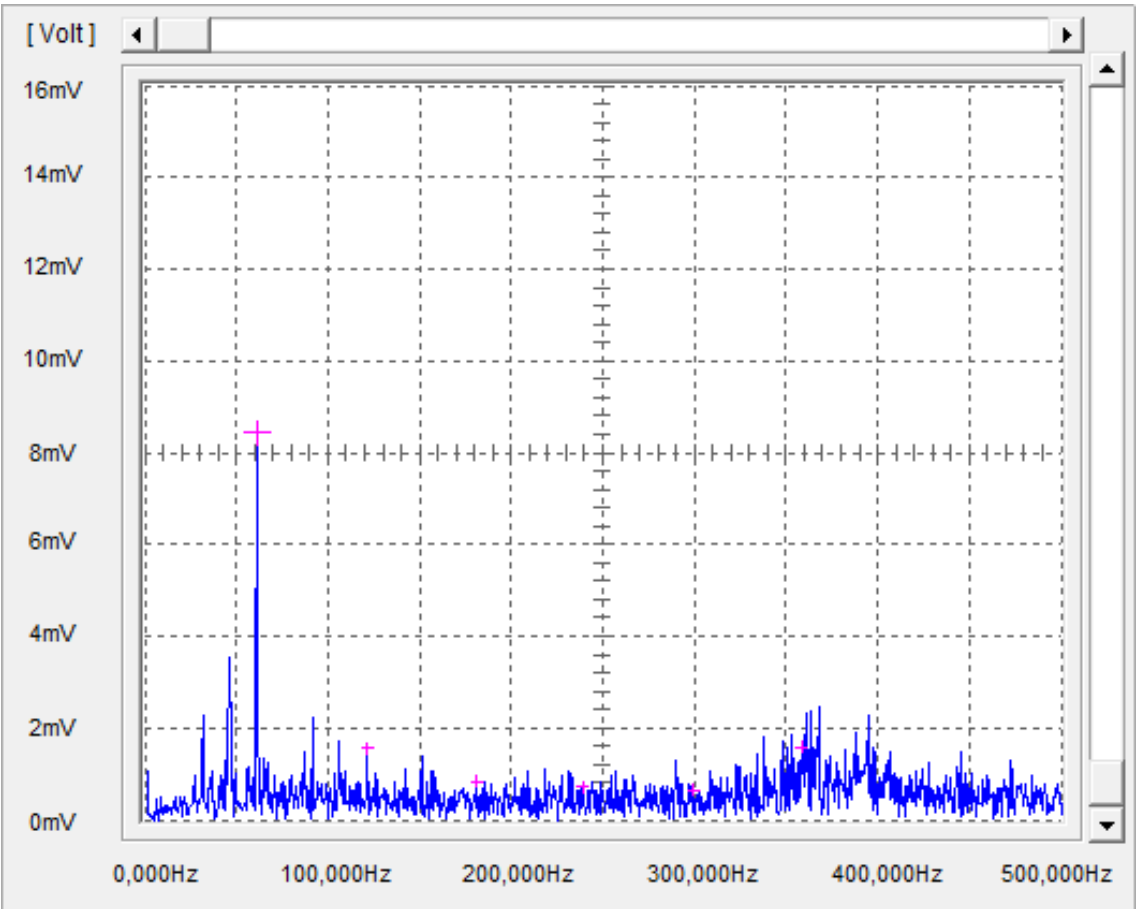


Gráfica D. 2 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	8,432 mV	2nd	123,000 Hz	1,570 mV
3rd	184,000 Hz	0,856 mV	4th	243,000 Hz	0,745 mV
5th	304,500 Hz	0,670 mV	6th	365,000 Hz	1,608 mV

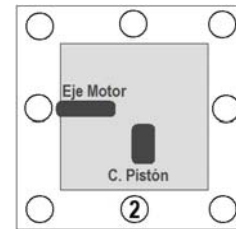
Gráfica D. 3 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2

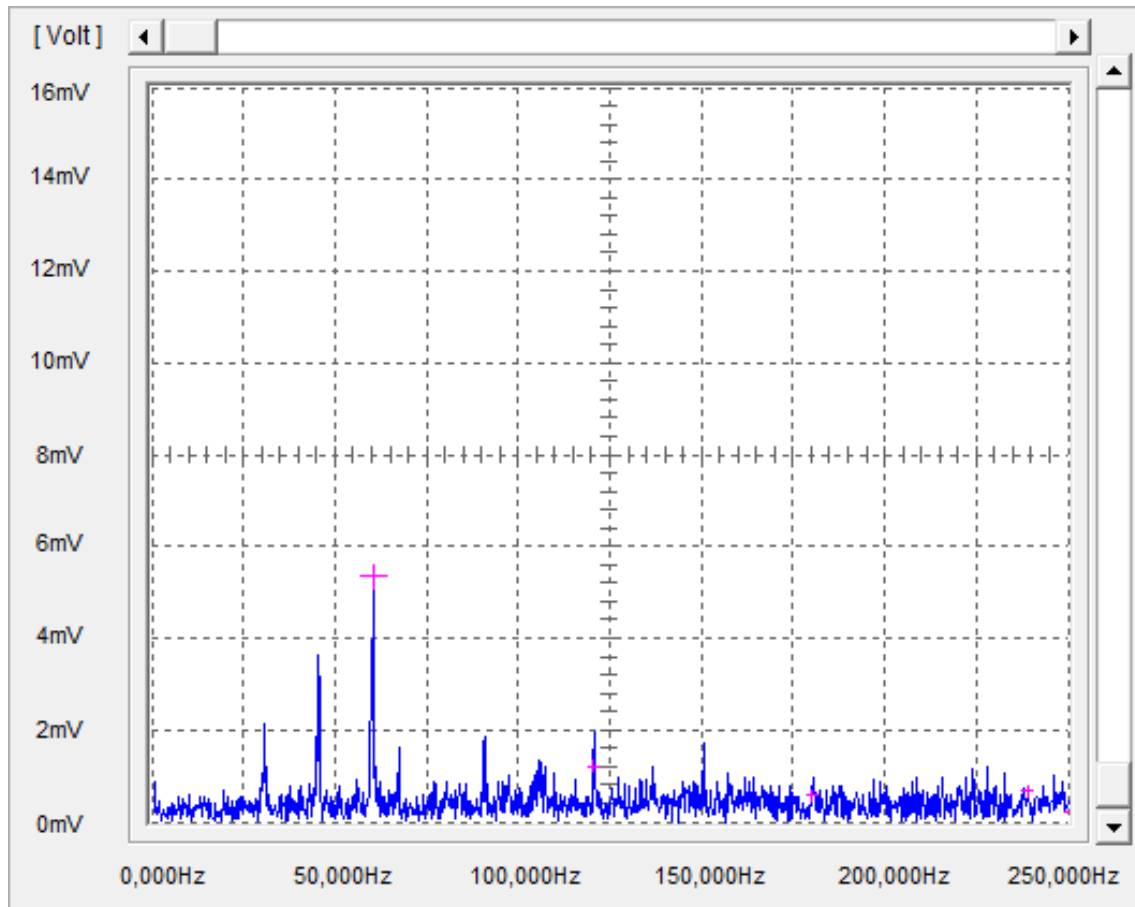
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	5,354 mV	2nd	122,500 Hz	1,233 mV
3rd	183,500 Hz	0,593 mV	4th	243,500 Hz	0,695 mV
5th	255,750 Hz	0,965 mV	6th	255,750 Hz	1,581 mV

Gráfica D. 4 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

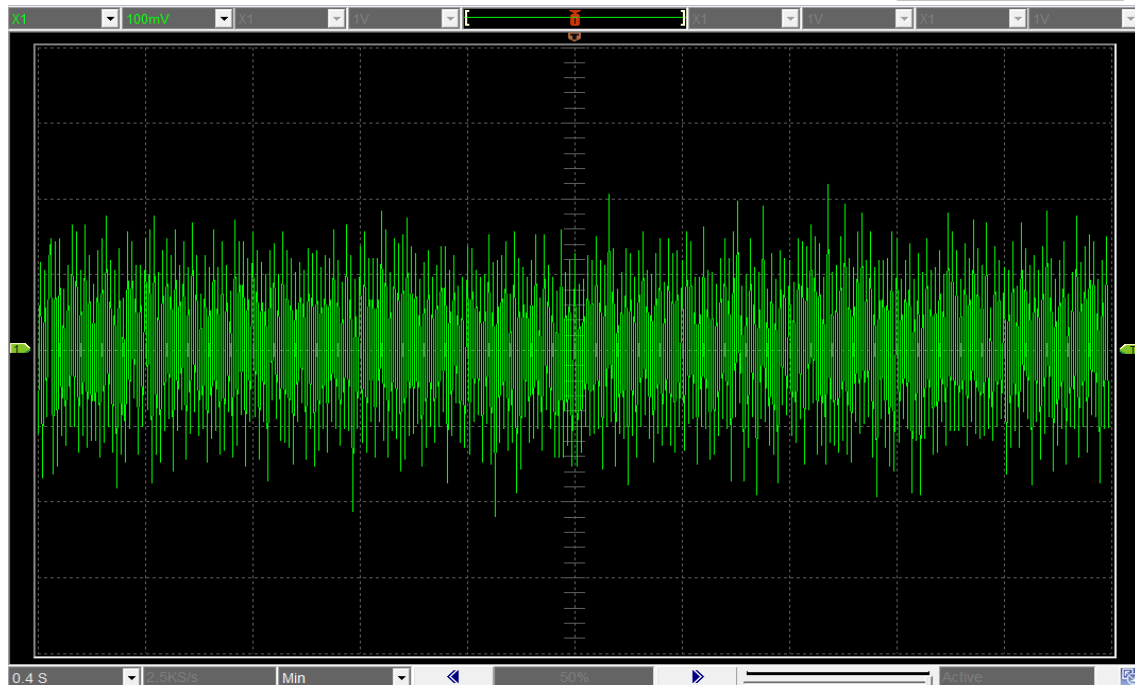
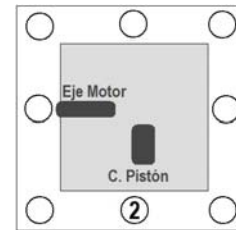
Referencia de medición: Punto 2

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

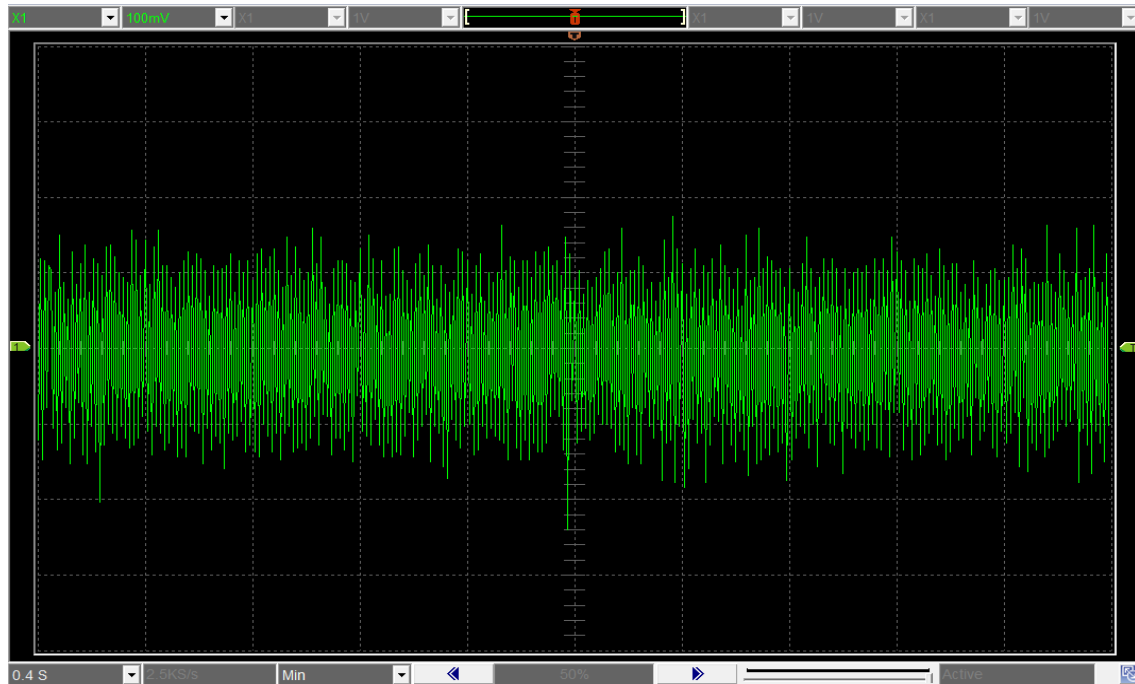
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 5 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



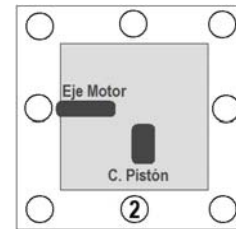
Gráfica D. 6 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2

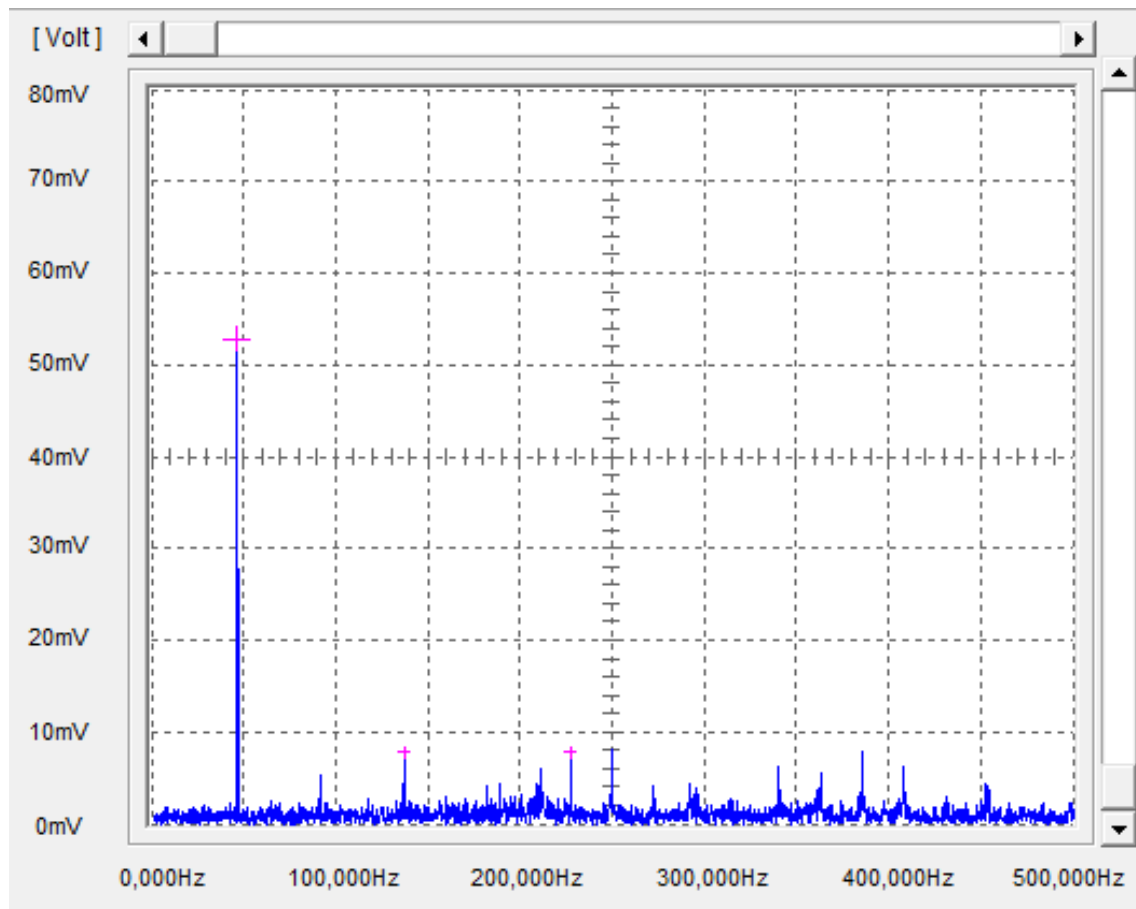
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



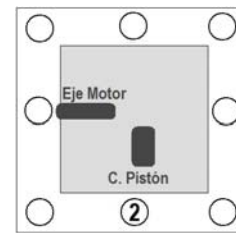
Prueba 1:



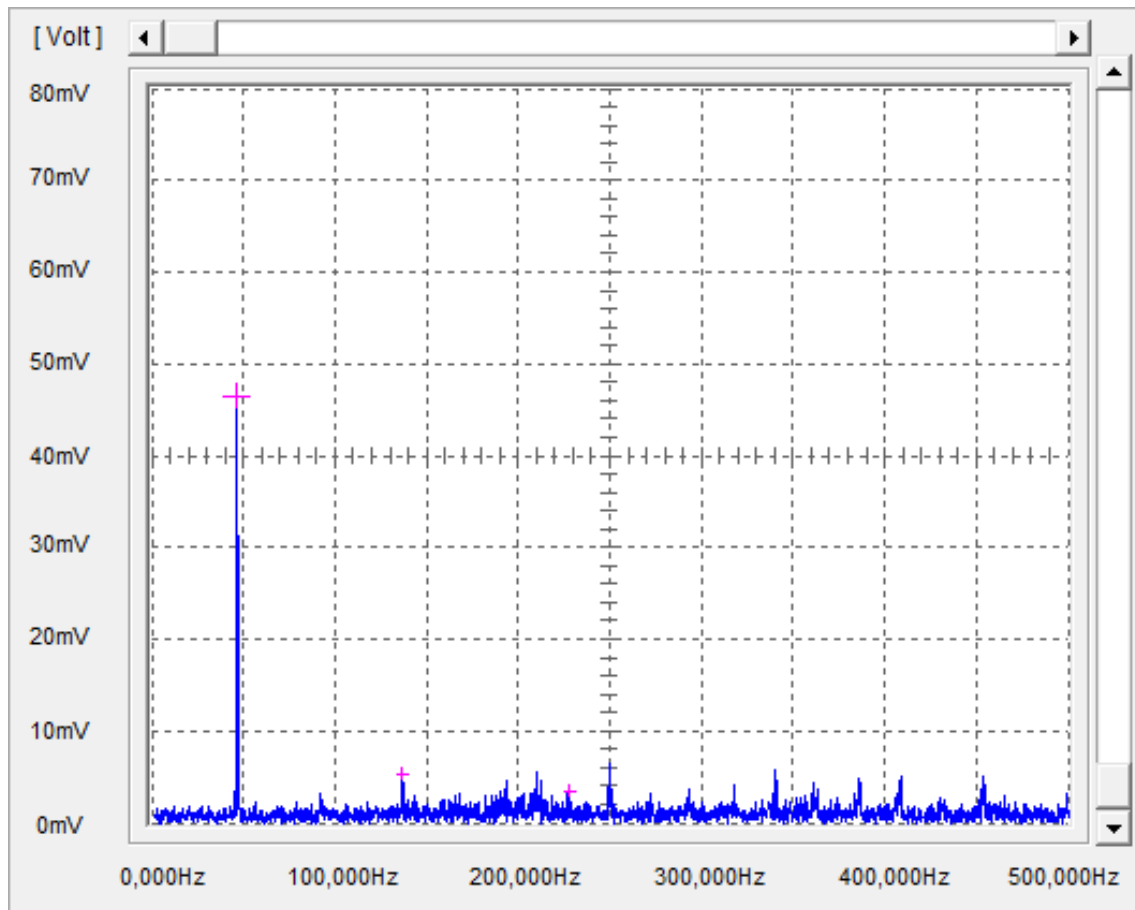
Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	52,780 mV	2nd	---	---
3rd	138,750 Hz	7,880 mV	4th	---	---
5th	231,250 Hz	7,908 mV	6th	---	---

Gráfica D. 7 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2
 Dirección: Vertical.
 Velocidad del eje: 2700 rpm.
 Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	46,528 mV	2nd	---	---
3rd	138,500 Hz	5,506 mV	4th	---	---
5th	231,750 Hz	3,643 mV	6th	---	---

Gráfica D. 8 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

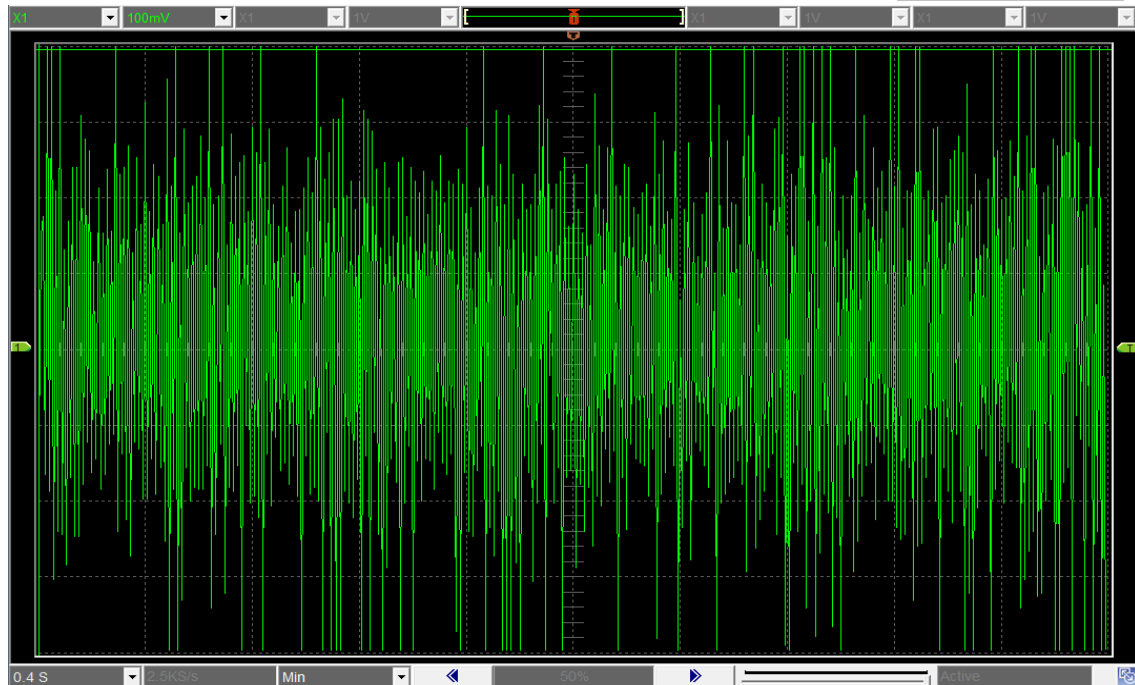
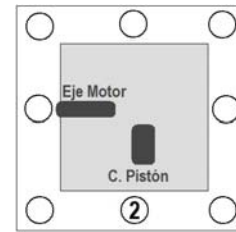
Referencia de medición: Punto 2

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

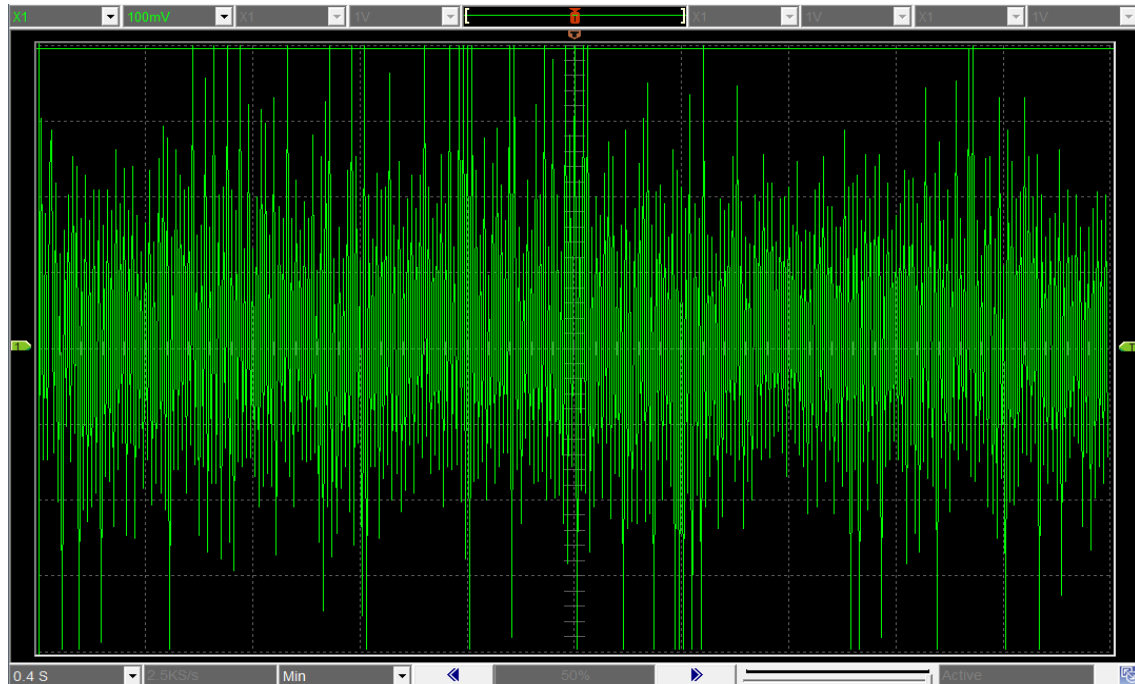
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 9 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



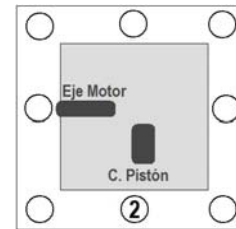
Gráfica D. 10 Amplitud de aceleraciones Punto 2, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2

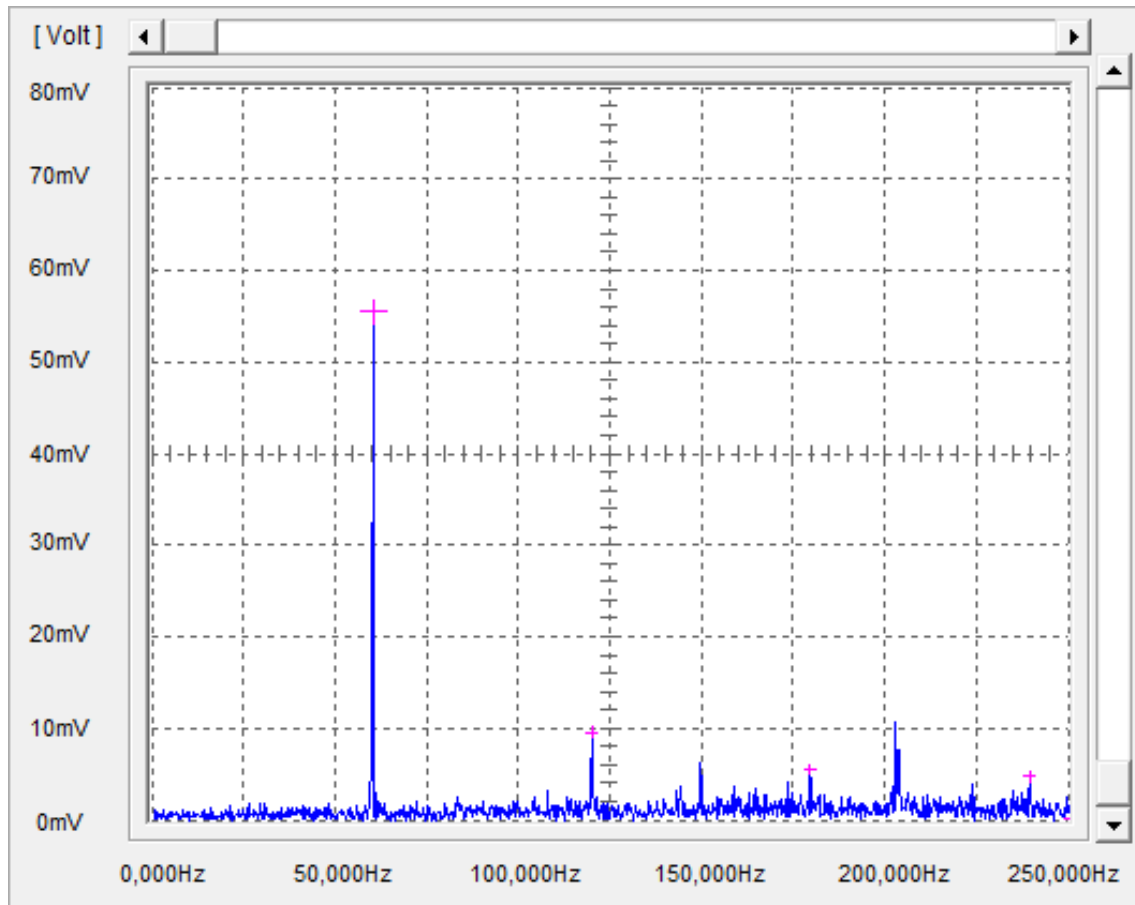
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	55,437 mV	2nd	122,000 Hz	9,665 mV
3rd	183,000 Hz	5,655 mV	4th	244,250 Hz	4,891 mV
5th	255,750 Hz	29,485 mV	6th	255,750 Hz	8,233 mV

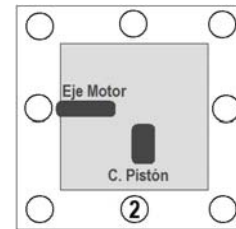
Gráfica D. 11 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 2.

