



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE TENDENCIAS
VIBRACIONALES EN LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS
AUTOALINEABLES Y ALINEABLES CATERPILLAR 3512 DEL
DISTRITO AMAZÓNICO LAGO AGRIO PETROPRODUCCIÓN**

FERNANDO ISRAEL QUISPE BAUTISTA

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA - ECUADOR

2010

e s p o c h

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO25 - Febrero - 2010

Fecha

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

FERNANDO ISRAEL QUISPE BAUTISTA

Nombre del Estudiante

Titulada:

ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE TENDENCIAS
VIBRACIONALES EN LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS
AUTOALINEABLE Y ALINEABLE CATERPILLAR 3512 DEL
DISTRITO AMAZÓNICO LAGO AGRIO PETROPRODUCCIÓN

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:
INGENIERO DE MANTENIMIENTO.

 f] Decano de la Facultad de Mecánica

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

 f] Director de Tesis

 f] Asesor de Tesis

Los miembros del Comité de Examinación coincidimos con esta recomendación.

e s p o c h

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

 Nombre del estudiante: FERNANDO ISRAEL QUISPE BAUTISTA

 TÍTULO DE LA TESIS: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE TENDENCIAS
VIBRACIONALES EN LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS AUTOALINEABLE Y
ALINEABLE CATERPILLAR 3512 DEL DISTRITO AMAZÓNICO LAGO AGRIO
PETROPRODUCCIÓN

 Fecha de Examinación: 25 - Febrero - 2010

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN

Comité de Examinación	A prueba	No A prueba*	Firma
Ing. Geovanny Novillo			
Ing. Manuel Morocho			
Ing. Washington Zabala			

*Más que un voto de no aprobación es condición suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quién certifica al Consejo Directivo que las condiciones de defensa se han cumplido.

f] Presidente del Tribunal

V.

VI. DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de graduación que se presenta, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Fernando Israel Quispe Bautista

VII.

VIII. DEDICATORIA

La presente Tesis de Grado va dedicada a mis queridos padres Enrique y Marcia que me dieron la vida y la educación constante, a mis hermanos por brindarme el apoyo incondicional, a mis abuelitos por estar siempre a mi lado.

De manera especial quiero dedicar este trabajo a mi querida esposa Esthela y a mi hijo que está por nacer; porque son la inspiración de mi diario vivir y mi apoyo para poder superar momentos muy difíciles que se me han presentado en mi vida.

IX.

X. Fernando Quispe

X I.

XII. A G R A D E C I M I E N T O

La vida del hombre se fundamenta en principios morales como es la gratitud, por ello quiero dejar constancia de mi agradecimiento a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH.

A mis profesores que durante el ciclo de estudio día a día van forjando profesionales. Expresar también un reconocimiento al Director de Tesis Ingeniero Manuel Morocho y Asesor Ingeniero Washington Zabala.

Al Departamento de Inspección Técnica del Distrito Amazónico Lago Agrio Petroproducción por haberme brindado todas las facilidades en la realización del presente trabajo en especial al Ing. Miguel Vaca, Sr. Lalo Sevillano, Sr. Leonardo Paztuña, Tecnólogo Washington Ruiz, Ing. Rita Delgado y a los amigos que he conocido dentro de la empresa.

A todos mis amigos dentro y fuera de la Politécnica con quien compartí momentos especiales.

XIII.

XIV.

XV.

XVI. Fernando Quispe

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Mantenimiento Predictivo	3
2.2 Diagnóstico Vibroacústico	4
2.2.1 ¿Qué es Vibración?	4
2.2.2 Movimiento Armónico Simple	5
2.2.3 Conceptos y Definiciones	6
2.2.4 Ecuaciones de Movimiento	7
2.2.5 Unidades de Medida	9
2.3 Clasificación y Selección de Transductores	9
2.3.1 Sensor de Proximidad	10
2.3.2 Sensor de Velocidad	11
2.3.3 Acelerómetro	12
2.4 Equipo de Análisis Vibracional VIBXPERT	13
2.4.1 Características	14

2.4.2	M edición...	14
2.4.3	Ergonom ía...	15
2.4.4	Sum inistro de Energía...	15
2.4.5	Com unicaciones...	16
2.4.6	Paquetes de Entrega VIBXPERT...	16
2.4.7	Software OM NITREND ...	18
2.5	Causa de las Vibraciones en las M áquinas...	19
2.6	Guías para la M edición y Evaluación...	19
2.6.1	Ubicación de los Puntos de Prueba...	19
2.6.2	Orientación de los Sensores de Vibración...	20
2.6.3	Evaluación e Interpretación de Resultados...	22
2.7	Elaboración de Tendencias...	22
2.8	Análisis de Espectros FFT...	24
2.9	Grupo Electróg eno...	24
2.9.1	Partes Principales de un Grupo Electróg eno...	25
2.9.1.1	M otor...	25
2.9.1.2	Regulación del M otor...	26
2.9.1.3	Sistem a Eléctrico del M otor...	26
2.9.1.4	Sistem a de Refrigeración...	26
2.9.1.5	Alternador...	27
2.9.1.6	Depósito de Com bustible y Bancada...	27
2.9.1.7	Aislamiento de la Vibración...	27
2.9.1.8	Silenciador y Sistem a de Escape...	27
2.9.1.9	Sistem a de Control...	28
2.9.1.10	Interruptor Autom ático de Salida...	28

2.9.1.11	Otros Accesorios Instalables en un Grupo Electrónico...	28
3.	EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA VIBRACIONAL ACTUAL	
	DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS ...	30
3.1	Recursos Físicos...	30
3.2	Parámetros Actuales en los Cuales Opera el Equipo...	30
3.3	Tendencia Vibracional Actual de los Grupos Electrónicos...	31
3.4	Niveles de Vibraciones Actuales Admisibles...	31
3.5	Determinación del Estado Técnico...	32
3.5.1	Estado Técnico del Grupo Electrónico EGEELE 0102 de la Estación Guanta Central...	34
3.5.2	Estado Técnico del Grupo Electrónico EGEELE 0255 de la Estación Sacha Sur...	36
4.	DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA VIBRACIONAL DE	
	LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS	38
4.1	Ubicación de las Estaciones en el Distrito Amazónico...	38
4.1.1	Estación Guanta Central...	38
4.1.2	Estación Sacha Sur...	40
4.2	Importancia Crítica de los Equipos...	42
4.2.1	Determinación de la Importancia Crítica...	44
4.2.2	Designación de Frecuencias...	46
4.3	Inventario de Equipos e Instalaciones...	46
4.3.1	Parámetros de Operación...	46
4.3.1.1	Grupo Electrónico EGEELE 0102...	46

4.3.1.2	Grupo Electrónico EGEELE 0255	48
4.3.2	Datos y Características	49
4.4	Equipo de Análisis Vibracional y Accesorios Utilizados	52
4.4.1	Unidad de Recolección de Datos FFT	52
4.4.2	Acelerómetro Portátil	53
4.4.3	Cable en Espiral Para Acelerómetros Industriales Portátiles	53
4.4.4	Cable USB	54
4.4.5	Sensor de Temperatura	54
4.4.6	Base Magnética	55
4.4.7	Base en Punta	55
4.5	Determinación de los Puntos de Medición	56
4.5.1	Localización de los Puntos	56
4.5.1.1	Puntos de Medición en el Grupo Electrónico EGEELE0102	56
4.5.1.2	Puntos de Medición en el Grupo Electrónico EGEELE0255	58
4.5.2	Sentidos de Medición	59
4.5.2.1	Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE 0102	59
4.5.2.2	Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE 0255	60
4.5.3	Marcación de los Puntos de Medición	61
4.5.3.1	Punto Uno Grupo Electrónico EGEELE0102	62
4.5.3.2	Punto Dos Grupo Electrónico EGEELE0102	62
4.5.3.3	Punto Tres Grupo Electrónico EGEELE0102	63
4.5.3.4	Punto Cuatro Grupo Electrónico EGEELE0102	63
4.5.3.5	Punto Uno Grupo Electrónico EGEELE0255	64
4.5.3.6	Punto Dos Grupo Electrónico EGEELE0255	64
4.5.3.7	Punto Tres Grupo Electrónico EGEELE0255	65

4.6	Elaboración de Rutas...	65
4.6.1	Creación de Una Nueva Base de Datos...	66
4.6.2	Elaboración de la Estructura de Árbol...	69
4.6.2.1	Añadir Localización...	69
4.6.2.2	Añadir Tren de Máquina...	72
4.6.2.3	Añadir Máquina...	73
4.6.2.4	Añadir Localización de Medición...	74
4.6.2.5	Añadir Tarea de Medición...	76
4.6.2.6	Configuración del Espectro...	78
4.6.3	Añadir Alarmas...	79
4.6.4	Editor de Rutas...	80
4.6.5	Descargar Ruta...	83
4.7	Aplicación en los Grupos Electrónicos...	85
4.7.1	Motor Lado Ventilador P1H (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	85
4.7.2	Motor Lado Ventilador P1V (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	86
4.7.3	Motor Lado Ventilador P1A (Grupo Electrónico EGEELE0102)....	86
4.7.4	Motor Lado Acople P2H (Grupo Electrónico EGEELE0102)....	87
4.7.5	Motor Lado Acople P2V (Grupo Electrónico EGEELE0102)....	87
4.7.6	Motor Lado Acople P2A (Grupo Electrónico EGEELE0102)....	88
4.7.7	Generador Lado Acople P3H (Grupo Electrónico EGEELE0102)....	88
4.7.8	Generador Lado Acople P3V (Grupo Electrónico EGEELE0102)....	89
4.7.9	Generador Lado Acople P3A (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	89
4.7.10	Generador Lado Libre P4H (Grupo Electrónico EGEELE0102)....	90
4.7.11	Generador Lado Libre P4V (Grupo Electrónico EGEELE0102)....	90
4.7.12	Generador Lado Libre P4A (Grupo Electrónico EGEELE0102)....	91

4.7.13	M o t o r L a d o V e n t i l a d o r P 1 H (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5)	9 1
4.7.14	M o t o r L a d o V e n t i l a d o r P 1 V (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5)	9 2
4.7.15	M o t o r L a d o V e n t i l a d o r P 1 A (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5)	9 2
4.7.16	M o t o r L a d o G e n e r a d o r P 2 H (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5)	9 3
4.7.17	M o t o r L a d o G e n e r a d o r P 2 V (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5)	9 3
4.7.18	M o t o r L a d o G e n e r a d o r P 2 A (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5)	9 4
4.7.19	G e n e r a d o r L a d o L i b r e P 3 H (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5)	9 4
4.7.20	G e n e r a d o r L a d o L i b r e P 3 V (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5)	9 5
4.7.2.1	G e n e r a d o r L a d o L i b r e P 3 A (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5)	9 5
4.8	C a r g a r R u t a a l P C	9 6
4.9	P l a n d e M a n t e n i m i e n t o P r e d i c t i v o	9 7
4.9.1	B a n c o d e T a r e a s , F r e c u e n c i a s , P r o c e d i m i e n t o s , E q u i p o s , H e r r a m i e n t a s , M a t e r i a l e s y R e p u e s t o s p a r a e l P l a n d e M a n t e n i m i e n t o P r e d i c t i v o d e M o n i t o r e o d e l G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 1 0 2	9 8
4.9.2	B a n c o d e T a r e a s , F r e c u e n c i a s , P r o c e d i m i e n t o s , E q u i p o s , H e r r a m i e n t a s , M a t e r i a l e s y R e p u e s t o s p a r a e l P l a n d e M a n t e n i m i e n t o P r e d i c t i v o d e M o n i t o r e o d e l G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 2 5 5	9 9
4.10	A l m a c e n a m i e n t o d e F i r m a s d e G r a b a c i ó n	1 0 0
4.10.1	P a r á m e t r o s d e O p e r a c i ó n d e l G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 1 0 2	1 0 0
4.10.2	F i r m a O b t e n i d a e n e l P 1 H (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 1 0 2)	1 0 1
4.10.3	F i r m a O b t e n i d a e n e l P 1 V (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 1 0 2)	1 0 2
4.10.4	F i r m a O b t e n i d a e n e l P 1 A (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 1 0 2)	1 0 3
4.10.5	F i r m a O b t e n i d a e n e l P 2 H (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 1 0 2)	1 0 4
4.10.6	F i r m a O b t e n i d a e n e l P 2 V (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 1 0 2)	1 0 5
4.10.7	F i r m a O b t e n i d a e n e l P 2 A (G r u p o E l e c t r ó g e n o E G E E L E 0 1 0 2)	1 0 6

4.10.8	Firma Obtenida en el P3H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	107
4.10.9	Firma Obtenida en el P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	108
4.10.10	Firma Obtenida en el P3A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	109
4.10.11	Firma Obtenida en el P4H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	110
4.10.12	Firma Obtenida en el P4V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	111
4.10.13	Firma Obtenida en el P4A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	112
4.10.14	Parámetros de Operación del Grupo Electrónico EGEELE 0255...	113
4.10.15	Firma Obtenida en el P1H (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	114
4.10.16	Firma Obtenida en el P1V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	115
4.10.17	Firma Obtenida en el P1A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	116
4.10.18	Firma Obtenida en el P2H (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	117
4.10.19	Firma Obtenida en el P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	118
4.10.20	Firma Obtenida en el P2A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	119
4.10.21	Firma Obtenida en el P3H (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	120
4.10.22	Firma Obtenida en el P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	121
4.10.23	Firma Obtenida en el P3A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	122
5.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS ...	124
5.1	Análisis de Tendencias Vibracionales...	124
5.1.1	Tendencia Vibracional del Grupo Electrónico EGEELE 0102...	124
5.1.1.1	Diagrama en Cascada P1H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	124
5.1.1.2	Diagrama en Cascada P1V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	126
5.1.1.3	Diagrama en Cascada P1A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	127
5.1.1.4	Diagrama en Cascada P2H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	129
5.1.1.5	Diagrama en Cascada P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	130

5.1.1.6	Diagrama en Cascada P2A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	132
5.1.1.7	Diagrama en Cascada P3H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	133
5.1.1.8	Diagrama en Cascada P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	135
5.1.1.9	Diagrama en Cascada P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	136
5.1.1.10	Diagrama en Cascada P4H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	138
5.1.1.11	Diagrama en Cascada P4V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	139
5.1.1.12	Diagrama en Cascada P4A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	141
5.1.2	Tendencia Vibracional del Grupo Electrónico EGEELE 0255...	142
5.1.2.1	Diagrama en Cascada P1H (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	142
5.1.2.2	Diagrama en Cascada P1V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	144
5.1.2.3	Diagrama en Cascada P1A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	145
5.1.2.4	Diagrama en Cascada P2H (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	146
5.1.2.5	Diagrama en Cascada P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	148
5.1.2.6	Diagrama en Cascada P2A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	149
5.1.2.7	Diagrama en Cascada P3H (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	151
5.1.2.8	Diagrama en Cascada P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	152
5.1.2.9	Diagrama en Cascada P3A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	154
5.2	Determinación de Niveles Admisibles (Alarmas)...	155
5.2.1	Niveles Admisibles Grupo Electrónico EGEELE 0102 de 1200RPM ...	155
5.2.2	Niveles Admisibles Grupo Electrónico EGEELE 0255 de 1800RPM ...	160
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ...	165
6.1	Conclusiones...	165
6.2	Recomendaciones...	166

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 Indicadores de Mantenimiento Predictivo.....	3
2.2 Transductores-Parámetros.....	10
3.1 Criterios Para Determinar el Estado Técnico.....	33
3.2 Estado Técnico del Grupo Electrónico EGEELE 0102.....	35
3.3 Estado Técnico del Grupo Electrónico EGEELE 0255.....	37
4.1 Importancia Crítica de los Equipos.....	42
4.2 Categorías.....	43
4.3 Escalas de Referencia.....	43
4.4 Intervalos de Medición Recomendados por SKF Condition Monitoring...	44
4.5 Resultados Ponderación Grupo Electrónico EGEELE0102.....	45
4.6 Resultados Ponderación Grupo Electrónico EGEELE0255.....	45
4.7 Ficha de Datos y Características del Grupo Electrónico EGEELE0102..	50
4.8 Ficha de Datos y Características del Grupo Electrónico EGEELE0255..	51
4.9 Descripción Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE0102...	60
4.10 Descripción Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE0255..	61
4.11 Análisis Vibracional.....	98
4.12 Análisis Vibracional.....	99
4.13 Parámetros de Operación en Tiempo Real del Grupo Electrónico	80
EGEELE 0102.....	101
4.14 Parámetros de Operación en Tiempo Real del Grupo Electrónico	
EGEELE 0255.....	83

5.1	A m p l i t u d M á x i m a e n C a d a S e n t i d o	155
5.2	M e d i a A r i t m é t i c a e n C a d a S e n t i d o	157
5.3	M e d i a A r i t m é t i c a e n C a d a P u n t o	158
5.4	N i v e l e s A d m i s i b l e s	159
5.5	A m p l i t u d M á x i m a e n C a d a S e n t i d o	160
5.6	M e d i a A r i t m é t i c a e n C a d a S e n t i d o	161
5.7	M e d i a A r i t m é t i c a e n C a d a P u n t o	162
5.8	N i v e l e s A d m i s i b l e s	164

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 Movimiento Armónico Simple...	5
2.2 Amplitud, Periodo...	6
2.3 Desplazamiento, Velocidad, Aceleración...	7
2.4 Sensor de Proximidad...	10
2.5 Sensor de Velocidad...	11
2.6 Acelerómetro...	12
2.7 Vibxpert...	13
2.8 Paquete de Vibxpert...	17
2.9 Software OMNITREND...	18
2.10 Ubicación del Sensor...	20
2.11 Direcciones de Medición...	21
2.12 Orientación de Sensor...	21
2.13 Grupo Electrónico...	25
3.1 Grupo Electrónico EGEELE0102...	34
3.2 Grupo Electrónico EGEELE0255...	36
4.1 Mapa de la Estación Guanta Central...	38
4.2 Estación Guanta Central...	39
4.3 Grupos Electrónicos...	40
4.4 Mapa de la Estación Sacha Sur...	40
4.5 Sistema de Reinyección de Agua...	41
4.6 Arranque Neumático...	47

4.7	Abastecimiento de Combustible.....	47
4.8	Arranque Eléctrico.....	48
4.9	Abastecimiento de Combustible.....	48
4.10	Unidad de Recolección de Datos FFT.....	52
4.11	Acelerómetro VIB 6.142R.....	53
4.12	Cable en Espiral VIB 5.436.....	53
4.13	Cable USB VIB 5.330.....	54
4.14	Sensor de Temperatura VIB 8.607-1.5.....	54
4.15	Base Magnética.....	55
4.16	Base en Punta.....	55
4.17	Ensamblaje Mediante un Acople.....	57
4.18	Puntos de Medición Grupo Electrónico EGEELE0102.....	57
4.19	Ensamblaje Mediante Laminas.....	58
4.20	Puntos de Medición Grupo Electrónico EGEELE0255.....	59
4.21	Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE 0102.....	59
4.22	Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE 0255.....	60
4.23	Punto Uno Grupo Electrónico EGEELE0102.....	62
4.24	Punto Dos Grupo Electrónico EGEELE0102.....	62
4.25	Punto Tres Grupo Electrónico EGEELE0102.....	63
4.26	Punto Cuatro Grupo Electrónico EGEELE0102.....	63
4.27	Punto Uno Grupo Electrónico EGEELE0255.....	64
4.28	Punto Dos Grupo Electrónico EGEELE0255.....	64
4.29	Punto Tres Grupo Electrónico EGEELE0255.....	65
4.30	Icono del Software OMNITREND.....	66

4.31	Ventana de Ingreso al Software OMNITREND	66
4.32	Pantalla Principal del Software OMNITREND	67
4.33	Barra de Menús.....	68
4.34	Almacenamiento de la Base de Datos.....	68
4.35	Ventana Principal de OMNITREND Con la Nueva Base de Datos.....	69
4.36	Icono del Gestor de Máquinas.....	70
4.37	Ventana del Gestor de Máquinas.....	70
4.38	Localización de la Empresa.....	71
4.39	Añadir Localización.....	71
4.40	Seleccionar Icono de Estación.....	72
4.41	Seleccionar icono de área.....	72
4.42	Añadir Tren de Máquina.....	73
4.43	Seleccionar Icono de Tren de Máquina.....	73
4.44	Añadir Máquina.....	74
4.45	Seleccionar Icono de Máquina.....	74
4.46	Añadir Localización de Medición.....	75
4.47	Punto de Medición.....	75
4.48	Añadir Tarea de Medición.....	76
4.49	Asistente de Tareas Primera Ventana.....	77
4.50	Asistente de Tareas Segunda Ventana.....	77
4.51	Ingreso a la Ventana de Ajuste de Espectro.....	78
4.52	Ventana de Ajuste de Espectros.....	78
4.53	Ventana Editor de Alarmas.....	79
4.54	Icono del Editor de Rutas.....	80

4.55	Ventana del Editor de Rutas...	80
4.56	Ruta Establecida...	81
4.57	Estructura de Árbol...	83
4.58	Icono Descargar Ruta...	84
4.59	Ventana Seleccionar Ruta...	84
4.60	Ventana Seleccionar Instrumento...	84
4.61	Motor Lado Ventilador P1H (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	85
4.62	Motor Lado Ventilador P1V (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	86
4.63	Motor Lado Ventilador P1A (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	86
4.64	Motor Lado Acople P2H (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	87
4.65	Motor Lado Acople P2V (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	87
4.66	Motor Lado Acople P2A (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	88
4.67	Generador Lado Acople P3H (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	88
4.68	Generador Lado Acople P3V (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	89
4.69	Generador Lado Acople P3A (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	89
4.70	Generador Lado Libre P4H (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	90
4.71	Generador Lado Libre P4V (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	90
4.72	Generador Lado Libre P4A (Grupo Electrónico EGEELE0102).....	91
4.73	Motor Lado Ventilador P1H (Grupo Electrónico EGEELE0255).....	91
4.74	Motor Lado Ventilador P1V (Grupo Electrónico EGEELE0255).....	92
4.75	Motor Lado Ventilador P1A (Grupo Electrónico EGEELE0255).....	92
4.76	Motor Lado Generador P2H (Grupo Electrónico EGEELE0255).....	93
4.77	Motor Lado Generador P2V (Grupo Electrónico EGEELE0255).....	93
4.78	Motor Lado Generador P2A (Grupo Electrónico EGEELE0255).....	94

4.79	Generador Lado Libre P3H (Grupo Electrónico EGEELE0255)...	94
4.80	Generador Lado Libre P3V (Grupo Electrónico EGEELE0255)...	95
4.81	Generador Lado Libre P3A (Grupo Electrónico EGEELE0255)...	95
4.82	Ícone Cargar Ruta a PC	96
4.83	Ventana Seleccionar Instrumento	96
4.84	Ventana Seleccionar Ruta	97
4.85	Firma Obtenida en el P1H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	101
4.86	Firma Obtenida en el P1V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	102
4.87	Firma Obtenida en el P1A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	103
4.88	Firma Obtenida en el P2H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	104
4.89	Firma Obtenida en el P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	105
4.90	Firma Obtenida en el P2A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	106
4.91	Firma Obtenida en el P3H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	107
4.92	Firma Obtenida en el P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	108
4.93	Firma Obtenida en el P3A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	109
4.94	Firma Obtenida en el P4H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	110
4.95	Firma Obtenida en el P4V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	111
4.96	Firma Obtenida en el P4A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)...	112
4.97	Firma Obtenida en el P1H (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	114
4.98	Firma Obtenida en el P1V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	115
4.99	Firma Obtenida en el P1A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	116
4.100	Firma Obtenida en el P2H (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	117
4.101	Firma Obtenida en el P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	118
4.102	Firma Obtenida en el P2A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)...	119

4.103	Firma Obtenida en el P3H (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	120
4.104	Firma Obtenida en el P3V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	121
4.105	Firma Obtenida en el P3A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	122
5.1	Diagrama en Cascada P1H (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	124
5.2	Diagrama en Cascada P1V (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	126
5.3	Diagrama en Cascada P1A (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	127
5.4	Diagrama en Cascada P2H (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	129
5.5	Diagrama en Cascada P2V (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	130
5.6	Diagrama en Cascada P2A (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	132
5.7	Diagrama en Cascada P3H (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	133
5.8	Diagrama en Cascada P3V (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	135
5.9	Diagrama en Cascada P3A (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	136
5.10	Diagrama en Cascada P4H (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	138
5.11	Diagrama en Cascada P4V (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	139
5.12	Diagrama en Cascada P4A (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)...	141
5.13	Diagrama en Cascada P1H (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	142
5.14	Diagrama en Cascada P1V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	144
5.15	Diagrama en Cascada P1A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	145
5.16	Diagrama en Cascada P2H (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	146
5.17	Diagrama en Cascada P2V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	148
5.18	Diagrama en Cascada P2A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	149
5.19	Diagrama en Cascada P3H (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	151
5.20	Diagrama en Cascada P3V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	152
5.21	Diagrama en Cascada P3A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)...	154

LISTA DE ABREVIACIONES

XVII. CPM	Ciclos por Minuto.
FFT	Transformada Rápida de Fourier.
XVIII. UM	Unidad de Medida de Longitud (Micrómetros)
IN/S	Pulgadas por Segundo
FT/S	Pies por Segundo
Hz	Hertzio
RAT	Radial Axial Tangencial
ATR	Axial Tangencial Radial
TRA	Tangencial Radial Axial
FIRMA	Espectro Tomado Cuando se Considera que la Máquina se Encuentra en Buenas Condiciones.
RPM	Revoluciones por Minuto.
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GASOIL	Diesel
CAP	Capacidad
CAL	Calibración
PRUFTECHNIK	Empresa de Mantenimiento Alemana
HP	Caballo de Fuerza (Horse Power).
ISO 3945	Norma de Análisis Vibracional que se Aplica a Máquinas Rígidas o Pesadas, Flexibles o Ligeras.
EGEELE0102	Identidad del Equipo
EGEELE0255	Identidad del Equipo.
GRL	General

LISTA DE ANEXOS

XIX. ANEXO 1: Reglas para el Análisis de Espectros

ANEXO 2: Normas de Severidad.

ANEXO 3: Mapa de Campo Guanta y del Campo Sacha

XX.

XXI. SUMARIO

En el presente trabajo se realizó el análisis y determinación de tendencias vibracionales de los grupos electrógenos alineable y autoalineable caterpillar 3512 del Distrito Amazónico Lago Agrio Petroproducción, con la finalidad de conocer la progresión de las fallas y los niveles vibracionales admisibles para la velocidad que presentan las máquinas. Para el efecto se recurrió al análisis vibracional en maquinaria rotativa, selección de transductores, estudio de los espectros FFT, reglas para el análisis de espectros, normas para la medición y evaluación de los niveles aceptables de vibración.

El estudio parte de la determinación del estado actual de los equipos con la finalidad de recolectar la firma de vibración según su importancia crítica. Seguido se determina los puntos de medición y la marcación de los mismos, en el lugar físico dispuesto en los grupos electrógenos.

Se elabora la estructura de árbol y las rutas de medición, para lo cual se utiliza el software OMNITREND y el equipo de análisis vibracional para la recolección de datos. Se confecciona un plan de mantenimiento predictivo y además se detallan los diferentes resultados de las mediciones obtenidas.

Con el análisis realizado se detallan el avance de las fallas, cuales fueron los factores que ocasionaron y que acciones se deberían tomar para su corrección, para finalmente determinar niveles admisibles. Siendo esta investigación una guía práctica para la evaluación vibracional de maquinaria de iguales características.

S U M M A R Y

In the present work, the analysis and determination of the vibration tendencies of the alignable and self-alignable electrogen groups caterpillar 3512 of the Amazon District Lago Agrio Petroproducción were carried out to know the progression of faults and vibration levels admissible for the machine velocity. The vibration analysis in the rotary machinery, transductor selection, study of spectra FFT, regulations for the spectra analysis, norms for the measurement and evaluation of the acceptable vibration levels was considered.

The study starts from the determination of the actual status of the equipment to collect the reading of vibration according to its critical importance. The measurement and marking points are determined in the physical place set in the electrogen groups.

The tree structure and the measurement routes were elaborated. For this the software OMNITREND and the vibration analysis equipment for data collection were used. A predictive maintenance plan is elaborated and the different results of measurements are put in detail.

From the analysis the fault advance, the factors caused and actions to be taken for correction are in detail to determined the admissible levels. This investigation is a practical guide for the machinery vibration evaluation of similar characteristics.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

PETROPRODUCCIÓN filial de Petroecuador Lago Agrio Distrito Amazónico es una empresa que realiza la exploración y explotación de hidrocarburos, utilizando grupos electrógenos para abastecer de energía eléctrica a las estaciones y pozos de producción de petróleo que se encuentran bajo su disposición, cuyos equipos requieren de un análisis vibracional continuo para detectar la aparición temprana de fallas de funcionamiento y fallas de condiciones técnicas que llevan a la paralización de la producción lo cual sería muy perjudicial para la empresa.

En la actualidad se presentan grupos electrógenos con niveles de vibraciones muy altos con relación a los adquiridos anteriormente, razón por la cual el Departamento de Inspección Técnica del Distrito Amazónico Lago Agrio ve la necesidad de efectuar un análisis y determinación de tendencias vibratoriales en éstos equipos.

1.2 Justificación

Para evitar la inestabilidad que presentan los grupos electrógenos Caterpillar 3512 adquiridos recientemente y por consiguiente evitar paradas imprevistas tanto en los equipos como en la producción, el Departamento de Inspección Técnica del Distrito Amazónico Lago Agrio Petroproducción ve la necesidad de efectuar la determinación

de tendencias vibracionales en los grupos electrógenos aplicando el analizador de vibraciones VIBXPERT, con la finalidad de definir los parámetros de vibración óptimos que garanticen el funcionamiento correcto de los equipos y que además prolonguen la vida útil de sus componentes.

La determinación de tendencias vibracionales en los grupos electrógenos, permitirá disponer de un conocimiento completo de los niveles reales de vibración que tienen estos equipos y en base a ello recomendar las acciones correctivas necesarias de tal manera que se disponga de equipos con alta confiabilidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar las tendencias vibracionales en los grupos electrógenos autoalineable y alineable Caterpillar 3512 del Distrito Amazónico Lago Agrio Petroproducción.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar el estado técnico de los grupos electrógenos
- Determinar el procedimiento para identificar los puntos de medición.
- Identificar la vibración de los grupos electrógenos
- Determinar la tendencia vibracional de los grupos electrógenos
- Determinar los niveles de vibraciones admisibles para la velocidad que presentan los grupos electrógenos

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Mantenimiento Predictivo [1]

El mantenimiento predictivo se basa en un conjunto de técnicas y herramientas que permiten determinar el estado de funcionamiento de una máquina, de manera que sin necesidad de parar o desmontar, se puedan planificar acciones correctivas oportunas antes que las fallas ocurran. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Básicamente cuatro son las técnicas de Mantenimiento Predictivo más usadas: Análisis de Aceites, Termografía, Ultrasonido y Análisis de vibraciones de estas la cuarta es la que mejor refleja el estado de maquinaria rotativa.

Tabla 2.1: INDICADORES DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Fallas en maquinaria rotativa	Temperatura	Presión	Flujo	Análisis de aceite	Vibración
Desbalance					X
Desalineamiento	X				X
Rodamientos defectuosos	X			X	X
Rodamientos de chapa defectuosos	X	X	X	X	X
Desgaste en engranes de caja reductora				X	X
Desajuste mecánico (piezas flojas)					X
Ruido					X
Fisuras en ejes					X

La vibración es el mejor indicador de la condición mecánica general de una máquina, y es a su vez el indicador más temprano de una falla en desarrollo. Existen otros indicadores como temperatura, presión, flujo y análisis de aceite.

En la tabla 2.1 se muestra cuando es útil el uso de estos parámetros, los cuales en la mayoría de los casos se los debe correlacionar con los registros de vibración.

2.2 Diagnóstico Vibroacústico [2]

2.2.1 ¿Que es Vibración?

En su forma más sencilla, una vibración se puede considerar como la oscilación o el movimiento repetitivo de un objeto alrededor de una posición de equilibrio. La posición de equilibrio es a la que llegará cuando la fuerza que actúa sobre él sea cero. Este tipo de vibración se llama vibración de cuerpo entero, lo que quiere decir que todas las partes del cuerpo se mueven juntas en la misma dirección en cualquier momento.

La vibración de un objeto es causada por una fuerza de **excitación**. Esta fuerza se puede aplicar externamente al objeto o puede tener su origen dentro del objeto. La proporción (**frecuencia**) y la magnitud de la vibración de un objeto dado, están completamente determinados por la fuerza de **excitación**, su dirección y su frecuencia. Esa es la razón porque un análisis de vibración puede determinar las fuerzas de excitación actuando en una máquina. Esas fuerzas dependen del estado de la máquina, y el conocimiento de sus características e interacciones permiten diagnosticar un problema de la máquina.

2.2.2. Movimiento Armónico Simple

El movimiento más sencillo que pueda existir es el movimiento en una dirección de una masa controlada por un resorte único. Este sistema mecánico se llama sistema resorte-masa, con un grado único de libertad. Si se desplaza la masa, hasta una cierta distancia del punto de equilibrio, y después se suelta, el resorte la regresará al equilibrio. Para entonces, la masa tendrá algo de energía cinética y rebasará la posición de descanso y desviará el resorte en la dirección opuesta. Perderá velocidad hasta pararse en el otro extremo de su **desplazamiento** donde el resorte volverá a empezar el regreso hacia su punto de equilibrio. El mismo proceso se volverá a repetir con la energía transfiriéndose entre la masa y el resorte, desde energía cinética en la masa hasta energía potencial en el resorte y regresando. La ilustración de la figura 2.1 enseña una gráfica de la masa contra el tiempo.

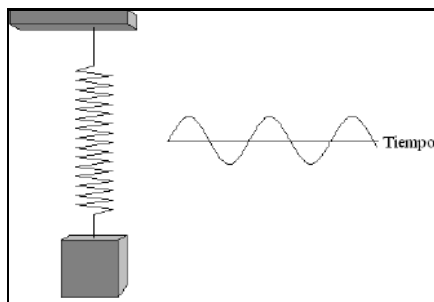


Figura 2.1: Movimiento Armónico Simple

Si no hubiera fricción en el sistema, la oscilación continuaría en la misma proporción y en la misma amplitud para siempre. Este movimiento armónico simple idealizado casi nunca se encuentra en sistemas mecánicos reales. Cualquier sistema real

tiene fricción y eso hace que la amplitud de la vibración disminuya gradualmente ya que la energía se convierte en calor.

2.2.3 Conceptos y Definiciones

La amplitud y el periodo del movimiento armónico simple, se describe en la grafica de la figura 2.2 y esta definido por la función armónica:

$$d = A \text{ Sen } \omega t$$

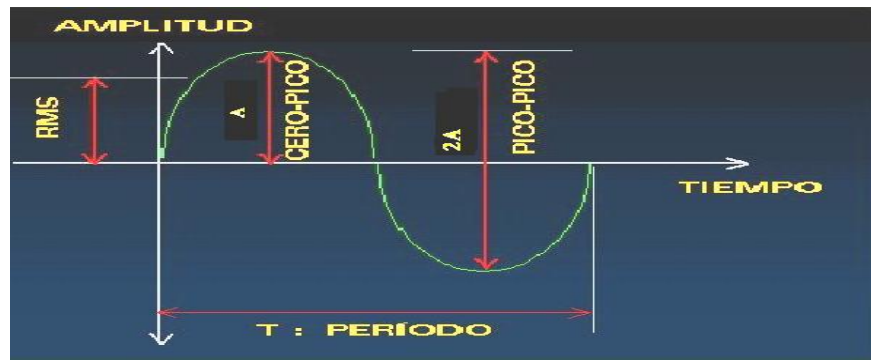


Figura 2.2: Amplitud, Periodo

A = amplitud de onda de medio pico (um). Suele definirse la amplitud pico a pico $2A$.

ω = Frecuencia circular o angular de oscilación (radianes/segundo)

- **Periodo de oscilación.**

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

El periodo es el tiempo requerido para cumplir un ciclo, es decir cuanto se demora el cuerpo en volver a su posición original en las condiciones iniciales, esta expresado en minutos, segundos, etc.

- **Frecuencia de oscilación.**

$$f = \frac{W}{2\pi}$$

La frecuencia es el número de ciclos en la unidad de tiempo, medido en ciclos por minuto (cpm), ciclos por segundo (cps o Hz).

En la función armónica el valor promedio en un ciclo es cero, por eso se utiliza el valor eficaz o el valor rms de la onda.

Valor pico (media onda) = valor equivalente.

Valor rms = valor eficaz

Valor rms = 0.707(valor equivalente)

2.2.4 Ecuaciones de Movimiento.

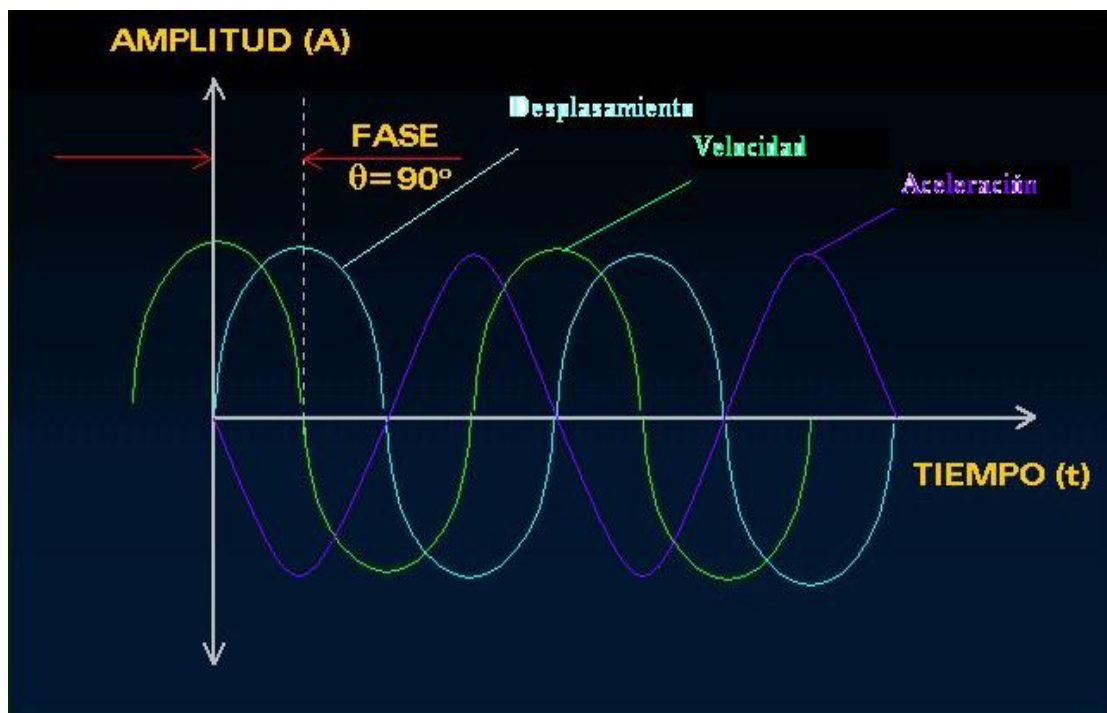


Figura 2.3: Desplazamiento. Velocidad. Aceleración.

- Si se anota la posición o el **desplazamiento** de un objeto que está sometido a un movimiento armónico simple contra el tiempo en una gráfica, la curva resultante será una **onda seno** o **senoidal** que se describe en la siguiente ecuación:

$$d = A \text{ Sen}(wt)$$

Donde:

d = desplazamiento instantáneo

A = desplazamiento máximo o pico

t = tiempo

W = frecuencia angular

- La **velocidad** de movimiento es igual a la proporción del cambio del desplazamiento o, en otras palabras, a que tan rápido cambia su posición. La razón de cambio de una cantidad respecto a otra se puede describir con la derivada siguiente:

$$V = \frac{dd}{dt} = WA \text{ Cos}(wt)$$

$$V = WA \text{ Cos}(wt)$$

Donde:

V = velocidad instantánea.

En la figura 2.3, se puede ver que la forma de la función de velocidad también es senoidal, pero ya que está descrita por el coseno, está desplazada en 90 grados.

- La **aceleración** del movimiento que aquí se describe está definida como la proporción de cambio de la velocidad o, que tan rápida la velocidad está cambiando en cualquier momento.

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2d}{dt^2} = -W^2 A \text{ Sen}(wt)$$

$$a = -W^2 A \text{ Sen}(wt)$$

2.2.5 Unidades de Medida

- **El desplazamiento** generalmente se mide en micrómetros (um), o milésimas de pulgada (mils).
- **La velocidad** generalmente se mide en pulgadas por segundo (in/s), o milímetros por segundo (mm/s).
- **La aceleración** se mide generalmente en milímetros por segundo al cuadrado (mm/s^2), o en “gravidades” ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ó 32.2 ft/s^2).

De los tres parámetros el más utilizado por las normas es la velocidad de vibración en mm/s o in/s expresada en valores rms, debido a que la velocidad lleva la información de la amplitud “A” y de la frecuencia “W”, esto es una idea de la energía involucrada en la vibración.

2.3 Clasificación y Selección de Transductores [3]

El transductor de vibraciones es un aparato que produce una señal eléctrica que es una réplica o análogo del movimiento vibratorio al cual está sujeto. Un buen transductor no debe agregar falsos componentes a la señal, y debería producir señales uniformes en todo el rango de frecuencias que nos interesa.

Los tipos diferentes de transductores responden a parámetros diferentes de la fuente de vibración, como se puede apreciar en la tabla siguiente.

Tabla 2.2: TRANSDUCTORES-PARÁMETROS

Nombre:	Sensible a
Sensor de Proximidad	Desplazamiento
Sensor de Velocidad	Velocidad
Acelerómetro	Aceleración

2.3.1 Sensor de Proximidad.

El Sensor de proximidad, también llamado "Transductor de Desplazamiento" es una unidad de montaje permanente, y necesita un amplificador que condiciona la señal para generar un voltaje de salida, proporcional a la distancia entre el transductor y la extremidad de la flecha. Su operación está basada en un principio magnético, por eso, es sensible a las anomalías magnéticas en la flecha. Se debe tener cuidado para evitar que la flecha sea magnetizada y que de esta manera, la señal de salida sea contaminada.

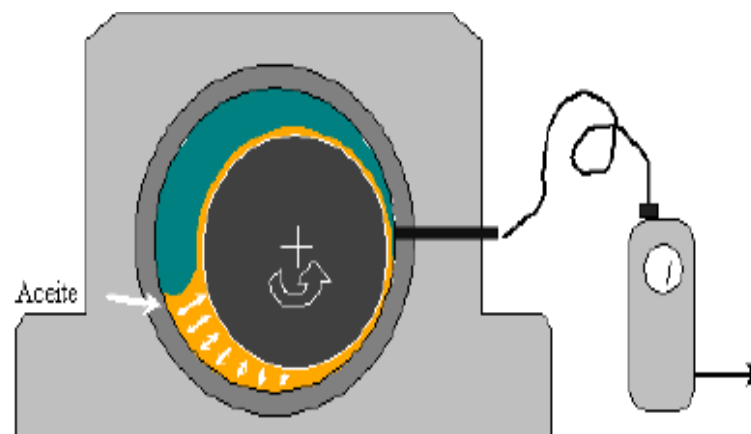


Figura 2.4: Sensor de Proximidad

Es comúnmente usado en cojinetes hidrodinámicos, de baja velocidad, la medición se realiza directamente sobre el eje. Requiere calibración y una fuente externa de energía para su funcionamiento.

Tiene muy buena respuesta en baja frecuencia, de 0 a 400 Hz generalmente.

2.3.2 Sensor de Velocidad

El sensor de velocidad (figura 2.5) fue uno de los primeros transductores de vibración, que fueron construidos. Consiste de una bobina de alambre y de un imán colocado de tal manera que si se mueve el carter, el imán tiende a permanecer inmóvil debido a su inercia. El movimiento relativo entre el campo magnético y la bobina induce una corriente proporcional a la velocidad del movimiento. De esta manera, la unidad produce una señal directamente proporcional a la velocidad de la vibración. Es autogenerador y no necesita de aditamentos electrónicos acondicionadores para funcionar. Tiene una impedancia de salida eléctrica relativamente baja que lo hace relativamente insensible a la inducción del ruido.

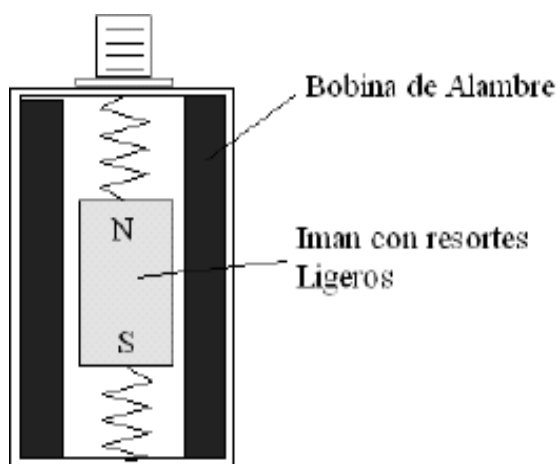


Figura 2.5: Sensor de Velocidad

Es de uso muy común, especialmente para mediciones en soportes de rodamientos (chumaceras), no requiere de fuente externa. Puede tener interferencia del campo magnético. Su aplicación está especialmente en el rango de 2 Hz a 1 KHz.

2.3.3 Acelerómetro

Se puede considerar al acelerómetro piezoeléctrico (figura 2.6) como el transductor estándar para medición de vibración en máquinas. Se produce en varias configuraciones, pero la ilustración del tipo a compresión sirve para describir el principio de la operación. La masa sísmica está sujeta a la base con un perno axial, que se apoya en un resorte circular. El elemento piezoeléctrico está ajustado entre la base y la masa. Cuando una materia está sujeta a una fuerza, se genera una carga eléctrica entre sus superficies. Hay muchas materias de este tipo. Cuarzo se usa más. También hay materias piezoeléctricas sintéticas que funcionan bien y en algunos casos son capaces de funcionar a temperaturas más altas que el cuarzo lo puede hacer.

