



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LOS
GRUPOS DE BOMBEO DE LA ESTACIÓN
FAISANES DEL POLIDUCTO: ESMERALDAS –
SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES –
PERTENECIENTE A PETROCOMERCIAL FILIAL
DE PETROECUADOR.”**

**HUALPA MOLINA JOHANA RENATA
QUEZADA LÓPEZ RAMIRO BOLÍVAR**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Octubre 25 del 2010

Fecha

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

JOHANA RENATA HUALPA MOLINA

RAMIRO BOLÍVAR QUEZADA LÓPEZ

Titulada: **“MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LOS GRUPOS DE BOMBEO DE LA ESTACIÓN FAISANES DEL POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO - PASCUALES”**.

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

f) Decano de la Facultad de Mecánica

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) Director de tesis

f) Asesor de tesis

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

Nombres de los estudiantes: JOHANA RENATA HUALPA MOLINA

RAMIRO BOLÍVAR QUEZADA LÓPEZ

TÍTULO DE LA TESIS: “MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LOS GRUPOS DE BOMBEO DE LA ESTACIÓN FAISANES DEL POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO - PASCUALES”.

Fecha de examinación: Octubre 25 del 2010

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

Comité de examinación	Aprueba	No aprueba	Firma
Ing.			
Ing. Manuel Morocho A			
Ing. Washington Zabala M			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El presente trabajo de tesis que entregamos, es original y establecido en un proceso de investigación y adaptación tecnológica realizado en PETROCOMERCIAL EP PETROECUADOR en el Poliducto Esmeraldas – Santo Domingo – Quito – Pascuales. Debido a ello cada uno de los fundamentos teóricos - prácticos y los resultados obtenidos en dicha investigación son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

f) Hualpa Molina Johana Renata

f) Quezada López Ramiro Bolívar

AGRADECIMIENTO

Nuestro eterno agradecimiento a NUESTRO SEÑOR SER SUPREMO por la oportunidad de vida e iluminar nuestra existencia y acompañarnos siempre en este camino del saber, a nuestra familia por su apoyo incondicional brindado ya que sin ellos no habiéramos logrado culminar con éxito nuestra carrera profesional, agradecemos a la ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO de la FACULTAD DE MECÁNICA de la prestigiosa ESPOCH y sus profesionales docentes por otorgar ese espíritu de investigación y práctica de vital importancia para nuestro desempeño como profesionales, a mis compañeros y amigos por el soporte entregado durante toda la carrera y a cada una de las personas que de una u otra forma colaboraron para la culminación de esta tesis.

Johana Renata Hualpa Molina y Ramiro Bolívar Quezada López

DEDICATORIA

En el término de una etapa más en mi vida el esfuerzo entregado para culminar con esta carrera se lo dedico a mis madres amadas y a toda mi querida familia ya que gracias a su incondicional apoyo y colaboración pude concluir con una meta más en mi vida.

Ustedes fueron la inspiración para que paso a paso y día a día cumpla con todo lo inculcado en mi educación y la manera de agradecer su apoyo a pesar de mis errores todo ello en bienestar de su hijo y de la sociedad forjando una persona de bien y con armas suficientes para enfrentar a la vida.

Ramiro Bolívar Quezada López

DEDICATORIA

Acertadamente, el camino a seguir para surgir intelectualmente en una sociedad es el estudio, gracias a mi familia por el esfuerzo realizado y la ayuda desinteresada para culminar con una etapa más de mi educación; todo esto con la bendición de nuestro Padre Celestial, quien día a día nos entrega el Don de la Vida para crecer espiritualmente con su ejemplo de amor infinito.

La amistad es un aspecto muy valioso en la vida de una persona, gracias compañeros por estar presentes en los momentos más difíciles.

Johana Renata Hualpa Molina

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES	
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO	
2.1. Introducción.....	4
2.2. Definición de Mantenimiento Preventivo.....	4
2.2.1. Ventajas.....	5
2.2.2. Desventajas.....	6
2.2.3. Mantenimiento Preventivo Planificado.....	6
2.3. Definición del Mantenimiento Predictivo.....	7
2.3.1. Ventajas.....	7
2.3.2. Desventajas.....	7
2.4. Técnicas Aplicadas en Mantenimiento Predictivo.....	8
2.4.1. Análisis de Vibraciones.....	8
2.4.1.1. Parámetros de las Vibraciones.....	9
2.4.1.2. Tipos de Vibraciones.....	9
2.4.1.3. Fundamentos del Análisis de Vibraciones.....	10
2.4.1.3.1. Transformada de Fourier.....	10
2.4.1.3.2. Frecuencia Natural.....	11
2.4.1.4. Problemas Más Frecuentes que Causan Vibraciones.....	12
2.4.2. Análisis de Lubricantes.....	23
2.4.3. Análisis por Ultrasonido.....	24
2.4.4. Termografía.....	24
2.4.5. Análisis FMECA.....	25
2.5. Equipos Utilizados en la Técnica de Análisis Vibracional.....	25
2.5.1. Colector de Vibraciones FAG DETECTOR 2.0.....	25
2.5.1.1. Características.....	26
2.5.1.2. Suministro.....	27

2.5.1.3.	Accesorios.....	27
2.5.2.	Medidor de Vibraciones Vibrómetro VIB-10.....	28
2.5.2.1.	Montaje del Transductor.....	29
2.5.2.2.	Transductor de Vibración TRV-22.....	29
2.5.2.3.	Montaje del Magneto.....	29
2.5.2.4.	Normativa Internacional.....	29
2.5.3.	Alineador FAG TOP – LÁSER INLINE.....	31
2.5.3.1.	Acciones Antes de la Alineación.....	32
2.6.	Principio de Funcionamiento de los Grupos de Bombeo de la Estación Faisanes.....	34
2.6.1.	Motor de Combustión Interna MWM 440 TBD.....	34
2.6.1.1.	Descripción del Motor.....	34
2.6.1.2.	Elementos Estáticos y Dinámicos del M.C.I.....	35
2.6.1.2.1.	Bloque Motor y Cáster de Aceite.....	35
2.6.1.2.2.	Culatas.....	36
2.6.1.3.	Principio de Funcionamiento.....	36
2.6.1.3.1.	Mecanismo del Cigüeñal.....	36
2.6.1.3.2.	Accionamiento de Engranajes.....	37
2.6.1.3.3.	Sistema de Combustible.....	38
2.6.1.3.4.	Regulador del Número de Revoluciones.....	39
2.6.1.3.5.	Sistema de Lubricación.....	40
2.6.1.3.6.	Sistema de Refrigeración.....	41
2.6.1.3.7.	Sobrealimentación.....	42
2.6.1.3.8.	Sistema de Arranque.....	43
2.6.2.	Multiplicador o Incrementador de Velocidad CITROEN – MECIAN.....	45
2.6.3.	Bombas Guinard de 5 Etapas.....	46
2.6.3.1.	Descripción.....	46
2.6.3.2.	Cuerpo de Bomba.....	46
2.6.3.3.	Semicuerpo Inferior.....	47
2.6.3.4.	Semicuerpo Superior.....	47
2.6.3.5.	Conjunto Impulsor.....	48
2.6.3.6.	Rodetes.....	49
2.6.3.7.	Caja de Empaquetadura.....	49
2.6.3.8.	Empaquetaduras Mecánicas.....	49
2.6.3.9.	Soportes de Cojinetes.....	50

3.	DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	
3.1.	Fichas Técnicas Empleadas.....	51
3.2.	Estado Técnico de la Maquinaria.....	51
3.3.	Organización del Mantenimiento.....	53
3.4.	Plan de Mantenimiento.....	55
3.5.	Programa de Mantenimiento.....	56
3.6.	Control del Mantenimiento.....	57
3.7.	Software para la Gestión del Mantenimiento.....	58
3.7.1.	Introducción.....	58
3.7.2.	Descripción General.....	59
3.7.3.	Funciones más Utilizadas de Main Tracker.....	60
3.7.3.1.	Especificaciones de Equipos.....	61
3.7.3.2.	Mantenimiento Preventivo.....	62
3.7.3.3.	Seguimiento de Costos.....	64
3.7.3.4.	Órdenes de Trabajo.....	64
3.7.3.5.	Administración de Repuestos.....	67
3.8.	Conclusión de la Gestión Actual de Mantenimiento.....	67
4.	APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	
4.1.	Determinación de la Técnica de Mantenimiento Predictivo.....	68
4.1.1.	Técnica de Análisis Vibracional para el Monitoreo Predictivo en Equipos Rotativos.....	70
4.1.1.1.	Normas y Guías de Severidad de Vibraciones.....	70
4.1.1.1.1.	Niveles de Tendencia.....	75
4.2.	Diseño de Fichas Técnicas.....	76
4.2.1.	Fichas Técnicas para Mantenimiento Preventivo.....	76
4.2.2.	Fichas Técnicas para Mantenimiento Predictivo.....	86
4.3.	Determinación de Frecuencias de Monitoreo.....	101
4.4.	Configuración de Rutas de Medición.....	102
4.5.	Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo.....	110
4.5.1.	Banco de Tareas Preventivas en los Grupos de Bombeo.....	110
4.5.1.1.	Programa de Cambios de Aceite.....	110
4.5.1.1.1.	Cambio de Aceite de Cáster en el MCI MWM 440 TBD.....	110
4.5.1.1.2.	Cambio de Aceite del Filtro de Admisión.....	112
4.5.1.1.3.	Cambio de Aceite del Turbo y Gobernador.....	113

4.5.1.1.4.	Cambio del Aceite Lubricante en el Turbocargador.....	113
4.5.1.1.5.	Cambio de Aceite del Incrementador CITROËN – MESSIAN.....	114
4.5.1.2.	Programa Semestral.....	116
4.5.1.2.1.	Lavado del Radiador.....	116
4.5.1.3.	Programa de 3000 Horas.....	117
4.5.1.3.1.	Inspección de las Válvulas de Arranque.....	117
4.5.1.3.2.	Calibración de Válvulas del Motor.....	117
4.5.1.3.3.	Inspección de los Inyectores.....	118
4.5.1.3.4.	Ajuste de Bandas y Poleas.....	119
4.5.1.3.5.	Verificación de Fugas de Aceite y de Combustible.....	120
4.5.1.4.	Programa de 9000 Horas.....	120
4.5.1.4.1.	Cambio de las Culatas.....	120
4.5.1.4.2.	Cambio de Válvula Distribuidora de Aire.....	123
4.5.1.4.3.	Cambio de la Bomba de Inyección.....	123
4.5.1.4.4.	Cambio de la Bomba de Agua.....	124
4.5.1.4.5.	Cambio del Turbocargador.....	125
4.5.1.4.6.	Inspección de Camisas.....	126
4.5.1.5.	Programa de 18000 Horas.....	127
4.5.1.5.1.	Inspección de Camisas (Cambiar si es necesario).....	127
4.5.1.6.	Programa de 27000 Horas.....	130
4.5.1.6.1.	Desmontaje del Tren de Engranajes.....	130
4.5.1.6.2.	Desmontaje del Árbol de Levas.....	130
4.5.1.6.3.	Inspección del Cigüeñal (Rectificar si es necesario).....	131
4.5.2.	Banco de Tareas Predictivas Enfocadas al Análisis Vibracional en los Grupos de Bombeo.....	133
4.5.2.1.	Medición de Vibraciones en el MCI 440TBD.....	133
4.5.2.2.	Medición de Vibraciones en el Incrementador.....	134
4.5.2.3.	Medición de Vibraciones en la Bomba Guinard.....	134
4.6.	Programación del Mantenimiento Predictivo.....	135
4.7.	Aplicación en los Tres Grupos de Bombeo.....	139
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	
5.1.	Interpretación y Análisis de Resultados Obtenidos.....	141
5.2.	Determinación de Problemas.....	144
5.2.1.	Cálculo de Frecuencias.....	145
5.2.2.	Gráfica de Espectros.....	150

5.2.2.1.	Espectros de los Equipos Insatisfactorios.....	152
5.2.2.2.	Espectros de los Equipos Inaceptables.....	184
5.3.	Evaluación de Resultados y Recomendaciones Respectivas.....	239
5.3.1.	Evaluación de Resultados de los Equipos Insatisfactorios.....	239
5.3.1.1.	Evaluación de Problemas del Grupo P 301.....	240
5.3.1.2.	Evaluación de Problemas del Grupo P 302.....	241
5.3.1.3.	Evaluación de Problemas del Grupo P 303.....	242
5.3.2.	Evaluación de Resultados de los Equipos Inaceptables.....	245
5.3.2.1.	Evaluación de Problemas del Grupo P 301.....	246
5.3.2.2.	Evaluación de Problemas del Grupo P 302.....	250
5.3.2.3.	Evaluación de Problemas del Grupo P 303.....	253
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1.	Conclusiones.....	256
6.2.	Recomendaciones.....	258

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
BIBLIOGRAFÍA
LINKOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	Datos Técnicos del DETECTOR 2.0.....	27
2.2	Especificaciones Técnicas Vibrómetro VIB – 10B.....	30
2.3	Especificaciones Técnicas.....	33
3.1	Criterios para Determinar el Estado Técnico.....	52
3.2	Tabla General del Estado Actual de los Grupos de Bombeo.....	53
4.1	Categorización de los Grupos de Bombeo.....	68
4.2	Parámetros de Clasificación Según la Norma ISO 2372.....	71
4.3	Severidad de la Vibración Según la Norma ISO 2372.....	71
4.4	Severidad de la Vibración Según la Norma ISO 10816-3.....	72
4.5	Valores RMS de Velocidad de Vibración para Moto – Generadores....	74
4.6	Ficha Técnica del M.C.I del Grupo P 301.....	76
4.7	Ficha Técnica del Incrementador del Grupo P 301.....	78
4.8	Ficha Técnica de la Bomba Centrífuga del Grupo P 301.....	79
4.9	Ficha Técnica del M.C.I del Grupo P 302.....	80
4.10	Ficha Técnica del Incrementador del Grupo P 302.....	81
4.11	Ficha Técnica de la Bomba Centrífuga del Grupo P 302.....	82
4.12	Ficha Técnica del M.C.I del Grupo P 303.....	83
4.13	Ficha Técnica del Incrementador del Grupo P 303.....	84
4.14	Ficha Técnica de la Bomba Centrífuga del Grupo P 303.....	85
4.15	Fichas para el Estudio Vibracional del M.C.I. del Grupo P 301...	86
4.16	Ficha para el Estudio Vibracional de los Componentes del M.C.I. del Grupo P 301.....	87
4.17	Ficha para el Estudio Vibracional del Incrementador del Grupo P 301.....	88
4.18	Ficha para el Estudio Vibracional de los Componentes del Incrementador del Grupo P 301.....	89
4.19	Ficha para el Estudio Vibracional de la Bomba del Grupo P301...	90
4.20	Fichas para el Estudio Vibracional del M.C.I. del Grupo P 302...	91
4.21	Ficha para el Estudio Vibracional de los Componentes del M.C.I. del Grupo P 302.....	92
4.22	Ficha para el Estudio Vibracional del Incrementador del Grupo P 302.....	93

4.23	Ficha para el Estudio Vibracional de los Componentes del Incrementador del Grupo P 302.....	94
4.24	Ficha para el Estudio Vibracional de la Bomba del Grupo P302...	95
4.25	Fichas para el Estudio Vibracional del M.C.I. del Grupo P 303...	96
4.26	Ficha para el Estudio Vibracional de los Componentes del M.C.I. del Grupo P 303.....	97
4.27	Ficha para el Estudio Vibracional del Incrementador del Grupo P 303.....	98
4.28	Ficha para el Estudio Vibracional de los Componentes del Incrementador del Grupo P 303.....	99
4.29	Ficha para el Estudio Vibracional de la Bomba del Grupo P303...	100
4.30	Nomenclatura de los Puntos de Medición del M.C.I y sus Componentes.....	105
4.31	Nomenclatura de los Puntos de Medición del Incrementador y sus Componentes.....	106
4.32	Nomenclatura de los Puntos de Medición de la Bomba Centrífuga.....	107
4.33	Registro de las HT de los Grupos de Bombeo.....	135
4.34	Programación de las Tareas de Mantenimiento Predictivo Grupo P 301.....	136
4.35	Programación de las Tareas de Mantenimiento Predictivo Grupo P 302.....	137
4.36	Programación de las Tareas de Mantenimiento Predictivo Grupo P 303.....	138
4.37	Clasificación de los Equipos del Grupo de Bombeo según la Norma ISO 2372.....	140
4.38	Clasificación de los Equipos del Grupo de Bombeo según la Norma ISO 10816-3.....	140
5.1	Grupos Medidos con el Vibrómetro SPM y el Equipo Analizador Detector II.....	141
5.2	Clasificación de los Equipos de acuerdo a los Niveles de Vibración...	142
5.3	Equipos con Niveles de Vibración: Insatisfactorio e Inaceptable.....	143
5.4	Velocidad del Turbocompresor por Grupos.....	145
5.5	Frecuencias de la Bomba de Polea.....	147

5.6	Frecuencias de la Bomba Guinard.....	150
5.7	Problemas por Grupos de los Equipos Insatisfactorios.....	239
5.8	Problemas por Grupos de los Equipos Inaceptables.....	245

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	Curva de la Bañera.....	5
2.2	Técnica de Análisis Vibracional.....	9
2.3	Ilustración de una Vibración.....	10
2.4	Formación del Espectro de Vibración.....	10
2.5	Señal en el Dominio del Tiempo y su Equivalente en el Dominio de la Frecuencia.....	11
2.6	Frecuencia Natural.....	11
2.7	Desbalanceo.....	12
2.8	Pandeo en Ejes.....	13
2.9	Desalineación Angular.....	13
2.10	Desalineación Paralela.....	14
2.11	Desalineación de Rodamiento.....	14
2.12	Holgura Eje – Agujero.....	14
2.13	Holgura en Sujeción.....	15
2.14	Fatiga Estructural.....	15
2.15	Problemas de Lubricación.....	16
2.16	Contacto Metal – Metal.....	16
2.17	Rotor Rozante.....	17
2.18	Problemas de Desgaste en Dientes.....	18
2.19	Problemas de Distensión en Bandas.....	18
2.20	Desalineación de Poleas.....	18
2.21	Frecuencia de Aspas.....	19
2.22	Problemas de Cavitación.....	19
2.23	Frecuencia de Aspas.....	20
2.24	Problemas de Turbulencia Anómala.....	20
2.25	Fallas en la Pista Interna.....	21
2.26	Fallas en la Pista Externa.....	21
2.27	Fallas en los Elementos Rodantes.....	22
2.28	Deterioro de la Jaula.....	22
2.29	Técnica de Análisis de Lubricantes.....	23
2.30	Técnica de Ultrasonido.....	24
2.31	Técnica de Termografía.....	24

2.32	FAG Detector 2.0.....	25
2.33	Medidor de Vibraciones VIB -10.....	28
2.34	Alineador Top Láser INLINE de FAG.....	31
2.35	Ejemplo de Aplicación de Alineación.....	32
2.36	Accesorios del Alineador.....	32
2.37	Motor de Combustión Interna MWM 440 TBD.....	34
2.38 a	Bloque del Motor.....	35
2.38 b	Cárter del Motor.....	35
2.39	Culata.....	36
2.40	Cigüeñal.....	37
2.41	Accionamiento de Engranajes.....	38
2.42	Sistema de Combustible.....	39
2.43	Regulador del Número de Revoluciones.....	40
2.44	Sistema de Lubricación.....	41
2.45	Sistema de Refrigeración.....	42
2.46	Sobrealimentación.....	43
2.47	Diagrama Neumático de Control de Arranque del Motor MWM TBD 440.....	44
2.48	Incrementador.....	45
2.49	Bomba de Lubricación en el Incrementador.....	45
2.50	Bomba Guinard de 5 Etapas.....	46
2.51	Cuerpo de Bomba.....	46
2.52	Semicuerpo Inferior de la Bomba.....	47
2.53	Semicuerpo superior de la Bomba.....	47
2.54	Conjunto Impulsor de la Bomba.....	48
2.55	Rodetes de la Bomba.....	49
2.56	Empaquetaduras Mecánicas.....	50
2.57	Soportes de Cojinetes.....	50
3.1	Organigrama de Posición del Poliducto.....	54
3.2	Inicio de Sesión “Main Tracker”.....	59
3.3	Funciones Principales de Main Tracker.....	60
3.4	Crear y Modificar Equipos.....	61
3.5	Datos de Placa del MCI.....	61
3.6	Datos Técnicos del MCI.....	62
3.7	Módulo: Mantenimiento Preventivo.....	63

3.8	Módulo: Seguimiento de Costos.....	64
3.9	Módulo: Órdenes de Trabajo.....	65
3.10	Orden de Trabajo.....	66
4.1	Ejemplo de una Gráfica de Tendencia.....	75
4.2	Pantalla para Definir el Sensor.....	103
4.3	Pantalla para Definir Características del Sensor.....	103
4.4	Pantalla para Configurar el Detector.....	104
4.5	Pantalla para Seleccionar el Nuevo Detector.....	104
4.6	Pantalla de la Ruta de Medición de una Partida.....	107
4.7	Pantalla para Configurar los Valores Característicos de los Puntos de Medición.....	108
4.8	Pantalla de Selección de los Valores Característicos de los Puntos de Medición.....	109
5.1	Ilustración de los Datos Técnicos de la Bomba de Polea.....	145
5.2	Ilustración de los Datos Técnicos del Motor del Ventilador.....	147
5.3	Ilustración de los Datos Técnicos de la Bomba Centrífuga Guinard.....	149
5.4	Ubicación de Frecuencias en los Espectros.....	151
5.5	Espectro del Punto 1R en el Motor del Radiador.....	152
5.6	Espectro del Punto 1A en el Motor del Radiador.....	152
5.7	Espectro del Punto 2A en el Motor del Radiador.....	153
5.8	Espectro del Punto 2T en el Motor del Radiador.....	153
5.9	Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	154
5.10	Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	154
5.11	Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	155
5.12	Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	155
5.13	Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	156
5.14	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación.....	156
5.15	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación.....	157
5.16	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación.....	157
5.17	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación.....	158
5.18	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación.....	158
5.19	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación.....	159
5.20	Espectro del Punto 1T en el Motor del Radiador.....	159
5.21	Espectro del Punto 2T en el Motor del Radiador.....	160
5.22	Espectro del Punto 1A en el Incrementador.....	160
5.23	Espectro del Punto 1T en el Incrementador.....	161

5.24	Espectro del Punto 2R en el Incrementador.....	161
5.25	Espectro del Punto 2A en el Incrementador.....	162
5.26	Espectro del Punto 2T en el Incrementador.....	162
5.27	Espectro del Punto 1R en la Bomba Guinard.....	163
5.28	Espectro del Punto 1A en la Bomba Guinard.....	163
5.29	Espectro del Punto 2R en la Bomba Guinard.....	164
5.30	Espectro del Punto 2A en la Bomba Guinard.....	164
5.31	Espectro del Punto 2T en la Bomba Guinard.....	165
5.32	Espectro del Punto 1R en el Turbocompresor.....	165
5.33	Espectro del Punto 1A en el Turbocompresor.....	166
5.34	Espectro del Punto 1T en el Turbocompresor.....	166
5.35	Espectro del Punto 2R en el Turbocompresor.....	167
5.36	Espectro del Punto 2A en el Turbocompresor.....	167
5.37	Espectro del Punto 2T en el Turbocompresor.....	168
5.38	Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	168
5.39	Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	169
5.40	Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	169
5.41	Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	170
5.42	Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	170
5.43	Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	171
5.44	Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	171
5.45	Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	172
5.46	Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	172
5.47	Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	173
5.48	Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	173
5.49	Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	174
5.50	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación.....	174
5.51	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación.....	175
5.52	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación.....	175
5.53	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación.....	176
5.54	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación.....	176
5.55	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación.....	177
5.56	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación.....	177
5.57	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación.....	178
5.58	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación.....	178
5.59	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación.....	179

5.60	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación.....	179
5.61	Espectro del Punto 1R en la Bomba Guinard.....	180
5.62	Espectro del Punto 1T en la Bomba Guinard.....	180
5.63	Espectro del Punto 2R en la Bomba Guinard.....	181
5.64	Espectro del Punto 2A en la Bomba Guinard.....	181
5.65	Espectro del Punto 2T en la Bomba Guinard.....	182
5.66	Espectro del Punto 1R en la Bomba Guinard.....	182
5.67	Espectro del Punto 1T en la Bomba Guinard.....	183
5.68	Espectro del Punto 2R en la Bomba Guinard.....	183
5.69	Espectro del Punto 2A en la Bomba Guinard.....	184
5.70	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea.....	184
5.71	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea.....	185
5.72	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea.....	185
5.73	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea.....	186
5.74	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea.....	186
5.75	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea.....	187
5.76	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea.....	187
5.77	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea.....	188
5.78	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea.....	188
5.79	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea.....	189
5.80	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea.....	189
5.81	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea.....	190
5.82	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea.....	190
5.83	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea.....	191
5.84	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea.....	191
5.85	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea.....	192
5.86	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea.....	192
5.87	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea.....	193
5.88	Espectro del Punto 1R en el Motor del Radiador.....	193
5.89	Espectro del Punto 1A en el Motor del Radiador.....	194
5.90	Espectro del Punto 1T en el Motor del Radiador.....	194
5.91	Espectro del Punto 2A en el Motor del Radiador.....	195
5.92	Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	195
5.93	Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	196
5.94	Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	196
5.95	Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	197