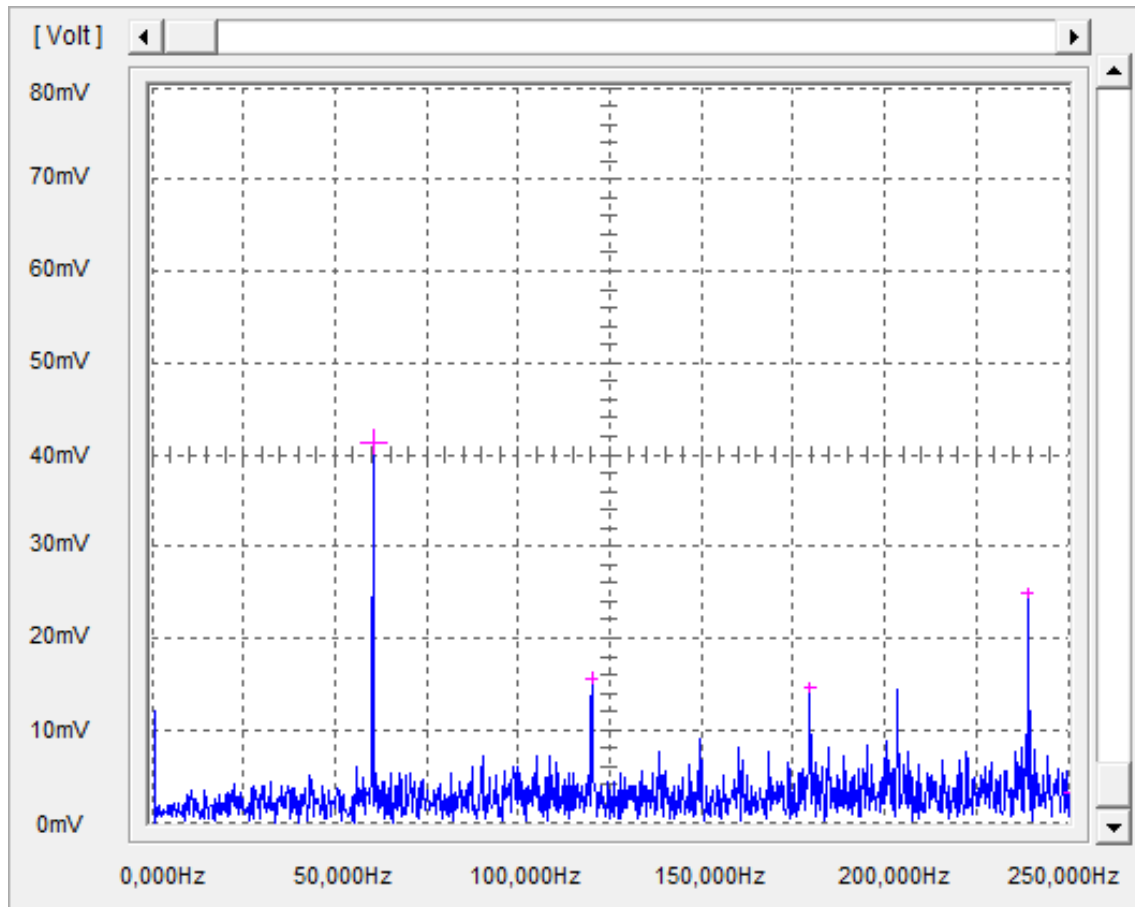
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	41,387 mV	2nd	122,000 Hz	15,736 mV
3rd	182,750 Hz	14,701 mV	4th	243,750 Hz	25,007 mV
5th	255,750 Hz	29,485 mV	6th	255,750 Hz	8,233 mV

Gráfica D. 12 Transformada Rápida de Fourier Punto 2, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

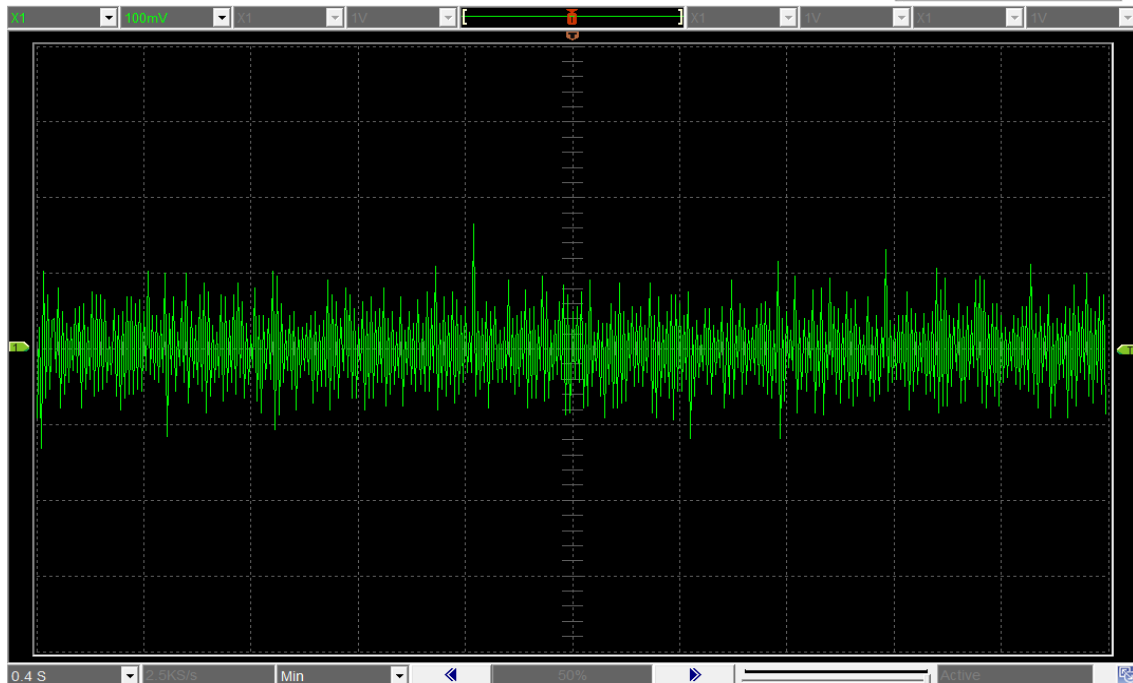
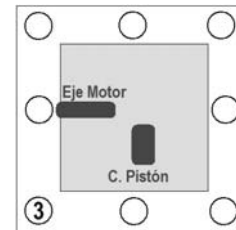
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

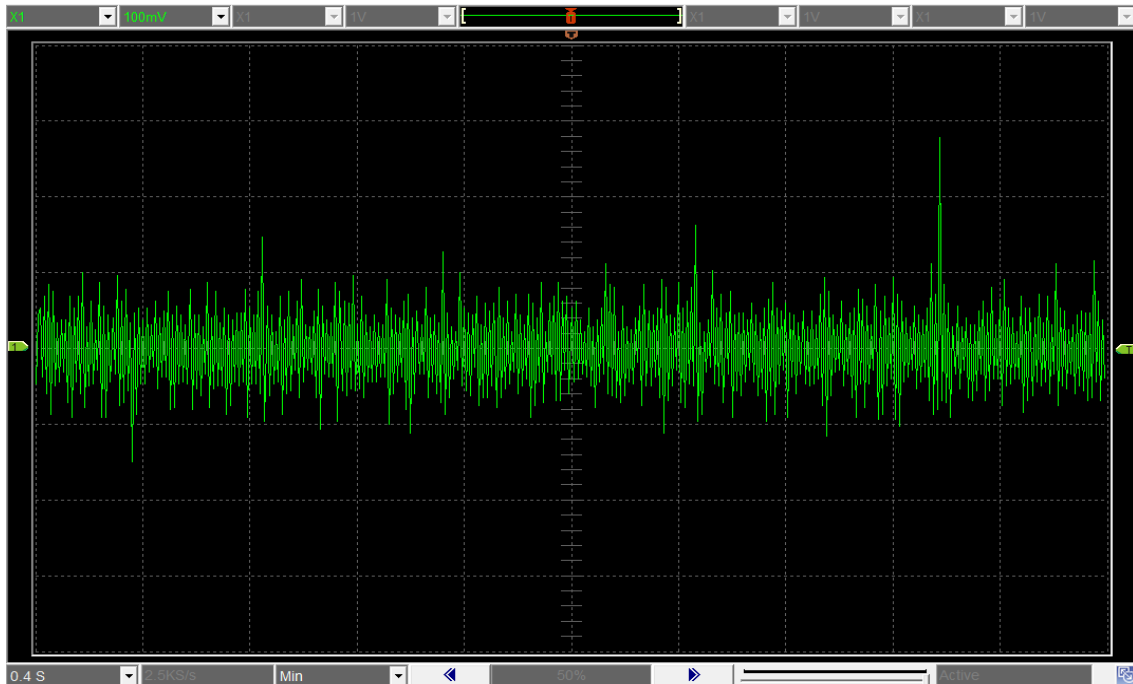
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



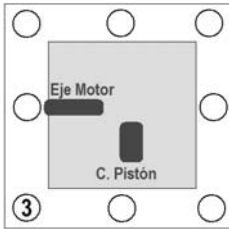
Gráfica D. 13 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

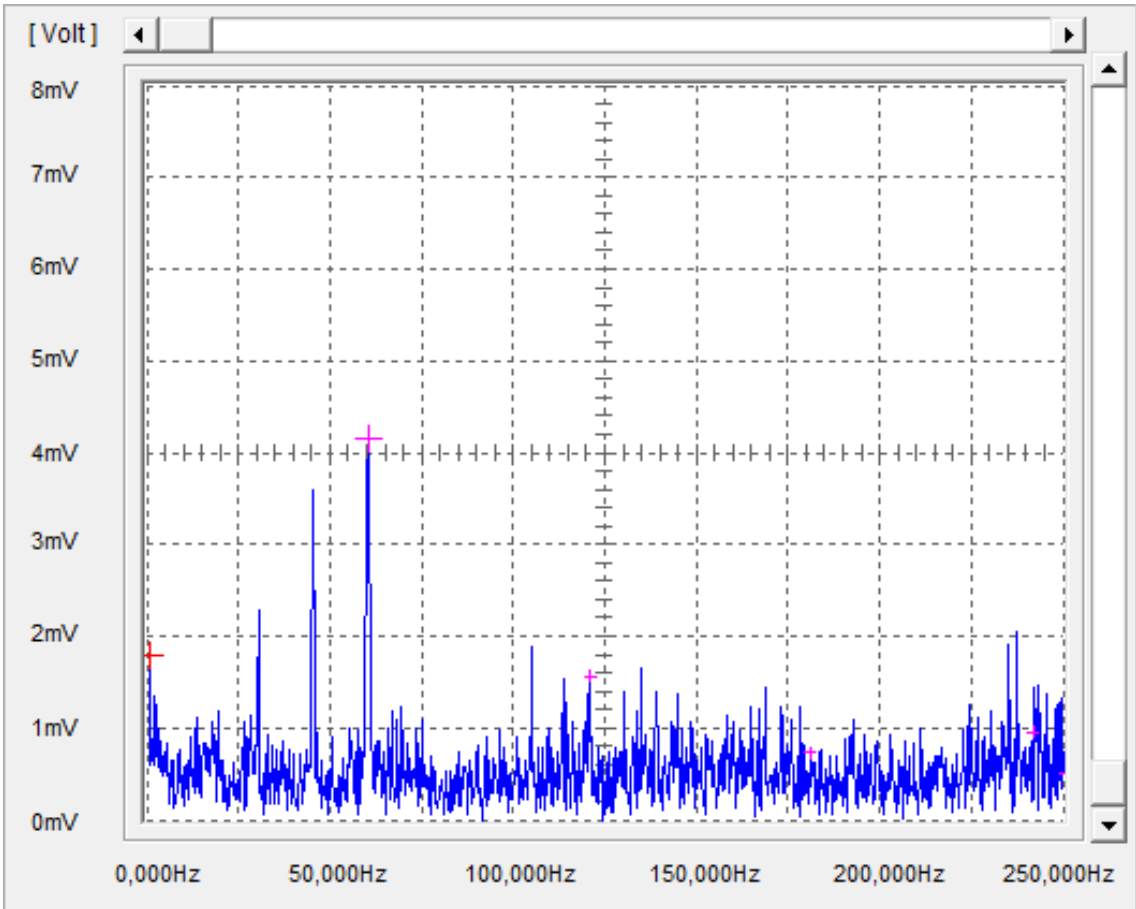


Gráfica D. 14 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	4,151 mV	2nd	123,000 Hz	1,574 mV
3rd	184,500 Hz	0,746 mV	4th	246,500 Hz	0,963 mV
5th	255,750 Hz	2,159 mV	6th	255,750 Hz	2,896 mV

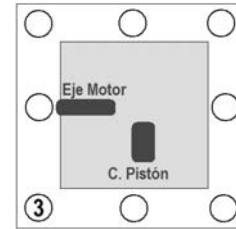
Gráfica D. 15 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

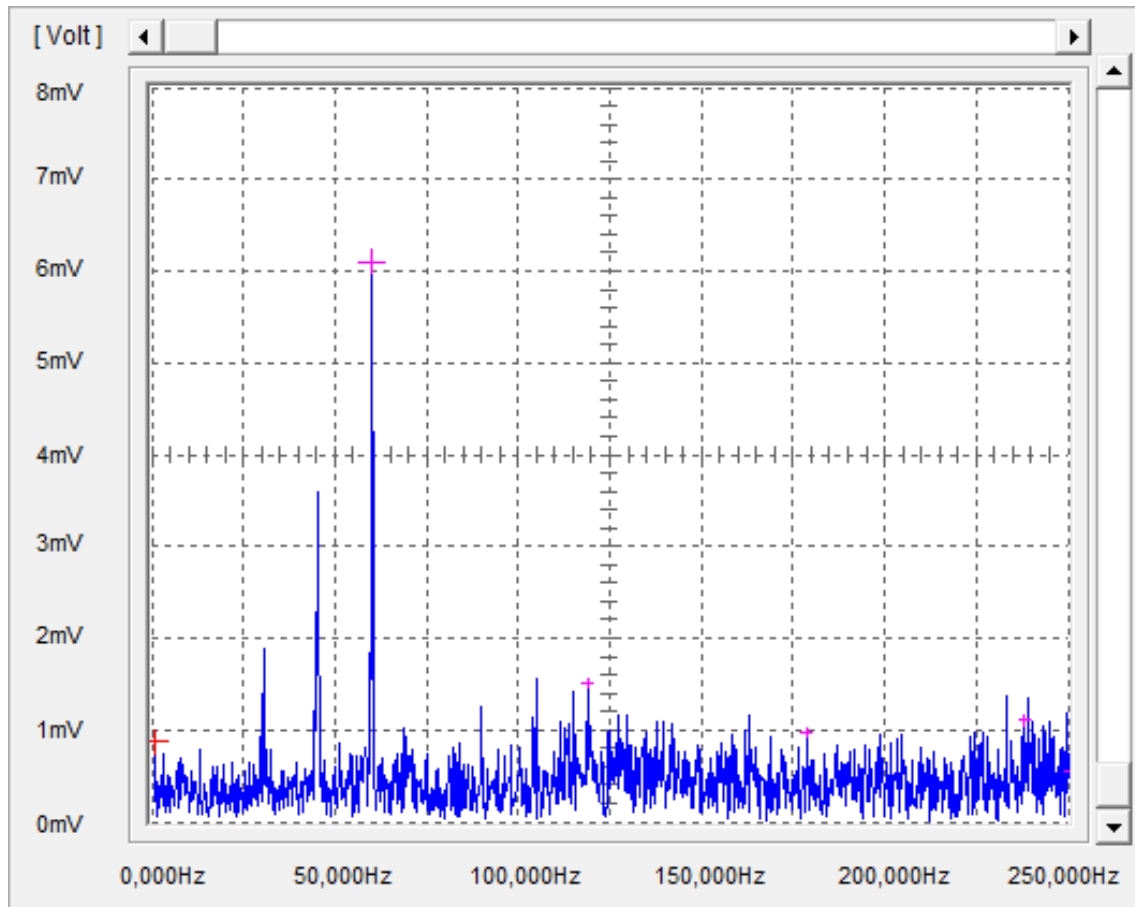
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	60,750 Hz	6,098 mV	2nd	121,000 Hz	1,516 mV
3rd	182,000 Hz	0,985 mV	4th	242,750 Hz	1,115 mV
5th	255,750 Hz	2,159 mV	6th	255,750 Hz	2,896 mV

Gráfica D. 16 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

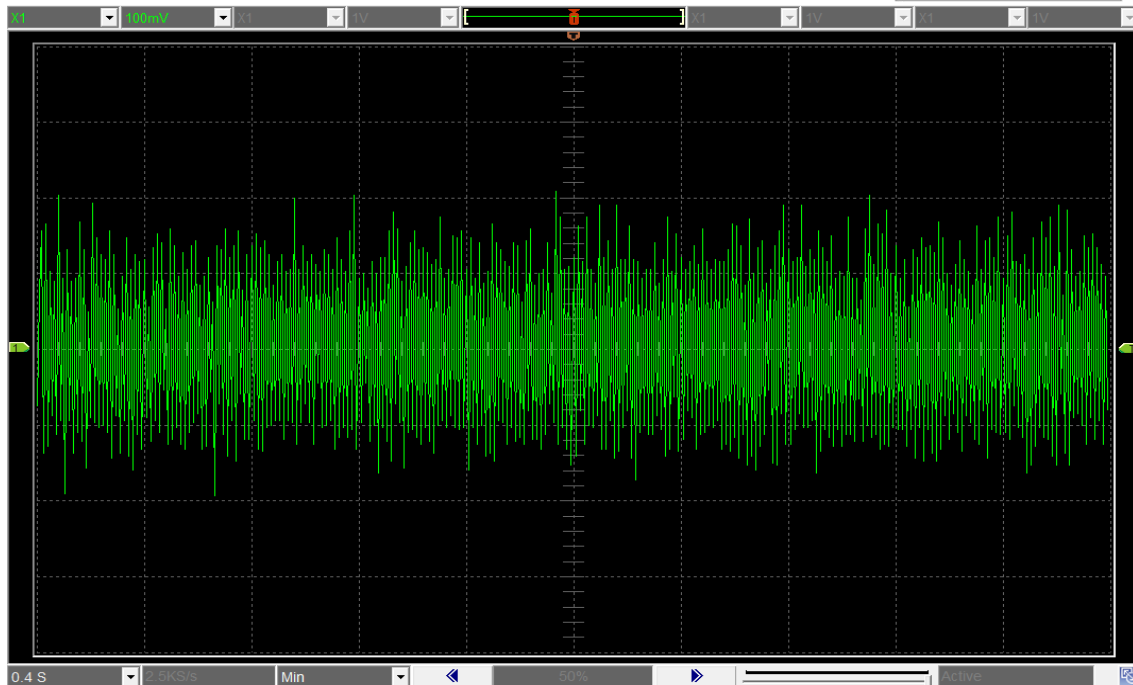
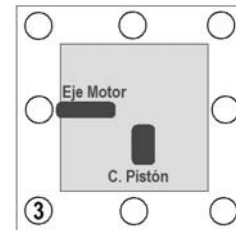
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

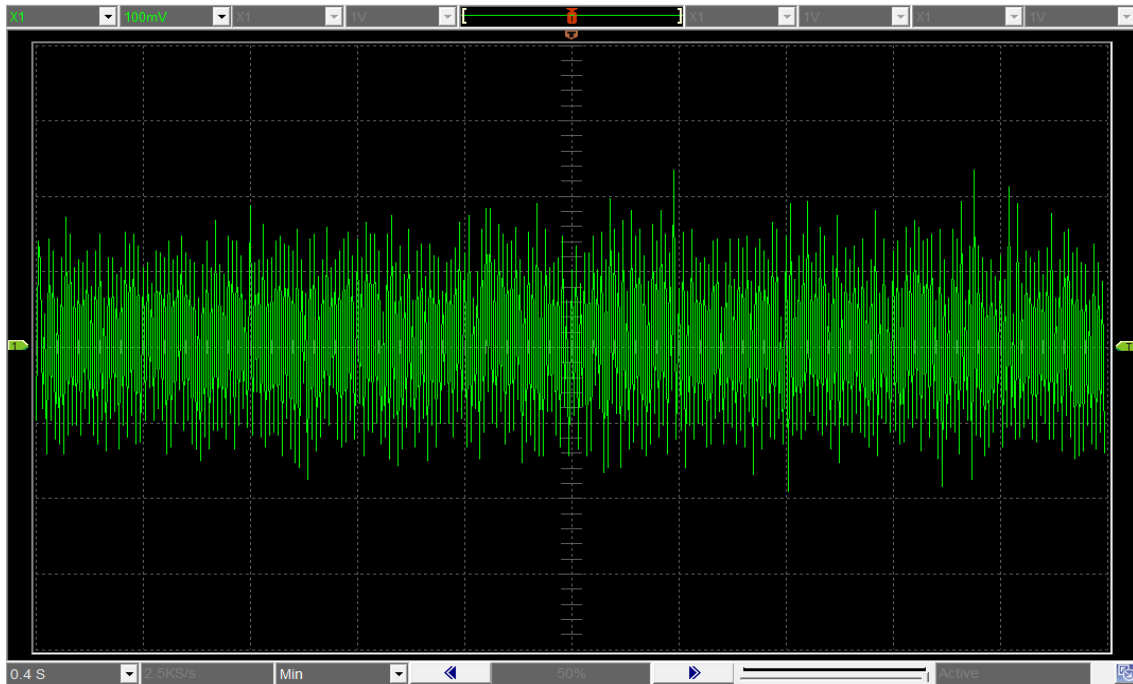
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 17 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



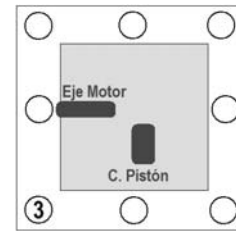
Gráfica D. 18 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

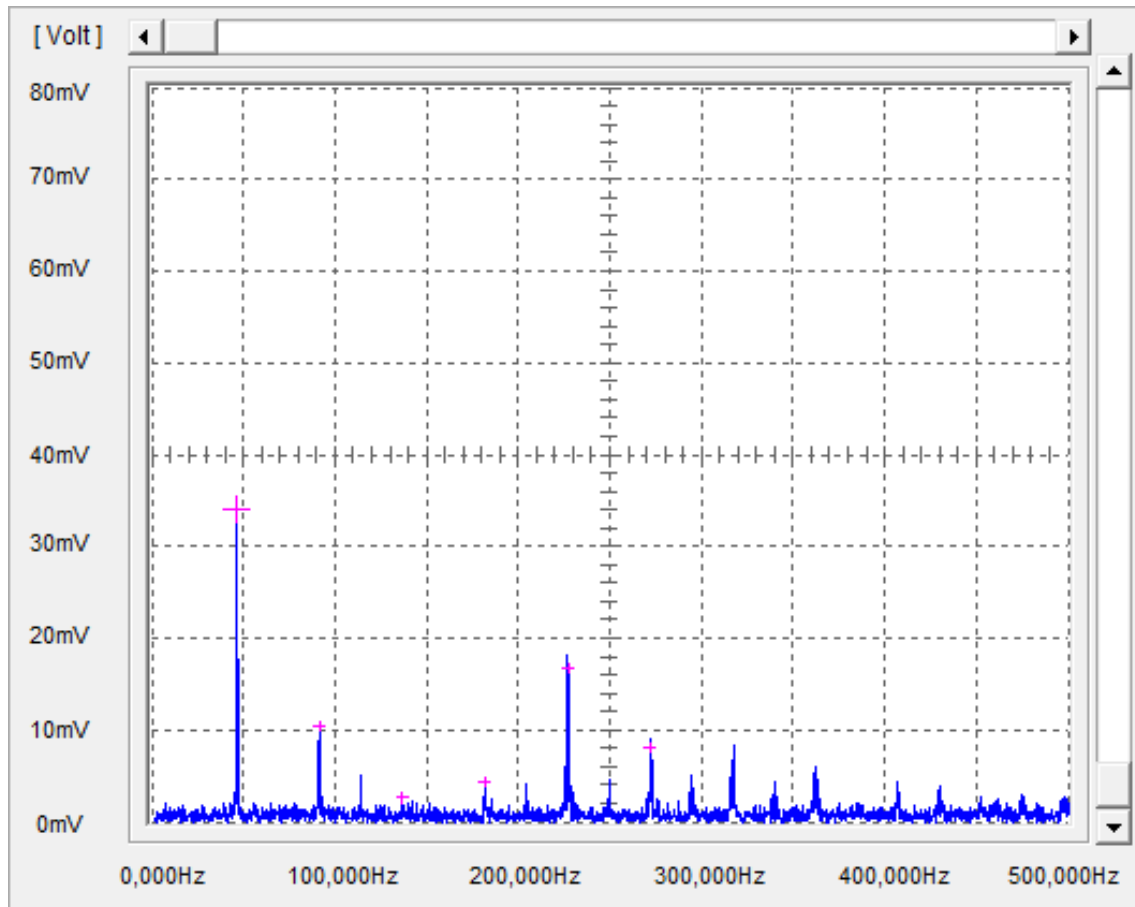
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



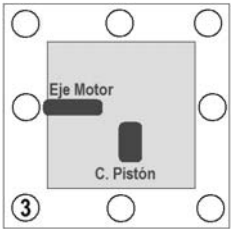
Prueba 1:



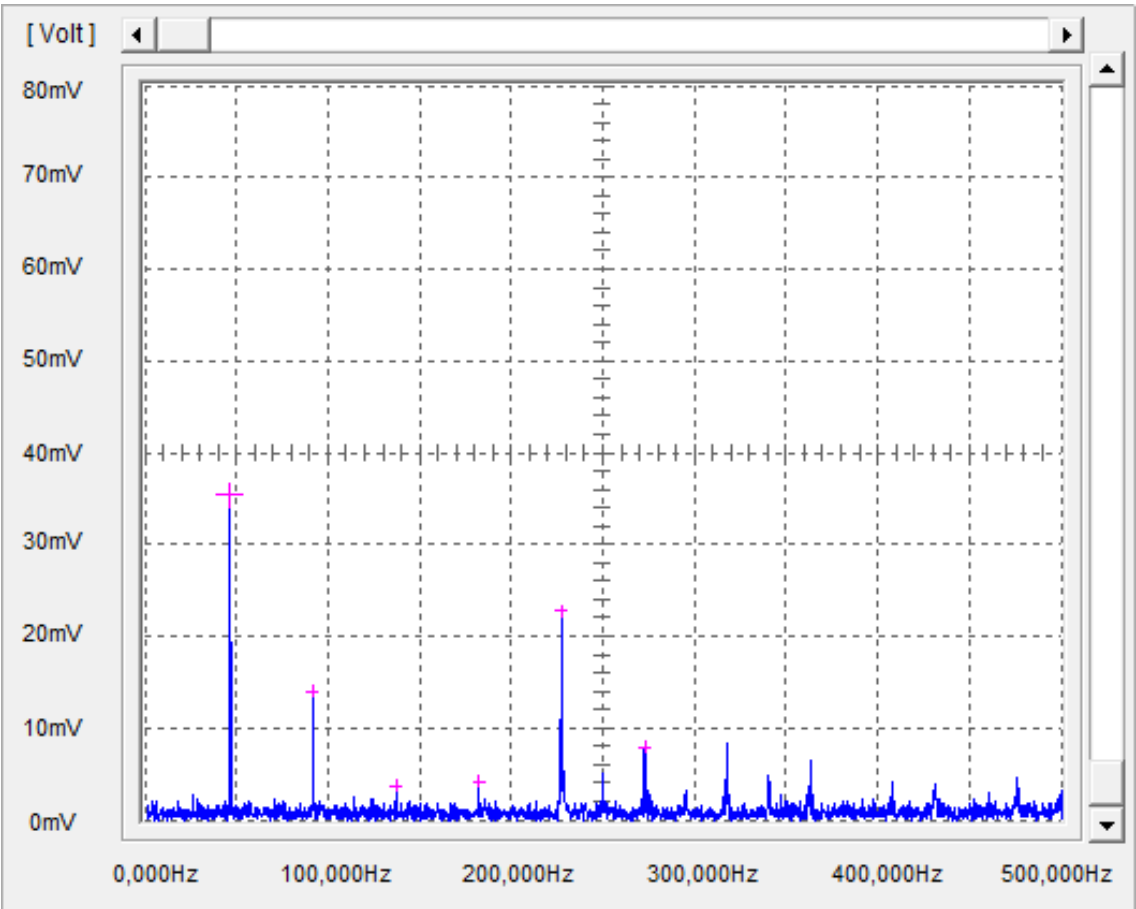
Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	34,089 mV	2nd	92,250 Hz	10,533 mV
3rd	138,500 Hz	2,794 mV	4th	184,750 Hz	4,469 mV
5th	231,000 Hz	16,799 mV	6th	277,000 Hz	8,191 mV

Gráfica D. 19 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	35,390 mV	2nd	92,500 Hz	14,121 mV
3rd	138,750 Hz	3,842 mV	4th	185,000 Hz	4,270 mV
5th	231,250 Hz	22,836 mV	6th	277,750 Hz	8,063 mV

Gráfica D. 20 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

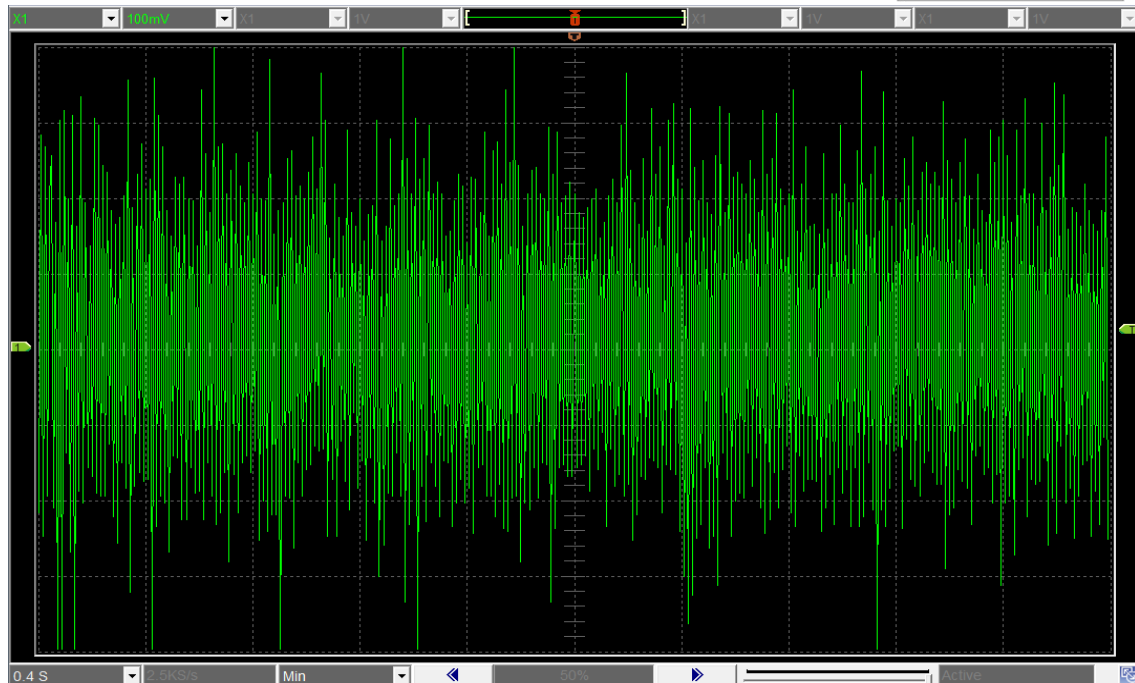
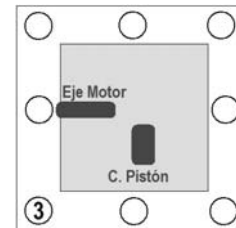
Referencia de medición: Punto 3.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

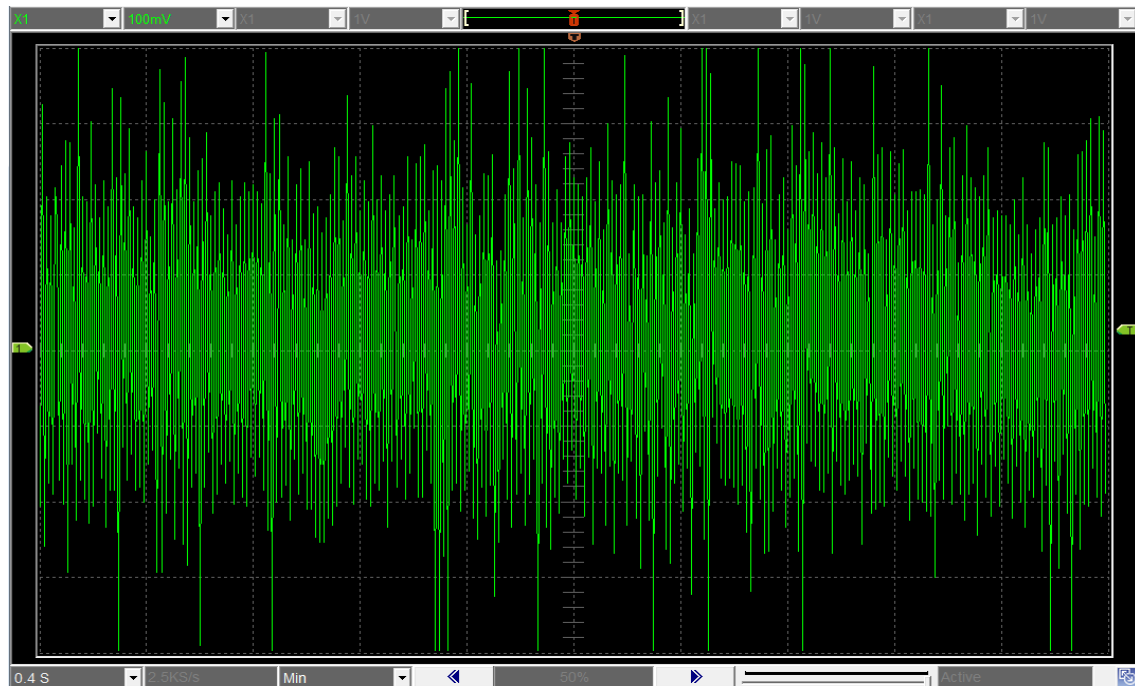
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



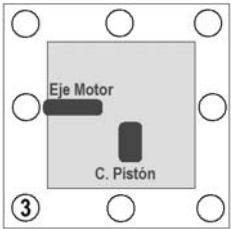
Gráfica D. 21 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

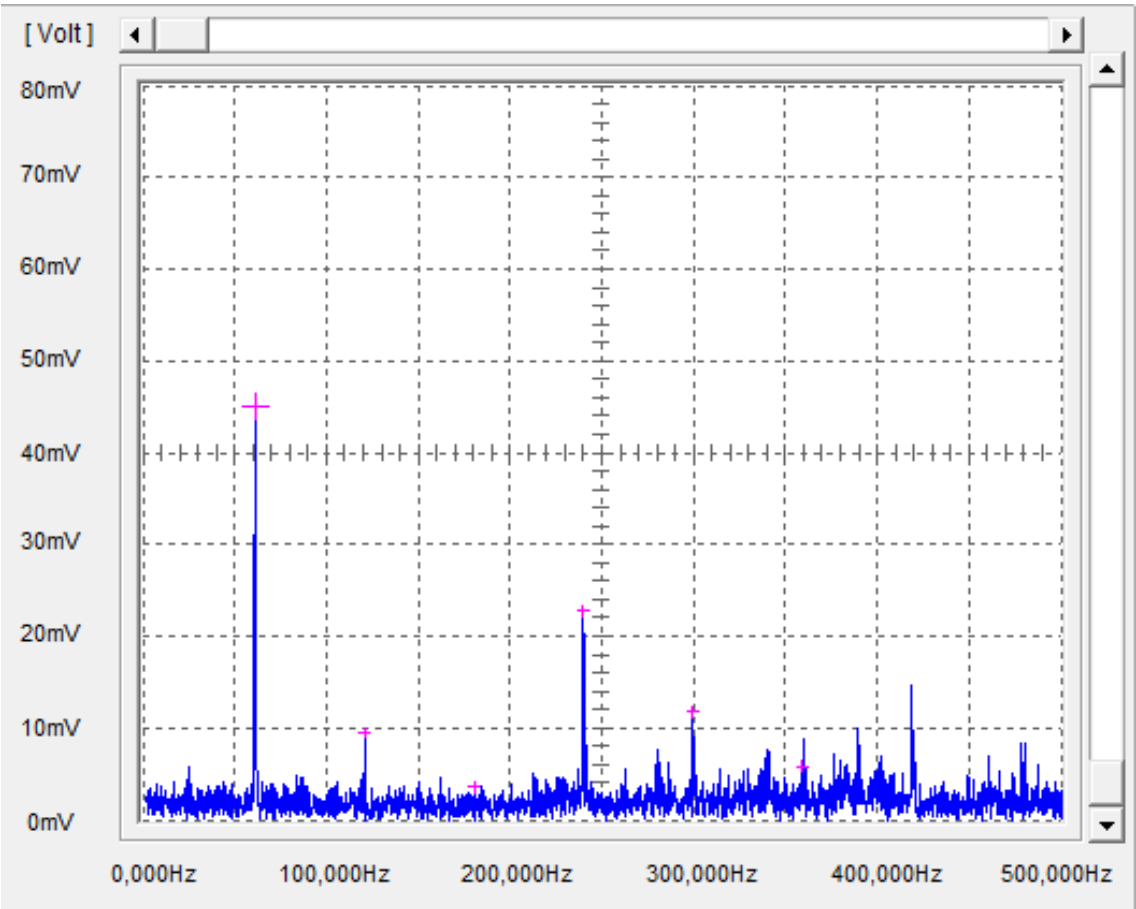


Gráfica D. 22 Amplitud de aceleraciones Punto 3, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	45,039 mV	2nd	122,250 Hz	9,572 mV
3rd	183,500 Hz	3,682 mV	4th	244,000 Hz	22,810 mV
5th	305,000 Hz	11,831 mV	6th	366,000 Hz	5,969 mV

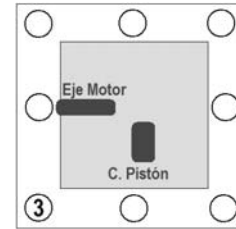
Gráfica D. 23 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 3.