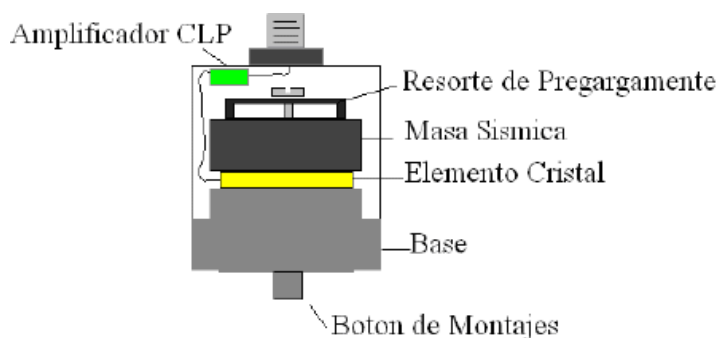


Figura 2.6: Acelerómetro

Son muy comunes, operan en una muy amplia gama de frecuencias, desde 0 hasta más de 400 KHz, son recomendables para maquinaria de alta velocidad y para detectar vibraciones de alta frecuencia en general.

2.4 Equipo de Análisis Vibracional VIBXPERT [4]

Unidad de recolección de datos FFT y analizador de señales. Este dispositivo de medición recientemente desarrollado no es solo el compañero ideal para sus rondas de medición de rutina sino también una ayuda confiable en el sitio para registrar y analizar las señales de máquinas complejas.

VIBXPERT (figura 2.7) registra todo tipo de vibraciones de las máquinas, la situación de los cojinetes, y los datos de los procesos y las inspecciones visuales, y transfiere dicha información al programa de mantenimiento OMNITREND para su evaluación, almacenamiento y documentación. La combinación de su amplia gama de características y la facilidad de su manejo hacen de VIBXPERT la opción más eficaz para una gran variedad de aplicaciones.

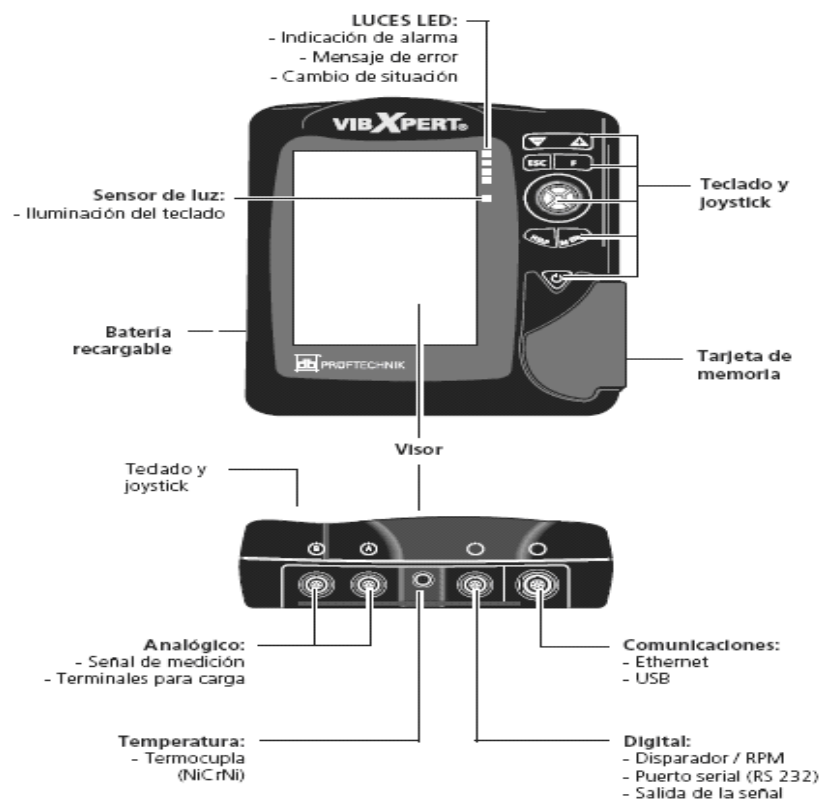


Figura 2.7: Vibxpert

2.4.1 Características

- Elevada precisión en la medición y gran rapidez en la recolección de datos.
- ‘Ruta’ (Route) para la recolección de datos para el monitoreo de la situación.
- ‘Multimodal’ (Multimode) para las mediciones individuales para el diagnóstico de las máquinas.
- ‘Balanceo’ (Balancing) en uno o dos planos (optativo).
- Es posible conectar casi todos los tipos de sensores
- Uno o dos canales de medición (analógicos) Mediante una contraseña se puede pasar en cualquier momento al dispositivo de dos canales.
- Dos canales de medición sincrónicos para el diagnóstico de mediciones complejas (por ejemplo, vibraciones de ejes).
- Capacidad ilimitada de almacenamiento por medio de tarjetas de memoria sustituibles (CompactFlash - CF).
- Cuatro luces LED de alarma (rojo, amarillo, verde y azul), que indican si se han excedido los umbrales (sobre la base de normas ISO).
- Iluminación para el teclado de controles con sensor para la luz del día.
- A prueba de polvo y salpicaduras (IP65), ideal para su uso en los exigentes ambientes industriales.
- Conector para termocupla NiCrNi.
- Salida de señales para auriculares.

2.4.2 Medición

- **Valores totales**
Aceleración, velocidad y desplazamiento de las vibraciones

Corriente y voltaje

Impulsos de shock (condiciones de los cojinetes)

Temperatura

RPM

- **Señales**

Espectros de amplitud

Espectros envelope

Forma de onda temporal

Medición de fases (canales cruzados)

Mediciones coast down (un canal / dos canales)

Órbita (dos canales)

Análisis de pedidos

2.4.3 Ergonomía

- Pantalla grande, con iluminación posterior (480 x 320 píxeles, 115 x 78 mm, 16 niveles de gris) que asegura una clara presentación de los datos y una óptima legibilidad.
- Controles con un joystick fácil de usar.
- Interfaz gráfica para el usuario.
- Conectores codificados con colores.
- AYUDA (Help) en línea, sensible al contexto.

2.4.4 Suministro de Energía

- Baterías de litio-ión de última generación, para más de ocho horas de uso.

- Carga inteligente de la batería en VIB XPERT.
- Administración automática de la energía (iluminación del visor).

2.4.5 Comunicaciones

- Plenamente incorporable a una red.
- Conexión a PC por USB, Ethernet, RS232.
- Sistema operativo Linux incorporado.

2.4.6 Paquetes de Entrega VIB XPERT

El paquete que se entrega contiene las piezas que se encuentran codificadas y se muestran en la figura 2.8.

VIB 5.300	Unidad de recolección de datos FFT
VIB 5.320	Cargador
VIB 5.329	Estuche
VIB 5.331	Cable Ethernet
VIB 5.354	Estuche
VIB 5.430-2	Cable serial cable (RS232)
VIB 5.436	Cable en espiral para acelerómetros industriales portátiles
VIB 6.142	Acelerómetro portátil, con aislamiento eléctrico
VIB 8.736	Imán para superficies curvas
VIB 9.805.E	Manual VIB XPERT
VIB 9.807.E	Instrucciones abreviadas VIB XPERT
VIB 9.661-5DG	Catálogo de productos VIB XPERT

VIB 9.663-1DG Catálogo de sensores y accesorios

VIB 9.663-2DG Catálogo de cables y accesorios

No mostrados en la figura 2.8:

VIB 5.325 Juego de baterías recargables (estándar - incorporado)

VIB 5.380 Firm ware VIBXPERT, un canal (estándar - incorporado)

VIB 5.380-L Certificado de firm ware, un canal

VIB 8.970 CD de programa/firm ware Condition Monitoring (incluye versión de OMNITREND para demostración).

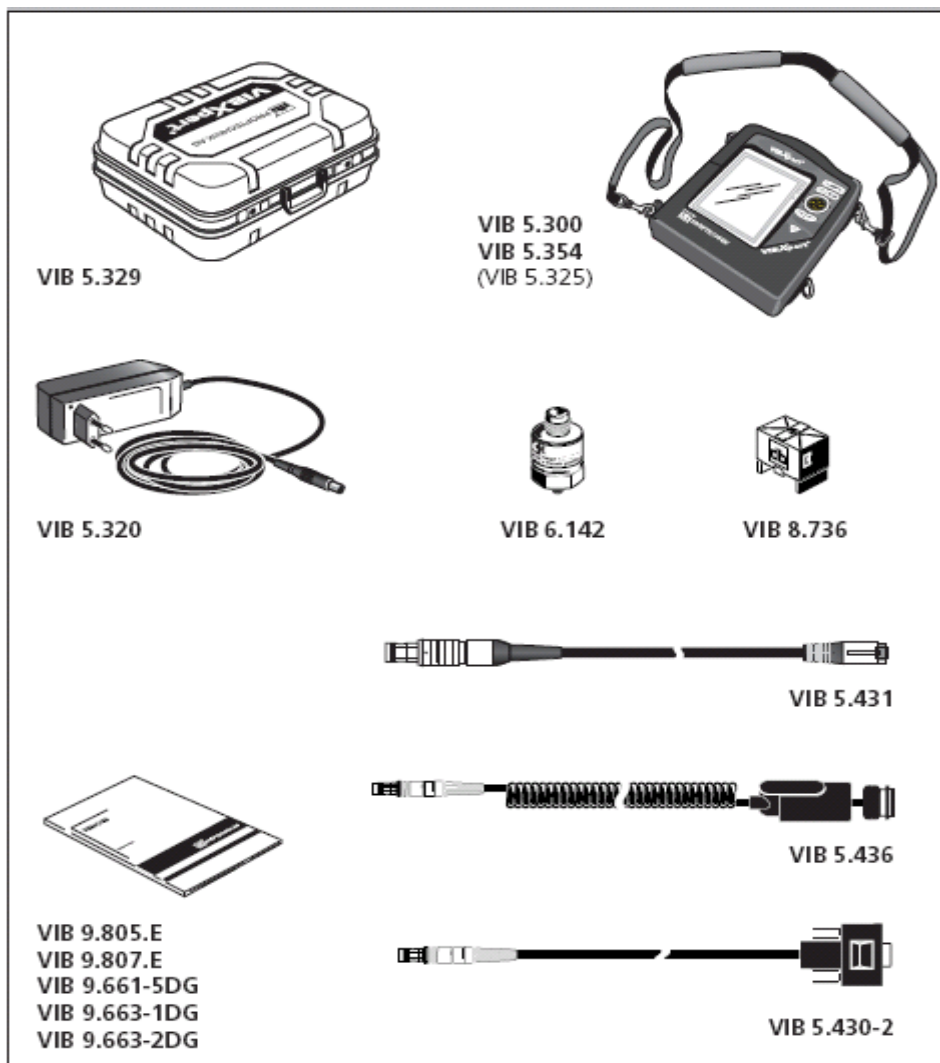


Figura 2.8: Paquete de Vibxpert

2.4.7 Software OMNITREND

OMNITREND, el novedoso programa de PC para el monitoreo y diagnóstico de condiciones operativas de equipos rotativos.

OMNITREND le permite:

- Monitorear la tendencia de los valores y señales globales característicos específicos de una máquina.
- Analizar las señales de una máquina.
- Llevar a cabo diagnósticos de vibración de máquina y de rodamiento antifricción.

OMNITREND versión 2.35. La actual versión de OMNITREND incluye diversas mejoras y nuevas características. Podrá encontrar una lista detallada.



Figura 2.9: Software OMNITREND

2.5. Causa de las Vibraciones en las Máquinas [5]

En anomalías típicas de máquinas encontrar la causa del ruido o la vibración excesiva resulta relativamente sencillo ya que en general la frecuencia del ruido y la vibración de las partes con problemas suele ser un múltiplo de las rpm del equipo.

Es posible encontrarse en muchos casos con un espectro continuo de frecuencias debido a una vibración aleatoria. De modo que es real el hecho de que sólo el profundo conocimiento que tengamos de nuestros sistemas es quien permita facilitarnos el análisis. Decidir es nuestro próximo paso, por lo que necesitamos conocer las características de vibración de cada tipo de problemas.

En las tablas de problemas típicos de vibraciones (**Anexo 1**) [6], están mencionadas las causas más comunes de vibración que podemos encontrar conjuntamente con las frecuencias en que se manifiestan.

2.6 Guías para la Medición y Evaluación [7]

2.6.1 Ubicación de los Puntos de Prueba

En general es deseable colocar el transductor de prueba lo más cerca posible del rodamiento, con metal sólido entre el rodamiento y el sensor. Se debe evitar la colocación en las gorras de rodamientos, ya que son hechas de metal delgado y conducen muy poco la energía de vibración. Si es posible habrá que seleccionar los lugares de ubicación de tal manera que no haya juntas entre metal y metal, entre el rodamiento y el sensor. La junta entre la campana y el cráter del estator de un motor es

un ejemplo de esto (figura 2.10). Cárters de ventiladores y las extremidades de motores se deben evitar.

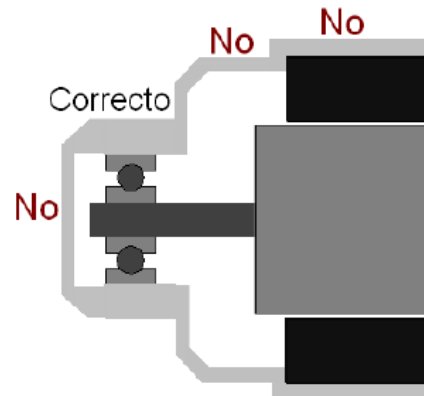


Figura 2.10: Ubicación del Sensor

En general se ha encontrado que para motores de menos de alrededor de 50 HP un punto de prueba es adecuado, pero para motores de más de 50 HP cada rodamiento debería de tener su propio punto de prueba.

En las máquinas sensibles a los daños en los rodamientos y en las que los problemas de rodamientos se deberían detectar lo más temprano posible, cada rodamiento debería tener su propio punto de prueba.

2.6.2 Orientación de los Sensores de Vibración

En cualquier programa de monitoreo de máquinas, el hecho que los datos sean recopilados de manera exactamente igual cada vez que se hace una medición es extremadamente importante. Eso para asegurar que los datos se pueden repetir y que se pueda establecer una tendencia en el tiempo.

- **M ediciones T ridir eccionales**

Para ayudar en la determinación de problemas de máquinas es muy útil obtener datos de vibración de cada punto de medición en tres direcciones. Esas direcciones se llaman **Axial**, **Radial**, y **Tangencial**, (figura 2.11). Axial es la dirección paralela a la flecha, radial es la dirección desde el transductor hacia el centro de la flecha, y tangencial es 90 grados de radial, tangente a la flecha.

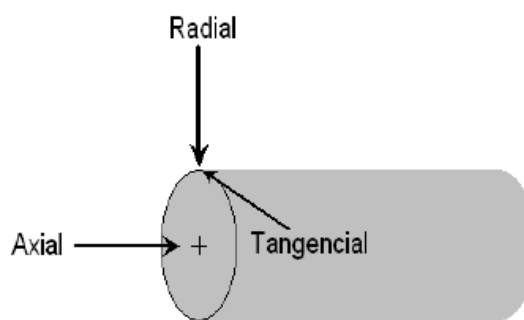


Figura 2.11: Direcciones de Medición

- **Ejemplos de Orientación.**

En la figura 2.12 se aprecia las tres orientaciones del sensor en distintos puntos, para una máquina original.

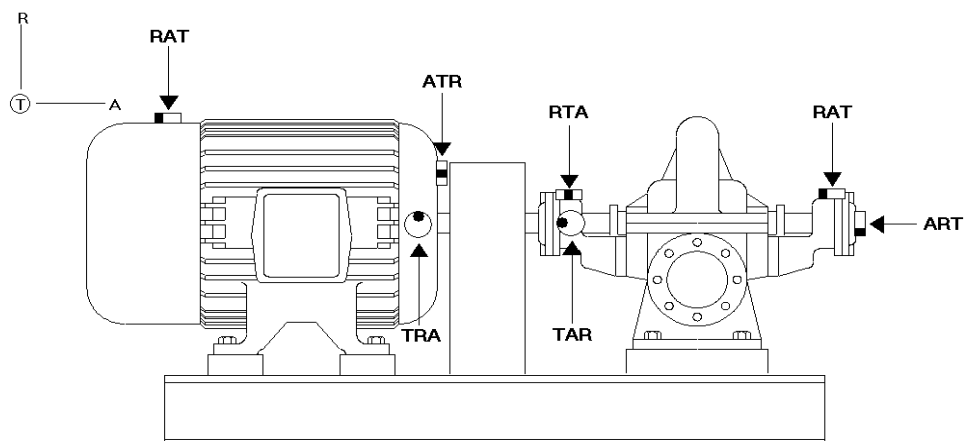


Figura 2.12: Orientación de Sensor

2.6.3 Evaluación e Interpretación de Resultados [8]

El estado vibracional normal de una máquina, es casi exclusivamente de esa máquina. Si bien existe espectros modelo en que se reflejan los picos en condiciones normales, para un caso en particular las condiciones pueden ser distintas, pueden excitarse vibraciones resonantes o de frecuencia natural de alguna parte cercana, por ejemplo del piso, de un pasamano o inclusive de una máquina cercana. El agravante es que las vibraciones se transmiten a través del piso o de miembros conectados, de manera que al tomar una muestra de vibración en una chumacera se esta tomando realmente de todo el medio circundante.

Cuando se necesita emitir un criterio y se presume de transmisión de vibraciones desde otras fuentes, se deben apagar las máquinas adyacentes e inclusive desconectar la transmisión de otras partes de la misma máquina e ir haciendo pruebas por partes.

El razonamiento anterior lleva a la conclusión de que cada empresa debe desarrollar sus espectros, hacer un seguimiento del comportamiento vibracional y sobre la base de los criterios desarrollados determinar los espectros que corresponden al funcionamiento normal y los que muestran existencia de defectos.

2.7 Elaboración de Tendencias [9]

La elaboración de tendencias consiste en almacenar las firmas de grabación grabadas a tiempos específicos y de apuntar los cambios en los niveles de vibración a las **frecuencias forzadas** vs tiempo. Una tendencia creciente en el nivel, indica un problema incipiente.

La manera más sencilla de utilizar las tendencias en las vibraciones es de establecer un **espectro** de vibración representativo de una máquina operando normalmente, como punto de referencia. Y de comparar esta referencia con espectros que se grabaron más tarde en la misma máquina. La comparación de espectros es posible por la normalización de orden. Cuando se hace la comparación, hay varios puntos importantes que se tienen que tomar en cuenta:

Las condiciones en las que opera la máquina, cuando se graba el nuevo espectro deben ser lo más similares a las condiciones en que operaba cuando se grabó el espectro de referencia. Si no, los espectros no son comparables y se pueden cometer errores importantes.

Los datos de las vibraciones deben recordarse de manera exactamente igual que los datos de referencia. El **transductor** debe ser montado en el lugar exactamente igual y su **calibración** debe ser precisa si es posible, se debe usar el mismo transductor para todas las mediciones sucesivas en la máquina

Cuando se toman datos de las vibraciones con un analizador TRF o con un recopilador de datos, es importante realizar un promedio de varios espectros instantáneos, para reducir las variaciones aleatorias y los efectos de ruido extraño en la señal medida. La cantidad de promedios espectrales que se graban para producir los espectros deben ser suficientes para producir una **firma** uniforme y constante.

Normalmente de seis a diez promedios serán suficientes, pero en algunas máquinas con un contenido de ruido aleatorio relativamente alto en sus firmas es posible que se necesite tiempos de promedio más largos. Una regla general es de grabar un espectro con varios promedios e inmediatamente después grabar otro con la doble

cantidad de promedios. Si hay una diferencia significativa entre los espectros la cantidad de promedios se debe duplicar otra vez y se debe grabar otro espectro. Si los dos últimos espectros son similares, entonces la cantidad anterior de promedios es adecuada para la máquina.

2.8 Análisis de Espectros FFT [10]

Partiendo de las premisas:

- La respuesta dinámica de un sistema vibratorio tiene la misma frecuencia que la excitación.
- La vibración mecánica en maquinaria rotativa es una función periódica.
- Toda función periódica puede ser resuelta mediante el análisis de la transformada de Fourier. Llamando resolución a la determinación de las componentes armónicas.

Un analizador de vibraciones con resolución FFT, lo que hace es encontrar las funciones armónicas que generan la función periódica y mostrarlas en un gráfico en donde la abscisa es la frecuencia y la ordenada la intensidad de vibración, en amplitud, velocidad o aceleración, en valores de medio pico, rms, pico a pico, etc.

2.9 Grupo Electrónico [11]

Un grupo eléctrico es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.



Figura 2.13: Grupo Electrónico

Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico, generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas. Otro caso sería en locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, etc., que a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía alterna para abastecerse.

2.9.1 Partes Principales de un Grupo Electrónico

Un grupo electrónico consta de las siguientes partes:

2.9.1.1 Motor

El motor representa nuestra fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existe tres tipos de motores: Motores de gasolina, GLP y de

gasoil (diesel). Generalmente los motores diesel son los más utilizados en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.

2.9.1.2 Regulación del Motor.

El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.

2.9.1.3 Sistema Eléctrico del Motor.

El sistema eléctrico del motor es de 12 VCC, excepto aquellos motores los cuales son alimentados a 24 VCC, negativo a masa. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, una/s batería/s libre/s de mantenimiento (acumuladores de plomo), sin embargo, se puede instalar otros tipos de baterías si así se especifica, y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente, un motor dispone de un manómetro de presión de aceite, un sensor de temperatura y de un contacto en el alternador de carga del motor para detectar un fallo de carga en la batería.

2.9.1.4 Sistema de Refrigeración.

El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por

agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.

2.9.1.5 Alternador.

La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.

2.9.1.6 Depósito de Combustible y Bancada.

El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.

2.9.1.7 Aislamiento de la Vibración.

El Grupo Electrónico está dotado de tacos antivibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el Grupo Motor-Alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.

2.9.1.8 Silenciador y Sistema de Escape.

El silenciador de escape va instalado en el Grupo Electrónico. El silenciador y el sistema de escape reducen la emisión de ruidos producidos por el motor.

2.9.1.9 Sistema de Control.

Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el Grupo Electrónico.

2.9.1.10 Interruptor Automático de Salida.

Para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del Grupo Electrónico con control manual. Para grupos Electrónicos con control automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el modelo adecuado y régimen de salida.

2.9.1.11 Otros Accesorios Instalables en un Grupo Electrónico.

Además de lo mencionado anteriormente, existen otros dispositivos que nos ayudan a controlar y mantener, de forma automática, el correcto funcionamiento del mismo. Para la regulación automática de la velocidad del motor se emplean una tarjeta electrónica de control para la señal de entrada "pick-up" y salida del "actuador". El pick-up es un dispositivo magnético que se instala justo en el engranaje situado en el motor, y éste, a su vez, está acoplado al engranaje del motor de arranque. El pick-up detecta la velocidad del motor, produce una salida de voltaje debido al movimiento del engranaje que se mueve a través del campo magnético de la punta del pick-up, por lo tanto, debe haber una correcta distancia entre la punta del pick-up y el engranaje del motor. El actuador sirve para controlar la velocidad del motor en condiciones de carga. Cuando la

carga es muy elevada la velocidad del motor aumenta para proporcionar la potencia requerida y, cuando la carga es baja, la velocidad disminuye, es decir, el fundamento del actuador es controlar de forma automática el régimen de velocidad del motor sin aceleraciones bruscas, generando la potencia del motor de forma continua. Normalmente el actuador se acopla al dispositivo de entrada del fuel-oil del motor.

CAPÍTULO III

3. EVALUACIÓN DE LA TENDENCIA VIBRACIONAL ACTUAL DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS

3.1 Recursos Físicos

El Departamento de Inspección Técnica del Distrito Amazónico Lago Agrio, es el encargado de realizar el Mantenimiento Predictivo de todos los equipos estáticos y dinámicos del distrito. En el cual se encuentra instalado el software Main/Tracker, para la administración de activos de todo el distrito.

El Departamento de Inspección Técnica se distribuye en dos áreas:

- Área de equipo dinámico, que comprende: motores, grupos electrógenos, bombas, etc.
- Área de equipo estático, que comprende: inspección de tubería, soldaduras etc.

3.2 Parámetros Actuales en los Cuales Opera el Equipo

En el Departamento de Inspección Técnica, no se maneja en su totalidad mediante documentación, los parámetros de operación de los equipos. Durante ni después de las mediciones, para el análisis de espectros. Los parámetros que se manejan mediante documentación son los que proporciona el software Main/Tracker.

El software Main/Tracker, es para administración de activos, en el cual se refleja información general de los equipos, como son: datos de placa y ubicación, pero en la mayoría de casos, los datos de placa son incompletos y la ubicación de los equipos es incorrecta, provocando en algunos casos dificultad para llegar al sitio destinado.

3.3 Tendencia Vibracional Actual de los Grupos Electrógenos.

En el departamento de inspección técnica, en el área de equipo dinámico no se tiene actualmente tendencias vibracionales de los grupos electrógenos. El no tener tendencias vibracionales implica el desconocimiento total del equipo y del avance progresivo de las fallas.

Lo que se realiza actualmente mediante la técnica de análisis vibracional en el área de equipos dinámicos es: Tomar datos vibracionales de la máquina en el sitio de operación, para luego realizar el informe respectivo de la medición, simplemente mirando los niveles de vibración más altos solo en el equipo de análisis vibracional. Sin transferir los datos tomados, al software (OMNITREND) para almacenamiento y análisis de espectros. Para aprovechar las ventajas que nos brinda, y así poder determinar un diagnóstico confiable de la máquina.

3.4 Niveles de Vibraciones Actuales Admisibles.

Actualmente el área de equipo dinámico no dispone de niveles vibracionales admisibles, debido a que no se ha podido llevar la tendencia vibracional de los equipos. Simplemente se cuenta con los niveles de vibraciones recomendados por las normas: ISO 3945, guías de vibraciones Caterpillar, que se encuentran en el **Anexo 2**. Estas

normas no son tan recomendadas debido a que los equipos trabajan en distintos parámetros de operación y además ya tienen algunos años trabajando continuamente.

La norma simplemente se utilizara como referencia, para el desarrollo de la tendencia de los grupos electrógenos. En vista que el grupo electrógeno de la estación Guanta, tiene algunos años de operación y el grupo electrógeno de la estación Sacha es nuevo pero, presenta alta inestabilidad vibracional durante su operación. De ahí la importancia de determinar tendencias y niveles vibracionales en los grupos.

3.5 Determinación del Estado Técnico

El estado técnico de un equipo se define como las condiciones técnicas y funcionales que este presenta en un momento dado.

Un equipo que está sometido a un determinado régimen de trabajo se deteriora continuamente y su estado técnico puede llegar a tal punto, que se refleje en un bajo rendimiento, aumento de las roturas imprevistas e incluso, aumentar el riesgo para el operador.

Esta revisión previa se efectuó en conjunto con los técnicos de mantenimiento encargados de la estación Guanta Central y de los técnicos de mantenimiento encargados de la estación Sacha Sur. Estará dirigida a detectar el grado de desgaste de las diferentes partes y mecanismos de cada uno de los equipos, lo que permitirá su estado técnico.

Para poder determinar si el equipo se encuentra en condiciones buenas, regulares, malas o muy malas; nos basamos en los criterios de la tabla 3.1, los mismos que se calculan a partir de una valoración y mediante el siguiente procedimiento [12].

- Se multiplica la cantidad de aspectos evaluados como buenos, por 1; los evaluados como regulares, por 0.80; los evaluados como malos, por 0.60; y los evaluados como muy malos, por 0.40.
- Se suman todos estos productos y el resultado se divide entre la cantidad de aspectos evaluados.
- El resultado anterior se multiplica por 100, y se obtiene el índice que permite evaluar, según los criterios, el estado técnico del equipo en su conjunto.

Tabla 3.1: CRITERIOS PARA DETERMINAR EL ESTADO TÉCNICO

Bueno	(90 - 100)%
Regular	(75 - 89)%
Malo	(50 - 74)%
Muy malo	Menos del 50%

En las fichas de evaluación no se tomo en cuenta a la valorización muy mala debido a que existe, un buen mantenimiento correctivo que se aplica en el distrito.

Para tener una mayor apreciación de los equipos valorados se procedió a tomar una fotografía tratando de reflejar en esta, como estaba el estado técnico de cada uno de los equipos.

3.5.1 Estado Técnico del Grupo Electrónico EGEELE0102 de la Estación Guanta Central.



Figura 3.1: Grupo Electrónico EGEELE0102

Tabla 3.2: ESTADO TÉCNICO DEL GRUPO ELECTRÓGENO EGEELE 0102

		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Estación:	Guanta Central		
Máquina:	GRUPO ELECTRÓGENO		
Marca: CATERPILLAR	Responsable del mantenimiento: Técnico de mantenimiento encargado de la estación.		
Código técnico: EGEELE 0102	Significado: E: equipo GE: generador ELE: eléctrico 0102: número del equipo		
Código de activo fijo: 91134	Significado:		
Manuales: Si ___X___ No _____ Código: Significado:	Planos: Si ___X___ No _____ Código: Significado:	Repuestos: Si ___X___ No _____ Código: Significado:	
Datos de placa: RPM = 1200 HP = 790 V = 480 Hz = 60			
Estado técnico:	Malo	Regular	Bueno
Estado de la carcaza	... ..	... X ...	... ..
Estado de las bandas	... ..	... X ...	... ..
Estado del anclaje	... ..	... X ...	... ..
Estado del sistema de lubricación	... ..	... ..	... X ...
Estado del sistema de refrigeración	... ..	... X ...	... ..
Estado del tablero de control analógico	... X ...	... ..	... ..
Estado del tablero de control digital	... ..	... ..	... X ...
Estado de cables eléctricos y mangueras	... ..	... X ...	... ..
Estado de la vibración	... ..	... X ...	... ..
Conclusión:	Regular		

2.5.2 Estado Técnico del Grupo Electrónico EG EEL E 0255 de la Estación Sacha Sur



Figura 3.2: Grupo Electrónico EG EEL E 0255

Tabla 3.3: ESTADO TÉCNICO DEL GRUPO ELECTRÓGENO EGEELE 0255

		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Estación:	Sacha Sur		
Máquina:	GRUPO ELECTRÓGENO		
Marca: CATERPILLAR	Responsable del mantenimiento: Técnico de mantenimiento encargado de la estación.		
Código técnico: EGEELE 0255	Significado: E: equipo GE: generador ELE: eléctrico 0255: número del equipo		
Código de activo fijo: 91834	Significado:		
Manuales: Si ___X___ No _____ Código: Significado:	Planos: Si ___X___ No _____ Código: Significado:	Repuestos: Si _____ No ___X___ Código: Significado:	
Datos de placa: RPM = 1800 HP = 1784 V = 480 Hz = 60			
Estado técnico:	Malo	Regular	Bueno
Estado de la carcasa	... ..	... ..	... X ...
Estado de las bandas	... ..	... ..	...X....
Estado del anclaje	... ..	... X ...	... ..
Estado del sistema de lubricación	... ..	... ..	... X ...
Estado del sistema de refrigeración	... ..	... ..	... X ...
Estado del tablero de control digital	... ..	... ..	... X ...
Estado de cables eléctricos y mangueras	... ..	... ..	... X ...
Estado de la vibración	... ..	... X ...	... ..
Conclusión:	Bueno		

CAPITULO IV

4. DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA VIBRACIONAL DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS

4.1 Ubicación de las Estaciones en el Distrito Amazónico

El Distrito Amazónico comprende todos los campos de Petroproducción en el Oriente Ecuatoriano, razón por la cual es necesario identificar exactamente la ubicación de las estaciones donde se encuentra operando los grupos electrógenos.

4.1.1 Estación Guanta Central

La estación Guanta Central, está ubicada en el Km . 23.6, de la vía Lago Agrio – Guanta. Con las siguientes coordenadas geográficas: Norte: 9998757.35; Este 303442.48, como se muestra en la figura 4.1, que es parte del mapa del campo guanta (Anexo 3).

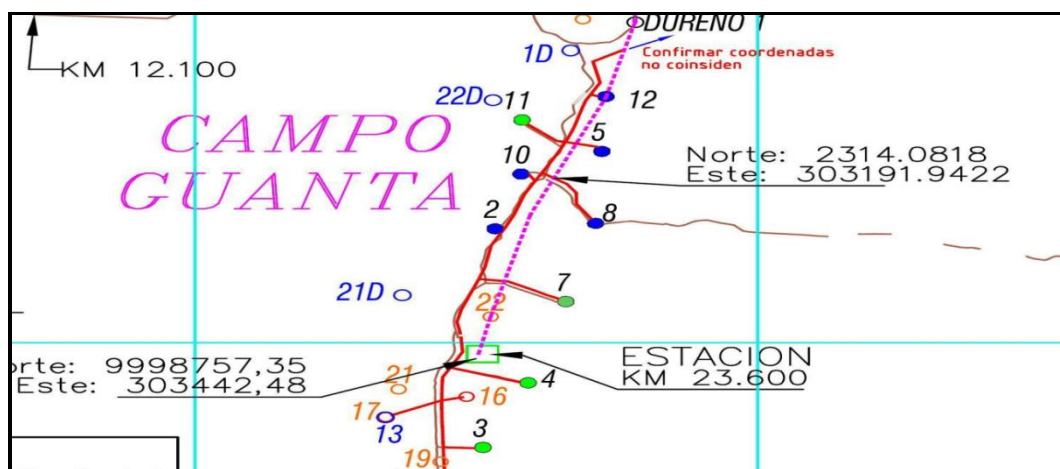


Figura 4.1: Mapa de la estación guanta central



Figura 4.2: Estación Guanta Central

En la estación Guanta Central se encuentran operando tres grupos electrógenos en paralelo, identificados en la figura 4.3. A basteciendo de energía eléctrica a todos los equipos existentes en la estación. El grupo electrógeno G1 se encuentra en stand-by, mientras que los grupos electrógenos G2 y G3 se encuentran operando en sincronismo continuamente.

El paro imprevisto de uno de los grupos ocasionaría que dejen de operar varias máquinas, provocando la paralización momentánea de la producción, hasta que el grupo electrógeno G1 entre en operación y sincronismo.

Cabe mencionar que el grupo electrógeno en análisis, de esta estación, para la determinación de tendencias vibracionales, es el grupo electrógeno G3.



Figura 4.3: Grupos electrógenos

4.1.2 Estación Sacha Sur

La estación Sacha Sur, está ubicada en el Km. 5 ½, de la vía Sacha – San Carlos, como se muestra en la figura 4.4, la misma que es parte del mapa del campo Sacha Sur (Anexo 3).

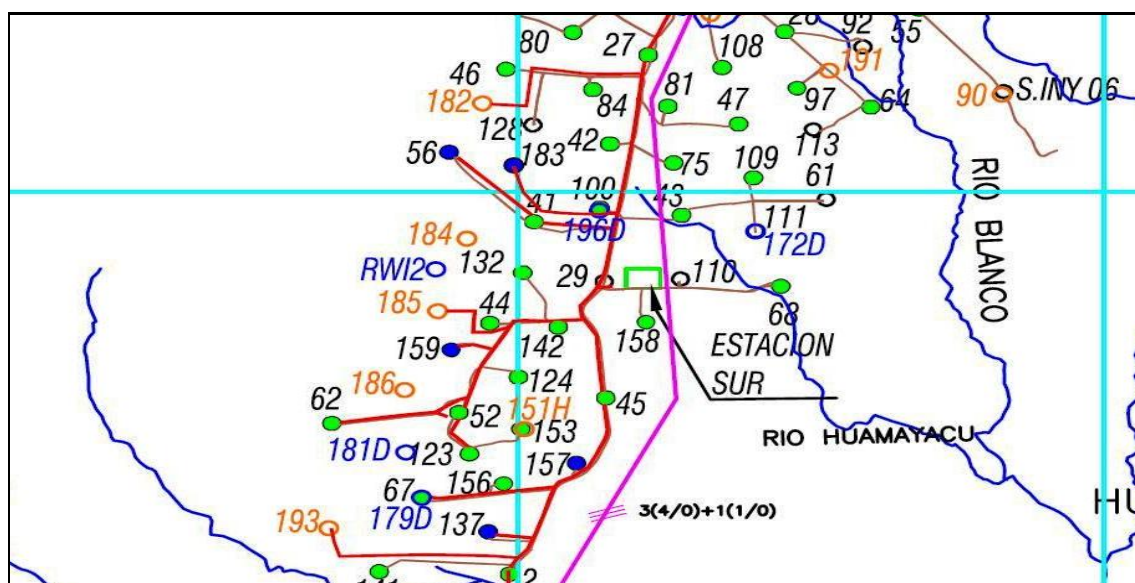


Figura 4.4: Mapa de la Estación Sacha Sur

En la estación Sacha Sur se halla el sistema de reinyección de agua, el cual está compuesto por dos bombas y un grupo electrógeno. Como se aprecia en la figura 4.5.

El grupo electrógeno abastece de energía eléctrica, solo al sistema de reinyección de agua, por lo que, si se produce algún paro imprevisto como consecuencia de alguna falla, ocasionaría que todo el sistema se pare hasta que el grupo electrógeno móvil llegue a este sitio como reemplazo, mientras se repara al grupo electrógeno del sistema para que nuevamente entre en operación.



Figura 4.5: Sistema de Reinyección de Agua

4.2 Importancia Crítica de los Equipos

La importancia crítica o criticidad de los equipos se la realiza en coordinación con los técnicos de mantenimiento y el operador de los grupos electrógenos, con la finalidad de obtener la criticidad real. Categorizando a los equipos en función de las tabla 4.1 y la tabla 4.3.

Tabla 4.1: IMPORTANCIA CRÍTICA DE LOS EQUIPOS

IMPORTANCIA CRITICA DE LOS EQUIPOS				
ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
1	Efecto sobre el Servicio que proporciona:			
		Para	4	
		Reduce	2	
		No para	0	
2	Valor Técnico - Económico:			
	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento	Alto	3	Más de US\$ 20000
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de US\$ 1000
3	La falla Afecta:			
	a. Al Equipo en si	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al Servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador	Riesgo	1	Posibilidad de accidente del operador?
		Sin Riesgo	0	
	c. A la seguridad en grl.	Si	1	
		No	0	
4	Probabilidad de Falla			
		Alta	2	Opera en limites de diseño
		baja	0	
5	Flexibilidad del Equipo en el Sistema:			
		Único	2	No existe otro igual o similar
		By pass	1	El sistema puede seguir funcionando
		Stand by	0	Existe otro igual o similar no instalado
6	Dependencia Logística			
		Extranjero	2	Repuestos se tiene que importar
		Loc./Ext.	1	Algunos repuestos se compran localmente
		Local	0	Repuestos se consiguen localmente
7	Dependencia de la Mano de Obra			
		Terceros	2	El Mantenimiento requiere contratar a terceros.
		Propia	0	El Mantenimiento se realiza con personal propio
8	Facilidad de Reparación (Mantenibilidad):			
		Baja	1	Mantenimiento difícil
		Alta	0	Mantenimiento fácil

Tabla 4.2: CATEGORÍAS.

CLASE	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
A	Equipo crítico	Único donde el daño o paralización restringe severamente la producción.
B	Equipo crítico con respaldo	Donde un daño o paralización de ambas unidades restringe severamente la producción
C	Equipo no crítico con respaldo	Cuya pérdida no afecta la producción
D	Equipo no crítico	Operando intermitentemente.

Tabla 4.3: ESCALAS DE REFERENCIA

Clase	Escala de referencia	Ponderación
A	Equipo crítico	16 a 20
B	Equipo crítico con respaldo	11 a 15
C	Equipo no crítico con respaldo	06 a 10
D	Equipo no crítico	00 a 05

Una vez determinado la criticidad de los equipos, se procede a establecer frecuencias de medición en función de la criticidad de cada equipo, tomando en cuenta los intervalos recomendados por SKF Condition Monitoring.

Tabla 4.4: INTERVALOS DE MEDICIÓN RECOMENDADOS POR SKF
CONDITION MONITORING

Intervalos de medición recomendados por SKF Condition Monitoring
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maquinaria que ha experimentado problemas en el pasado o el historial registra que los problemas se han desarrollado súbitamente son monitoreados mensualmente.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si la historia de operación es buena la inspección es trimestral.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si la máquina es altamente confiable los intervalos pueden ser de 6 a 12 meses.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo crítico sin respaldo puede evaluarse cada una o dos semanas.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo crítico con respaldo debe monitorearse en intervalos mínimo mensuales.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo no crítico con respaldo se evalúa trimestralmente.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo no crítico operando intermitentemente se puede monitorear trimestral o semestralmente.

4.2.1 Determinación de la Importancia Crítica.

Para el grupo electrógeno G3 de la estación Guanta Central se realizó el análisis de criticidad obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 4.5. De la misma manera se obtuvo los resultados de ponderación para el grupo electrógeno de la estación Sacha Sur expresados en la tabla 4.6.

Tabla 4.5: RESULTADOS PONDERACIÓN GRUPO ELECTRÓGENO

EGEELE0102

GRUPO ELECTRÓGENO EGEELE0102		
ITEM	VARIABLE	PONDERACIÓN
1	Efecto sobre el Servicio que proporciona	2
2	Valor Técnico - Económico	3
3	La falla Afecta:	
	a. Al Equipo en si	1
	b. Al Servicio	0
	c. Al operador	1
	d. A la seguridad en grl.	1
4	Probabilidad de Falla	2
5	Flexibilidad del Equipo en el Sistema	1
6	Dependencia Logística	2
7	Dependencia de la Mano de Obra	2
8	Facilidad de Reparación	1
TOTAL:		16
CONCLUSIÓN		Equipo Crítico

Tabla 4.6: RESULTADOS PONDERACIÓN GRUPO ELECTRÓGENO

EGEELE0255

Grupo Electrónico EGEELE0255		
ITEM	VARIABLE	PONDERACIÓN
1	Efecto sobre el Servicio que proporciona	4
2	Valor Técnico - Económico	3
3	La falla Afecta:	
	a. Al Equipo en si	1
	b. Al Servicio	0
	c. Al operador	1
	d. A la seguridad en grl.	1
4	Probabilidad de Falla	2
5	Flexibilidad del Equipo en el Sistema	2
6	Dependencia Logística	2
7	Dependencia de la Mano de Obra	2
8	Facilidad de Reparación	1
TOTAL:		19
CONCLUSIÓN		Equipo Crítico

4.2.2 Designación de Frecuencias.

Establecida la criticidad de los equipos, se procedió a designar la frecuencia o intervalos de medición correspondientes para cada equipo según su criticidad y de esta manera se tiene que de acuerdo a SKF Condition Monitoring (tabla 4.4), los siguientes intervalos:

- Para el GRUPO ELECTRÓGENO EGEELE0102 de la estación guanta central se dispuso una frecuencia quincenal para el monitoreo.
- Para el GRUPO ELECTRÓGENO EGEELE0255 de la estación sachasur se dispuso una frecuencia quincenal para el monitoreo.

4.3 Inventario de Equipos e Instalaciones

4.3.1 Parámetros de Operación

Para determinar los rangos o límites de los parámetros de operación de los grupos electrógenos se recurrió a criterios técnicos del departamento de mantenimiento, y a las indicaciones que brindan los fabricantes en los manuales.

4.3.1.1 Grupo Electrógeno EGEELE0102

El equipo es encendido mediante un arrancador neumático utilizando el aire que se encuentra en la red de distribución de la estación Figura 4.6. Cabe indicar que el aire luego del arranque se suspende.



Figura 4.6: Arranque Neumático



Figura 4.7: Abastecimiento de Combustible

El motor utiliza GLP (gas licuado de petróleo) como combustible para su funcionamiento, el mismo que es turboalimentado directamente de la red de distribución de la estación en forma continua (figura 4.7), y su presión debe permanecer dentro del rango establecido como presión mínima 32 PSI y como máxima 38 PSI.

El agua que utiliza el motor para su enfriamiento no debe alcanzar la temperatura máxima de operación, que es de 192 °C.

El lubricante que utiliza el motor es SAE 40. La presión del aceite debe mantenerse dentro de los límites, presión mínima 54 PSI y presión máxima 87 PSI, teniendo como presión normal de operación 64 PSI.

La temperatura de la máquina debe llegar en el motor máximo 80°C y en el generador máximo 50°C.

4.3.1.2 Grupo Electrónico EG EEL E 0255

El equipo es encendido mediante arranque eléctrico (figura 4.8), cuyo motor es activado por medio de dos baterías conectadas en paralelo cada una de 27 voltios de corriente continua.

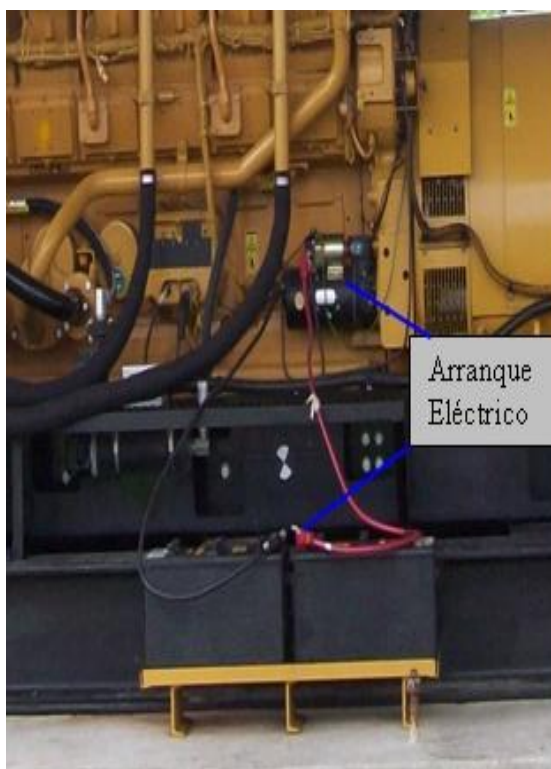


Figura 4.8: Arranque Eléctrico



Figura 4.9: Abastecimiento de Combustible

El motor utiliza diesel como combustible para su funcionamiento, el mismo que es alimentado directamente de los tanques de almacenamiento en forma directa (figura 4.9).