5.96	Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	197
5.97	Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	198
5.98	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación.....	198
5.99	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación.....	199
5.100	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación.....	199
5.101	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación.....	200
5.102	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación.....	200
5.103	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación.....	201
5.104	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación.....	201
5.105	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación.....	202
5.106	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación.....	202
5.107	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación.....	203
5.108	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación.....	203
5.109	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación.....	204
5.110	Espectro del Punto 1R en la Bomba Guinard.....	204
5.111	Espectro del Punto 1A en la Bomba Guinard.....	205
5.112	Espectro del Punto 1T en la Bomba Guinard.....	205
5.113	Espectro del Punto 2R en la Bomba Guinard.....	206
5.114	Espectro del Punto 2A en la Bomba Guinard.....	206
5.115	Espectro del Punto 2T en la Bomba Guinard.....	207
5.116	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea.....	207
5.117	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea.....	208
5.118	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea.....	208
5.119	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea.....	209
5.120	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea.....	209
5.121	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea.....	210
5.122	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea.....	210
5.123	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea.....	211
5.124	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea.....	211
5.125	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea.....	212
5.126	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea.....	212
5.127	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea.....	213
5.128	Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	213
5.129	Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	214
5.130	Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	214
5.131	Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	215

5.132	Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	215
5.133	Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	216
5.134	Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	216
5.135	Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	217
5.136	Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	217
5.137	Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	218
5.138	Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	218
5.139	Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	219
5.140	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación.....	219
5.141	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación.....	220
5.142	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación.....	220
5.143	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación.....	221
5.144	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación.....	221
5.145	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación.....	222
5.146	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación.....	222
5.147	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación.....	223
5.148	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación.....	223
5.149	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea.....	224
5.150	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea.....	224
5.151	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea.....	225
5.152	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea.....	225
5.153	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea.....	226
5.154	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea.....	226
5.155	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea.....	227
5.156	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea.....	227
5.157	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea.....	228
5.158	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea.....	228
5.159	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea.....	229
5.160	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea.....	229
5.161	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea.....	230
5.162	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea.....	230
5.163	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea.....	231
5.164	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea.....	231
5.165	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea.....	232
5.166	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea.....	232
5.167	Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	233

5.168	Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	233
5.169	Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	234
5.170	Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	234
5.171	Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	235
5.172	Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación.....	235
5.173	Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación.....	236
5.174	Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación.....	236
5.175	Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación.....	237
5.176	Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación.....	237
5.177	Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación.....	238
5.178	Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación.....	238

LISTA DE ABREVIACIONES

A	Amperios
AGMA	American Gear Manufacturers Association
API	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)
BPF	Blade Passing Frequency (Frecuencia de paso de aspas)
CPM	Ciclos Por Minuto
FMEA	Failure Modes and Effects Análisis (Análisis de Modos y Efectos de Fallo)
FFT	Fast Fourier Transform (Transformada Rápida de Fourier)
Fn	Frecuencia natural
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GMF	Gear Mesh Frequency (Frecuencia de Engrane)
Hp	Horse Power (caballo de potencia)
HT	Horas de Trabajo
Hz	Hertzio, hercio o hertz. Unidad de frecuencia del Sistema Internacional de Unidades
IP	Ingress Protection (Tipo de Protección)
ISO	International Standard Organization (Organización Internacional para la Normalización)
KHz	Kilohercios
Kw	Kilovatio
LCD	Liquid Crystal Display (Pantalla de Cristal Líquido)
MCI	Motor de Combustión Interna
MWM	Motoren Werke Mannheim
NEMA	National Electric Manufacturers Association (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos)
Nm	Newton - metro
OT	Órdenes de Trabajo
PSI	Pounds per Square Inch (Libra por Pulgada Cuadrada)
PMS	Punto Muerto Superior
RPM	Revoluciones Por Minuto
RPS	Revoluciones Por Segundo
RMS	Root Mean Square (Raíz Media Cuadrática)
Seg	Segundos
TBD	Motor Diesel con Turbocargador
V	Voltaje

VDI
°C

Asociación Alemana de Ingenieros
Grados Celsius

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1:** Determinación del Estado Técnico de los Grupos de Bombeo
- ANEXO 2:** Historial de Averías
- ANEXO 3:** Fotos en los Grupos de Bombeo
- ANEXO 4:** Categorización de los Grupos de Bombeo
- ANEXO 5:** Normas de Severidad Vibracional
- ANEXO 6:** Medidas Recolectadas con el Medidor Vibracional SPM
- ANEXO 7:** Reglas y Juicios Generales para el Análisis de Espectros
- ANEXO 8:** Diseño de Solicitud para Herramientas
- ANEXO 9:** Solicitud de Materiales E 12 Utilizada en la Empresa

RESUMEN

Se ha aplicado el Mantenimiento Predictivo en los Grupos de Bombeo en la Estación Faisanes con la finalidad de mejorar la gestión de mantenimiento, al seleccionar la técnica predictiva: Análisis Vibracional, en base a las Normas ISO 2372, ISO 10816 e ISO 8528-9 exclusivamente aplicada en el Motor de Combustión Interna; las mediciones en los tres grupos de bombeo fueron realizadas con el Equipo Detector II – Software Trendline 2 y el medidor SPM.

Los resultados denotan problemas de desalineamiento combinado, así como fallas de los acoples y holguras en las bases en los equipos objetos de estudio. No se puede dejar de lado a problemas en las poleas y bandas en la bomba activada por polea. Estos inconvenientes ocasionados por el mal montaje de los equipos o por el tiempo continuo de funcionamiento de los mismos repercuten de una u otra forma en el desempeño funcional en los grupos de bombeo y la detección temprana de estos problemas nos sirve para evitar paradas innecesarias que afectan el bombeo y permiten mejorar las frecuencias a las que actualmente se efectúan las tareas de mantenimiento evitando un despilfarro en los repuestos que pueden seguir siendo utilizados o reemplazando repuestos que se deberían someter a un cambio, es decir las frecuencias de cambio de repuestos empezarán a variar con la ayuda de esta investigación.

Se concluye que la gestión de mantenimiento mejora, por la optimización de los recursos, siendo importante la implementación de este tipo de mantenimiento dentro de la empresa.

SUMMARY

The Predictive Maintenance has been applied in Pumping Groups at the Faisanes Station to improve the maintenance management selecting the predictive technique: Vibration Analysis based on the Norms ISO 2372, ISO 10816 and ISO 8528-9 exclusively applied in the Internal Combustion Motor. Measurements in the three pumping groups were carried out with the Equipment Detector II – Software Trendline 2 and the gauge SPM. The results show combined unlinking up problems, as well as joint and play faults at the bases of the study equipment. It is not possible to forget about problems in the pulleys and bands in the pulley – activated pump. The inconveniences caused by the faulty mounting of the equipment and the continuous functioning cause a repercussion in the functional performance of the pumping groups and the early detection of these problems help avoid unnecessary stops affecting the pumping and permit to improve the frequencies at which the maintenance tasks are carried out avoiding a waste in the spare parts which can be used replacing spare parts to be changed, i.e. the frequency of spare part change will start to vary with the help of this investigation. Consequently, the maintenance management improves because of the resource optimization being important the implementation of this type of maintenance within the enterprise.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Petrocomercial es una empresa nacional de comercialización y transporte de petróleos del Ecuador, es parte de un holding de empresas que llevan adelante la ejecución de políticas de la industria petrolera ecuatoriana.

Dentro de esta estructura organizacional, Petrocomercial se encarga de transportar, almacenar, comercializar y garantizar el oportuno y normal abastecimiento de los derivados del petróleo en todo el país. De ahí su importancia al constituirse en el nexo imprescindible que permite que todos los sectores urbanos y rurales de la Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos continúen avanzando en su camino hacia el desarrollo nacional.

Petrocomercial cuenta con una red de poliductos ubicados estratégicamente e interconectados entre sí, que atraviesan las tres regiones del Ecuador Continental. Transportan gasolina, diésel y gas licuado de petróleo GLP, desde las Refinerías de Petroindustrial y los terminales marítimos, hasta los centros de despacho y de ahí a las comercializadoras.

Son aproximadamente 1300 kilómetros de poliducto, cuya capacidad de bombeo, permite transportar alrededor de 6 millones de galones diarios de combustible, a través de 9 diferentes líneas, que interconectadas entre sí, abastecen a todos los sectores sociales y productivos del país.

En la actualidad la empresa posee un plan de mantenimiento preventivo programado, el cual sirve de base para aplicar un mantenimiento predictivo a los equipos que forman parte de los grupos de bombeo en la estación “Faisanes” la misma que pertenece al poliducto “Esmeraldas – Santo Domingo – Quito – Pascuales”.

La estación “Faisanes” ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo ingresando por el sector “La Palma” de la vía Santo Domingo – Quito a 35 kilómetros por la vía antigua Santo Domingo – Chiriboga, es una estación de re bombeo que recibe los distintos productos (Gasolina súper, gasolina extra, diesel, jet fuel) desde la estación de “Santo Domingo” y lo bombea hasta la estación de “Corazón”. Existen tres grupos de bombeo cada uno consta de un MCI a diesel de 8 cilindros, un Incrementador de Velocidad de

engranajes helicoidales y una Bomba Multi – etapas (5 etapas). Dos grupos trabajan en serie uno en baja y otro en alta; mientras que el tercer grupo permanece en stand – by, para entrar en línea cuando se lo requiera.

1.2 Justificación

Tomando en cuenta la importancia de cada una de las máquinas pertenecientes a los grupos de bombeo de la estación, es necesario no solo tener una planificación de tareas de mantenimiento preventivo programado sino también un sistema de monitoreo y una programación con tareas de mantenimiento predictivo para aumentar la disponibilidad de las máquinas y disminuir el tiempo de paradas innecesarias, poder llevar un control más exhaustivo y efectivo de las máquinas optimizando al máximo los recursos requeridos al realizar el mantenimiento.

Además con este trabajo se deja como base un modelo para implementar un Programa de Mantenimiento Predictivo en su técnica análisis de vibraciones, con los aspectos básicos que requiere este tipo de programación, principalmente referido al establecimiento de rutas de medición, puntos de medición y frecuencia para cada una de las tareas; de tal manera que los datos que se comiencen a recolectar se conviertan en información para un análisis más real en la predicción de fallos.

Si bien las actuaciones con mantenimiento predictivo pasan por unos inconvenientes iniciales de elevados costos de inversión en tecnología y formación, la rentabilidad de la misma a medio y largo plazo se evidencia principalmente en: La reducción de los repuestos en bodega adquiriéndolos cuando se detecta el problema en su fase primaria e interviniendo en la máquina cuando realmente es necesario ya que se cuenta con un conocimiento del estado de la máquina en todo instante.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Aplicar el mantenimiento predictivo en los grupos de bombeo de la Estación Faisanes del poliducto: Esmeraldas – Santo Domingo – Quito – Pascuales – perteneciente a Petrocomercial filial de Petroecuador.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis del estado técnico actual de los grupos de bombeo.
- Establecer el tipo de mantenimiento que lleva la empresa, así como la administración del mismo.
- Seleccionar la técnica predictiva en función de los equipos, existencia de instrumentos en la empresa e instrucción del personal encargado del mantenimiento mecánico.
- Determinar la ubicación de los respectivos puntos para el monitoreo predictivo.
- Establecer los procedimientos para las diferentes tareas del mantenimiento predictivo a realizarse.
- Elaborar la planificación y programación del mantenimiento predictivo.
- Evaluar los resultados obtenidos en cada grupo de bombeo.

CAPÍTULO II

2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO

2.1 Introducción

En los últimos años, las diversas normas de calidad y la presión competitiva han obligado a las empresas a transformar sus departamentos de mantenimiento. Estos cambios presumen pasar de ser un departamento que realiza reparaciones y cambia piezas o máquinas completas, a una unidad con un alto valor en la productividad total de la empresa, mediante la aplicación de nuevas técnicas y prácticas de mantenimiento.

En la situación actual es imprescindible, tanto en las grandes como en las medianas empresas, la implantación de una estrategia de mantenimiento predictivo para aumentar la vida de sus componentes, mejorando así la disponibilidad de sus equipos y su confiabilidad, lo que repercute en la productividad de la planta.

En el presente, el desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado una sensible evolución en la industria mundial, todo esto bajo la influencia determinante de la electrónica, la automática y las telecomunicaciones, exigiendo mayor preparación en el personal de operaciones como en el de mantenimiento.

Pero no remediamos nada con grandes tecnologías que presuponen diseños e innovaciones, si no mantenemos con una alta disponibilidad nuestra industria; ya que la industria tiene que distinguirse por una correcta explotación y un mantenimiento eficaz.

Entonces, la operación correcta y el mantenimiento oportuno constituyen vías decisivas para cuidar la maquinaria utilizada en la elaboración de un producto.

2.2 Definición de Mantenimiento Preventivo

Está basado en la sustitución de componentes en función de periodos de tiempo u horas de operación, siendo necesario parar la máquina para realizar una actividad preventiva, es decir; se analizan las historias de cada máquina y se programan reacondicionamientos periódicos antes de que ocurran los problemas que estadísticamente se pueden esperar. Por otro lado es conocido que grupos de máquinas similares van a tener proporciones de fallas que se pueden predecir hasta cierto punto, si se toman promedios durante un tiempo largo.

Esto produce la “Curva de la Bañera” que relaciona la proporción de fallas al tiempo de operación de la manera siguiente:

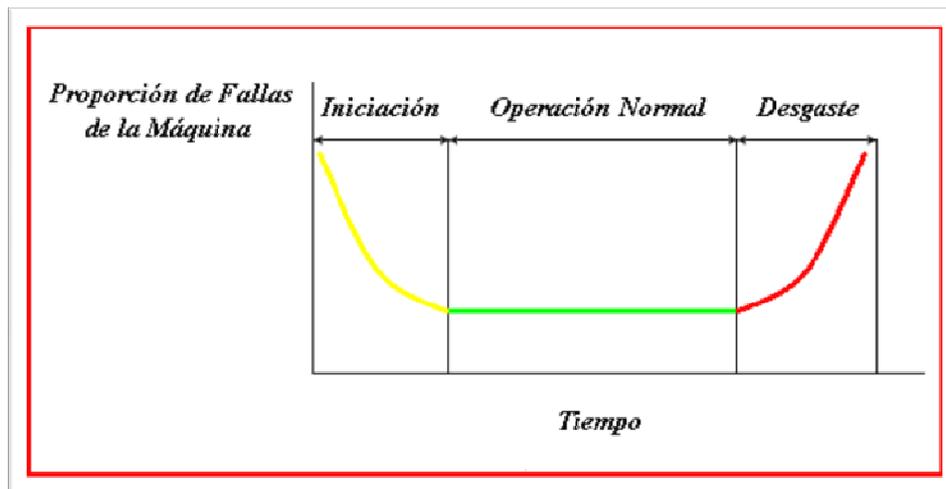


Figura 2.1: Curva de la Bañera

Si esta curva es aplicable a todas las máquinas del grupo, y si la forma de la curva es conocida, se podría usar el mantenimiento preventivo de manera ventajosa. Lamentablemente eso no es el caso en la práctica.

“Cuanto más viejo es un equipo, más probable es que falle”

La aplicación para un Mantenimiento Preventivo puede justificarse si:

- Al realizar la tarea se reduce la probabilidad de producción de fallos en el futuro.
- El costo total de aplicar este mantenimiento es sustancialmente menor que el de un mantenimiento correctivo.
- La observación de la condición del elemento no es técnicamente factible o es económicamente inaceptable.

2.2.1 Ventajas

- Evitar la producción de fallos, que en algunos casos pueden tener consecuencias catastróficas tanto para el usuario como para el entorno.
- Prever por anticipado todos los recursos necesarios para la aplicación de este mantenimiento, evitando posibles interrupciones costosas.

2.2.2 Desventajas

- Siempre es necesario parar la máquina para realizar una actividad preventiva.
- Se reemplazan prematuramente la mayoría de los elementos, independientemente de su estado, dando como resultado un sobre-mantenimiento, lo que implica un alto costo por periodos improductivos, y un alto consumo de repuestos.

Para evitar este inconveniente se deberá recurrir a un control de ciertos parámetros que permitan identificar el momento más conveniente en el que se deben realizar las tareas de mantenimiento preventivo y que la ejecución de estas tareas esté basada en el estado real del equipo, para lo cual es importante contemplar la inclusión de técnicas de mantenimiento predictivo.

2.2.3 Mantenimiento Preventivo Planificado

Debido a la complejidad de los equipos y a que existen varias causas de posibles fallas, es necesario desarrollar una serie de tareas de mantenimiento preventivo, algunas basadas en las condiciones y otras en el tiempo, para el mismo equipo, y consolidarlas en un plan de mantenimiento preventivo.

Si la probabilidad de la falla aumenta gradualmente con el tiempo, la edad o el uso, entonces las tareas de mantenimiento tienen que basarse en el tiempo.

Por ejemplo pueden ser tareas que implican reemplazos periódicos de componentes que restablecen al equipo mejores condiciones de funcionamiento.

Esta tarea podría variar en complejidad desde una reparación general completa de toda la unidad hasta el simple reemplazo de un filtro.

Si por otra parte, existe una degradación gradual desde el principio de la falla, las tareas de mantenimiento pueden basarse en las condiciones.

El plan de mantenimiento preventivo presentará tareas agrupadas por periodicidad, (es decir: diaria, semanal o anualmente, por horas de operación, por ciclos, etc.), y estarán agrupadas por oficio (es decir: mecánico, electricista, operador, técnico, etc.).

2.3 Definición del Mantenimiento Predictivo [1]

Es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Se realiza de acuerdo al estado actual de la máquina, la condición del equipo se establece mediante inspecciones periódicas las cuales pueden consistir en:

- Toma de vibraciones
- Pruebas eléctricas
- Termografía
- Análisis de aceites
- Medición por ultrasonido

2.3.1 Ventajas

- Mejora los costos de producción evitando paradas innecesarias.
- Alarga la vida útil de las máquinas.
- Reduce los costos de mantenimiento.
- Mantener una alta disponibilidad de las máquinas.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Permite determinar el verdadero y óptimo momento para el cambio de repuestos.
- Disminuye los tiempos de reparaciones conociendo de antemano las causas de los problemas.
- La verificación del estado de la maquinaria, realizada de forma periódica, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.

2.3.2 Desventajas

La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado.

Es necesario capacitar al personal sobre las distintas técnicas a utilizar para que estén en capacidad de recolectar e interpretar los datos que genera el equipo analizado y tomar conclusiones en base a ellos.

La aplicación de este tipo de mantenimiento depende del tamaño de la empresa.

Es necesario manejar un adecuado programa y control de mantenimiento preventivo planificado, previo a la aplicación.

Para reparar y anticiparse al fallo, se planifica y se programa un plan de mantenimiento preventivo que se debe llevar a cabo con cierta frecuencia; pero lo que no se está teniendo en cuenta es el riesgo que corremos dado que el fallo puede presentarse en cualquier momento.

Cuanto antes se detecte la presencia de un fallo más tiempo tendremos para **Planificar** y **Programar** la intervención de Mantenimiento que no se hará más a intervalos fijos sino en función de la necesidad.

2.4 Técnicas Aplicadas en Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo busca detectar lo antes posible la aparición de los fallos desde el instante en que se inician los primeros síntomas, para evitar su desarrollo hasta el fallo total, lo que produciría que las máquinas que estén operando en línea paren la producción para que entren en línea la máquina que está en stand – by o como en la mayoría de industrias no cuentan con esta ventaja definitivamente se para la producción lo que implicarán pérdidas.

Para este fin, se dispone hoy de una serie de técnicas que se nombran a continuación; pero detallando aquella que proporciona mayor información de los posibles problemas que pueden presentarse en una máquina, es decir la más utilizada en el campo del mantenimiento predictivo, sin dejar a un lado el resto de técnicas que permiten ser un complemento para la predicción de fallas

2.4.1 Análisis de Vibraciones

Antes de realizar un estudio profundo sobre aquellos problemas que puede causar los niveles altos de vibración, es necesario conocer aquellos conceptos básicos que son de vital importancia dentro del presente análisis.

Esta es una técnica predictiva que ha sido utilizada como un indicador del estado técnico de componentes de máquinas y por ende de las mismas, pudiéndose a través de la medición de vibraciones, detectar e identificar fallos ya desarrollados o en período de desarrollo prematuro.

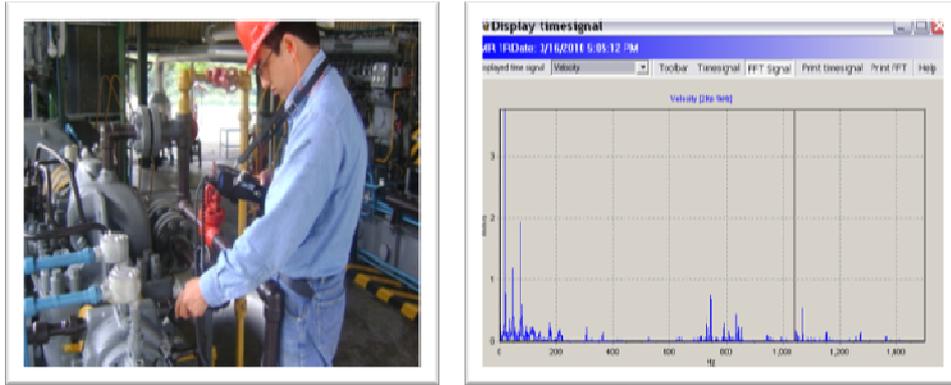


Figura 2.2 : Técnica de Análisis Vibracional

El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan.

Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

2.4.1.1 Parámetros de las Vibraciones

- *Período:* Es el tiempo requerido para cumplir un ciclo, es decir cuánto se demora un cuerpo en volver a su posición original en las condiciones iniciales expresada en minutos, segundos, etc.
- *Frecuencia:* Es el número de ciclos en la unidad de tiempo, medido en CPM (ciclos por minuto) o ciclos por segundo (CPS o HZ).
- *Fase:* Es una medida de la diferencia de tiempo entre dos ondas senoidales, se mide en grados o radianes.
- *Desplazamiento:* Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo de su movimiento al otro.
- *Velocidad y Aceleración:* Son los valores derivados del desplazamiento, siendo la velocidad un parámetro importante para el análisis vibracional en las graficas de los espectros.
- *Dirección:* Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones; radial, axial y tangencial.

2.4.1.2 Tipos de Vibraciones

- *Vibración libre:* es aquella que se mantiene solamente con las fuerzas inherentes del sistema; su elasticidad e inercia, aquí las fuerzas externas son nulas.

- *Vibración forzada*: es causada por un sistema de fuerzas externas que se mantienen constantes durante el movimiento.

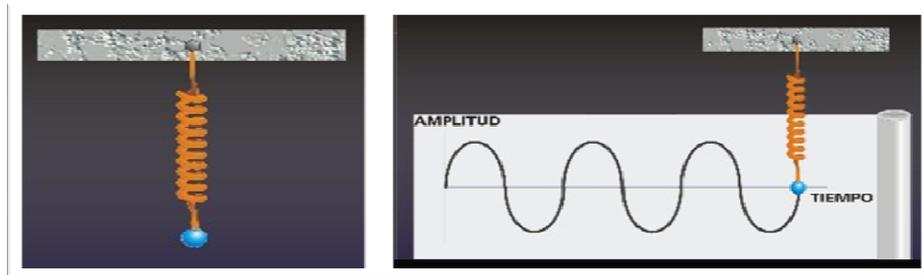


Figura 2.3: Ilustración de una Vibración

2.4.1.3 Fundamentos del Análisis de Vibración [2]

2.4.1.3.1 Transformada de Fourier

Existen otras formas para realizar un estudio de vibraciones, entre las cuales se encuentra mirar esta señal en el dominio de la frecuencia, esta es la gráfica de Amplitud vs Frecuencia y es conocida con el nombre de espectro; siendo esta la mejor herramienta que se tiene actualmente para el análisis de maquinaria.

Entonces lo que hace un analizador de espectros que trabaja con la transformada rápida de sinusoidales que contiene la señal compleja y por último las muestra en forma individual en el eje x de la frecuencia, a continuación (fig.2.4) puede notarse claramente la señal compleja (en color verde), capturada desde una máquina; a dicha señal se le calculan todas las series de señales sinusoidales en el dominio del tiempo (vistas en azul) y por último se muestra cada una en el dominio de la frecuencia (vistas en rojo). La figura 2.4 muestra una señal en el dominio del tiempo y su correspondiente en el dominio de la frecuencia.



Figura 2.4: Formación del Espectro de Vibración

En el conjunto de categorías clasificadas se presentarán los espectros característicos de las fallas más comunes. Estos espectros han sido el fruto de muchos estudios y se convierten en "patrones" que ayudan a descubrir los problemas que pueden suceder en una máquina.