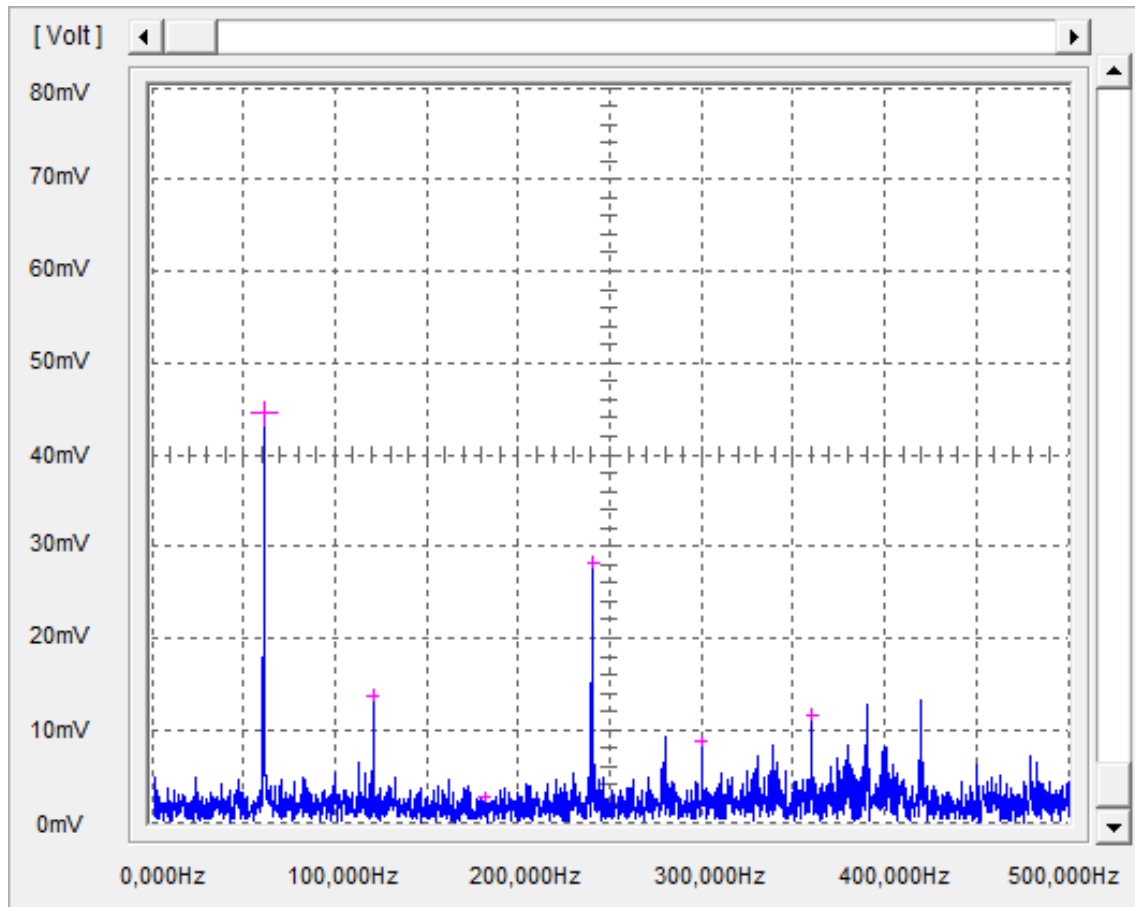
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	44,480 mV	2nd	122,250 Hz	13,898 mV
3rd	184,250 Hz	2,826 mV	4th	244,750 Hz	28,330 mV
5th	305,750 Hz	8,899 mV	6th	367,000 Hz	11,793 mV

Gráfica D. 24 Transformada Rápida de Fourier Punto 3, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

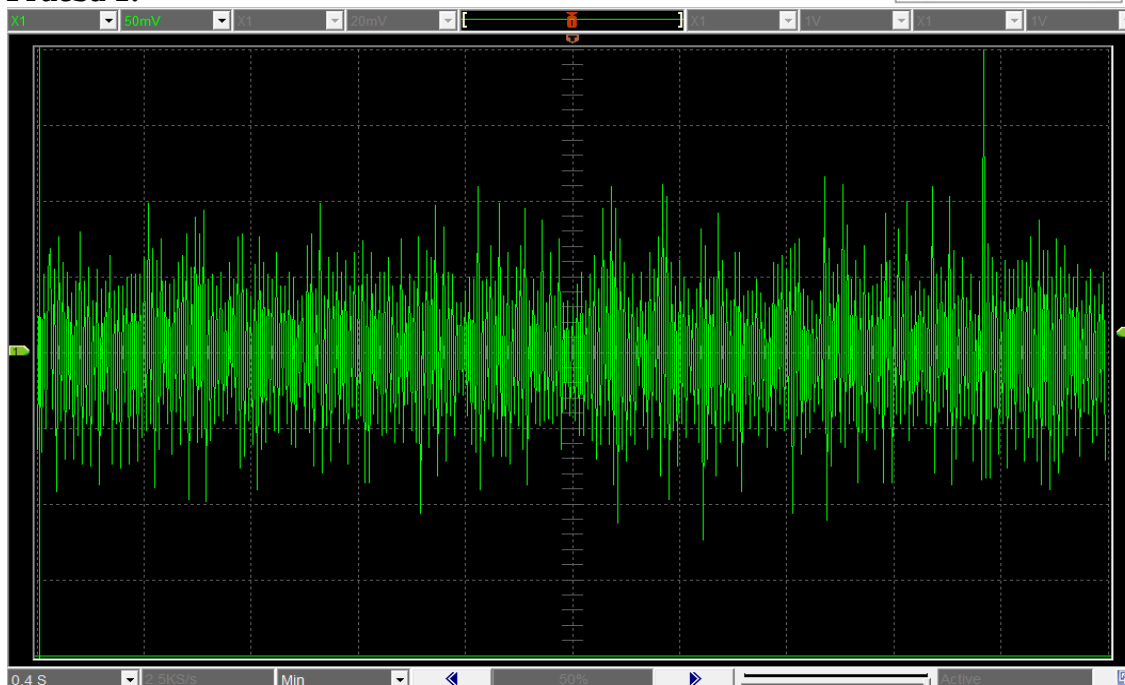
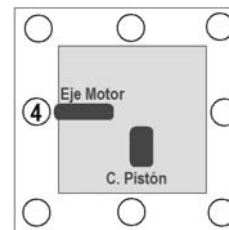
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

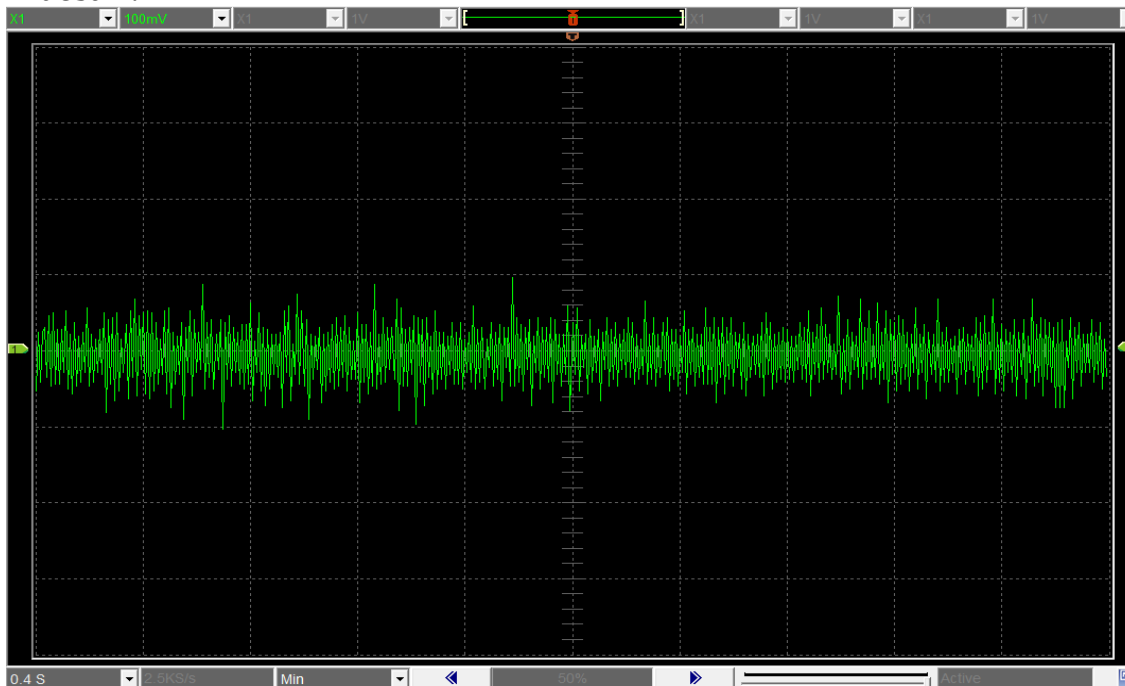
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 25 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



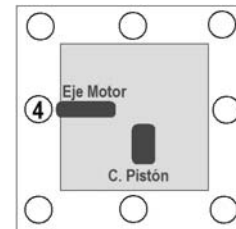
Gráfica D. 26 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

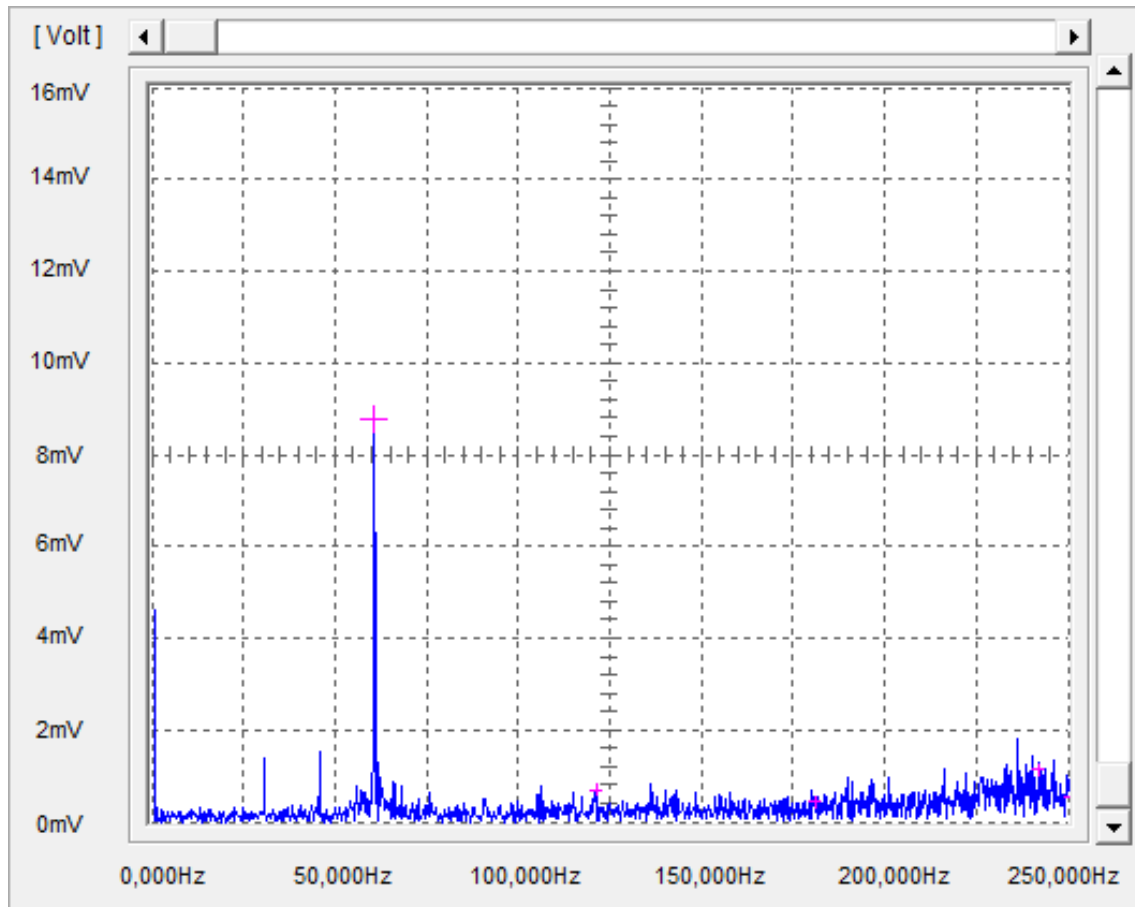
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



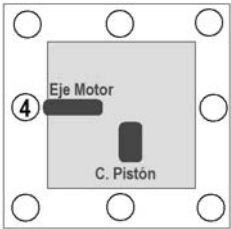
Prueba 1:



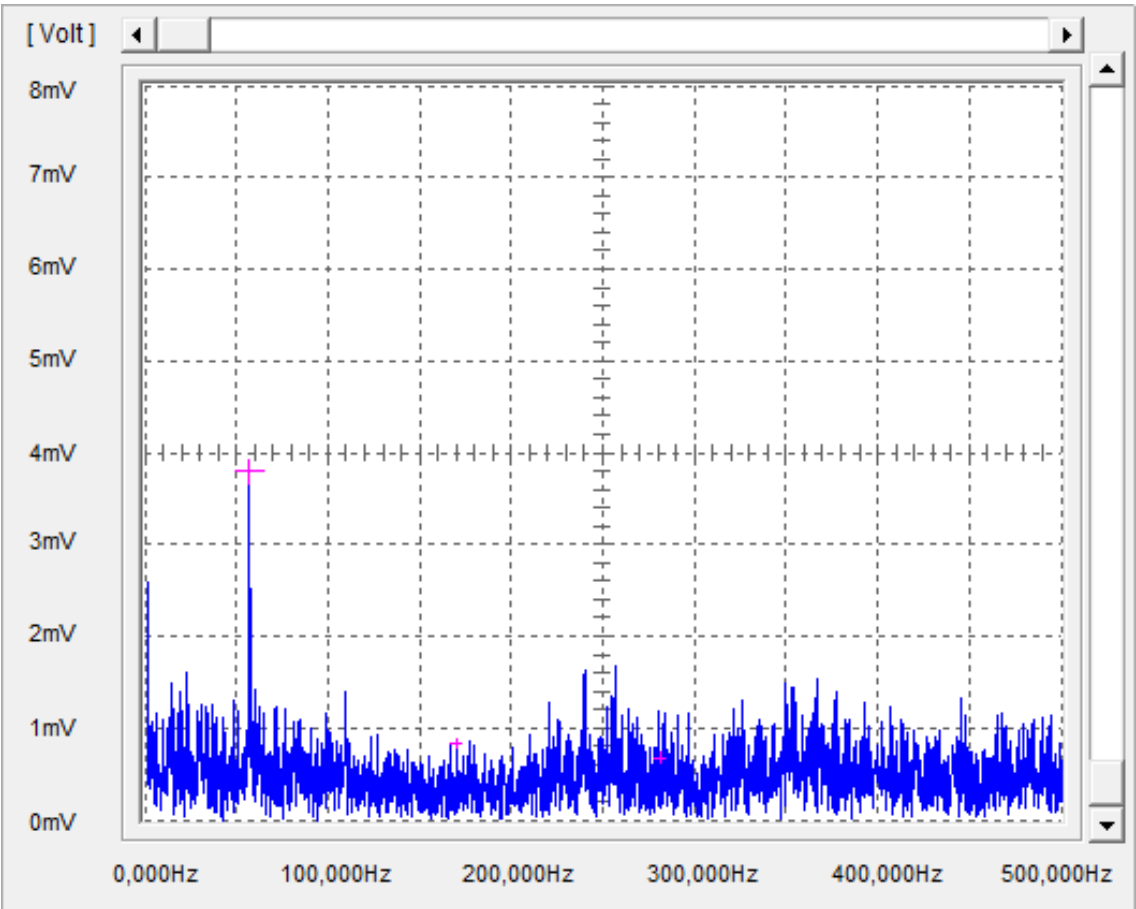
Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	8,779 mV	2nd	123,250 Hz	0,714 mV
3rd	184,250 Hz	0,457 mV	4th	246,500 Hz	1,152 mV
5th	255,750 Hz	8,192 mV	6th	255,750 Hz	8,224 mV

Gráfica D. 27 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	57,250 Hz	3,796 mV	2nd	---	---
3rd	172,250 Hz	0,843 mV	4th	---	---
5th	286,500 Hz	0,684 mV	6th	---	---

Gráfica D. 28 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

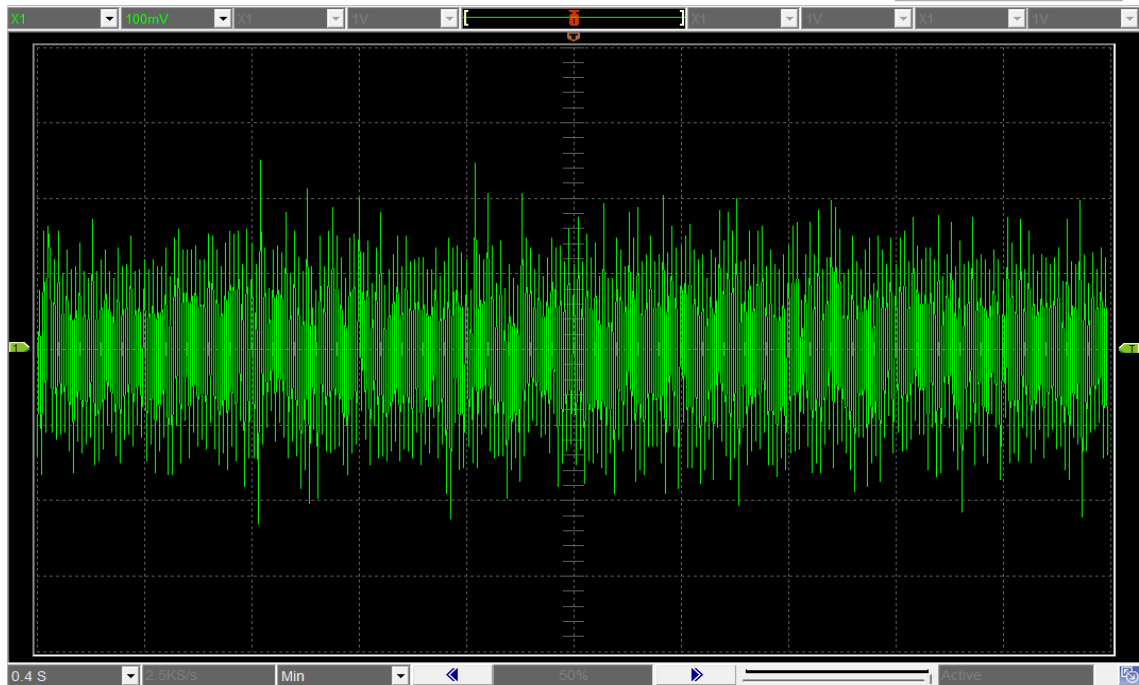
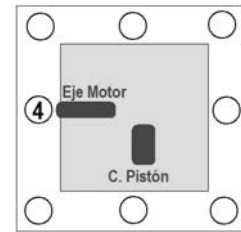
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

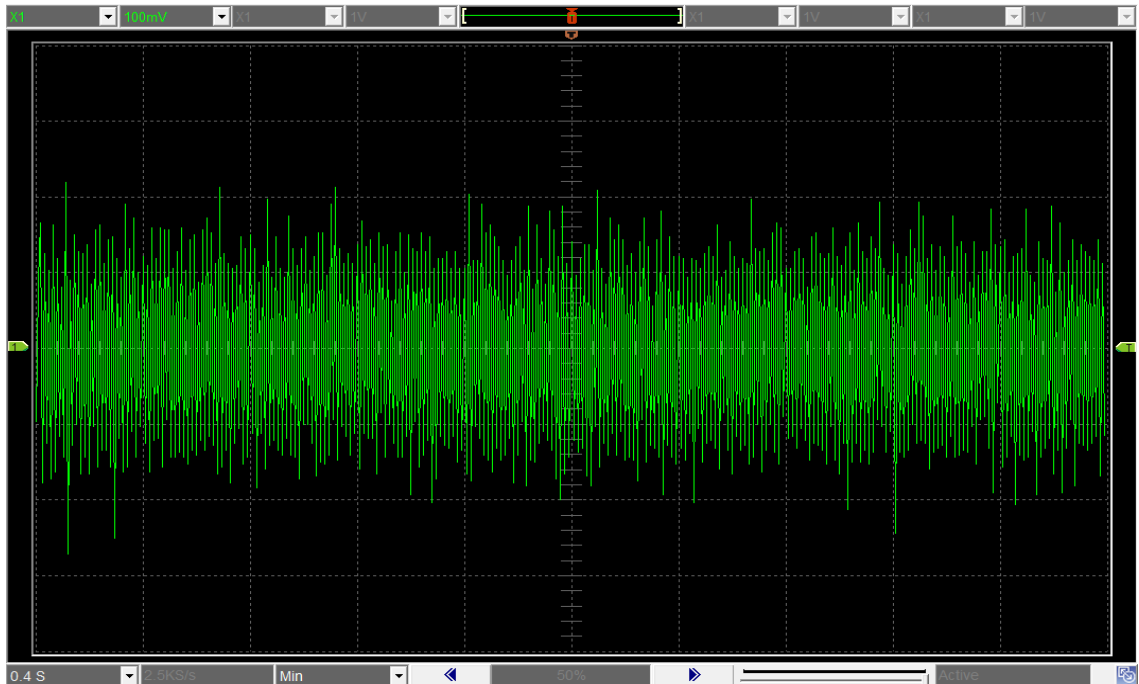
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 29 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



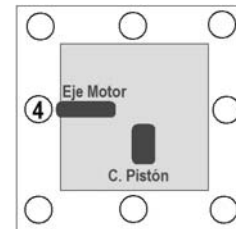
Gráfica D. 30 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

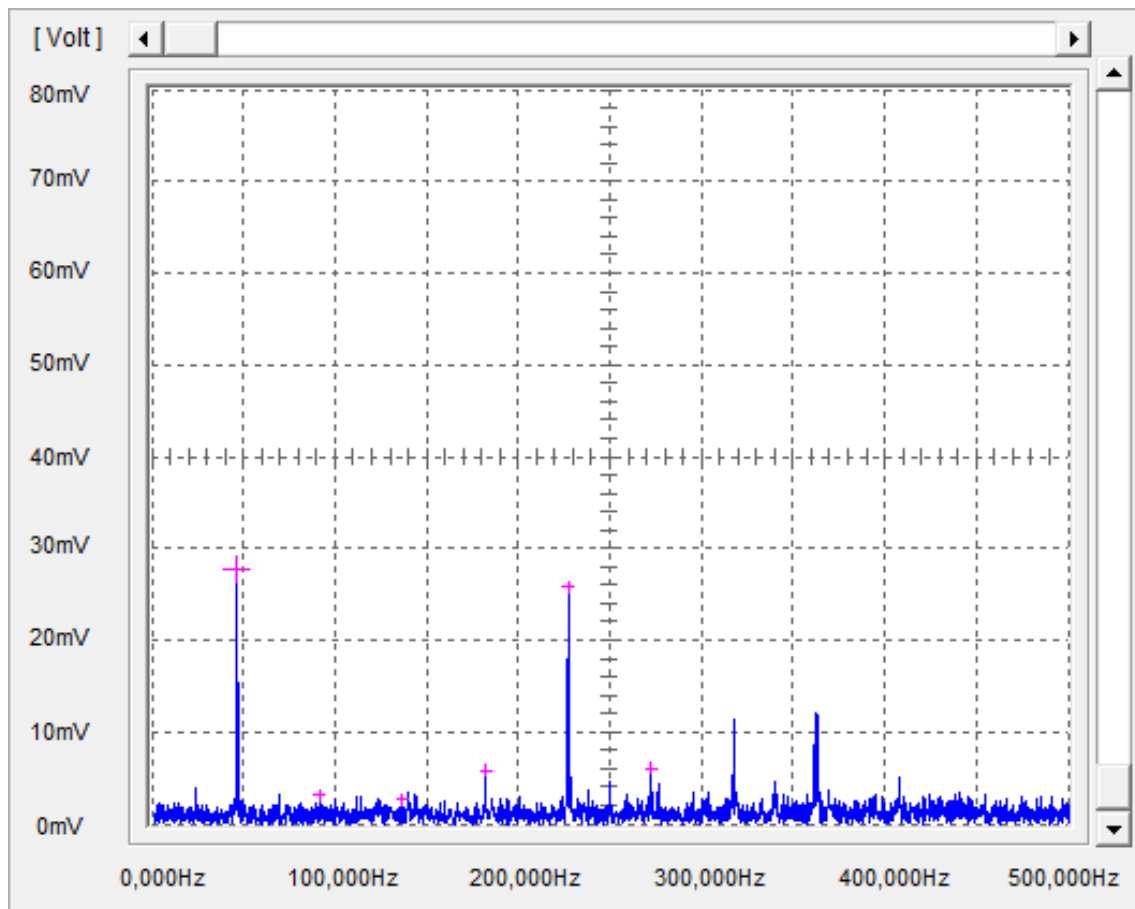
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	27,750 mV	2nd	92,500 Hz	3,201 mV
3rd	138,250 Hz	2,755 mV	4th	185,000 Hz	5,923 mV
5th	231,250 Hz	25,845 mV	6th	277,500 Hz	6,142 mV

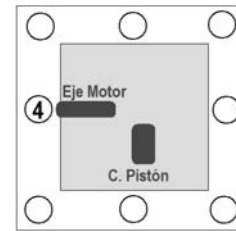
Gráfica D. 31 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

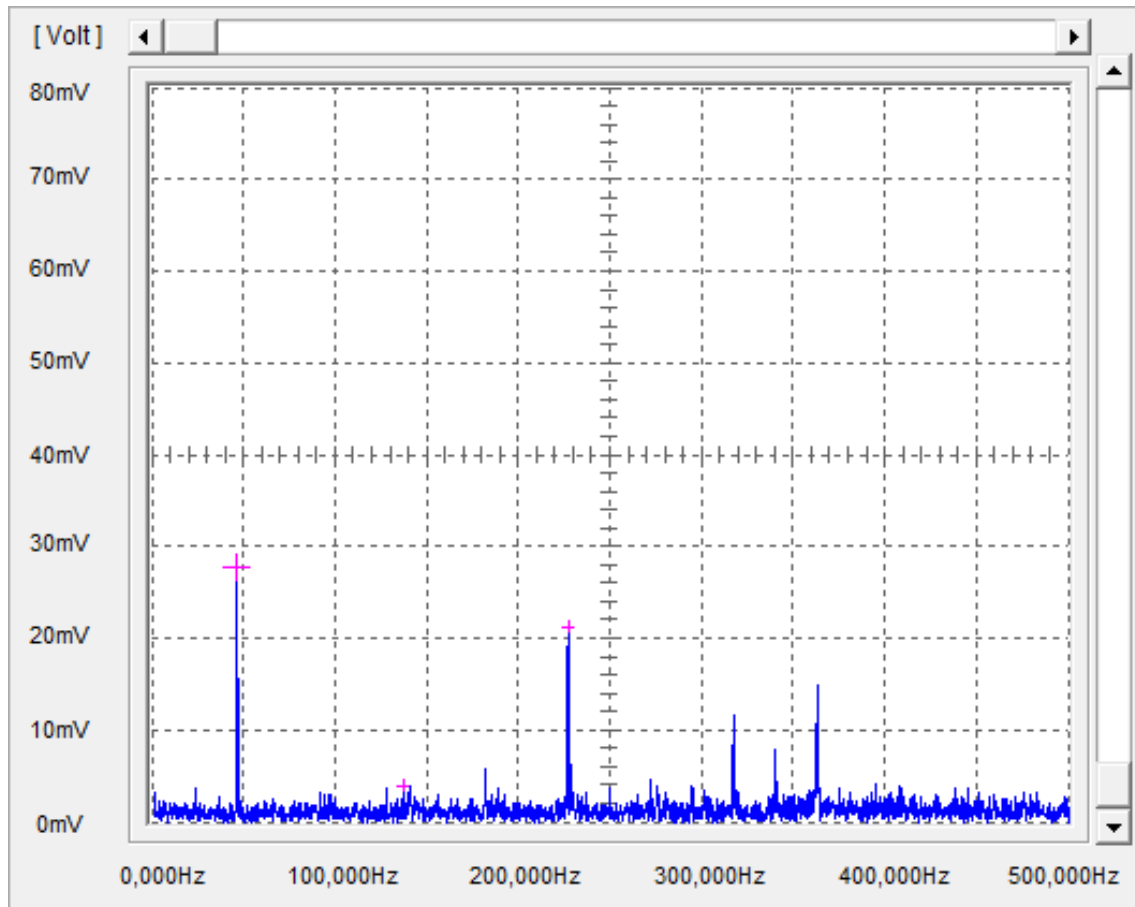
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	27,778 mV	2nd	---	---
3rd	138,750 Hz	4,080 mV	4th	---	---
5th	231,250 Hz	21,306 mV	6th	---	---

Gráfica D. 32 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

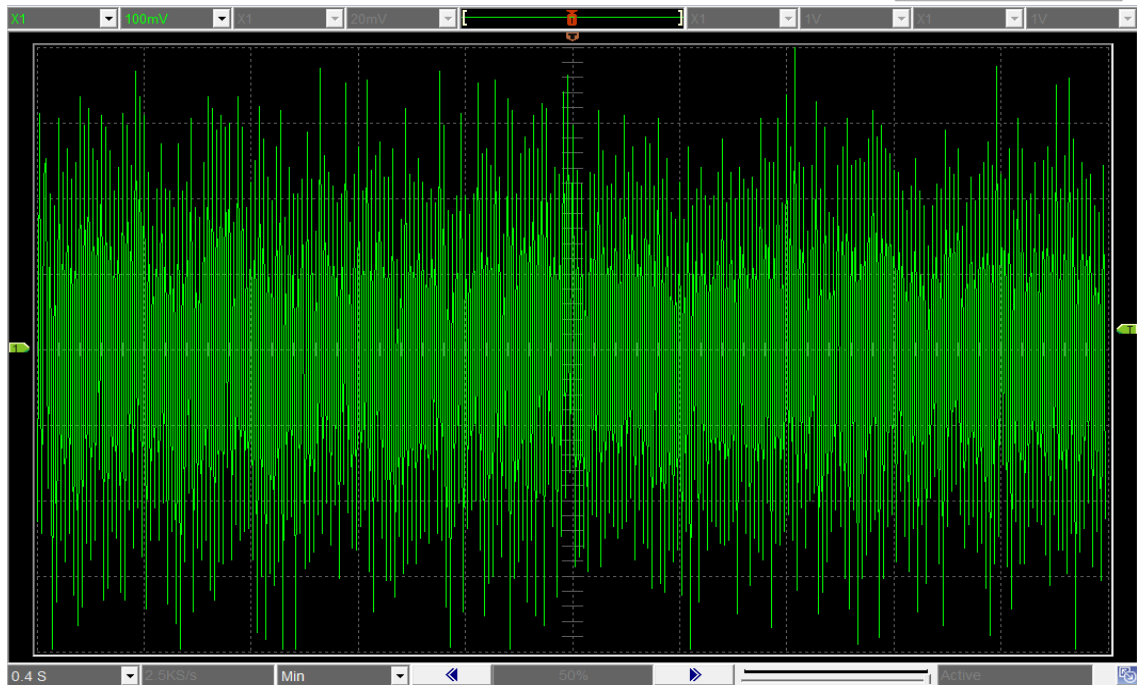
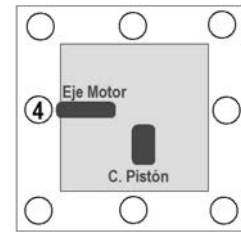
Referencia de medición: Punto 4.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