El agua que utiliza el motor para su enfriamiento no debe alcanzar la temperatura máxima de operación, que es de 192 °C

El lubricante que utiliza el motor es SAE 30. La presión del aceite debe mantenerse dentro de los límites, presión mínima 54 PSI y presión máxima 87 PSI, teniendo como presión normal de operación 64 PSI.

La temperatura de la máquina debe llegar en el motor máximo 80°C y en el generador máximo 50°C.

4.3.2 Datos y Características

Para poder expresar los datos y características de las máquinas, se procedió a elaborar la ficha para cada máquina.

Las fichas llevan como encabezado en la parte superior izquierda el logo del departamento de Inspección Técnica y en la parte superior derecha el tipo de ficha a la que pertenece. Luego del encabezado se colocó el código técnico, con el cual se identifican las máquinas. Además datos generales del equipo.

La parte intermedia de las fichas, llevan información general de las características de las máquinas. En la parte inferior de la ficha se colocó los datos de placa que no es más que una fiel copia de la placa del motor.

A través de las fichas que se indican a continuación se trata de que en cada uno de los equipos se exprese los datos más importantes a la hora de realizar un mantenimiento predictivo y dar una guía a la hora que se desee incorporar un equipo nuevo al programa de monitoreo continuo para determinación de tendencias.


Tabla 4.7: FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS DEL GRUPO

ELECTRÓGENO EGEELE0102

		FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS	
Estación:	Guanta Central		
Máquina:	GRUPO ELECTRÓGENO		
Año de adquisición: 1999	Año de fabricación:		
Fabricante o vendedor: Estados Unidos	Costo de adquisición:		
# de partes de la máquina: dos (motor – generador)		Id: EGEELE 0102	
<p>Características generales:</p> <p>Dimensiones de la máquina: (303.2in – 7700mm) x (106.3in – 2700mm) altura: 141.7in – 3600mm</p> <p>Tablero de control en el equipo analógico, en el cuarto de máquinas digital.</p> <p>Motor unido al generador mediante acople (alineable)</p> <p># de aspas del ventilador: 10</p> <p>Banda: Caterpillar 5L-7422 DF</p> <p># de bandas: 5</p> <p>Diámetro polea conductora: 8.7in – 220mm</p> <p>Diámetro polea conducida: 15.8in – 400mm</p> <p>Rodamiento delantero del generador lado excitatriz: 63317 NTN</p> <p>Rodamiento posterior del generador lado acople: 62240 SKF</p> <p>Peso: 17840Kg</p>			
MOTOR			
Marca: Caterpillar	Modelo: 3512 SITA		
# de serie: 4KC00375	RPM: 1200		
Potencia: 790 HP	Tipo de combustible: GLP		
Cap. Lubricante: 136 galones	Consumo combustible: 150 MFC D		
Cal. Válvulas: IN: 0.020in. EX: 0.050in	Orden encendido: 1,12,9,4,5,8,11,2,3,10,7,6		
Tipo de motor: motor de combustión interna 6V			
GENERADOR			
Marca: KATO	Modelo: A226850003		
# de serie: 10030-01	RPM: 1200		
Potencia activa: 555 KW	HZ: 60		
# de fases: 3~	Voltaje: 480		
Factor de potencia: 0.8	Amperaje: 834		
Potencia aparente: 693.75 KVA			

Tabla 4.8: FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS DEL GRUPO

ELECTRÓGENO EGEELE0255

		FICHA DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS	
Estación:	Sacha Sur		
Máquina:	GRUPO ELECTRÓGENO		
Año de adquisición:	2007	Año de fabricación:	
Fabricante o vendedor:	Estados Unidos	Costo de adquisición:	
# de partes de la máquina:	dos (motor – generador)		Id: EGEELE 0255
<p>Características generales:</p> <p>Dimensiones de la máquina: (151.2in – 3840mm) x (98.4in – 2500mm) altura: 235.8in – 5990mm</p> <p>Tablero de control en el equipo digital, en el cuarto de máquinas digital. Motor unido al generador directamente mediante láminas (autoalineable)</p> <p># de aspas del ventilador: 8</p> <p>Banda: Caterpillar 5L-7422 DF</p> <p># de bandas: 5</p> <p>Diámetro polea conductora: 7.087in – 180mm</p> <p>Diámetro polea conducida: 13.385in – 340mm</p> <p>Rodamiento delantero del generador lado excitatriz: 63317 NTN</p> <p>Rodamiento posterior del generador: 62240 SKF</p> <p>Peso: 17237Kg</p>			
M O T O R			
Marca:	Caterpillar	Modelo:	3512
# de serie:	1GZ05497	RPM:	1800
Potencia:	1784 HP	Tipo de combustible:	diesel
Cap. Lubricante:	84 galones	Consumo combustible:	1536 GPD
Cal. Válvulas:	IN: 0.020in EX: 0.040in	Orden encendido:	1,12,9,4,5,8,11,2,3,10,7,6
Tipo de motor: motor de combustión interna 6V			
G E N E R A D O R			
Marca:	Caterpillar	Modelo:	SR4B-GD
# de serie:	G4W 00655	RPM:	1800
Potencia activa:	1230 KW	HZ:	60
# de fases:	3~	Voltaje:	480
Factor de potencia:	0.8	Amperaje:	1849
Potencia aparente:	1537 KVA		

4.4 Equipo de Análisis Vibracional y Accesorios Utilizados

4.4.1 Unidad de Recolección de Datos FFT

El equipo de análisis vibracional que se utiliza para realizar la recolección de datos de campo se llama VIBXPERT, de la marca PRUFTECHNIK, con el número de serie 16058138, utilizado para registrar el equipo en el software OMNITREND.



Figura 4.10: Unidad de Recolección de Datos FFT

4.4.2 Acelerómetro Portátil

Para realizar la toma de datos, el transductor que se utilizó es un acelerómetro VIB 6.142R, ya que este cubre el mayor rango de frecuencias de 0 a 400KHz.



Figura 4.11: Acelerómetro VIB 6.142R

4.4.3 Cable en Espiral Para Acelerómetros Industriales Portátiles



Figura 4.12: Cable en espiral VIB 5.436

4.4.4 Cable USB



Figura 4.13: Cable USB VIB 5.330

4.4.5. Sensor de Temperatura

Se utilizó el sensor VIB 8.607-1.5 para medir la temperatura de la máquina.

Cabe mencionar que la temperatura máxima que censa es de 240°C / 465°F.



Figura 4.14: Sensor de Temperatura VIB 8.607-1.5

4.4.6 Base Magnética

Esta base magnética se utilizó para fijar el acelerómetro en la superficie de la máquina ya que es muy importante que el transductor no se mueva en el momento de realizar la medición.



Figura 4.15: Base Magnética

4.4.7 Base en Punta

En las máquinas existen superficies en las cuales no se puede utilizar la base magnética, en estos casos se utilizó la base en punta construida de aluminio.



Figura 4.16: Base en Punta

Cabe mencionar que tanto la base magnética como la base en punta se sujetan al acelerómetro mediante un sistema de rosca.

4.5 Determinación de los Puntos de Medición

El monitoreo portátil de vibraciones requiere adquirir los datos cada vez, en el mismo lugar físico de la máquina, por ello es importante la localización exacta de los puntos.

4.5.1 Localización de los Puntos

Para identificar exactamente la localización de los puntos de medición se recurrió a las guías vibracionales de Caterpillar y criterios técnicos del departamento de Inspección Técnica, ya que estas indicaciones se utiliza para no colocar puntos en lugares donde sea innecesario.

Los puntos se colocaron siguiendo la línea cinemática principal de las máquinas, como es en el motor a la altura del cigüeñal y en el generador a la altura del eje del rotor.

4.5.1.1 Puntos de Medición en el Grupo Electrónico EGEELE0102

En este grupo eléctrico el motor está ensamblado al generador mediante un acople, como se muestra en la figura 4.17. Este hecho hace que entre la flecha del motor y la flecha del generador se pueda producir un desalineamiento, y como consecuencia el aumento de la amplitud de vibración, y si esta desalineación no es controlada se derivaran nuevos problemas que aumentará aun más la vibración. Esta es la razón por la cual se denomina **alineable**.



Figura 4.17: Ensamblaje Mediante un Acople

De esta manera los puntos que se determino para un grupo electrógeno alineable son cuatro, los mismos que están localizados en la zona donde se origina el movimiento y por ende la vibración.

En la figura 4.18 se identifica la ubicación de los puntos de medición en la máquina.

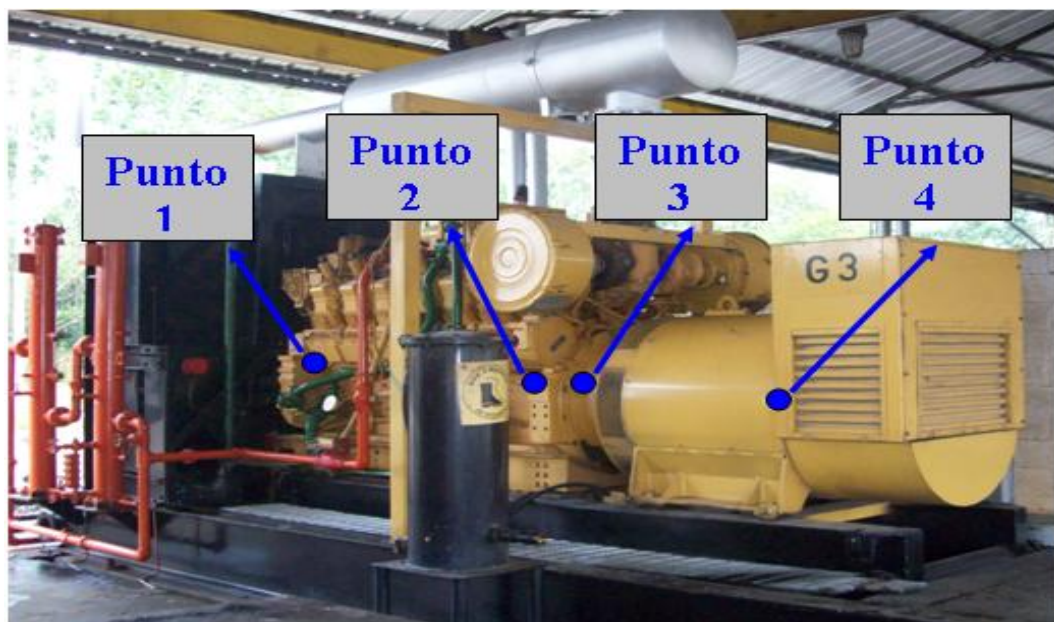


Figura 4.18: Puntos de Medición Grupo Electrónico EGEELE0102

4.5.1.2 Puntos de Medición en el Grupo Electrónico EG EEE0255

En este grupo electrógeno el generador se ensambla directamente al motor mediante láminas que van sujetadas con pernos al volante de inercia, quedando automáticamente alineado, requiriendo solamente realizar algunas calibraciones, razón por la cual se denomina **autoalineable**.



Figura 4.19: Ensamblaje Mediante Láminas

Teniendo presente la forma de acoplamiento de este grupo electrógeno autoalineable se determinó tres puntos de medición, como se indica en la figura 4.20.



Figura 4.20: Puntos de Medición Grupo Electrónico EGEELE0255

4.5.2 Sentidos de Medición

4.5.2.1 Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE 0102

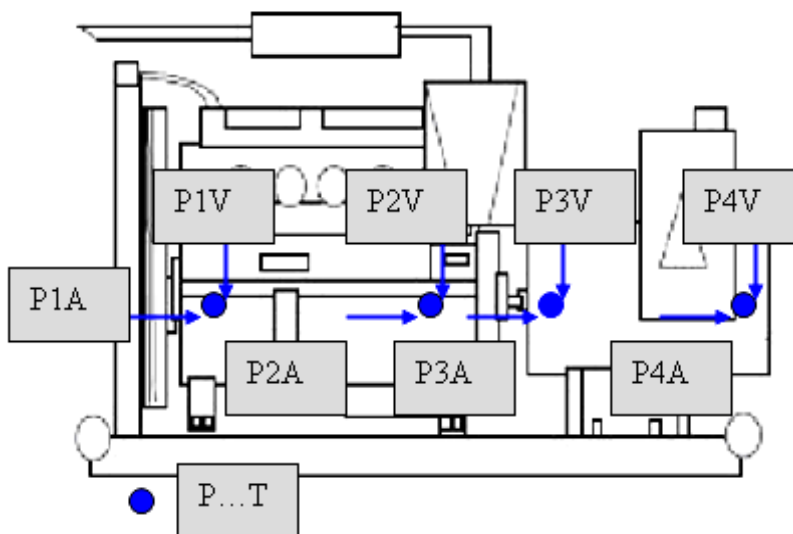


Figura 4.21: Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE 0102

Tabla 4.9: DESCRIPCIÓN SENTIDOS DE MEDICIÓN GRUPO ELECTRÓGENO

EGEELE0102

Descripción	
P 1 H	Punto uno horizontal, motor lado ventilador
P 1 V	Punto uno vertical, motor lado ventilador
P 1 A	Punto uno axial, motor lado ventilador
P 2 H	Punto dos horizontal, motor lado acople
P 2 V	Punto dos vertical, motor lado acople
P 2 A	Punto dos axial, motor lado acople
P 3 H	Punto tres horizontal, generador lado acople
P 3 V	Punto tres vertical, generador lado acople
P 3 A	Punto tres axial, generador lado acople
P 4 H	Punto cuatro horizontal, generador lado libre
P 4 V	Punto cuatro vertical, generador lado libre
P 4 A	Punto cuatro axial, generador lado libre.

4.5.2.2 Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE 0255

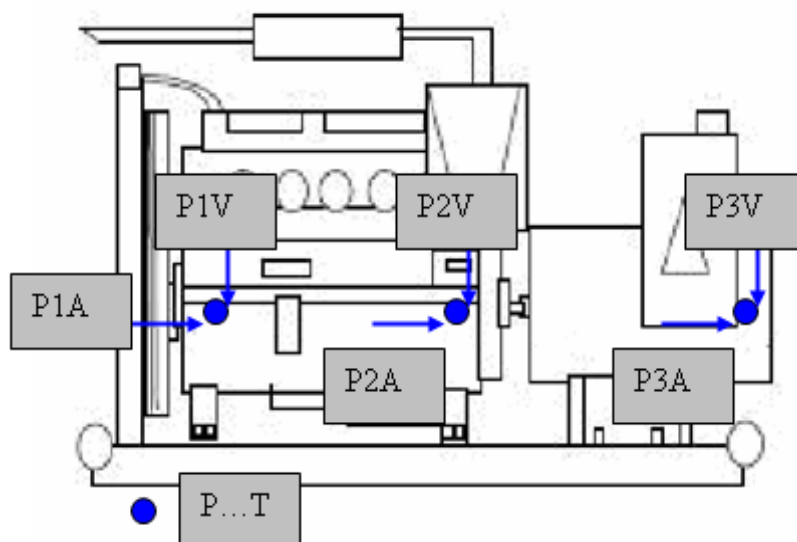


Figura 4.22: Sentidos de Medición Grupo Electrónico EGEELE 0255

Tabla 4.10: DESCRIPCIÓN SENTIDOS DE MEDICIÓN GRUPO ELECTRÓGENO

EGEELE0255

Descripción	
P 1 H	Punto uno horizontal, motor lado ventilador
P 1 V	Punto uno vertical, motor lado ventilador
P 1 A	Punto uno axial, motor lado ventilador
P 2 H	Punto dos horizontal, motor lado generador
P 2 V	Punto dos vertical, motor lado generador
P 2 A	Punto dos axial, motor lado generador
P 3 H	Punto tres horizontal, generador lado libre
P 3 V	Punto tres vertical, generador lado libre
P 3 A	Punto tres axial, generador lado libre

4.5.3 Marcación de los Puntos de Medición

Se procedió a señalar los puntos de medición en las máquinas ya que es muy importante realizar la recolección de datos, colocando el sensor siempre en el mismo lugar físico de la máquina y en posición vertical a la superficie, para evitar variaciones en la señal recolectada.

A continuación se indica el sitio exacto, donde se colocará siempre el sensor para la recolección de datos de forma manual, marcado con pintura de color rojo.

4.5.3.1 Punto Uno Grupo Electrónico EGEELE0102

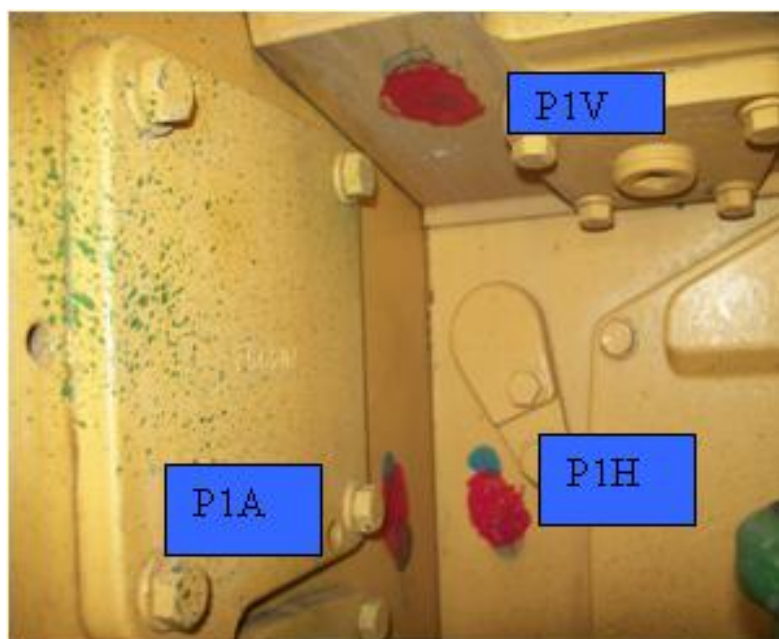


Figura 4.23: Punto Uno Grupo Electrónico EGEELE0102

4.5.3.2 Punto Dos Grupo Electrónico EGEELE0102

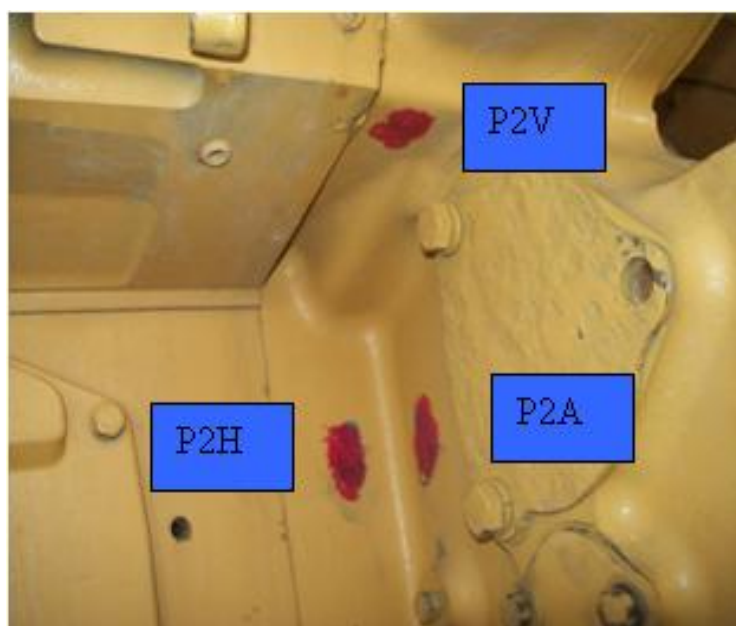


Figura 4.24: Punto Dos Grupo Electrónico EGEELE0102

4.5.3.3 Punto Tres Grupo Electrónico EG E E L E 0 1 0 2



Figura 4.25: Punto Tres Grupo Electrónico EG E E L E 0 1 0 2

4.5.3.4 Punto Cuatro Grupo Electrónico EG E E L E 0 1 0 2



Figura 4.26: Punto Cuatro Grupo Electrónico EG E E L E 0 1 0 2

4.5.3.5 Punto Uno Grupo Electrónico EGEELE0255

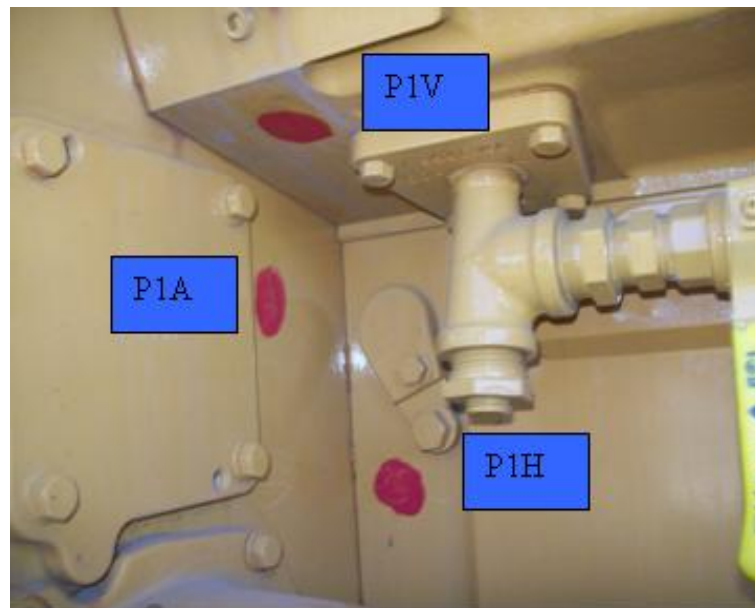


Figura 4.27: Punto Uno Grupo Electrónico EGEELE0255

4.5.3.6 Punto Dos Grupo Electrónico EGEELE0255

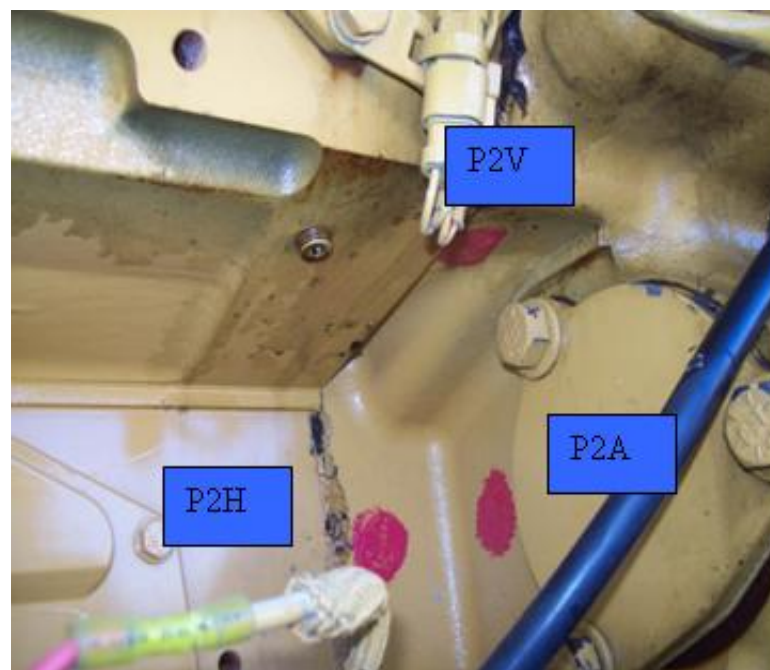


Figura 4.28: Punto Dos Grupo Electrónico EGEELE0255

4.5.3.7 Punto Tres Grupo Electrónico EGEELE0255

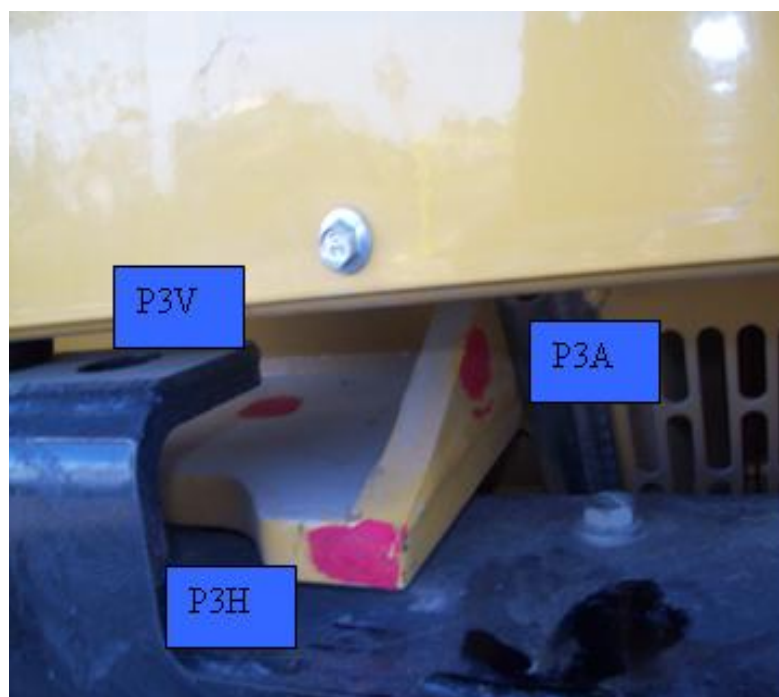


Figura 4.29: Punto Tres Grupo Electrónico EGEELE0255

4.6 Elaboración de Rutas.

Luego de haber determinado los puntos de medición, se procedió a la elaboración de rutas en el software de vibraciones del PC, para cada una de las máquinas. Descargar la ruta al equipo de análisis vibracional para realizar las mediciones y seguido de esto cargar la ruta al PC para la respectiva interpretación de firmas.

Realizar las mediciones por medio de rutas en el monitoreo de máquinas es muy importante, ya que en la recolección de datos se sigue un orden sin temor a equivocaciones. Razón por la cual a continuación se describe paso a paso, como se elaboró la ruta para la recolección de datos, en el software OMNITREND.

4.6.1 Creación de Una Nueva Base de Datos.

Se ingresó al software OMNITREND mediante el icono identificado en el escritorio.

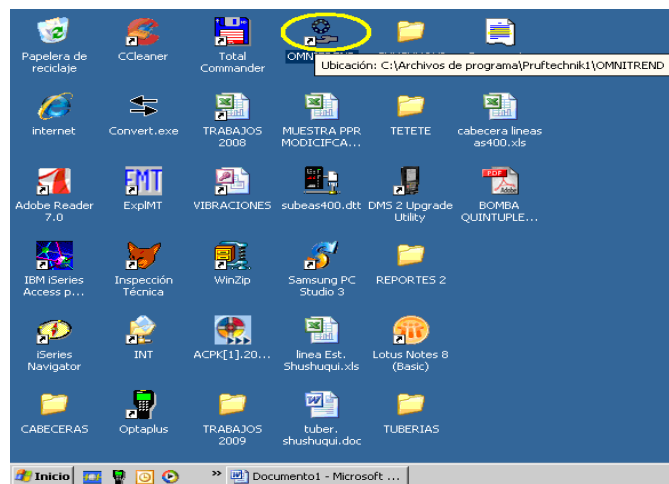


Figura 4.30: Icono del Software OMNITREND

Luego se presenta la ventana que se muestra en la figura 4.31, en la cual se indicó la base de datos, el usuario y se escribe la contraseña por medio de la cual se ingresó al software.

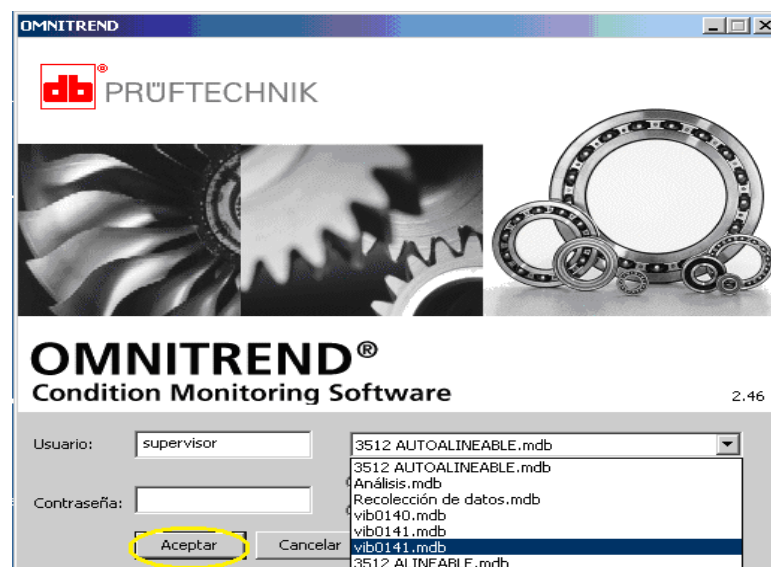


Figura 4.31: Ventana de Ingreso al Software OMNITREND

En este caso como se requiere crear una nueva base de datos, se seleccionó la cuenta y el usuario determinados por el programa, sin ingresar ninguna contraseña, y se aceptó.

Ya en el software aparece la pantalla principal de OMNITREND mostrada en la figura 4.32, dentro de la barra de menú se dio clic en el submenú **base de datos** y se seleccionó nuevo, como se indica en la figura 4.33.

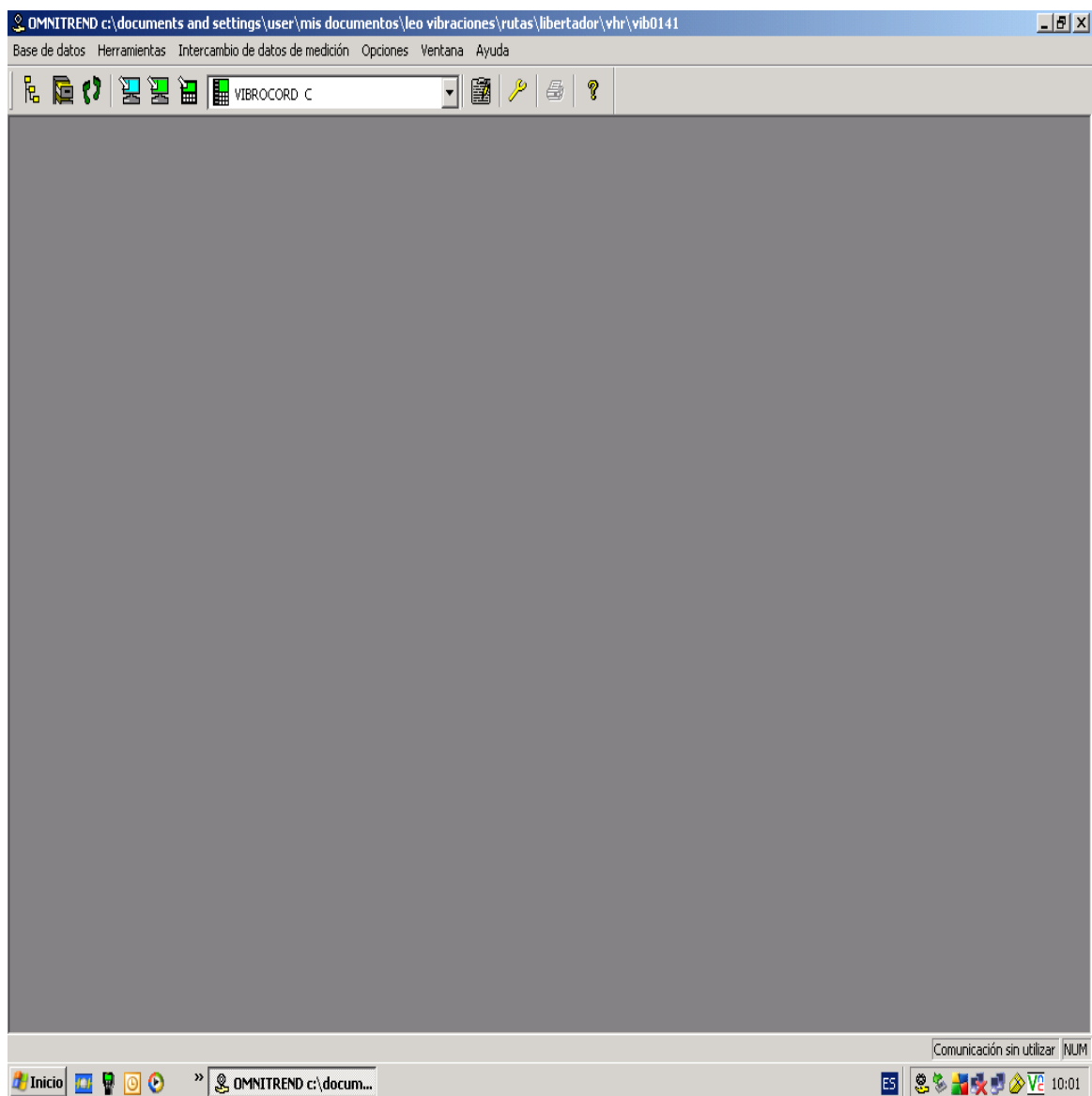


Figura 4.32: Pantalla Principal del Software OMNITREND

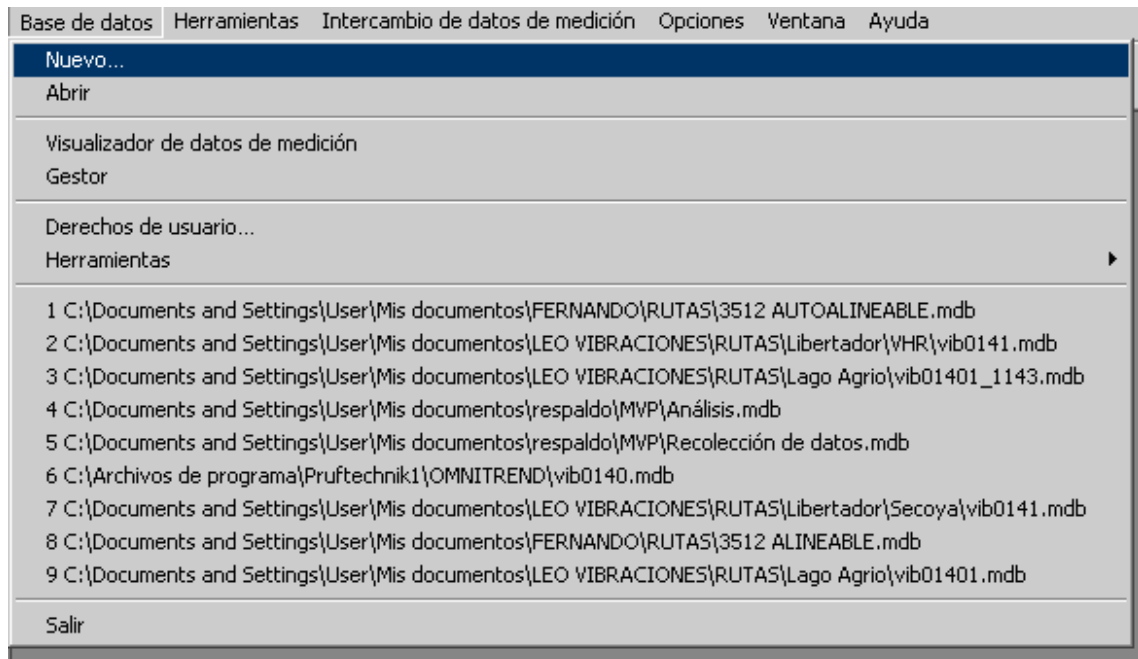


Figura 4.33: Barra de Menús

Una vez seleccionado **nuevo**, aparece la siguiente pantalla indicada en la figura 4.34, en la cual se creó una carpeta nueva con el nombre **TESIS**, donde se guardó el archivo de la base de dato con el formato “.mdb” del programa Microsoft Access 2003, y con el nombre de **GRUPOS ELECTRÓGENOS**.

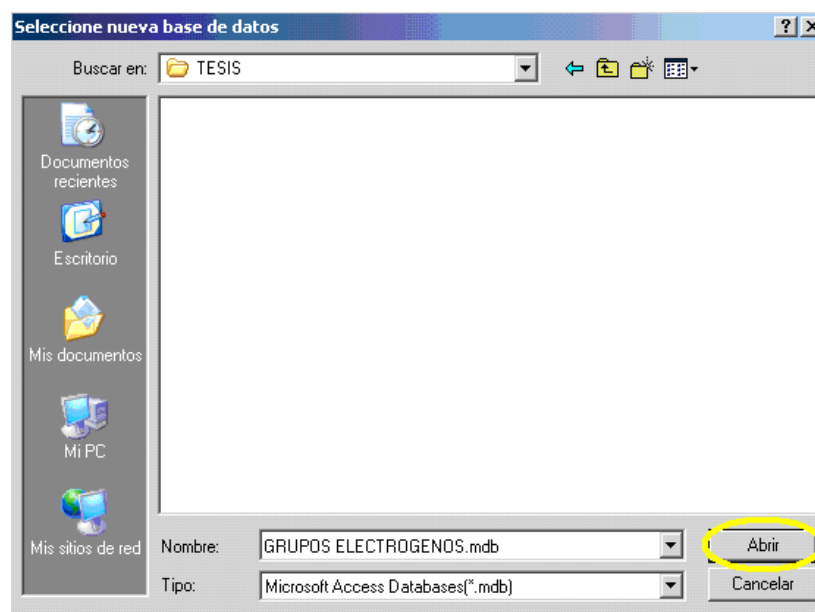


Figura 4.34: Almacenamiento de la Base de Datos

Finalmente se seleccionó **abrir** para que la ventana principal del programa OMNITREND inicie con la nueva base de datos creada.

En la figura 4.35 se muestra la ventana principal abierta con la nueva base de datos creada, en la que a continuación se elaboró la estructura de árbol.

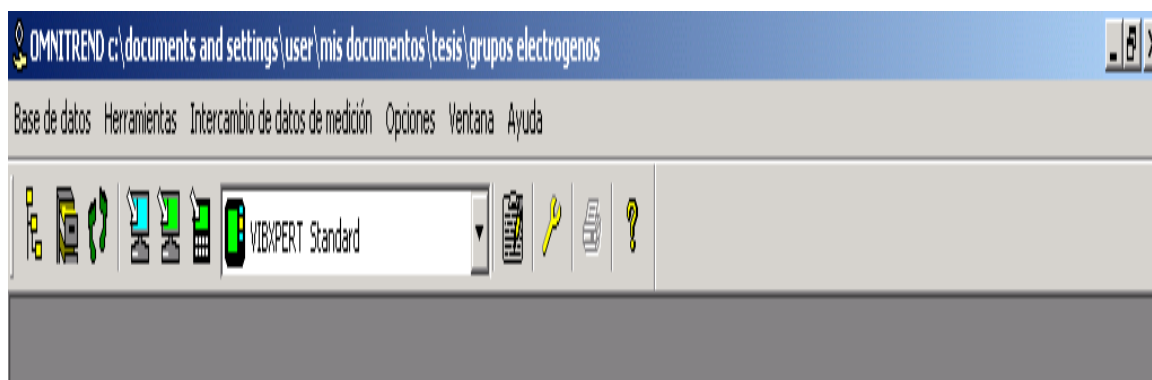


Figura 4.35: Ventana Principal de OMNITREND Con la Nueva Base de Datos.

4.6.2 Elaboración de la Estructura de Árbol

Una vez creada la nueva base de dato se procedió a elaborar la estructura de árbol en la ventana del gestor de máquinas, cuya estructura de árbol consta de: localización, tren de máquina, máquina, localización de medición, tarea de medición.

4.6.2.1 Añadir Localización

Por medio del icono del gestor de máquina ubicado en la barra de iconos principales, indicado en la figura 4.36, se ingresó a la ventana del gestor de máquinas, figura 4.37.

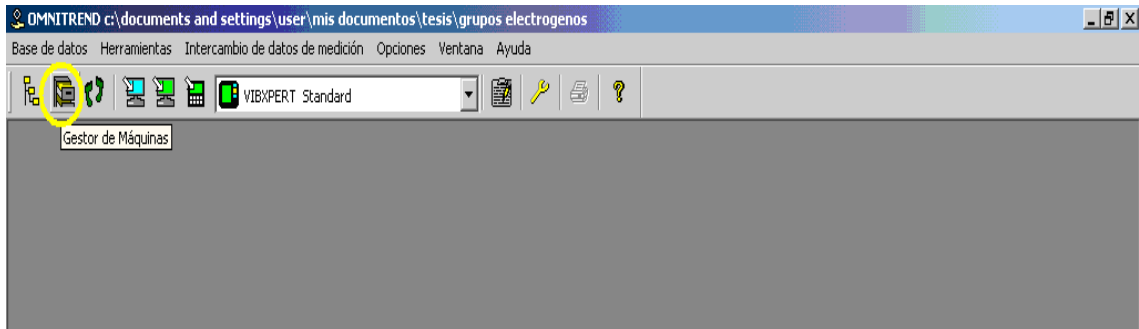


Figura 4.36: Icono del Gestor de Máquinas

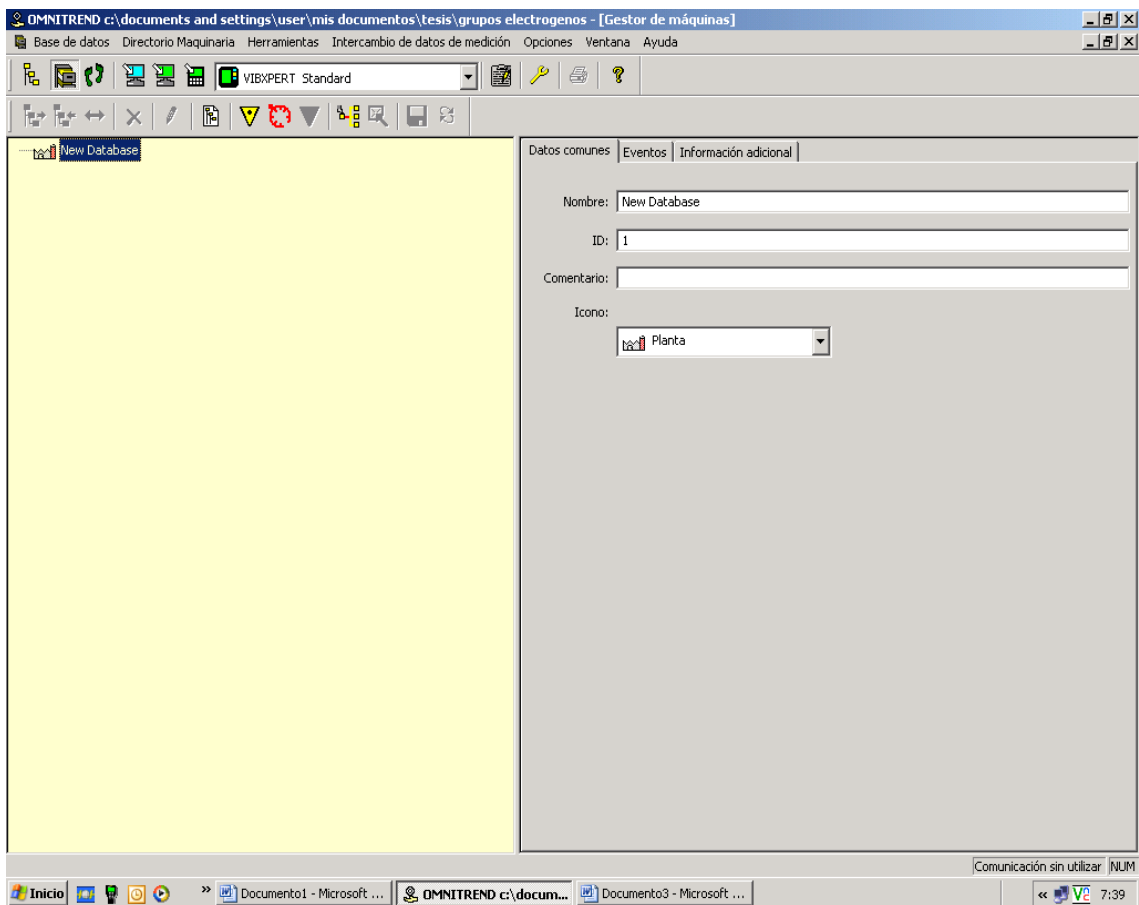


Figura 4.37: Ventana del Gestor de Máquinas

Se empezó editando la localización principal con el nombre de la empresa como se indica en la figura 4.38. Cabe mencionar que el Distrito Amazónico comprende todos los campos y estaciones de Petroproducción en el Oriente Ecuatoriano.

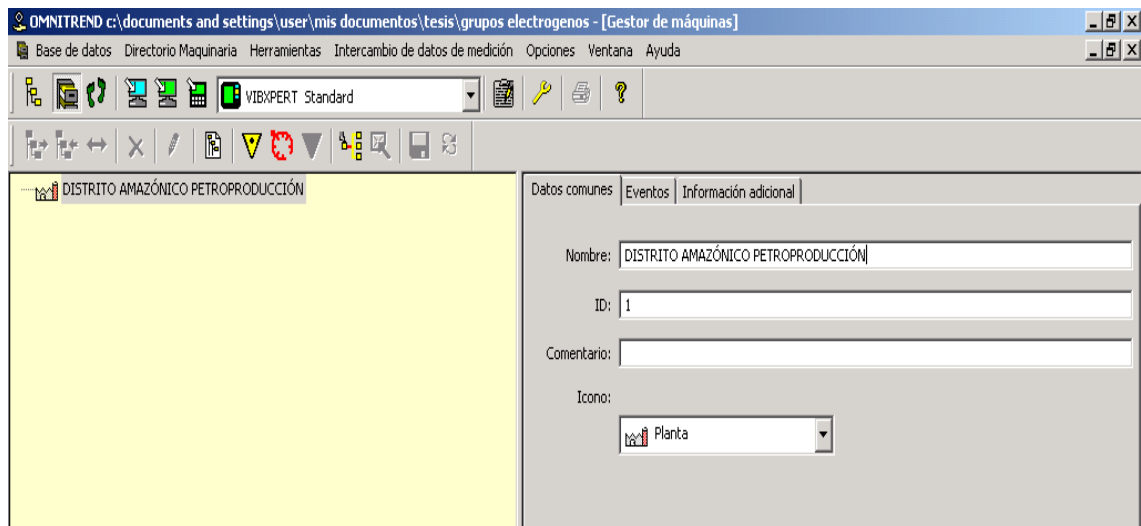


Figura 4.38: Localización de la Empresa.