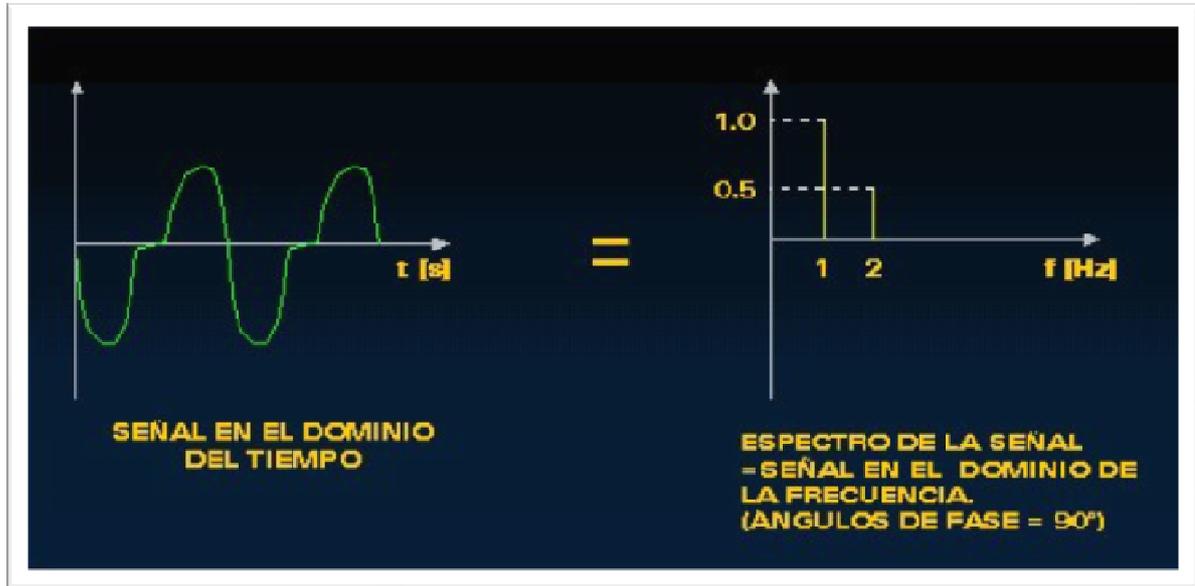


Figura 2.5: Señal en el Dominio del Tiempo y su Equivalente en el Dominio de la Frecuencia

2.4.1.3.2 Frecuencia Natural:

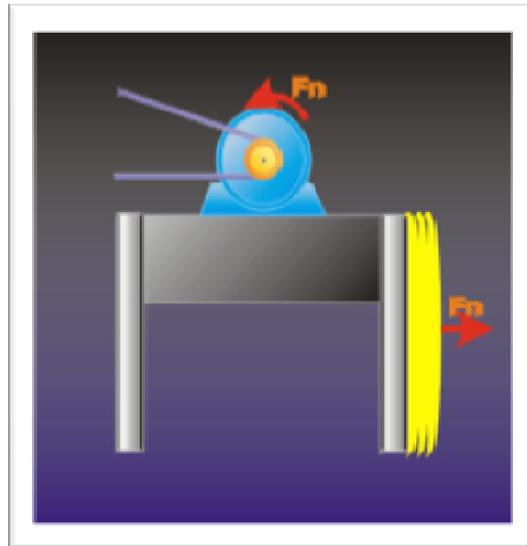


Figura 2.6: Frecuencia Natural

La frecuencia natural depende de las características estructurales de la máquina, tales como su masa, su rigidez y su amortiguación, incluyendo los soportes y tuberías adjuntas a ella. Y no depende de la operación de la máquina, a no ser que la rigidez sea función de la velocidad.

Si esta frecuencia natural es excitada por un agente externo, la amplitud de vibración de la máquina se incrementará enormemente causando perjuicios que en algún momento pueden llegar a ser catastróficos. Esto es lo que se conoce con el nombre de resonancia.

Cuando una resonancia es detectada, se hace necesario identificar el agente externo que la está produciendo e inmediatamente debe aislarse estructuralmente o cambiar su velocidad de operación.

La figura anterior muestra un motor que gira a una velocidad muy cercana a la frecuencia natural de una estructura.

2.4.1.4 Problemas Más Frecuentes que Causan Vibraciones

A continuación detallamos las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar.

DESBALANCEO



Figura 2.7: Desbalanceo

DESBALANCE EN UN PLANO:

Generalmente producido por desgaste radial superficial no uniforme en rotores en los cuales su largo es despreciable en comparación con el diámetro. El espectro presenta vibración dominante con una frecuencia igual a 1 X RPS del rotor.

DINÁMICO:

Ocurre en rotores medianos y largos. Es debido principalmente a desgastes radiales y axiales simultáneos en la superficie del rotor. El espectro presenta vibración dominante y vaivén simultáneo a frecuencia igual a 1 X RPS del rotor.

PANDEO EN EJE

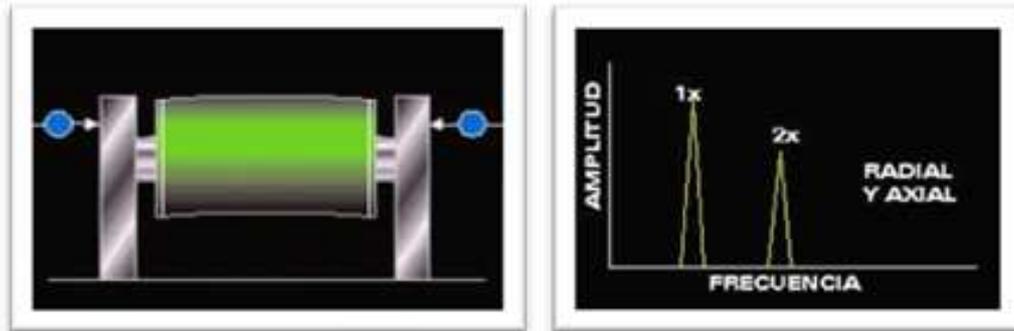


Figura 2.8: Pandeo en Ejes

Es más común en ejes largos, se produce por esfuerzos excesivos en el eje. Genera Vibración AXIAL alta con diferencia de fase de 180 grados medida en los dos soportes del rotor.

La vibración dominante es de 1X RPS si el pandeo está cercano al centro del eje, y es de 2X RPS si el pandeo está cerca del rodamiento.

DESALINEACIÓN ANGULAR

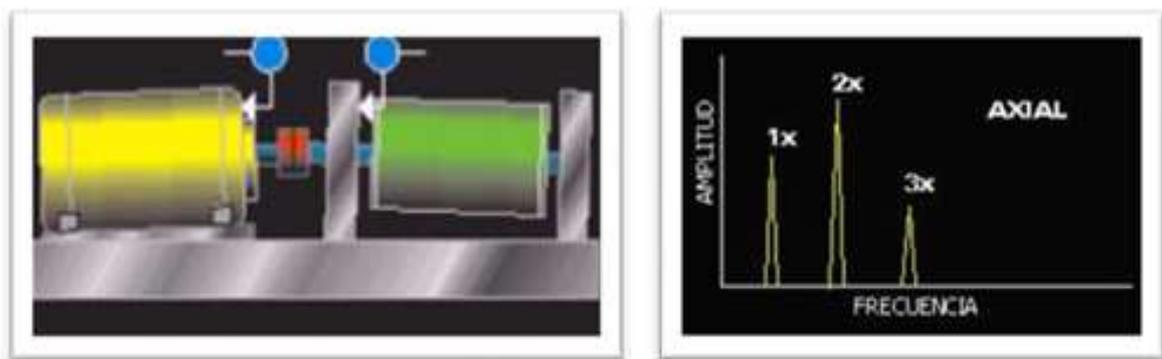


Figura 2.9: Desalineación Angular

Ocurre cuando el eje del motor y el eje conducido unidos en el acople, no son paralelos. Caracterizado por altas vibraciones axiales. 1 X RPS y 2 X RPS son las más comunes, con desfase de 180 grados a través del acople.

También se presenta 3 X RPS. Estos síntomas también indican problemas en el acople.

DESALINEACIÓN PARALELA

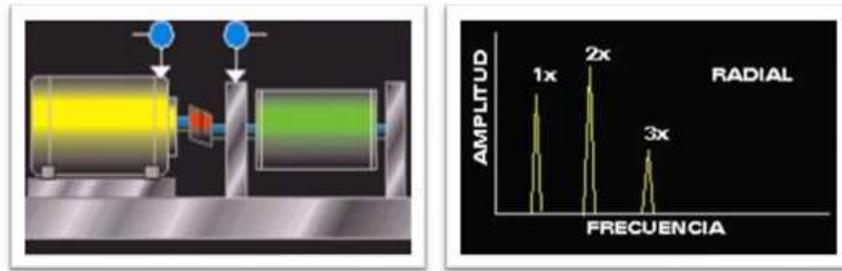


Figura 2.10: Desalineación Paralela

Los ejes del motor y del rotor conducido están paralelos, pero no son colineales. Se pueden detectar altas vibraciones radiales a 2 X RPS, predominante, y a 1 X RPS, con desfase de 180 grados a través del acople.

DESALINEACIÓN DE RODAMIENTO

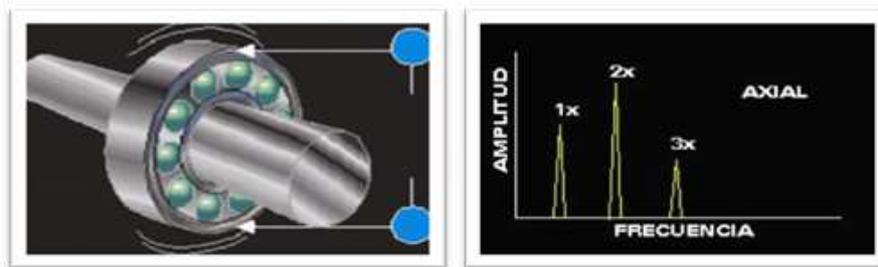


Figura 2.11: Desalineación de Rodamiento

El rodamiento ha sido ensamblado torcido, respecto de su alojamiento y/o de su eje interior. Genera armónicos a 1 X, 2 X y 3X RPS con 2X predominante en dirección axial. Frecuentemente se observa un fenómeno de cambio de fase, en mediciones axiales, a lo largo de la circunferencia del sello.

HOLGURA MECÁNICA

HOLGURA EJE-AGUJERO

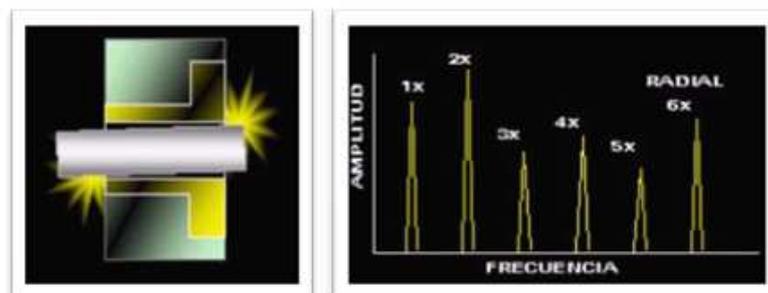


Figura 2.12: Holgura Eje – Agujero

Aflojamiento de manguitos, tolerancias de manufactura inadecuadas (con juego), y holgura entre el impulsor y su eje en bombas. Causa un truncamiento en la forma de onda en el dominio del tiempo.

La falla genera múltiples armónicos y subarmónicos de 1 X RPS, destacándose los armónicos fraccionarios 1/2 X, 1/3 X, 1.5 X, 2.5 X, Frecuentemente la fase es inestable y el nivel máximo tiende a una dirección notable realizando lecturas radiales espaciadas 30 grados entre sí.

EN SUJECIÓN:

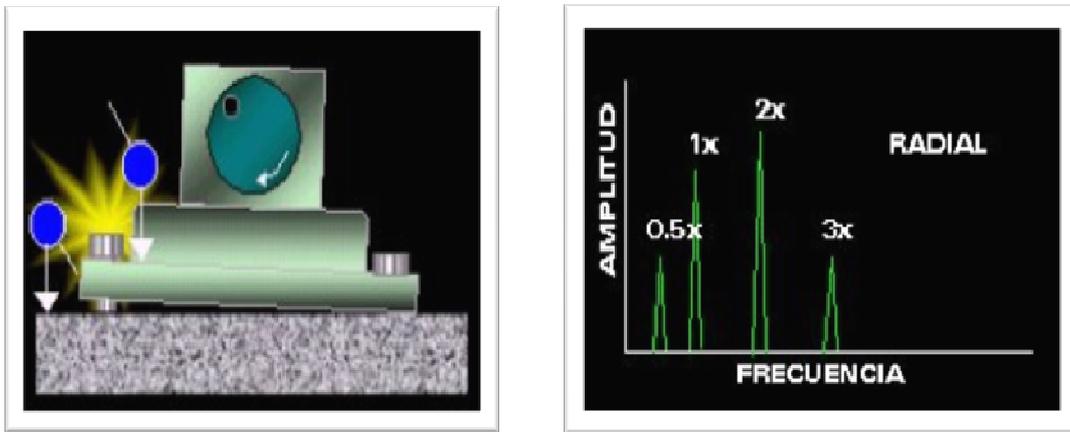


Figura 2.13: Holgura en Sujeción

Aflojamiento o pérdida de tuercas o fracturas en la estructura de soporte. Armónicos a 0.5X, 1 X, 2 X, y 3 X con predominante 2 X RPS, en dirección de la falla.

Altamente direccional en la dirección de sujeción.

FATIGA ESTRUCTURAL:

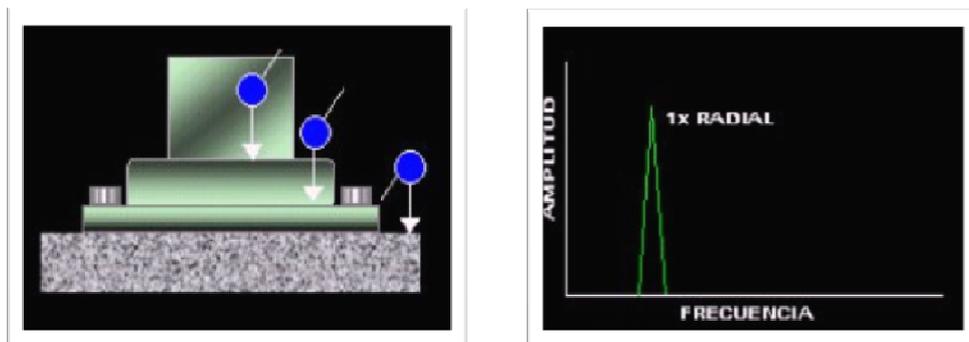


Figura 2.14: Fatiga Estructural

Ablandamiento o sobredesplazamiento del pie de la máquina, por holgura en los pernos de la base o por deterioro de los componentes de la sujeción.

El espectro presenta vibración a 1 X en la base de la máquina con desfase de 180 grados entre los elementos sujetos en el anclaje. Altamente direccional en la dirección de la sujeción.

PROBLEMAS DE LUBRICACIÓN

DEFECTO DE LUBRICACIÓN:

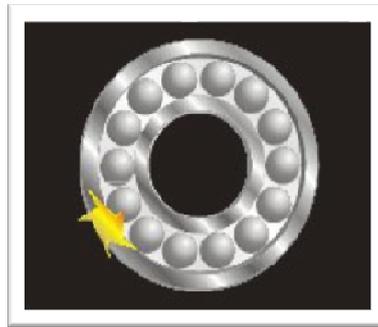


Figura 2.15: Problemas de Lubricación

Puede suceder por pérdida de propiedades del lubricante tales como viscosidad debido a temperatura excesiva o por contaminación. También puede ser producido por falta de cumplimiento con el programa de lubricación.

El espectro muestra presencia de vibración aleatoria al inicio del espectro en bajas frecuencias o presencia de ruido de piso en frecuencias medias. Revisar el programa de lubricación de la máquina, lubricar y medir de nuevo en dos horas. Se debe hacer un seguimiento en las siguientes mediciones.

CONTACTO METAL-METAL:

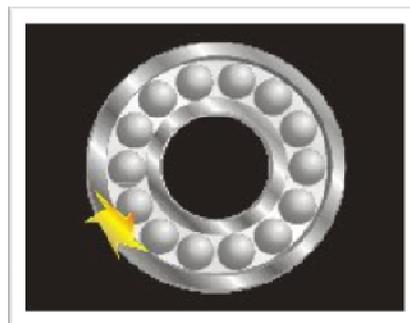


Figura 2.16: Contacto Metal – Metal

Se produce por falta de lubricante, por contaminación de agua o polvo que no deja trabajar correctamente el lubricante o por exceso de velocidad.

El espectro muestra presencia de vibración aleatoria en rangos específicos del espectro, localizada en altas frecuencias por encima de 1 KHz. Si el contacto es primitivo y alrededor de los 400 a los 900 Hz cuando es avanzado.

ROTOR ROZANTE

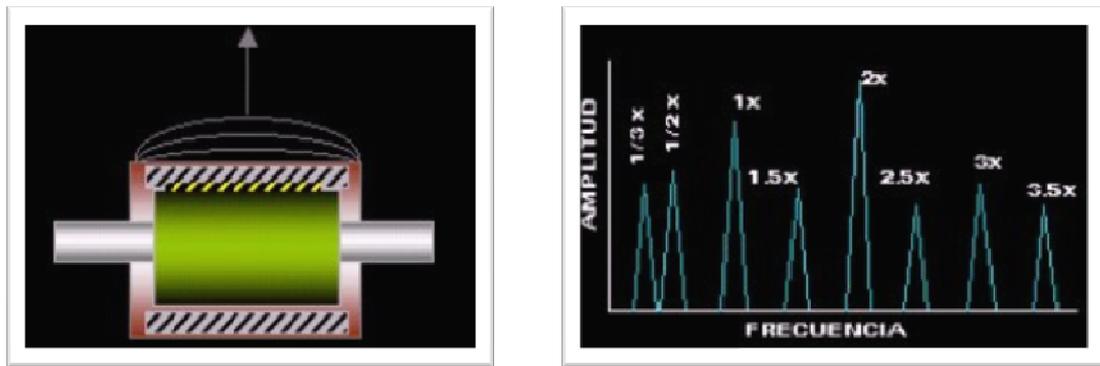


Figura 2.17: Rotor Rozante

Puede ser muy serio y de poca duración si es causado por el eje en contacto con el metal antifricción del rodamiento; y menos serio cuando el eje está rozando un sello o un acople está presionado contra el eje.

El espectro es similar al de holgura mecánica entre eje y agujero. Se genera una serie de frecuencias excitando una o más resonancias. También excita subarmónicos de fracciones enteras a velocidad nominal ($1/2X$, $1/3X$,..., $1/nX$).

FALLAS EN ENGRANAJES

DESGASTE EN DIENTE:

Ocurre por operación más allá del tiempo de vida del engranaje, contaminación de la grasa lubricante, elementos extraños circulando en la caja del engrane o montaje erróneo.

Su espectro se caracteriza por la aparición de bandeamiento lateral alrededor de la frecuencia natural de vibración (f_n) del engrane defectuoso. El espaciado de las bandas laterales es 1 X RPS del engrane defectuoso.

Si el desgaste es avanzado, hay sobreexcitación de la GMF. Para solucionar el problema debe cambiar o rectificar el engranaje (sólo si este no está sometido a grandes cargas y la urgencia lo amerita).

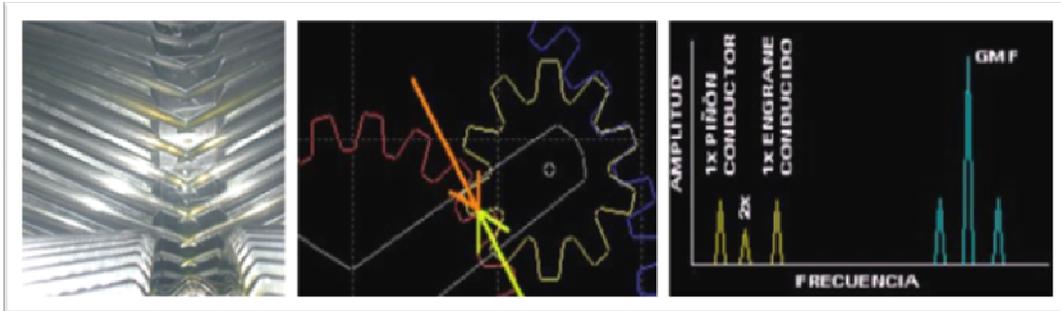


Figura 2.18: Problemas de Desgaste en Dientes

BANDAS

DISTENSIÓN:

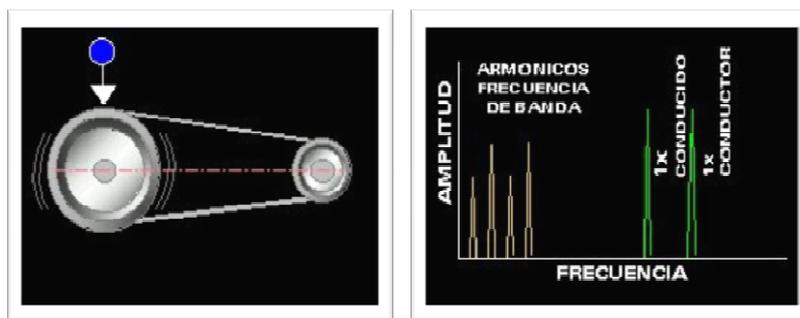


Figura 2.19: Problemas de Distensión en Bandas

Ocurre por sobrepaso de la vida útil de la banda, o por desgaste excesivo de la misma. Las frecuencias de bandas siempre están por debajo de la frecuencia del motor o máquina conducida, se encuentran cuatro picos y generalmente predomina el de 2x frecuencia de banda.

DESALINEACIÓN EN POLEAS:

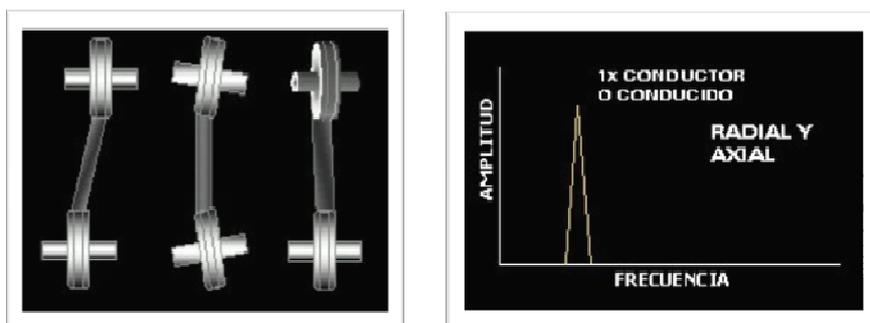


Figura 2.20: Desalineación de Poleas

Puede ocurrir porque los ejes de las poleas no están alineados o porque las poleas no están paralelas. También pueden ocurrir ambos casos simultáneamente. Produce alta vibración axial a 1x RPS de la conductora o la conducida, generalmente la conducida. La buena medida de las amplitudes de las vibraciones depende de donde sean tomados los datos.

FLUJO DE LÍQUIDOS

FRECUENCIA DE ASPAS (L):

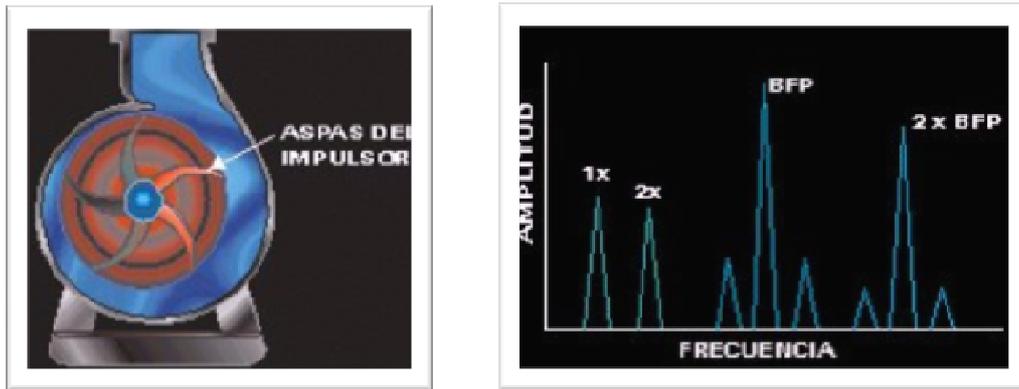


Figura 2.21: Frecuencia de Aspas

Frecuencia a la cual, cada aspa pasa por un punto de la carcasa. Producida por obstrucciones, cambios abruptos de direcciones o desgastes de juntas.

La BPF (frecuencia de paso de aspas) es excitada en sus primeros dos armónicos con bandeamientos laterales. La BPF es igual al número de aspas por la frecuencia. La BPF algunas veces coincide con la frecuencia natural lo cual causa altas vibraciones.

CAVITACIÓN:

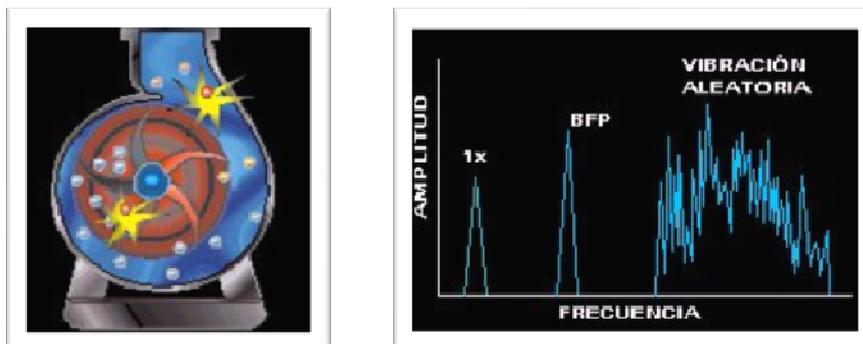


Figura 2.22: Problemas de Cavitación

Es la entrada de aire o vaporización de un fluido dentro de la bomba. Ocurre cuando la presión de fluido es menor que la presión de vapor a esta temperatura. La cavitación causará erosión a las partes internas de la bomba. El espectro muestra una vibración caótica que se presenta a altas frecuencias (del orden de 2000 Hz).

FLUJO DE GASES

FRECUENCIA DE ASPAS (G):

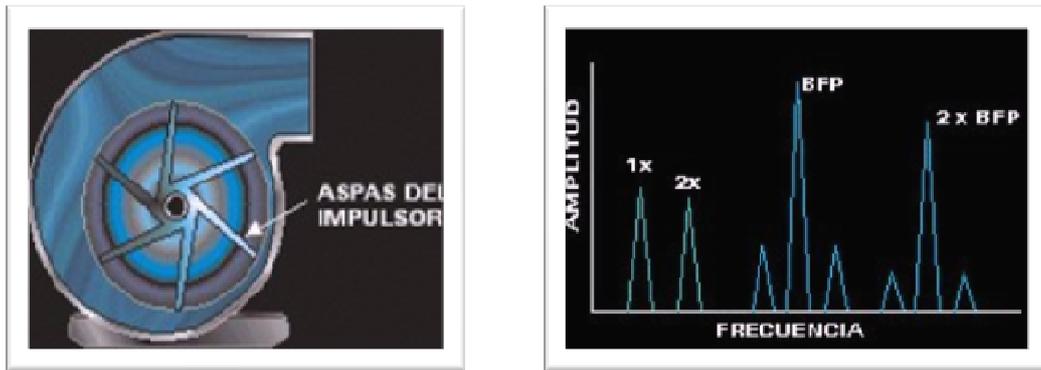


Figura 2.23: Frecuencia de Aspas

Frecuencia a la cual, cada aspa pasa por un punto de la cubierta, es producida por obstrucciones o cambios abruptos de direcciones.