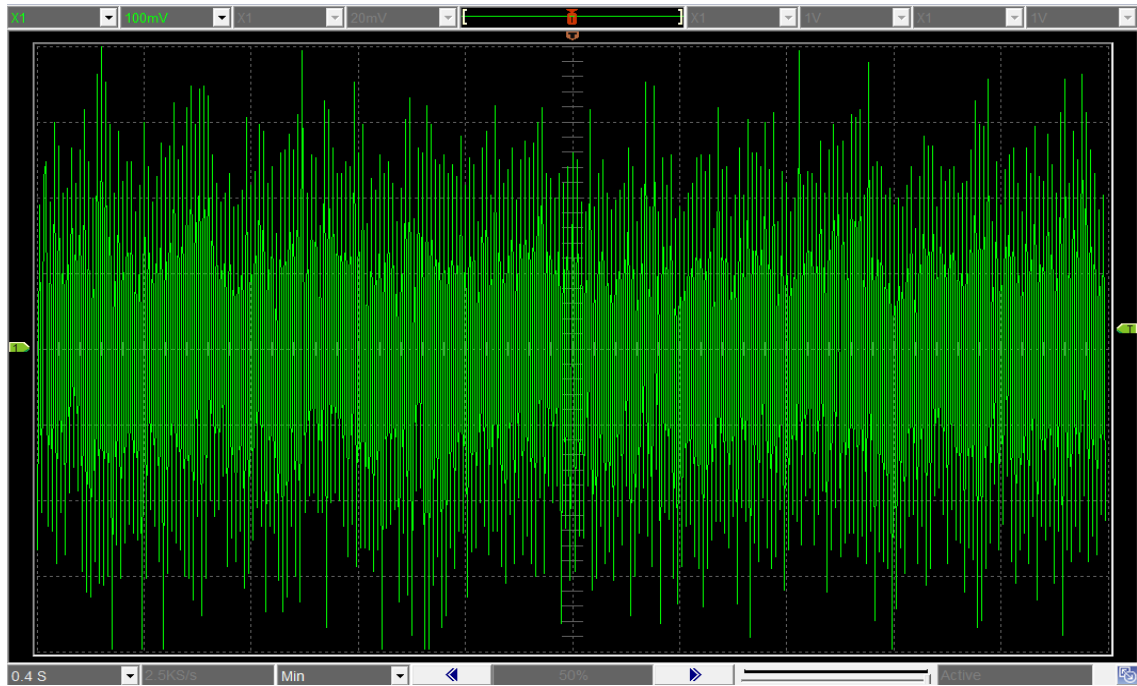
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 33 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



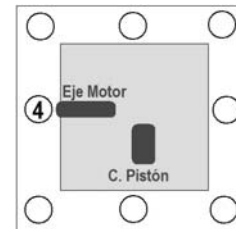
Gráfica D. 34 Amplitud de aceleraciones Punto 4, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

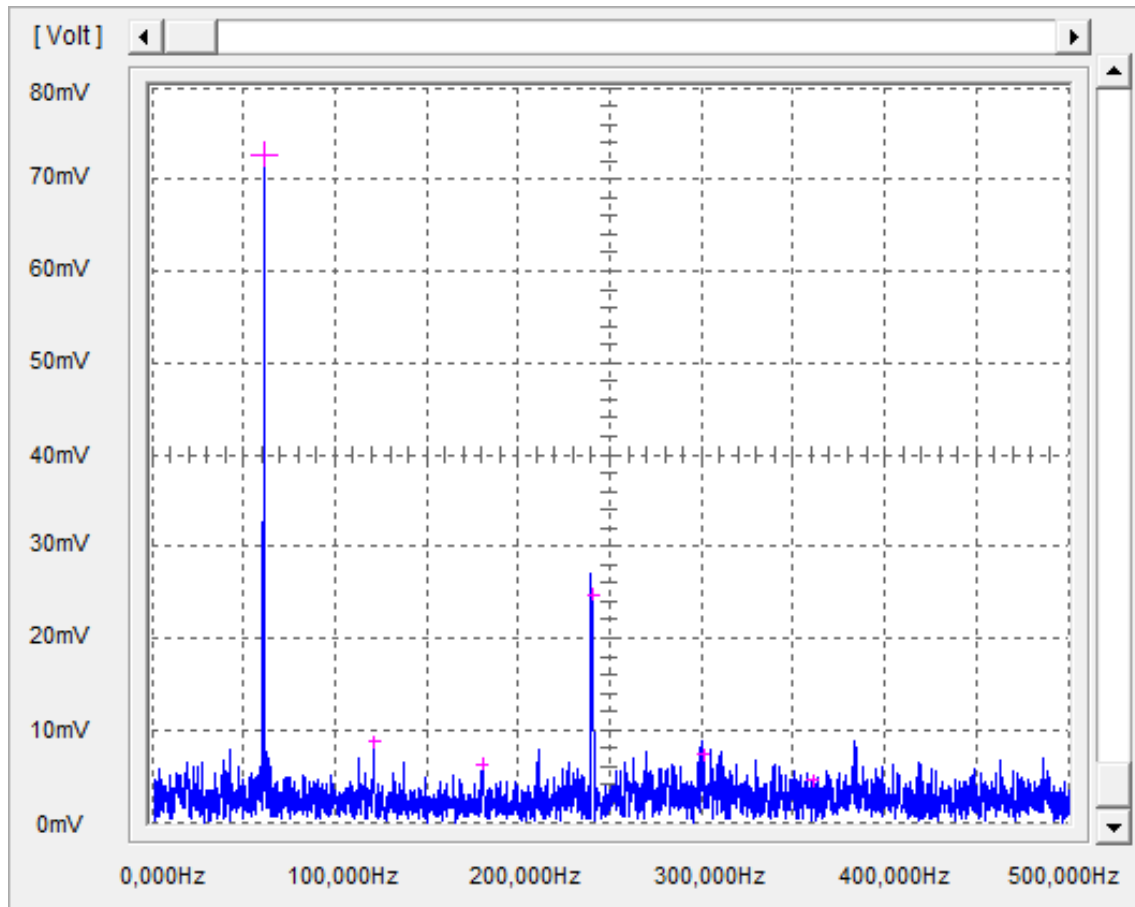
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	72,607 mV	2nd	122,750 Hz	8,815 mV
3rd	183,250 Hz	6,433 mV	4th	245,000 Hz	24,791 mV
5th	306,500 Hz	7,424 mV	6th	367,750 Hz	4,653 mV

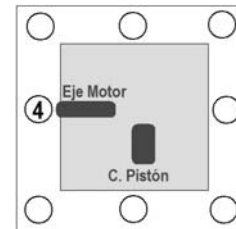
Gráfica D. 35 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 4.

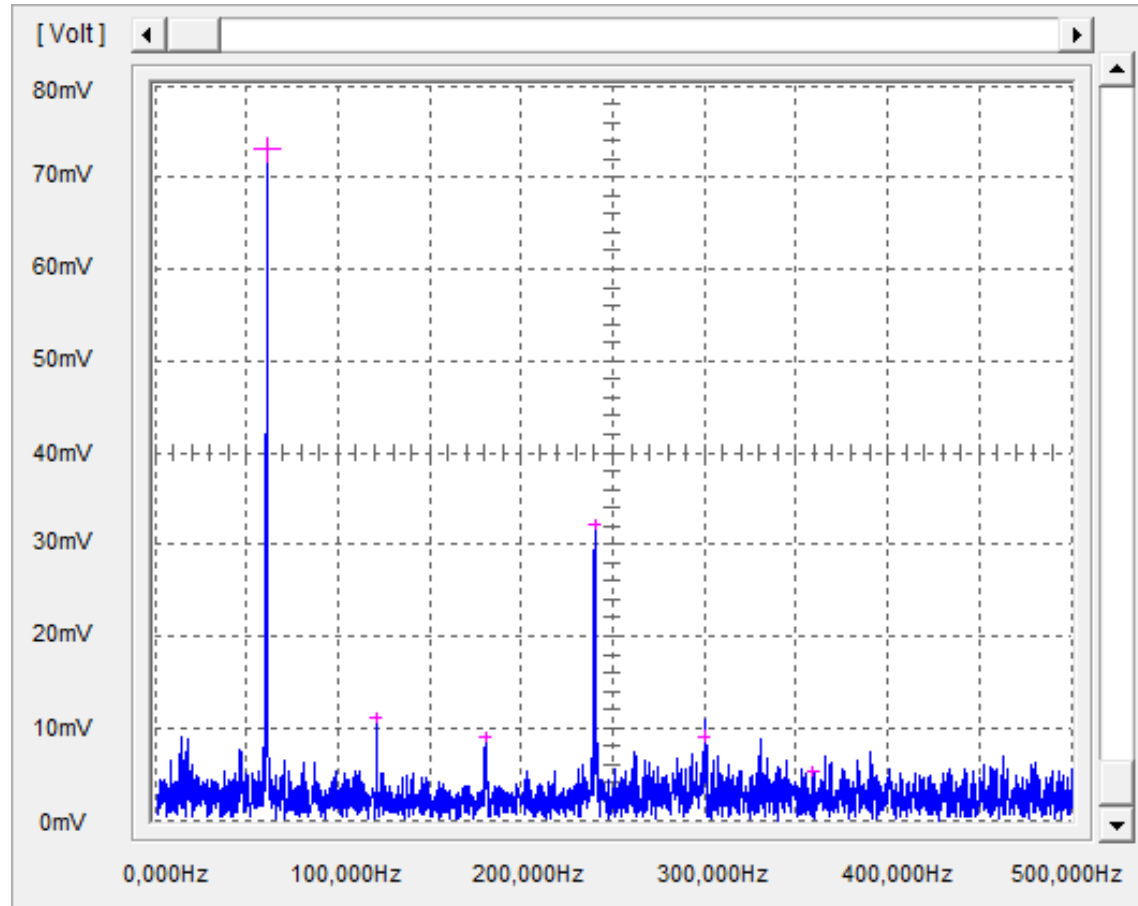
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	72,943 mV	2nd	122,250 Hz	11,215 mV
3rd	183,250 Hz	9,126 mV	4th	244,250 Hz	32,217 mV
5th	305,250 Hz	9,223 mV	6th	366,000 Hz	5,365 mV

Gráfica D. 36 Transformada Rápida de Fourier Punto 4, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

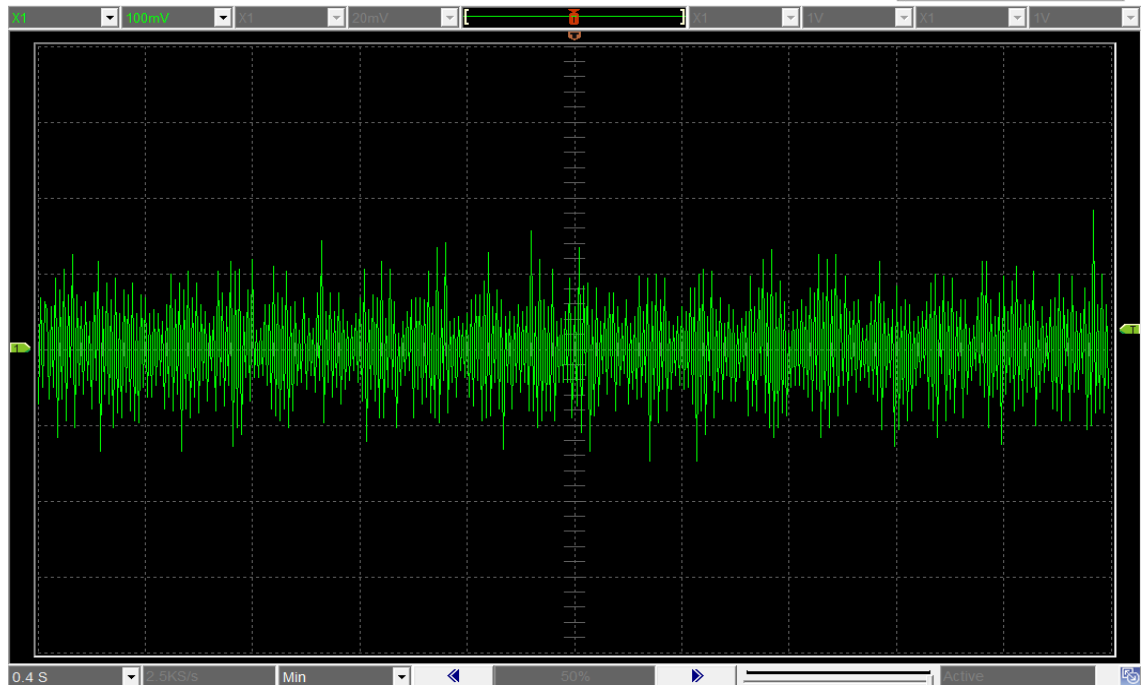
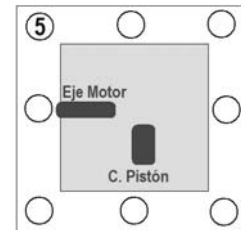
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

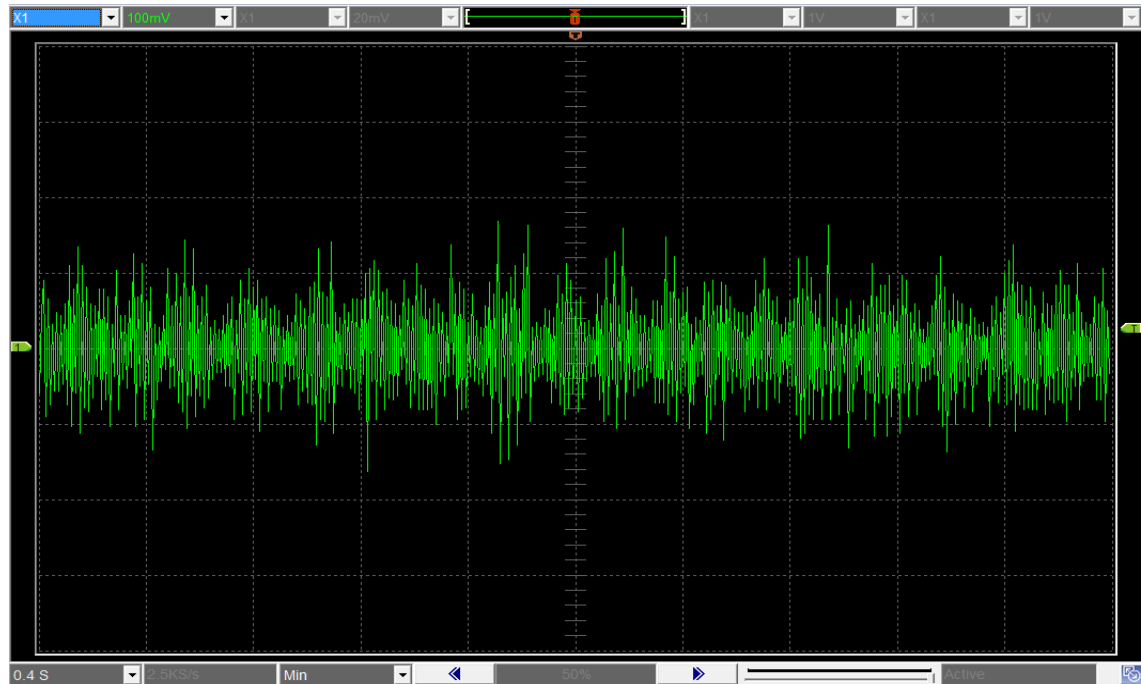
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 37 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



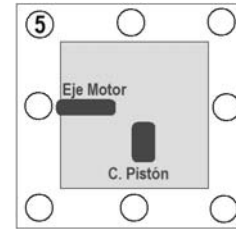
Gráfica D. 38 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

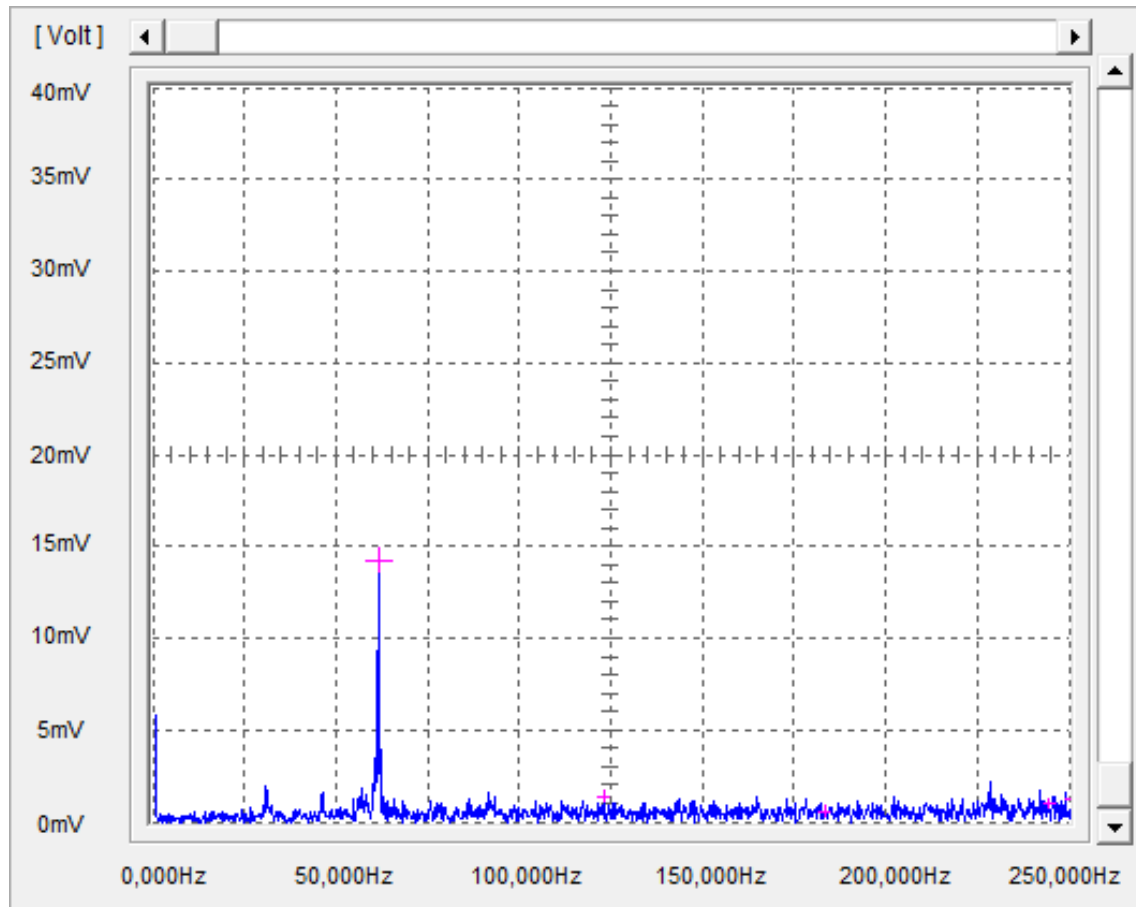
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	62,250 Hz	14,272 mV	2nd	125,000 Hz	1,434 mV
3rd	186,750 Hz	0,645 mV	4th	249,250 Hz	1,049 mV
5th	255,750 Hz	0,110 mV	6th	255,750 Hz	0,121 mV

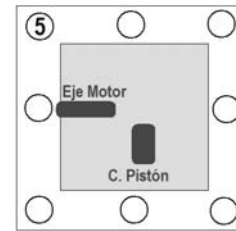
Gráfica D. 39 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

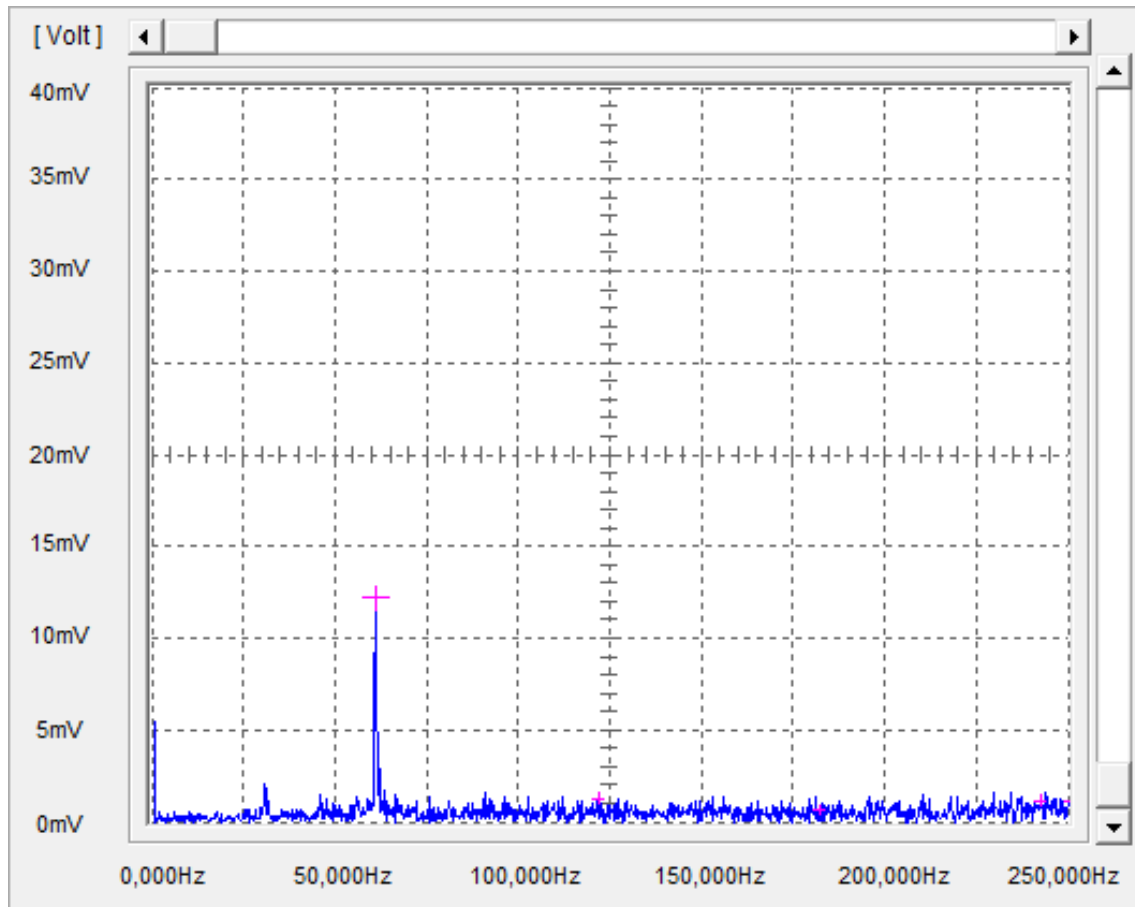
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,750 Hz	12,210 mV	2nd	124,000 Hz	1,323 mV
3rd	185,500 Hz	0,703 mV	4th	247,250 Hz	1,222 mV
5th	255,750 Hz	1,245 mV	6th	255,750 Hz	1,106 mV

Gráfica D. 40 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

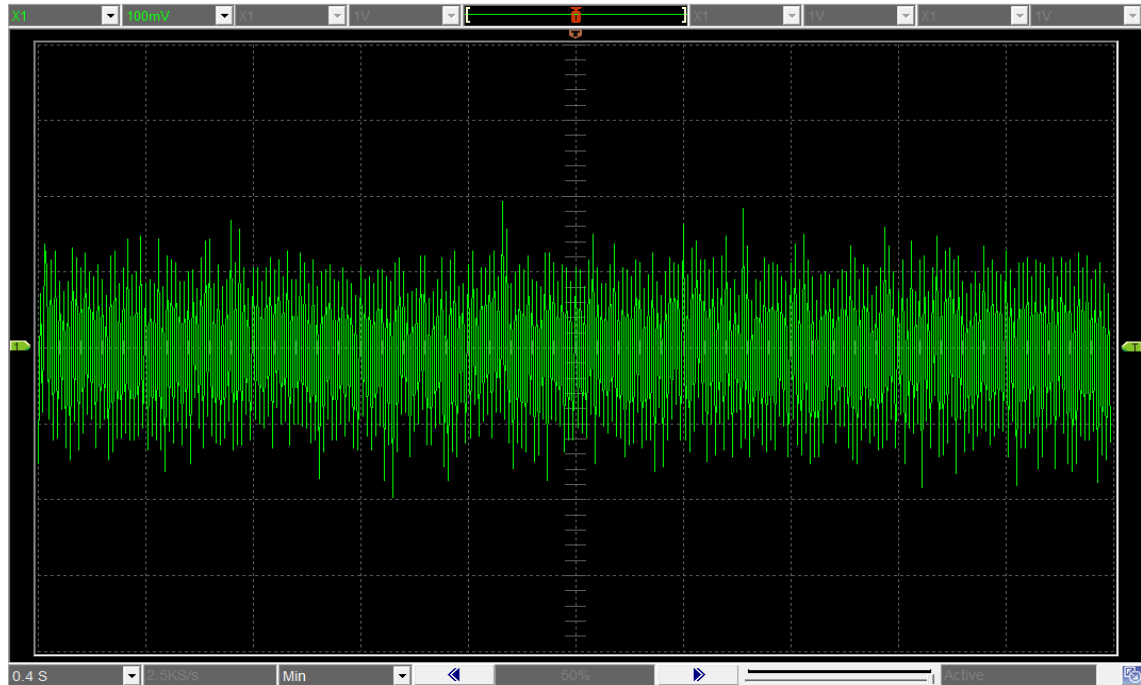
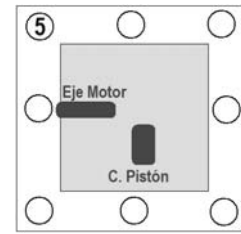
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

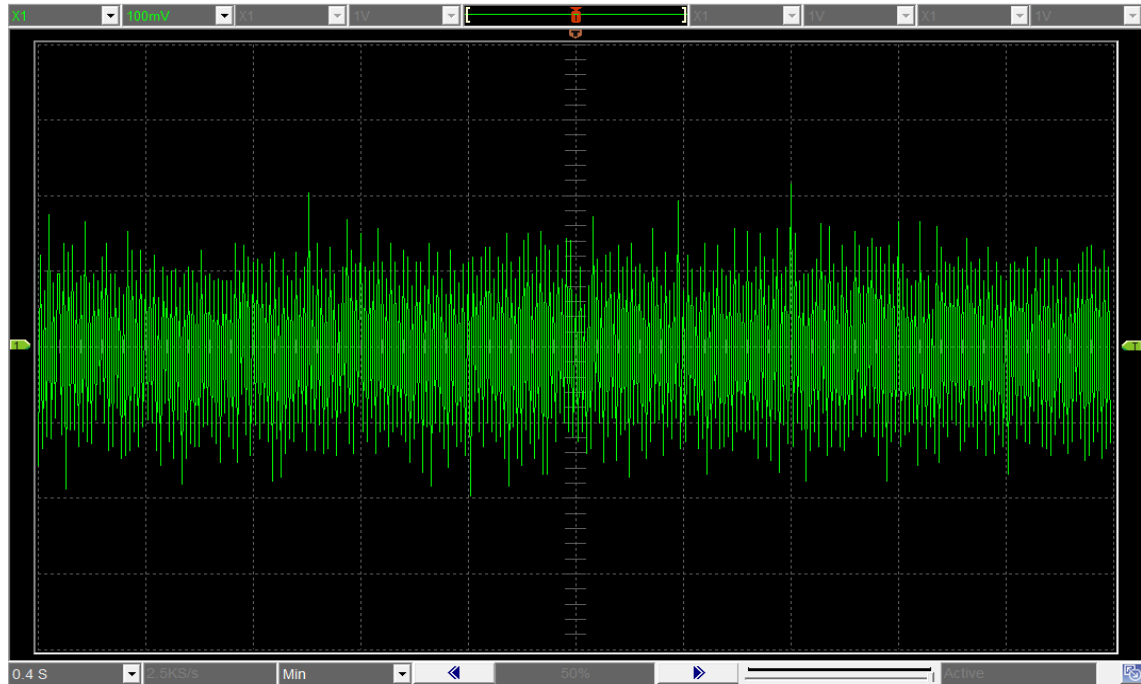
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



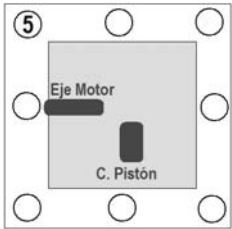
Gráfica D. 41 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:

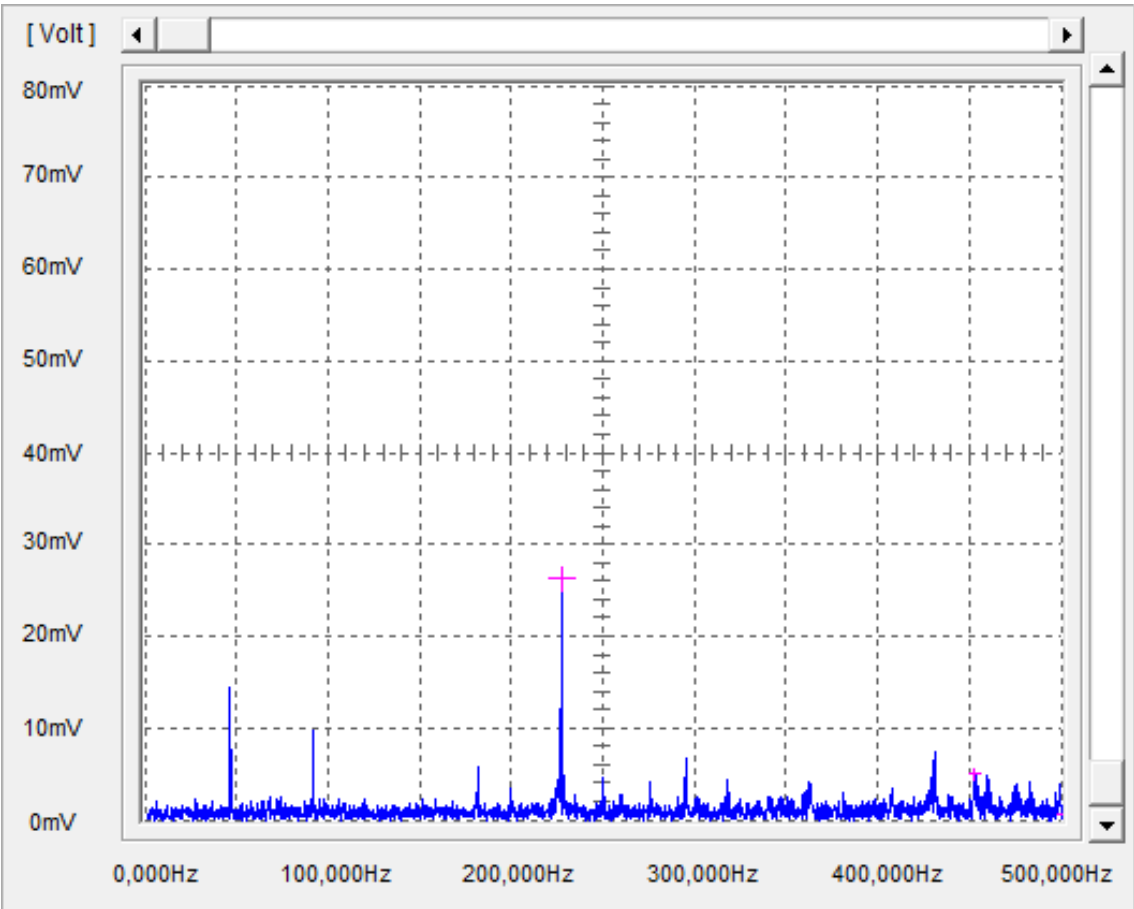


Gráfica D. 42 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 2700 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	231,250 Hz	26,302 mV	2nd	462,000 Hz	5,121 mV
3rd	511,750 Hz	3,118 mV	4th	511,750 Hz	6,044 mV
5th	511,750 Hz	26,166 mV	6th	511,750 Hz	4,628 mV

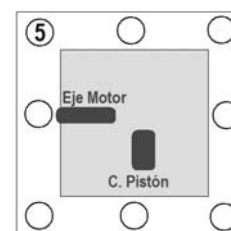
Gráfica D. 43 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

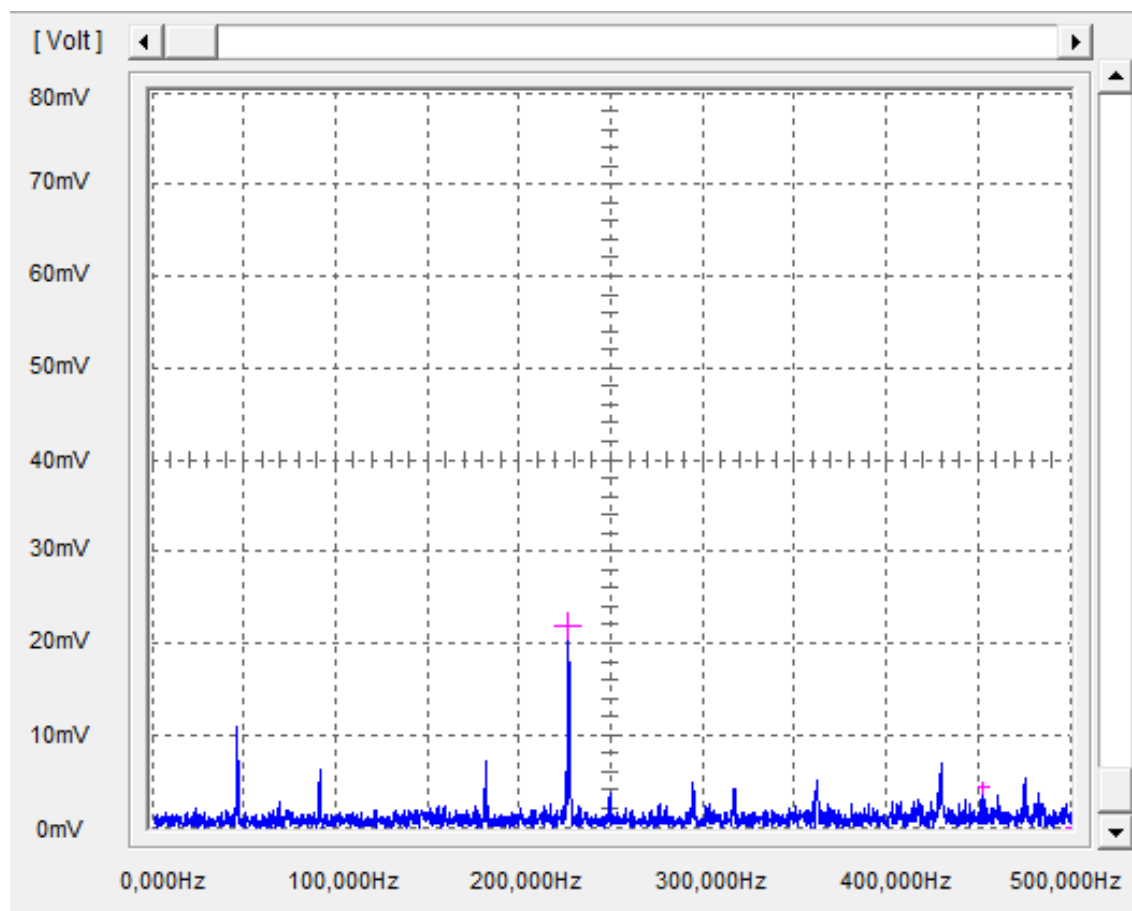
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	230,750 Hz	21,958 mV	2nd	462,000 Hz	4,378 mV
3rd	511,750 Hz	3,118 mV	4th	511,750 Hz	6,044 mV
5th	511,750 Hz	26,166 mV	6th	511,750 Hz	4,628 mV