Si siguiendo el procedimiento que muestra la figura 4.39 y la figura 4.40, se añadió la localización de las estaciones Guanta Central, Sacha Sur y el área en que los grupos electrógenos operan en su respectiva estación.

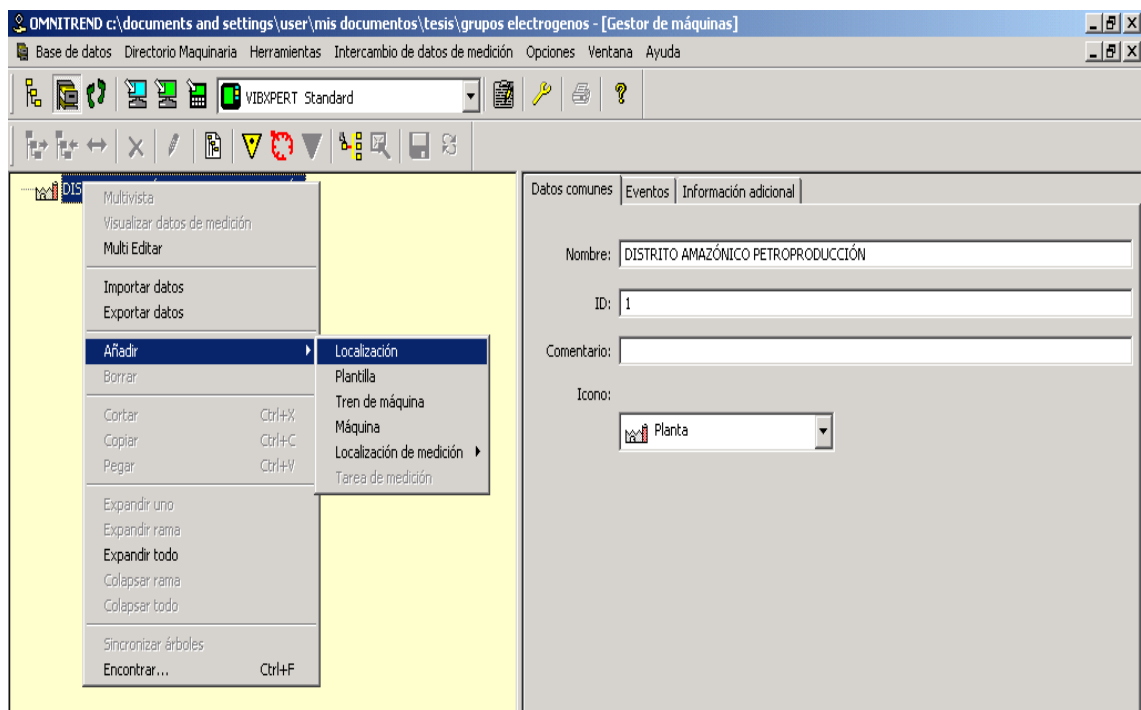


Figura 4.39: Añadir Localización

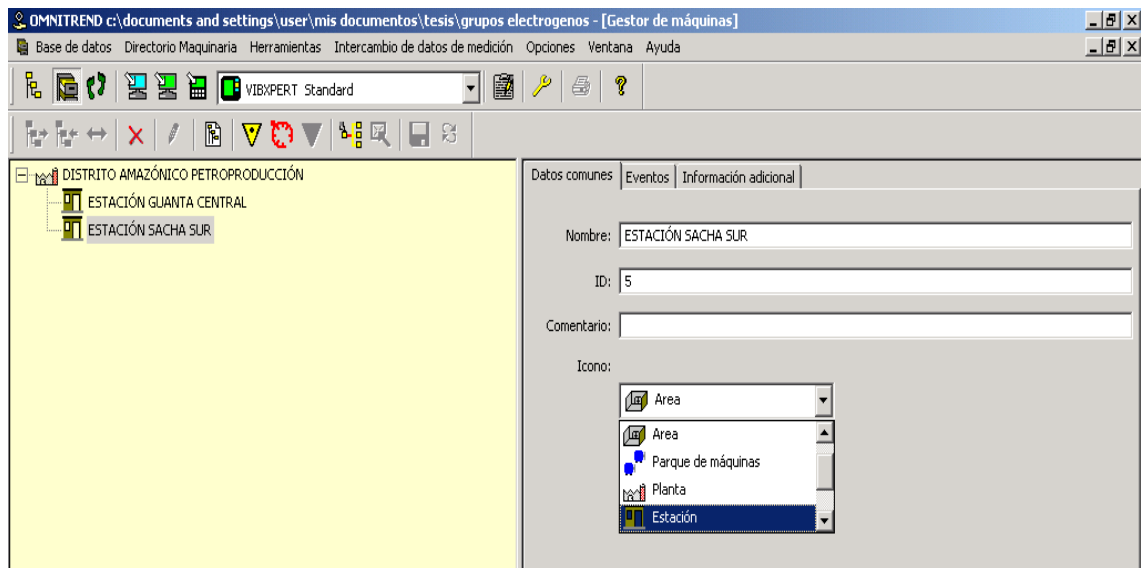


Figura 4.40: Seleccionar Icono de Estación

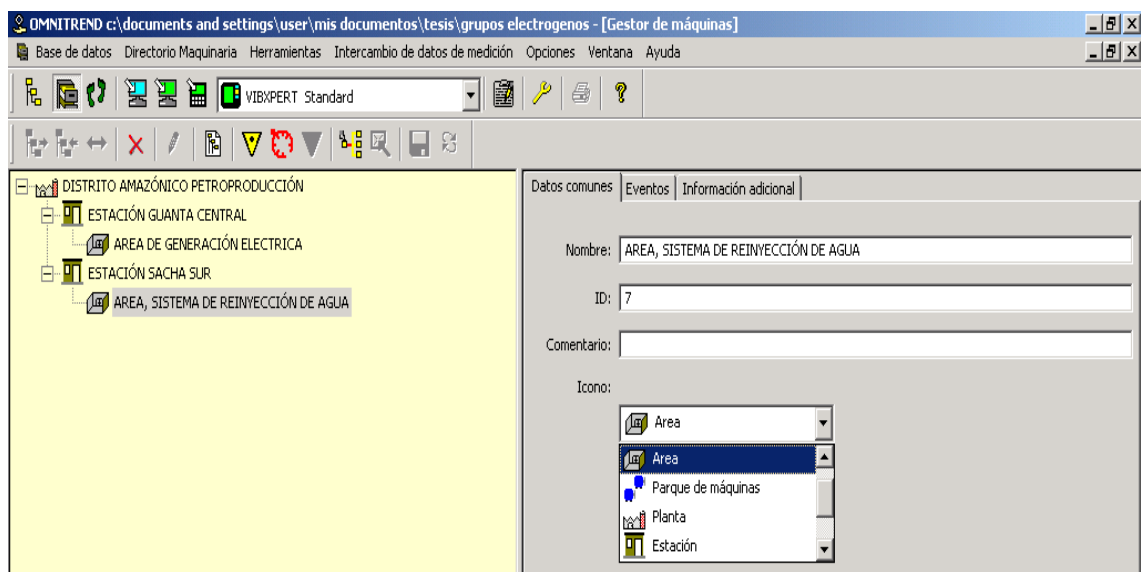


Figura 4.41: Seleccionar Icono de Área

4.6.2.2 Añadir Tren de Máquina

Se añadió el tren de máquina con la finalidad de identificar las máquinas dentro del área que operan, siguiendo el procedimiento de la figura 4.42 y la figura 4.43.

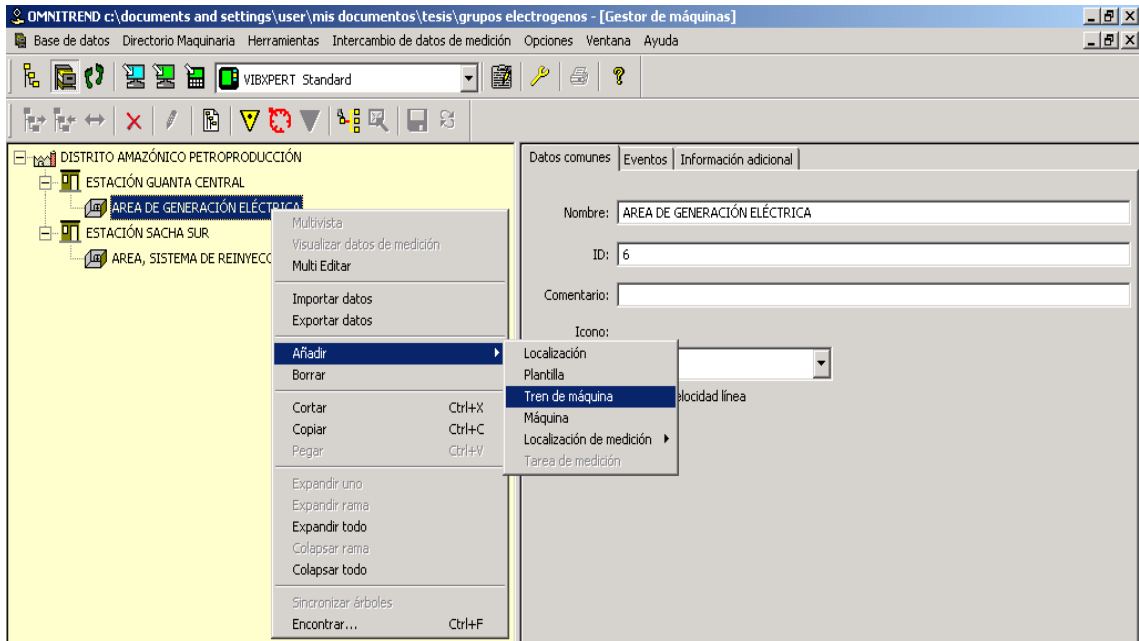


Figura 4.42: Añadir Tren de Máquina

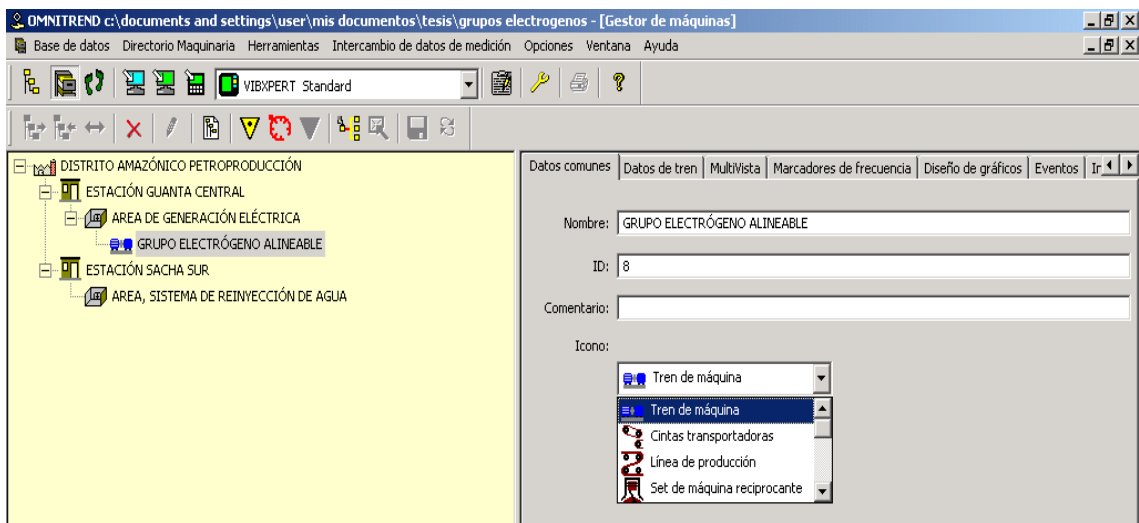


Figura 4.43: Seleccionar Icono de Tren de Máquina

4.6.2.3 Añadir Máquina

Siguiendo el procedimiento que se muestra en la figura 4.44 y la figura 4.45, se añadió máquinas al tren de máquinas.

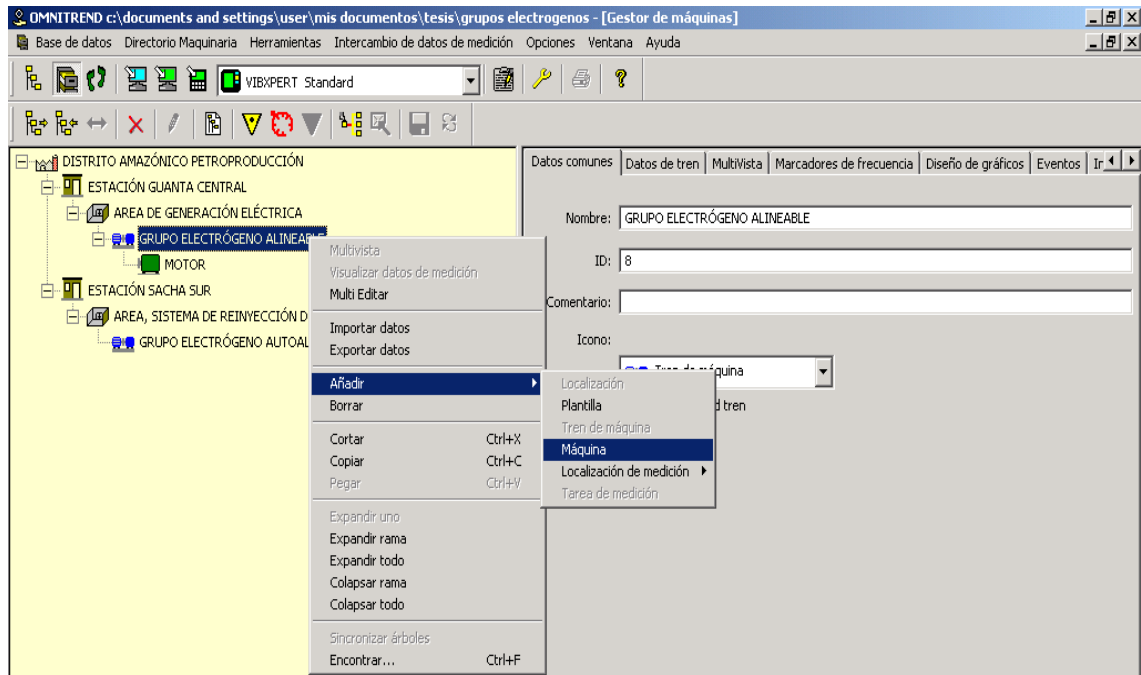


Figura 4.44: Añadir Máquina

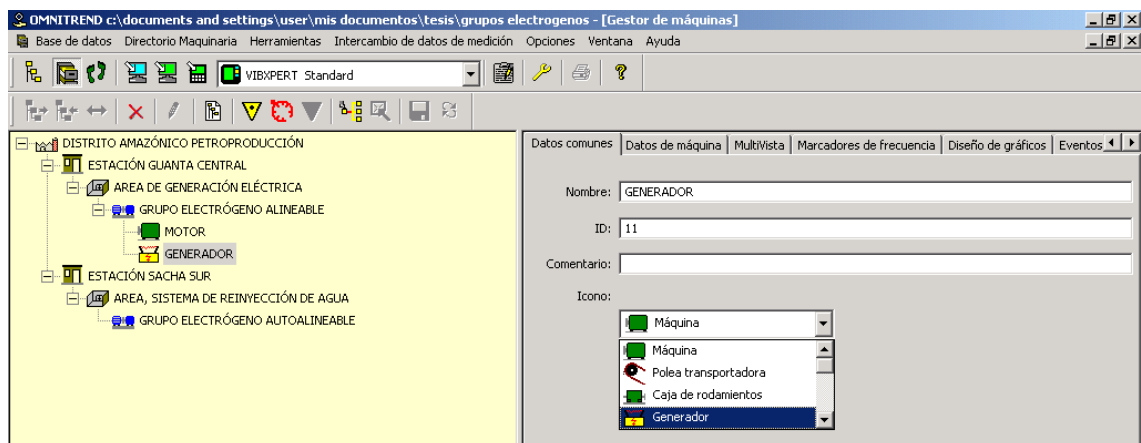


Figura 4.45: Seleccionar Icono de Máquina

4.6.2.4 Añadir Localización de Medición

Los puntos anteriormente dispuestos para los grupos electrógenos, se añadió a cada máquina en la estructura de árbol, siguiendo el procedimiento que se muestra en la

figura 4.46 y la figura 4.47. Cabe mencionar que se seleccionó **localización Offline** ya que el monitoreo es manual.

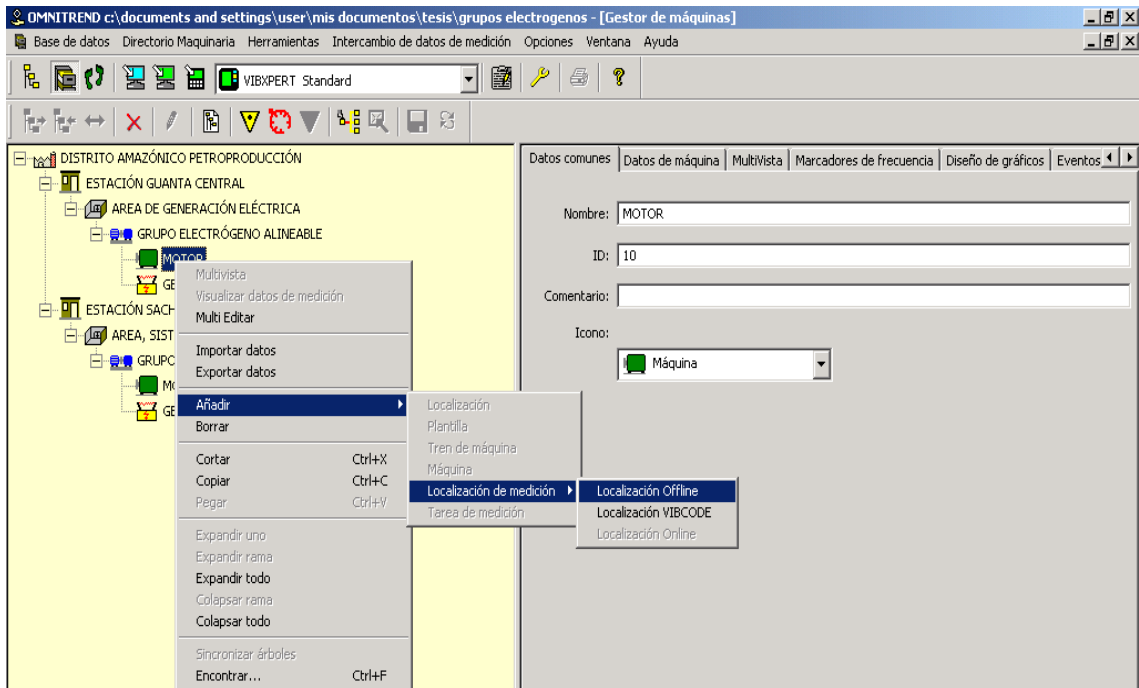


Figura 4.46: Añadir Localización de Medición

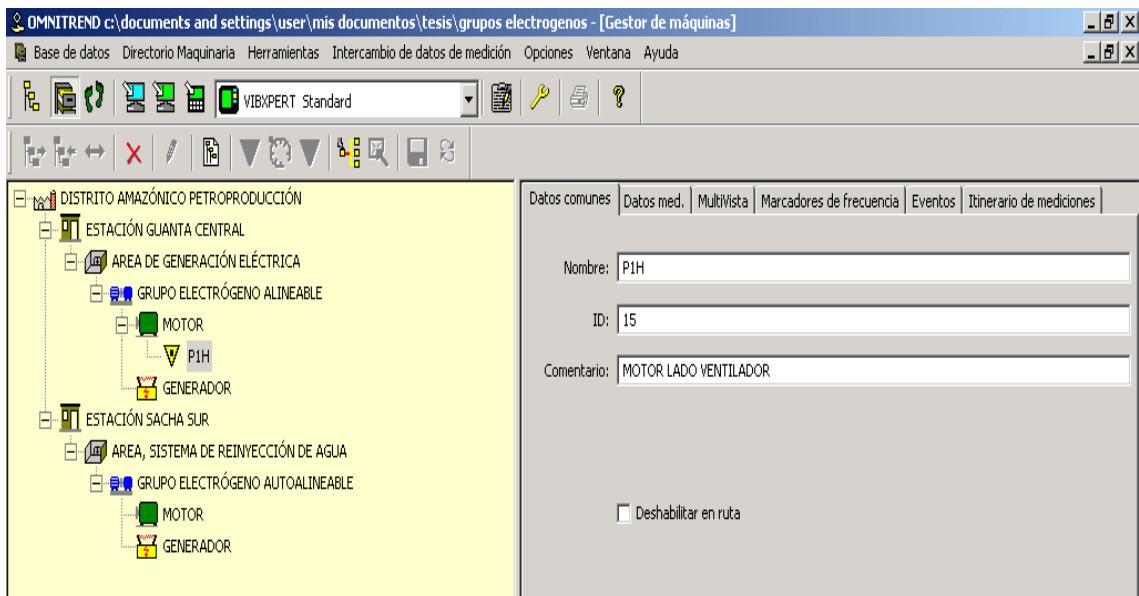


Figura 4.47: Punto de Medición

4.6.2.5 Añadir Tarea de Medición

Para cada punto se añadió las tareas de medición que se considero necesarias para determinar la tendencia vibracional de cada grupo electrógeno, como son: vibración global en parámetro de velocidad, espectro de velocidad, en algunos casos espectro envolvente en parámetro de aceleración, temperatura. Siguiendo el procedimiento que se muestra en las figuras.

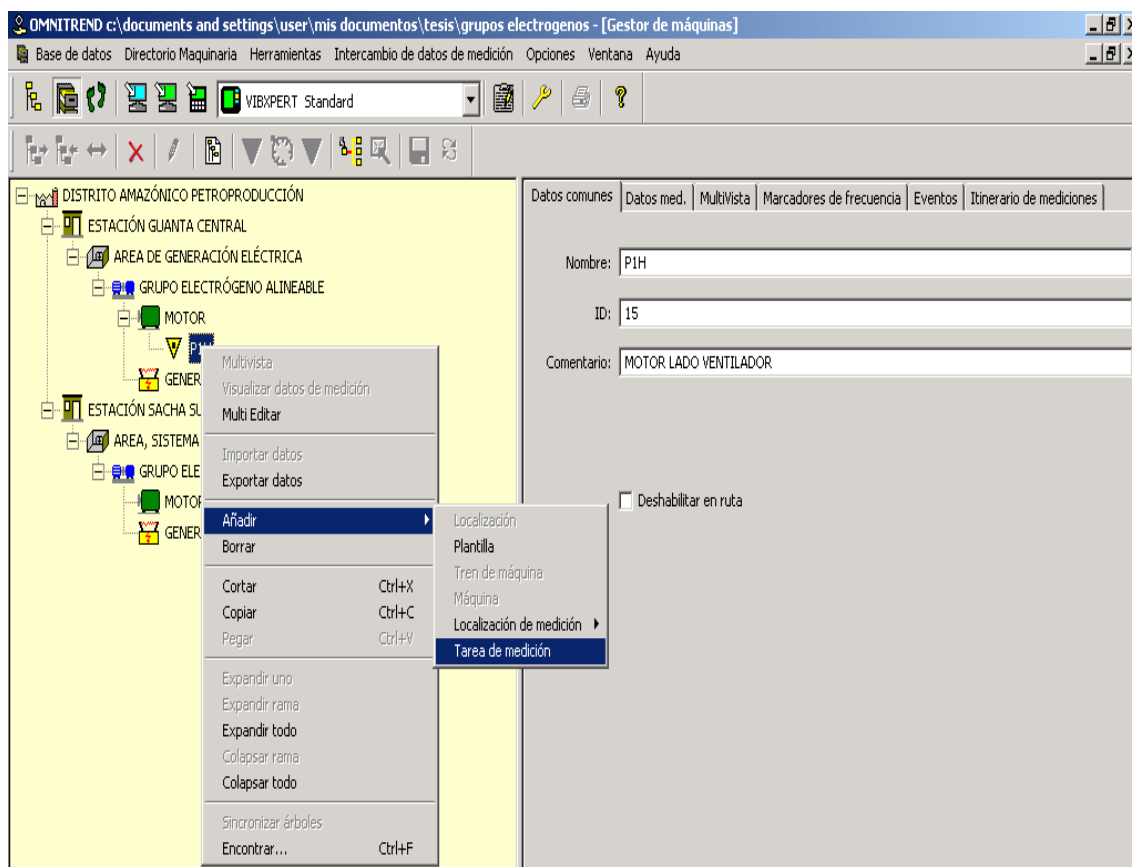


Figura 4.48: Añadir Tarea de Medición

En el asistente de tareas se introduce la velocidad de la máquina y se selecciona el grupo de tareas a realizar, seguido se presiona siguiente, como se indica en la figura 4.49, para pasar a la siguiente ventana.

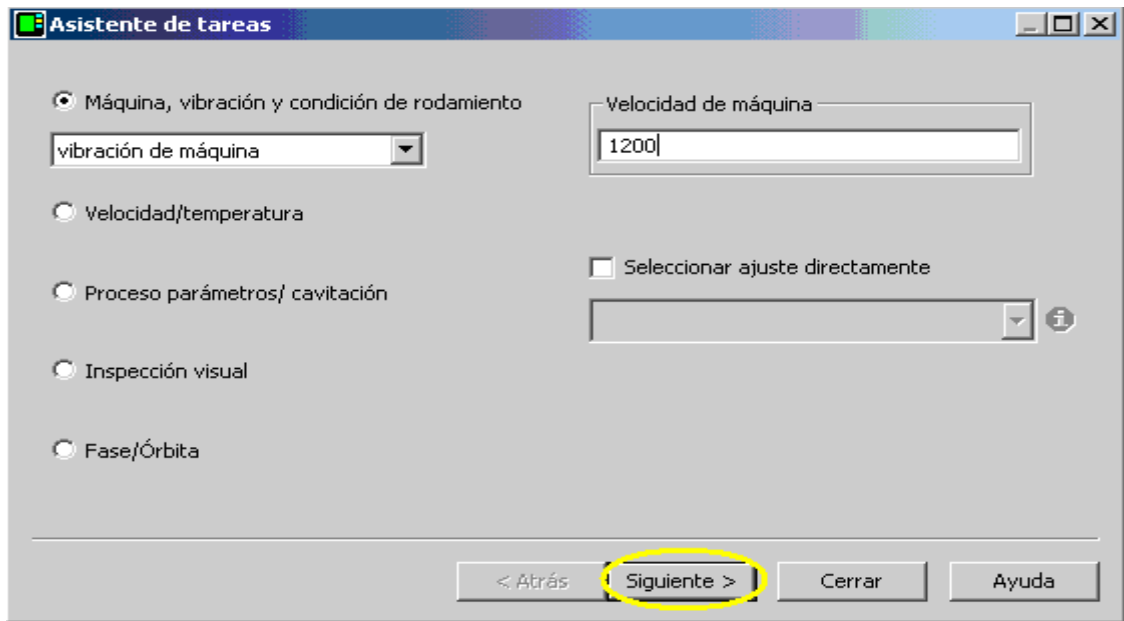


Figura 4.49: Asistente de Tareas Primera Ventana

En la siguiente ventana del asistente de tareas se selecciona la o las tareas a añadir al punto de medición y el tipo de transductor. Finalmente se presiona en **crear** para que la tarea se añada al punto de medición.

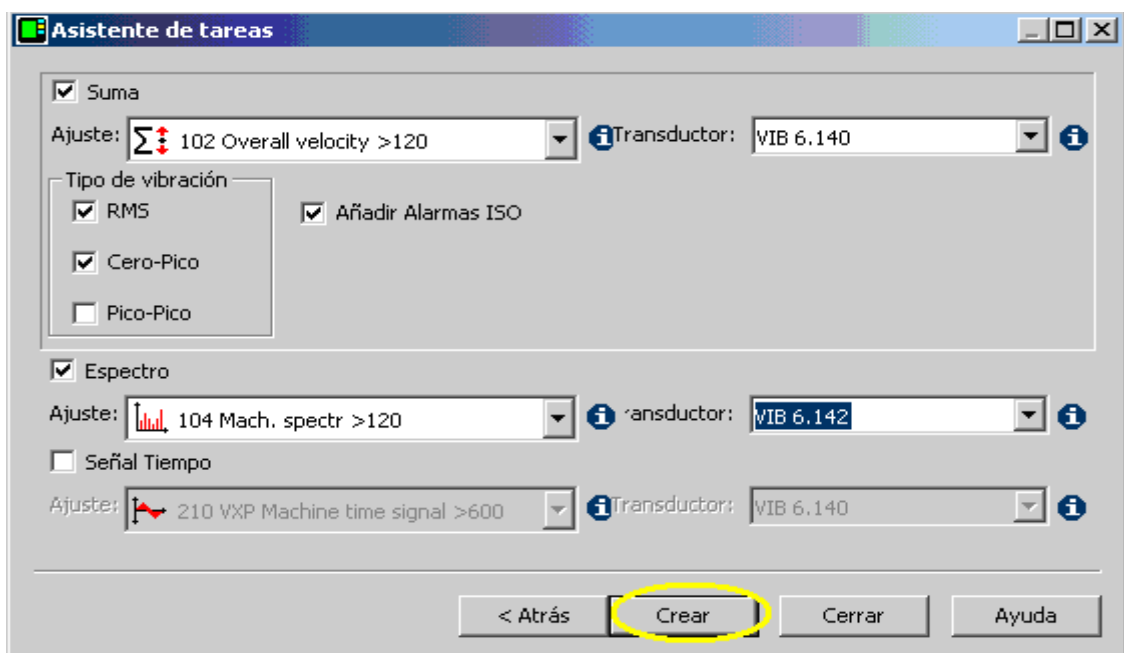


Figura 4.50: Asistente de Tareas Segunda Ventana

4.6.2.6 Configuración del Espectro

Seleccionar el espectro, y dar clic en el icono marcado por un círculo amarillo como se indica en la figura 4.51, para ingresar a la ventana de ajustes de espectros mostrada en la figura 4.52, en esta ventana el principal ajuste que se realizó al espectro es: seleccionar el rango de frecuencia de acuerdo a la velocidad de la máquina. Este mismo procedimiento se siguió para todos los espectros.

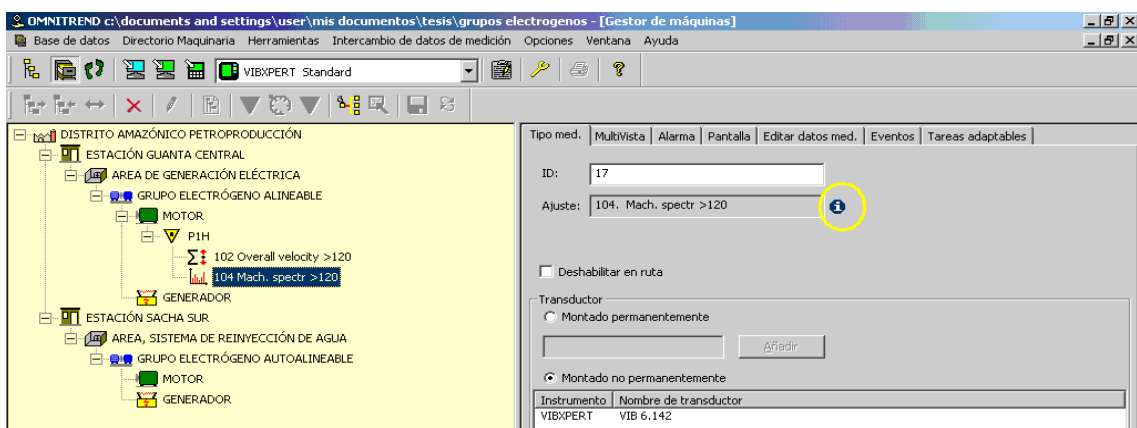


Figura 4.51: Ingreso a la Ventana de Ajuste de Espectro

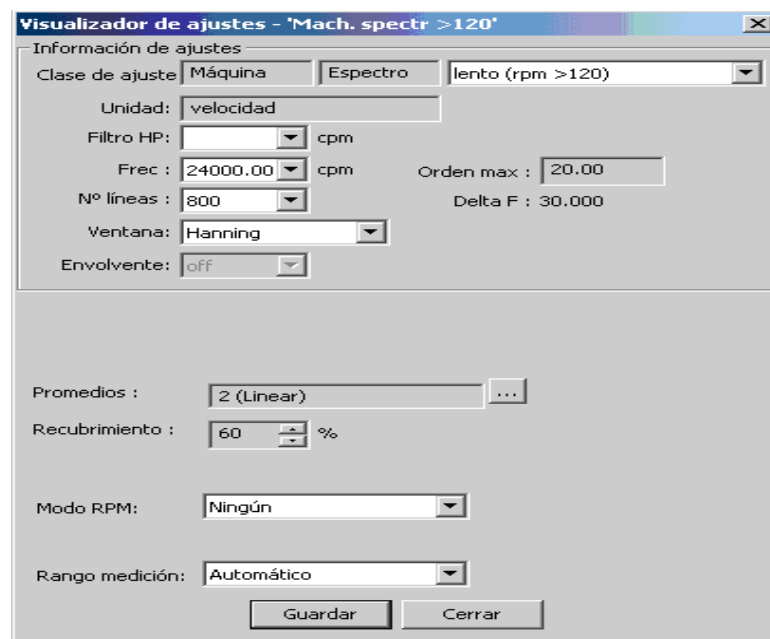


Figura 4.52: Ventana de Ajuste de Espectros

4.6.3 A ñ a d i r A l a r m a s

Para obtener niveles de alarmas referenciales, se baso en la norma de severidad ISO 3945 y en la guía de vibraciones Caterpillar, que se encuentran en el Anexo 2.

Alarma = (0.440)in/segcolor rojo.

Advertencia = 0.350in/segcolor amarillo.

Pre-advertencia = 0.250in/segcolor verde.

Cabe mencionar que estos valores son simplemente referenciales debido a que ninguna máquina trabaja en las mismas condiciones, ni tiene el mismo grado de desgaste, por m a s s e m e j a n t e s q u e e s t a s s e a n .

Los valores referenciales de alarmas se ingresaron al programa OMNITREND por medio de la ventana del editor de alarmas como se indica en la figura 4.53, independientemente para cada tarea.

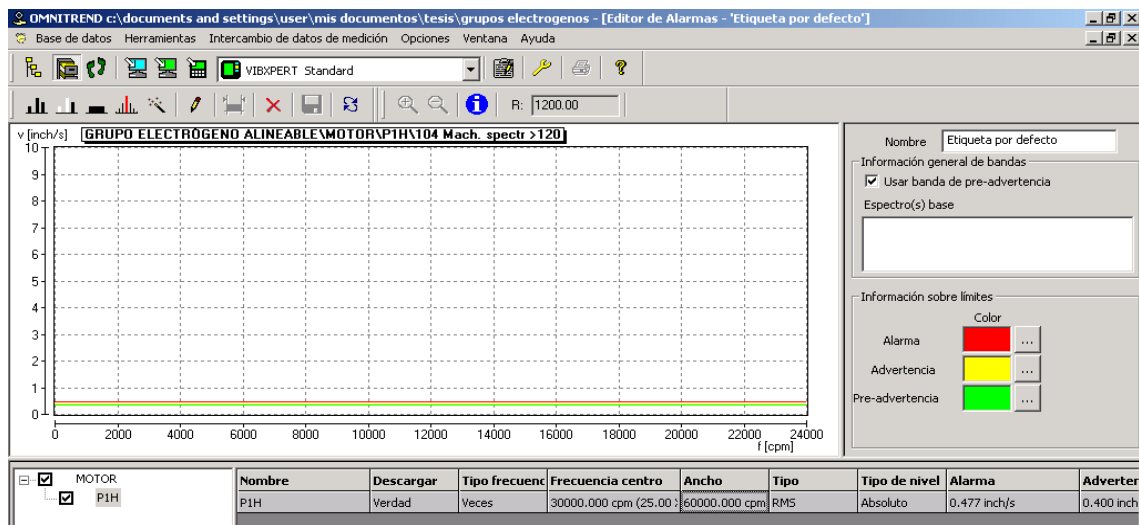


Figura 4.53: Ventana Editor de Alarmas

4.6.4 Editor de Rutas

Para ingresar a la ventana del editor de rutas dar clic en el icono que se encuentra en la barra de iconos principales, el mismo que se señalo con un círculo amarillo para identificarlo, como se indica en la figura 4.54.

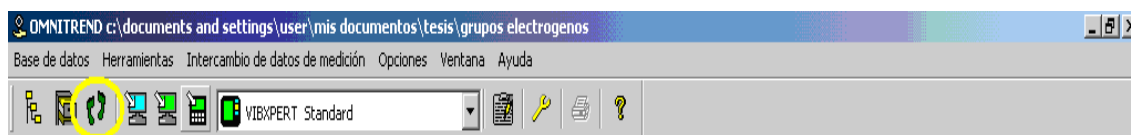


Figura 4.54: Icono del Editor de Rutas

Ya en la ventana del editor de rutas figura 4.55, dar clic en **nuevo** y por defecto aparece en la parte superior izquierda de la ventana la estructura de árbol, a ésta se la arrastra con el puntero del mouse a la parte superior derecha de la ventana para establecer la ruta (figura 4.56). Seguidamente se editó el nombre de la ruta colocando “RUTA DE TESIS”, que es el nombre con el que se identifica la ruta en el equipo de análisis vibracional. Finalmente dando clic en el icono guardar se creó la ruta y está lista para cargar al recolector de datos.

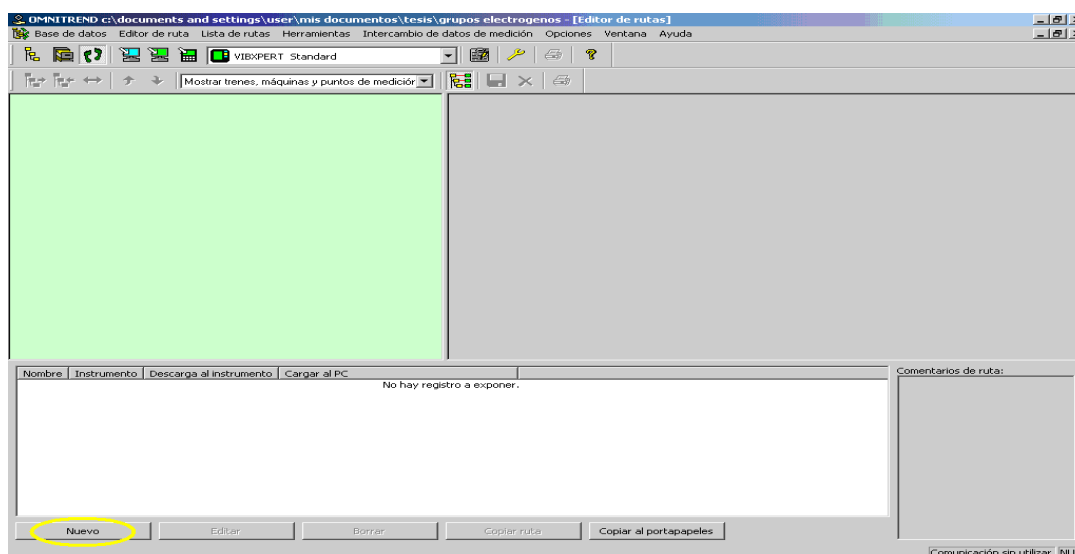


Figura 4.55: Ventana del Editor de Rutas

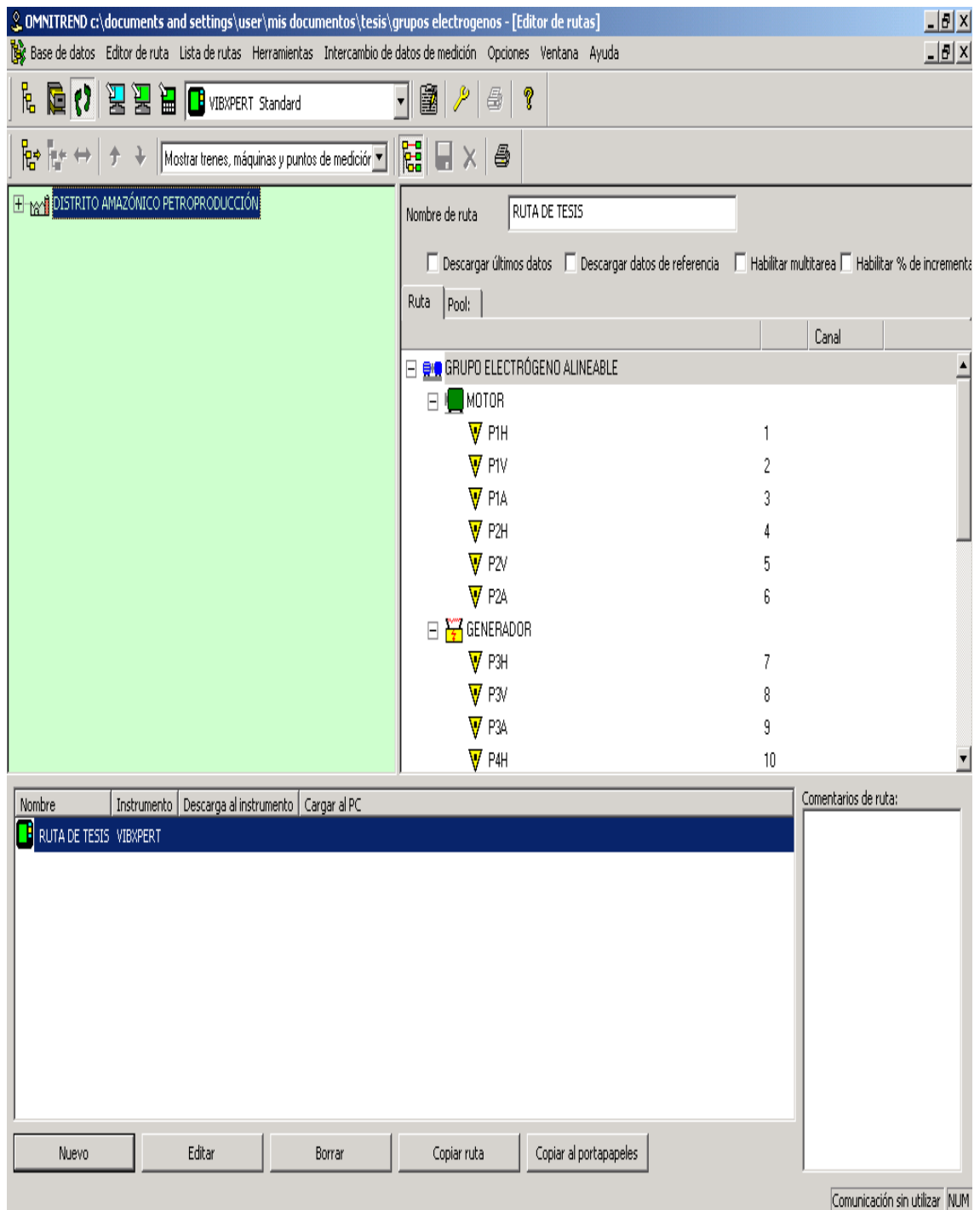
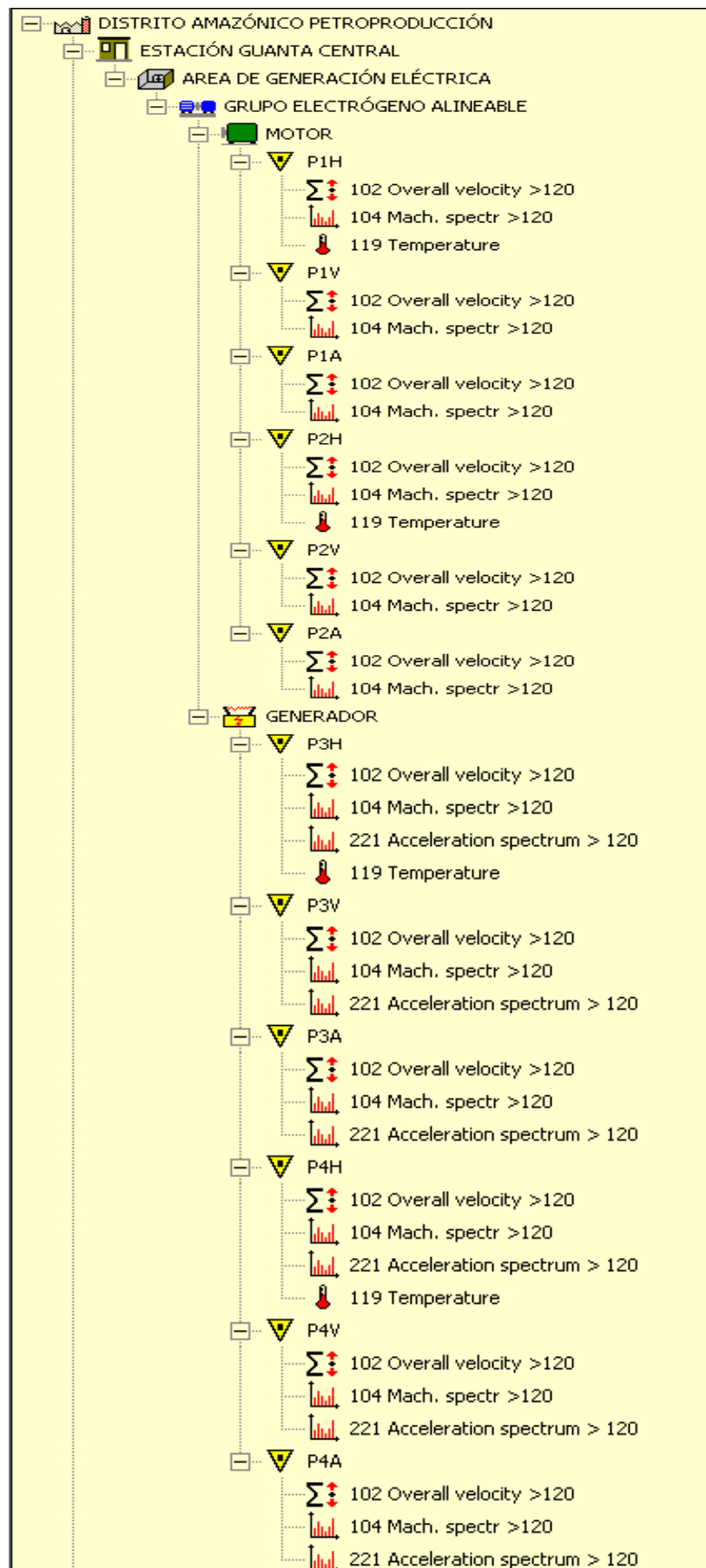


Figura 4.56: Ruta Establecida

En la figura 4.57 se aprecia la estructura de árbol creada, la misma que contiene: localización, área, tren de máquina, máquina, puntos de medición, tareas de medición con sus respectivos ajustes.