La BPF (frecuencia de paso de aspas) es excitada en sus primeros dos armónicos con bandeamientos laterales., esta es igual al número de aspas por la frecuencia y algunas veces coincide con la frecuencia natural lo cual causa altas vibraciones.

TURBULENCIA ANÓMALA (G):

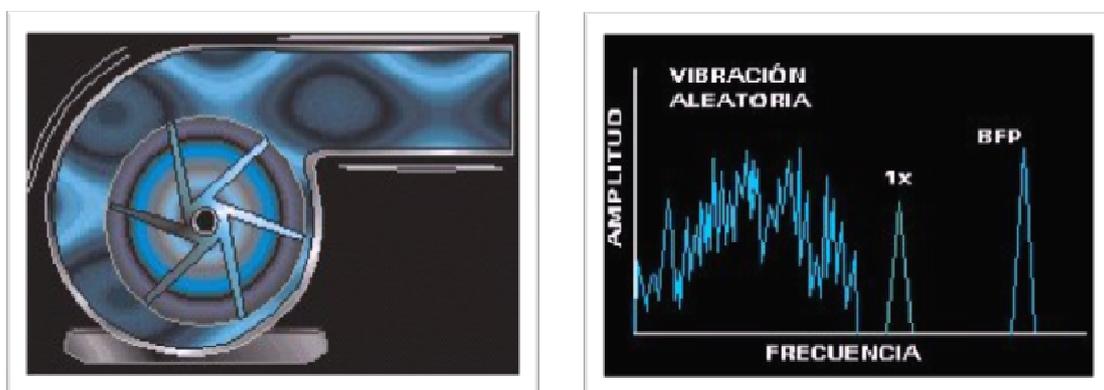


Figura 2.24: Problemas de Turbulencia Anómala

Se crea por las variaciones de velocidad o presión del aire pasando a través de un ventilador o red de ventilación. El espectro muestra una vibración anómala a baja frecuencia que generalmente está entre 0.3 y 30 Hz, siempre por debajo de la velocidad nominal.

FALLAS EN RODAMIENTOS

FALLA EN PISTA INTERNA:

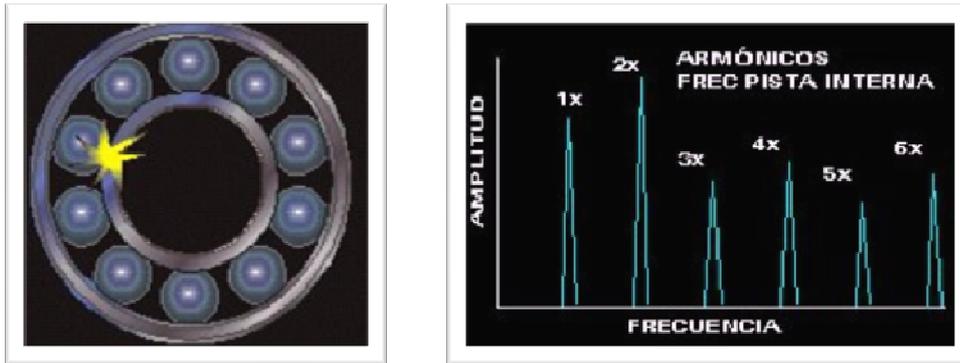


Figura 2.25: Fallas en la Pista Interna

Agrietamiento o desastillamiento del material en la pista interna, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPS la frecuencia de falla de la pista interna, en dirección radial.

FALLA EN PISTA EXTERNA:

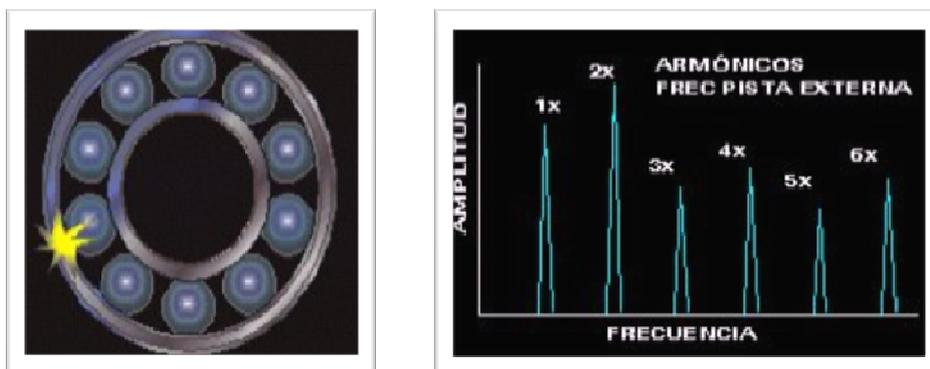


Figura 2.26: Fallas en la Pista Externa

Agrietamiento o desastillamiento del material en la pista externa, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPS la frecuencia de falla de la pista externa, en dirección radial.

FALLA EN ELEMENTOS RODANTES:

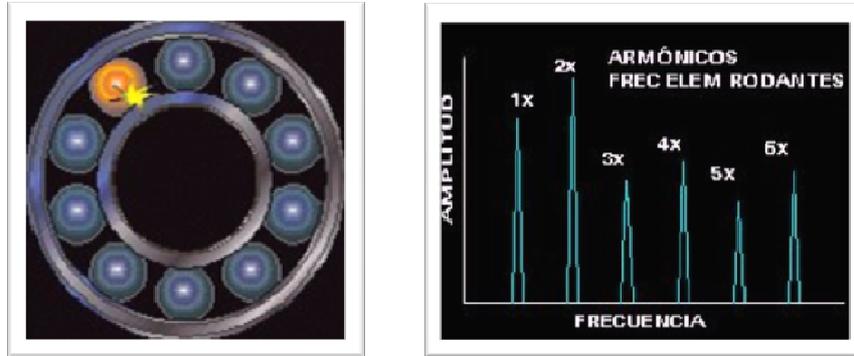


Figura 2.27: Fallas en los Elementos Rodantes

Agrietamiento o desastillamiento del material en los elementos rodantes, producido por errores de ensamble, esfuerzos anormales, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPS la frecuencia de falla de los elementos rodantes, en dirección radial.

DETERIORO DE JAULA:

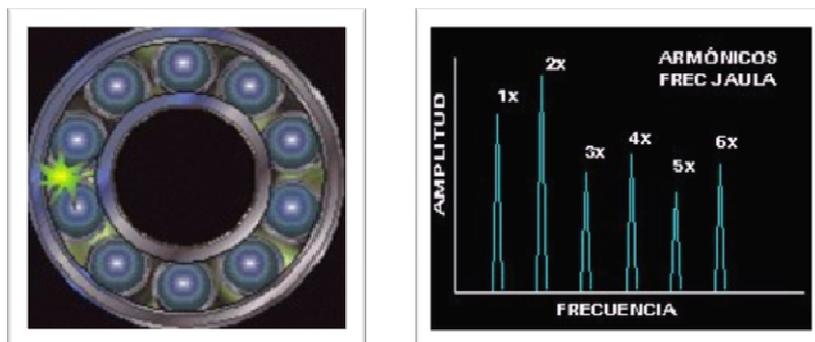


Figura 2.28: Deterioro de la Jaula

Deformación de la jaula, caja o cubierta que mantiene en su posición a los elementos rodantes. Se produce una serie de armónicos de la frecuencia de la jaula siendo los picos predominantes 1X y 2X RPS de la frecuencia de falla en jaula, en dirección radial o axial.

2.4.2 Análisis de Lubricantes

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según:

- **Análisis Iniciales:** Se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación.
- **Análisis Rutinarios:** Se aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros.
- **Análisis de Emergencia:** Se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y/o lubricante, según: Contaminación con agua, sólidos (filtros y sellos defectuosos) y uso de un producto inadecuado.



Figura 2.29: Técnica de Análisis de Lubricantes

En cada muestra podemos estudiar los siguientes factores que afectan a nuestra máquina:

1. Elementos de desgaste: Hierro, Cromo, Molibdeno, Aluminio, Cobre, Estaño, Plomo.
2. Conteo de partículas: Determinación de la limpieza, ferrografía.
3. Contaminantes: Silicio, Sodio, Agua, Combustible, Hollín, Oxidación, Nitración, Sulfatos, Nitratos.
4. Aditivos y condiciones del lubricante: Magnesio, Calcio, Zinc, Fósforo, Boro, Azufre, Viscosidad.
5. Gráficos e historial: Para la evaluación de las tendencias a lo largo del tiempo.

2.4.3 Análisis por Ultrasonido

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos, estas frecuencias no son perceptibles por el oído humano, el ultrasonido permite una mayor profundidad de penetración en el material del elemento a ser estudiado.



Figura 2.30: Técnica de Ultrasonido

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente. De modo que la medición de ultrasonido es en ocasiones complementaria con la medición de vibraciones.

2.4.4 Termografía

Es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión, debido a que todo fallo electromecánico antes de producirse genera calor. Este calor o elevación de temperatura puede ser una elevación súbita que comienza a manifestarse lentamente.

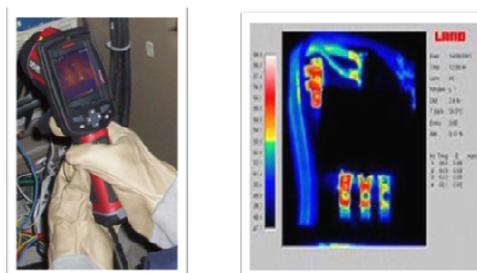


Figura 2.31: Técnica de Termografía

2.4.5 Análisis FMEA

La intención es identificar las áreas o ensambles que es más probable que den lugar a fallos del conjunto.

El FMEA define la función, como la tarea que realiza un componente por ejemplo, la función de una válvula es abrir y cerrar y los modos de fallo son las formas en las que el componente puede fallar.

La válvula fallará en la apertura si se rompe su resorte, pero también puede tropezar en su guía o mantenerse en posición de abierta por la leva debido a una rotura en la correa de árbol de levas.

Esta técnica es útil para evaluar soluciones alternativas a un problema pero no es fácil de usar con precisión en nuevos diseños.

2.5 Equipo Utilizado para Realizar el Mantenimiento Predictivo en la Técnica de Análisis Vibracional

Para efectuar un monitoreo continuo con la técnica de análisis vibracional existen herramientas de vital importancia, estos son los equipos colectores y analizadores de vibraciones, así como los equipos que nos ayudan a corregir los problemas consecuentes de un severo nivel vibracional.

Estos equipos y herramientas pueden depender de los requerimientos y capacidad adquisitiva de los usuarios a continuación se mencionan a los equipos utilizados en nuestro análisis.

2.5.1 Colector de Vibraciones FAG DETECTOR 2.0



Figura 2.32: FAG Detector 2.0

FAG Detector II permite la medición de vibraciones y la recogida de datos en un solo aparato. Este aparato fue desarrollado junto con el correspondiente PC-Software Trendline para el control del registro de datos offline.

FAG Detector II es muy apropiado para el control de grandes plantas de producción, ahorrando esfuerzos durante una larga ronda de medición. Con este aparato se pueden determinar los valores característicos de aceleración y velocidad de las vibraciones, en bandas de frecuencias ajustables.

Las vibraciones de las máquinas podrán obtenerse según ISO 10816, al igual que el estado del rodamiento, con el procedimiento de detección de envolvente. Además se pueden guardar las señales brutas y de envolvente y así llevar un análisis más profundo de las señales en gamas de frecuencias y de tiempo.

Los desequilibrios y errores de alineación pueden ser detectados, igual que los daños de los rodamientos, o problemas en los engranajes. Además, el aparato está dotado de un sensor de temperatura independiente.

El usuario puede crear sus propias rutas, y el aparato le guiará entonces de un punto de medición al otro. Se puede fijar el sensor de aceleración a la máquina con una base magnética. El usuario puede dejar establecida una “ruta de medición” cuando quiera, y añadir sin problema otros puntos de medición.

EL FAG Detector II mide las señales de vibración en puntos de medición establecidos con un sensor, y calcula los valores efectivos de velocidad de vibración, aceleración de vibración, y envolvente, estos valores característicos indican el estado de las máquinas o sus componentes.

Se puede definir y controlar en una gama de frecuencias entre 2 HZ y 20 KHZ, con cualquier banda y centro de frecuencias; este instrumento funciona con una memoria dinámica.

2.5.1.1 Características

- Recopila los datos y podemos realizar un diagnóstico a distancia.
- Un aparato de diagnóstico portátil, manejable, y fácil de utilizar.
- Peso reducido (450 g).
- Utilización de sólo 6 teclas.

- Teclado protegido contra polvo y las proyecciones de agua.
- Temperatura en funcionamiento entre 0 y 50 °C.
- Se apaga automáticamente en aprox. 2 minutos, si no se pulsa ninguna tecla.
- Funciones de control:
 - Condiciones generales de vibración
 - Estado del rodamiento
 - Recopilación de datos hasta 1200 mediciones
 - Auriculares para evaluación del ruido

- Almacenaje y visualización de hasta 4 valores en un punto de medición para una evaluación sencilla de las condiciones.
- Software sencillo para gráficos y tendencias, con base de datos para Windows.
- Cable del sensor de hasta 50 m

2.5.1.2 Suministro

- Dispositivo base con baterías
- Sensor de temperatura
- Cable de datos para PC
- Bolsa de protección
- Maleta
- Recogida de aceleraciones con base magnética
- Dispositivo de alimentación
- Instrucciones de uso
- PC software Trendline
- Adaptador USBII

2.5.1.3 Accesorios

- Bolsa adicional para la fijación del sensor de aceleración.
- Extensiones para el cable del sensor entre 5 y 15 metros.

Tabla 2.1: DATOS TÉCNICOS DEL DETECTOR 2.0

Designación del dispositivo	FIS.DETECTORIL.SET FIS.DETECTORIL.SET.1MB
Memoria Dinámica	Máx. 1200 puntos de medición sin señales temporales, Aparato base: 256 kb, Capacidad de almacenaje: 24 señales temporales. Con memoria ampliada: 1 Mb, capacidad de almacenaje: 116 señales temporales
Visualización	Visualización gráfica iluminada (LCD) 128 ~ 64 puntos Dimensiones: 55 ~ 33 mm

Entradas	Casquillo con 9 pins para el pirómetro (sensor de temperatura IR), Casquillo DIP con 9 pins, con interfaz RS232 para el cable del PC Conexión para cargar la batería
Salidas	Conexión para auriculares con forro de 3,5 mm (Walkman)
Teclado	6 teclas
Manual	Alemán ,inglés y francés
Alimentación de corriente	Baterías NiMH recargables
Autonomía	Aproximadamente 6–8 horas (uso continuado)
Rango de temperaturas	0...+50 °C (T ° en funcionamiento), –20...+70 °C (T° de transporte y almacenado)
Dimensiones	230 x 70 (53) x 45 (53) mm (Ancho x Alto x Grueso)
Peso	Aproximadamente 450 g
PC Software	<ul style="list-style-type: none"> • Configuración bajo la interfaz RS232 con WINDOWS 98/NT 4.0 SP6/2000/XP • Gestión jerárquica de la planta y los puntos de medición. • Consignación en el PC de rutas de medición y gráficos de las máquinas • Base de datos integrada para guardar los valores medidos • Presentación gráfica, análisis y extrapolación de tendencia • Presentación de las señales temporales guardadas • Presentación de la FFT de las señales temporales • Generador de informes
Medición de temperaturas	Sensor de temperaturas IR, manual y sin contacto. Rango de medición – 15..+240 °C, rango de espectros 8–14 μm, punto de medición mínimo : 2,5 mm, relación de distancia: 4 : 1

2.5.2 Medidor de Vibraciones Vibrómetro VIB-10



Figura 2.33: Medidor de Vibraciones VIB - 10

El VIB-10 es un instrumento robusto, alimentado por batería, basado en los estándares ISO, para uso del personal de mantenimiento sin formación especial en monitoreo de la vibración.

El equipo de vibración contiene:

- Vibrómetro VIB-10B
- Cable de medición 46044
- Transductor TRV-22
- TRX-16 base magnética para el TRV-22
- TRX-17, sonda para el TRV-22

2.5.2.1 Montaje del Transductor

La exactitud de las lecturas de vibración depende ampliamente del contacto entre el transductor y el punto de medición. Contactos rígidos como el magnético o con tornillo, permitirán que el transductor transmita exactamente el movimiento de la superficie vibrante.

2.5.2.2 Transductor de Vibración TRV-22

El TRV-22 es un acelerómetro piezoeléctrico, pequeño, ligero y duradero. Se utiliza con una base magnética, que hace que el punto de medición no requiera preparación especial y además se puede montar en un agujero roscado, M8, sobre una superficie plana, lisa sobre la máquina. También se puede utilizar con una sonda manual.

2.5.2.3 Montaje del Magneto

El transductor es montado sobre la máquina con la ayuda de la base magnética. Sujetar el transductor sobre una superficie lisa y plana, en dirección a la dirección deseada. Señale la superficie de contacto si es necesario. La base magnética tiene un diámetro de 27,5mm.

2.5.2.4 Normativa Internacional

Las normas internacionales ISO 2372, BS4675 y otras recomiendan la medición de la severidad de la vibración (= velocidad RMS en mm/s) como la más adecuada para los propósitos industriales.

Comparando la severidad de la vibración medida con la norma correspondiente a la clase de máquina, es posible juzgar la condición en términos de buena, aceptable o mala. Las lecturas regulares mostrarán la tendencia de evolución del nivel de vibración y por tanto la urgencia del mantenimiento.

Tabla 2.2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIBRÓMETRO VIB – 10B

Rango de medición:	0.5 a 99.9 mm/s RMS 10 a 1 000 Hz
Resolución:	0.1 mm/s
Exactitud:	2% ± 0.2 mm/s
Alimentación:	4 pilas alcalinas 1,5V
Rango de °T:	0 a +55°C
Pantalla:	3 dígitos, LED rojos
Apagado:	Automático
Cubierta:	Poliuretano
Dimensiones:	210x75x30 mm
Peso:	410g (incluido baterías)
Tipo de conector:	TNC
TRANSDUCTOR TRV – 22	
Sensibilidad nominal:	10 pC/m/s ²
Rango de frecuencia lineal:	0-5000 Hz
Carcasa:	Acero inoxidable, antiácido, sellado
Dimensiones:	Ø 27,5 x 45mm
Peso:	171 g
Límite de torque:	10 Nm

2.5.3 Alineador FAG TOP – LÁSER INLINE



Figura 2.34: Alineador Top Láser INLINE de FAG

El Top Láser INLINE de FAG es un sistema de alineación basado en un PC, para ejes acoplados en motores, bombas, ventiladores y cajas de engranajes (con rodamientos).

Este es una de las herramientas más utilizadas en nuestro medio para combatir los problemas de desalineación causadas por un nivel excesivo de vibraciones, este equipo consta de:

- 1 Emisor / Receptor (incl. cable 3 m), es compacto y robusto.
- 1 Reflector el prisma está protegido por una cubierta, es montado en los soportes.
- 2 Soportes, 2 cadenas (300 mm), 4 varillas (115 mm), 1 software, 1 maleta, 1 PC card serie

Las ventajas de este equipo son las siguientes:

- Fácil de montar.
- Manejo sin errores, incluso para personal sin formación, a través de un procedimiento de medición y posicionado automático.
- Alineación más precisa que con los procedimientos convencionales.
- Medición rápida gracias a una rotación continua.
- Vibraciones y pérdidas debidas al rozamiento, muy reducidas.
- Duración de vida prolongada de la máquina.
- Se utiliza con un portátil.
- Adecuado para la combinación con el Bearing Analyser

2.5.3.1 Acciones Antes de la Alineación

Antes de cualquier operación de alineación, hay que quitar un eventual pie inclinable (el pie de la máquina que toca el suelo cuando está aflojado), para evitar un aumento de las vibraciones y daños en los rodamientos debido a una torsión del alojamiento.

El Top Láser INLINE ayuda para encontrar el “Softfoot” rápidamente y eliminarlo. Sólo hay que aflojar cada tornillo de los pies individualmente. El ordenador determina cualquier movimiento de los pies. Mediante láminas se puede anular el pie inestable.



Figura 2.35: Ejemplo de Aplicación de Alineación

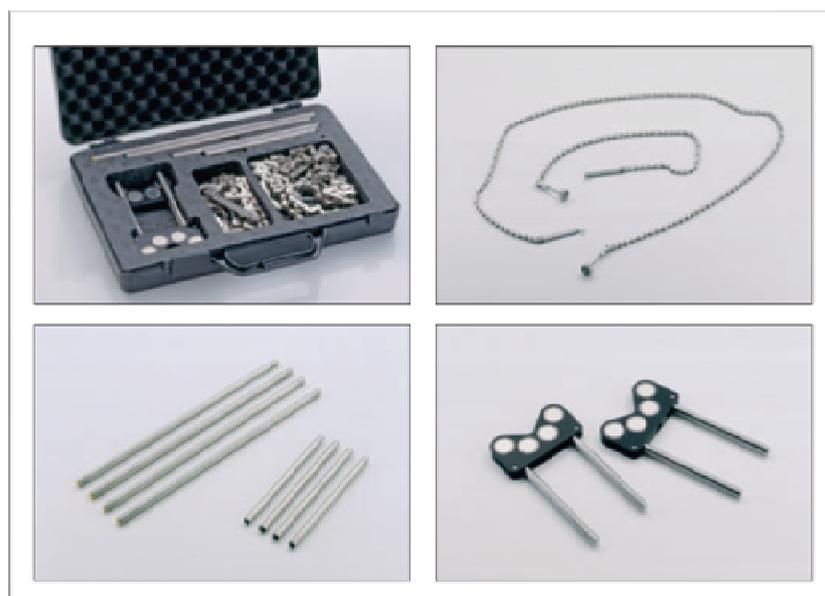


Figura 2.36: Accesorios del Alineador

Tabla 2.3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TRANSDUCTOR		
Métodos de medida:	Coaxial, láser reflector	
Clase de Protección:	IP 67 (A prueba de agua y polvo)	
Protección a la luz natural:	Si	
Rango de Almacenamiento:	- 20 to + 80 ° C	- 4 to + 176 ° F
Operación:	0 to + 55 ° C	32 to + 131 ° F
Dimensiones (A x H x L)	Aprox. 107 x 70 x 49 mm	Aprox. 4.213 x 2.756 x 1.929 in
Peso:	Aprox. 177 g	Aprox. 39 lbs
LÁSER (GA – AL – AS SEMICONDUCTOR LÁSER)		
Longitud de láser (Típico):	670 mm (Rojo, visible)	
Clase de Láser:	2; FDA 21 CRF 1000 & 1040	
Potencia:	< 1 m W	
Interface:	Serial I/O PCMCIA Tarjeta, Tipo II	
DETECTOR		
Rango de medida:	± 4 mm	± 0.157 in
Resolución:	1 μm	
Exactitud:	Better than 2%	
INCLINOMETER:		
Rango de medida:	0 to 360 °	
Resolución:	Less than 1 °	
REFLECTOR		
Tipo:	90 ° roof prism	
Clase de Protección:	IP 67 (dustproof wáter proof – temporaty immersion)	
Exactitud:	Better than 1%	
Almacenamiento:	- 20 to + 80 ° C	- 4 to + 176 ° F
Operación:	- 20 to + 60 ° C	32 to + 131 ° F
Dimensiones (W x H x D)	Aprox. 100 x 41 x 35 mm	Aprox. 3.937 x 1.614 x 1.378 in
Peso:	Apróx. 65 g	Apróx. 0.143 lbs
RANGO DE APLICACIÓN		
Shaft diameter:	Min. 12 mm, máx.(con accesorios) 500 mm	Min. 0.472 in, máx. 19.685 in

2.6 Principio de Funcionamiento de Grupos de Bombeo de la Estación Faisanes.

2.6.1 Motor de Combustión Interna MWM 440 TBD [3]

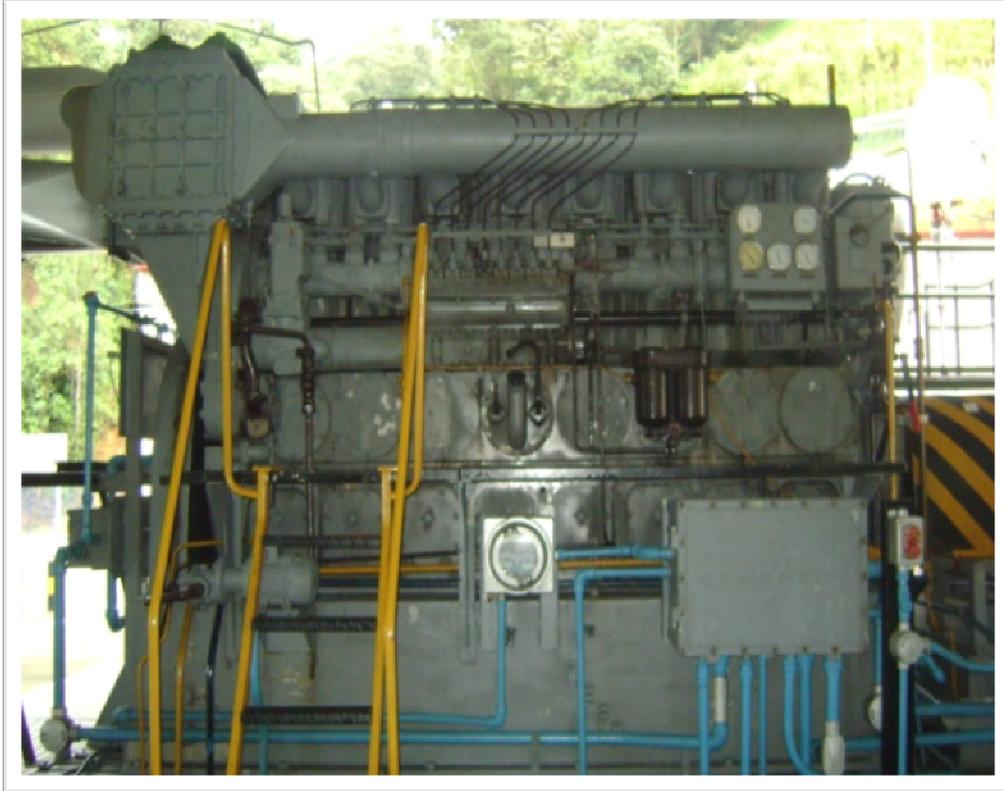
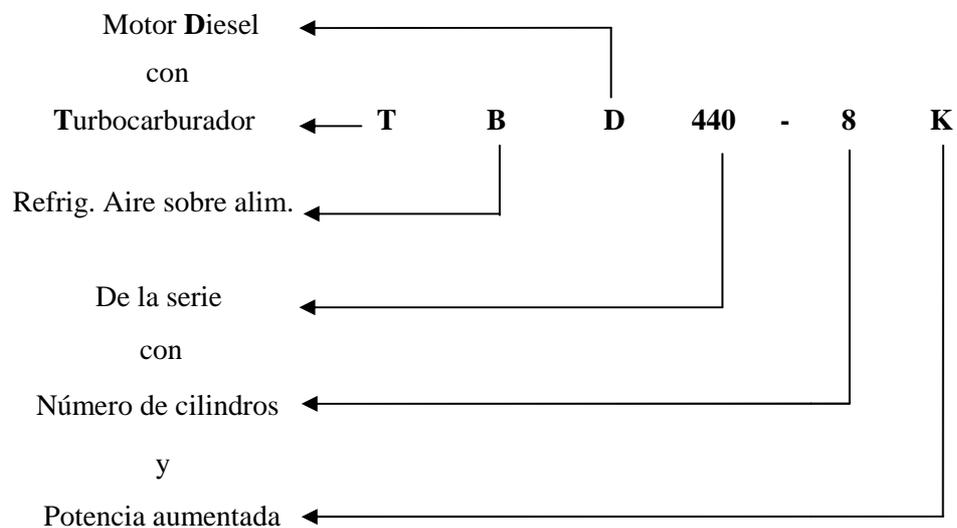


Figura 2.37: Motor de Combustión Interna MWM 440 TBD

2.6.1.1 Descripción del Motor

Es un motor tipo TBD - 440 8K, es decir:



El procedimiento de trabajo es de cuatro tiempos, con 8 cilindros verticales dispuestos en línea (Orden encendido a izquierda: 1-3-7-5-8-6-2-4), e inyección directa con sobrealimentación.