Gráfica D. 44 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

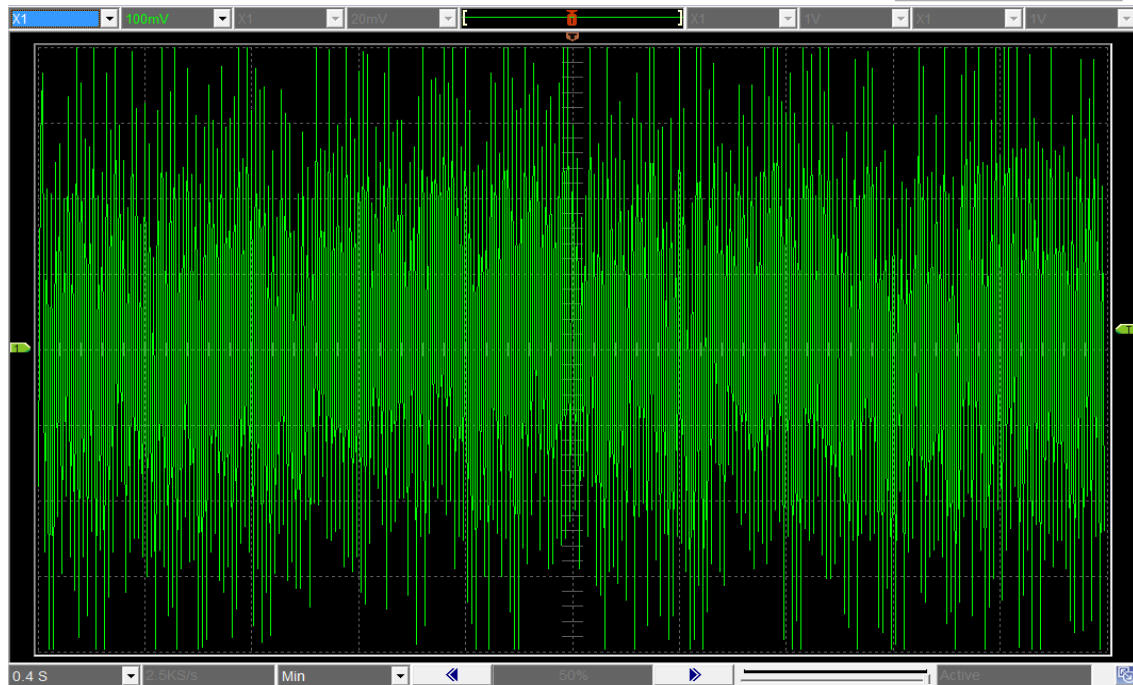
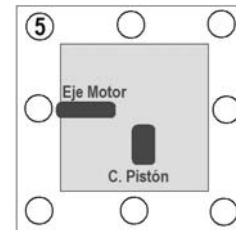
Referencia de medición: Punto 5.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

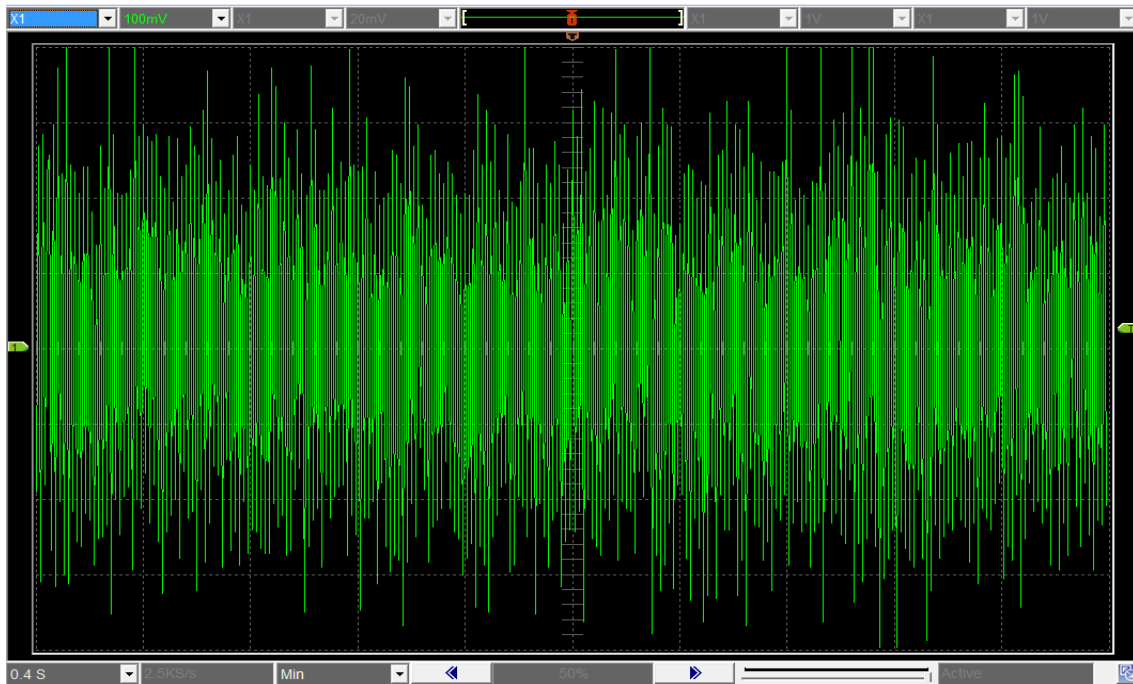
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. A. 5.345 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



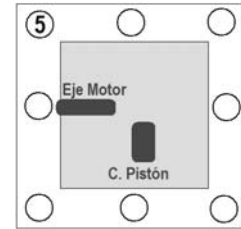
Gráfica D. 46 Amplitud de aceleraciones Punto 5, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

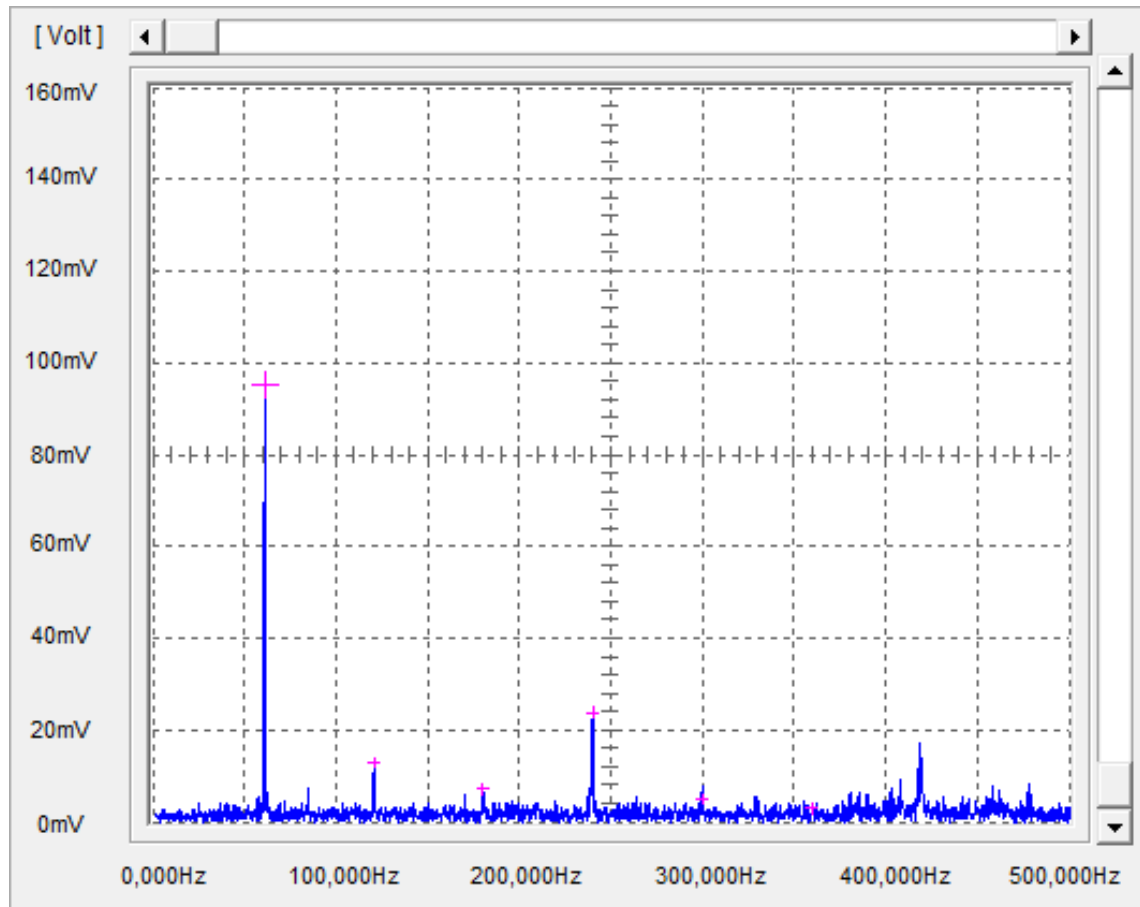
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	95,234 mV	2nd	122,000 Hz	13,184 mV
3rd	182,500 Hz	7,309 mV	4th	244,500 Hz	23,999 mV
5th	305,500 Hz	5,161 mV	6th	366,250 Hz	3,227 mV

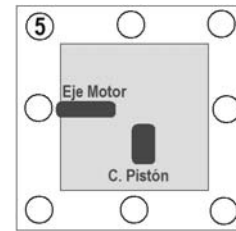
Gráfica D. 47 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 5.

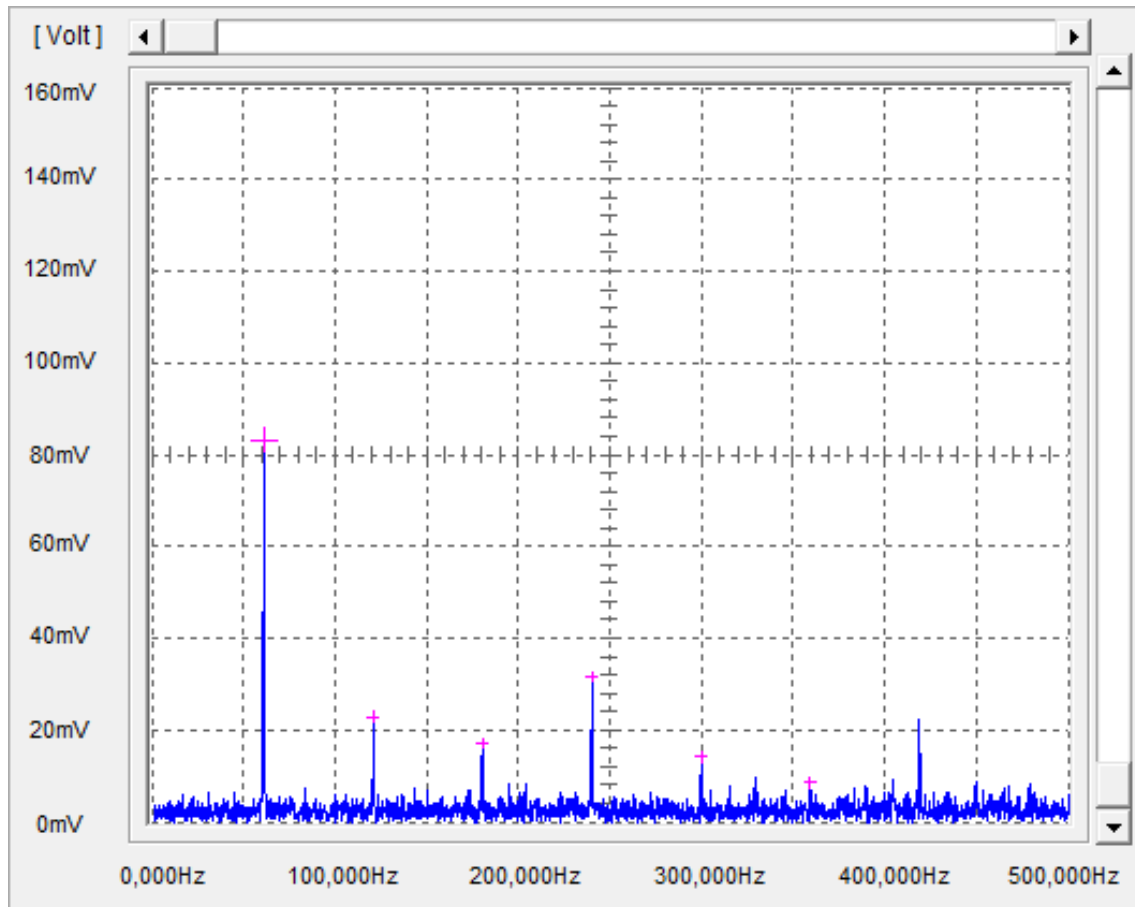
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	83,213 mV	2nd	122,250 Hz	23,118 mV
3rd	183,250 Hz	17,384 mV	4th	244,250 Hz	31,803 mV
5th	305,250 Hz	14,295 mV	6th	366,000 Hz	8,820 mV

Gráfica D. 48 Transformada Rápida de Fourier Punto 5, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

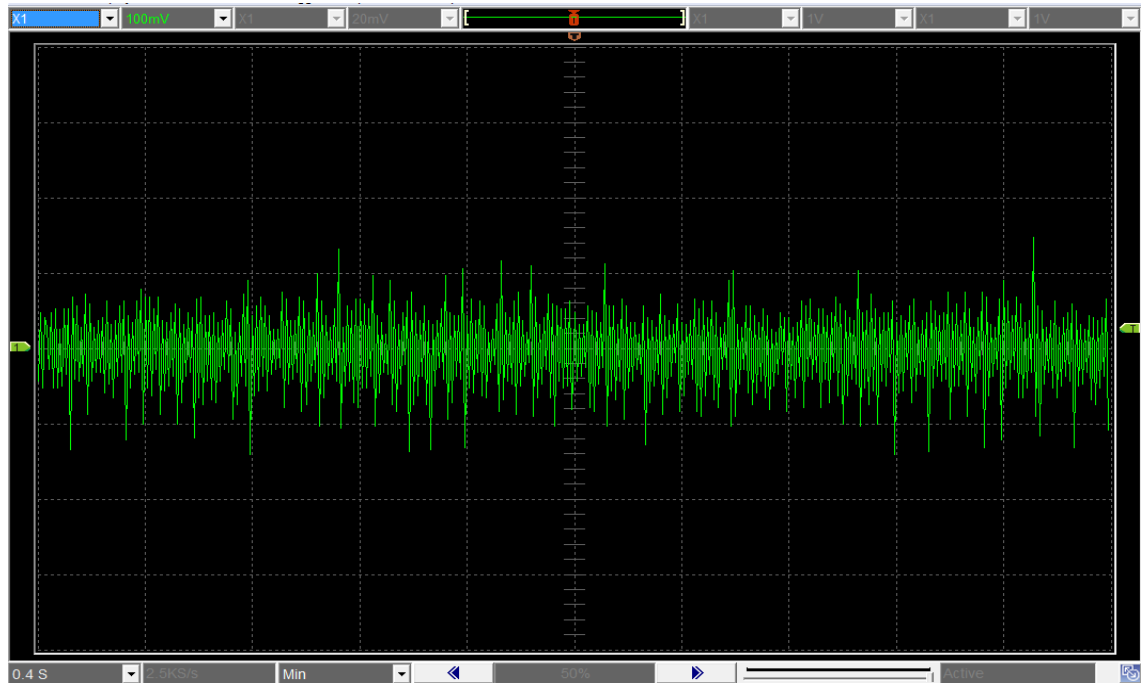
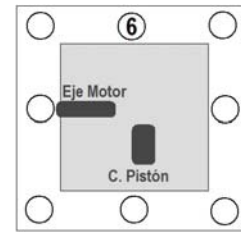
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

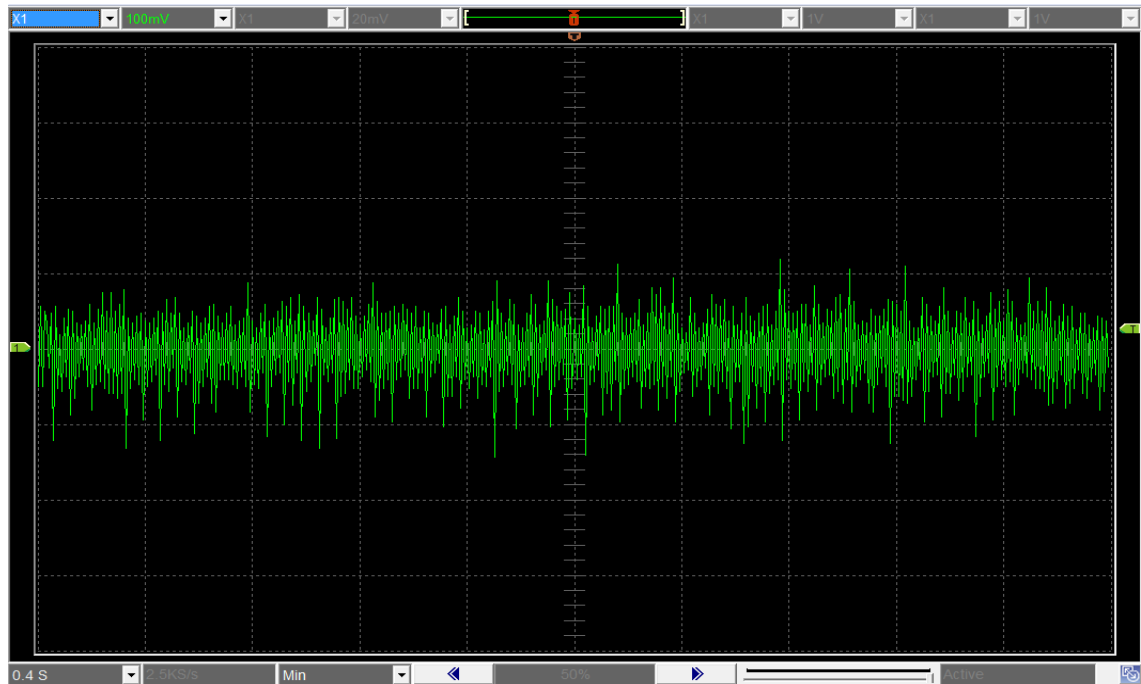
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 49 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



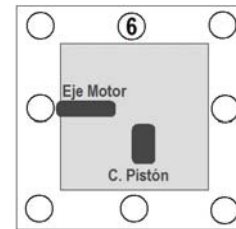
Gráfica D. 50 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

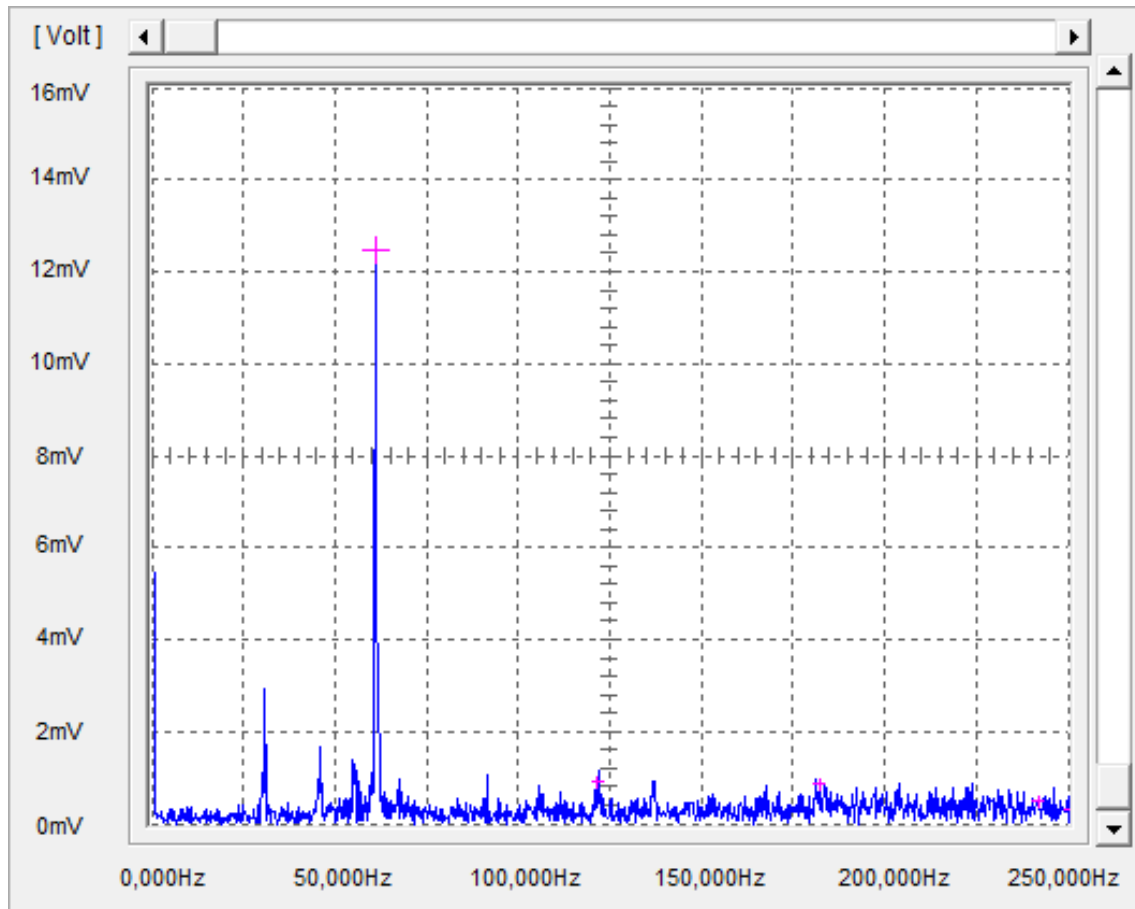
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,750 Hz	12,454 mV	2nd	123,500 Hz	0,930 mV
3rd	185,500 Hz	0,879 mV	4th	246,500 Hz	0,505 mV
5th	255,750 Hz	0,969 mV	6th	255,750 Hz	0,915 mV

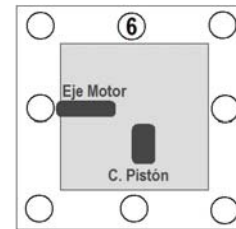
Gráfica D. 51 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

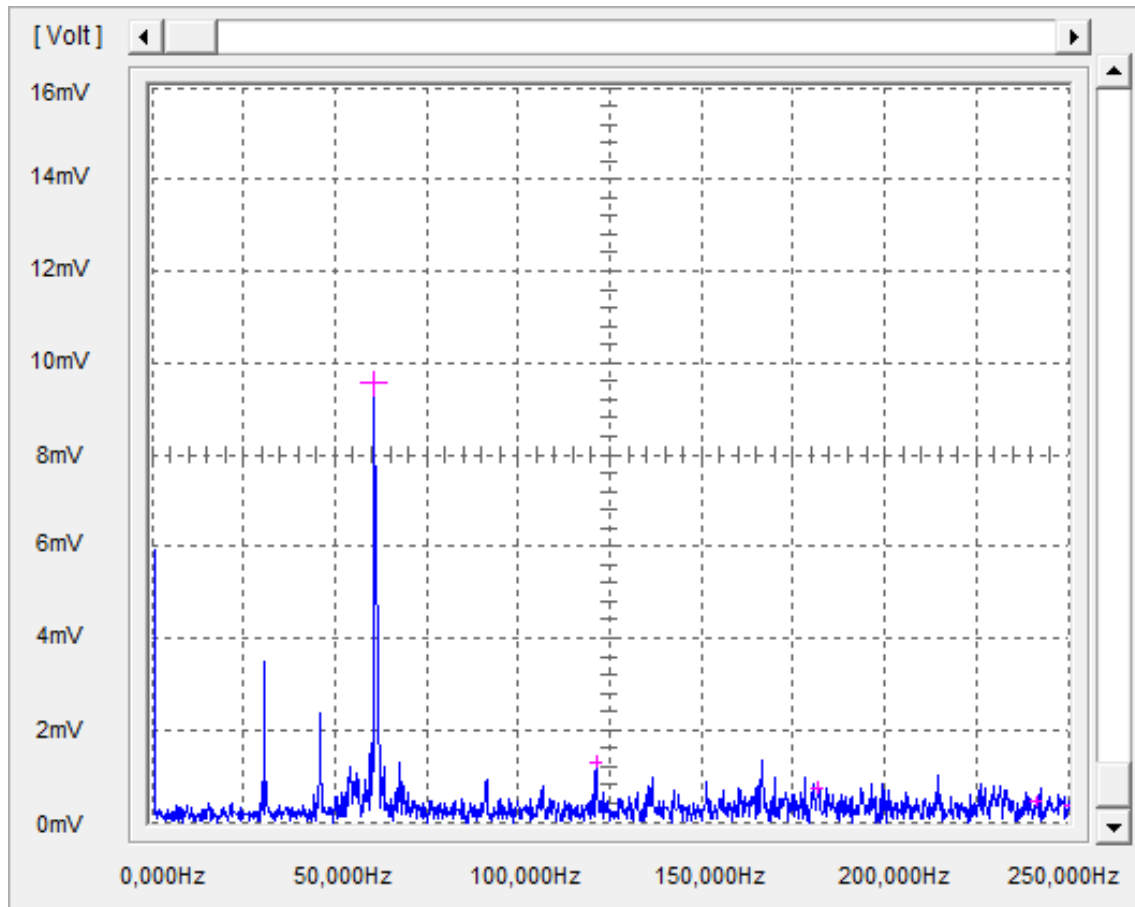
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,500 Hz	9,543 mV	2nd	123,250 Hz	1,320 mV
3rd	185,000 Hz	0,762 mV	4th	246,000 Hz	0,473 mV
5th	255,750 Hz	0,969 mV	6th	255,750 Hz	0,915 mV

Gráfica D. 52 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

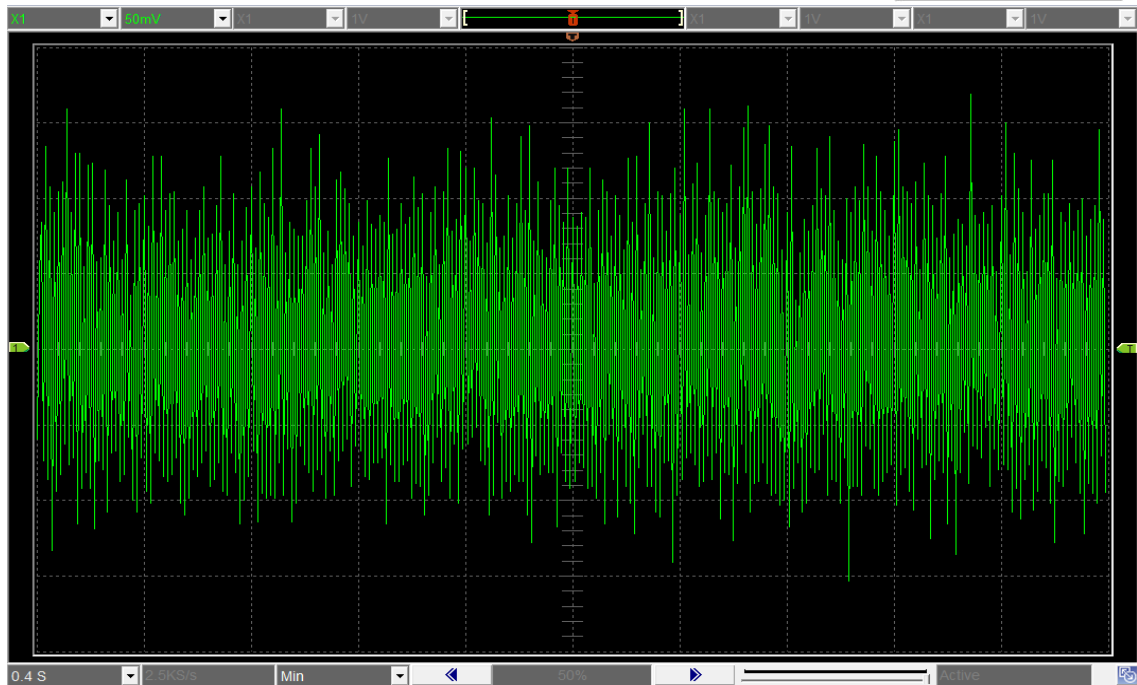
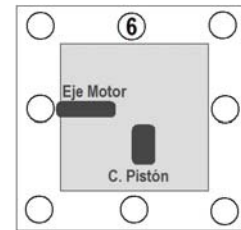
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

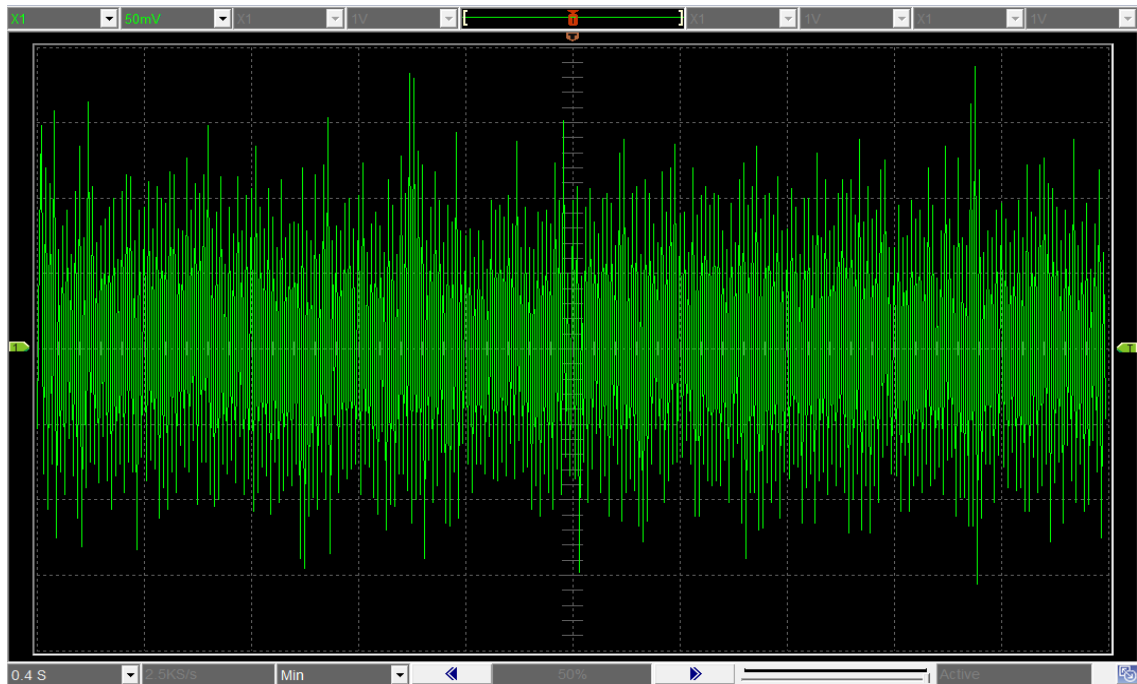
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 53 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



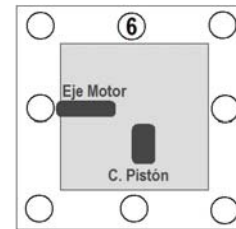
Gráfica D. 54 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