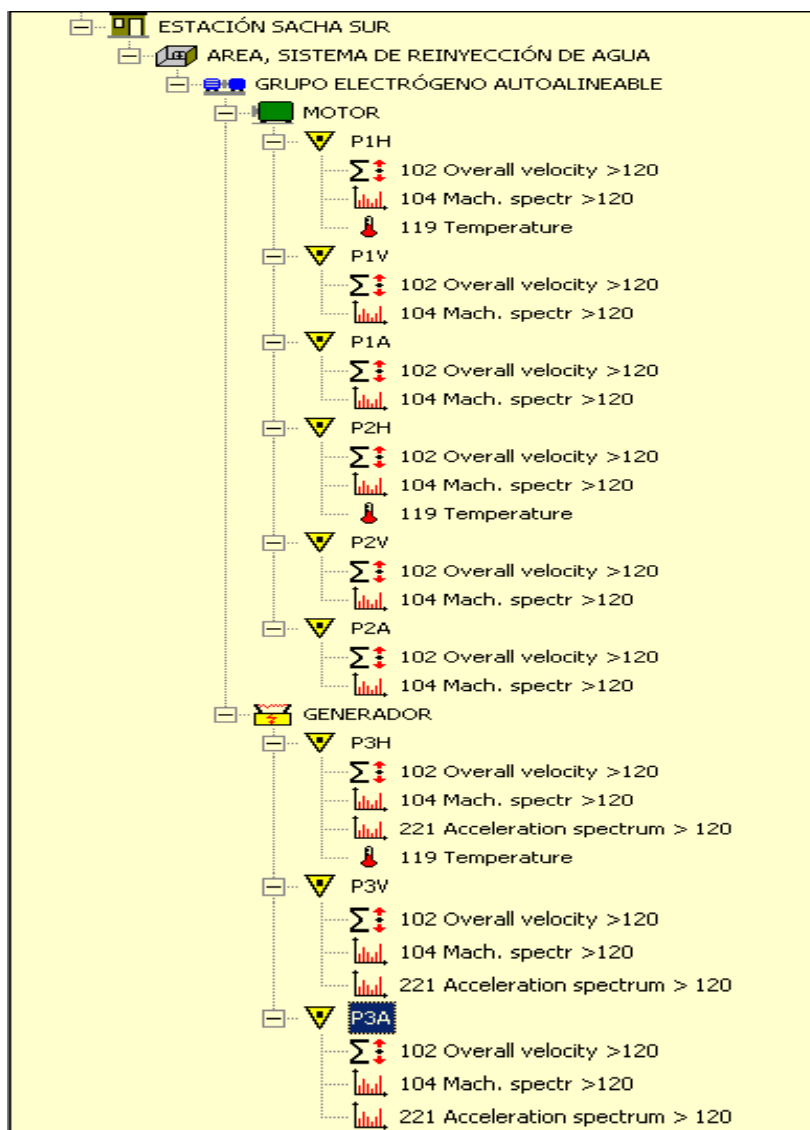


Figura 4.57: Estructura de Árbol

4.6.5 Descargar Ruta

Para descargar la ruta del PC al equipo de análisis vibracional, se siguió el siguiente procedimiento: Clic en el icono descargar ruta de la barra de iconos (figura 4.58). Seguido aparece la ventana seleccionar ruta donde se escogió “RUTA DE TESIS” (que es la única ruta que existe en la nueva base de datos creada) y clic en **descargar**, como se muestra en la figura 4.59. Luego aparece la ventana seleccionar

instrumento donde se eligió el equipo “16058138 VIB 1” como se aprecia en la figura 4.60. Finalmente **acepto** para ejecutar la descarga.

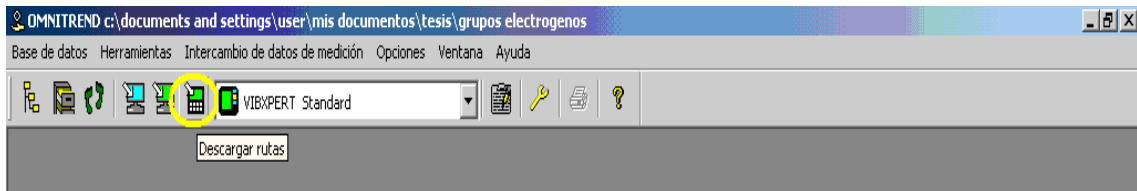


Figura 4.58: Icono Descargar Ruta

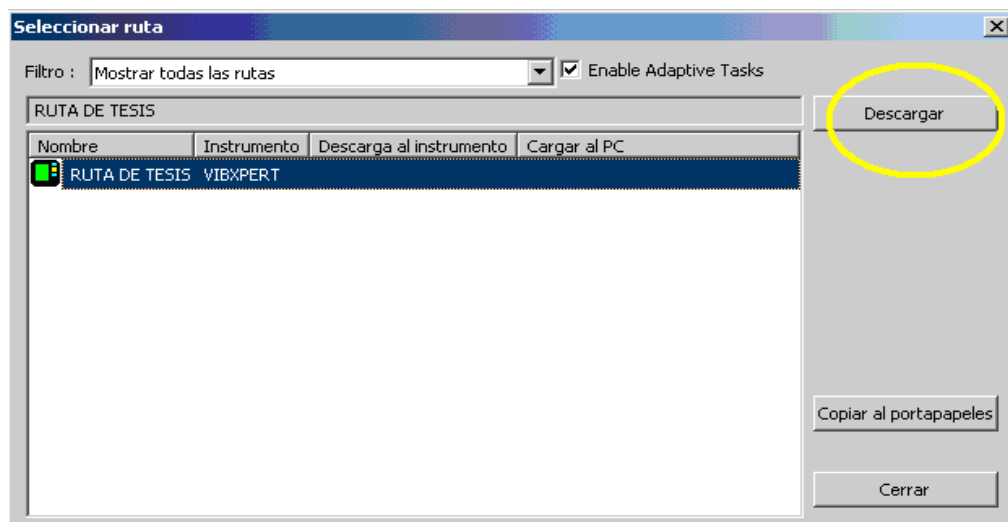


Figura 4.59: Ventana Seleccionar Ruta

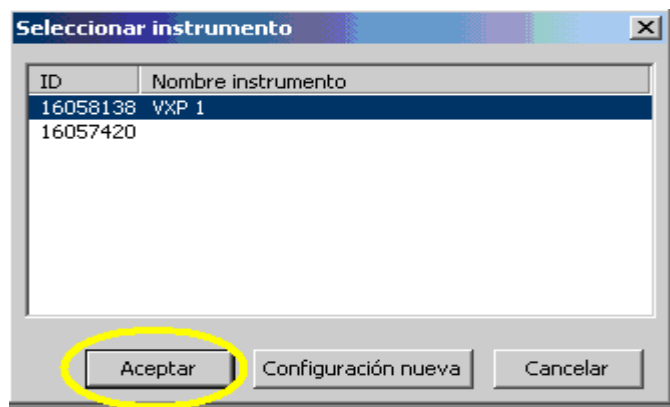


Figura 4.60: Ventana Seleccionar Instrumento

4.7 Aplicación en los Grupos Electrónicos

Con los puntos ya identificados y marcados con pintura roja en los grupos electrónicos. Teniendo claro los sentidos de medición y con la ruta cargada en el equipo de análisis vibracional se procedió a la recolección de datos.

4.7.1 Motor Lado Ventilador P1H (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.61: Motor Lado Ventilador P1H (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.2 Motor Lado Ventilador P1V (Grupo Electrónico EGEELE0102)

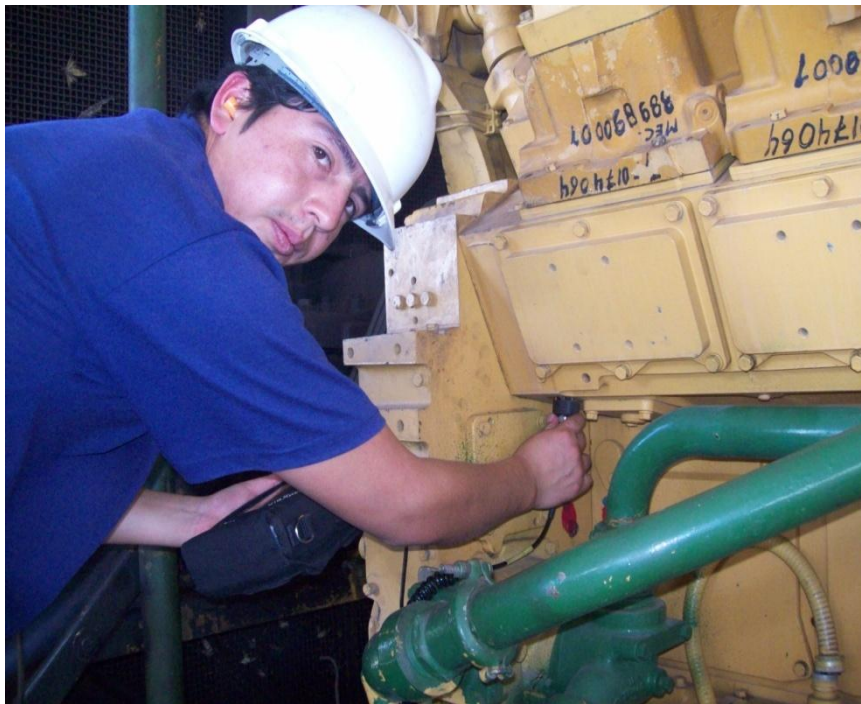


Figura 4.62: Motor Lado Ventilador P1V (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.3 Motor Lado Ventilador P1A (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.63: Motor Lado Ventilador P1A (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.4 Motor Lado Acople P2H (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.64: Motor Lado Acople P2H (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.5 Motor Lado Acople P2V (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.65: Motor Lado Acople P2V (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.6 Motor Lado Acople P2A (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.66: Motor Lado Acople P2A (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.7 Generador Lado Acople P3H (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.67: Generador Lado Acople P3H (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.8 Generador Lado Acople P3V (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.68: Generador Lado Acople P3V (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.9 Generador Lado Acople P3A (Grupo Electrónico EGEELE0102)

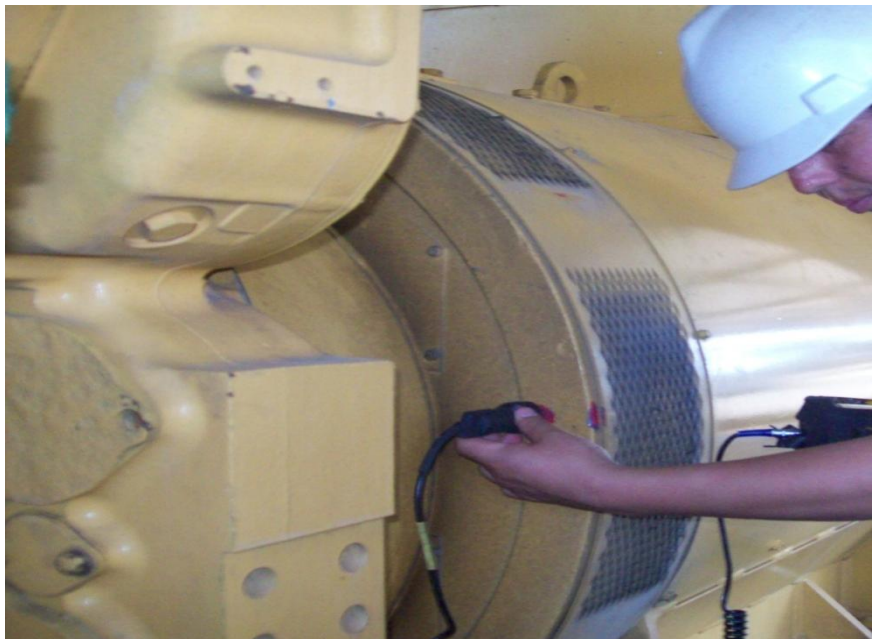


Figura 4.69: Generador Lado Acople P3A (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.10 Generador Lado Libre P4H (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.70: Generador Lado Libre P4H (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.11 Generador Lado Libre P4V (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.71: Generador Lado Libre P4V (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.12 Generador Lado Libre P4A (Grupo Electrónico EGEELE0102)



Figura 4.72: Generador Lado Libre P4A (Grupo Electrónico EGEELE0102)

4.7.13 Motor Lado Ventilador P1H (Grupo Electrónico EGEELE0255)



Figura 4.73: Motor Lado Ventilador P1H (Grupo Electrónico EGEELE0255)

4.7.14 Motor Lado Ventilador P1V (Grupo Electrónico EGEELE0255)

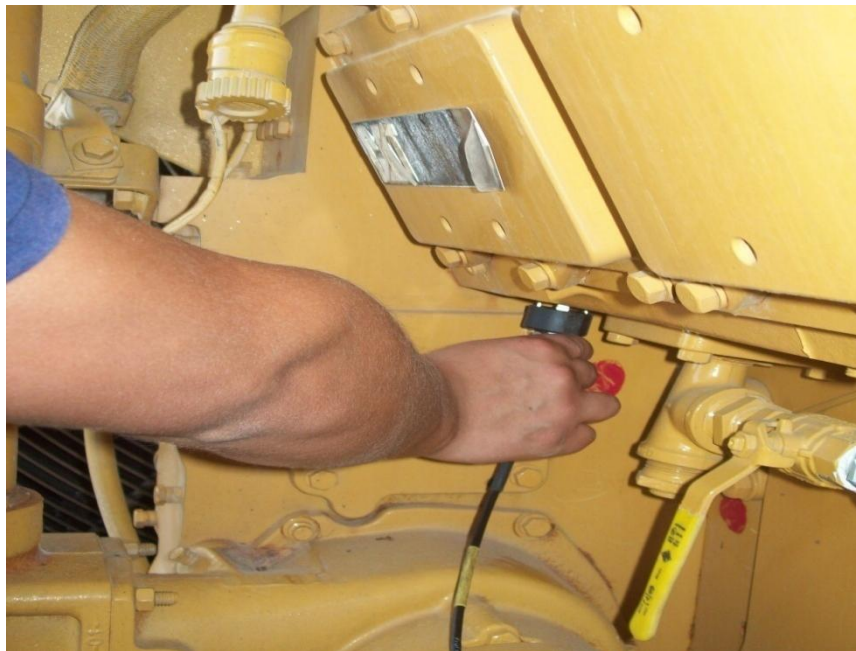


Figura 4.74: Motor Lado Ventilador P1V (Grupo Electrónico EGEELE0255)

4.7.15 Motor Lado Ventilador P1A (Grupo Electrónico EGEELE0255)

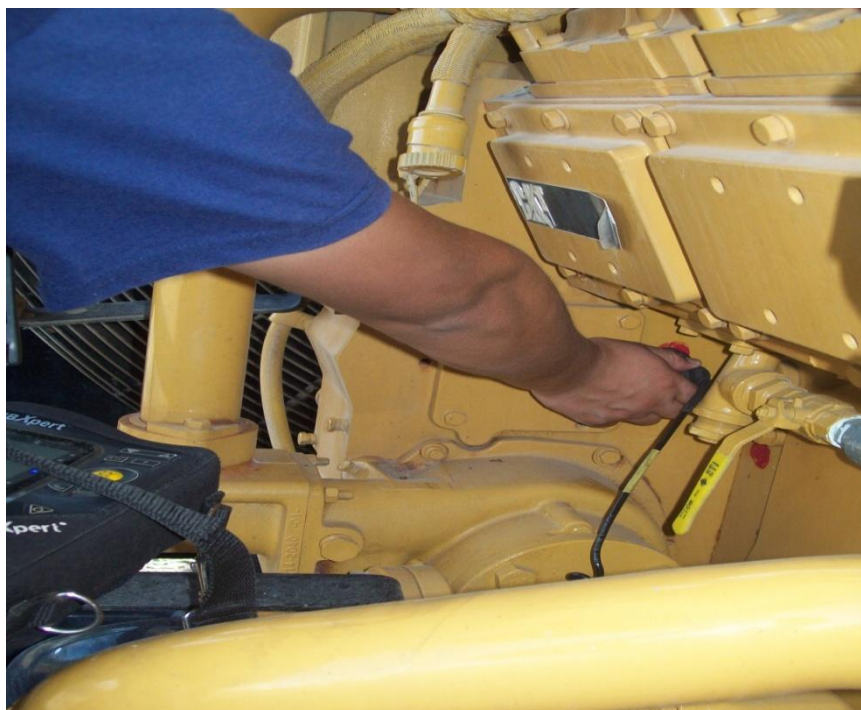


Figura 4.75: Motor Lado Ventilador P1A (Grupo Electrónico EGEELE0255)

4.7.16 Motor Lado Generador P2H (Grupo Electrónico EGEELE0255)



Figura 4.76: Motor Lado Generador P2H (Grupo Electrónico EGEELE0255)

4.7.17 Motor Lado Generador P2V (Grupo Electrónico EGEELE0255)

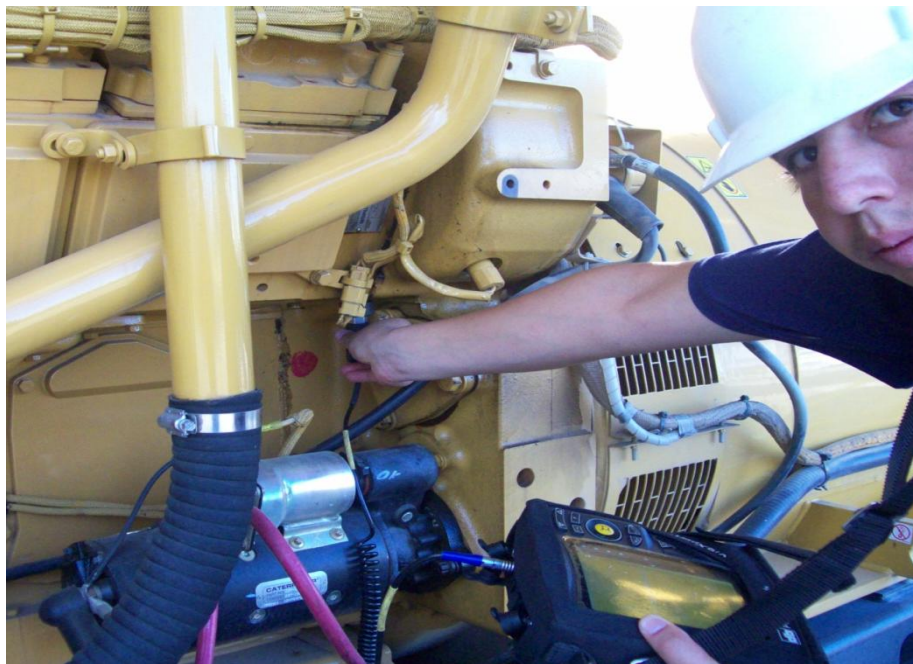


Figura 4.77: Motor Lado Generador P2V (Grupo Electrónico EGEELE0255)

4.7.18 Motor Lado Generador P2A (Grupo Electrónico EGEELE0255)

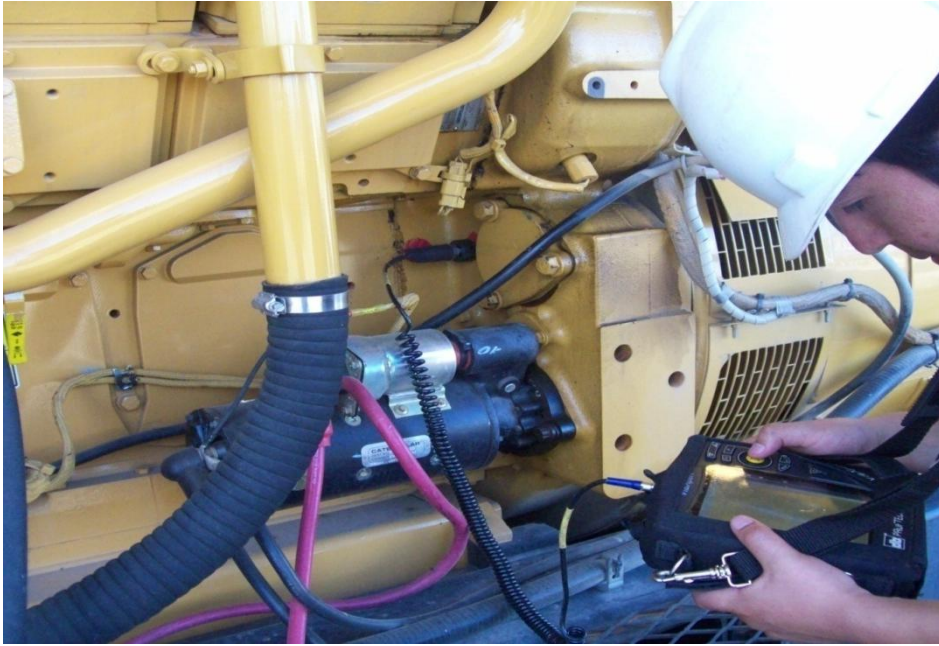


Figura 4.78: Motor Lado Generador P2A (Grupo Electrónico EGEELE0255)

4.7.19 Generador Lado Libre P3H (Grupo Electrónico EGEELE0255)



Figura 4.79: Generador Lado Libre P3H (Grupo Electrónico EGEELE0255)

4.7.20 Generador Lado Libre P3V (Grupo Electrónico EGEELE0255)



Figura 4.80: Generador Lado Libre P3V (Grupo Electrónico EGEELE0255)

4.7.21 Generador Lado Libre P3A (Grupo Electrónico EGEELE0255)



Figura 4.81: Generador Lado Libre P3A (Grupo Electrónico EGEELE0255)

4.8 Cargar Ruta al PC

Terminada la recolección de datos se procedió a cargar la ruta del equipo de análisis vibracional al PC, para el respectivo análisis de los datos recolectados en el programa OMNITREND. Siguiendo el siguiente procedimiento:

Clic en el icono cargar ruta a PC (figura 4.82), en la siguiente ventana selecciono el instrumento del cual voy a cargar la ruta al PC (figura 4.83). Para finalmente en la siguiente ventana selecciono la ruta a cargar como se muestra en la figura 4.84, y acepto.



Figura 4.82: Icono Cargar Ruta a PC

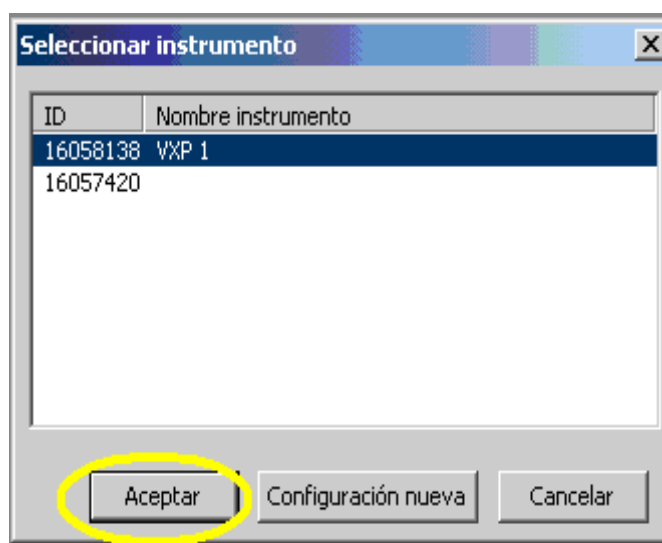


Figura 4.83: Ventana Seleccionar Instrumento

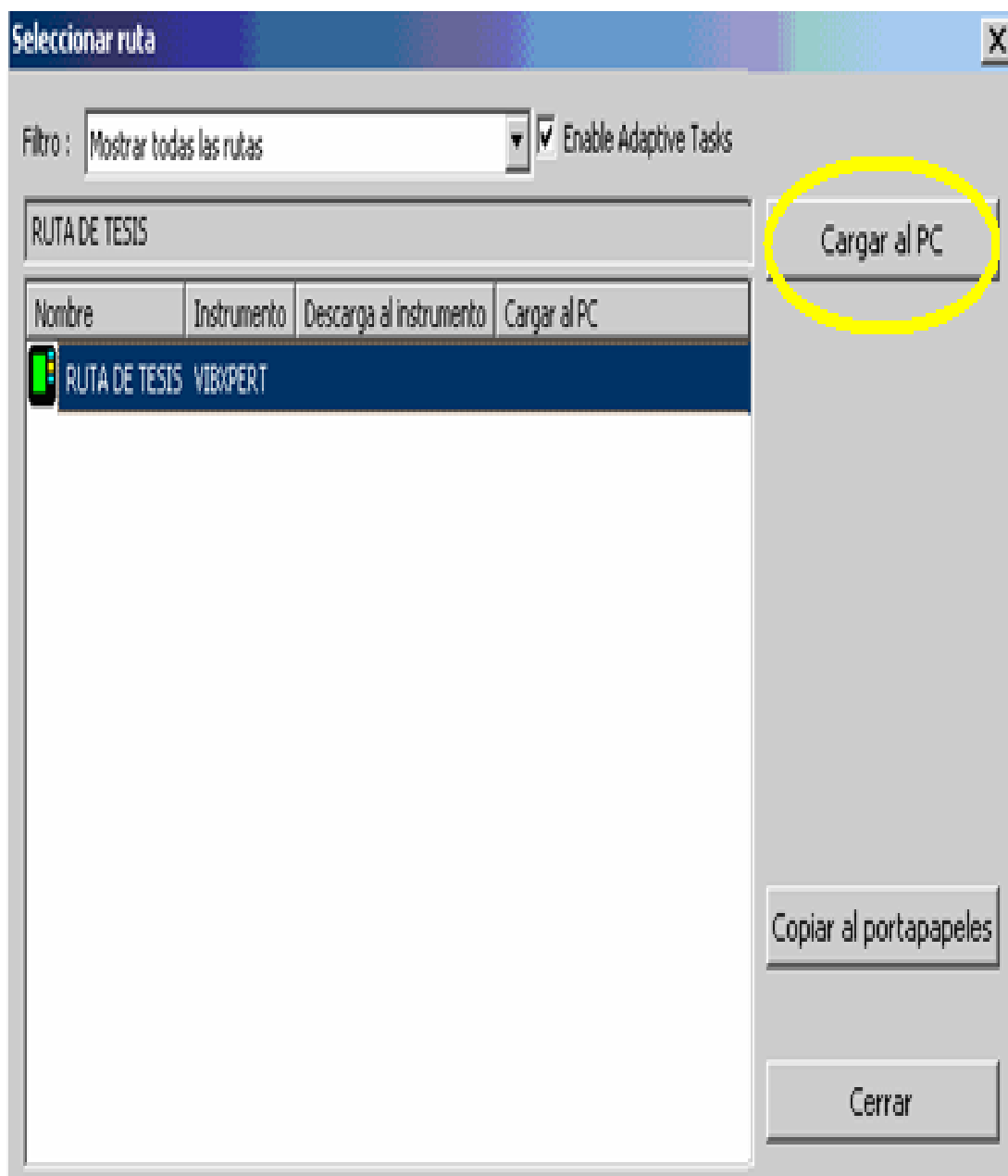



Figura 4.84: Ventana Seleccionar Ruta

4.9 Plan de Mantenimiento Predictivo

Es el método sistemático que nos permite cumplir de manera organizada el monitoreo de los grupos electrógenos para la determinación de la tendencias vibracionales en el tiempo.


4.9.1 Banco de Tareas, Frecuencias, Procedimientos, Equipos, Herramientas, Materiales y Repuestos para el Plan de Mantenimiento Predictivo de Monitoreo del Grupo Electrónico EGEELE 0102.

Tabla 4.11: ANÁLISIS VIBRACIONAL

	ANÁLISIS VIBRACIONAL
FRECUENCIA: Quincenal	
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar el equipo de análisis vibracional acorde al identificado por el software OMNITREND. • Descargar la ruta al equipo de análisis vibracional. • Conectar el transductor y el sensor de temperatura al equipo de análisis vibracional. • Verificar los parámetros de operación de la máquina en tiempo real. • Proceder a la recolección de datos, en la localización física indicada en la máquina. • Cargar la ruta al PC • Realizar el análisis de los espectros • Interpretar la tendencia de la falla en el tiempo. 	
EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • Vibxpert "16058138VXP1" • Computador con el software OMNITREND instalado. 	
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Acelerómetro VIB 6.142R • Cable VIB 5.436 • Cable VIB 5.330 puerto USB • Sensor de temperatura VIB 8.607-1.5 • Base magnética • Base en punta • Cargador de baterías del equipo vibexpert 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Batería de 9 Voltios • Guaípe. • Franela. 	
REPUESTOS:	

4.9.2. Banco de Tareas, Frecuencias, Procedimientos, Equipos, Herramientas, Materiales y Repuestos para el Plan de Mantenimiento Predictivo de Monitoreo del Grupo Electrógeno EG E E L E 0255

Tabla 4.12: ANÁLISIS VIBRACIONAL

	ANÁLISIS VIBRACIONAL
FRECUENCIA: Quincenal	
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar el equipo de análisis vibracional acorde al identificado por el software OMNITREND. • Descargar la ruta al equipo de análisis vibracional. • Conectar el transductor y el sensor de temperatura al equipo de análisis vibracional. • Verificar los parámetros de operación de la máquina en tiempo real. • Proceder a la recolección de datos, en la localización física indicada en la máquina. • Cargar la ruta al PC • Realizar el análisis de los espectros • Interpretar la tendencia de la falla en el tiempo. 	
EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • Vibxpert "16058138VXP1" • Computador con el software OMNITREND instalado. 	
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Acelerómetro VIB 6.142R • Cable VIB 5.436 • Cable VIB 5.330 puerto USB • Sensor de temperatura VIB 8.607-1.5 • Base magnética • Base en punta • Cargador de baterías del equipo vibexpert 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Batería de 9 Voltios • Guaípe. • Franela. 	
REPUESTOS:	

4.10 Almacenamiento de Firmas de Grabación

Para realizar un confiable análisis de tendencias vibracionales se empezó recolectando los primeros datos, cuando en su momento se consideró que la máquina se encontraba en buenas condiciones.

El primer espectro en cada punto de cada dirección que sé recolecto, es la firma de los grupos electrógenos en buenas condiciones.


La firma de los grupos electrógenos es el punto de partida para determinar la tendencia vibracional en el tiempo.

Cabe mencionar que los niveles de alarma dispuestos anteriormente se aplican solo para la firma del equipo ya que los niveles serán modificados de acuerdo a los valores obtenidos en sucesivas mediciones.

4.10.1 Parámetros de Operación del Grupo Electrónico EGEELE 0102

En la tabla 4.13, se presentan los parámetros de operación de la máquina en los cuales se almaceno las firmas de grabación.

Tabla 4.13: PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN TIEMPO REAL DEL GRUPO ELECTRÓGENO EGEELE 0102

		PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN TIEMPO REAL
Empresa	Petroproducción	
Estación	Guanta Central	
Área	Generación eléctrica	
Equipo	Grupo electrógeno EGEELE0102	
Variables		Magnitud
Potencia		180 KW
Carga		32 %
Frecuencia		60 Hz
Velocidad		1200 RPM
Presión del aceite (lubricante)		63 PSI
Presión del gas (combustible)		35 PSI
Temperatura del agua (refrigerante)		98 °C
Temperatura del motor		76 °C
Temperatura del generador		37 °C

4.10.2 Firma Obtenida en el PIH (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

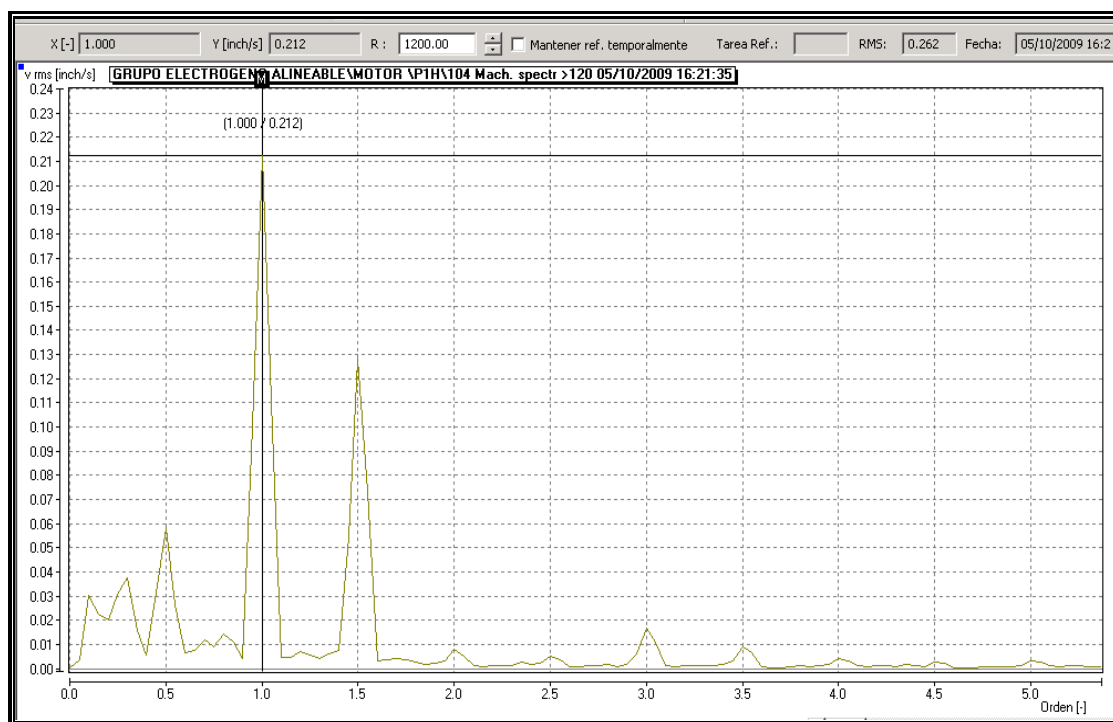


Figura 4.85: Firma Obtenida en el PIH (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Como se puede apreciar en el espectro, el pico 1X de la frecuencia fundamental, es el que tiene mayor amplitud. El mismo que está dentro de los niveles admisibles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

Este espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X, ocurre porque es normal, que a la velocidad de giro de la máquina se produzca una pequeña **flexibilidad transversal** entre el motor y el skid.

4.10.3 Firma Obtenida en el PIV (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

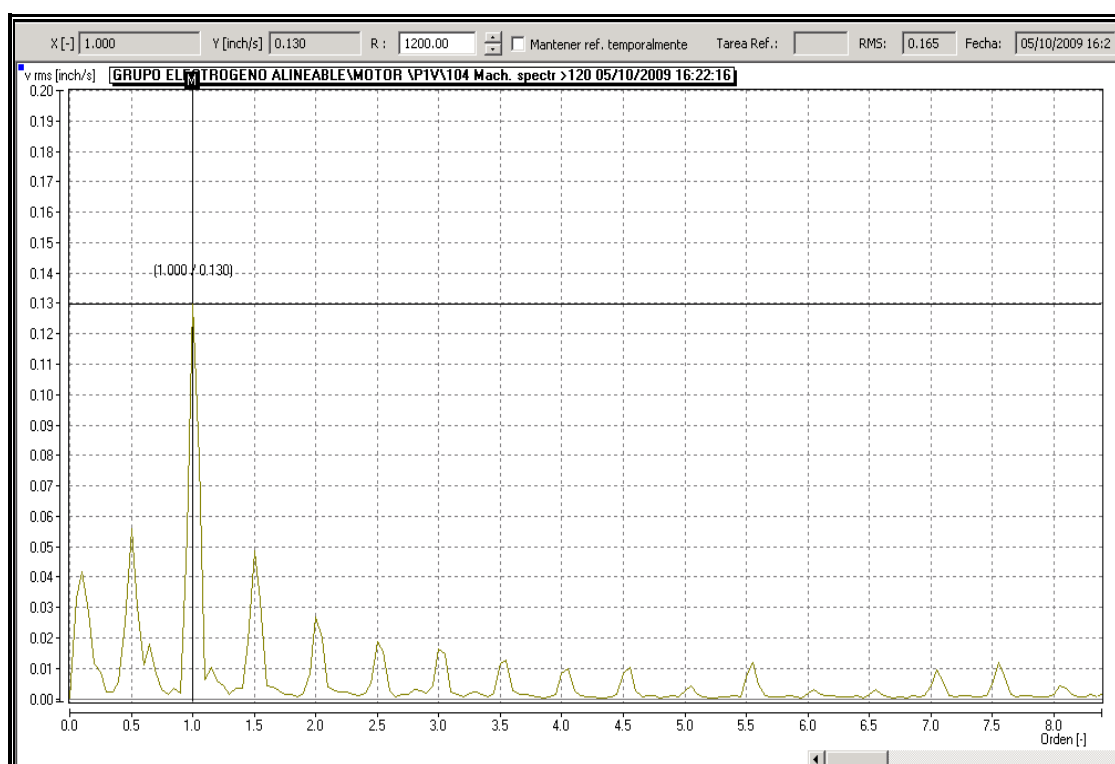


Figura 4.86: Firma Obtenida en el PIV (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el espectro se puede apreciar un pico elevado en el orden 1X de baja amplitud y que está dentro de los niveles admisibles recomendados por la norma ISO 3945. Con armónicos de 1X y 0.5X de baja amplitud

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X, ocurre porque es normal, que a la velocidad de giro de la máquina se produzca un pequeño **impulso de choque** de los émbolos. La presencia de armónicos de 1X y 0.5X indica la gravedad del problema, pero como su amplitud es baja, no existe problema.

4.10.4 Firma Obtenida en el P1A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

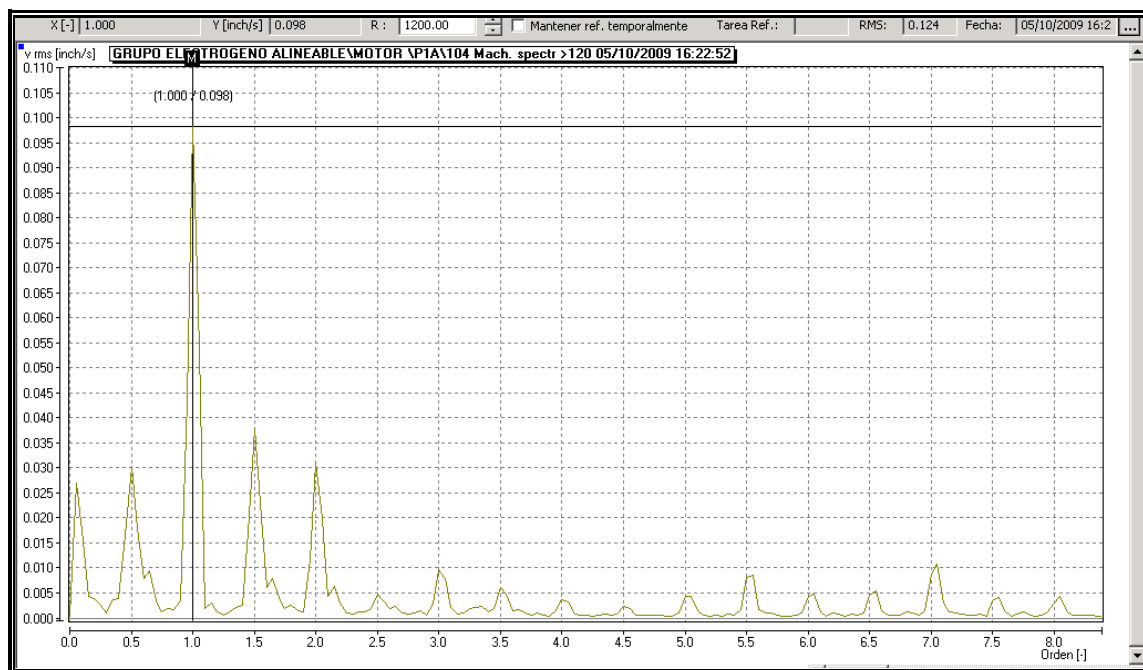


Figura 4.87: Firma Obtenida en el P1A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el espectro se observa un pico elevado en el orden 1X de la frecuencia fundamental, de baja amplitud y está dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X, ocurre porque es normal que se produzca una pequeña **desalineación**.

4.10.5 Firma Obtenida en el P2H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

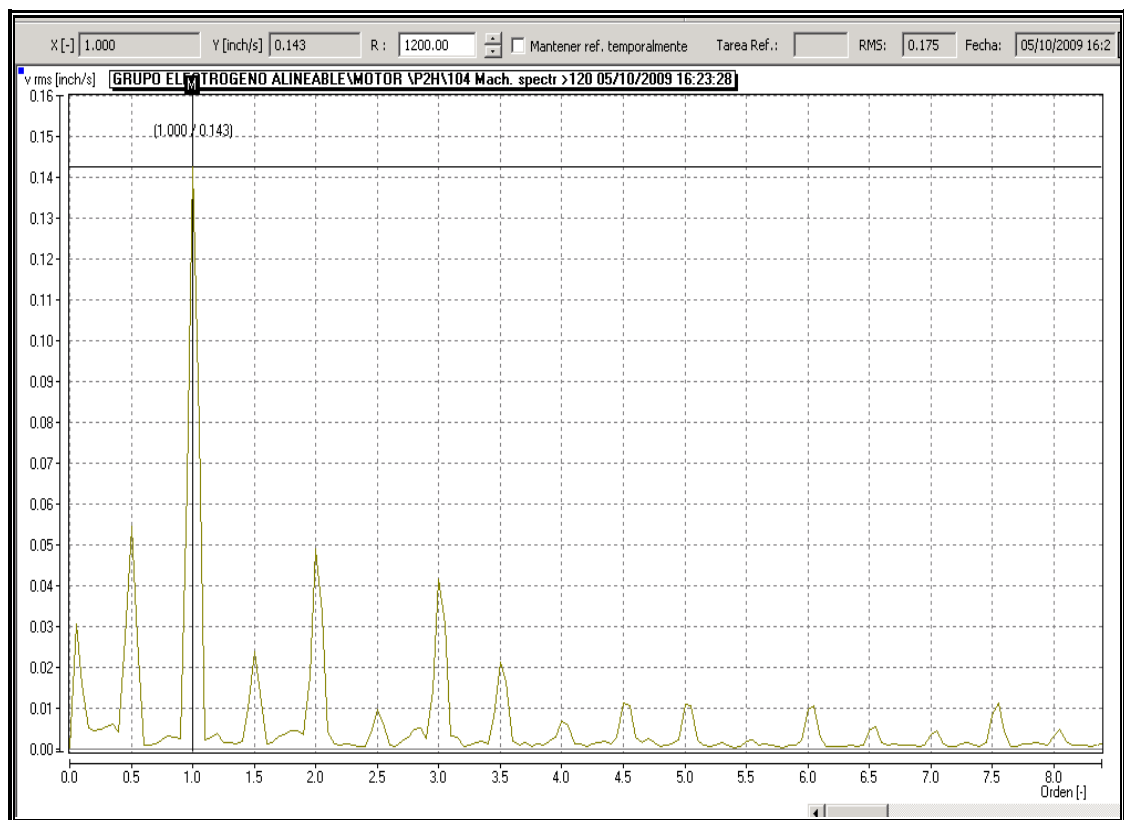


Figura 4.88: Firma Obtenida en el P2H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el espectro se observa un pico elevado en el orden 1X de baja amplitud, el mismo que está dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945. Además presenta armónicos de la frecuencia fundamental de baja amplitud.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X, ocurre porque es normal que se produzca una pequeña **flexibilidad transversal** entre el motor y el skid. Los armónicos de de la frecuencia fundamental indica que la flexibilidad transversal está progresando.