2.6.1.2 Elementos Estáticos y Dinámicos del M.C.I

2.6.1.2.1 Bloque Motor y Cárter de Aceite

Estas dos partes constituyen los elementos soportadores del motor. Ellas se hacen cargo de las fuerzas que se presentan en los cilindros y en el mecanismo cigüeñal durante el servicio. En el bloque motor van dispuestos el cigüeñal y las camisas de los cilindros. El árbol de levas va montado lateralmente en la carcasa del mismo adosada al motor.

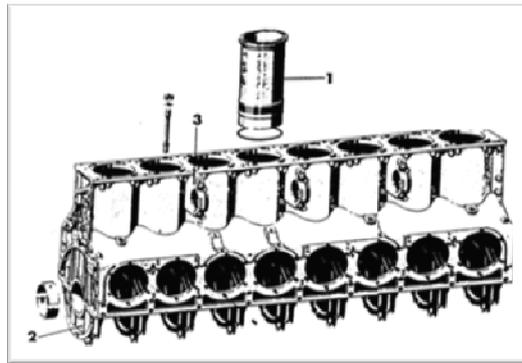


Figura 2.38a: Bloque del Motor

1. Camisa de cilindro.
2. Sombrerete cojinete de bancada.
3. Asiento para la fijación del árbol de levas.

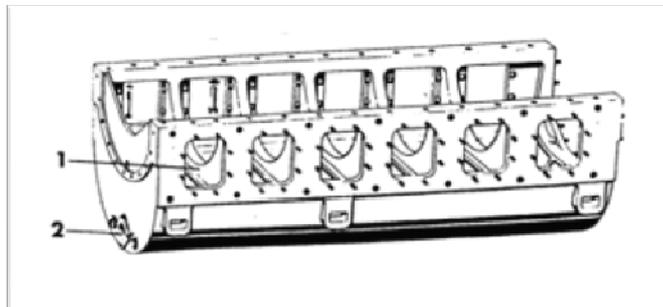


Figura 2.38b: Cárter de Motor

1. Mirillas en el cárter de aceite.
2. Paso para la tubería de aceite lubricante.

2.6.1.2.2 Culatas

La culata cierra la camisa del cilindro por el extremo superior. En la culata van dispuestas las válvulas de admisión y de escape (accionadas por el balancín dispuesto en la culata), el inyector y las válvulas de arranque.

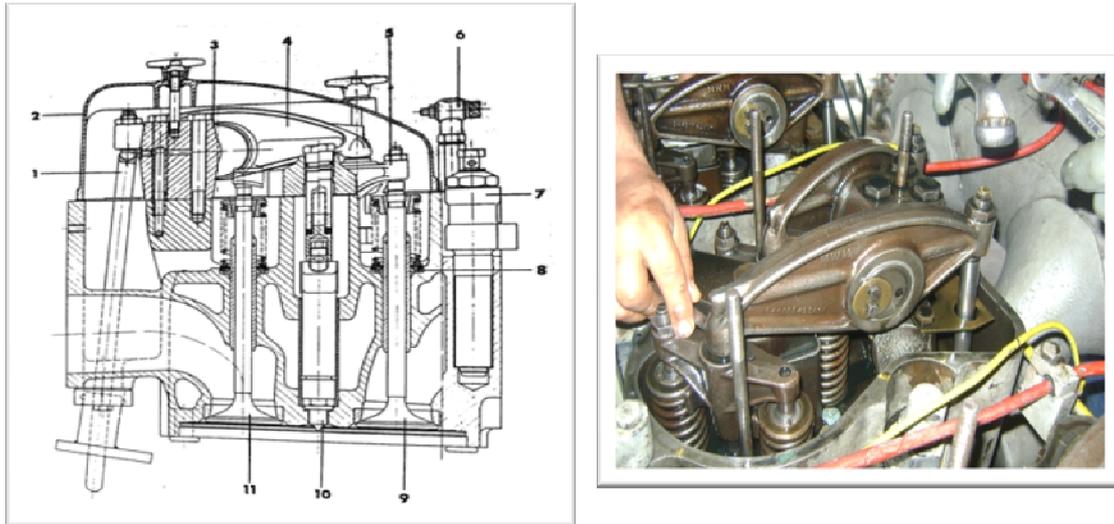


Figura 2.39: Culata

- | | |
|---|--|
| 1. Varilla de Empuje. | 7. Válvula de arranque. |
| 2. Recubrimiento de la Culata. | 8. Dispositivo de Rotación de Válv. (Rotocap). |
| 3. Soporte de balancín. | 9. Válvula de Escape. |
| 4. Balancín. | 10. Inyector. |
| 5. Elevador. | 11. Válvula de Admisión. |
| 6. Grifo para medición de temperatura de los gases de escape. | |

2.6.1.3 Principio de Funcionamiento

2.6.1.3.1 Mecanismo del Cigüeñal

El cigüeñal alojado en el bloque motor, es accionado a través de las bielas por la presión que los gases ejercen sobre los pistones.

Para estabilizar las fuerzas de torsión pulsativas existe un volante dispuesto a un extremo del cigüeñal.

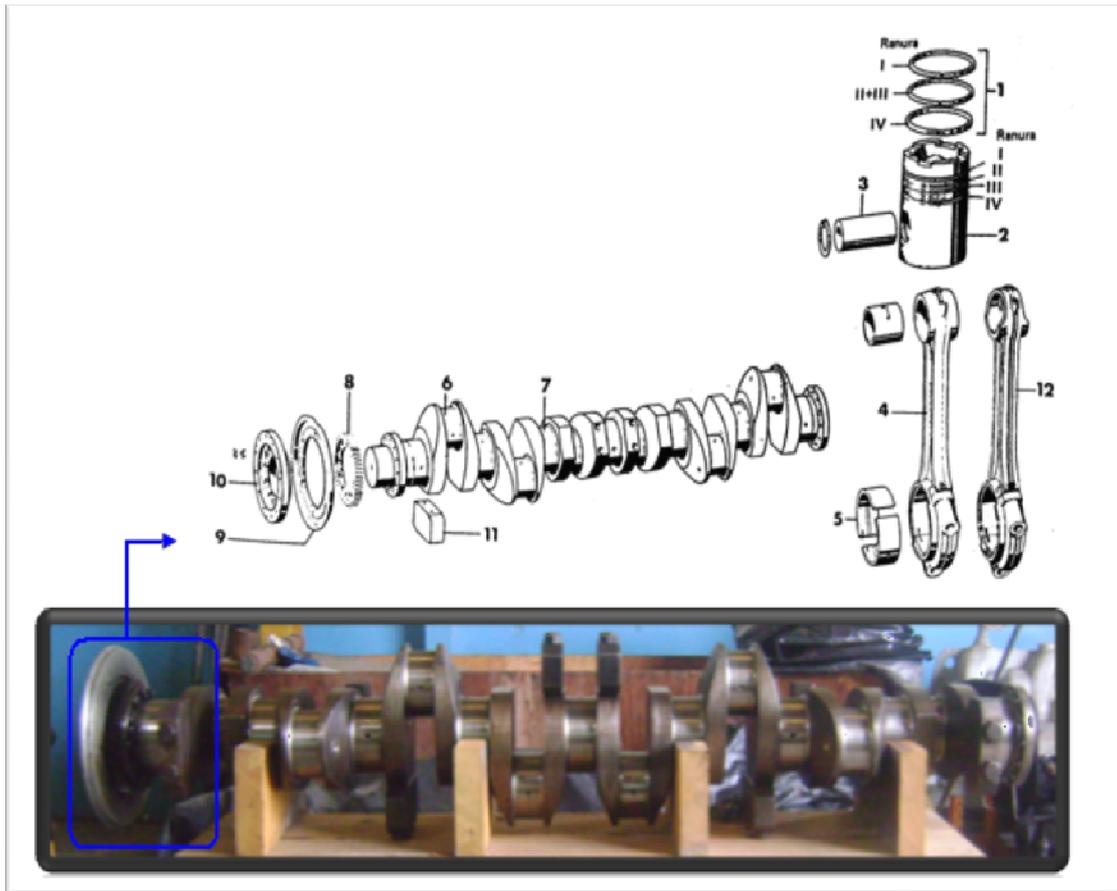


Figura 2.40: Cigüeñal

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. Segmentos de pistón. | 7. Muñón de bancada. |
| 2. Pistón. | 8. Rueda dentada hacia acciona. engranajes. |
| 3. Bulón de pistón. | 9. Anillo lanzador de aceite hacia el cigüeñal. |
| 4. Biela. | 10. Brida del volante del motor. |
| 5. Cojinete de biela. | 11. Contrapeso. |
| 6. Muñón. | 12. Biela. |

2.6.1.3.2 Accionamiento de Engranajes

La rueda dentada (1) del cigüeñal inicia el movimiento de engranajes, para accionar los diferentes elementos, tales como: bomba de inyección, árbol de levas, regulador de revoluciones, bomba de aceite y bomba centrífuga.

Las válvulas de admisión de escape son accionadas por las levas del árbol, a través de taqués de rodillo, varillas de empuje, balancines y piezas de presión.

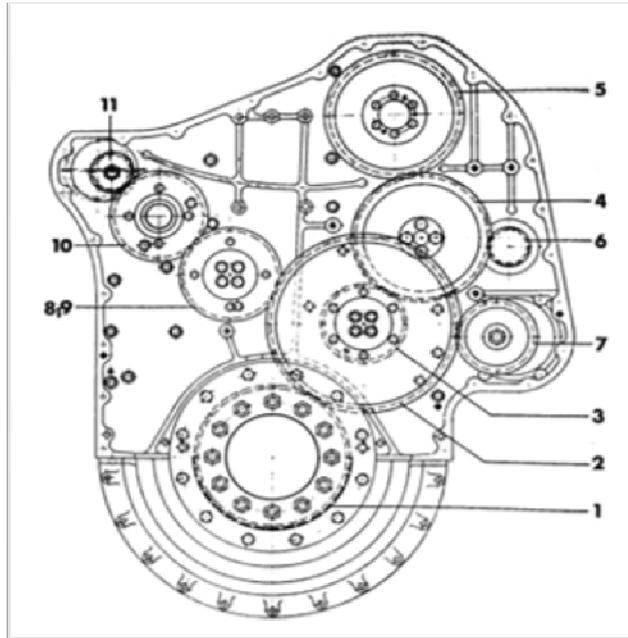


Figura 2.41: Accionamiento de Engranajes.

1. Rueda del cigüeñal
2. Rueda Intermedia
3. Rueda Intermedia
4. Rueda de accionamiento de la Bomba Inyección.
5. Rueda de accionamiento del Árbol de levas.
6. Rueda de accionamiento del regulador de revoluciones
7. Rueda de accionamiento de la bomba de aceite de lubricación.
- 8, 9. Ruedas Intermedias
10. Rueda de accionamiento de la bomba de líquido refrig.
11. Rueda de accionamiento de la bomba centrífuga.

2.6.1.3.3 Sistema de Combustible

Para accionar el motor, en cada segunda revolución del cigüeñal, se inyecta combustible en los cilindros para quemarse en el aire calentado por la compresión.

El combustible es bombeado por la bomba transferidora (6) desde el depósito de reserva (8) en el depósito de a diario (1). Desde ese depósito, la bomba alimentadora (2) absorbe el combustible y lo dirige a través del filtro (3) en la bomba de inyección (4).

Los inyectores (5) reciben el combustible bajo alta presión desde la bomba de inyección y lo pulverizan en los cilindros. El combustible de fuga que durante este proceso sale

a través de la aguja del inyector, es devuelto al depósito de reserva a través de la tubería colectora (7).

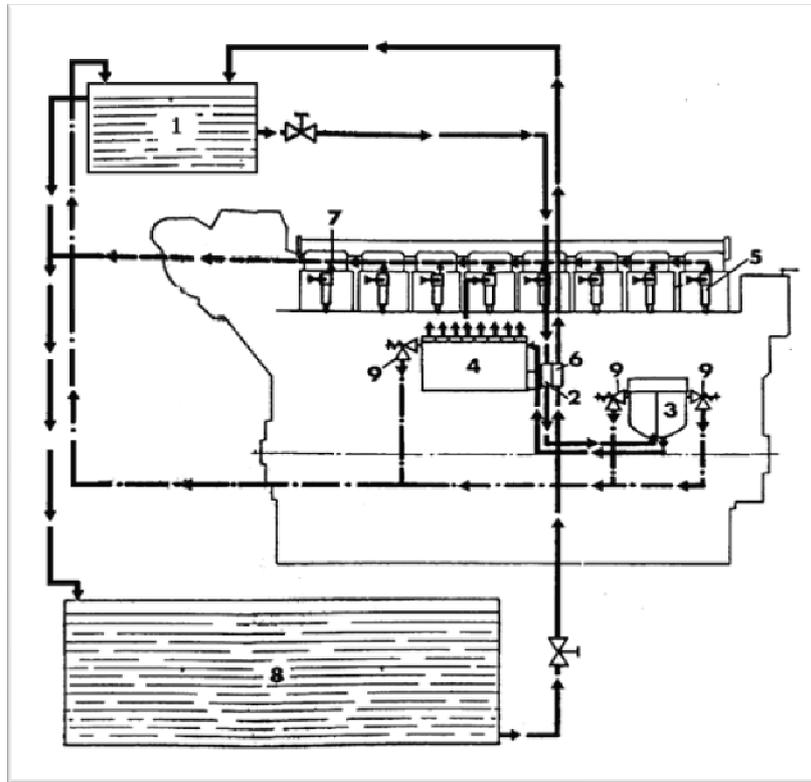


Figura 2.42: Sistema de Combustible

1. Depósito de a diario.
2. Bomba Alimentadora.
3. Filtro de Combustible
4. Bomba de inyección.
5. Inyector.
6. Bomba transferidora.
7. Tubería de aceite de fuga.
8. Depósito de reserva de combustible.
9. Válvula de sobrecarga.

2.6.1.3.4 Regulador del Número de Revoluciones

Este regulador es accionado a través de la rueda dentada de accionamiento de la bomba de inyección; cuya misión es mantener lo más constante posible el número de revoluciones del motor incluso bajo cargas cambiantes. Este proceso es coordinado con la bomba de inyección para modificar la cantidad de combustible a inyectar de acuerdo a la carga del motor.

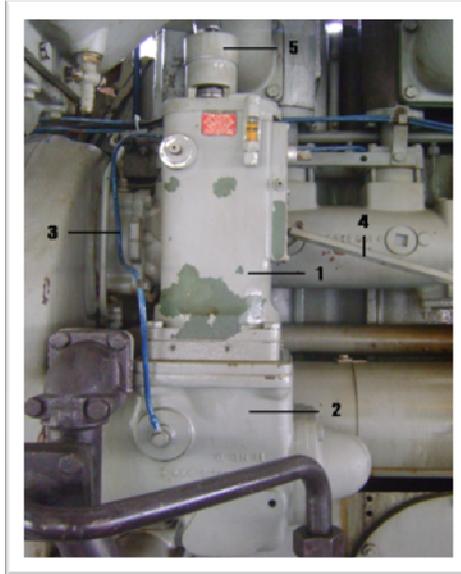


Figura 2.43: Regulador del Número de Revoluciones.

1. Regulador del número de revoluciones.
2. Accionamiento del regulador de revoluciones.
3. Tubería de aceite lubricante.
4. Varillaje regulador.
5. Ajuste neumático número de revoluciones.

2.6.1.3.5 Sistema de Lubricación

Para reducir la fricción y para descargar el calor se lubrican los cojinetes, camisas de cilindros y pistones del motor.

El aceite es aspirado por la bomba de aceite (16) desde el cárter y lo conduce hasta el termostato. Al alcanzar la temperatura de servicio, el termostato abre el paso hacia el radiador de aceite (11) para ser conducido hasta el filtro de aceite lubricante (6) y a través de la tubería de distribución (14), lubricar el cárter y el cigüeñal.

A través de los taladros para aceite del cigüeñal se lubrica los cojinetes de biela (13) para pasar desde allí hasta el bulón de pistón (1), hasta la refrigeración de pistones.

Una segunda tubería de distribución (5), permite la lubricación del árbol de levas (4), bomba de inyección (2), accionamiento del regulador (18) y balancín (3). El aceite que salpica del mecanismo de accionamiento es conducido a través de la tubería de retorno hasta el cárter de aceite para ser nuevamente aspirado.

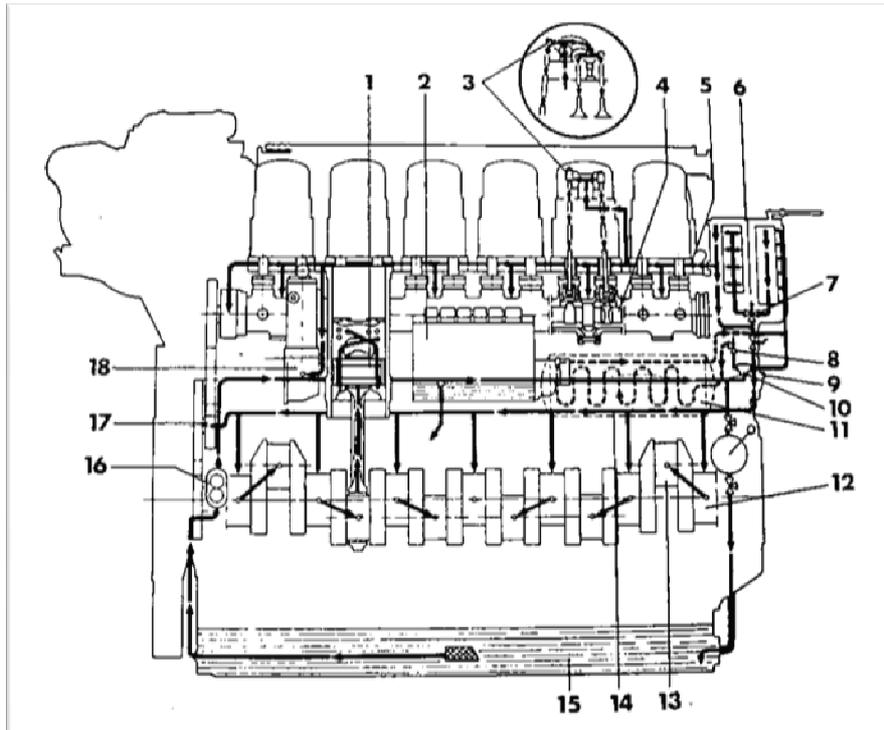


Figura 2.44: Sistema de Lubricación

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. Bulón de pistón. | 10. Termostato. |
| 2. Bomba de inyección. | 11. Radiador de aceite. |
| 3. Balancín. | 12. Cojinete de bancada. |
| 4. Árbol de levas. | 13. Cojinete de biela. |
| 5. Tubería de distribución. | 14. Tubería de distribución. |
| 6. Filtro aceite lubricante. | 15. Cáster de aceite. |
| 7. Válvula de desvío. | 16. Bomba aceite lubricante. |
| 8. Válvula de sobrepresión. | 17. Cojinete abridado acciona. rueda dentada. |
| 9. Carcasa de la válvula. | 18. Accionamiento del regulador. |

2.6.1.3.6 Sistema de Refrigeración

La energía térmica originada por la combustión solo es posible transformarla parcialmente en energía mecánica.

Una parte del calor residual es absorbido por el agua que fluye en el exterior de las paredes del recinto de combustión, transportándolo desde un refrigerador de retorno a un medio correspondiente (agua natural, aire ambiente). Otra parte del calor es absorbida por el aceite lubricante en la refrigeración de pistones y fricción de cojinetes, siendo el aceite refrigerado en el radiador de aceite.

A continuación se muestra un ejemplo del esquema para una refrigeración indirecta. En la figura, las flechas indican la dirección de flujo de las corrientes refrigeradoras.

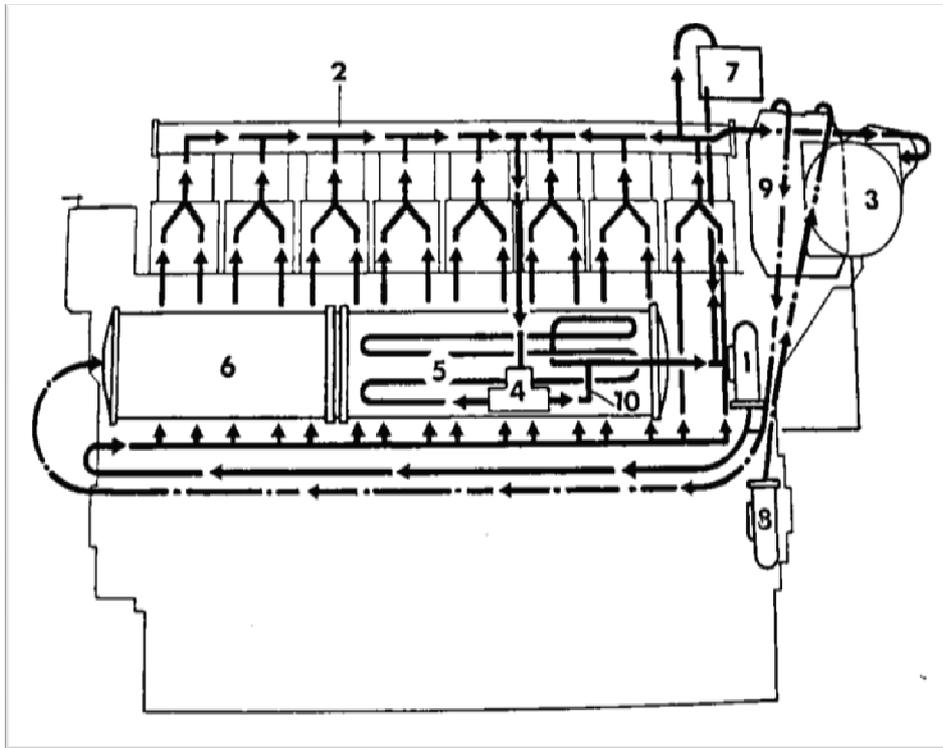


Figura 2.45: Sistema de Refrigeración

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Bomba de agua pura | 6. Radiador de aceite |
| 2. Tubería colectora | 7. Depósito de compensación |
| 3. Turbocargador | 8. Bomba de agua natural |
| 4. Termostato | 9. Refrigerador aire sobrealimentación |
| 5. Intercambiador de Calor | 10. Tubería de cortocircuito |

2.6.1.3.7 Sobrealimentación

Para aumentar la potencia de un motor es necesario quemar más combustible por cada relleno de cilindro. Para ello se necesita naturalmente más aire de combustión.

El aire de combustión, es por lo tanto, comprimido en el compresor y, a continuación refrigerado en el refrigerador de aire de sobre alimentación a fin de aumentar su peso, antes de ser conducido a los cilindros para su combustión. El compresor es accionado por los gases de escape del motor a través de una turbina. La turbina y el compresor van montados en un eje común.