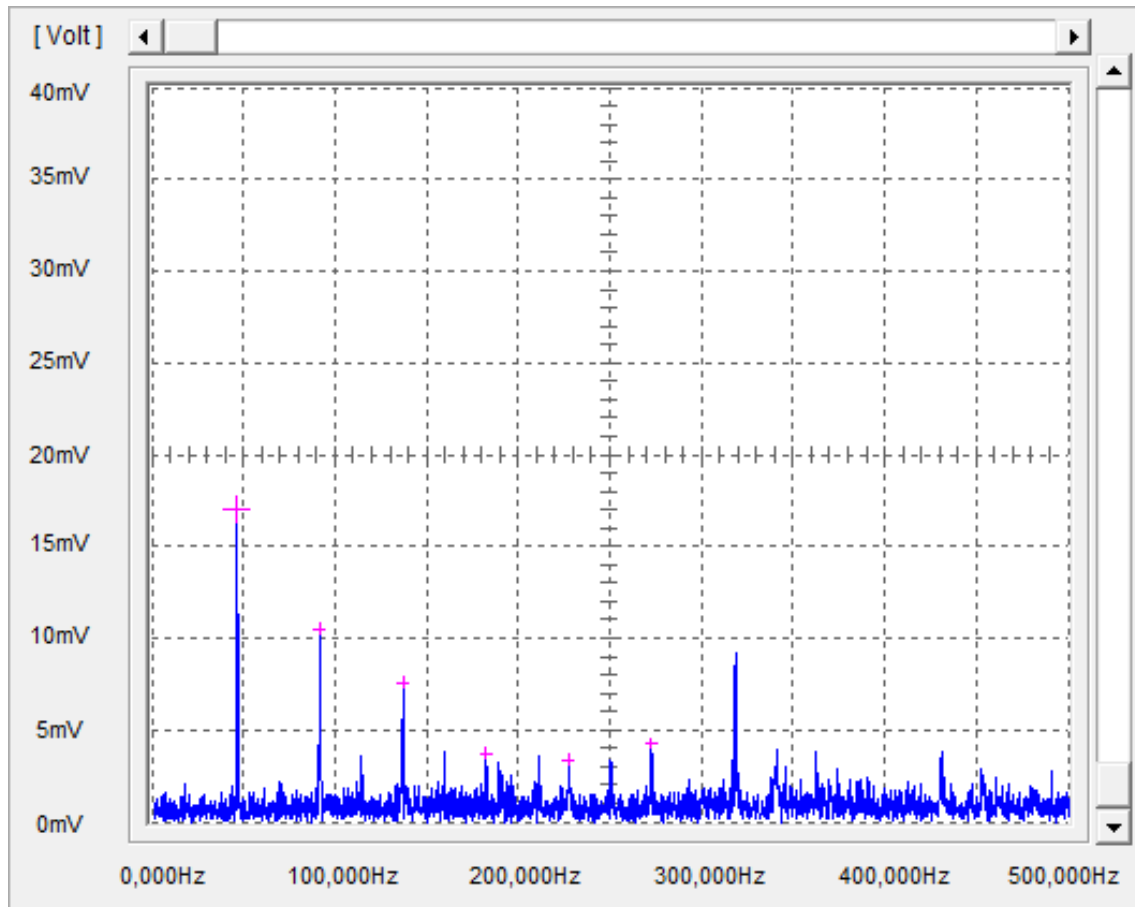
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	17,037 mV	2nd	92,500 Hz	10,550 mV
3rd	139,000 Hz	7,636 mV	4th	185,250 Hz	3,766 mV
5th	231,500 Hz	3,419 mV	6th	277,500 Hz	4,335 mV

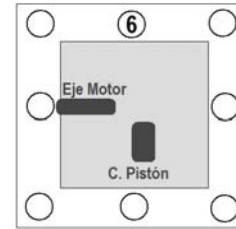
Gráfica D. 55 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

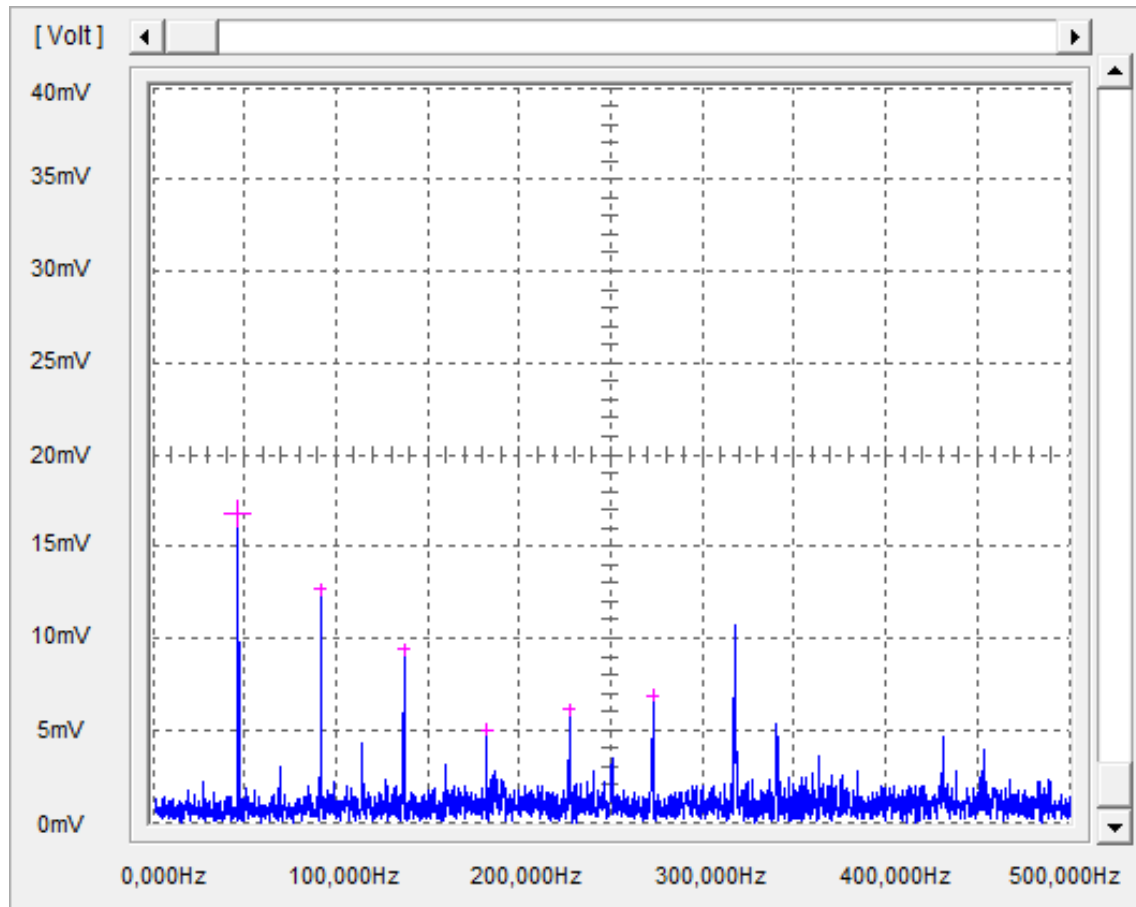
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	16,785 mV	2nd	92,500 Hz	12,671 mV
3rd	138,750 Hz	9,407 mV	4th	185,000 Hz	5,062 mV
5th	231,500 Hz	6,168 mV	6th	277,750 Hz	6,915 mV

Gráfica D. 56 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

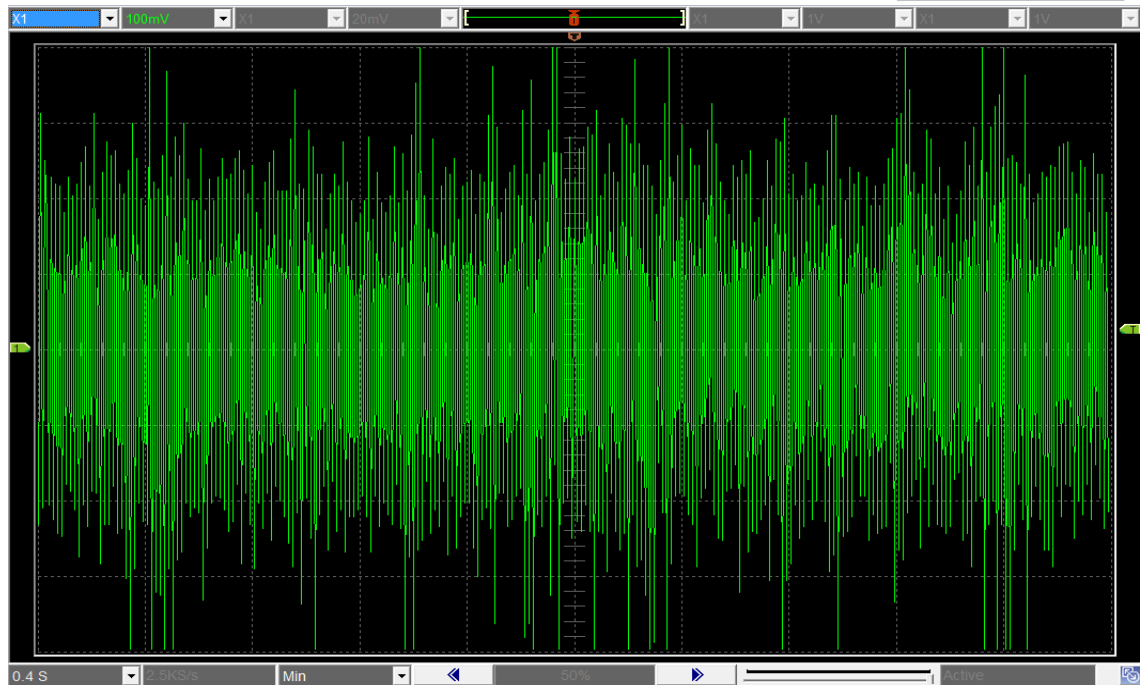
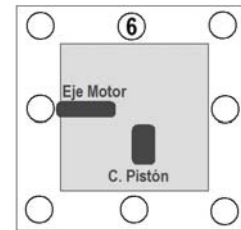
Referencia de medición: Punto 6.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

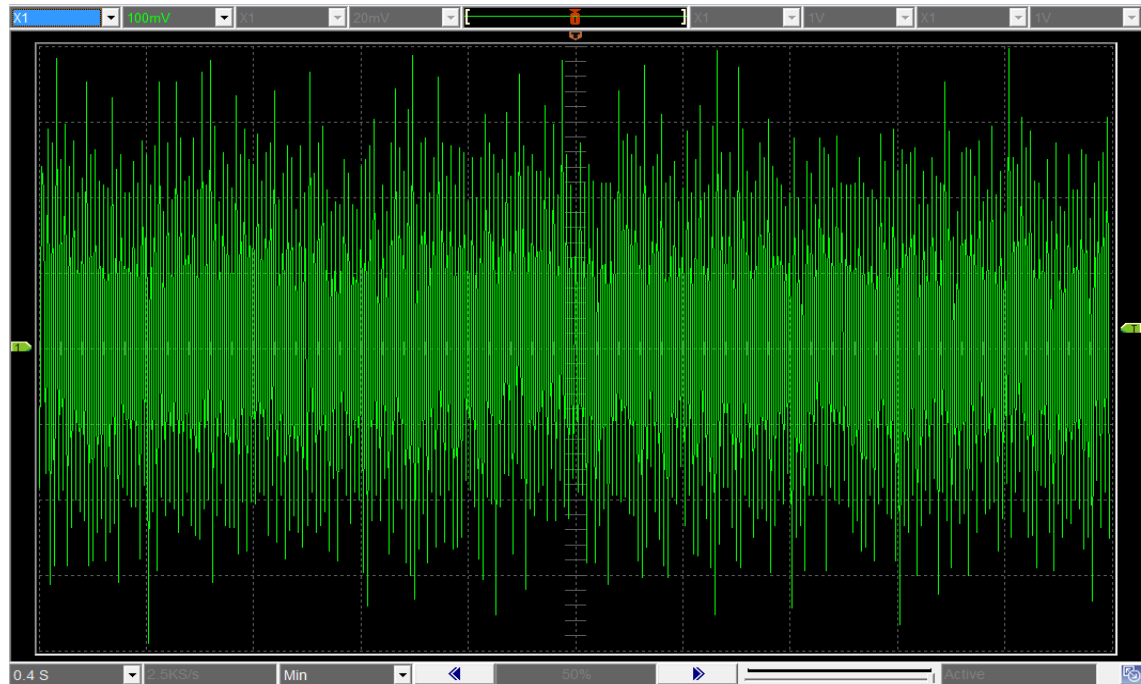
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 57 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



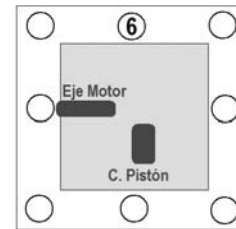
Gráfica D. 58 Amplitud de aceleraciones Punto 6, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

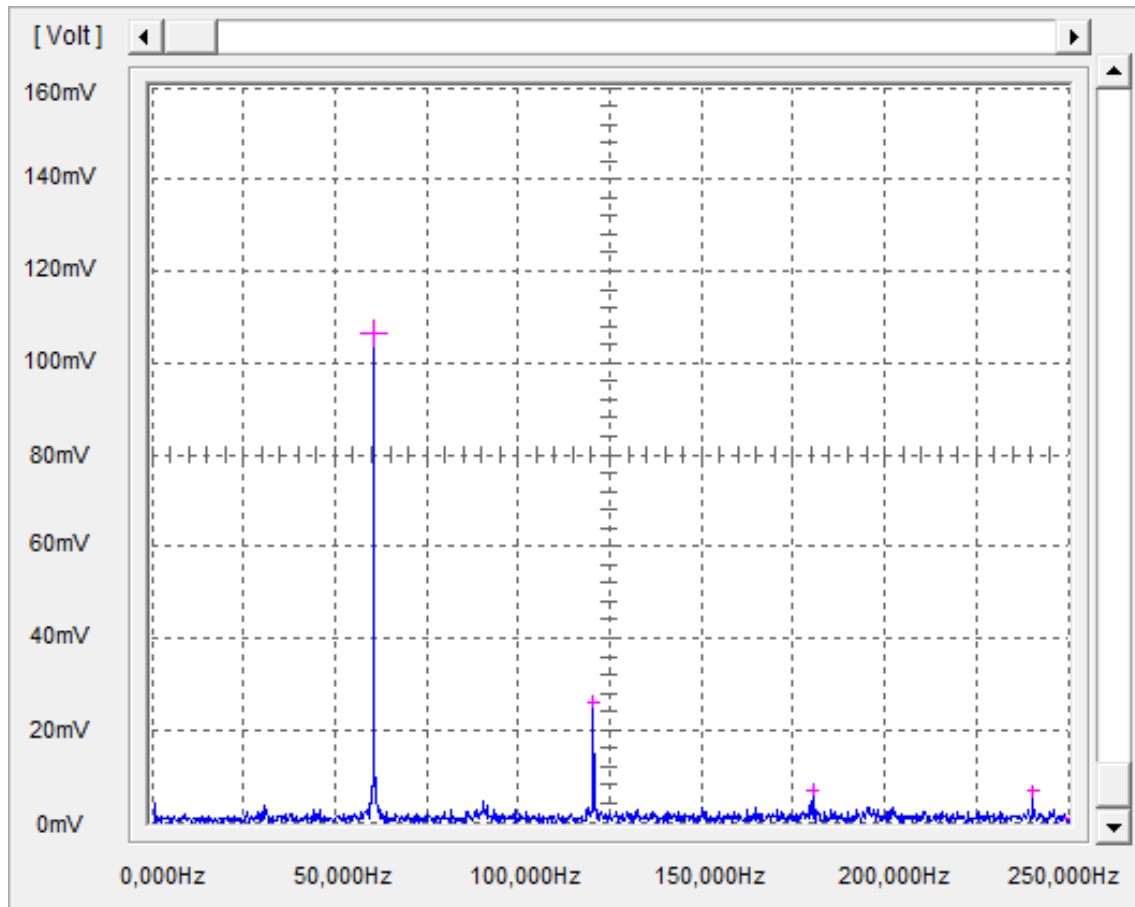
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	106,359 mV	2nd	122,500 Hz	26,316 mV
3rd	183,750 Hz	7,160 mV	4th	245,000 Hz	6,906 mV
5th	255,750 Hz	0,969 mV	6th	255,750 Hz	0,915 mV

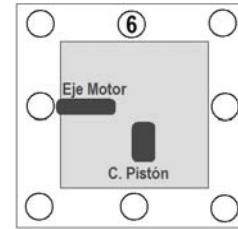
Gráfica D. 59 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 6.

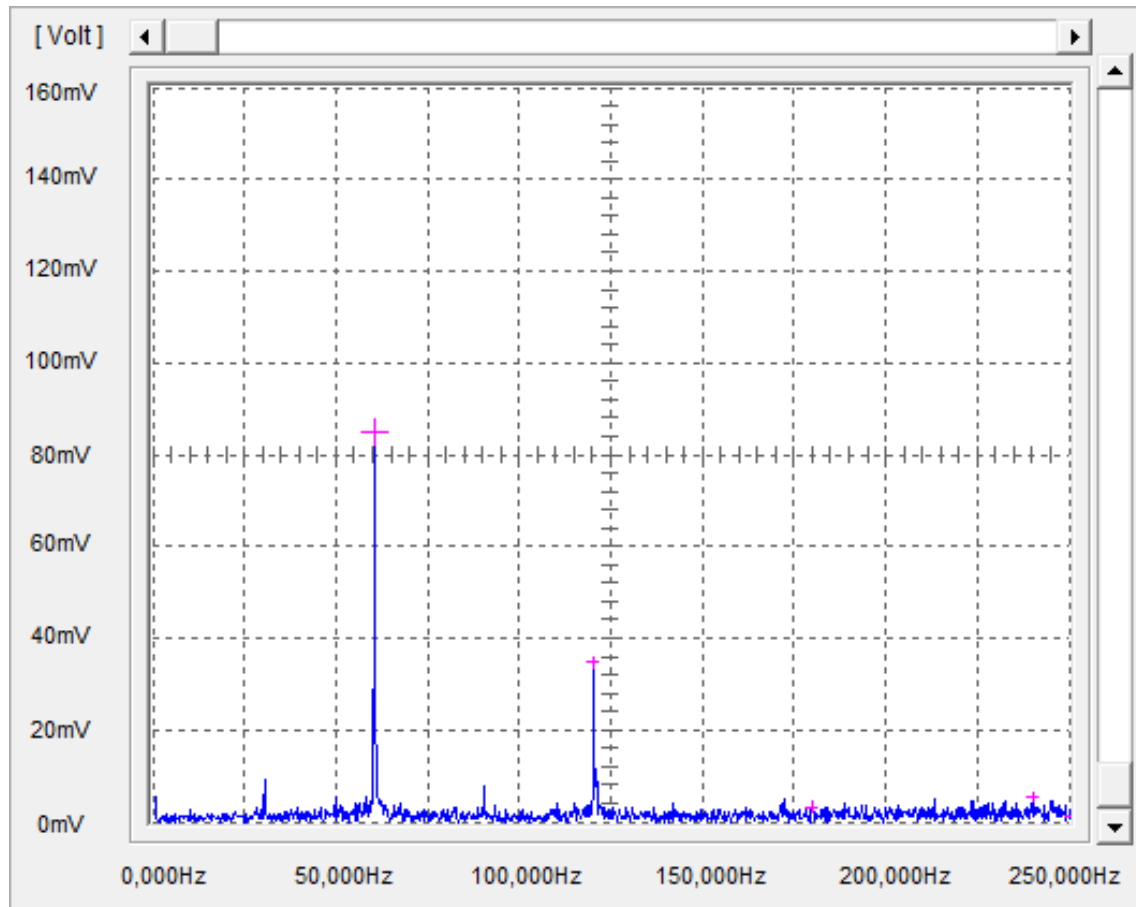
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	84,839 mV	2nd	122,250 Hz	34,916 mV
3rd	183,250 Hz	3,401 mV	4th	244,750 Hz	5,686 mV
5th	255,750 Hz	0,969 mV	6th	255,750 Hz	0,915 mV

Gráfica D. 60 Transformada Rápida de Fourier Punto 6, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

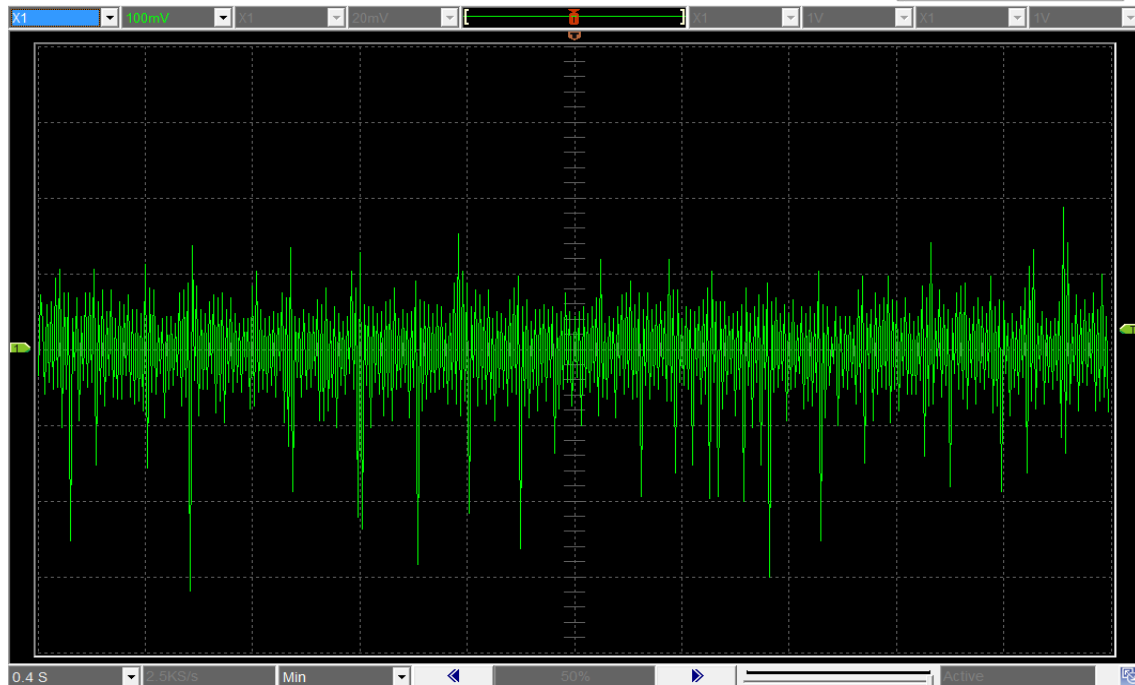
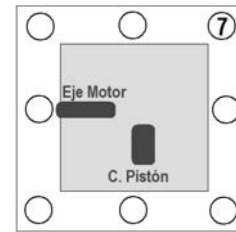
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

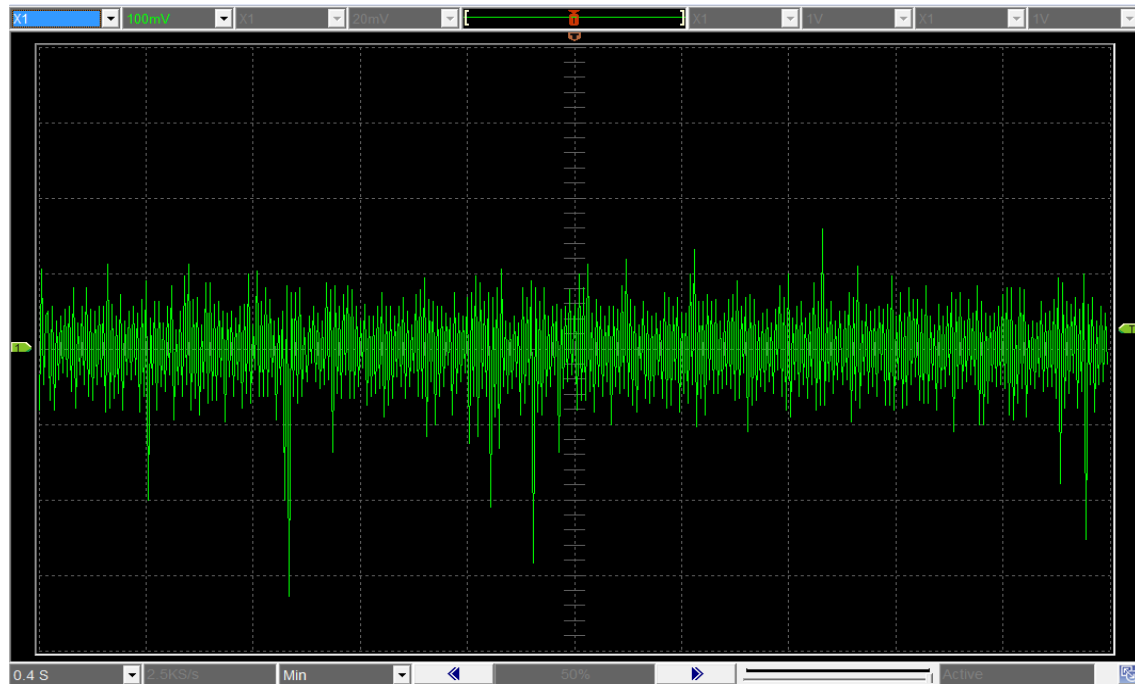
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 61 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



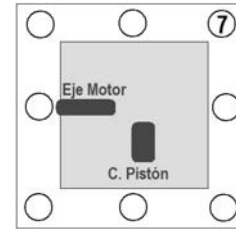
Gráfica D. 62 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

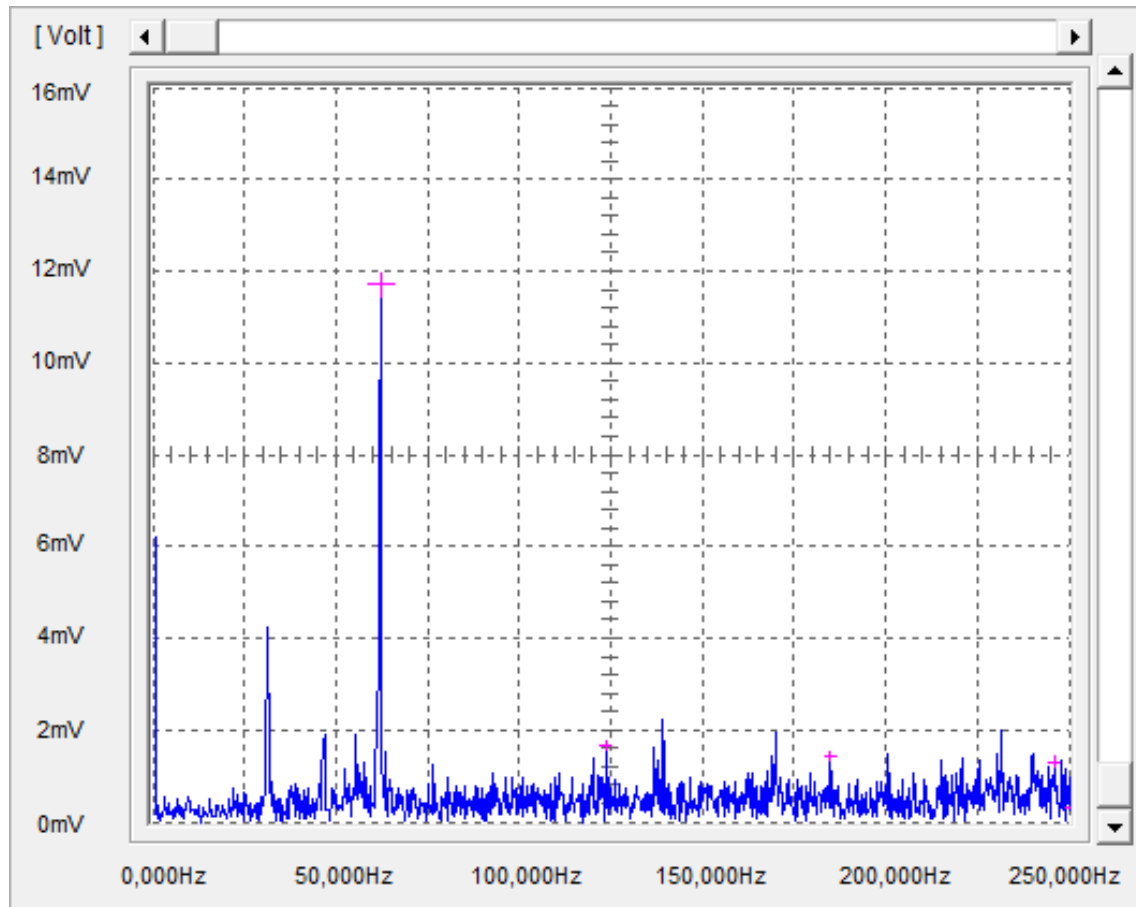
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



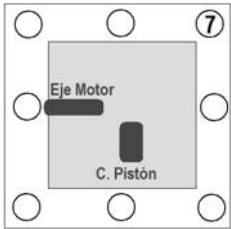
Prueba 1:



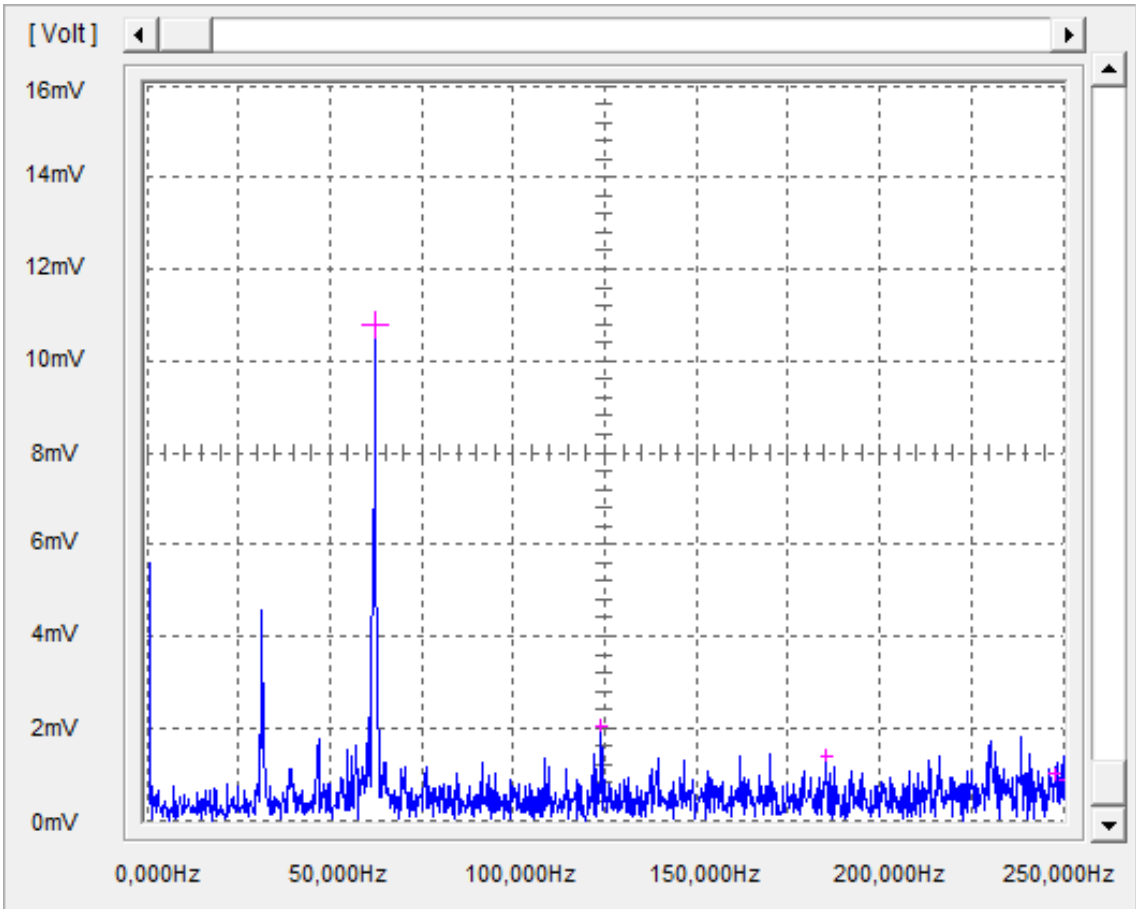
Harmonics Information					
1st	62,750 Hz	11,700 mV	2nd	125,750 Hz	1,690 mV
3rd	188,250 Hz	1,450 mV	4th	250,750 Hz	1,322 mV
5th	255,750 Hz	8,645 mV	6th	255,750 Hz	3,827 mV

Gráfica D. 63 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 1800 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	63,000 Hz	10,783 mV	2nd	126,000 Hz	2,066 mV
3rd	189,000 Hz	1,427 mV	4th	252,500 Hz	1,023 mV
5th	255,750 Hz	8,645 mV	6th	255,750 Hz	3,827 mV

Gráfica D. 64 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

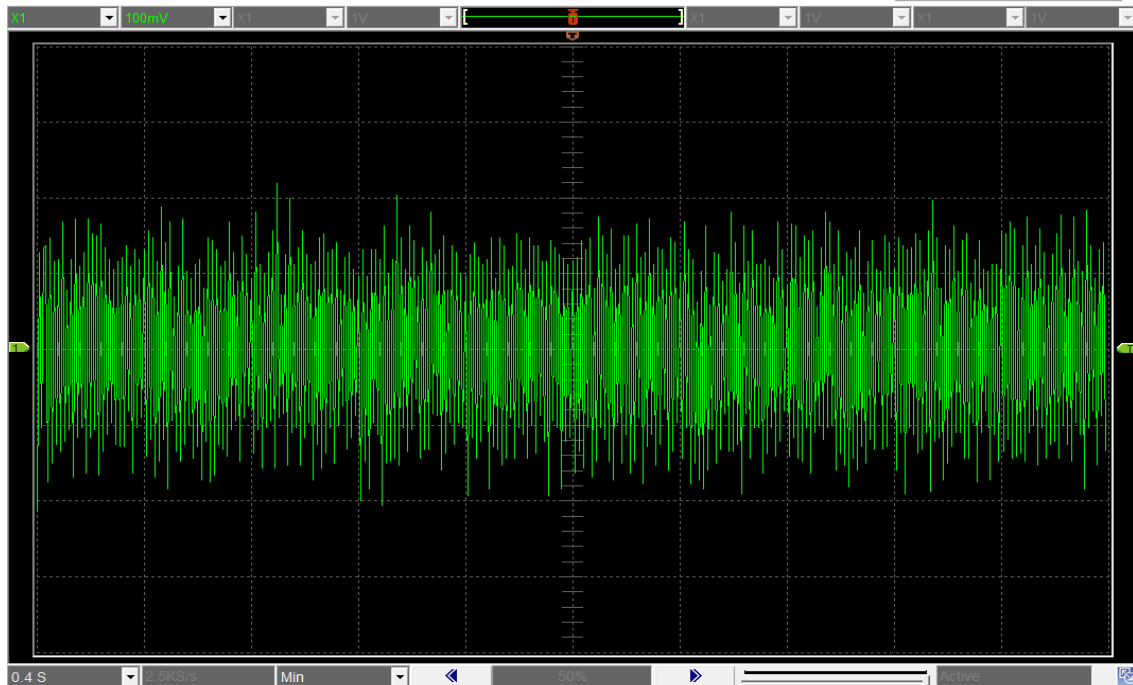
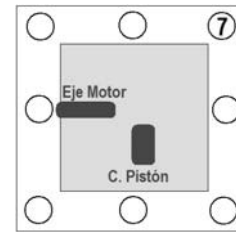
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