4.10.6 Firma Obtenida en el P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

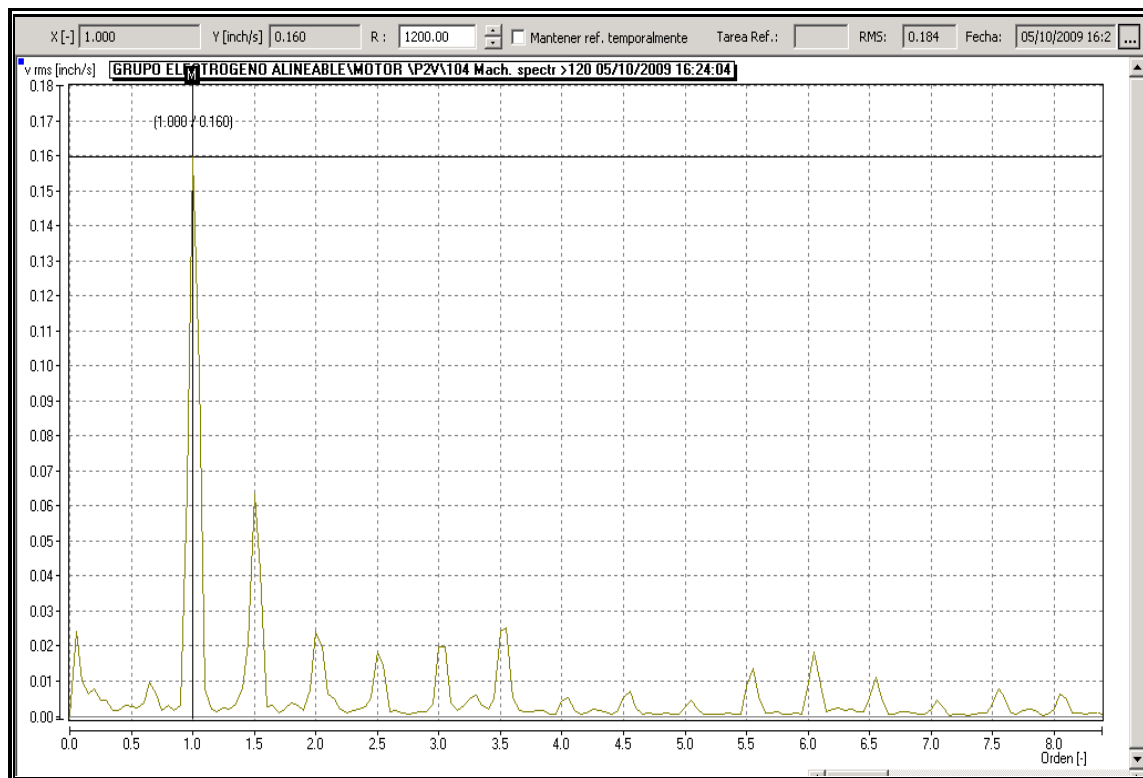


Figura 4.89: Firma Obtenida en el P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se observa en el espectro un pico alto en 1X de la frecuencia fundamental, de baja amplitud, el mismo que se encuentra dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X, ocurre porque es normal que se produzca un pequeño **desbalance** en el volante de inercia, a la velocidad de rotación de la máquina.

4.10.7 Firma Obtenida en el P2A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

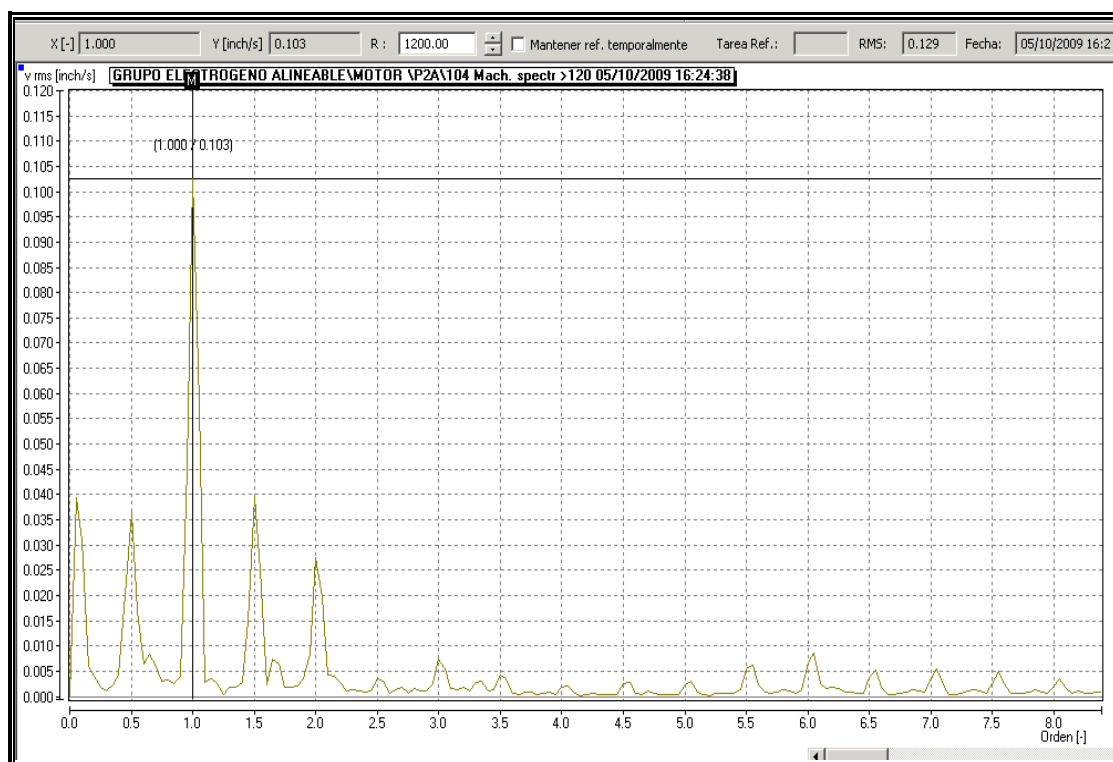


Figura 4.90: Firma Obtenida en el P2A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el espectro se observa un pico alto en 1X y un segundo armónico 2X que casi es el 50% del armónico 1X. Los dos armónicos son de baja amplitud y están dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X ocurre porque es normal un pequeño **desalineamiento** entre la flecha del motor y la flecha del generador. El armónico 2X indica que la desalineación esta en progreso.

4.10.8 Firma Obtenida en el P3H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

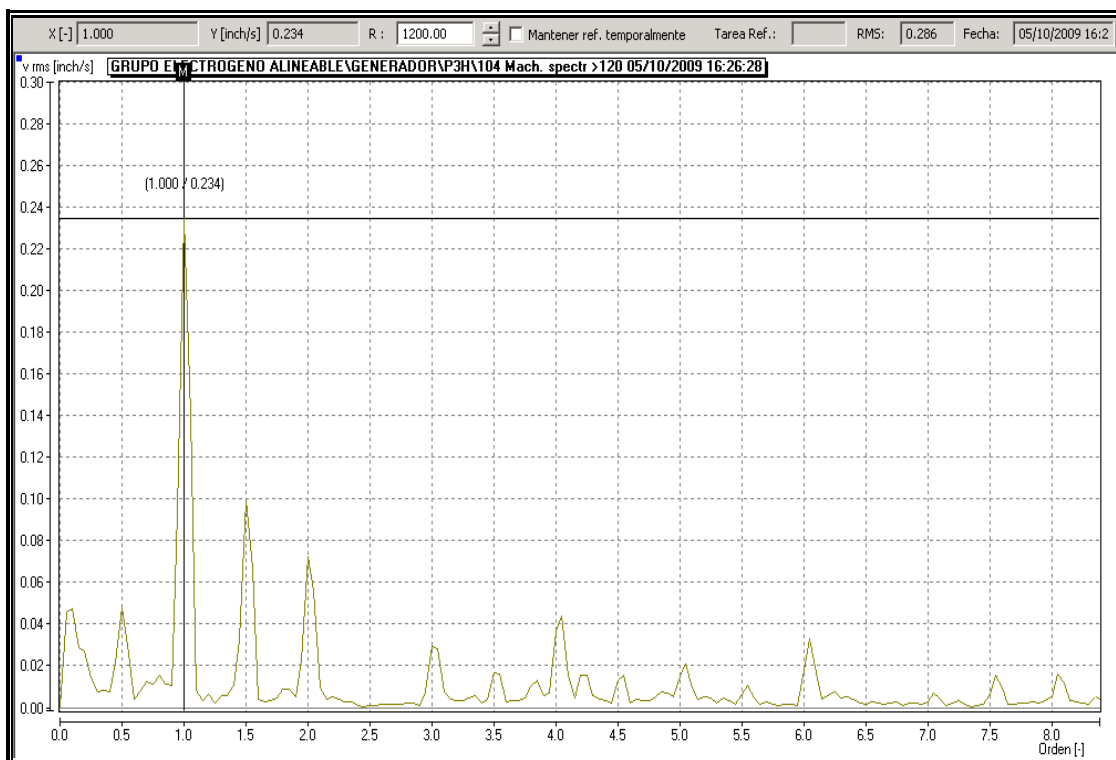


Figura 4.91: Firma Obtenida en el P3H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Como se puede apreciar en el espectro se tiene un pico elevado en el orden 1X, de amplitud baja, el mismo que se encuentra dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945. Se observa también la presencia de múltiplos de la frecuencia fundamental.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X, ocurre porque es normal que exista una pequeña flexibilidad transversal entre el motor y el skid. Los armónicos múltiplos de la frecuencia fundamental indican que el problema de **flexibilidad transversal** está avanzando.

4.10.9 Firma Obtenida en el P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

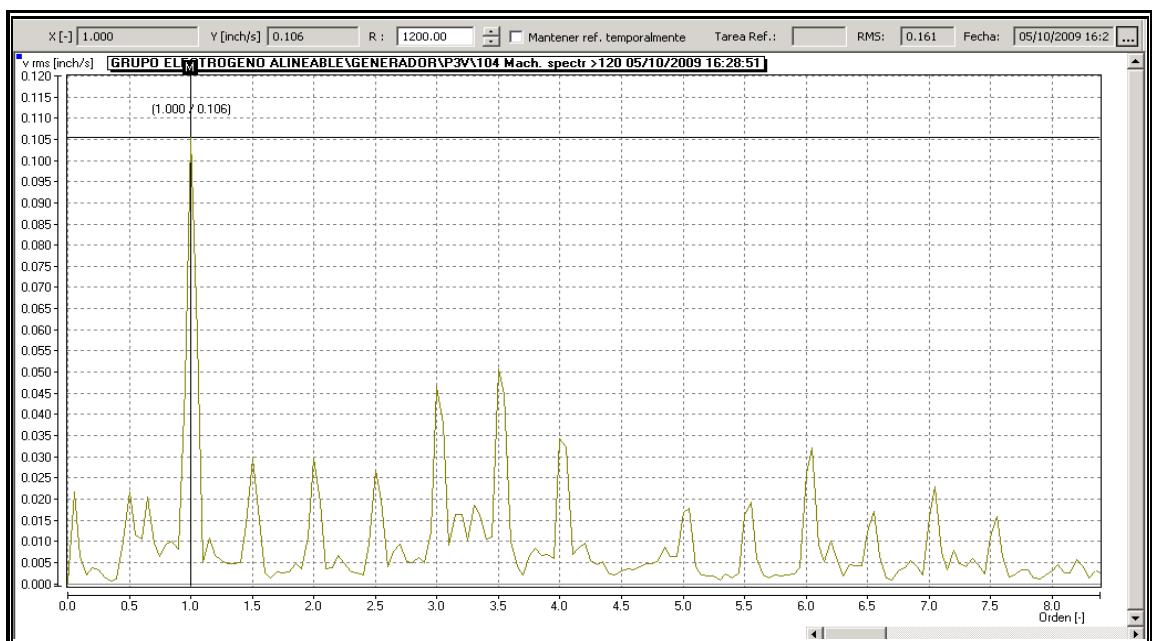


Figura 4.92: Firma Obtenida en el P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el espectro se observa un pico alto en el orden 1X, de baja amplitud y se encuentra dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945. También existe la presencia de armónicos de 1X.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X, con presencia de armónicos de la frecuencia fundamental, ocurre porque es normal que exista un pequeño **desbalanceo dinámico** en el rotor del generador.

4.10.10 Firma Obtenida en el P3A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

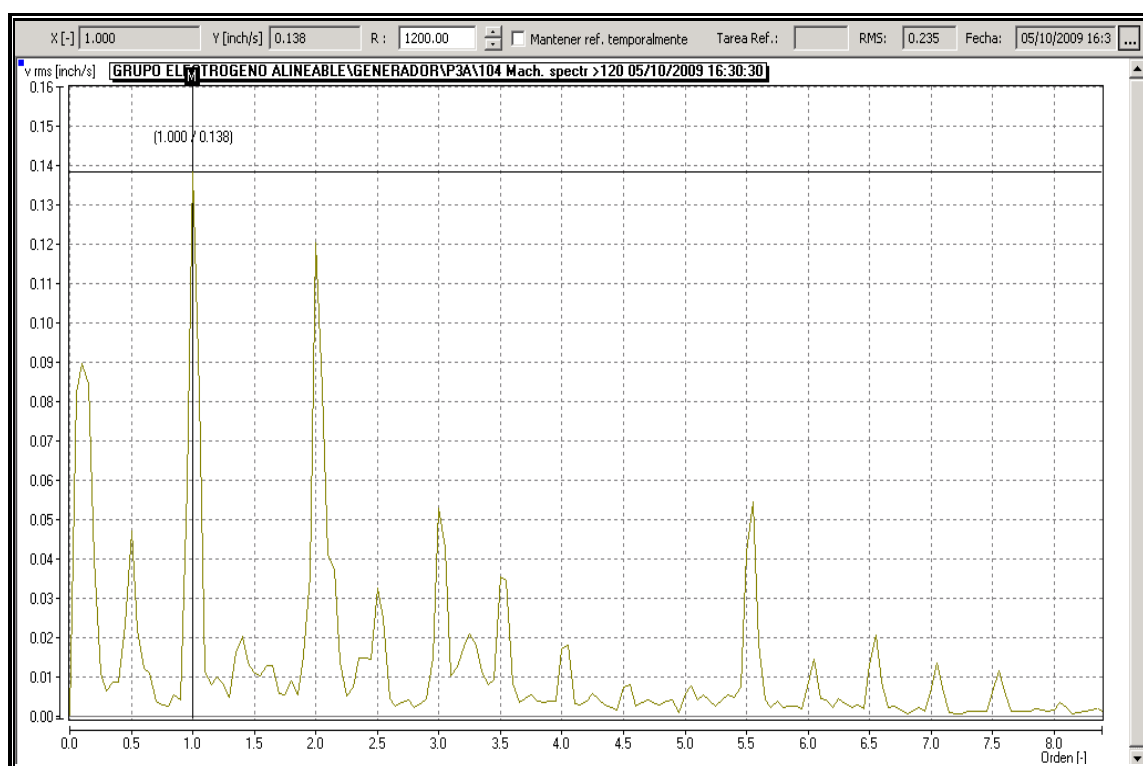


Figura 4.93: Firma Obtenida en el P3A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se observa en el espectro dos picos elevados en el orden 1X y 2X, de baja amplitud y están dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente los picos 1X y 2X, ocurren porque es normal que exista un pequeño **desalineamiento** entre la flecha del motor y la flecha del generador

4.10.11 Firma Obtenida en el P4H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

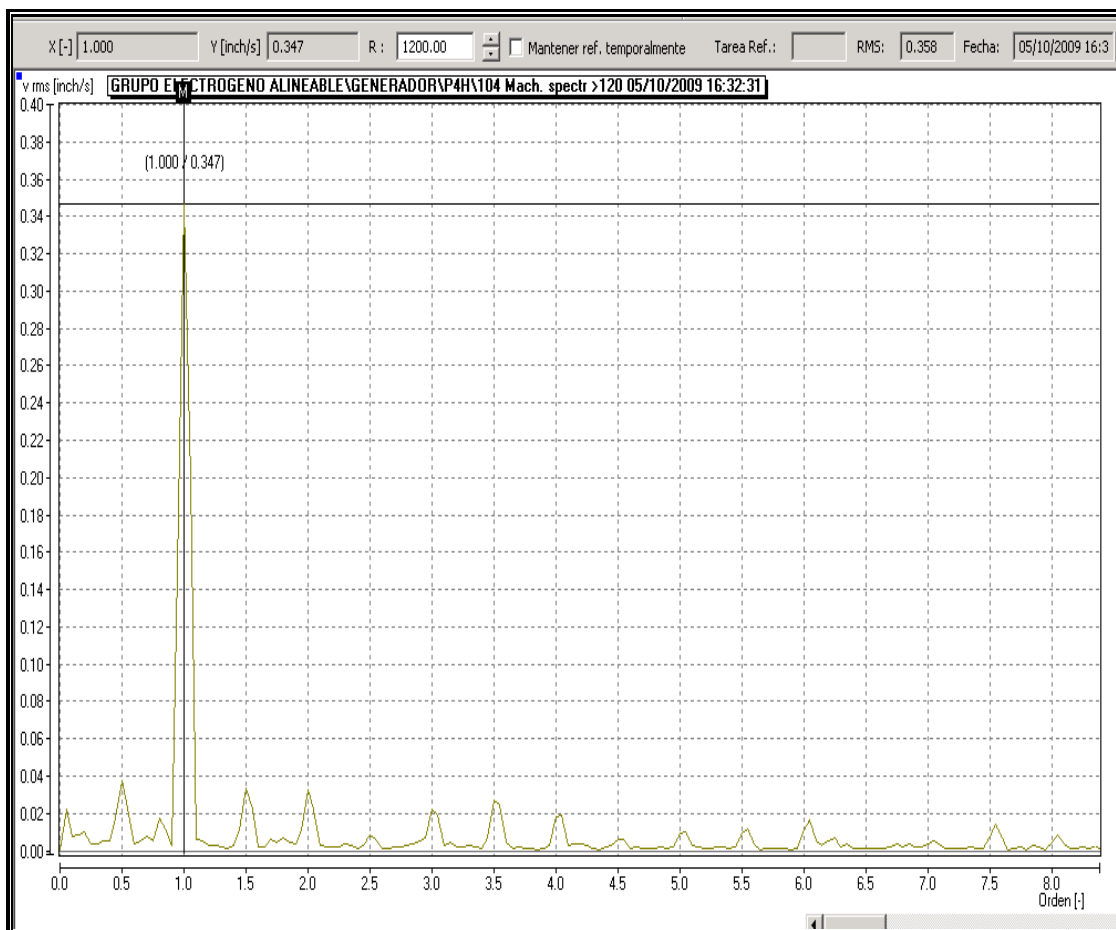


Figura 4.94: Firma Obtenida en el P4H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el espectro se observa que predomina el pico en el orden 1X, con amplitud de 0.347 inch/s, el mismo que se encuentra dentro del nivel de advertencia recomendado por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X, indica **flexibilidad transversal**, que en este caso muestra ya un problema.

4.10.12 Firma Obtenida en el P4V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

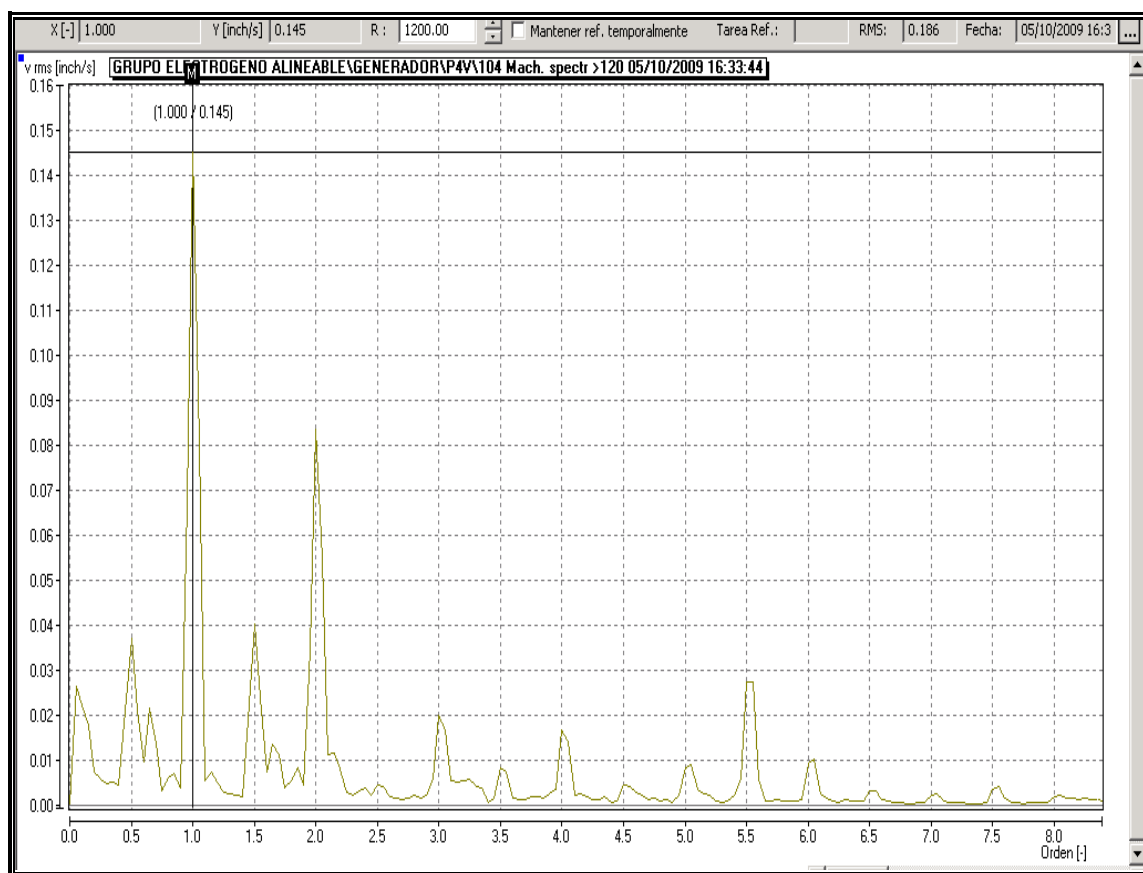


Figura 4.95: Firma Obtenida en el P4V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el espectro se observa un pico elevado en el orden 1X, con amplitud baja. Seguido de un segundo armónico en el orden 2X, que es el 50% del orden 1X. Los mismos que están dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente los picos 1X y 2X, ocurren porque es normal que exista un pequeño **desalineamiento paralelo** en el rotor del generador.

4.10.13 Firma Obtenida en el P4A (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)

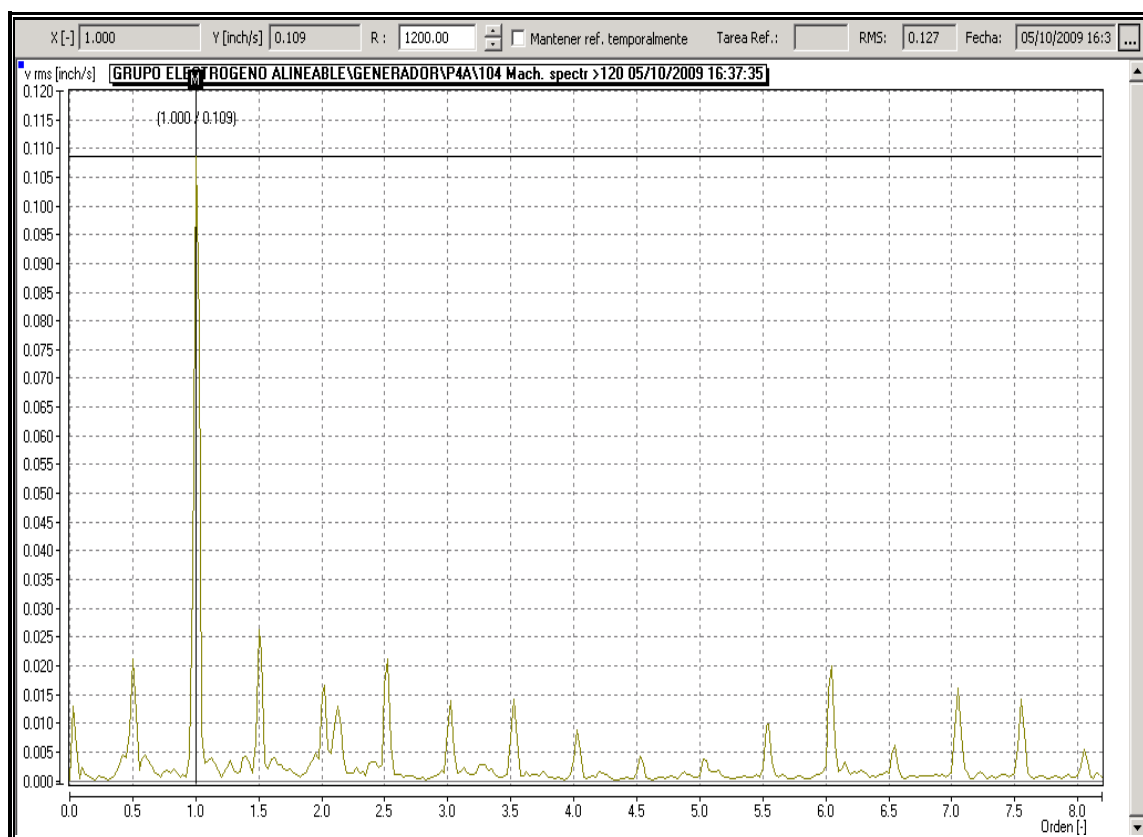


Figura 4.96: Firma Obtenida en el P4A (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el espectro se observa que predomina el pico en el orden 1X, con amplitud que se encuentra dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.


DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 1X, ocurre porque es normal que exista un pequeño **desalineamiento angular** entre la flecha del motor y la flecha del generador.

4.10.14 Parámetros de Operación del Grupo Electrónico EGEELE 0255

En la tabla 4.14, se presentan los parámetros de operación de la máquina en los cuales se almaceno las firmas de grabación.

Tabla 4.14: PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN TIEMPO REAL DEL GRUPO ELECTRÓGENO EGEELE 0255

		PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN TIEMPO REAL
Empresa	Petroproducción	
Estación	Sacha Sur	
Área	Reinyección de agua	
Equipo	Grupo electrógeno EGEELE0255	
Variables		Magnitud
Potencia		705 KW
Carga		57%
Frecuencia		60 Hz
Velocidad		1800 RPM
Presión del aceite (lubricante)		64 PSI
Temperatura del agua (refrigerante)		102 °C
Temperatura del motor		79 °C
Temperatura del generador		38 °C

4.10.15 Firma Obtenida en el PIH (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

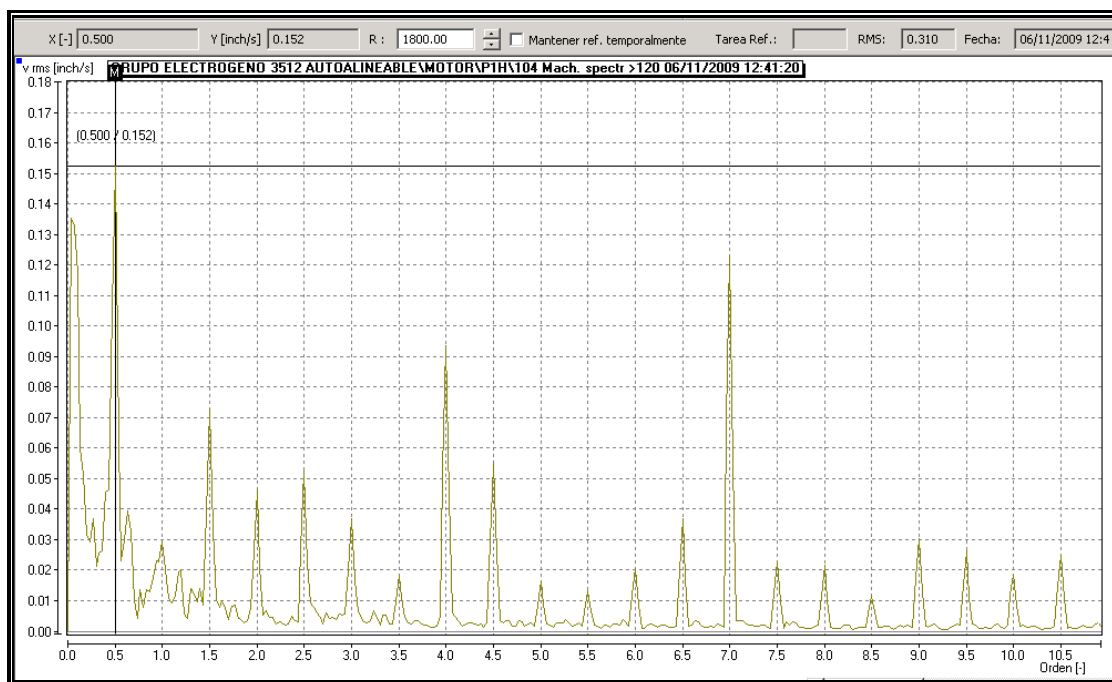


Figura 4.97: Firma Obtenida en el PIH (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

En el espectro se observa armónicos de 0.5X y armónicos de 1X, siendo el armónico 7X el que nos indica un problema. Con amplitud que se encuentra dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente cuando existen armónicos de la frecuencia fundamental, teniendo el pico más elevado en rango de 3X hasta 10X, y en este caso es el pico 7X el que nos indica que ocurre una pequeña **holgura mecánica** entre el cojinete y el cigüeñal. Los armónicos de 0.5X nos indica que el problema está en progreso.

Los picos que se observen en el espectro en el orden de 0X hasta 0.2X se producen por la forma de fijación del acelerómetro en la superficie de la máquina, sin indicar ningún problema.

4.10.16 Firma Obtenida en el P1V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

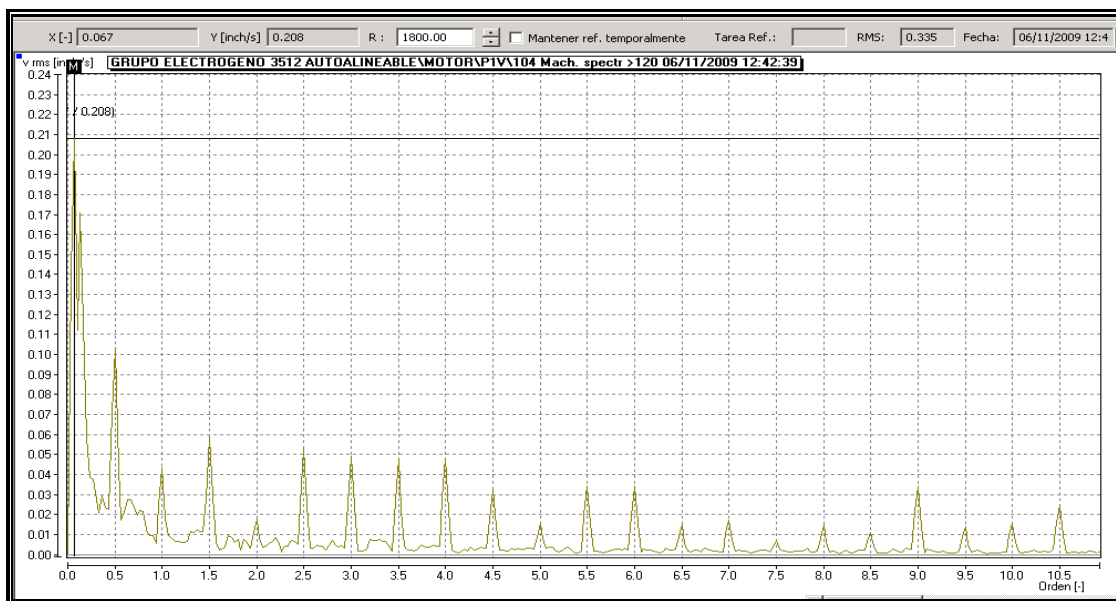


Figura 4.98: Firma Obtenida en el P1V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

En el espectro se observa armónicos de 0.5X y armónicos de 1X, los mismos que tienen amplitud baja y están dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente los armónicos de 0.5X y los armónicos de 1X

ocurren porque es normal que se produzca una pequeña **holgura mecánica** entre el cojinete y el cigüeñal.

Los picos que se observen en el espectro en el orden de $0X$ hasta $0.2X$ se producen por la forma de fijación del acelerómetro en la superficie de la máquina, sin indicar ningún problema.

4.10.17 Firma Obtenida en el P1A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

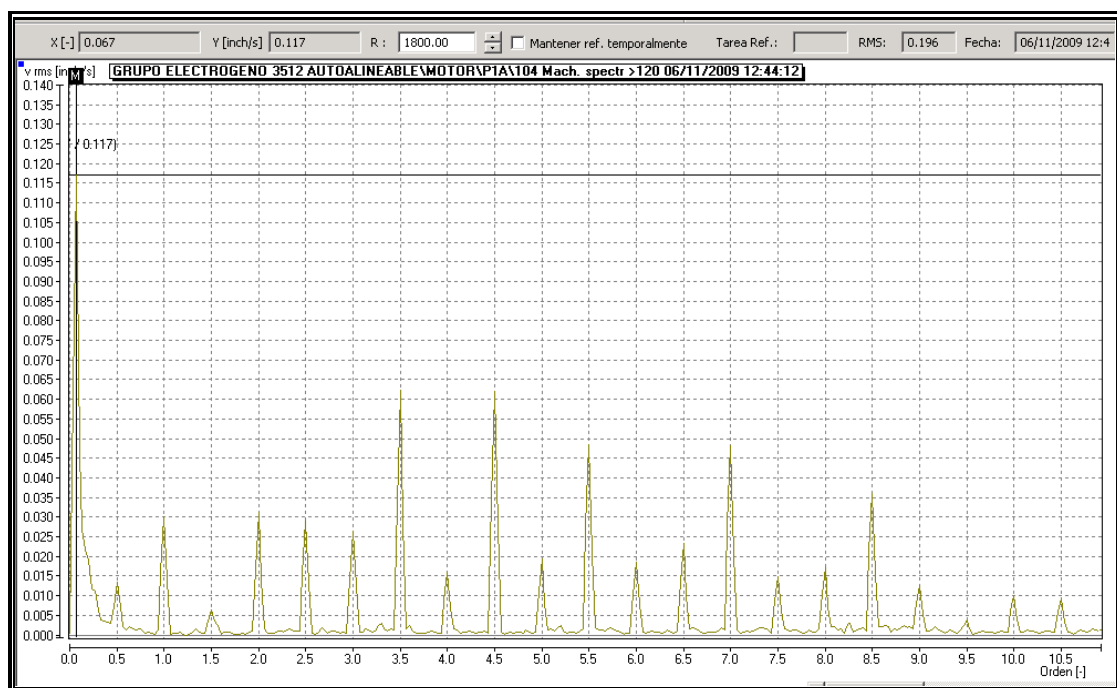


Figura 4.99: Firma Obtenida en el P1A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

Como se puede apreciar en el espectro, existen armónicos de $0.5X$ y armónicos de $1X$, los mismos que tienen baja amplitud y están dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente los armónicos de 1X, ocurren porque es normal que se presente una pequeña **holgura mecánica** entre el cojinete y el cigüeñal y los armónicos de 0.5X indican la gravedad del problema.

Los picos que se observen en el espectro en el orden de 0X hasta 0.2X se producen por la forma de fijación del acelerómetro en la superficie de la máquina, sin indicar ningún problema.

4.10.18 Firma Obtenida en el P2H (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

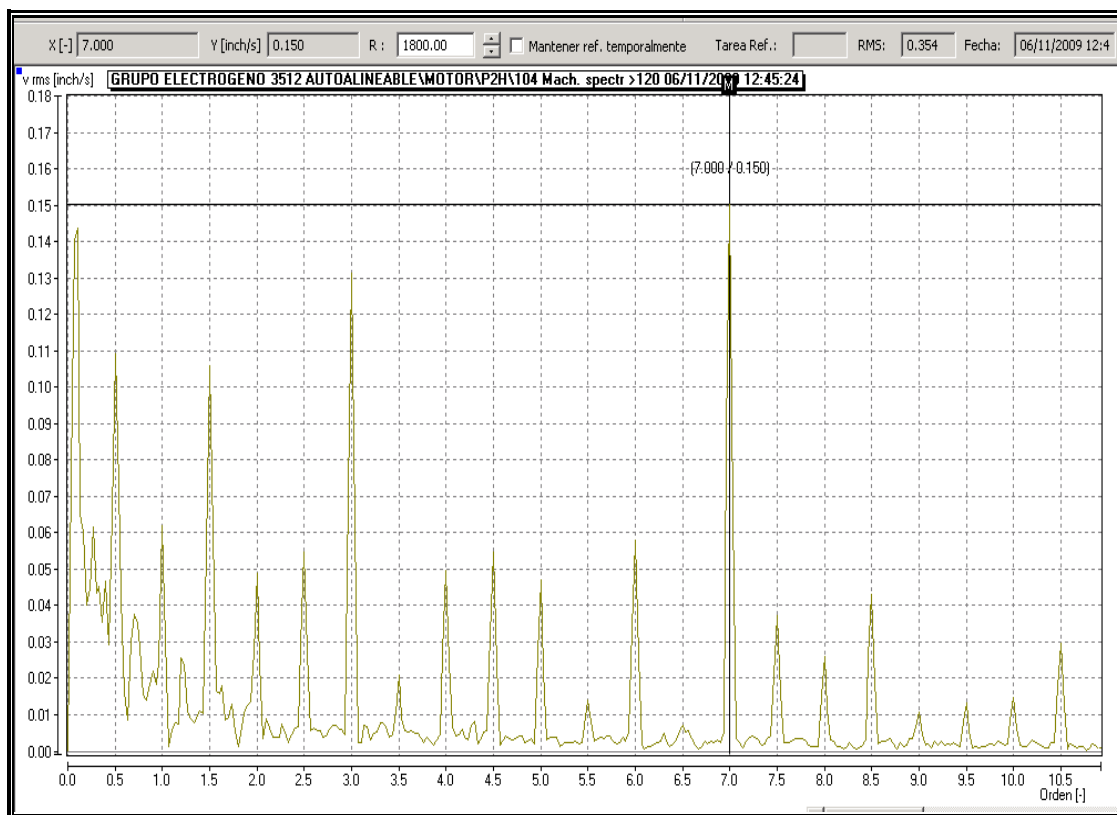


Figura 4.100: Firma Obtenida en el P2H (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

En el espectro se puede observar que existe un pico elevado en el orden 7X, el mismo que se encuentra dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945, y existen también armónicos de la frecuencia fundamental.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 7X, ocurre porque es normal que se produzca un pequeño juego (holgura mecánica) entre el cojinete y el cigüeñal. Los armónicos de la frecuencia fundamental indican que el juego aumenta.

Los picos que se observen en el espectro en el orden de 0X hasta 0.2X se producen por la forma de fijación del acelerómetro en la superficie de la máquina, sin indicar ningún problema.

4.10.19 Firma Obtenida en el P2V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

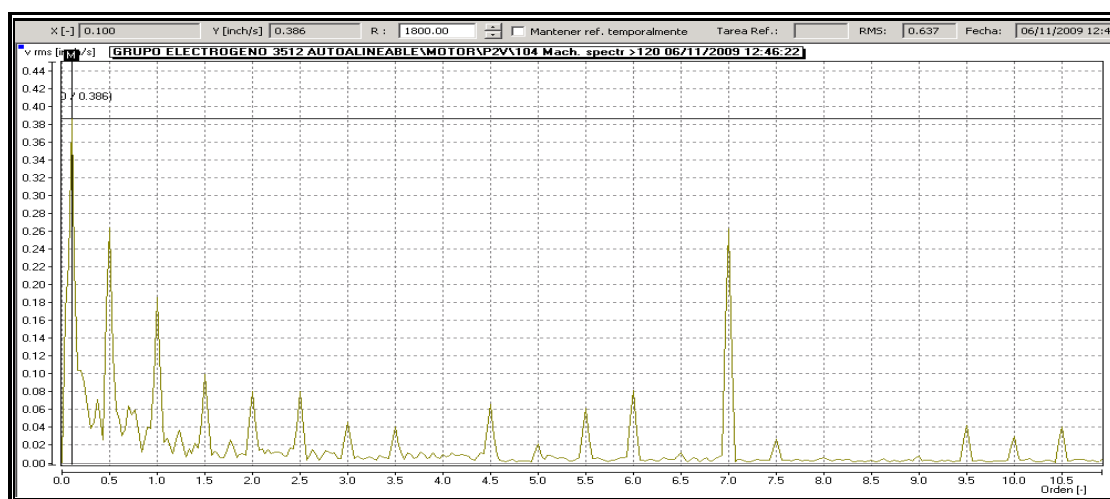


Figura 4.101: Firma Obtenida en el P2V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

En el espectro se puede apreciar que existe un pico elevado en el orden 7X, de baja amplitud y que está dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 7X, ocurre porque es normal un pequeño juego (holgura mecánica) entre el cojinete y el cigüeñal.

Los picos que se observen en el espectro en el orden de 0X hasta 0.2X se producen por la forma de fijación del acelerómetro en la superficie de la máquina, sin indicar ningún problema.

4.10.20 Firma Obtenida en el P2A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

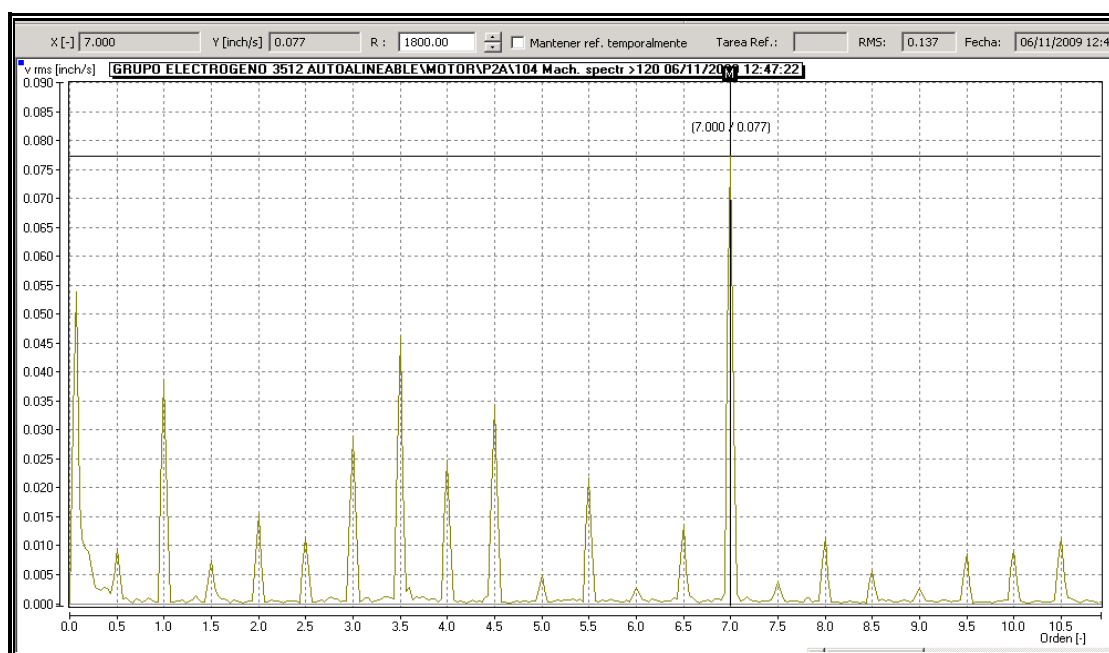


Figura 4.102: Firma Obtenida en el P2A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

Como se puede apreciar en el espectro el pico más alto se encuentra en el orden 7X, el mismo que es de baja amplitud y se encuentra dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945. También se observan armónicos de la frecuencia fundamental de muy baja amplitud.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 7X y los armónicos de la frecuencia fundamental, en el rango de 3X hasta 10X, ocurren porque es normal que se produzca una pequeña holgura mecánica entre el cojinete y el cigüeñal.

4.10.21 Firma Obtenida en el P3H (Grupo Electrógeno EG E E L E 0255)

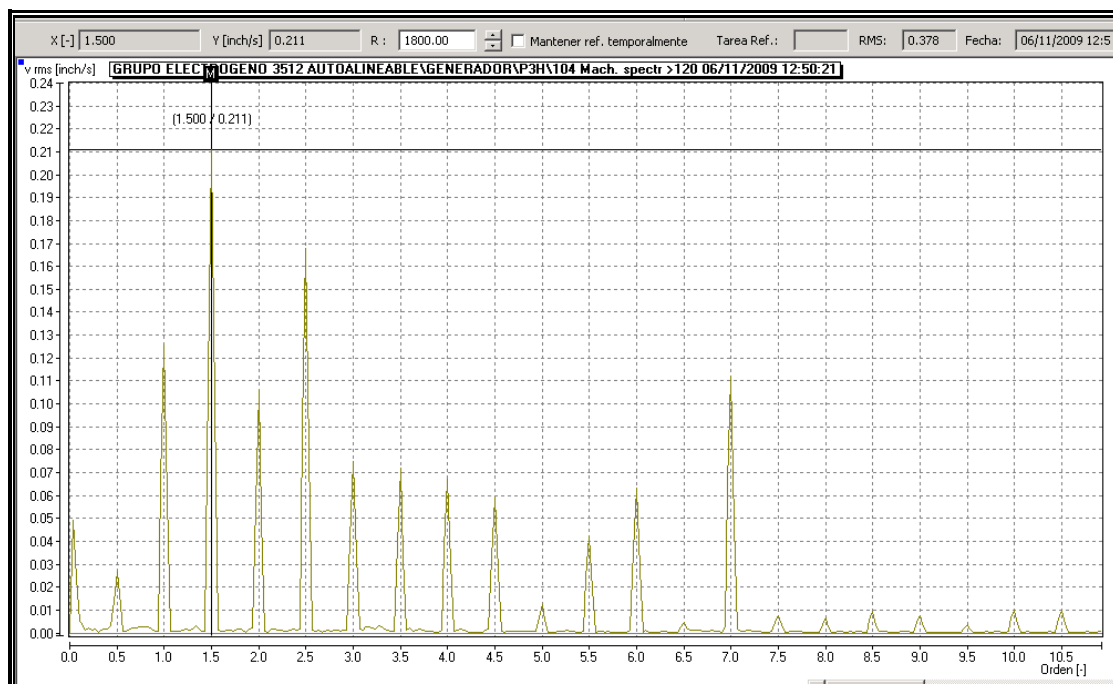


Figura 4.103: Firma Obtenida en el P3H (Grupo Electrógeno EG E E L E 0255)

ANÁLISIS

Como se puede apreciar en el espectro el pico más elevado se encuentra en el armónico 1.5X, de baja amplitud y está dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945. Además se observa que también existe armónicos de 0.5X y armónicos de la frecuencia fundamental, de baja amplitud.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico en el orden 1.5X, ocurre porque se está produciendo un pequeño roce del rotor, generado por holgura mecánica rotativa, reflejada en los armónicos de 0.5X y 1X.