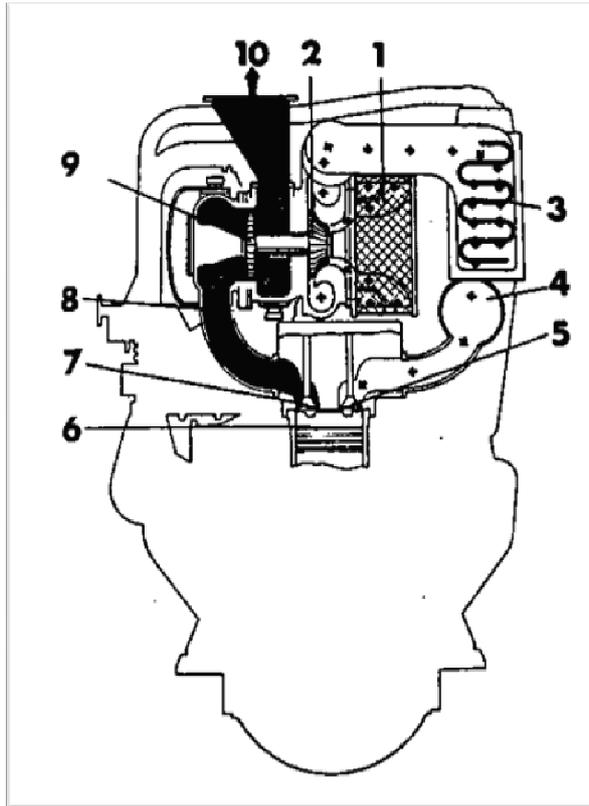


Figura 2.46: Sobrealimentación

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Filtro de aire | 6. Pistón del motor |
| 2. Compresor | 7. Válvula de escape |
| 3. Refrigerador aire sobrealimentación | 8. Tubería de escape |
| 4. Turbo de Aspiración | 9. Tubería de gases de escape |
| 5. Válvula de admisión | 10. Hacia Tubería de gases de escape |

2.6.1.3.8 Sistema de Arranque

El aire comprimido que se toma del depósito de aire es conducido desde la válvula principal de arranque hasta las válvulas de arranque de los cilindros.

El distribuidor de aire de arranque, accionado por el árbol de levas, es alimentado por la válvula de arranque y distribuye en el momento oportuno el aire del distribuidor en válvulas de los cilindros.

Cuando al arrancar se alcanza el número de revoluciones de encendido, la válvula de arranque principal se cierra automáticamente o a mano. Un compresor se encarga de formar una presión de 30 bares en la botella de aire en cuanto la presión baja a 15 bares.

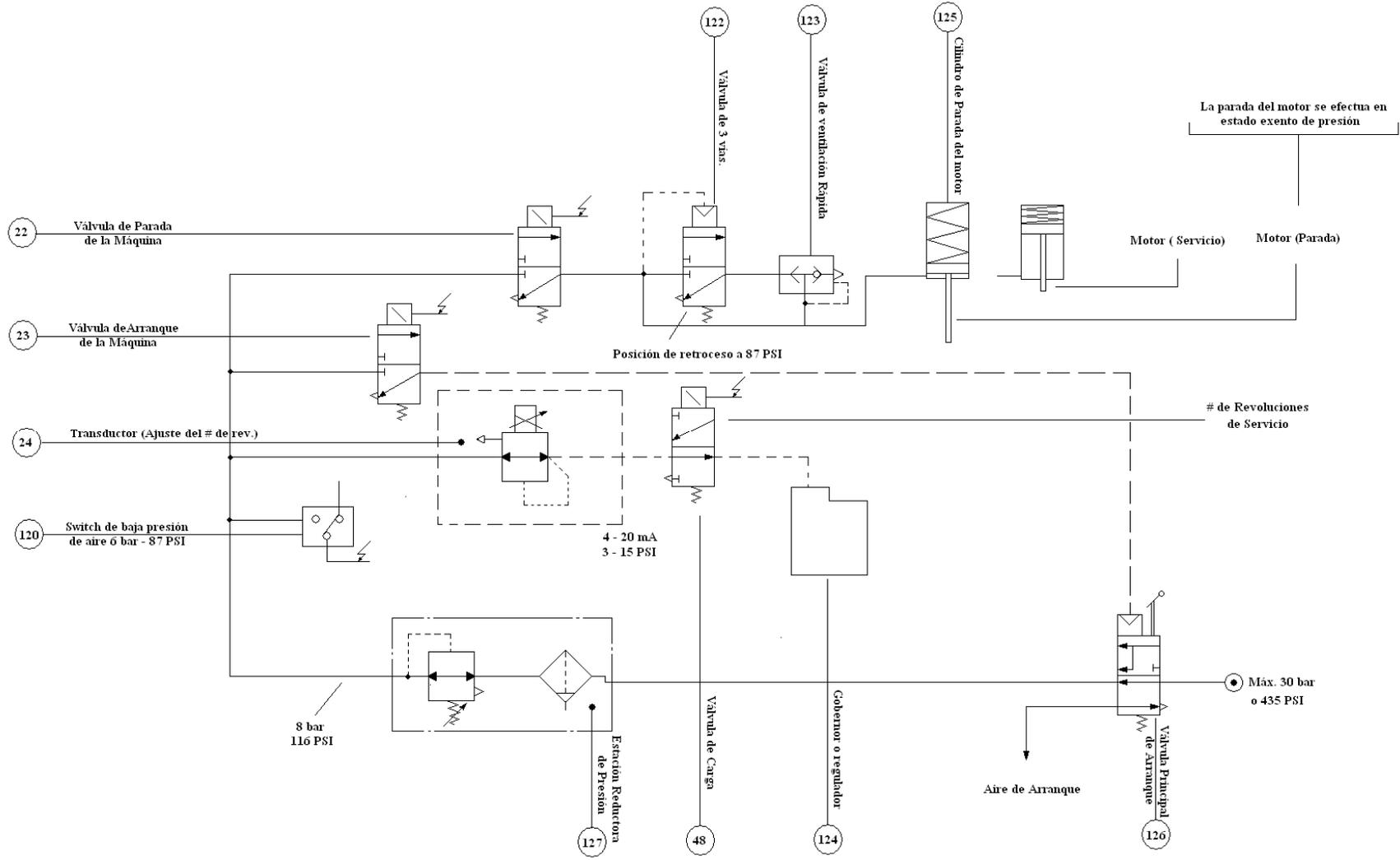


Figura 2.47: Diagrama Neumático de Control de Arranque del Motor MWM TBD 440

2.6.2 Incrementador de Velocidad Citroen – Messian



Figura 2.48: Incrementador

El Incrementador de velocidad tiene un primer acoplamiento de diámetro mayor que viene desde el motor de combustión interna, el mismo que genera bajas revoluciones.

La función principal es incrementar a 4 veces la velocidad del MCI, esto se logra por medio de dos engranajes helicoidales, cuyo número de dientes son: $z_2 = 35$ dientes y $z_1 = 156$, posterior al incremento de las velocidades se acopla a la bomba centrífuga Guinard por medio de un acople de menor diámetro debido al diámetro menor de z_2 ; el acoplamiento está compuesto por una manzana que está tanto en el eje del Incrementador como de la bomba y el acople o carrete que es el elemento conector.

El Incrementador tiene una lubricación forzada, la cuál es dotada por medio de una bomba, la misma que todo el tiempo permite que el aceite re circule desde el cárter del Incrementador hacia las ruedas dentadas, cumpliendo la función de lubricante y de refrigerante a la vez.



Figura 2.49: Bomba de Lubricación en el Incrementador

2.6.3 Bombas Guinard de 5 Etapas [4]

2.6.3.1 Descripción

La bomba centrífuga tiene una forma compacta y su estructura es relativamente sencilla. El combustible es impulsado por fuerzas centrífugas que se originan por el movimiento giratorio del rodete de la bomba.



Figura 2.50: Bomba Guinard de 5 Etapas

2.6.3.2 Cuerpo de bomba

El cuerpo de bomba centrífuga de multi-impulsores, está dispuesto en dos partes, en forma de cámara partida, es decir, con plano de junta horizontal según el eje, con fijación por pasadores roscados (espárragos). Las cámaras espirales son de doble abertura y están opuestas diametralmente, para conseguir el equilibrio radial.



Figura 2.51: Cuerpo de Bomba

2.6.3.3 Semicuerpo Inferior



Figura 2.52: Semicuerpo Inferior de la Bomba

Se encuentra formado por:

- Las salidas tubulares de aspiración y de descarga, con resaltes roscados para la toma de presión y las bridas para la conexión de tuberías exteriores.
- Los canales de conexión entre etapas.
- Los orificios roscados para purga por vaciado.
- Un soporte que forma cubeta con brida, en prolongación del semicuerpo y dispuesto por cada lado, que soporta los cuerpos de cojinete. Estas cubetas permiten recoger los escapes accidentales de las empaquetaduras, que pueden así ser recuperados por un orificio proyectado para tal efecto en su parte inferior.
- Una tubería de derivación (by pass) para el equilibrado de las empaquetaduras.

2.6.3.4 Semicuerpo Superior

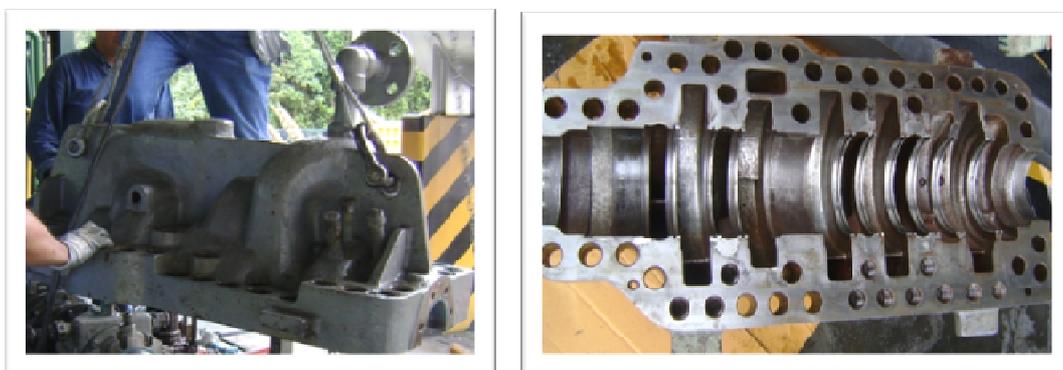


Figura 2.53: Semicuerpo Superior de la Bomba

Se encuentra formado por:

- Los canales de conexión entre etapas.
- Los orificios roscados para salida del aire.
- Las argollas para levantamiento.

El cuerpo de bomba está dotado:

- De casquillos de desgaste, cuya rotación es impedida por medio de espigas.
- De un cojinete de hermeticidad central, en dos partes, cuya rotación es impedida por un punto fijo.
- De un cojinete de equilibrado, cuya rotación es impedida también por medio de un punto fijo.

El cuerpo de bomba toma apoyo sobre su base, por medio de cuatro zapatas laterales que forman parte integrante de los soportes del semicuerpo central.

2.6.3.5 Conjunto Impulsor

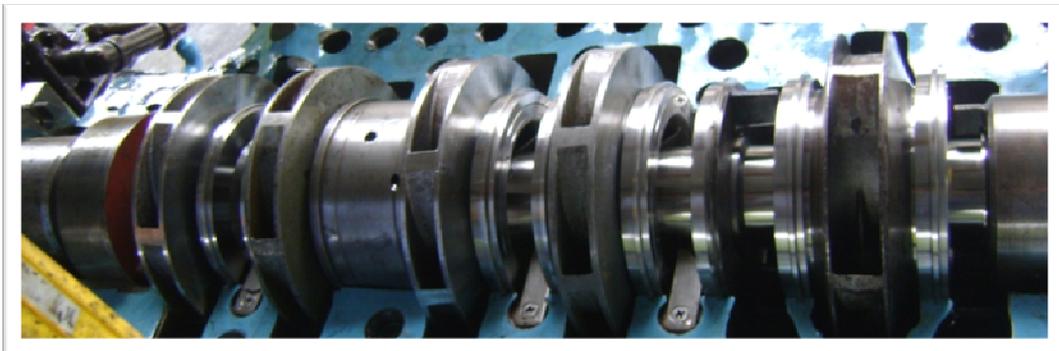


Figura 2.54: Conjunto Impulsor de la Bomba

El conjunto impulsor de la bomba está formado por:

- Un eje de bomba, calculado ampliamente en cuanto a sus dimensiones.
- Los rodets dispuestos en oposición y en correspondencia con los canales de aspiración y cámaras espirales del cuerpo de la bomba.
- Los espaciadores entre rodets.
- Una camisa central de hermeticidad.
- Una camisa de equilibrado.

- Las camisas de eje para empaquetaduras mecánicas.
- Los soportes de cojinete.
- El semimanguito de acoplamiento.
- La tuerca de bloqueo del rodete.
- El anillo guía de la camisa de equilibrado (Anillo en dos partes).

2.6.3.6 Rodetes



Figura 2.55: Rodetes de la Bomba

Los rodetes, dotados de casquillos de desgaste, intercambiables, quedan esmeradamente equilibrados después de su mecanización.

Estos van montados sobre el eje con espaciadores y bloqueados por la tuerca.

2.6.3.7 Caja de Empaquetadura

Estas cajas son del tipo extra - largo, y son montadas con empaquetaduras mecánicas sencillas.

2.6.3.8 Empaquetaduras Mecánicas

Empaquetaduras giratorias destinadas a servicios industriales intensivos y continuos, para los cuales tienen primordial importancia los problemas de hermeticidad.

Según los casos, estas empaquetaduras pueden resistir a fuertes presiones, que pueden alcanzar 45 bares y temperaturas que oscilan entre 0 - 250 °C.

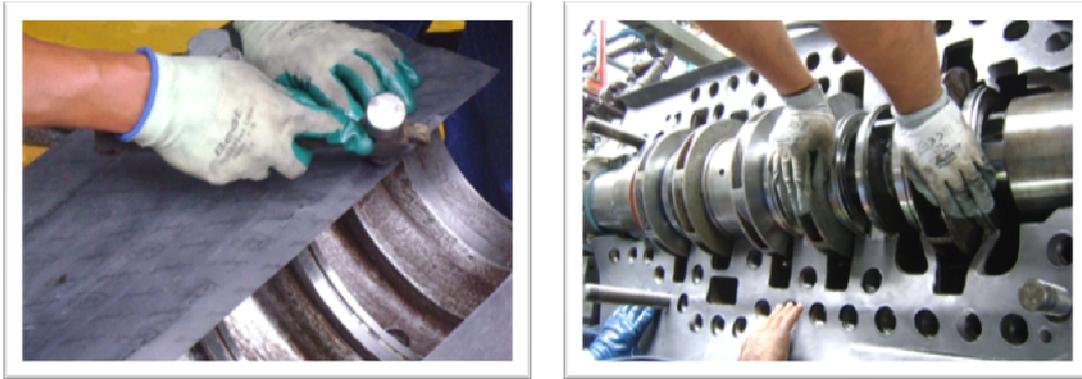


Figura 2.56: Empaquetaduras Mecánicas

2.6.3.9 Soportes de Cojinetes

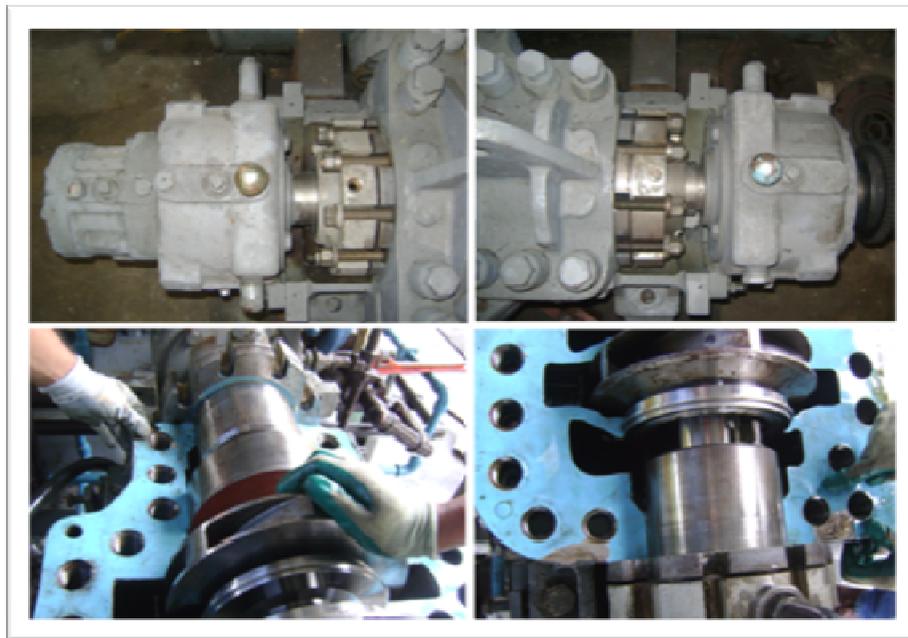


Figura 2.57: Soportes de Cojinetes

El conjunto impulsor va soportado, por cada extremo, por soportes dotados de cámara de enfriamiento por el producto que se está bombeando:

- Un soporte, por el lado acoplamiento, con cojinete revestido de metal antifricción.
- Un soporte de rodamiento axial, con cojinete revestido de metal antifricción y rodamiento de bolas axial de contacto angular doble.

La lubricación de los soportes tiene lugar por aceite, por circuito de aceite a presión.

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

3.1 Fichas Técnicas Empleadas

En la actualidad en la “Estación “Faisanes” se manejan solamente los datos técnicos y características de funcionamiento que se encuentran en:

- Los manuales de operación y mantenimiento de las máquinas
- Los planos de los equipos
- Y en los datos de placa de cada máquina.

Es decir, que estos datos no se encuentran seleccionados y ordenados adecuadamente en una ficha técnica que contenga la información necesaria como: Tipo de equipo, marca, modelo, especificaciones técnicas, etc., para un mantenimiento preventivo; y marca, modelo, especificaciones técnicas, diagrama de los puntos de medición, etc., para un mantenimiento predictivo, no obstante es necesario indicar que los datos para un mantenimiento preventivo como los indicados anteriormente se encuentran insertados en el sistema informático de gestión MAIN – TRACKER; pero estos datos solo pueden ser manejados por la persona encargada del manejo de dicho programa o sea en el instante que un técnico de mantenimiento requiera estos datos recurren a los manuales, catálogos y a los mismos datos de placa de las máquinas.

Todo esto refleja el hecho de que, no se ha tomado en cuenta la importancia de los conocimientos de estos datos cuando estos se requieran por los técnicos del área de mantenimiento que es muy vital dentro del departamento y en todas las estaciones del poliducto.

3.2 Estado Técnico de la Maquinaria

La determinación del estado técnico comienza por una revisión previa de la maquinaria. Al realizar esta revisión previa se determina una valoración que puede ser bueno, regular, malo, muy malo, por cada uno de los aspectos que comprende esta revisión.

A partir de esta valoración se puede determinar el estado técnico de un equipo en base a ciertas reglas básicas que servirán como guía para que cada técnico o especialista, pueda juzgar factores involucrados.

La valoración se efectuará utilizando el siguiente procedimiento:

- La cantidad de aspectos evaluados como Buenos se multiplica por una constante (1).
- La cantidad de aspectos evaluados como Regulares se multiplica por una constante (0.8).
- La cantidad de aspectos evaluados como Malos se multiplica por una constante (0.6).
- La cantidad de aspectos evaluados como Muy Malos se multiplica por una constante (0.4).
- Se suman todos estos productos y el resultado se divide para el número de aspectos evaluados.
- El resultado obtenido anteriormente se multiplica por 100% y se obtiene el índice que permite evaluar, según el siguiente criterio, el estado técnico del grupo en su conjunto.

Tabla 3.1: CRITERIOS PARA DETERMINAR EL ESTADO TÉCNICO [5]

PORCENTAJE	ESTADO TÉCNICO
90 a 100 %	Bueno
75 a 89 %	Regular
50 a 74 %	Malo
Menor a 50 %	Muy Malo

Para la ejecución de este cálculo para evaluar el estado técnico de cada una de las máquinas que forman parte de los grupos de bombeo se tomaron en cuenta ciertos parámetros, tales como:

- Criterios del personal calificado que realizó las tareas de inspección y cambios de cada una de las partes de cada grupo en las frecuencias programadas dentro del plan de mantenimiento, ya que ellos son los más indicados para emitir una valoración sobre el estado de los equipos; por lo que los criterios de cuánto tiempo llevan funcionando cada parte es importante, así como cada prueba que se realizó a varias de ellas antes de que entren en funcionamiento.
- Niveles como los de temperaturas y presiones de trabajo de cada grupo que está en línea, así como los valores de intensidades y tensiones de motores eléctricos; todo ello para conocer si se encuentran dentro de los parámetros normales de trabajo.
- El diagnóstico se lo realizó parte por parte tomando en cuenta elementos fundamentales de cada máquina que forma parte de cada grupo de bombeo.

- Se verificó fugas, estado de las distintas tuberías, instrumentación, estado guardas, elementos de fijación, así como el anclaje.

Las tablas de evaluación de cada parte de las máquinas y las tablas de los parámetros medidos se encuentran en los anexos.

Tabla 3.2: TABLA GENERAL DEL ESTADO ACTUAL DE LOS GRUPOS DE BOMBEO

 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMEALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”
Encargado del Mantenimiento:			ING. RONALD MOSCOSO	
GRUPO	EQUIPO	PORCENTAJE	ESTADO TÉCNICO	
301	Motor de Combustión Interna 440 TBD	94%	Bueno	
	Incrementador Citroën – Mecían	89%	Regular	
	Bomba Guinard de 5 Etapas	90%	Bueno	
302	Motor de Combustión Interna 440 TBD	91%	Bueno	
	Incrementador Citroën – Mecían	91%	Bueno	
	Bomba Guinard de 5 Etapas	90%	Bueno	
303	Motor de Combustión Interna 440 TBD	94%	Bueno	
	Incrementador Citroën – Mecían	89%	Regular	
	Bomba Guinard de 5 Etapas	90%	Bueno	

3.3 Organización del Mantenimiento

Para analizar la situación actual de la organización del mantenimiento, primero es necesario conocer la estructura del organigrama de posición que tiene el poliducto y que se resume en la siguiente gráfica:

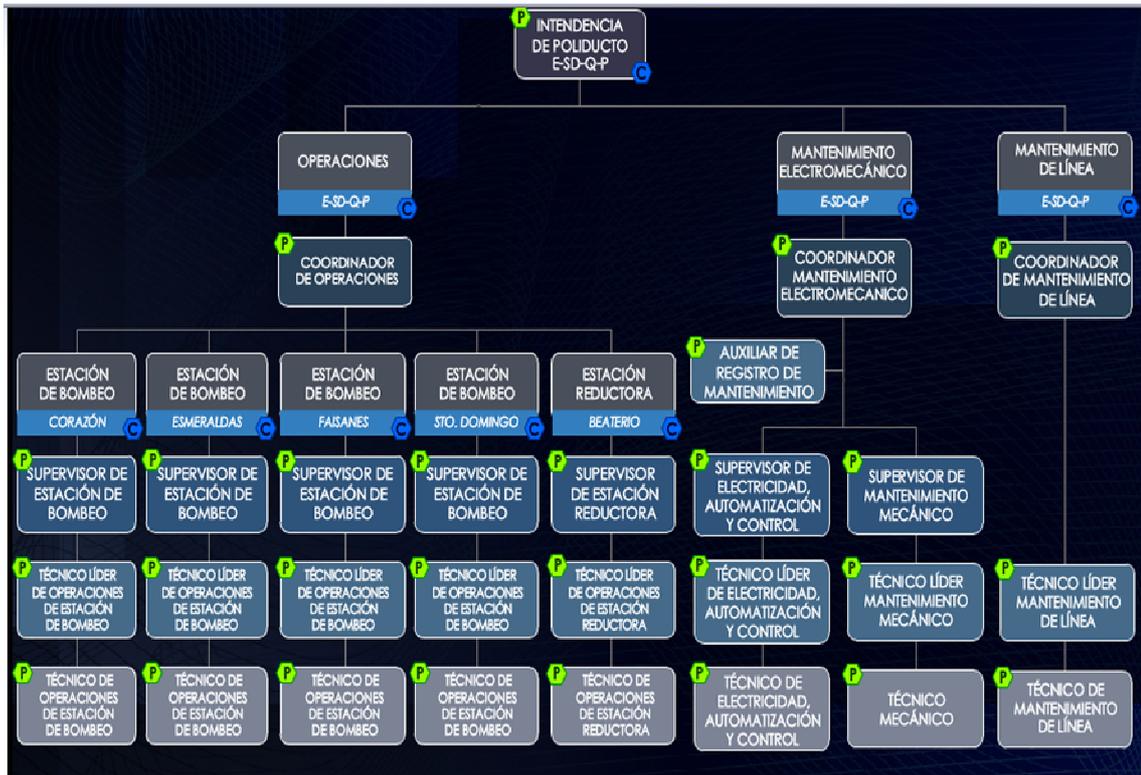


Figura 3.1: Organigrama de Posición del Poliducto.

De acuerdo a este organigrama encontramos que existe un departamento de mantenimiento electro – mecánico el cual contiene las dos áreas básicas que son el área eléctrica y mecánica.

El departamento tiene sus puestos claramente definidos, consta de un coordinador de mantenimiento electromecánico quién es el jefe y dirige las acciones globales del mismo para las distintas estaciones de bombeo.

La línea de autoridad y responsabilidad nos lleva hasta un supervisor tanto en el área eléctrica como en la mecánica, los mismos que lideran y coordinan las distintas tareas a realizar. Cuentan también con un técnico líder y un técnico, los mismos que se encargan de ejecutar los trabajos en cada una de sus áreas respectivamente.