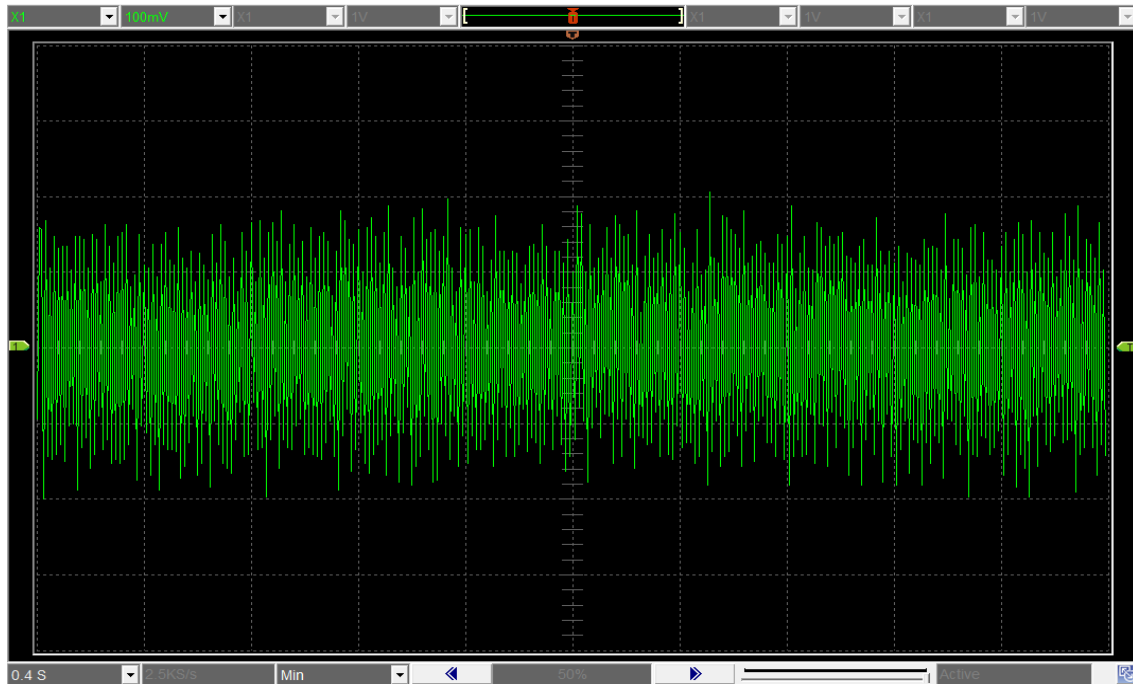
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 65 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



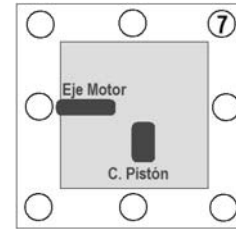
Gráfica D. 66 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

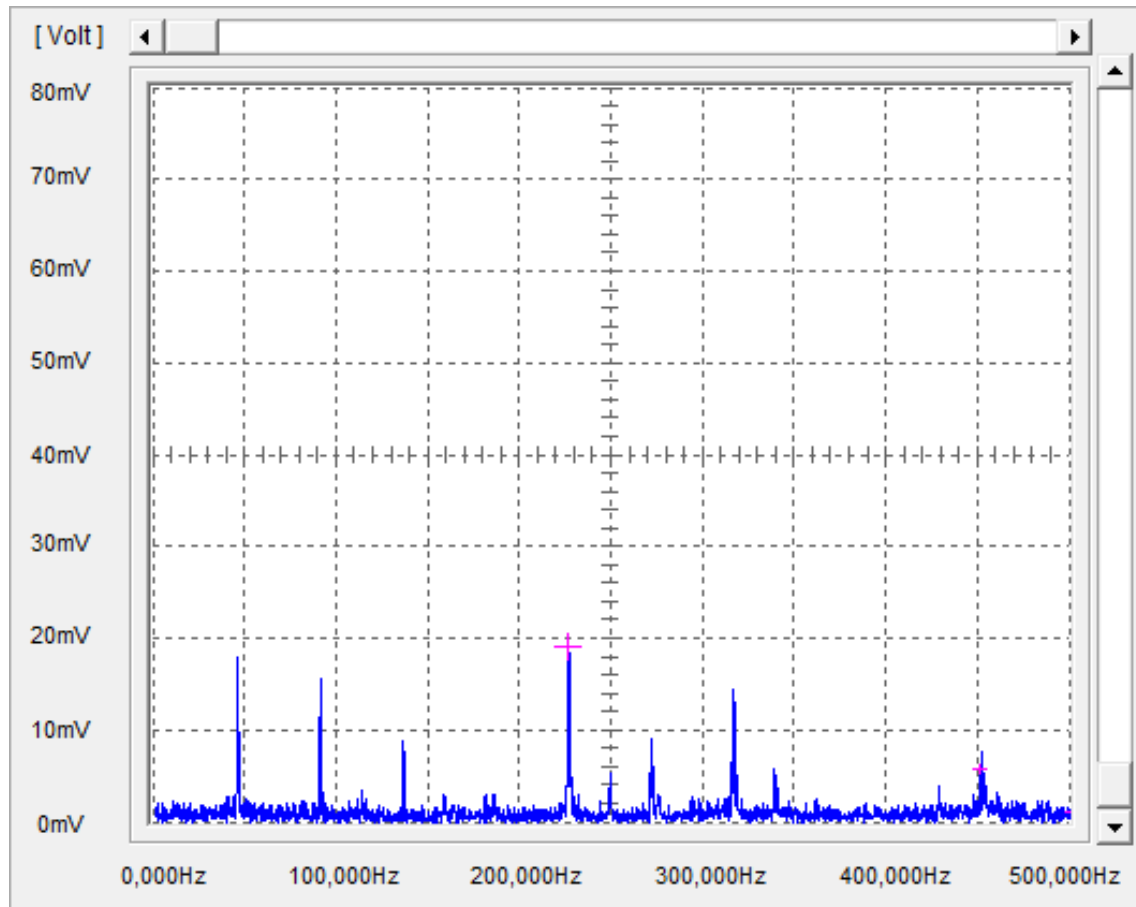
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	230,250 Hz	19,163 mV	2nd	460,250 Hz	5,840 mV
3rd	511,750 Hz	3,118 mV	4th	511,750 Hz	6,044 mV
5th	511,750 Hz	26,166 mV	6th	511,750 Hz	4,628 mV

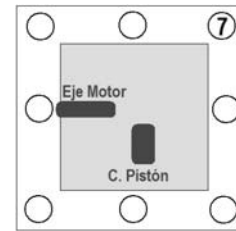
Gráfica D. 67 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

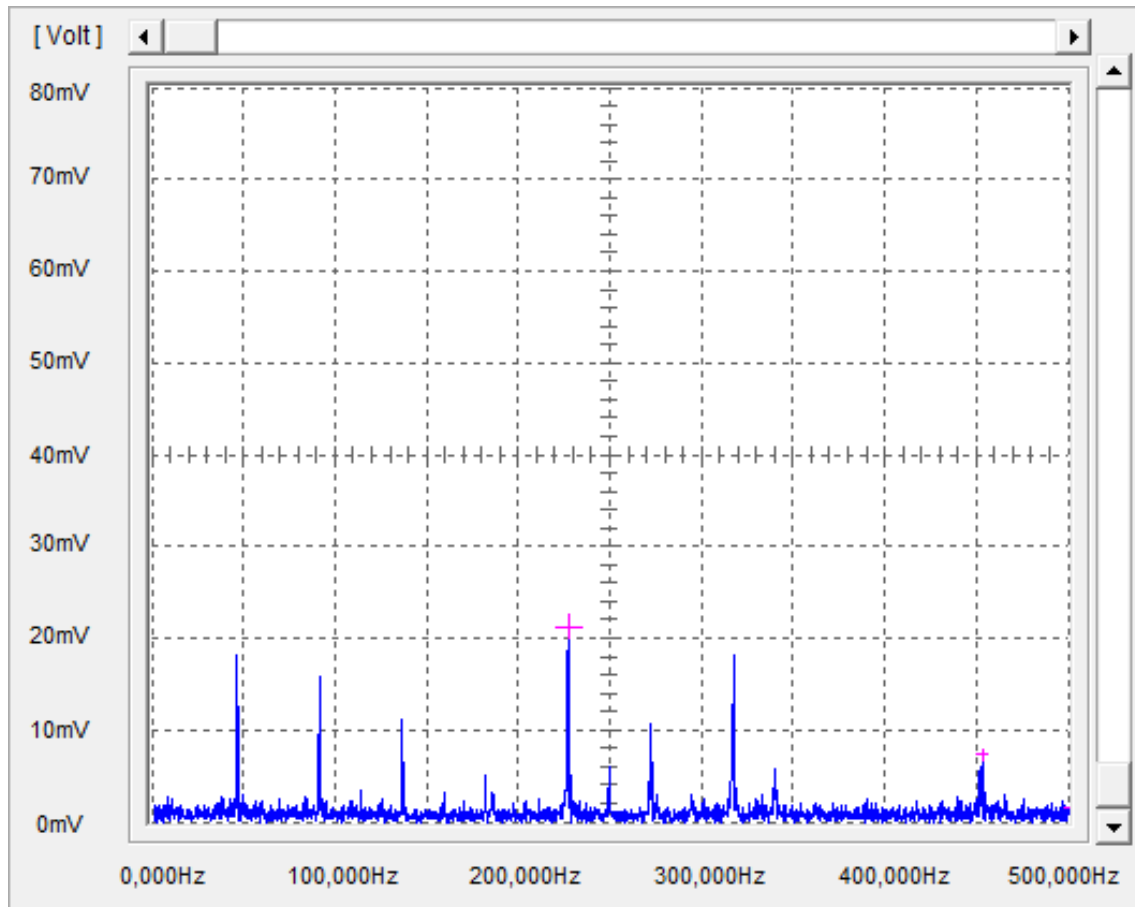
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	231,250 Hz	21,345 mV	2nd	462,500 Hz	7,415 mV
3rd	511,750 Hz	3,118 mV	4th	511,750 Hz	6,044 mV
5th	511,750 Hz	26,166 mV	6th	511,750 Hz	4,628 mV

Gráfica D. 68 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

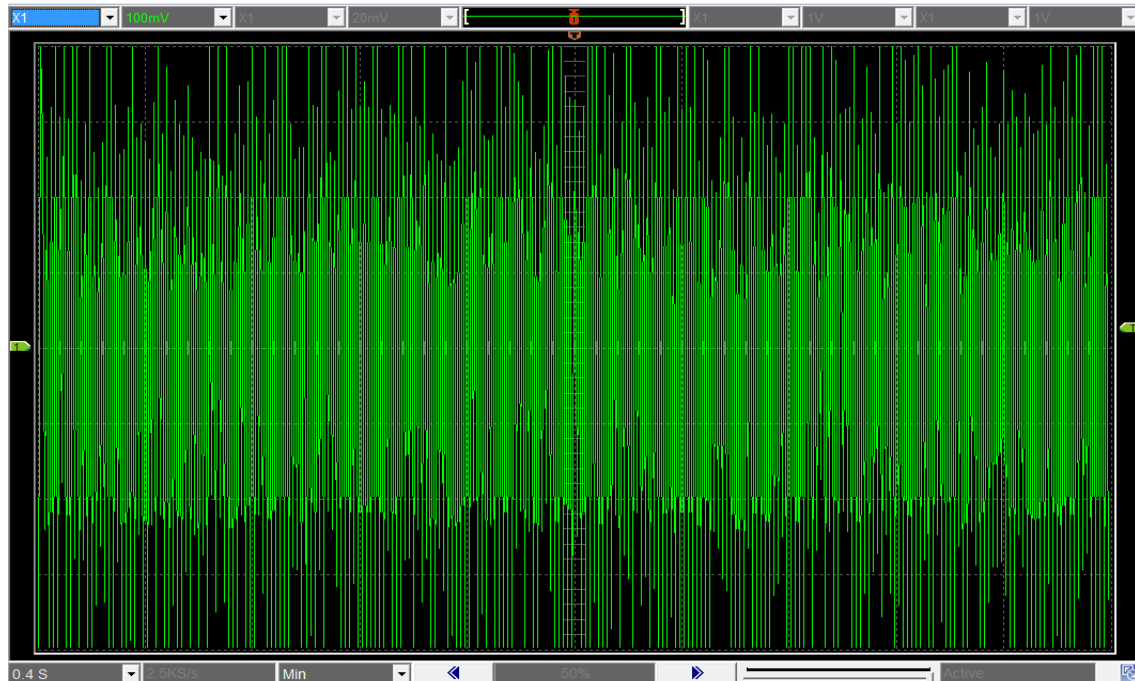
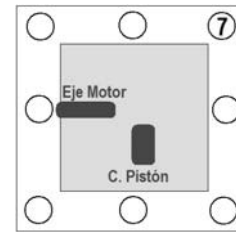
Referencia de medición: Punto 7.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

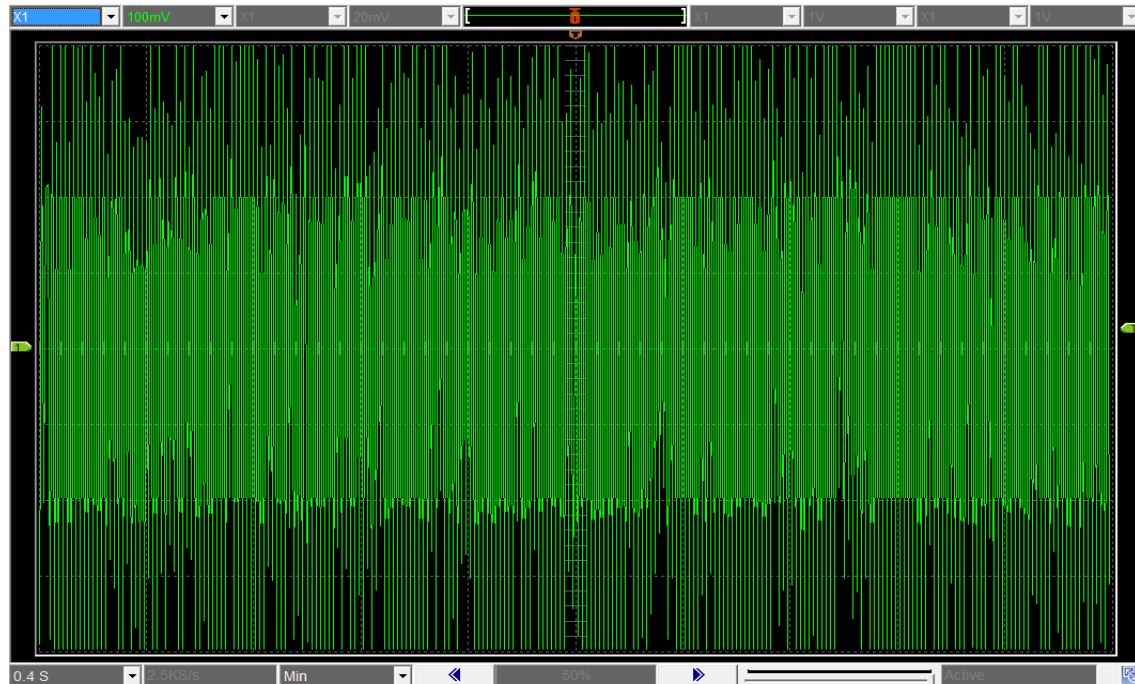
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 69 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



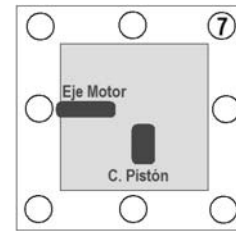
Gráfica D. 70 Amplitud de aceleraciones Punto 7, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.

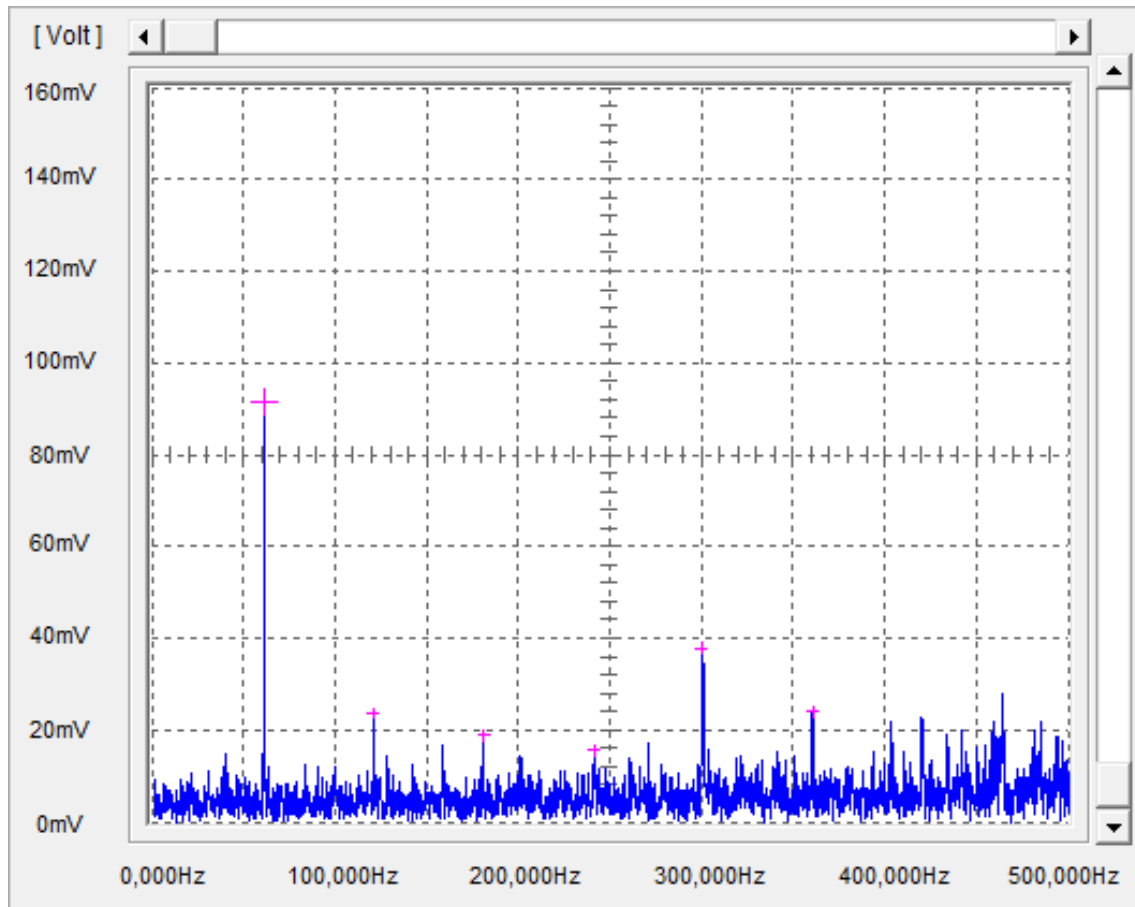
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



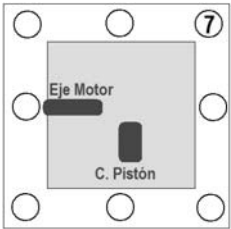
Prueba 1:



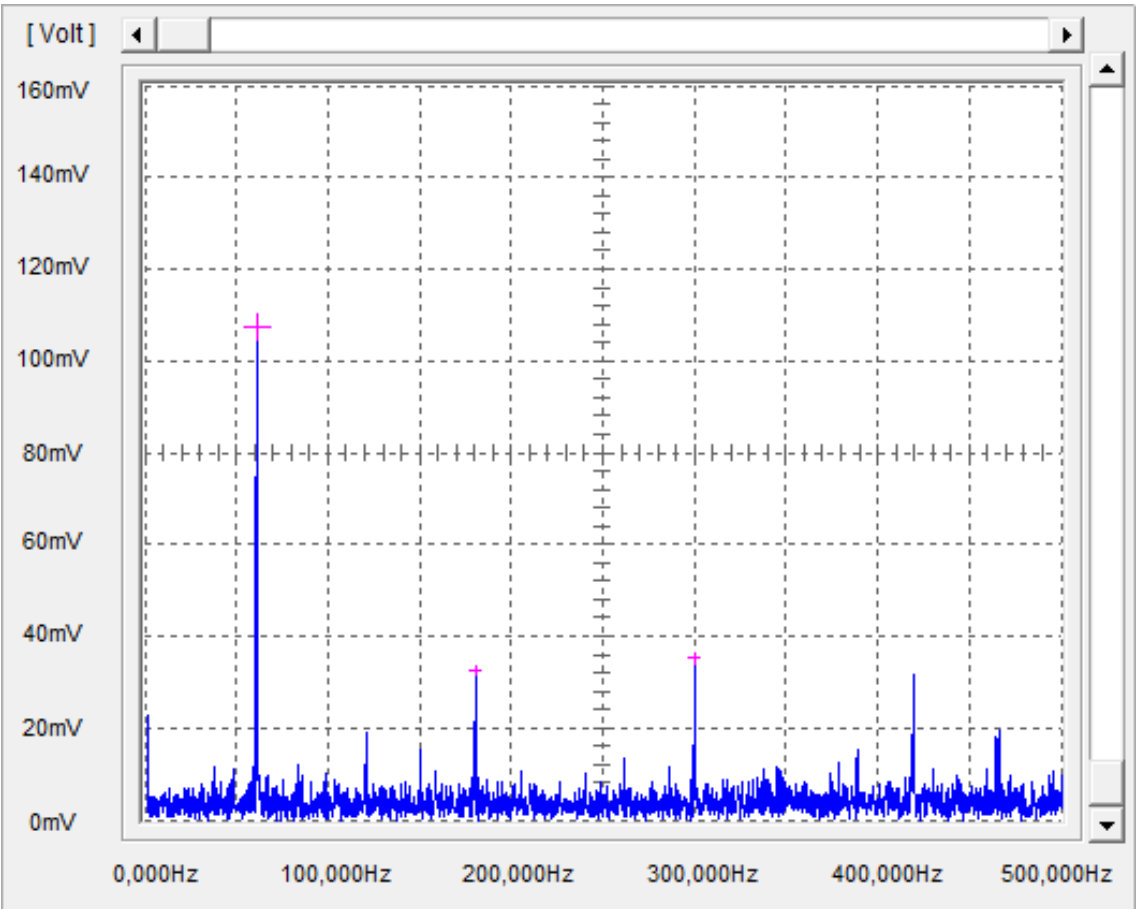
Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	91,378 mV	2nd	122,500 Hz	23,820 mV
3rd	183,750 Hz	19,005 mV	4th	245,500 Hz	15,691 mV
5th	305,750 Hz	37,944 mV	6th	367,500 Hz	24,226 mV

Gráfica D. 71 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 7.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,000 Hz	107,317 mV	2nd	---	---
3rd	183,250 Hz	32,710 mV	4th	---	---
5th	305,500 Hz	35,284 mV	6th	---	---

Gráfica D. 72 Transformada Rápida de Fourier Punto 7, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

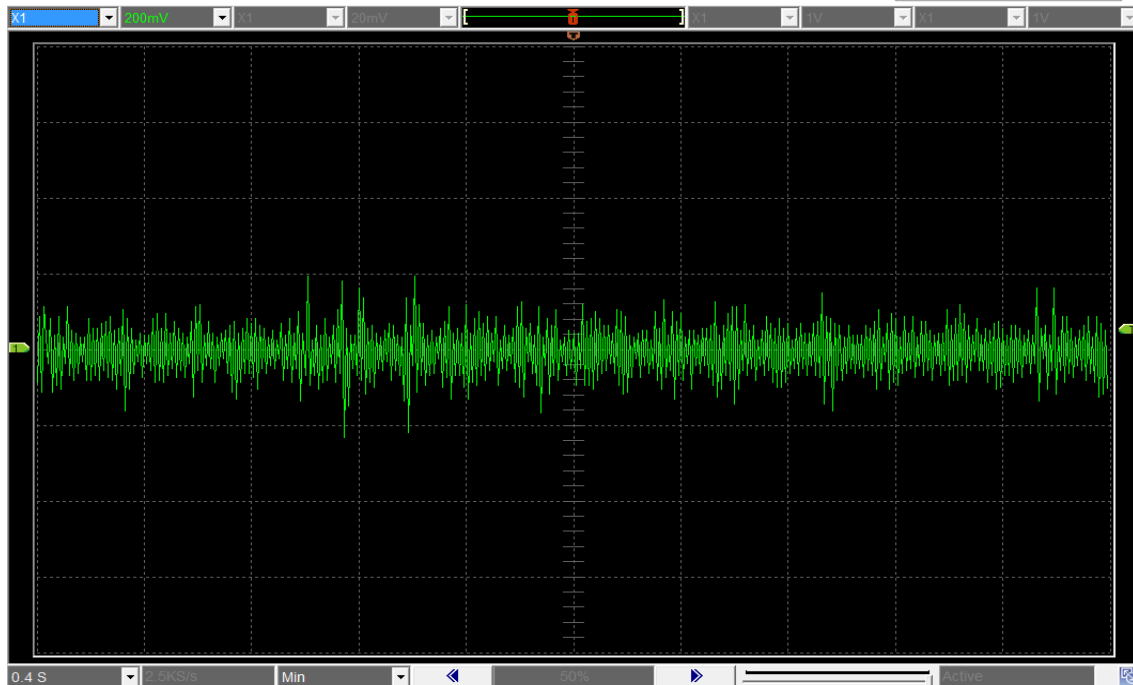
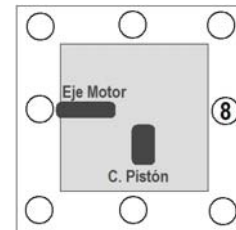
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

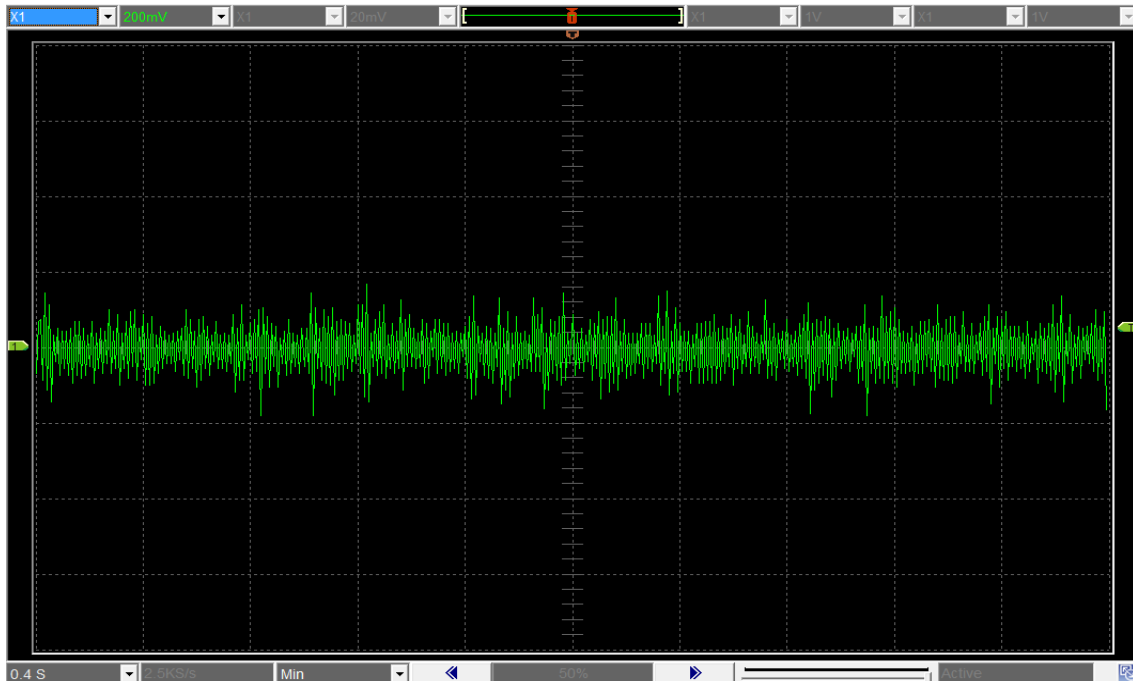
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 73 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



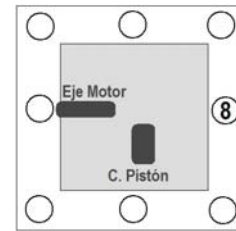
Gráfica D. 74 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

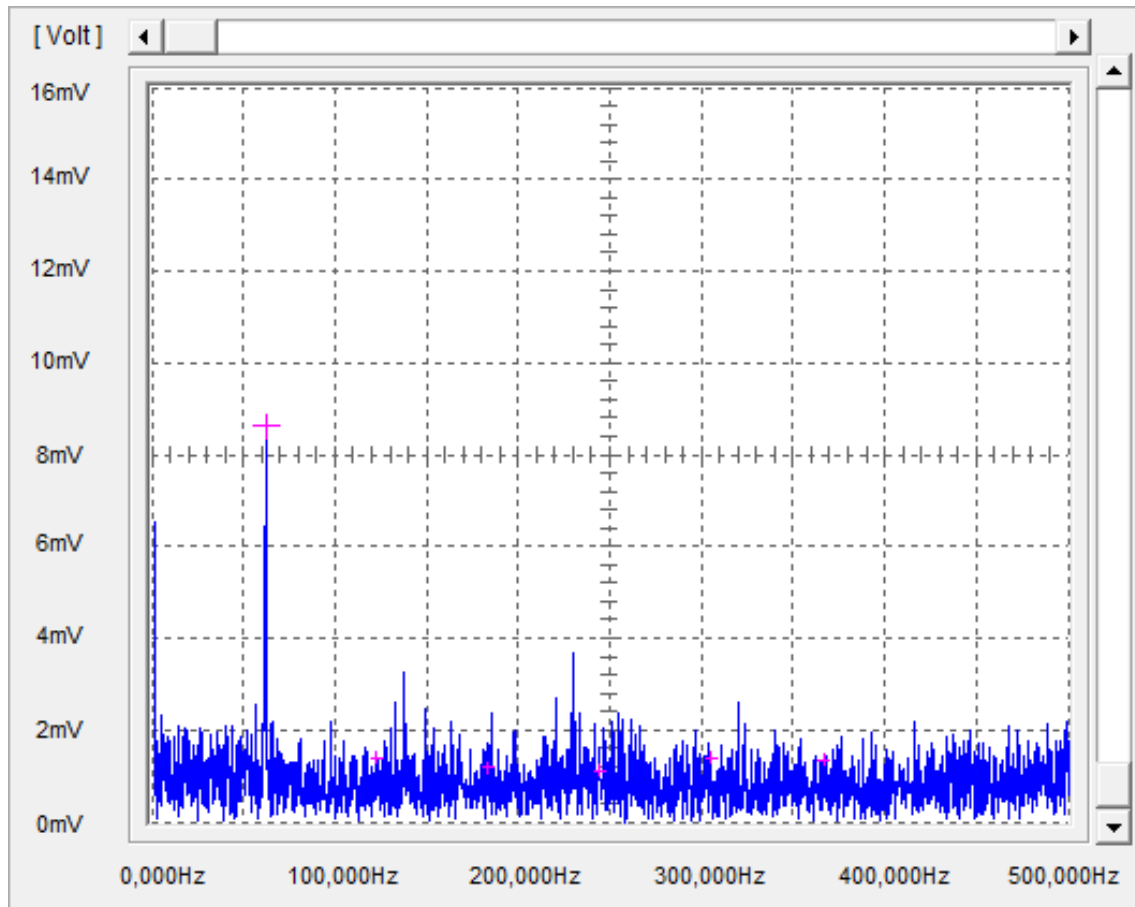
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	62,250 Hz	8,614 mV	2nd	124,250 Hz	1,417 mV
3rd	186,250 Hz	1,209 mV	4th	248,750 Hz	1,135 mV
5th	311,000 Hz	1,414 mV	6th	373,500 Hz	1,381 mV

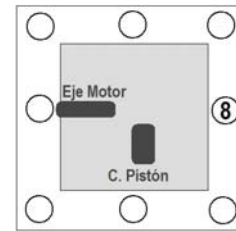
Gráfica D. 75 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

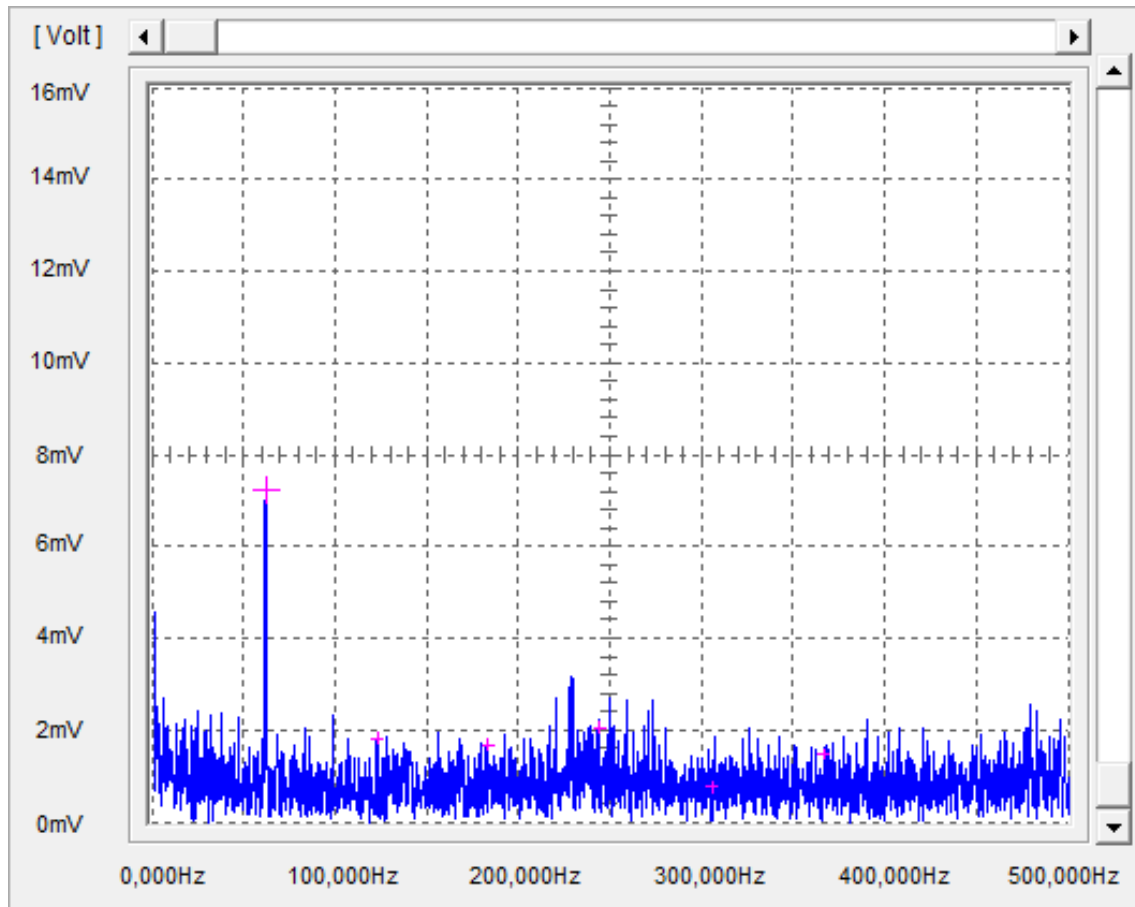
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 1800 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	62,250 Hz	7,230 mV	2nd	124,750 Hz	1,839 mV
3rd	186,250 Hz	1,694 mV	4th	248,500 Hz	2,068 mV
5th	311,500 Hz	0,787 mV	6th	373,500 Hz	1,503 mV

Gráfica D. 76 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 1800 rpm, 95 oct.