4.10.22 Firma Obtenida en el P3V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

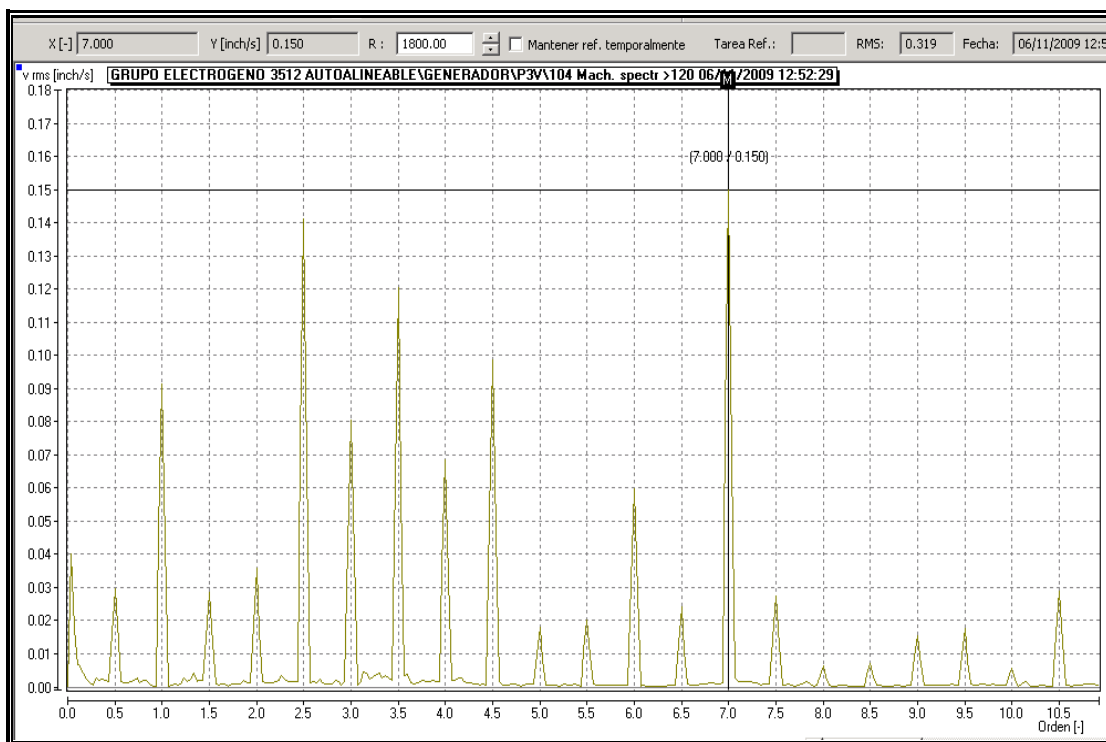


Figura 4.104: Firma Obtenida en el P3V (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

En el espectro se puede apreciar que el pico más elevado se encuentra en el orden 7X, el mismo que es de baja amplitud y se encuentra dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945. Se observa también que existe armónicos de 0.5X y armónicos de 1X de baja amplitud.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 7X y los armónicos de 0.5X y de 1X ocurren porque es normal una pequeña **holgura mecánica rotativa**, que prácticamente va en aumento.

4.10.23 Firma Obtenida en el P3A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

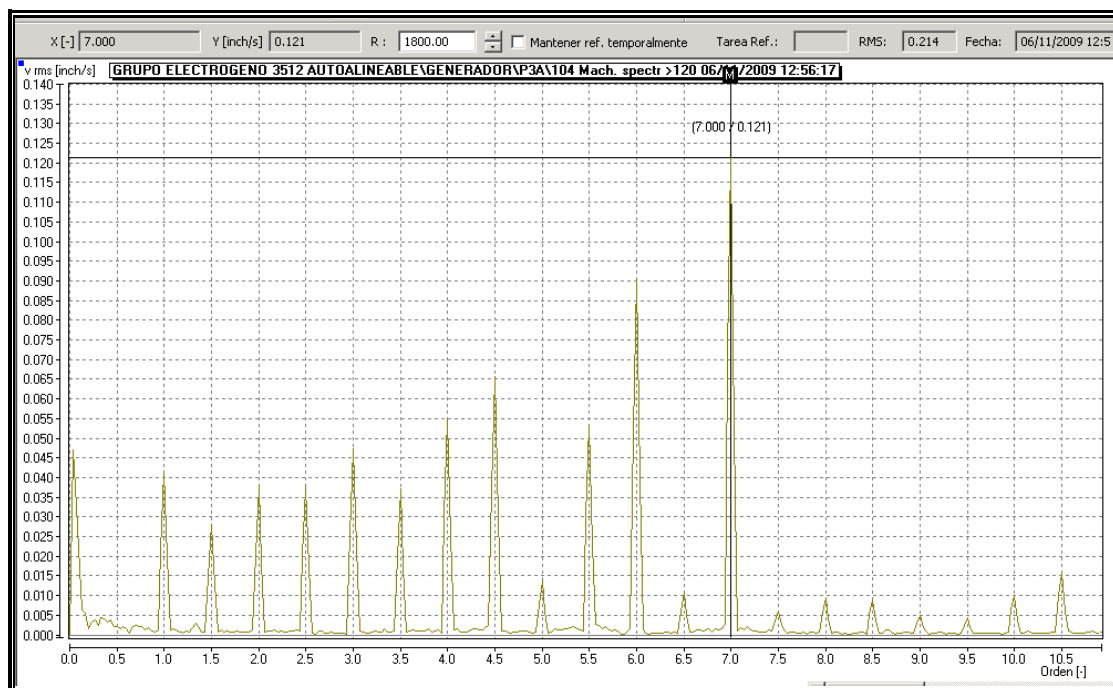


Figura 4.105: Firma Obtenida en el P3A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

Como se puede apreciar en el espectro el pico que predomina está en el orden 7X, de baja amplitud y que está dentro de los niveles recomendados por la norma ISO 3945. Además se observa que existen armónicos de 0.5X y de 1X, con una amplitud ascendente.

DIAGNÓSTICO

El espectro se obtuvo con una operación normal de la máquina, en la cual no se observaron problemas. Típicamente el pico 7X, ocurre porque es normal que se produzca una pequeña holgura mecánica rotativa. Los armónicos de 0.5X y de 1X, indican la gravedad del problema que en este caso está en aumento.

CAPÍTULO V

5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis de Tendencias Vibracionales

El análisis de la tendencia de cambio espectral, se realizó mediante el diagrama en cascada, el mismo que nos permite observar los múltiples espectros de un punto, tomados en el tiempo.

5.1.1 Tendencia Vibracional del Grupo Electrónico EGEELE 0102

5.1.1.1 Diagrama en Cascada P1H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

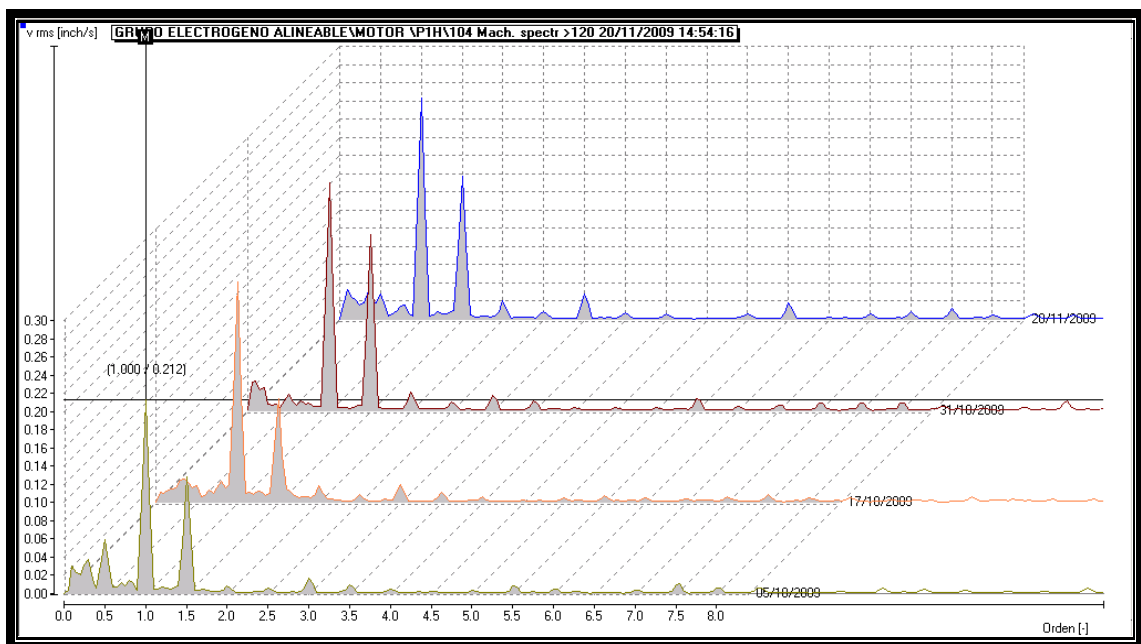


Figura 5.1: Diagrama en Cascada P1H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el diagrama en cascada se puede apreciar que después de la firma se realizaron tres mediciones. Cuyo valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.212 inch/s
- Primera medición = 0.242 inch/s
- Segunda medición = 0.251 inch/s
- Tercera medición = 0.252 inch/s

También se puede apreciar que existe un segundo pico en el orden 1.5X, el mismo que es de baja amplitud.

DIAGNÓSTICO

El diagrama en cascada muestra como el pico en el orden 1X aumenta en amplitud, indicando que el problema de **flexibilidad transversal** tiende a incrementar. El pico en el orden 1.5X indica que el problema de flexibilidad transversal empieza a afectar al motor.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de aumentar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Las bases del motor
- Las bases del skid.

5.1.1.2 Diagrama en Cascada P1V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

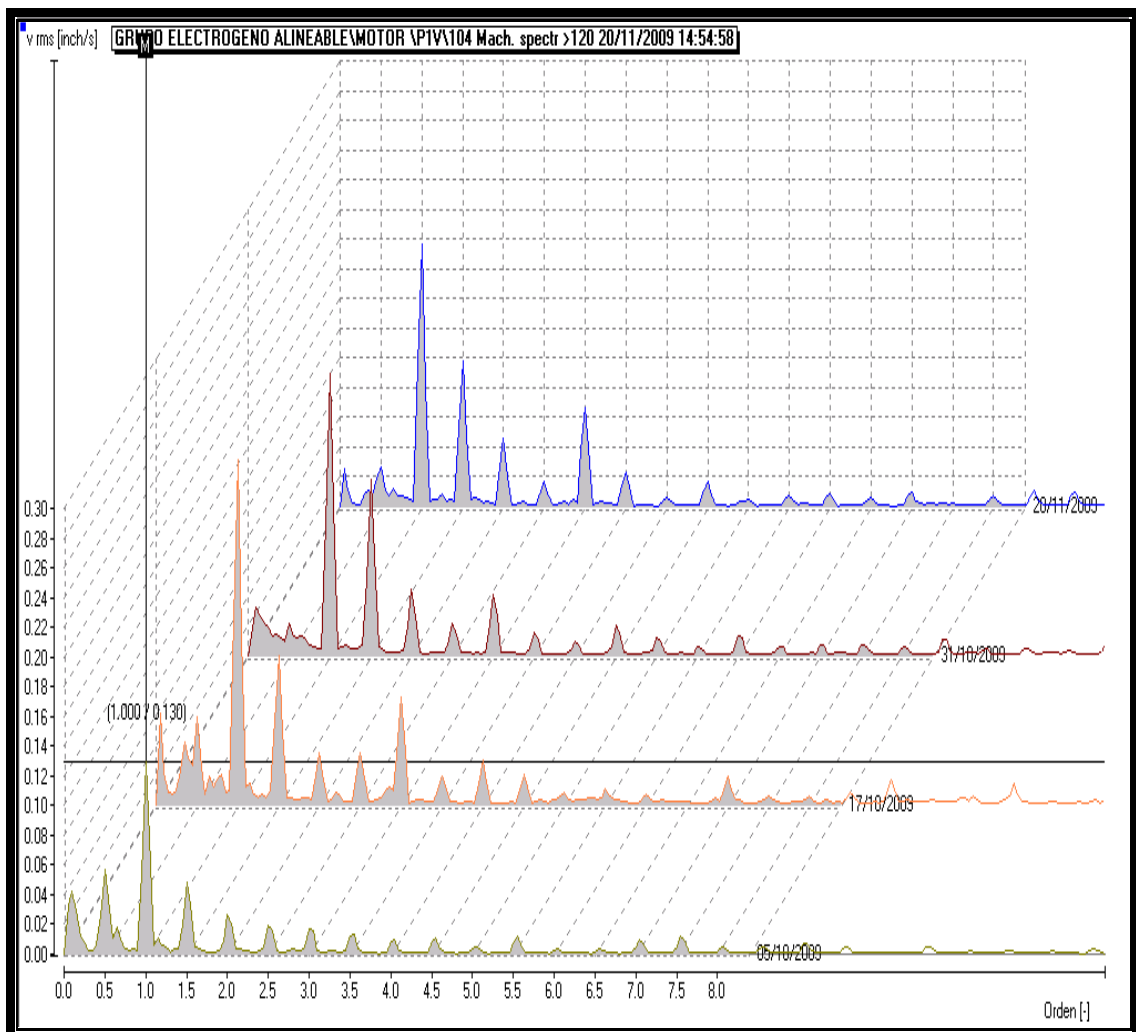


Figura 5.2: Diagrama en Cascada P1V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el diagrama en cascada se puede apreciar que después de la firma se realizó tres mediciones. Cuyo valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.130 inch/s
- Primera medición = 0.232 inch/s
- Segunda medición = 0.190 inch/s
- Tercera medición = 0.176 inch/s

DIAGNÓSTICO

Se observa en el diagrama en cascada como el problema de **impulso de choque** producido por los émbolos, aumenta en la primera medición y disminuye gradualmente en las siguientes mediciones. Esto indica que el problema no progresa.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de aumentar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Calibración de válvulas.
- Calibración de inyectores.
- Temperatura del motor.

5.1.1.3 Diagrama en Cascada P1A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

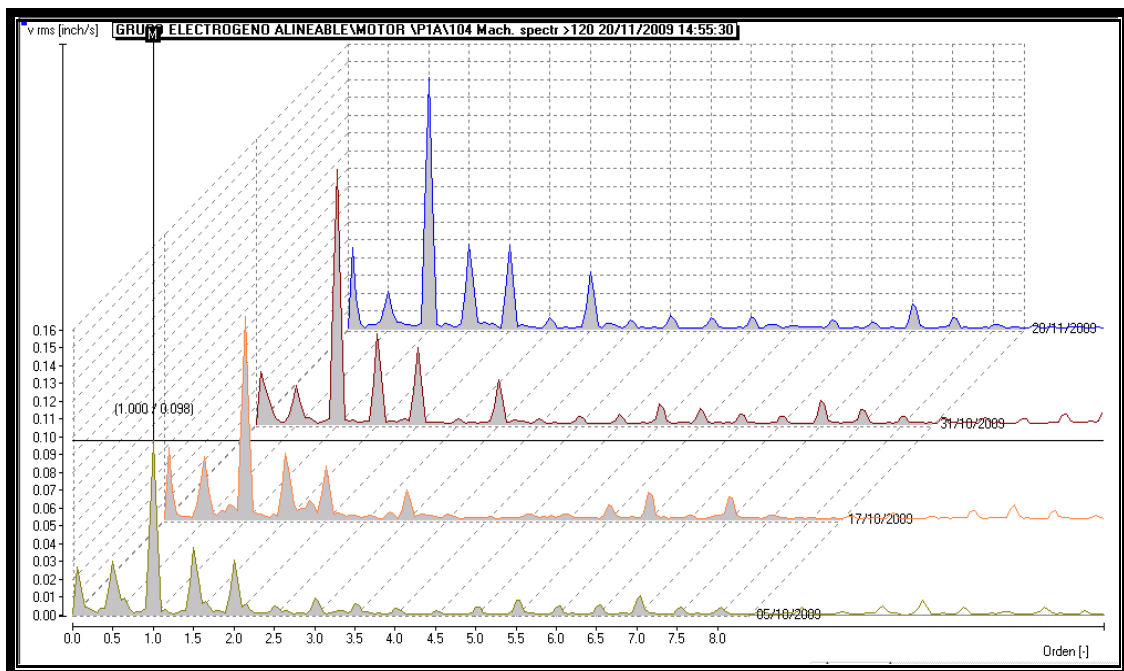


Figura 5.3: Diagrama en Cascada P1A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el diagrama en cascada se puede apreciar que después de la firma se realizaron tres mediciones. Cuyo valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.098 inch/s
- Primera medición = 0.114 inch/s
- Segunda medición = 0.143 inch/s
- Tercera medición = 0.141 inch/s

DIAGNÓSTICO

Se observa en el diagrama en cascada como el problema de **desalineación**, aumenta en la primera y en la segunda medición, disminuyendo escasamente la amplitud en la tercera medición. Esto indica que el problema tiende a progresar, pudiendo provocar el incremento de amplitud de frecuencias forzadas.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de aumentar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Temperatura del motor
- Frecuencia de banda
- Polea activadora
- Frecuencia de rodamientos del ventilador.

5.1.1.4 Diagrama en Cascada P2H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

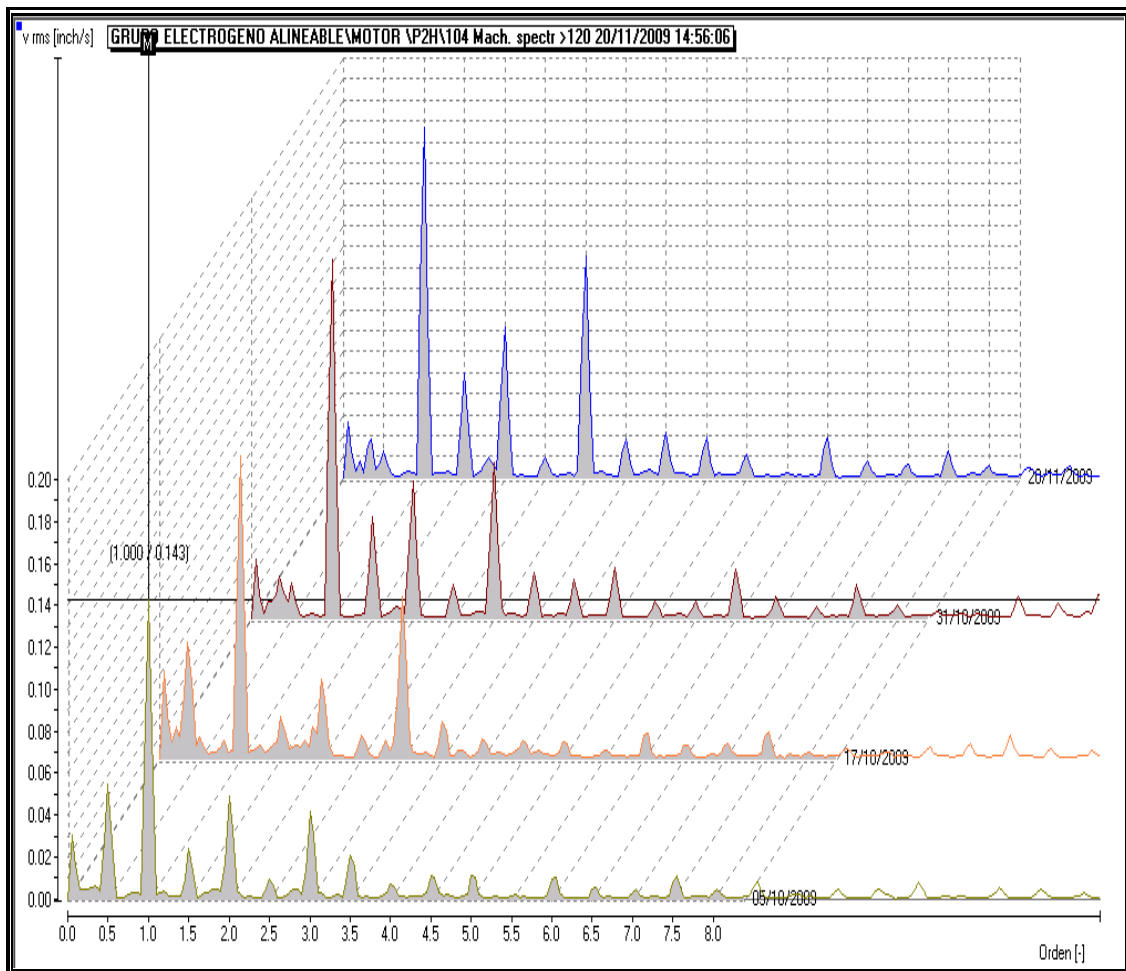


Figura 5.4: Diagrama en Cascada P2H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

En el diagrama en cascada se puede apreciar que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.143 inch/s
- Primera medición = 0.145 inch/s
- Segunda medición = 0.171 inch/s
- Tercera medición = 0.167 inch/s

DIAGNÓSTICO

Se observa en el diagrama en cascada que el problema de **flexibilidad transversal** incrementa su amplitud en la primera y segunda medición, mientras que en la tercera disminuye escasamente su amplitud. Esto indica que el problema puede avanzar y causar algún daño a la máquina.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de aumentar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Pernos de anclaje del motor.
- Anclaje del skid.

5.1.1.5 Diagrama en Cascada P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

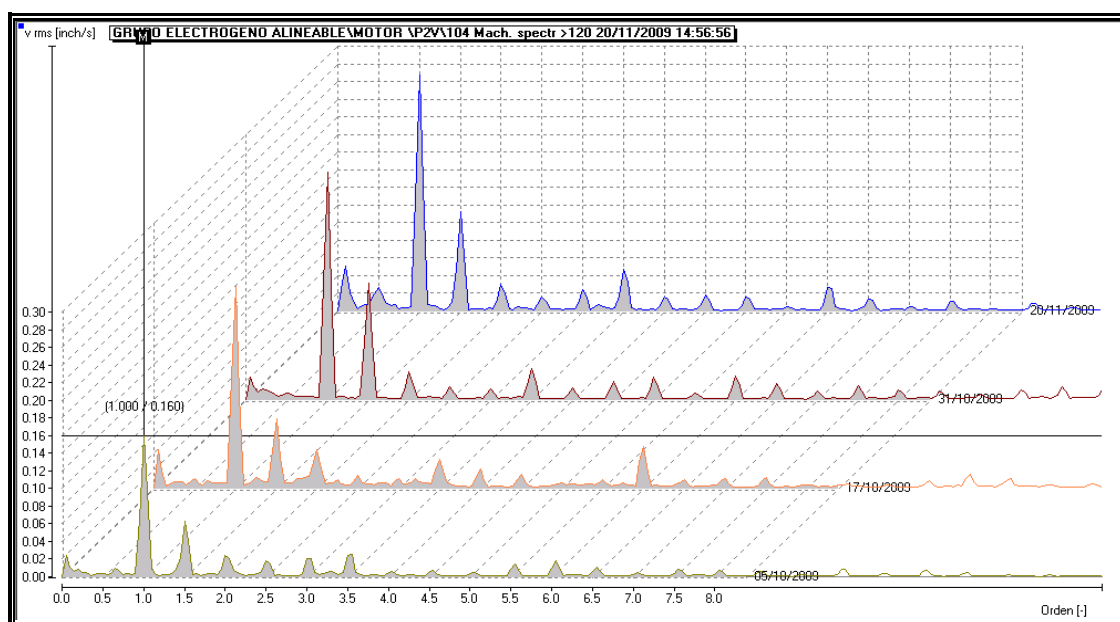


Figura 5.5: Diagrama en Cascada P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.160 inch/s
- Primera medición = 0.229 inch/s
- Segunda medición = 0.257 inch/s
- Tercera medición = 0.267 inch/s

DIAGNÓSTICO

Como se observa en el diagrama en cascada, el problema de **desbalance** en el volante de inercia, incrementa considerablemente su amplitud en la primera y en la segunda medición, mientras que en la tercera medición disminuye escasamente la amplitud. Indicando que el problema tiende a aumentar, pudiendo causar daños a los elementos de la máquina.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de aumentar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Balanceo cambiando de ubicación de los pernos que van sujetos al volante de inercia.

5.1.1.6 Diagrama en Cascada P2A (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)

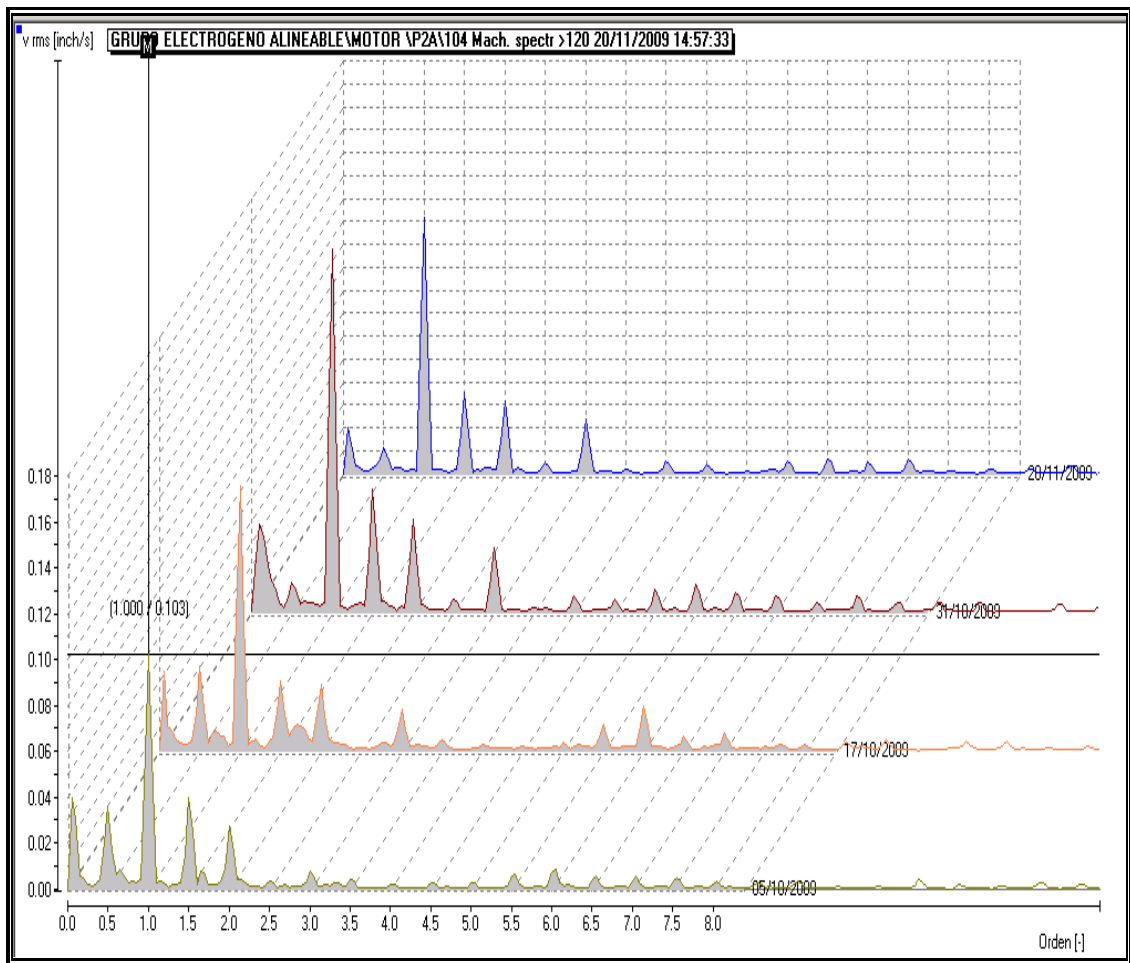


Figura 5.6: Diagrama en Cascada P2A (Grupo Electrógeno EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizaron tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.103 inch/s
- Primera medición = 0.115 inch/s
- Segunda medición = 0.158 inch/s
- Tercera medición = 0.112 inch/s

DIAGNÓSTICO

En el diagrama en cascada se puede apreciar que el problema de desalineamiento incrementa su amplitud en la primera y segunda medición, mientras que en la tercera medición disminuye gradualmente la amplitud de vibración. Esto indica que el problema tiende a disminuir.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de aumentar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Alineación mediante un alineador láser.
- Estado del acople.
- Temperatura de la máquina

5.1.1.7 Diagrama en Cascada P3H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

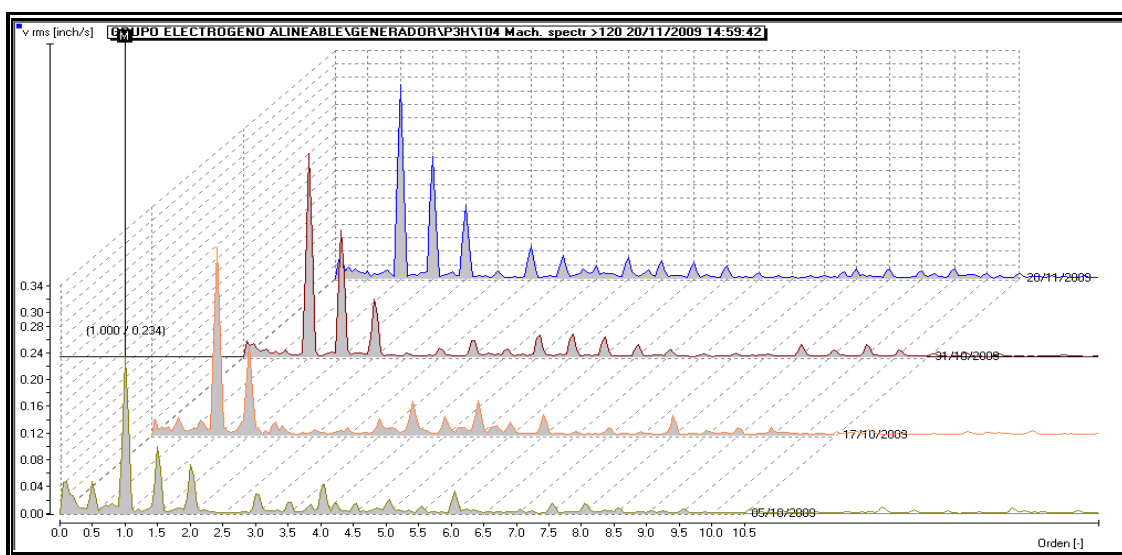


Figura 5.7: Diagrama en Cascada P3H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizaron tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.235 inch/s
- Primera medición = 0.281 inch/s
- Segunda medición = 0.304 inch/s
- Tercera medición = 0.289 inch/s

También se observa armónico de 1X, de muy baja amplitud.

DIAGNÓSTICO

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que el problema de **flexibilidad transversal**, incrementa drásticamente su amplitud en la primera y la segunda medición, mientras que en la tercera medición disminuye escasamente la amplitud de vibración. Indicando que el problema se mantiene fluctuante y tiende a progresar.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de aumentar la amplitud de vibración verificar:

- Pernos de anclaje de la máquina.
- Anclaje del skid

5.1.1.8 Diagrama en Cascada P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

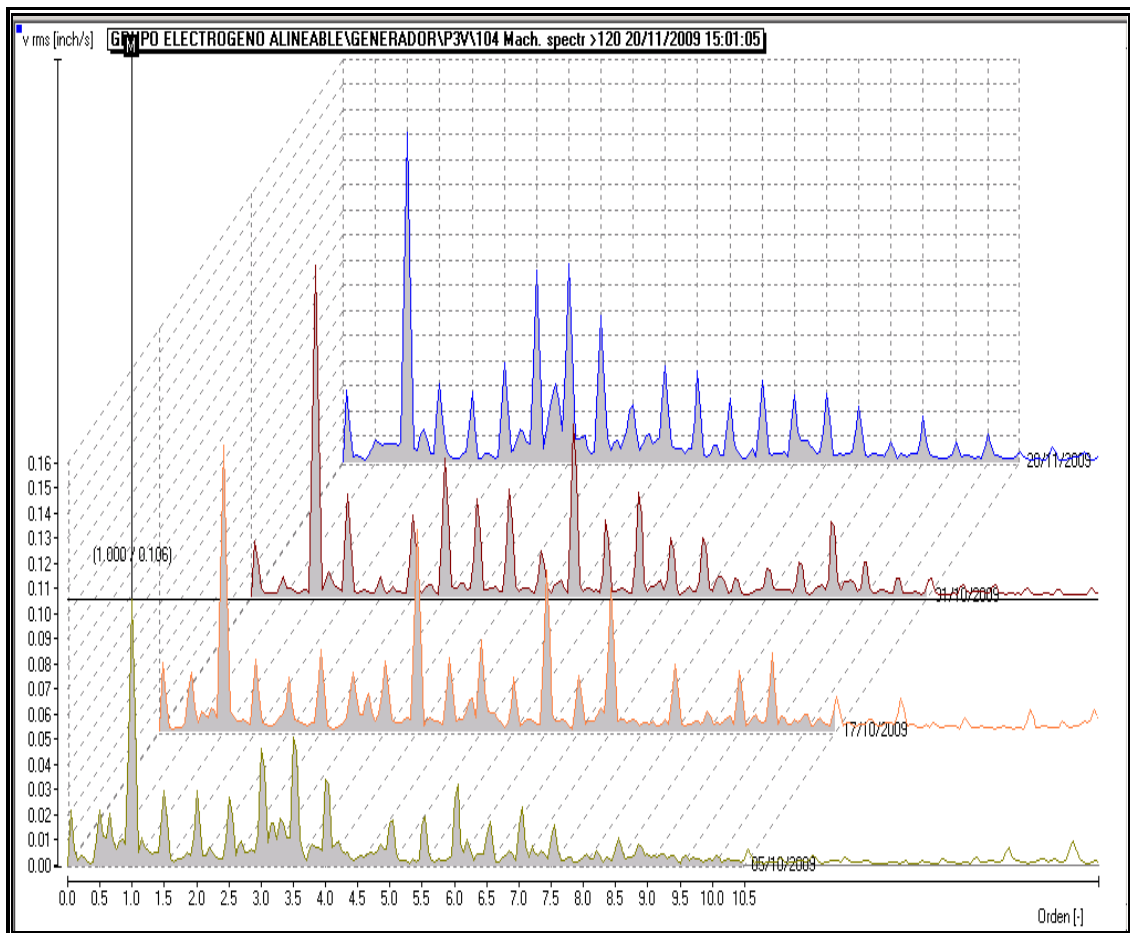


Figura 5.8: Diagrama en Cascada P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.106 inch/s
- Primera medición = 0.113 inch/s
- Segunda medición = 0.132 inch/s
- Tercera medición = 0.131 inch/s

DIAGNÓSTICO

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que el problema de **desbalanceo dinámico** incrementa su amplitud de vibración paulatinamente. Indicando que el problema a tiende a desarrollarse.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de incrementar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Pesos de balanceo que faltan
- Balanceo en varios planos
- Flecha de flexión.

5.1.1.9 Diagrama en Cascada P3A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

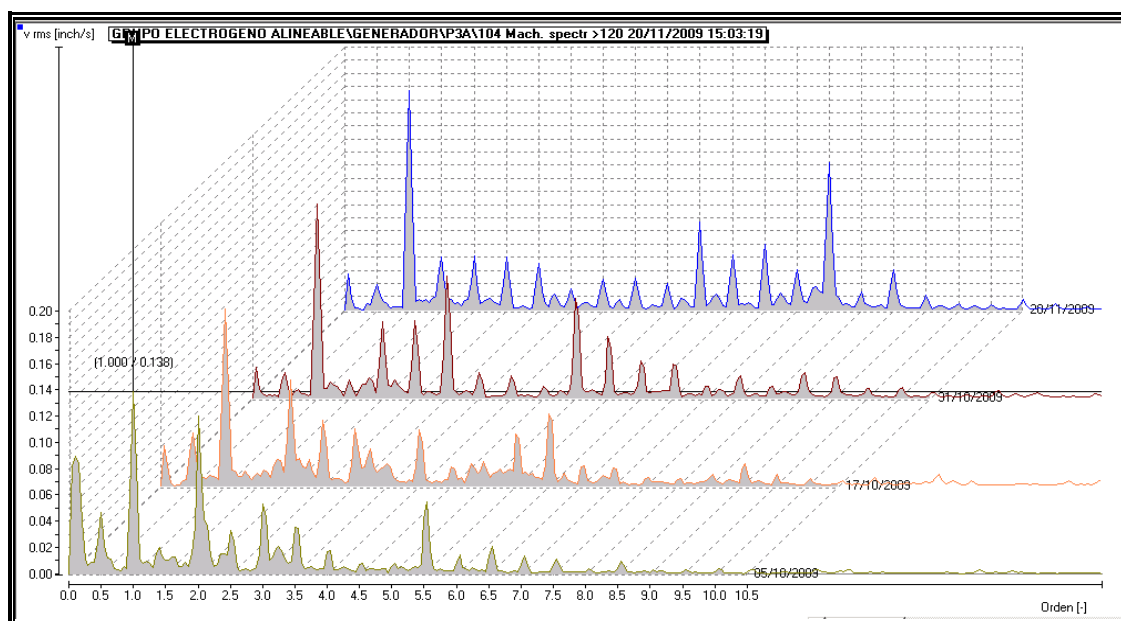


Figura 5.9: Diagrama en cascada P3A (grupo electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizaron tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.138 inch/s
- Primera medición = 0.135 inch/s
- Segunda medición = 0.148 inch/s
- Tercera medición = 0.167 inch/s

DIAGNÓSTICO

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que el problema de desalineamiento incrementa paulatinamente. Esto indica que el problema tiende a progresar.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de incrementar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Temperatura localizada en el sitio de los rodamientos, y de la máquina.
- Temperatura y estado del acople
- Shim`s en las bases de la máquina (pie cojo)
- En vista que la amplitud del armónico de 2X, tiende a disminuir verificar que el rotor no este desbalanceado.

5.1.1.10 Diagrama en Cascada P4H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

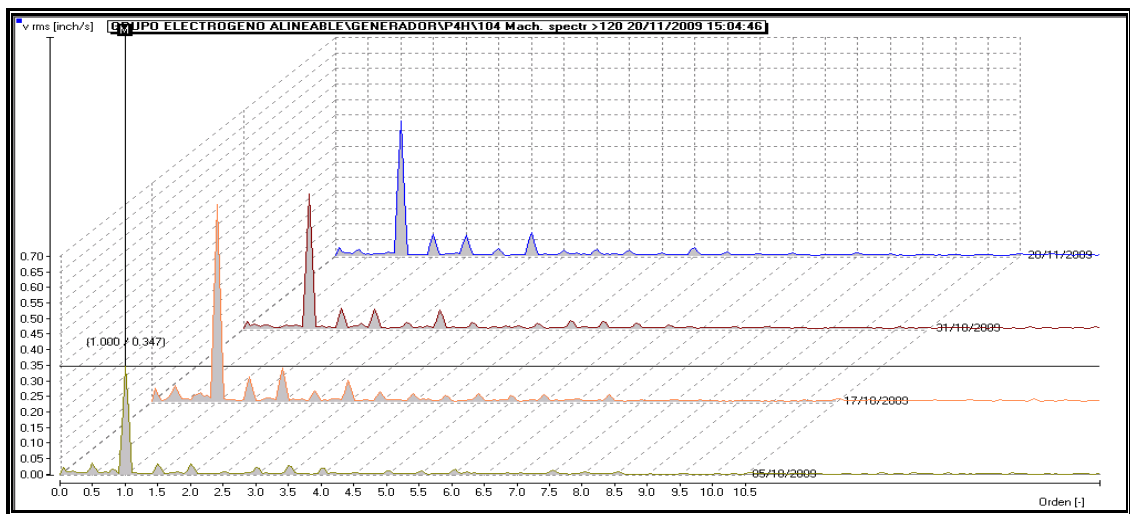


Figura 5.10: Diagrama en Cascada P4H (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.347 inch/s
- Primera medición = 0.634 inch/s
- Segunda medición = 0.430 inch/s
- Tercera medición = 0.431 inch/s

DIAGNÓSTICO

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que el problema de **flexibilidad transversal**, incrementa drásticamente su amplitud de vibración en la primera medición, mientras que en la segunda y tercera medición disminuye su amplitud

manteniéndose estable. Esto indica que el problema está en ejecución y afectando a la máquina.

RECOMENDACIÓN

Para el problema de flexibilidad transversal se recomienda:

- Verificar pernos flojos.
- Realizar correcciones en la base de anclaje de la máquina (cambio de pernos, arandelas, shim`s).
- Revisar si existe corrosión en el skid.

5.1.1.11 Diagrama en Cascada P4V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

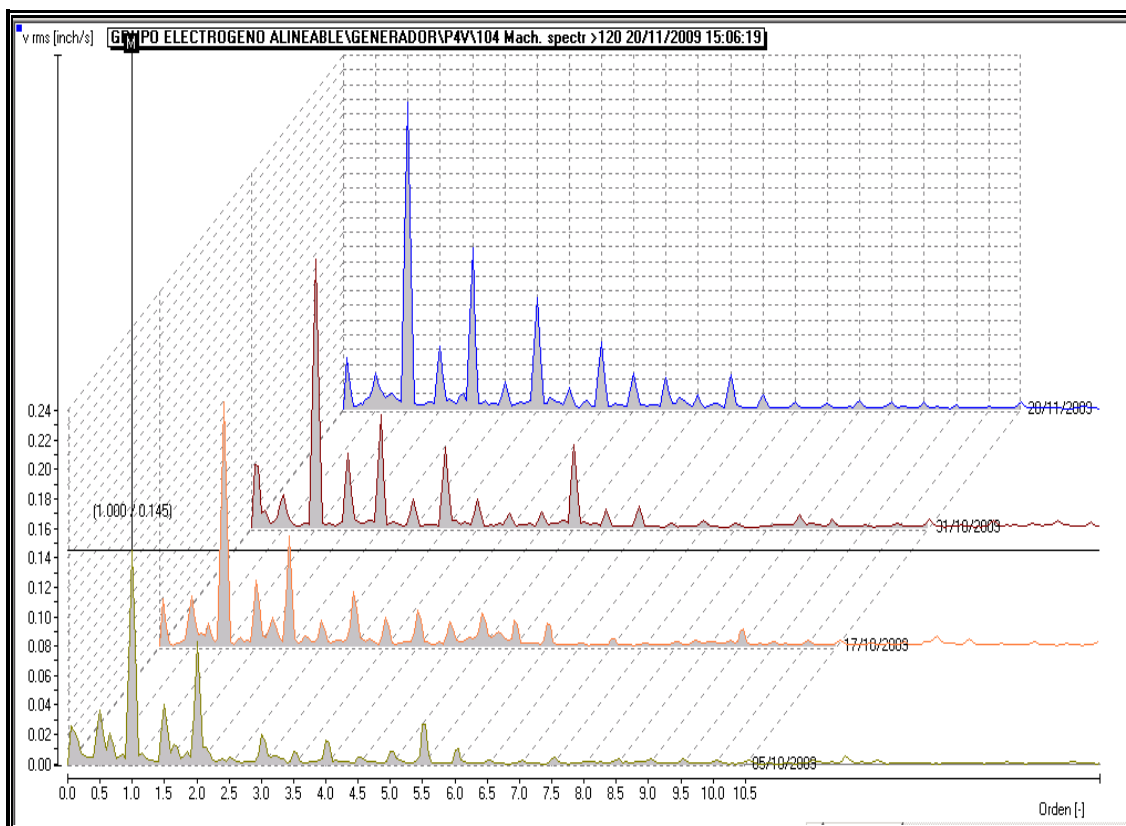


Figura 5.11: Diagrama en Cascada P4V (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizaron tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.145 inch/s
- Primera medición = 0.166 inch/s
- Segunda medición = 0.182 inch/s
- Tercera medición = 0.208 inch/s

DIAGNÓSTICO

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que el problema de **desalineamiento paralelo** incrementa su amplitud de vibración paulatinamente. Indicando que el problema tiende a desarrollarse.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de incrementar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Temperatura localizada en el sitio de los rodamientos. Y de la máquina.
- Temperatura y estado del acople
- Shim`s en las bases de la máquina (pie cojo)
- Torque en los pernos de anclaje

5.1.1.12 Diagrama en Cascada P4A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

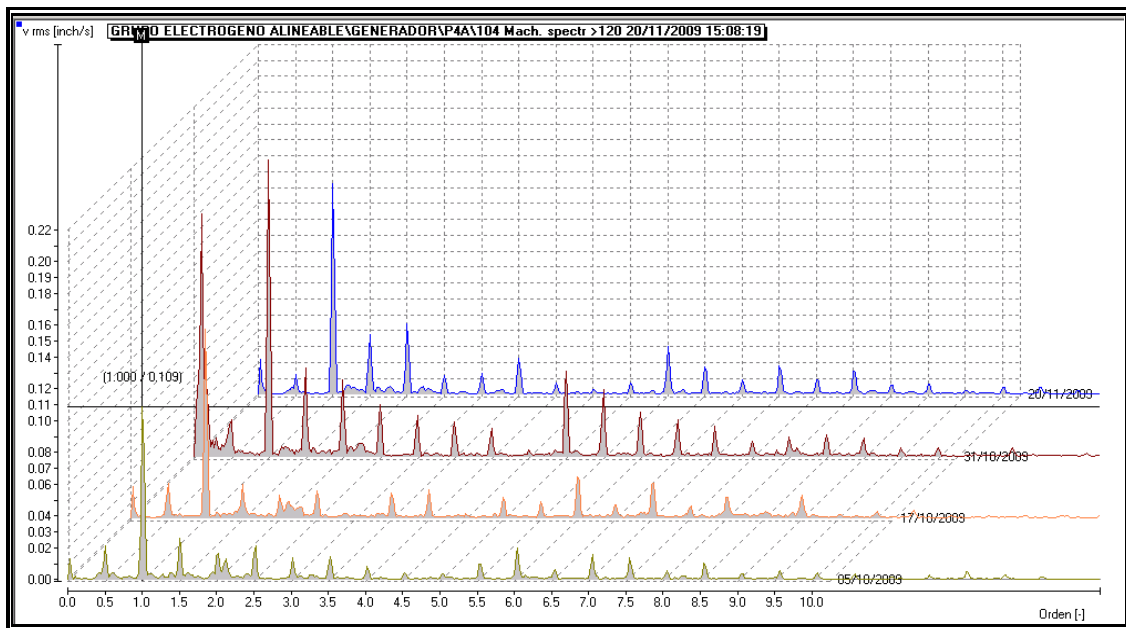


Figura 5.12: Diagrama en Cascada P4A (Grupo Electrónico EGEELE 0102)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1X es:

- Firma = 0.109 inch/s
- Primera medición = 0.119 inch/s
- Segunda medición = 0.187 inch/s
- Tercera medición = 0.133 inch/s

DIAGNÓSTICO

Como se puede apreciar en el diagrama en cascada el problema de **desalineamiento angular** incrementa su amplitud en la primera y segunda medición,

mientras que en la tercera medición disminuye gradualmente su amplitud. Indicando que el problema es fluctuante y que no tiende a incrementar drásticamente su amplitud vibracional.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de incrementar drásticamente la amplitud de vibración verificar:

- Temperatura localizada en el sitio de los rodamientos. Y de la máquina.
- Temperatura y estado del acople
- Shim`s en las bases de la máquina (pie cojo)
- Torque en los pernos de anclaje.