La estación “Faisanes” cuenta con dos técnicos que trabajan en el departamento de mantenimiento electro – mecánico, uno para cada área y los dos por cada turno de trabajo. No existe un departamento de Mantenimiento Predictivo, sin embargo, solo en la “Estación Faisanes”, el técnico del área mecánica es el encargado de llevar a cabo la medición de vibraciones, limitado a las posibilidades que facilita el instrumento de vibración.

Actualmente la organización del mantenimiento preventivo en la estación es regular debido a que no existe una adecuada coordinación entre el técnico del turno y el técnico del turno saliente, es decir no existe un seguimiento de algunas tareas de mantenimiento realizadas por el técnico en el turno saliente.

Sin embargo, cada área tiene sus funciones bien definidas y coordinan de forma adecuada cuando tienen que realizar actividades en un mismo sistema o equipo evitándose pérdidas de tiempo innecesarias.

Debido a que, actualmente solo en la “Estación Faisanes” se realiza la medición de vibraciones el técnico encargado es el necesario para el seguimiento de esta tarea. Su reporte lo pasa directamente al Supervisor de Mantenimiento Mecánico.

Las tareas de mantenimiento se ejecutan a partir de una orden de trabajo establecida en el programa de mantenimiento y autorizada por el supervisor en turno, para lo cual se cuenta con un stock de herramientas y materiales necesarios para realizar las tareas bien básicas, como inspecciones, cambios de aceite, etc. Para la ejecución de tareas de mayor complejidad se cuenta con personal, stock de repuestos, herramientas y materiales centralizados en la estación “Santo Domingo”.

3.4 Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento empleado actualmente en la “Estación Faisanes” y en todo el poliducto es un mantenimiento preventivo planificado. Cada área de mantenimiento cuenta con su respectivo plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

No existe un plan de mantenimiento predictivo, por lo que la medición de vibraciones, consta equívocamente dentro del plan de mantenimiento preventivo. Además este trabajo no se puede considerar como una tarea de mantenimiento predictivo, ya que carece de un procedimiento adecuado para ejecutarla.

La medición de vibraciones se realizaba únicamente en el Incrementador y en la Bomba de cada uno de los grupos de bombeo.

Las tareas de mantenimiento preventivo que constan en el plan actual se han basado en los manuales de mantenimiento y reparación proporcionados por los fabricantes de cada uno de las máquinas que forman parte de los grupos de bombeo.

Las modificaciones existentes en el plan de mantenimiento se han realizado de acuerdo a los requerimientos de tareas imprevistas que se han constatado que son importantes debido a varios factores inherentes al sitio de trabajo, factores externos, etc.

Las tareas de mantenimiento general u overhaul no se contemplan en el plan para máquinas como la bomba y el Incrementador, debido a que se espera la presencia de alguna anomalía en su funcionamiento para realizar un cambio o reparación, es decir se recurre al mantenimiento correctivo no planificado, no obstante se ejecutan tareas planificadas vitales para su funcionamiento y a una frecuencia recomendada por el fabricante.

Es necesario indicar que en el plan de mantenimiento actual constan aún tareas que ya no se ejecutan o quedaron obsoletas a partir de la automatización de los grupos, las mismas que siguen siendo generadas en algunas órdenes de trabajo.

En cuanto a las frecuencias de mantenimiento, se mantienen las recomendadas por los fabricantes, debido a que en un motor de combustión interna la mayoría de partes son reemplazadas o reparadas en un overhaul, con lo que se busca restablecer al motor todas sus condiciones originales de funcionamiento, es decir a condiciones estándar.

El procedimiento a seguir para la ejecución de cada una de las tareas no consta en su totalidad dentro del plan de mantenimiento, debido a que éstos son de conocimiento individual de cada técnico quién ejecuta las tareas.

3.5 Programa de Mantenimiento

Cada una de las tareas planificadas se ejecutan mediante programas por meses (semestrales) y por horas (300, 500, 2000, 8000, 24000 horas).

Diariamente se registran las horas de funcionamiento de cada grupo con el que se está bombeando, en base a este registro de horas reales y establecidas las frecuencias, se conocen las fechas exactas para realizar las tareas de mantenimiento.

En las estaciones de “Faisanes y Corazón” se han prolongado cierta cantidad de horas a las frecuencias de 2000, 8000 y 24000; es decir que ahora en el programa general de mantenimiento figuran frecuencias de 3000, 9000 y 27000 horas, debido a ciertos factores analizados en gran parte de los años de funcionamiento de los grupos de bombeo; análisis realizado por los operadores y por técnicos de mantenimiento de la empresa.

Las tareas programadas para ser ejecutadas en una determinada fecha no siempre son cubiertas. Por cualquier motivo ajeno a la programación; ya sea por falta de repuestos y en este caso recurriendo a la reparación del elemento (si es posible realizarlo), porque no está el personal necesario o debido a inconvenientes con la producción, no se realizan las tareas en las fechas establecidas.

Al no existir un plan de mantenimiento predictivo, lógicamente no existe una programación de mantenimiento predictivo.

La frecuencia con que se realiza el trabajo de medición de vibraciones está basada prácticamente en la experiencia y conocimiento del técnico encargado.

Gracias a la utilización del software de gestión de mantenimiento MAIN TRACKER se registran las órdenes de trabajo clasificadas de acuerdo al área (eléctrica - mecánica) y éstas a su vez por el tipo de mantenimiento (preventivas y correctivas). Todas estas órdenes de trabajo se registran por cada año y son utilizadas como un tipo de historial de averías, que les permiten realizar las modificaciones anteriormente citadas al plan de mantenimiento.

Para el cumplimiento de la programación de mantenimiento existe una adecuada coordinación con el departamento de operaciones, para evitar que se interrumpan gran parte de las actividades de ambos departamentos.

3.6 Control del Mantenimiento

Para el control de mantenimiento existe la emisión de una orden de trabajo tanto para las tareas de mantenimiento preventivo como las de correctivo, el supervisor de cada área (eléctrica y mecánica) designa al personal quién ejecutará el trabajo, el mismo que deberá cumplir con el tiempo estimado en la planificación y tomar en cuenta la información que debe llenar en la Orden de Trabajo (OT), principalmente horas de funcionamiento de la máquina en la que se realizó el trabajo; para que de esta manera estas horas de trabajo se ingresen en el sistema y se genere la siguiente OT a la frecuencia más óptima para ejecutar las tareas que constan dentro del programa.

La persona encargada de manejar el software de gestión clasifica las OT para cada una de las estaciones. Estas OT son emitidas generalmente cada semana, sin embargo por varios factores mencionados anteriormente en la programación de mantenimiento, estas tareas no se realizan en la fecha de inicio planificada.

Para el control del trabajo de medición de vibraciones, se utiliza el formato que se encuentra en el catálogo del instrumento de vibración: VIB-10B. Los valores RMS que proporciona el vibrómetro se registra en este formato permitiendo tener solamente una tendencia del comportamiento del equipo, y de esta manera conocer si el equipo se encuentra en las siguientes condiciones: Buena, Aceptable, Tolerable o Mala.

Existen dos documentos para el control de egreso de bodega. El primer documento es emitido por el software de gestión, y es ampliamente utilizado por el personal del Departamento electromecánico cuando se requieren repuestos y materiales para las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.

El segundo documento denominado formulario E 12 es utilizado para solicitar materiales que no están relacionados con las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.

El control y manejo de las herramientas no tiene un responsable único, ni se registra en un formato adecuado. Las herramientas localizadas en el taller mecánico están a disposición del personal que va a realizar cualquier actividad dentro o fuera del área de mantenimiento.

El único registro que mantienen se lleva a cabo cuando existen pedidos de préstamo de herramientas por el personal que no pertenece al departamento de mantenimiento. Para este requerimiento se maneja un libro en el cual la persona especifica: Herramienta que solicita, cuántas herramientas solicita y a qué departamento pertenece.

La información para un historial de averías se las puede obtener de las OT de mantenimiento correctivo, pero esta información debería constar en un formato en el cual estos datos se encuentren mejor organizados, y de esta manera cumplir con el objetivo de un historial de averías: determinar con exactitud cuándo se debe volver a realizar el trabajo de mantenimiento.

3.7 Software para la Gestión del Mantenimiento [6]

3.7.1 Introducción

La información de mantenimiento de todo un poliducto o de toda una empresa, en cuanto a costos y presupuestos, trabajos ejecutados, recursos humanos y materiales involucrados, es requerida por las áreas de producción, compras, contabilidad, planificación y otras áreas dentro de la toda la empresa.

Por lo que los métodos actuales de Administración de mantenimiento, ya sean estos manuales o semiautomáticos, resultan ser insuficientes frente al creciente tamaño de la empresa, teniendo problemas como asignación inadecuada de recursos, dificultad para establecer métodos efectivos de control y manejo de los recursos disponibles.

Una buena planificación y programación dentro de un solo soporte informático es la respuesta para una eficiente y efectiva gestión de mantenimiento.

3.7.2 Descripción General:

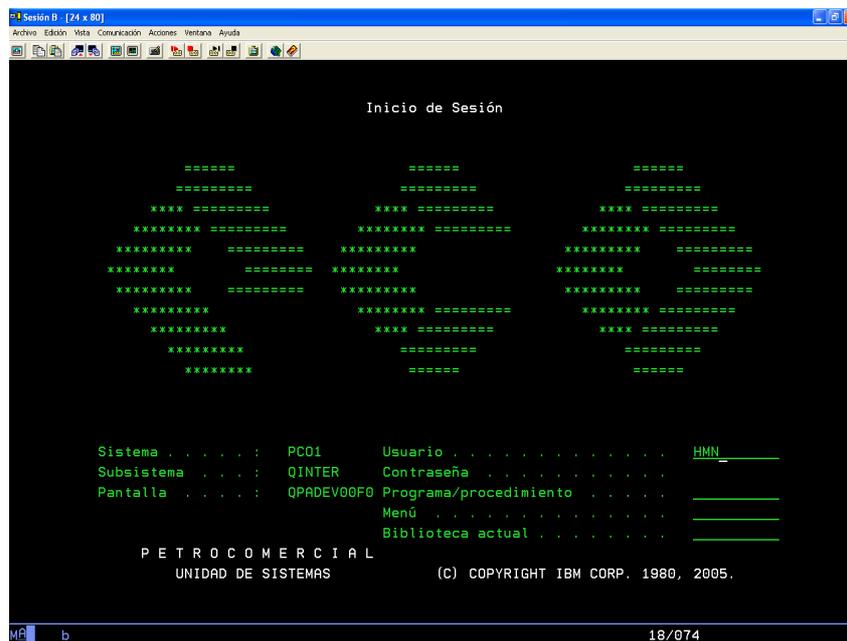


Figura 3.2: Inicio de Sesión “Main Tracker”.

El Departamento de Mantenimiento Preventivo facilita la programación del mismo a través del sistema Main Tracker. De forma general, esta herramienta ha permitido la organización de la información acerca de: Especificaciones técnicas de los equipos, procedimientos básicos y frecuencias de cada una de las tareas que deben ejecutarse en las estaciones de todo el Poliducto.

Si bien, a este sistema, puede tener acceso todo el personal de mantenimiento de cada una de las estaciones del poliducto, éste solo está habilitado en la estación de Santo Domingo y la persona encargada de este programa es la única que puede introducir o cambiar la información en el sistema. Los supervisores, técnicos y demás personal del departamento pueden tener acceso a este sistema para revisar datos de los equipos o verificar el estado actual de mantenimiento, es decir, las órdenes de trabajo realizadas o pendientes.

Hasta la actualidad no se ha realizado los trámites necesarios para que todo el personal del departamento tenga libre acceso al sistema.

3.7.3 Funciones Más Utilizadas de Main Tracker

Es importante que el usuario comprenda cuales son las funciones esenciales del programa y como sería recomendable manejarlas.

Las funciones utilizadas generalmente para la gestión de mantenimiento son:

- Especificaciones de equipos.
 - Mantenimiento Preventivo.
 - Seguimiento de Costos
 - Órdenes de Trabajo.
- } Por el departamento de Mantenimiento.
-
- Administración de Repuestos.
- } Solo por Bodega.

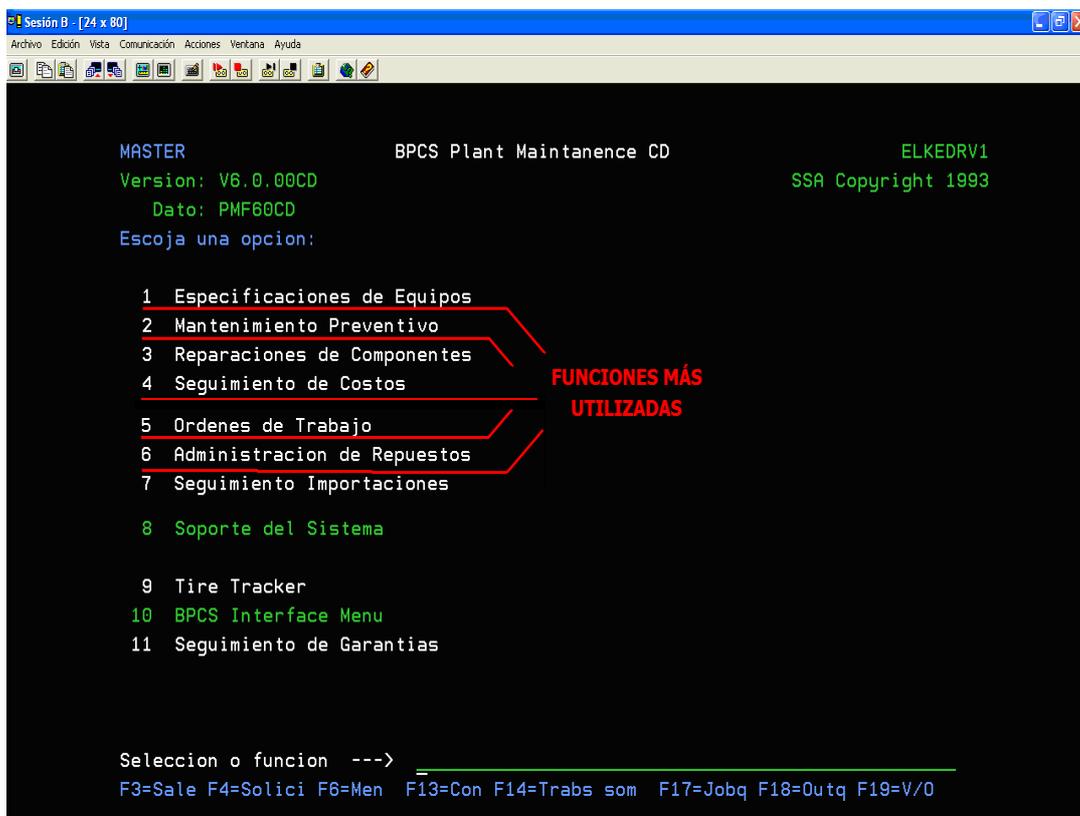


Figura 3.3: Funciones Principales de Main Tracker

3.7.3.1 Especificaciones de Equipos

En este módulo se registra información referente a los datos de placa y datos técnicos de cada equipo. Esta opción básicamente, es necesaria, cuando se adquiere un equipo nuevo.

```
MSTF                               BPCS Plant Maintenance CD                               ELKEDRV1
Version: V6.0.00CD                 Crear y Modificar Equipos                               SSA Copyright 1993
Dato: PMF60CD
Escoja una opcion:

1 Localizacion de Equipos           99 MENU MAIN/TRACKER
2 Codigos para Equipos
3 Identificacion de Equipos         *** MAIN / TRACKER ***
                                     15 Fabricante
                                     16 Departamentos
4 Clientes                           17 Tarifas de Mano de Obra
5 Encabezados y Formatos            18 Especialista
6 Formatos para Nomenclatura        19 Empleados
                                     20 Palabras Claves
7 Duplicar Hojas de Datos           *** C O M P O N E N T E S ***
8 Duplicar/Borrar Nomenclatura      21 Componentes
9 Definicion de Medidores           22 Duplicar Borrar Componentes
10 Renombrar Equipos               23 Renombrar Componentes
11 Borrar Equipos
12 Programacion de Equipos
90 Menu Principal MST

Seleccion o funcion ---> _____
F4=Solici F6=Men F12=Regr F13=Con F14=Trabs som F17=Jobq F18=Outq F19=V/0
```

Figura 3.4: Crear y Modificar Equipos

```
_ 10/01/22                          Consulta Combinada de Equipos                          CON ESS50203
                                     Informacion de referencia

Compañia: 73 PETROCOMERCIAL
ID equipo: PPP-0301MC                ID localzn: PE03SM SALA MAQUINAS E. FAISANES

-- Ingreso hoja de datos --                               ESS25202
Formato DPMOTORCI D.P.Motores Combust.
PPP-0301MC
MOTOR DIESEL MWM TBD440-8
      Tipo : TBD 440-8
Potencia Nominal : 883 KW
Velocidad : 900 RPM
Presión Aire DIN6270 981 MBAR
Temperatura DIN6270: 20°C
Humedad DIN6270 : 60%
Presión Aire Sitio : 741 MBAR
Temperatura Sitio : 18°C
Humedad Sitio : 40%
Velocidad Relanty :
Sentido Giro : IZQUIERDA
VALV. EXH :
F8=Sig. F12=Regresa GIRO
```

Figura 3.5: Datos de Placa del MCI.

```

_10/01/22          Consulta Combinada de Equipos          CON ESS50203
                    Informacion de referencia

Compañia: 73 PETROCOMERCIAL
ID equipo: PPP-0301MC      ID localzcn: PE03SM SALA MAQUINAS E. FAISANES

-- Ingreso hoja de datos --          ESS25202
Formato DTMOTORCI  D.T.Motores Combust.
PPP-0301MC
MOTOR DIESEL MWM TBD440-8
  Working Process : INYECCION DIRECTA
  Mod. Operator   : 4 TIEMPOS
Arrangement Cylind : VERTICAL EN LINEA
  Orden          : 1-3-7-5-8-6-2-4
  Bore / Stroke  : 230/270 MM
Swept Volume/Cilind : 11,2 LTRS
Total Swept Volume : 89,7 LTRS
  Compression Ratio : 1:13
  Compression Press : 78 BAR
  Ignition Pressure : 85 (120) BAR
  Descripción 1   :
F8=Sig. F12=Regresa  GIRO

```

Figura 3.6: Datos Técnicos del MCI.

Los objetivos de este módulo son:

- Asociar piezas individuales de equipamiento (componentes), a un equipo principal, para efectos de planificación y programación. Esto permite que las horas de funcionamiento registradas para el equipo principal también se registren para sus componentes.
- Identificar todos los equipos y ubicaciones necesarios para un efectivo control de mantenimiento.
- Conservar la información de ubicación y utilización de cada equipo y componente, para poder determinar cuánto tiempo lleva en su actual ubicación y cuando estará disponible para utilizarse.
- Llevar un registro de las unidades operativas (medición de uso) de cada equipo y componente.

3.7.3.2 Mantenimiento Preventivo

En este módulo se registra información acerca de: Cuán seguido se requiere dicho servicio, cuándo fue la última vez que se efectuó el mantenimiento, cuándo se requiere el próximo servicio.

Además almacena y controla programas de lubricación, inspección y reparaciones periódicas definidos para los equipos.

CA:	Tarea:	Descripcion:	Ultimo:	Real:	Frecuencia:
10	MTTO.	300 HORAS	92692.00	435.00	300.00 **
Comp: N/R/S: Prio: PM					
A EN GEN MP			R	9/12/18	
11	CAMBIO	ACEITE AL TURBO	91828.00	1299.00	1000.00 **
Comp: N/R/S: Prio: PM					
D O/T EMITID (25) PC05900200			R	9/10/19	
12	MTTO.	FILTRO ADMISION	92376.00	751.00	600.00 **
Comp: N/R/S: Prio: PM					
A EN GEN MP			R	9/11/25	
80	MTTO.	SEMESTRAL		93127.00	180.00 **
Comp: N/R/S: Prio: PM					
D O/T EMITID (25) PC05835700			R	9/10/28	86 180

Mandatos: 2-Det. tarea 5-Esptas 7-Parte 9-Instruc.
 F3=Sale F8=Sig. F12=Regres F18=Nomenclatura GIRO

Figura 3.7: Módulo: Mantenimiento Preventivo.

Los objetivos de este módulo son:

- Cambiar las instrucciones de mantenimiento sugeridas por el fabricante con aquellas resultantes de la experiencia y conocimiento del personal.
- Registrar la historia de los trabajos de mantenimiento, por equipo y componente, para futuros análisis y revisiones.
- Permitir la creación de un programa de mantenimiento, básicamente con la siguiente información:
 - Diferentes tipos de tareas que deban realizarse en el equipo.
 - Frecuencia a la cual se debe realizar las tareas.
 - Requerimientos de mano de obra, repuestos y materiales.
 - Cuándo fue el último mantenimiento y cuando debe realizarse el siguiente.
- Permitir la revisión de las tareas de mantenimiento preventivo que están dentro del plazo, retrasadas o críticamente retrasadas.

3.7.3.3 Seguimiento de Costos

El módulo de Seguimiento de Costos está diseñado para realizar un seguimiento de costos reales de: mantenimiento, operación y posesión de equipo. Los costos de reparación se pueden tener por máquina o por componentes principales de una máquina.

Este módulo efectúa el seguimiento de los costos, agrupándolos en diversas categorías, las cuales son definidas por el usuario.

```
Nro de R/T-O/T: QMN 31162 00         Codigo de estado: 30
ID equipo: PPP-0301MC                ID adicional: P-301MC
ID componente: _____            ID intercambio: _____
Fecha requerida: 100111             Prioridad I1      Fecha solicitud: 100111
-- Distribucion de costos de O/T --                                     WSC22201

Centro costos: 840000                ID proyecto: _____
Cod costo: 6384140000              Etapa proyecto: _____
Tipo costo: _                       ID despacho: _____
Cia/Local. costo: 73 PE03SM        ID cliente: _____
Cotizacion: _____              ID contrato: _____

Categor: Cuenta C/G: Costo estimado: Costo real:
MANO/OBR _____                21.80
PARTES _____                   378.48   378.48
SERVICIO _____
MISCELAN _____
G. OPERAC _____

Total:                             378.48   400.28

F2=Acepta F4=Solicita F8=Sig. F12=Regresa
```

Figura 3.8: Módulo: Seguimiento de Costos

3.7.3.4 Órdenes de Trabajo

Este módulo está basado en que todos los equipos y sus componentes asociados pueden y deben ser controlados. Para lograr este fin, se debe asegurar una utilización efectiva de los recursos disponibles; es decir poseer una programación y planificación eficiente de las actividades de mantenimiento.

```
WSCP                      BPCS Plant Maintenance CD                      ELKEDRV1
Version: V6.0.00CD       Planificacion de O/T                      SSA Copyright 1993
  Dato: PMF60CD
Escoja una opcion:

  1 Planificar O/T - R/T                      99 MENU MAIN/TRACKER

  2 Generar O/T de MP - Hoja Trab.
  3 Modificar O/T de MP-Hoja Trab.
  4 Generar O/T de Preventivo
  5 Limpiar O/T de MP - Hoja Trab.

  6 Ordenes de Trabajo ADC

  7 Retener/Liberar Tareas de MP
  8 Reporte de Proyecciones de MP
  9 Reporte del Estado Actual MP
 10 Reporte de Actualizacion de MP

 90 Menu Principal WSC

Seleccion o funcion ---> _____
F4=Solici F6=Men F12=Regr F13=Con F14=Trabs som F17=Jobq F18=Outq F19=V/0
```

Figura 3.9: Módulo: Órdenes de Trabajo.

Los objetivos de este módulo son:

- Apoyar al personal de mantenimiento en la planificación de todos los trabajos relacionados con la instalación y reemplazo de equipos.
- Apoyar en la evaluación y control del desempeño del personal de mantenimiento.
- Actualizar la información sobre el estado de los trabajos realizados.
- Contabilizar los costos asociados a la realización de un trabajo.
- Seguimiento y control de las actividades de mantenimiento a través de una buena evaluación.

El sistema permite seleccionar una orden de trabajo de acuerdo a diversos parámetros, por ejemplo seleccionando planificador el sistema nos arrojará las tareas tanto del departamento mecánico como las del eléctrico, mientras que al seleccionar la opción supervisor se nombrará el supervisor eléctrico o mecánico y las tareas serán divididas por las dos áreas.

3.7.3.5 Administración de Repuestos

Está orientado al manejo de inventarios de repuestos, relacionados con los requerimientos provenientes desde las actividades de mantenimiento. Este sistema apoya las labores del personal de mantenimiento, provee las herramientas y controles para los encargados de bodega y contadores. Además es el encargado de controlar el estado del inventario.

3.8 Conclusión de la Gestión Actual de Mantenimiento:

Los principios de mantenimiento preventivo y correctivo ejecutados en cada una de las estaciones son los básicos y necesarios para desarrollar una adecuada administración de mantenimiento, el mejoramiento continuo de las falencias observadas en cada uno de los puntos evaluados permitirá un alcance progresivo de una gestión de mantenimiento.

Por ejemplo el emplear órdenes de trabajo que incluyan procedimientos detallados mejora la utilización de los recursos, además de un adecuado control de las herramientas que se emplean en la ejecución de cada trabajo; ya que todos los trabajos se realizan con calidad y el programa se cumple en su mayoría y es realizado por todo el grupo humano de todo el departamento de mantenimiento electro – mecánico en la estación Faisanes y así en todo el poliducto.