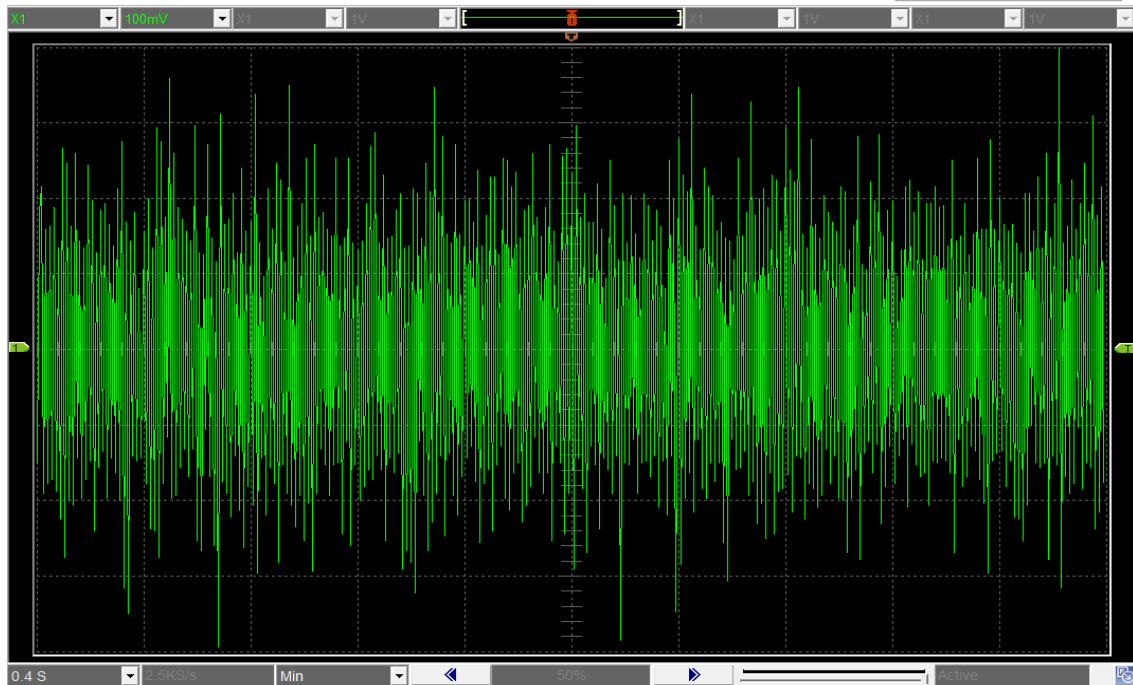
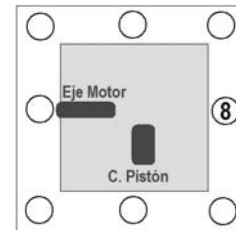
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

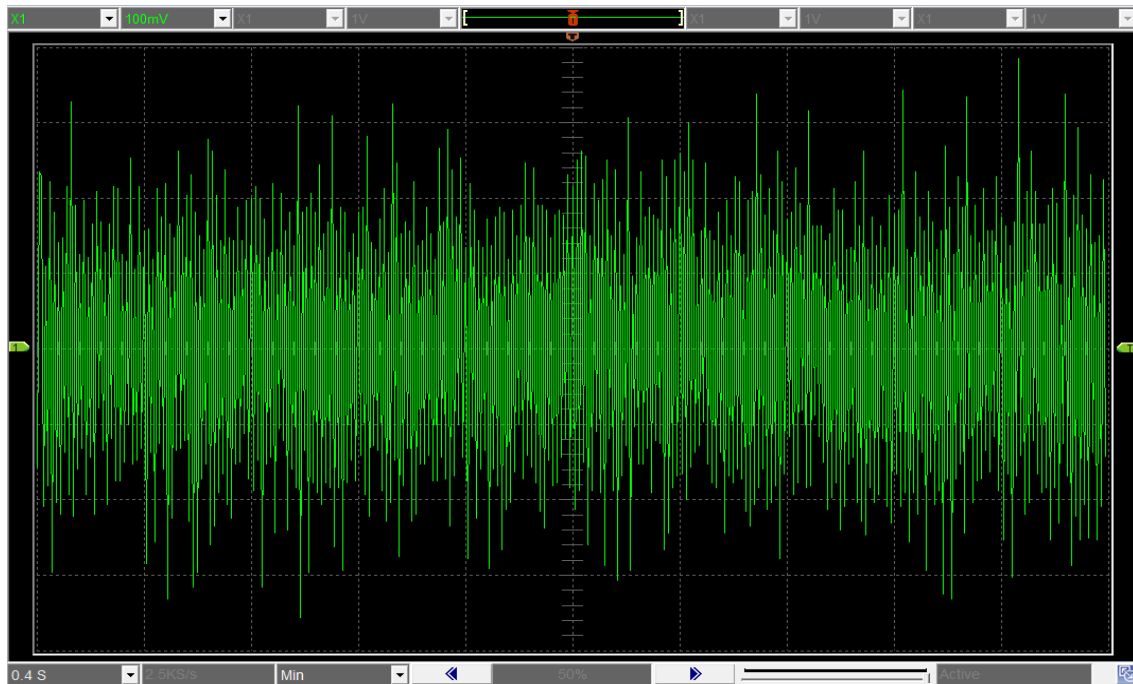
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 77 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



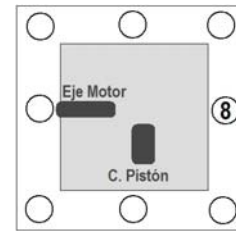
Gráfica D. 78 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

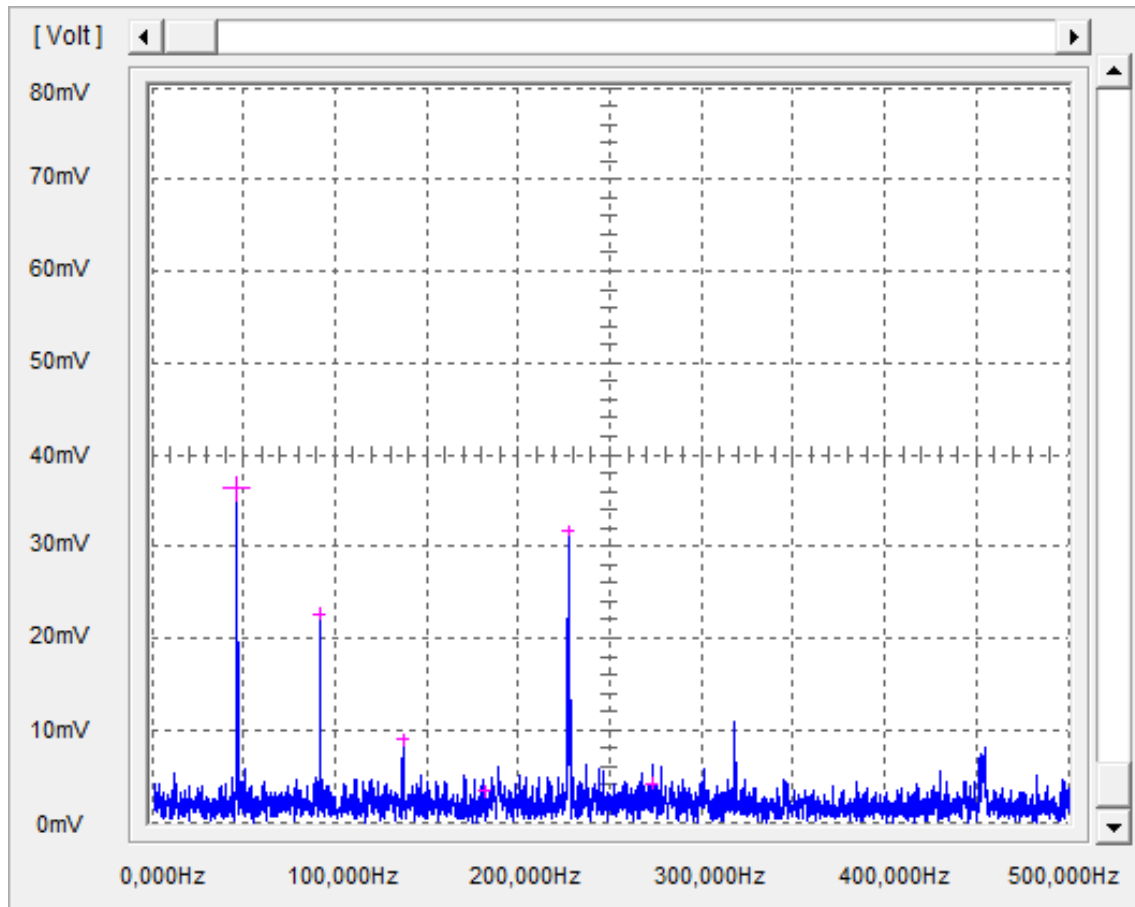
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 1:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	36,332 mV	2nd	92,500 Hz	22,702 mV
3rd	138,750 Hz	9,083 mV	4th	184,500 Hz	3,421 mV
5th	231,000 Hz	31,726 mV	6th	278,000 Hz	4,267 mV

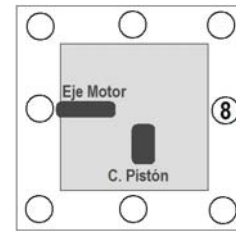
Gráfica D. 79 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

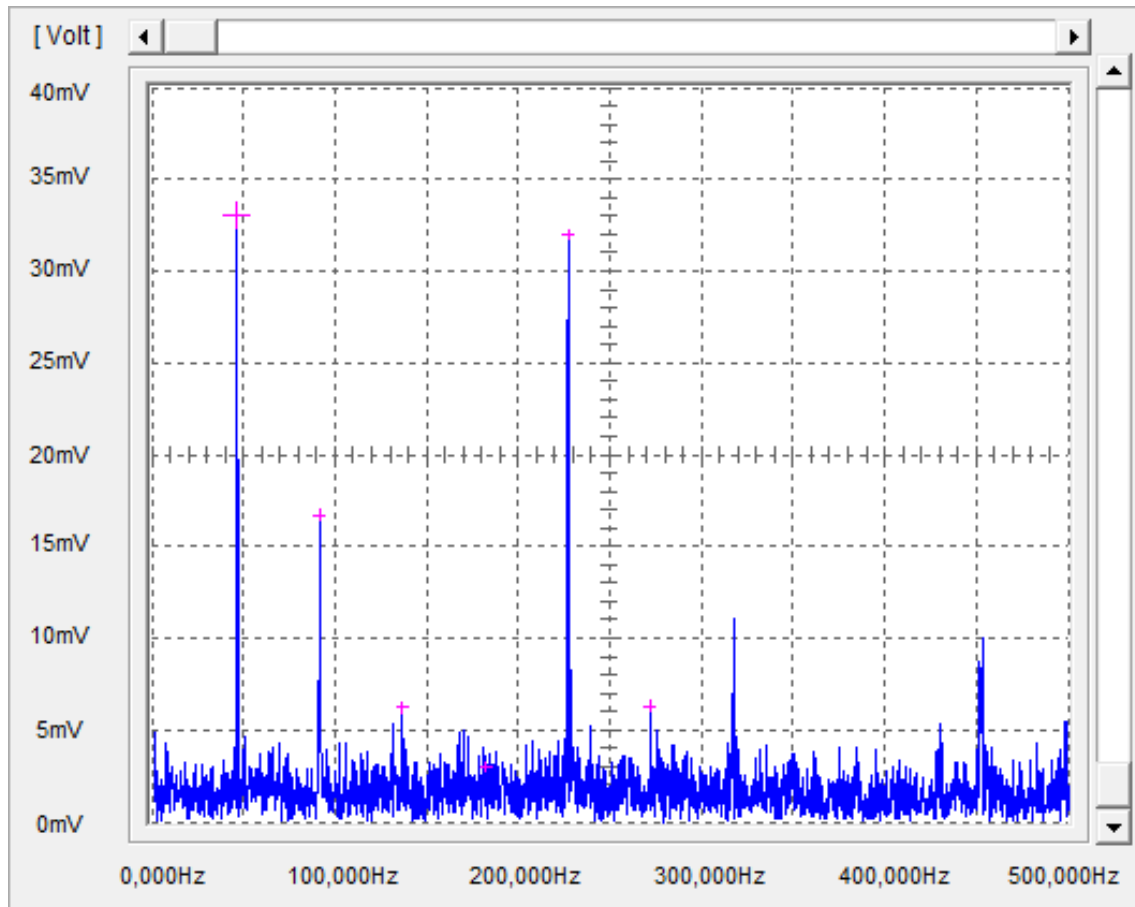
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 2700 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	46,250 Hz	33,001 mV	2nd	92,500 Hz	16,728 mV
3rd	138,500 Hz	6,264 mV	4th	185,250 Hz	3,063 mV
5th	231,000 Hz	31,951 mV	6th	277,000 Hz	6,333 mV

Gráfica D. 80 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 2700 rpm, 95 oct.

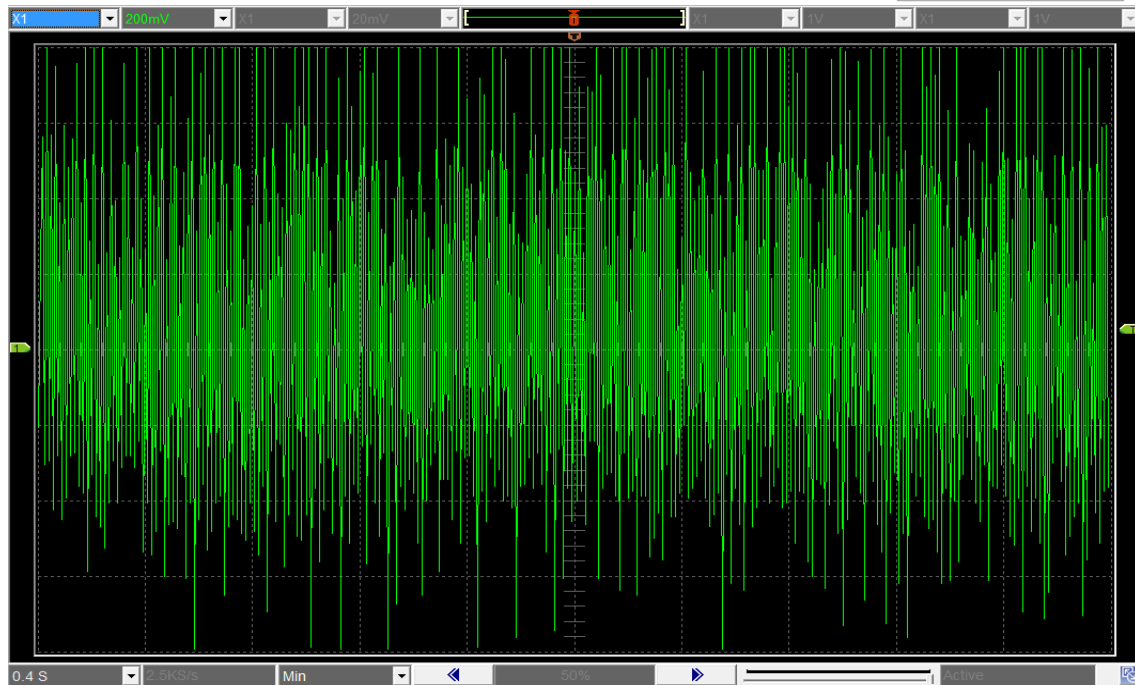
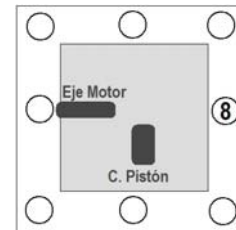
Referencia de medición: Punto 8.

Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

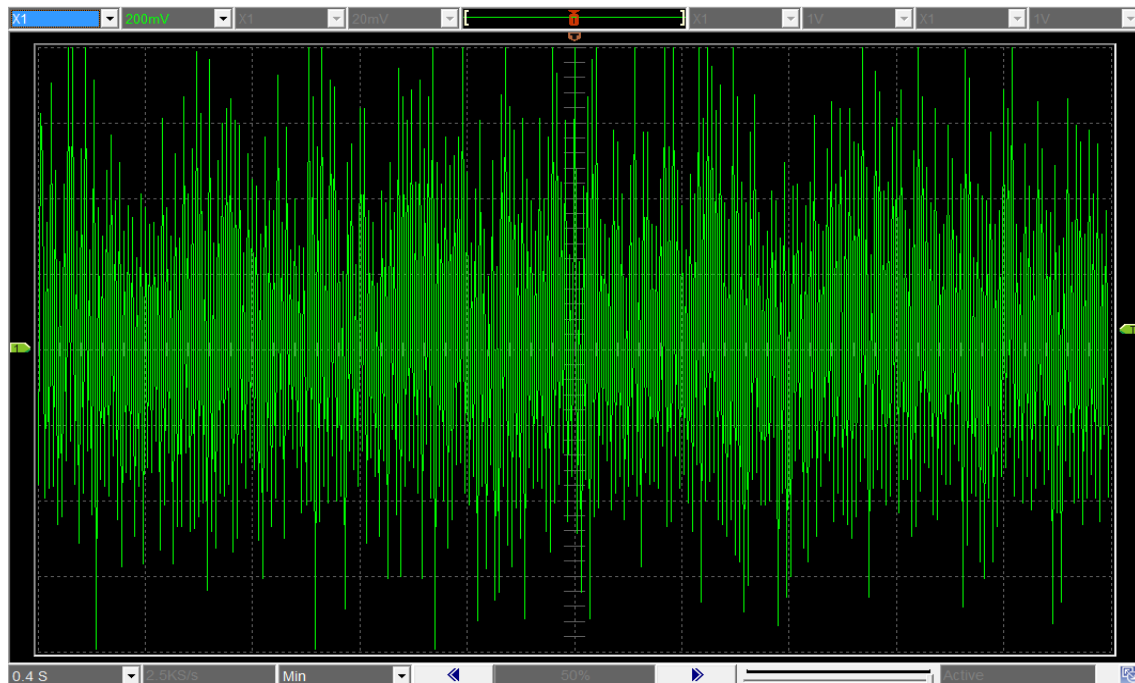
Tipo de combustible: 95 oct.

Prueba 1:



Gráfica D. 81 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Prueba 2:



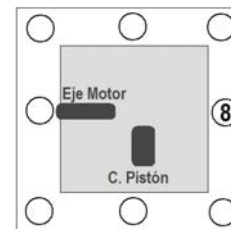
Gráfica D. 82 Amplitud de aceleraciones Punto 8, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.

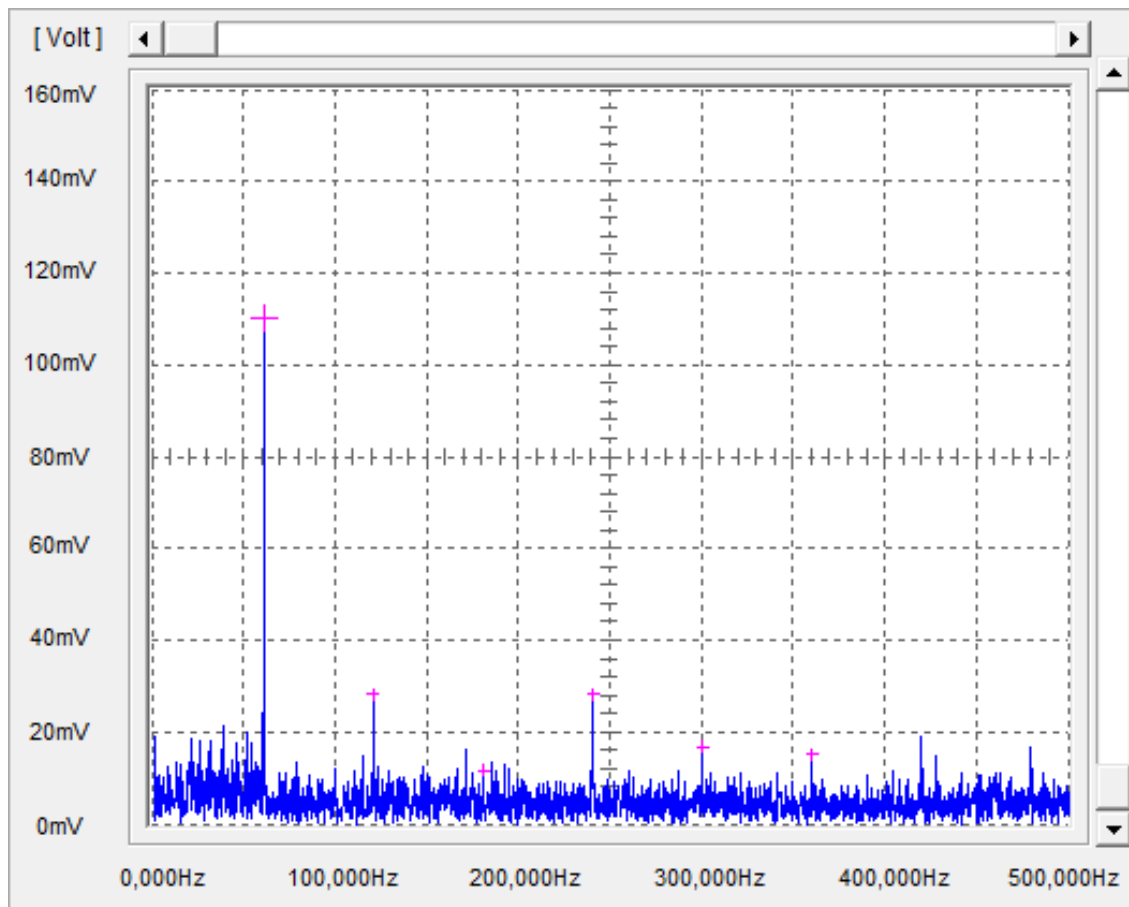
Dirección: Vertical.

Velocidad del eje: 3600 rpm.

Tipo de combustible: 95 oct.



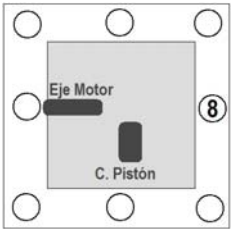
Prueba 1:



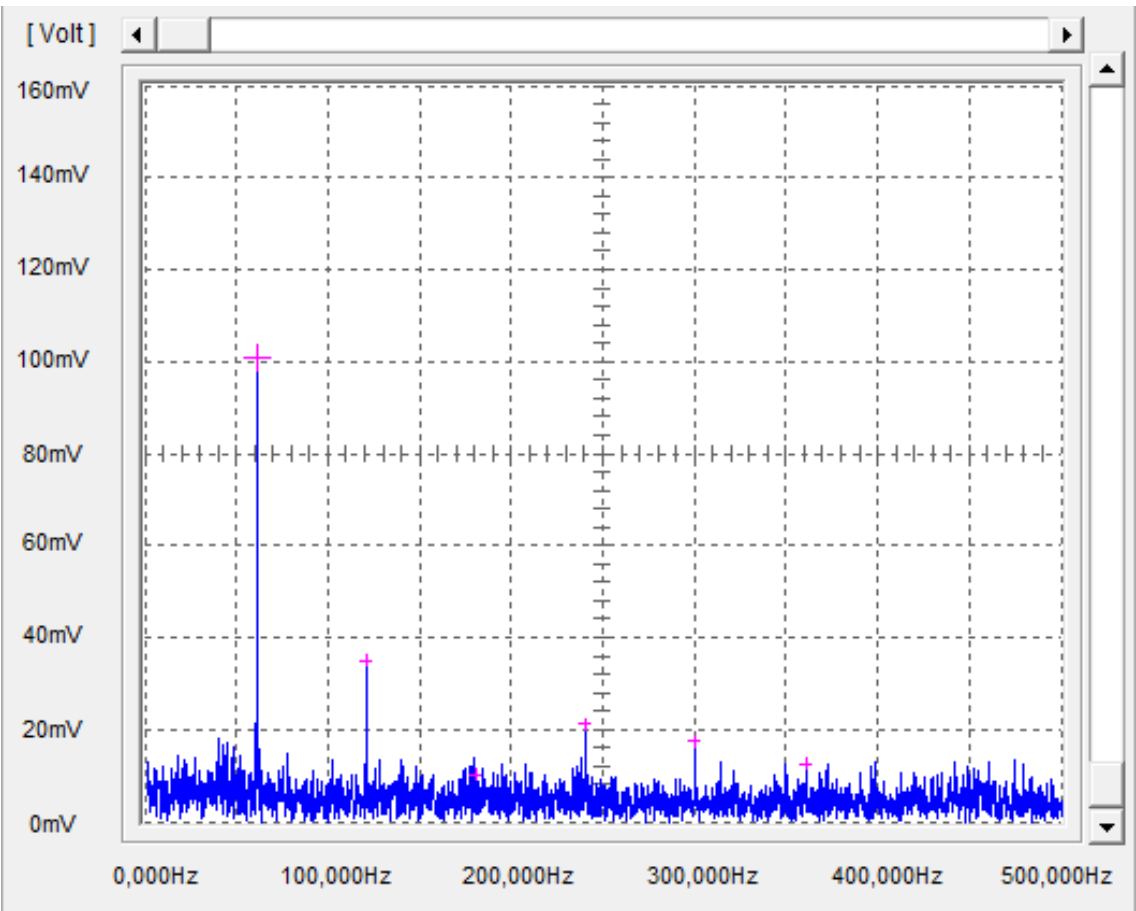
Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	110,079 mV	2nd	122,500 Hz	28,312 mV
3rd	183,750 Hz	11,934 mV	4th	244,750 Hz	28,399 mV
5th	306,000 Hz	16,987 mV	6th	367,250 Hz	15,283 mV

Gráfica D. 83 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

Referencia de medición: Punto 8.
Dirección: Vertical.
Velocidad del eje: 3600 rpm.
Tipo de combustible: 95 oct.



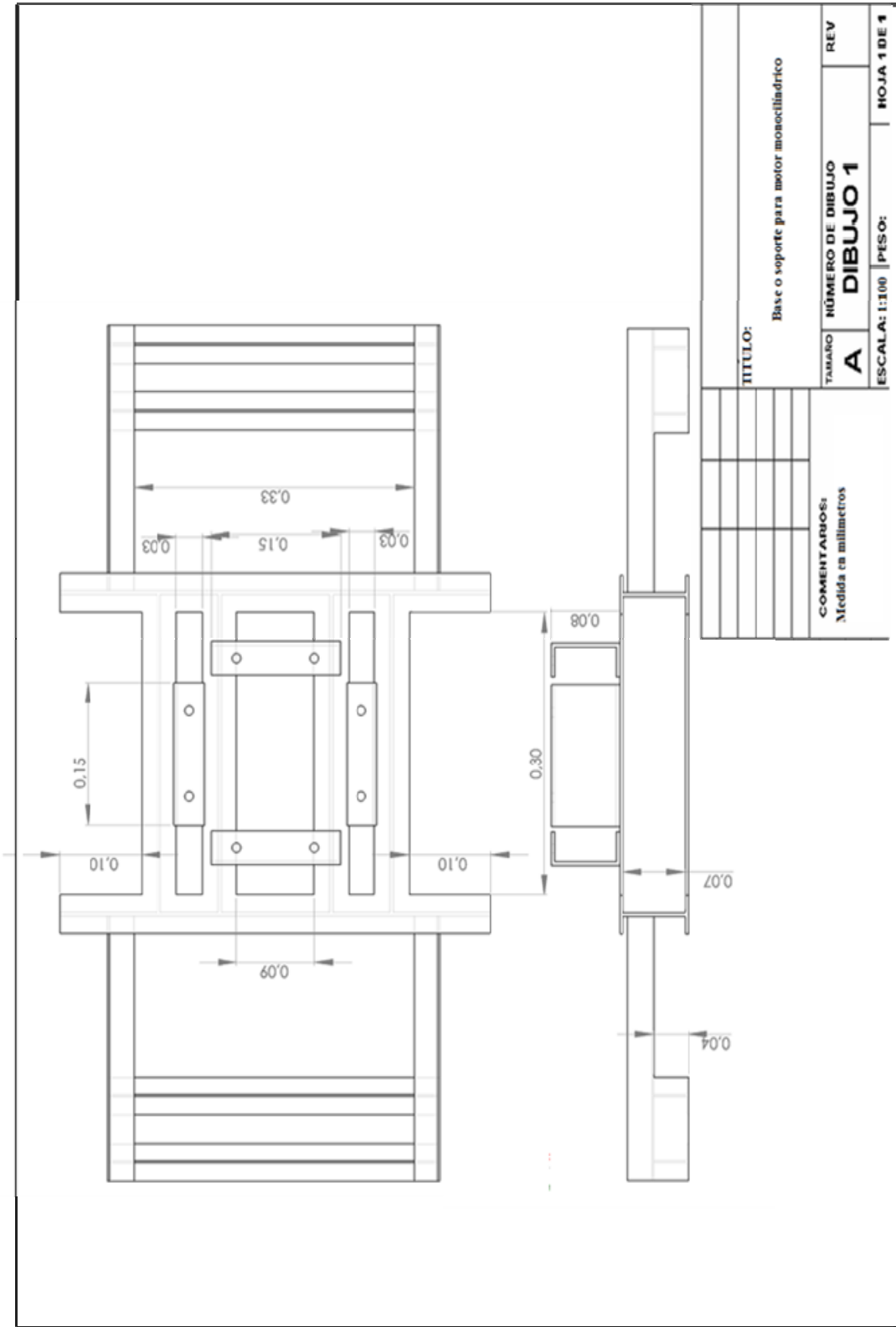
Prueba 2:



Harmonics Information					
1st	61,250 Hz	100,773 mV	2nd	122,500 Hz	35,148 mV
3rd	183,500 Hz	10,525 mV	4th	244,500 Hz	21,358 mV
5th	305,750 Hz	17,714 mV	6th	368,000 Hz	12,730 mV

Gráfica D. 84 Transformada Rápida de Fourier Punto 8, vertical, 3600 rpm, 95 oct.

APÉNDICE E



Cambio de combustible

El procedimiento para el cambio de combustible se debe realizar con mucho cuidado para evitar la mezcla de los mismos. Para ello se saca el múltiple de admisión, se desconecta la manguera de combustible, se vacía el tanque y luego se hace funcionar el motor hasta consumir toda la gasolina disponible en el carburador y se apague el motor. Luego se agrega el próximo combustible a ensayar; el proceso en total dura aproximadamente 30 min.



Procedimiento de cambio de combustible