5.1.2 Tendencia Vibracional del Grupo Electrónico EGEELE 0255

5.1.2.1 Diagrama en Cascada PIH (Grupo Electrónico EGEELE 0255)

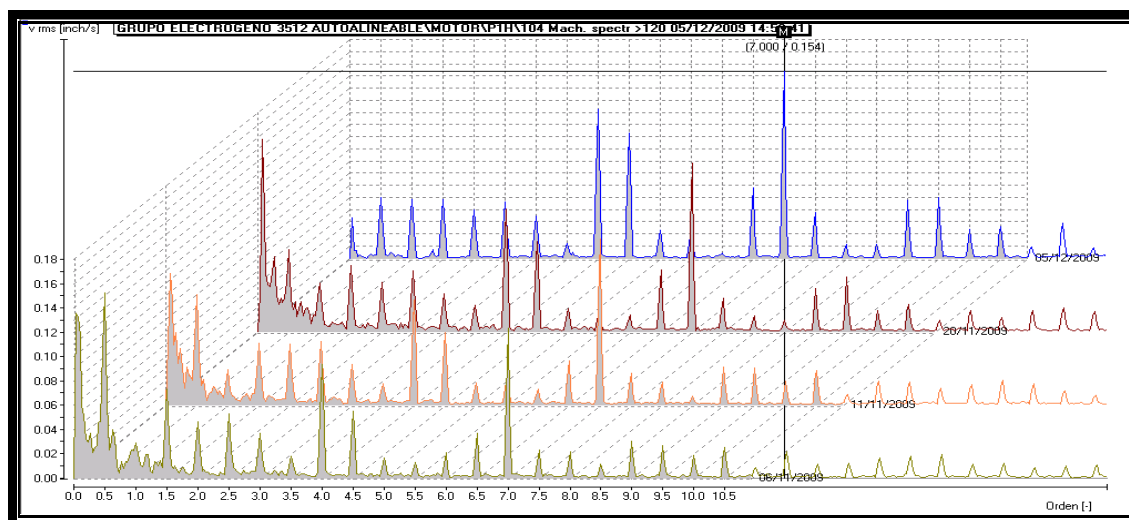


Figura 5.13: Diagrama en Cascada PIH (Grupo Electrónico EGEELE 0255)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizaron tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 7X es:

- Firma = 0.123 inch/s
- Primera medición = 0.136 inch/s
- Segunda medición = 0.138 inch/s
- Tercera medición = 0.154 inch/s

Se observa también la presencia de armónicos de 0.5X y de 1X.

DIAGNÓSTICO

En el diagrama en cascada se puede apreciar que el problema de **holgura mecánica** entre el cojinete y el cigüeñal, incrementa su amplitud de vibración paulatinamente. Indicando que el problema tiende a desarrollarse, mientras que los armónicos de 0.5X y de 1X aumentan su amplitud indican que el problema es grave.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de incrementar drásticamente la amplitud de vibración del pico 7X y/o de los armónicos de 0.5X y de 1X, verificar:

- Temperatura del motor
- Si existe consumo de aceite
- Si existen partículas metálicas en el aceite
- Presión de aceite
- Temperatura del agua.

5.1.2.2 Diagrama en Cascada PIV (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

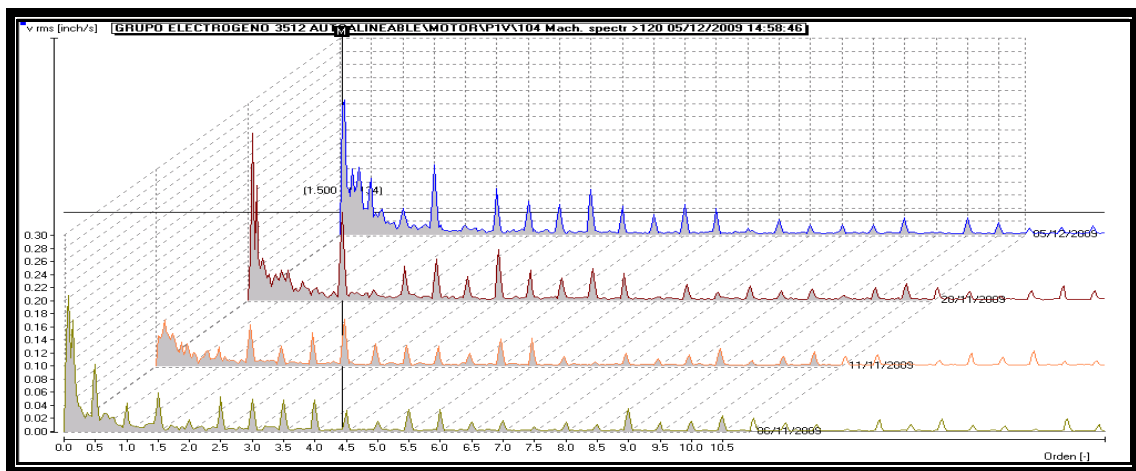


Figura 5.14: Diagrama en Cascada PIV (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo armónicos de 0.5X y armónicos de 1X, sin la presencia de algún pico que sobrepase la amplitud de los demás.

DIAGNÓSTICO

En el espectro se puede apreciar que el problema de **holgura mecánica** entre el cojinete y el cigüeñal, presenta una tendencia uniforme de muy baja amplitud en todas las mediciones. Sin indicar ninguna gravedad del problema.

RECOMENDACIÓN

Ya que no existe ninguna gravedad del problema se recomienda continuar con el monitoreo periódico.

5.1.2.3 Diagrama en Cascada P1A (Grupo Electrógeno EG E E L E 0255)

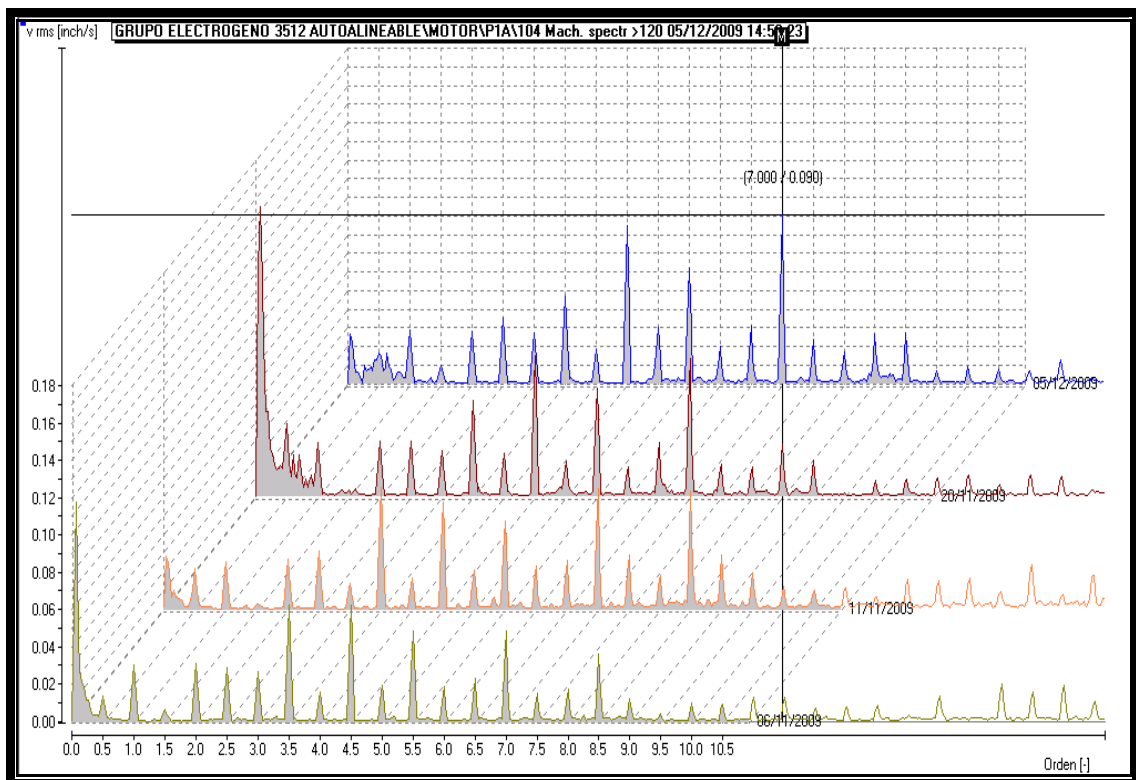


Figura 5.15: Diagrama en Cascada P1A (Grupo Electrógeno EG E E L E 0255)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo armónicos de 0.5X y armónicos de 1X, con la presencia de los picos 4.5X y 7X que apenas sobrepasan la amplitud de los demás.

DIAGNÓSTICO

En el espectro se puede apreciar que el problema de **holgura mecánica** entre el cojinete y el cigüeñal, presenta una tendencia uniforme de muy baja amplitud en todas las mediciones. Sin indicar ninguna gravedad del problema.

RECOMENDACIÓN

En vista que no existe ninguna gravedad del problema se recomienda continuar con el monitoreo periódico.

5.1.2.4 Diagrama en Cascada P2H (Grupo Electrónico EG E E L E 0255)

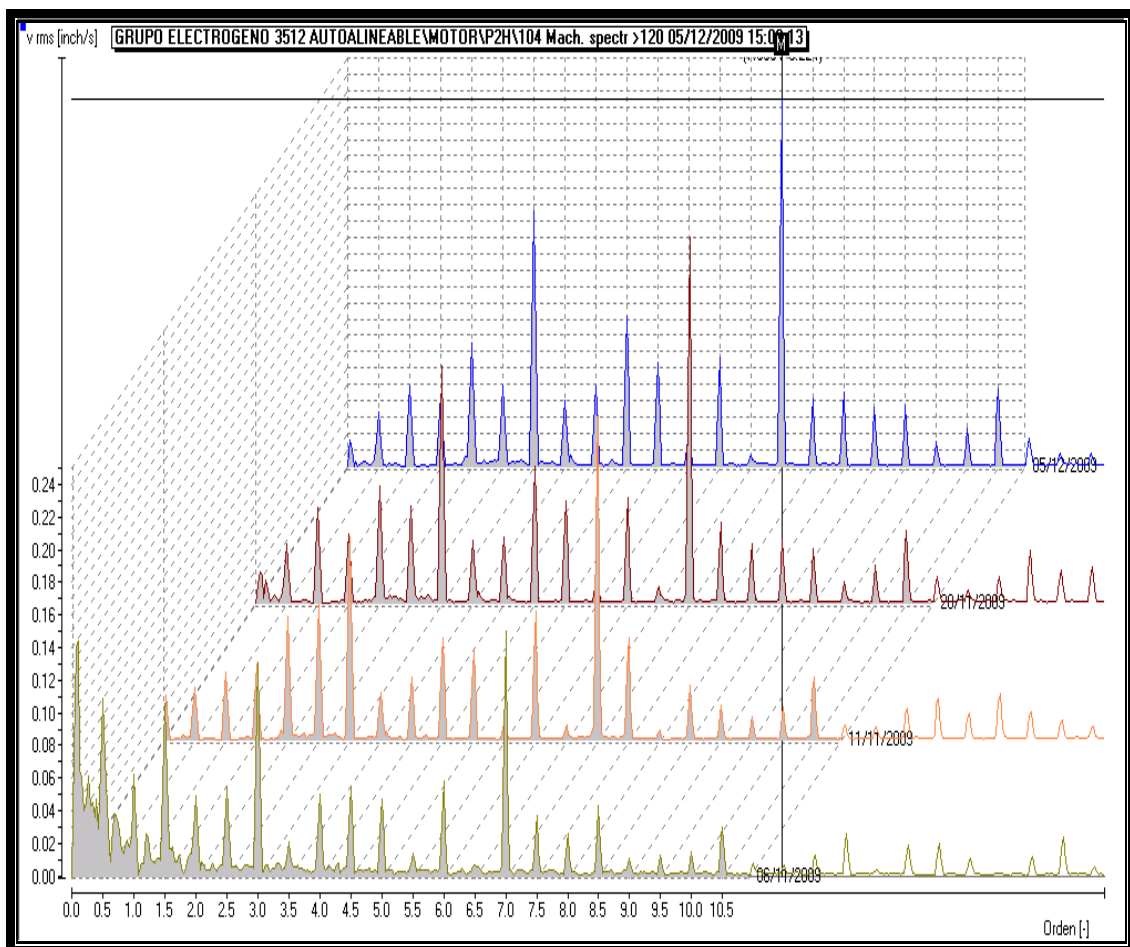


Figura 5.16: Diagrama en Cascada P2H (Grupo Electrónico EG E E L E 0255)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizaron tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 7X es:

- Firma = 0.150 inch/s
- Primera medición = 0.198 inch/s
- Segunda medición = 0.225 inch/s
- Tercera medición = 0.226 inch/s

Se observa también la presencia de armónicos de 0.5X y de 1X.

DIAGNÓSTICO

En el diagrama en cascada se aprecia que el problema de **holgura mecánica** entre el cojinete y el cigüeñal, presenta una tendencia a aumentar su amplitud lentamente. Indicando que el problema se desarrolla paulatinamente. Si la amplitud de los armónicos de 0.5X y de 1X aumenta, la gravedad del problema aumentará.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de incrementar drásticamente la amplitud de vibración del pico 7X y/o de los armónicos de 0.5X y de 1X, verificar:

- Temperatura del motor
- Si existe consumo de aceite
- Si existen partículas metálicas en el aceite
- Presión de aceite
- Temperatura del agua.

5.1.2.5 Diagrama en Cascada P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)

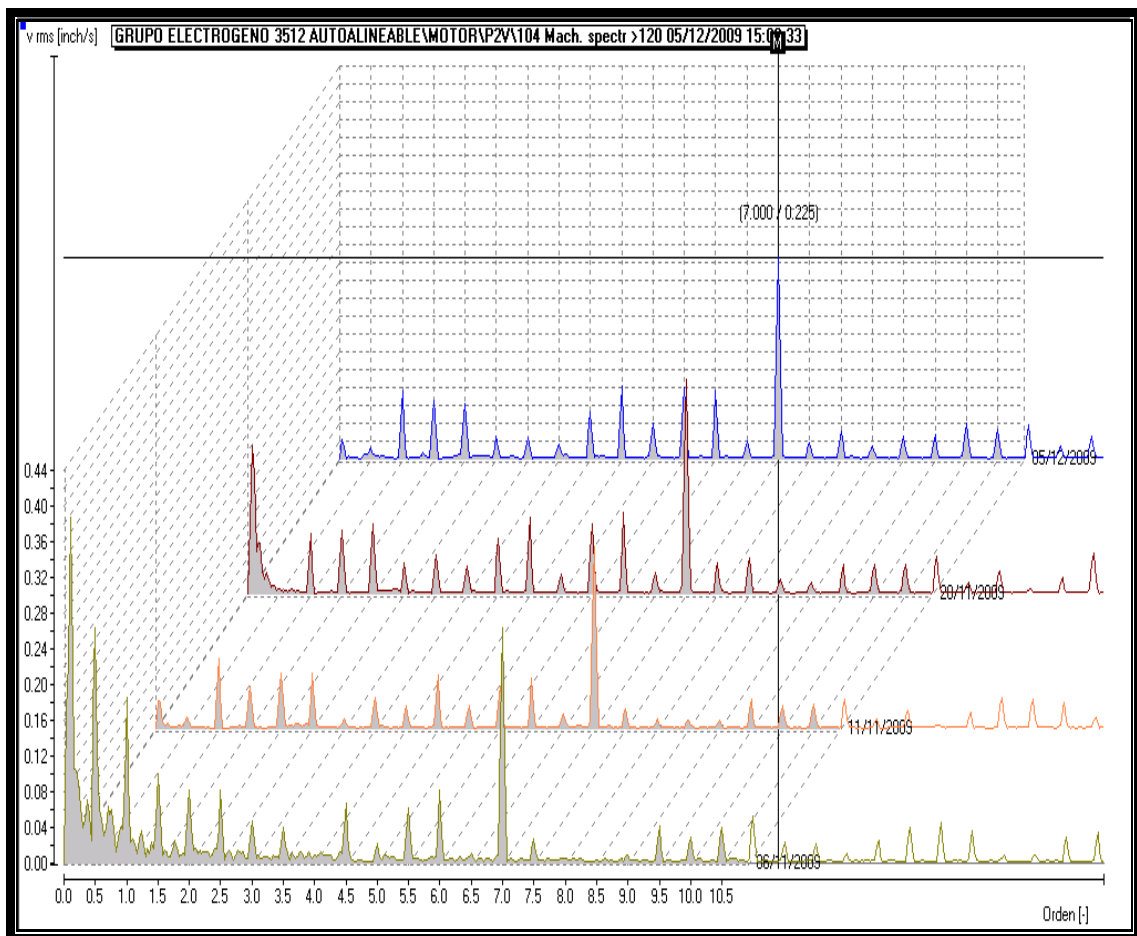


Figura 5.17: Diagrama en Cascada P2V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 7X es:

- Firma = 0.263 inch/s
- Primera medición = 0.202 inch/s
- Segunda medición = 0.240 inch/s
- Tercera medición = 0.225 inch/s

DIAGNÓSTICO

En el diagrama en cascada se puede apreciar que el problema de **holgura mecánica** presenta una tendencia fluctuante, cuya amplitud no sobrepasa la amplitud de la firma. Esto indica que el problema se mantiene estable.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de incrementar drásticamente la amplitud de vibración del pico 7X, verificar:

- Temperatura del motor
- Si existe consumo de aceite
- Si existen partículas metálicas en el aceite
- Presión de aceite
- Temperatura del agua.

5.1.2.6 Diagrama en Cascada P2A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)

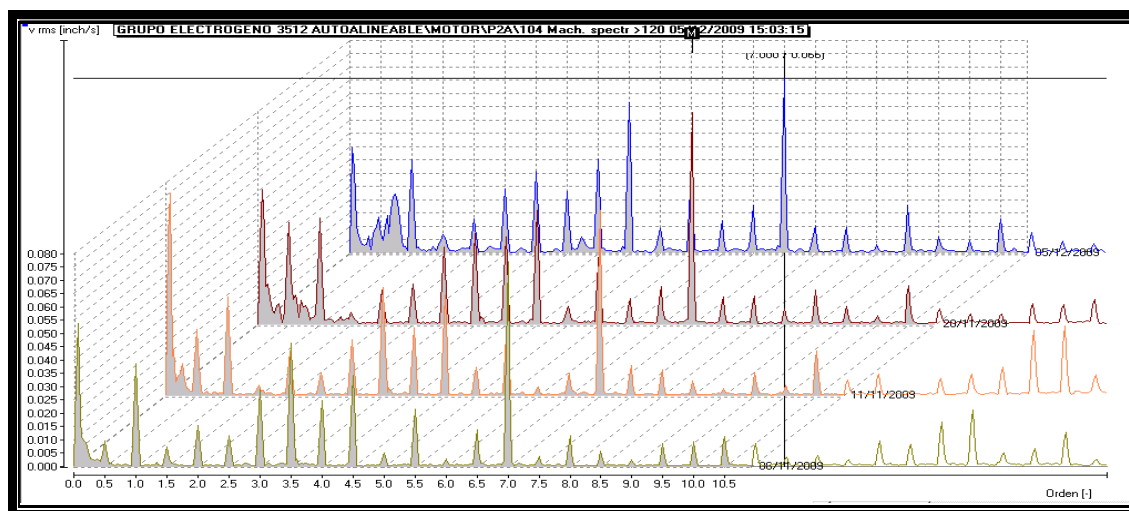


Figura 5.18: Diagrama en Cascada P2A (Grupo Electrónico EGEELE 0255)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizaron tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 7X es:

- Firma = 0.077 inch/s
- Primera medición = 0.070 inch/s
- Segunda medición = 0.080 inch/s
- Tercera medición = 0.066 inch/s

Se observa también la presencia de armónicos de 0.5X y de 1X, de muy baja amplitud.

DIAGNÓSTICO

En el diagrama en cascada se aprecia que el problema de **holgura mecánica** entre el cojinete y el cigüeñal, presenta una tendencia fluctuante, cuya amplitud no incrementa drásticamente. Indicando que el problema se mantiene estable. Si la amplitud de los armónicos de 0.5X y de 1X aumenta, la gravedad del problema aumentará.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico, porque la amplitud de los armónicos de 0.5X y de 1X puede aumentar y producir problemas. Aunque la amplitud del pico más alto no incrementa.

5.1.2.7 Diagrama en Cascada P3H (Grupo Electrónico EG E E L E 0255)

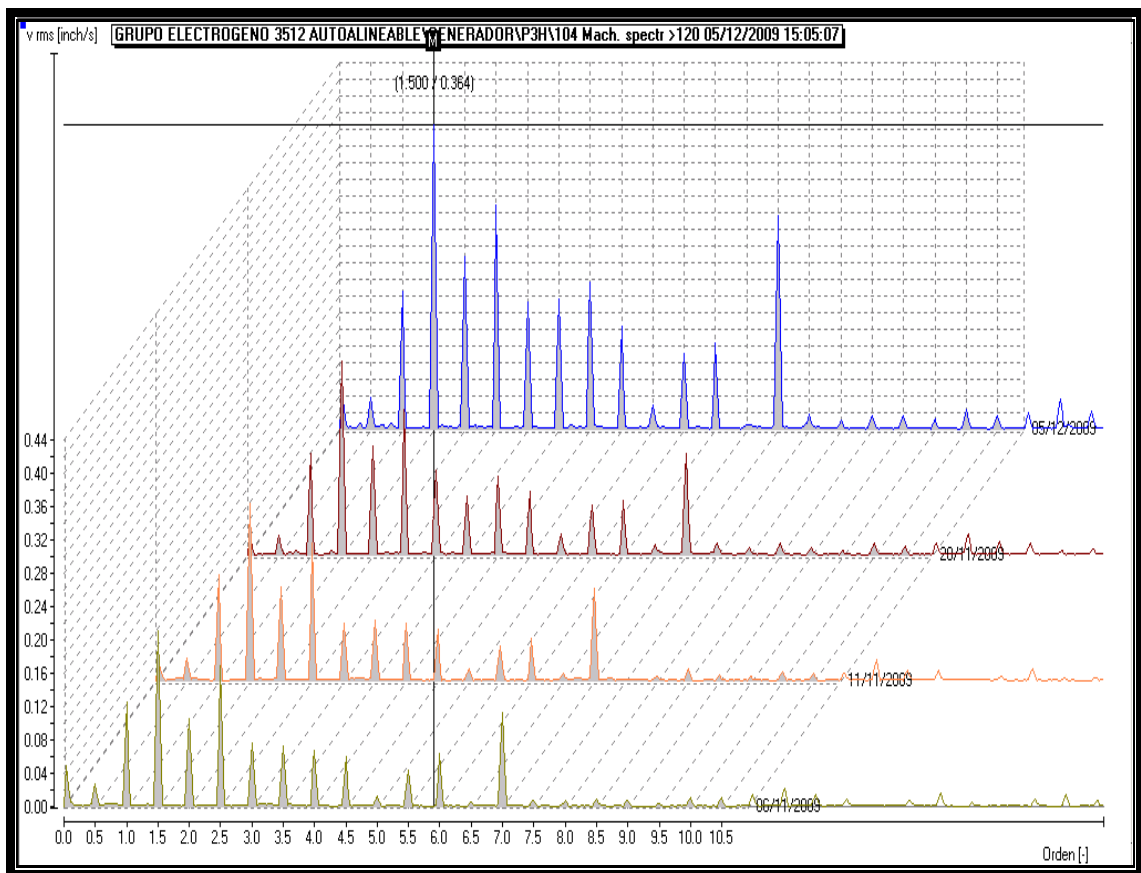


Figura 5.19: Diagrama en Cascada P3H (Grupo Electrónico EG E E L E 0255)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 1.5X es:

- Firma = 0.211 inch/s
- Primera medición = 0.212 inch/s
- Segunda medición = 0.233 inch/s
- Tercera medición = 0.364 inch/s

Se observa la presencia de armónicos de 0.5X y de 1X.

DIAGNÓSTICO

En el diagrama en cascada se aprecia que el problema de roce del rotor producido por **holgura mecánica rotativa**, presenta una tendencia creciente, cuya amplitud vibracional aumenta drásticamente. Indicando que el problema a progresado y que puede seguir progresando si no se realiza las correcciones necesarias.

RECOMENDACIÓN

Para el problema de roce del rotor producido por holgura mecánica rotativa se recomienda analizar:

- Temperatura del rodamiento.
- Temperatura del generador
- Excesiva fuga de aceite lubricante por los sellos de los rodamientos.
- Rotura de los ejes (o agrietamiento) en o cerca a los asientos de los rodamientos
- Corregir inmediatamente el problema de holgura ya que el rotor puede excitar críticamente.

5.1.2.8 Diagrama en Cascada P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)

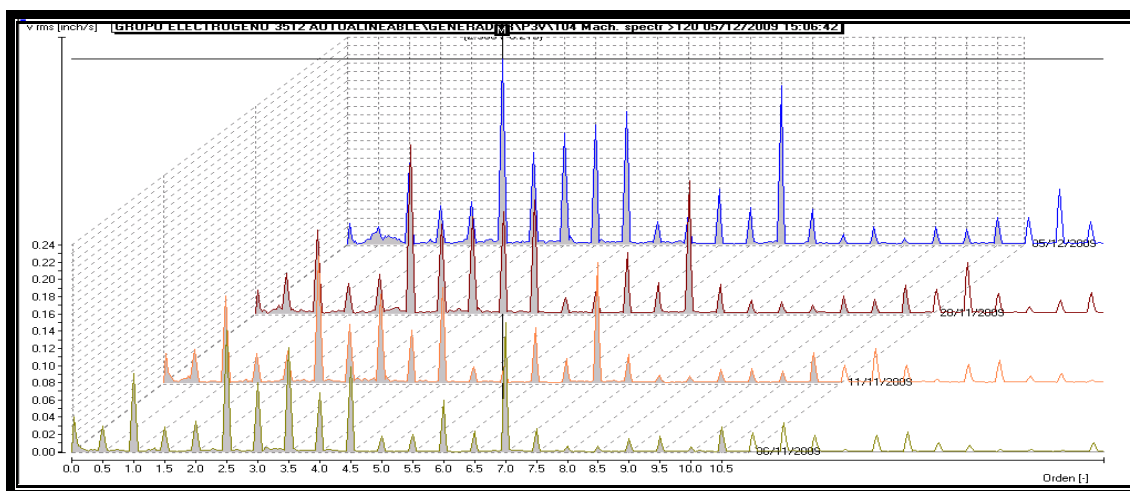


Figura 5.20: Diagrama en Cascada P3V (Grupo Electrónico EGEELE 0255)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizaron tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 2.5X es:

- Firma = 0.141 inch/s
- Primera medición = 0.147 inch/s
- Segunda medición = 0.195 inch/s
- Tercera medición = 0.215 inch/s

Se observa la presencia de armónicos de 0.5X y de 1X.

DIAGNÓSTICO

En el diagrama en cascada se aprecia que el problema de **holgura mecánica rotativa**, presenta una tendencia creciente, cuya amplitud vibracional aumenta paulatinamente. Indicando que el problema está progresando.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de incrementar drásticamente la amplitud de vibración del pico 2.5X y/o de los armónicos de 0.5X y de 1X, analizar:

- Temperatura del rodamiento.
- Excesiva fuga de aceite lubricante por los sellos de los rodamientos.
- Rotura de los ejes (o agrietamiento) en o cerca a los asientos de los rodamientos
- Corregir inmediatamente el problema de holgura

5.1.2.9 Diagrama en Cascada P3A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

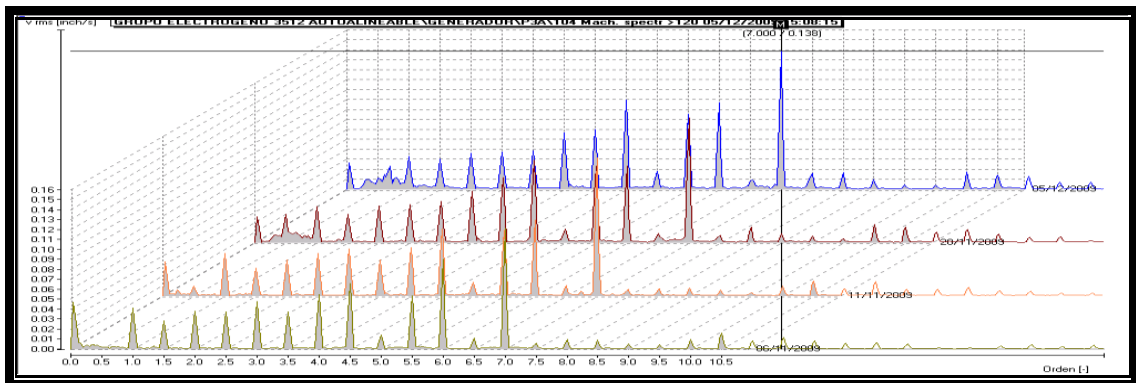


Figura 5.21: Diagrama en Cascada P3A (Grupo Electrógeno EGEELE 0255)

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el diagrama en cascada que después de la firma se realizó tres mediciones. Teniendo que el valor del pico más elevado en el orden 7X es:

- Firma = 0.121inch/s
- Primera medición = 0.139inch/s
- Segunda medición = 0.125inch/s
- Tercera medición = 0.138inch/s

Se observa la presencia de armónicos de 0.5X y de 1X.

DIAGNÓSTICO

En el diagrama en cascada se aprecia que el problema de **holgura mecánica rotativa**, presenta una tendencia fluctuante, cuya amplitud no incrementa drásticamente. Indicando que el problema se mantiene estable. La amplitud de los armónicos de 0.5X y de 1X en orden ascendente indica la gravedad del problema.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda continuar con el monitoreo periódico. Si en el caso de incrementar drásticamente la amplitud de vibración del pico 7X y/o de los armónicos de 0.5X y de 1X, analizar:

- Temperatura del rodamiento.
- Temperatura del generador
- Excesiva fuga de aceite lubricante por los sellos de los rodamientos.
- Rotura de los ejes (o agrietamiento) en o cerca a los asientos de los rodamientos.

5.2 Determinación de Niveles Admisibles (Alarmas).

5.2.1 Niveles Admisibles Grupo Electrónico EGEELE 0102 de 1200RPM

Tabla 5.1: AMPLITUD MÁXIMA EN CADA SENTIDO

Grupo electrónico EGEELE 0102												
Parámetro de vibración:						Velocidad en RMS						
Sentido	P1H	P1V	P1A	P2H	P2V	P2A	P3H	P3V	P3A	P4H	P4V	P4A
Med.	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s
1	0.212	0.130	0.098	0.143	0.160	0.103	0.235	0.106	0.138	0.347	0.145	0.109
2	0.242	0.232	0.114	0.145	0.229	0.115	0.281	0.113	0.135	0.634	0.166	0.119
3	0.251	0.190	0.143	0.171	0.257	0.158	0.304	0.132	0.148	0.430	0.182	0.187
4	0.252	0.176	0.141	0.167	0.267	0.112	0.289	0.131	0.167	0.431	0.208	0.133

MEDIA ARITMÉTICA EN CADA SENTIDO (\bar{x})

$$x_{P1H} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.212 + 0.242 + 0.251 + 0.252}{4} = 0.237 \text{inch/s}$$

$$x_{P1V} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.130 + 0.232 + 0.190 + 0.176}{4} = 0.182 \text{inch/s}$$

$$x_{P1A} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.098 + 0.114 + 0.143 + 0.141}{4} = 0.124 \text{inch/s}$$

$$x_{P2H} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.143 + 0.145 + 0.171 + 0.167}{4} = 0.157 \text{inch/s}$$

$$x_{P2V} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.160 + 0.229 + 0.257 + 0.267}{4} = 0.228 \text{inch/s}$$

$$x_{P2A} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.103 + 0.115 + 0.158 + 0.112}{4} = 0.122 \text{inch/s}$$

$$x_{P3H} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.235 + 0.281 + 0.304 + 0.289}{4} = 0.277 \text{inch/s}$$

$$x_{P3V} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.106 + 0.113 + 0.132 + 0.131}{4} = 0.121 \text{inch/s}$$

$$x_{P3A} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.138 + 0.135 + 0.148 + 0.167}{4} = 0.147 \text{inch/s}$$

$$x_{P4H} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.347 + 0.634 + 0.430 + 0.431}{4} = 0.461 \text{inch/s}$$

$$x_{P4V} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_i}{n} = \frac{0.145 + 0.166 + 0.182 + 0.208}{4} = 0.175 \text{inch/s}$$

$$x_{p4A} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}_{.i}}{n} = \frac{0.109 + 0.119 + 0.187 + 0.133}{4} = 0.137 \text{inch/s}$$

Tabla 5.2: MEDIA ARITMÉTICA EN CADA SENTIDO

Grupo electrógeno EGEELE 0102				
Parámetro de vibración:		Velocidad en RMS		
Puntos	1	2	3	4
x sentidos	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s
Horizontal	0.237	0.157	0.277	0.461
Vertical	0.182	0.228	0.121	0.175
Axial	0.124	0.122	0.147	0.137

MEDIA ARITMÉTICA EN CADA PUNTO (x)

$$x_{p1} = \frac{\sum x \text{ sentidos}}{n \text{ sentidos}} = \frac{0.237 + 0.182 + 0.124}{3} = 0.181 \text{inch/s}$$

$$x_{p2} = \frac{\sum x \text{ sentidos}}{n \text{ sentidos}} = \frac{0.157 + 0.228 + 0.122}{3} = 0.169 \text{inch/s}$$

$$x_{p3} = \frac{\sum x \text{ sentidos}}{n \text{ sentidos}} = \frac{0.277 + 0.121 + 0.147}{3} = 0.181 \text{inch/s}$$

$$x_{p4} = \frac{\sum x \text{ sentidos}}{n \text{ sentidos}} = \frac{0.461 + 0.175 + 0.137}{3} = 0.258 \text{inch/s}$$

Tabla 5.3: MEDIA ARITMÉTICA EN CADA PUNTO

Grupo electrógeno EGEELE 0102				
Parámetro de vibración:		Velocidad en RMS		
Puntos (P)	1	2	3	4
	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s
x_{puntos}	0.181	0.169	0.181	0.258

MEDIA ARITMÉTICA EN LA MÁQUINA (x)

$$x_{\text{Máqui.}} = \frac{\sum x_{\text{puntos}}}{n_{\text{puntos}}} = \frac{0.181 + 0.169 + 0.181 + 0.258}{4} = 0.197 \text{inch/s}$$

DESVIACIÓN MEDIA EN LA MÁQUINA (d)

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n [x_{P_i} - x_{\text{Máqui.}}]}{n}$$

$$= \frac{[0.181 - 0.197] + [0.169 - 0.197] + [0.181 - 0.197] + [0.258 - 0.197]}{4}$$

$$d = 0.031 \text{inch/s}$$

NIVELES ADMISIBLES

El nivel de **operación normal permitido** es la media aritmética de la máquina, la misma que es igual a **0.197 inch/s**.

El nivel de **operación grave no permitido** se determino aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Operación grave} = 66.66\% + 2(d)$$

Donde:

66.66% = porcentaje de la norma ISO 3945, utilizada para la máquina en

análisis=0.293 inch/s

d = desviación media

$$\text{Operación grave} = 0.293 \text{ inch/s} + 2(0.031 \text{ inch/s})$$

$$\text{Operación grave} = \mathbf{0.355 \text{ inch/s}}$$

Tabla 5.4: NIVELES ADMISIBLES

Grupo electrógeno EGEELE 0102 de 1200RPM	
Parámetro de vibración:	Velocidad en RMS
Nivel de operación normal permitido	0.197 inch/s.
Nivel de operación grave no permitido	0.355 inch/s.

Los niveles admisibles aquí determinados pueden ser utilizados, como referencia, en todas las máquinas grandes y pesadas, que operen a la velocidad de 1200rpm.

5.2.2 Niveles Admisibles Grupo Electrónico EGEELE 0255 de 1800RPM

Tabla 5.5: AMPLITUD MÁXIMA EN CADA SENTIDO

Grupo electrónico EGEELE 0255									
Parámetro de vibración:					Velocidad en RMS				
Sentido	P1H	P1V	P1A	P2H	P2V	P2A	P3H	P3V	P3A
Med.	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s	inch/s
1	0.123	0.059	0.048	0.150	0.263	0.077	0.211	0.141	0.121
2	0.136	0.063	0.064	0.198	0.202	0.070	0.212	0.147	0.139
3	0.138	0.135	0.074	0.225	0.240	0.080	0.233	0.195	0.125
4	0.154	0.106	0.090	0.224	0.225	0.066	0.364	0.215	0.138

MEDIA ARITMÉTICA EN CADA SENTIDO (x)

$$x_{P1H} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}.i}{n} = \frac{0.123 + 0.136 + 0.138 + 0.154}{4} = 0.138 \text{inch/s}$$

$$x_{P1V} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}.i}{n} = \frac{0.059 + 0.063 + 0.135 + 0.106}{4} = 0.091 \text{inch/s}$$

$$x_{P1A} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}.i}{n} = \frac{0.048 + 0.064 + 0.074 + 0.090}{4} = 0.069 \text{inch/s}$$

$$x_{P2H} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}.i}{n} = \frac{0.150 + 0.198 + 0.225 + 0.224}{4} = 0.199 \text{inch/s}$$

$$x_{P2V} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}.i}{n} = \frac{0.263 + 0.202 + 0.240 + 0.225}{4} = 0.233 \text{inch/s}$$

$$x_{P2A} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}.i}{n} = \frac{0.077 + 0.070 + 0.080 + 0.066}{4} = 0.073 \text{inch/s}$$

$$x_{P3H} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}.i}{n} = \frac{0.211 + 0.212 + 0.233 + 0.364}{4} = 0.255 \text{inch/s}$$

$$x_{P3V} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}.i}{n} = \frac{0.141 + 0.147 + 0.195 + 0.215}{4} = 0.175 \text{inch/s}$$

$$x_{P3A} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Medi}.i}{n} = \frac{0.121 + 0.139 + 0.125 + 0.138}{4} = 0.131 \text{inch/s}$$

Tabla 5.6: MEDIA ARITMÉTICA EN CADA SENTIDO

Grupo electrógeno EGEELE 0255			
Parámetro de vibración:		Velocidad en RMS	
Puntos	1	2	3
x sentidos	inch/s	inch/s	inch/s
Horizontal	0.138	0.199	0.255
Vertical	0.091	0.233	0.175
Axial	0.069	0.073	0.131

MEDIA ARITMÉTICA EN CADA PUNTO (x)

$$x_{p1} = \frac{\sum x \text{ sentidos}}{n \text{ sentidos}} = \frac{0.138 + 0.091 + 0.069}{3} = 0.099 \text{inch/s}$$

$$x_{p2} = \frac{\sum x \text{ sentidos}}{n \text{ sentidos}} = \frac{0.199 + 0.233 + 0.073}{3} = 0.168 \text{inch/s}$$

$$x_{p3} = \frac{\sum x \text{ sentidos}}{n \text{ sentidos}} = \frac{0.255 + 0.175 + 0.131}{3} = 0.187 \text{inch/s}$$

Tabla 5.7: MEDIA ARITMÉTICA EN CADA PUNTO

Grupo electrógeno EGEELE 0255			
Parámetro de vibración:		Velocidad en RMS	
Puntos (P)	1	2	3
	inch/s	inch/s	inch/s
x puntos	0.099	0.168	0.187

MEDIA ARITMÉTICA EN LA MÁQUINA (x)

$$x_{\text{Máqui.}} = \frac{\sum x \text{ puntos}}{n \text{ puntos}} = \frac{0.099 + 0.168 + 0.187}{3} = 0.151 \text{inch/s}$$

DESVIACIÓN MEDIA EN LA MÁQUINA (\mathbf{d})

$$\mathbf{d} = \frac{\sum_{i=1}^n [x_{Pi} - x_{Máqui.}]}{n}$$

$$\mathbf{d} = \frac{[0.099 - 0.151] + [0.168 - 0.151] + [0.187 - 0.151]}{3}$$

$$\mathbf{d} = 0.035 \text{inch/s}$$

NIVELES ADMISIBLES

El nivel de **operación normal permitido** es la media aritmética de la máquina, la misma que es igual a **0.151 inch/s**.

El nivel de **operación grave no permitido** se determino aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Operación grave} = 66.66\% + 2(\mathbf{d})$$

Donde:

66.66% = porcentaje de la norma ISO 3945, utilizada para la máquina en

análisis = 0.293 inch/s

\mathbf{d} = desviación media

$$\text{Operación grave} = 0.293 \text{inch/s} + 2(0.035 \text{inch/s})$$

$$\text{Operación grave} = \mathbf{0.363 \text{inch/s}}$$

Tabla 5.8: NIVELES ADMISIBLES

Grupo electrógeno EGEELE 0255 de 1800RPM	
Parámetro de vibración:	Velocidad en RMS
Nivel de operación normal permitido	0.151 inch/s.
Nivel de operación grave no permitido	0.363 inch/s.

Los niveles admisibles aquí determinados pueden ser utilizados, como referencia, en todas las máquinas grandes y pesadas, que operen a la velocidad de 1800rpm.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Analizado el estado técnico de los equipos se determinó que el grupo electrógeno EGEELE 0102 se encuentra operando en un estado regular, esto debido a los años que este equipo tiene ya en operación y a la deficiente aplicación del mantenimiento predictivo, mientras que el grupo electrógeno EGEELE 0255 se encuentra operando en un estado técnico bueno, debido a los pocos años de operación.
- Considerando la forma de ensamblaje de los equipos se determinó para el grupo electrógeno EGEELE 0102 alineable cuatro puntos de medición y para el grupo electrógeno EGEELE 0255 autoalineable tres puntos de medición, los mismos que se identificaron siguiendo la línea cinemática de la máquina.
- En las firmas obtenidas se identificó mediante análisis y diagnóstico vibroacústico los problemas: flexibilidad transversal, impulso de choque, desalineación, desbalance, holgura mecánica, que presentan inicialmente los grupos electrógenos.
- Mediante la realización de varias mediciones periódicas se determinó la tendencia vibracional de los equipos, identificando en el grupo electrógeno EGEELE 0102 el desarrollo del problema de flexibilidad transversal y en el grupo electrógeno EGEELE 0255 el desarrollo del problema de holgura mecánica rotativa.

- Utilizando la amplitud RMS de vibración en el parámetro de velocidad se determinó los niveles admisibles para los equipos, estableciendo para el grupo electrógeno EGEELE0102 de 1200rpm el nivel de operación normal de 0.197inch/s y el nivel de operación grave de 0.355inch/s, mientras que para el grupo electrógeno EGEELE0255 de 1800 rpm se determinó el nivel de operación normal de 0.151inch/s y el nivel de operación grave de 0.363inch/s.

6.2 Recomendaciones

- Programar las correcciones de los problemas detectados antes de que estos afecten a los componentes de la máquina ya que según la tendencia espectral determinada los problemas están desarrollándose paulatinamente.
- Para corregir el problema de flexibilidad transversal cambiar: shim`s colocando el mismo espesor, arandelas, tuercas, pernos, aplicando el torque determinado para el perno utilizado. Mientras que para el problema de holgura mecánica rotativa se recomienda desmontar la máquina y verificar de acuerdo a tolerancias de fábrica juego máximo y juego mínimo, entre el agujero y el eje.
- Utilizar los niveles admisibles determinados en el presente trabajo, como referenciales para el análisis vibracional de grupos electrógenos con iguales características.
- Continuar con el monitoreo periódico ya que más adelante pueden aparecer nuevos problemas que afectarían a los equipos.