Una evaluación del estado técnico actual de los equipos con un resultado global aceptable, es un indicativo de una adecuada ejecución del plan de mantenimiento, aunque, no contar con un registro de averías no respalda este hecho; ya que en muchos casos puede ser posible que solo se esté utilizando un mantenimiento correctivo al existir una mayor demanda de fallas, siendo el historial de averías una información necesaria para una correcta retroalimentación de la herramienta de gestión: Main Tracker; por lo tanto el mantenimiento preventivo es potencialmente mejorado por medio de la incorporación de un programa de Mantenimiento Predictivo a través de la técnica de análisis vibracional; ya que se analiza si los cambios son efectuados a frecuencias adecuadas para que no interfieran en los costos de mantenimiento, siendo posible reflejar una sobre mantención o caso contrario incurrir en un sub mantenimiento.

CAPÍTULO IV

4. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

4.1 Determinación de la Técnica de Mantenimiento Predictivo

Para la determinación de la técnica que se ejecuta dentro del mantenimiento predictivo para el análisis en los grupos de bombeo de la estación, fue necesario tomar en cuenta algunos parámetros tales como:

- Elección de la técnica adecuada para el monitoreo de los grupos de bombeo.

Para escoger la técnica adecuada para el monitoreo de los grupos de bombeo fue necesario realizar una categorización de los mismos, lo cual se resume en la siguiente tabla:

TABLA 4.1: CATEGORIZACIÓN DE LOS GRUPOS DE BOMBEO

ASPECTOS PARA CATEGORIZAR	CATEGORÍA DE LOS GRUPOS DE BOMBEO		
Aspectos Selectivos	P 301	P 302	P 303
INTERCAMBIABILIDAD	C	C	C
	<i>Intercambiable</i>		
IMPORTANCIA PRODUCTIVA	A	A	A
	<i>Imprescindible</i>		
RÉGIMEN DE OPERACIÓN	C	C	C
	<i>Proceso Alternado</i>		
NIVEL DE UTILIZACIÓN	A	A	A
	<i>Muy Utilizada</i>		
Parámetros Directivos	P 301	P 302	P 303
PRECISIÓN	A	A	A
	<i>Alta</i>		
MANTENIBILIDAD	B	B	B
	<i>Media Complejidad</i>		
CONSERVABILIDAD	B	B	B
	<i>Máquina Protegida</i>		
AUTOMATIZACIÓN	B	B	B
	<i>Máquina Semiautomática</i>		

VALOR DE LA MÁQUINA	A	A	A
	<i>Alto valor</i>		
FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO	A	A	A
	<i>Malo</i>		
SEGURIDAD OPERACIONAL	A	A	A
	<i>Muy Peligrosa</i>		
CONCLUSIÓN:			
Los grupos de bombeo son considerados críticos ya que pertenecen a la categoría A.			

Para un mayor detalle de los parámetros que se analizaron dentro de la categorización de los grupos de bombeo [7] ver el anexo 4.

Para esta categoría, lograr la máxima disponibilidad de la maquinaria o equipos, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- Mantenimiento Predictivo: Gran utilización de técnicas de ultrasonido, vibraciones, análisis de aceites, etc; sin escatimar costos.
- Mantenimiento Preventivo: Emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento Correctivo: En el caso de reparaciones imprevistas.

De las distintas tecnologías aplicables al mantenimiento predictivo, quizás el análisis de vibraciones sea la más popular. La razón la encontramos en la posibilidad de determinar una gran cantidad de problemas dentro de una misma máquina con una inversión económica inicial razonable, pero recuperable a largo plazo.

La vibración es uno de los indicadores más claros del estado de una máquina. Bajos niveles de vibración indican un equipo en buen estado, y obviamente cuando estos niveles se elevan indican el inicio de alguna anomalía.

- Los instrumentos con los que cuenta la empresa actualmente.

En la actualidad, para la implementación del Mantenimiento Predictivo, la Estación “Faisanes” cuenta solamente con un vibrómetro, el cual mide niveles de vibración globales con poca capacidad de diagnóstico.

No obstante, los valores RMS que mide este instrumento se utilizan para compararlos con estándares fijados en normas, permitiendo monitorear una tendencia y determinar si la máquina se encuentra dentro de los rangos aceptables, por lo que fue necesario efectuar este análisis con el Detector II con el software Trendline.

- El personal quién ejecuta este tipo de monitoreo.

Existe el personal capacitado para llevar a cabo el análisis vibracional, y por medio del presente trabajo se puede contar con una base para la implementación del Mantenimiento Predictivo en la estación “Faisanes” por medio de la técnica de Análisis Vibracional.

De esta manera cualquier técnico puede realizar la etapa de medición de vibración y la etapa de análisis es realizada por el técnico especializado en esta área.

Por lo tanto, al tomar en cuenta los parámetros anteriormente analizados, la técnica de análisis vibracional será la seleccionada y de hecho la más adecuada para iniciar con un mantenimiento predictivo.

4.1.1 Técnica de Análisis Vibracional para el Monitoreo Predictivo en Equipos Rotativos

Para la aplicación de la técnica de análisis vibracional es necesario conocer las normas que utilizamos en el presente estudio, todo ello para conocer el nivel de severidad permisible en el mismo.

4.1.1.1 Normas y Guías de Severidad de Vibraciones

Las normas de severidad de vibraciones de maquinaria se basan en dos parámetros de vibración: amplitud y frecuencia.

- **ISO 2372 [8]**

Las características más relevantes de la norma ISO 2372 son:

Es aplicable a los equipos rotativos cuyo rango de velocidades de giro está entre 600 y 12.000 RPM; y el nivel global de vibración en velocidad - valor eficaz RMS, está en un rango de frecuencia entre 10 y 1.000 Hz.

Para utilizar la norma ISO 2372, basta con clasificar la máquina en estudio dentro de la clase correspondiente tomando en cuenta la potencia y el tipo de soporte y una vez obtenido el valor global de vibración determinar la zona en la que se encuentra.

Los niveles de severidad de vibraciones de la norma ISO 2372 se relacionan y están acordes a las normas: (Asociación Alemana de Ingenieros) VDI 156 y BS 4675.

Tabla 4.2: PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA ISO 2372

CLASE	DESCRIPCIÓN
Clase I	Equipos pequeños hasta 15 kW.
Clase II	Equipos medios, de 15 a 75 kW o hasta 300 kW con cimentación especial.
Clase III	Equipos grandes, por encima de 75 kW con cimentación rígida o de 300 kW con cimentación especial.
Clase IV	Turbomaquinaria (equipos con RPM > velocidad crítica).

TABLA 4.3: SEVERIDAD DE LA VIBRACIÓN SEGÚN LA NORMA ISO 2372

VELOCIDAD (mm/s, rms)	TIPOS DE MÁQUINAS			
	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV
0.18 a 0.28	A	A	A	A
0.28 a 0.45				
0.45 a 0.71				
0.71 a 1.12	B	B	B	B
1.12 a 1.8	C			
1.8 a 2.8	D	C	C	B
2.8 a 4.5		D	D	C
4.5 a 7.1				D
7.1 a 11.2	D	D	D	C
11.2 a 18				D
18 a 28				D
A	Buena	C	Insatisfactoria	
B	Satisfactoria	D	Inaceptable	

▪ **ISO 10816 [9]**

VIBRACIÓN MECÁNICA. - EVALUACIÓN DE LA VIBRACIÓN EN UNA MÁQUINA MEDIANTE MEDIDAS EN PARTES NO ROTATIVAS.

Establece las condiciones y procedimientos generales para la medición y evaluación de la vibración, utilizando mediciones realizadas sobre partes no rotativas de las máquinas. Este estándar consta de cinco partes, de los cuales, se aplicó el apartado 3 cuyas características más relevantes son:

Es aplicable en maquinaria industrial con potencia nominal por encima de 15 kW y velocidades entre 120 y 15000 RPM.

Para utilizar la norma ISO 10816 - 3, se debe clasificar la máquina en estudio dentro del grupo correspondiente tomando en cuenta: El tipo de máquina, la potencia o altura del eje y la flexibilidad del soporte. Una vez obtenido el valor global de vibración determinar la zona en la que se encuentra (A, B, C o D).

TABLA 4.4: SEVERIDAD DE LA VIBRACIÓN SEGÚN LA NORMA ISO 10816-3

									Velocidad mm/s rms
				D				11	
								7.1	
				C				4.5	
								3.5	
				B				2.8	
								2.3	
				A				1.4	
								0.71	
Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	BASE	
Bombas > 15 kW Flujo Radial, Axial o Mixto				Máq. Medianas 15kW<P<300kW		Máq. Grandes 300kW<P<50Mw		TIPO DE MÁQUINA	
Mot. Integrado		Motor Separado		Motores 160mm≤H<315mm		Motores 315 mm ≤ H			
GRUPO 4		GRUPO 3		GRUPO 2		GRUPO 1		GRUPO	
A		Buena		C		Insatisfactoria			
B		Satisfactoria		D		Inaceptable			

Respecto a máquinas con movimiento alternativo se puede utilizar la norma ISO 10816-6:

- **Parte 6:** Reciprocating machines with power rating above 100 kW";

Una máquina con movimiento alternativo, por ejemplo un motor Diesel, es una máquina robusta diseñada para soportar los esfuerzos que generan las explosiones que se producen dentro de ella.

De aquí, que los esfuerzos generados por las vibraciones son para este tipo de máquinas, marginales.

La normativa evalúa la severidad vibratoria no para considerar el efecto sobre la máquina misma, sino que considera el efecto que ella tiene en elementos montados sobre la máquina (bombas, intercambiadores de calor, instrumentos, etc.) y los conectados a ella (tuberías, fundiciones, etc.).

- **ISO 8528 – 9 [10]**

“RECIPROCATING INTERNAL COMBUSTION ENGINE DRIVEN ALTERNATING CURRENT GENERATING SETS” – PART 9: “MEASUREMENT AND EVALUATION OF MECHANICAL VIBRATION”

El apartado 9 de la norma ISO 8528 describe un procedimiento para medir y evaluar el comportamiento de las vibraciones mecánicas externas de un conjunto de generación en los puntos de medición fijados en estos estándares.

Esta norma es aplicable a Moto – Generadores fijos o móviles con estructuras rígidas o resistentes.

Esta norma proporciona información sobre el nivel de severidad de vibración de un motor de combustión interna, en nuestro caso sirvió como una guía, ya que esta norma es muy utilizada para los moto - generadores, pero en este caso fue de gran ayuda para el presente estudio.

TABLA 4.5: VALORES RMS DE VELOCIDAD DE VIBRACIÓN PARA MOTO - GENERADORES

Velocidad del Motor min ⁻¹	Potencia de Salida del Conjunto de Generación		Velocidad de Vibración V rms		
	Cos φ= 0,8 KV-A	KW	RIC Motor ²⁾	Generador	
			mm/s	Valor 1	Valor 2
				mm/s	mm/s
2000 ≤ V ≤ 3600	P ≤ 15 (1-cylinder engine)	P ≤ 12 (1-cylinder engine)	-	70	80
	P ≤ 50	P ≤ 40	-	50	60
	P > 50	P > 40	-	40 ³⁾	50 ³⁾
1300 ≤ V < 2000	P ≤ 10	P ≤ 8	-	-	-
	10 < P ≤ 50	8 < P ≤ 40	-	40	-
	50 < P ≤ 125	40 < P ≤ 100	-	25	30
	125 < P ≤ 250	100 < P ≤ 200	45	25	30
	P > 250	P > 200	45	20	28
720 < V < 1300	250 ≤ P ≤ 1250	200 ≤ P ≤ 1000	45	20	24
	P > 1 250	P > 1 000	45	18	22
V ≤ 720	P > 1 250	P > 1 000	45	15 (10) ⁴⁾	20 (15) ⁴⁾

REFERENCIAS

1) Los valores de desplazamiento y aceleración son calculadas usando los valores de velocidad por las siguientes ecuaciones:

$$S_{RMS} = 0,0159 \times V_{RMS}$$

$$a_{RMS} = 0,628 \times V_{RMS}$$

2) Los valores fijados para motores RIC son aplicables para motores con potencia de salida de más de 100 Kw.- Para motores pequeños con potencia de salida menor a 100 Kw no existen valores típicos.

3) Estos valores están sujetos a un acuerdo entre el cliente y el fabricante.

4) Los valores en paréntesis son aplicados para generadores montados en fundaciones de concreto. En este caso la medida axial en los puntos de la base del generador serán el 50% de los valores dados en paréntesis.

También existen algunos estándares que son publicados por grupos de industrias tales como, American Petroleum Institute (API), American Gear Manufacturers Association (AGMA), National Electric Manufacturers Association (NEMA), etc.; y normas sobre la instrumentación y sistemas de medida.

4.1.1.1.1 Niveles de Tendencia [11]

La tendencia se puede definir como una representación gráfica de alguna variable respecto al tiempo. Para nuestro caso, la variable es el nivel general de vibración de los puntos de uno de los equipos de los grupos de bombeo.

En esta gráfica puede observarse la pendiente de los puntos a través de su historia; siempre y cuando la pendiente sea suave, la tendencia permanecerá relativamente constante. Pero si llega a haber un crecimiento grande, acercándose a una elevación exponencial, generalmente es porque se acerca una falla.

Los niveles de vibración a través de la historia de la máquina variarán entre períodos. Esto se debe a que el nivel de vibración es inferido a través de promedios. Esto será normal siempre y cuando no haya un cambio abrupto en el nivel de vibración de manera que la pendiente se incremente considerablemente.

La figura 4.3 presenta un ejemplo de una bomba que llevaba una tendencia relativamente constante, pero tuvo un incremento abrupto en la penúltima medición. A través del monitoreo de vibraciones se pudo predecir la falla que hubiera podido causar daños más graves.

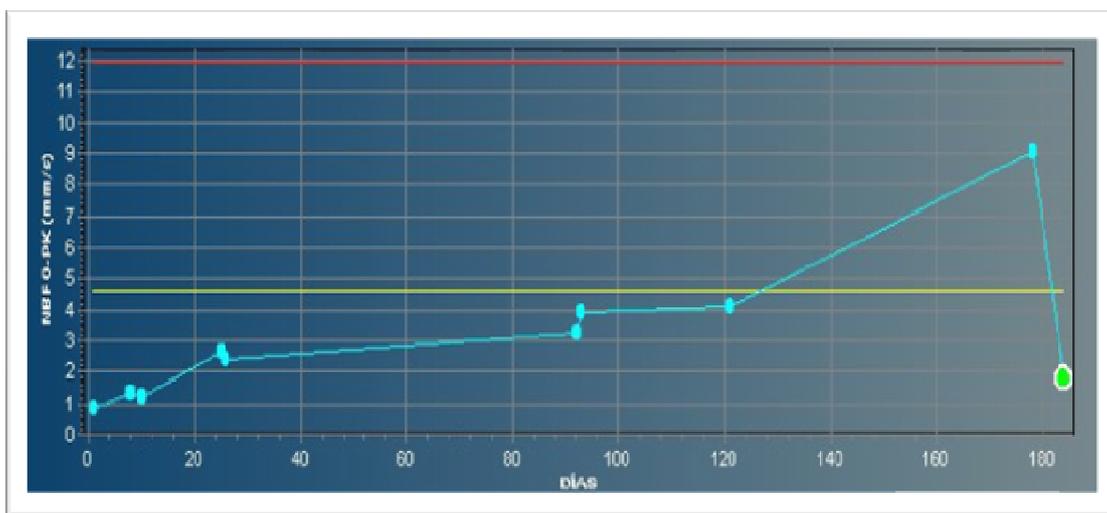


Figura 4.1: Ejemplo de Una Gráfica de Tendencia

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							
Proceso de Trabajo:		Inyección Directa		Disposición de cilindros:		En Línea –Verticales	
Ø de los Cilindros:		230 mm		Carrera:		270 mm	
Volumen de Embolada por Cilindro:		11,2 dm ³		Volumen Total de Embolada:		89,7 dm ³	
Cantidad de Agua Refrig.:		215 dm ³		Cantidad de Aceite:		70 gal.	
ORDEN DE ENCENDIDO:							
Izquierda:		1 – 3 – 7 – 5 – 8 – 6 – 2 – 4		Derecha:		1 – 4 – 2 – 6 – 8 – 5 – 7 – 3	
DATOS DE AJUSTE							
Presión de Aceite Lubricante delante del filtro:		4,0 Bar		T° del aceite lubricante, entrada del motor:		90 hasta 95 ° C	
T° del Agua Refrigerante, salida motor:		75 hasta 80 ° C		Presión de Inyección:		350 Bar	
DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR AUXILIAR							
Motor de Pre-lubricación				Motor del Ventilador			
Marca:	SIEMENS	Serie:	S1IP 55	Marca:	SIEMENS	Serie:	259805
#Fases:	Trifásico	Frec.:	60Hz	#Fases:	Trifásico	Frec.:	60 Hz
Rpm:	1650	Hp:	1.5	Rpm:	1170	Kw:	14,7
V:	220/440YY	A:	5.0/2.5	V:	460 Δ	A:	25,5
η:	65.9	Cos φ:	0.89	IP:	54	Cos φ:	0.82

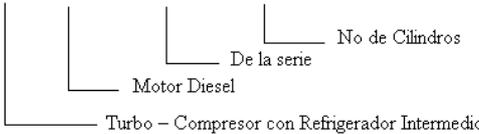
Tabla 4.7: FICHA TÉCNICA DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 301

 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES				ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA TÉCNICA DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 301							
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO							
Marca:	CITROEN - MESSIAN		Tipo:	H1H – 16.4	Nº de Serie:	63247	
Potencia:	1200 hp		Velocidad:	900 a 4011.42 rpm			
Máquina Motriz:	MCI Diesel de 8 cil.		Máquina Receptora:	Bomba Centrífuga GUINARD			
Engrase:	Por inyección		Cantidad de aceite:	250 lt Aprox.			
PESO							
Multiplicador:	1100kg		Accesorios:	150 kg			
Tanque:	700 kg		Peso total del conjunto:	1950 kg			
DATOS DEL MOTOR AUXILIAR DE LUBRICACIÓN							
Marca:	CEN		Tipo:	N 112M			
Alimentación:	TRIFÁSICA		Forma:	B3/B5			
Velocidad:	1120 rpm		Potencia:	2.2 Kw			
Tensión:	110 V	Cos φ:	0.71	Frecuencia:	60 Hz		
Protección:	Antideflagrante (III)		Aislamiento:	Clase A			
DATOS DE LA BOMBA DE LUBRICACIÓN							
Velocidad:	1120 rpm		Potencia:	2Kw			

Tabla 4.8: FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA DEL GRUPO P 301

 PETROCOMERCIAL	POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”
FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA DEL GRUPO P 301			
DATOS TÉCNICOS:			
Marca:	GUINARD	Modelo:	DVMX 4x6x10C
Nº de Serie:	465 749.1	Nº Etapas:	Horizontal de 5E
Velocidad:	3900 rpm	Potencia:	961 Hp
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO			
Caudal:	111 a 388 m ³ / h	T ° de Servicio:	60 – 90 ° F
Tipo de Operación:	En Serie	Peso Específico:	0.865
Presión de Succión:	50 a 150 PSI g	Presión de Descarga:	2165 PSI g
Rodamiento Radial:	LISSE	Rodamiento Axial:	73112 86

Tabla 4.9: FICHA TÉCNICA DEL M.C.I DEL GRUPO P 302

 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA TÉCNICA DEL M.C.I. DEL GRUPO P302					
Designación del Tipo TB D 440 8 K* Potencia Reforzada					
					
MARCA :		MWM	SERIE:		4400818175
Nº de Cilindros:		8	Potencia:		1200 Hp
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
Proceso de Trabajo:		Inyección Directa	Disposición de los cilindros:		En Línea – Verticales
Ø de los Cilindros:		230 mm	Carrera:		270 mm
Volumen de Embolada por Cilindro:		11,2 dm ³	Volumen Total de Embolada:		89,7 dm ³
Cantidad de Agua Refrigerante:		215 dm ³	Cantidad de Aceite:		70 gal.
ORDEN DE ENCENDIDO:					
Izquierda:		1 – 3 – 7 – 5 – 8 – 6 – 2 – 4	Derecha:		1 – 4 – 2 – 6 – 8 – 5 – 7 – 3
DATOS DE AJUSTE					
Presión de Aceite Lubricante delante del filtro:		4,0 Bar	T ° del aceite lubricante, entrada del motor:		90 hasta 95 ° C
T ° del Agua Refrigerante, salida motor:		75 hasta 80 ° C	Presión de Inyección:		350 Bar

DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR AUXILIAR							
Motor de Pre-lubricación				Motor del Ventilador			
Marca:	SIEMENS	Serie:	S1IP 55	Marca:	SIEMENS	Serie:	259805
#Fases:	Trifásico	Frec.:	60Hz	#Fases:	Trifásico	Frec.:	60 Hz
Rpm:	1650	Hp:	1.5	Rpm:	1170	Kw:	14,7
V:	220/440YY	A:	5.0/2.5	V:	460 Δ	A:	25,5
η:	65.9	Cos φ:	0.89	IP:	54	Cos φ:	0.82

Tabla 4.10: FICHA TÉCNICA DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 302

 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMEALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES			ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA TÉCNICA DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 302						
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO						
Marca:	CITROEN - MESSIAN		Tipo:	H1H – 16.4	Nº de Serie:	63247
Potencia:	1200 hp		Velocidad:	900 a 4011.42 rpm		
Máquina Motriz:	MCI Diesel de 8 cil.		Máquina Receptora:	Bomba Centrífuga GUINARD		
Engrase:	Por inyección		Cantidad de aceite:	250 lt Aprox.		
PESO						
Multiplicador:	1100kg		Accesorios:	150 kg		
Tanque:	700 kg		Peso total del conjunto:	1950 kg		
DATOS DEL MOTOR AUXILIAR DE LUBRICACIÓN						
Marca:	CEN		Tipo:	N 112M		
Alimentación:	TRIFÁSICA		Forma:	B3/B5		
Velocidad:	1120 rpm		Potencia:	2.2 Kw		
Tensión:	110 V	Cos φ:	0.71	Frecuencia:	60 Hz	
Protección:	Antideflagrante (III)		Aislamiento:	Clase A		
DATOS DE LA BOMBA DE LUBRICACIÓN						
Velocidad:	1120 rpm		Potencia:	2 Kw		

Tabla 4.11: FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA DEL GRUPO P 302

 PETROCOMERCIAL	POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”
FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA DEL GRUPO P 302			
DATOS TÉCNICOS:			
Marca:	GUINARD	Modelo:	DVMX 4x6x10C
Nº de Serie:	465 749.1	Nº Etapas:	Horizontal de 5E
Velocidad:	3900 rpm	Potencia:	961 hp
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO			
Caudal:	111 a 388 m ³ /h	T ° de Servicio:	60 – 90 ° F
Tipo de Operación:	En Serie	Peso Específico:	0.865
Presión de Succión:	50 a 150 PSI g	Presión de Descarga:	2165 PSI g
Rodamiento Radial:	LISSE	Rodamiento Axial:	73112 86

Tabla 4.12: FICHA TÉCNICA DEL M.C.I DEL GRUPO P 303

 PETROCOMERCIAL	POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”
FICHA TÉCNICA DEL M.C.I. DEL GRUPO P303			
Designación del Tipo	TB D 440 8 K* ——— Potencia Reforzada <div style="margin-left: 100px;"> └───┘ No de Cilindros └───┘ De la serie └───┘ Motor Diesel └───┘ Turbo – Compresor con Refrigerador Intermedio </div>		
MARCA :	MWM	SERIE:	4400810176
Nº de Cilindros:	8	Potencia:	1200 Hp
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Proceso de Trabajo:	Inyección Directa	Disposición de los cilindros:	En Línea – Verticales
Ø de los Cilindros:	230 mm	Carrera:	270 mm
Volumen de Embolada por Cilindro:	11,2 dm³	Volumen Total de Embolada:	89,7 dm³
Cantidad de Agua Refrigerante:	215 dm³	Cantidad de Aceite:	70 gal.
ORDEN DE ENCENDIDO:			
Izquierda:	1 – 3 – 7 – 5 – 8 – 6 – 2 – 4	Derecha:	1 – 4 – 2 – 6 – 8 – 5 – 7 – 3
DATOS DE AJUSTE			
Presión de Aceite Lubricante delante del filtro:	4,0 Bar	T ° del aceite lubricante, entrada del motor:	90 hasta 95 ° C
T ° del Agua Refrigerante, salida motor:	75 hasta 80 ° C	Presión de Inyección:	350 Bar

DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR AUXILIAR							
Motor de Pre-lubricación				Motor del Ventilador			
Marca:	SIEMENS	Serie:	S1IP 55	Marca:	SIEMENS	Serie:	259805
#Fases:	Trifásico	Frec.:	60Hz	#Fases:	Trifásico	Frec.:	60 Hz
Rpm:	1650	Hp:	1.5	Rpm:	1170	Kw:	14,7
V:	220/440YY	A:	5.0/2.5	V:	460 Δ	A:	25,5
η:	65.9	Cos φ:	0.89	IP:	54	Cos φ:	0.82

Tabla 4.13: FICHA TÉCNICA DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 303

 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMEALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES			ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA TÉCNICA DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 303						
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO						
Marca:	CITROEN - MESSIAN	Tipo:	H1H – 16.4	Nº de Serie:	63254	
Potencia:	1200 hp		Velocidad:	900 a 4011.42 rpm		
Máquina Motriz:	MCI Diesel de 8 cil.		Máquina Receptora:	Bomba Centrífuga GUINARD		
Engrase:	Por inyección		Cantidad de aceite:	250 lt Aprox.		
PESO						
Multiplicador:	1100kg		Accesorios:	150 kg		
Tanque:	700 kg		Peso total del conjunto:	1950 kg		
DATOS DEL MOTOR AUXILIAR DE LUBRICACIÓN						
Marca:	CEN		Tipo:	N 112M		
Alimentación:	TRIFÁSICA		Forma:	B3/B5		
Velocidad:	1120 rpm		Potencia:	2.2 Kw		
Tensión:	110 V	Cos φ:	0.71	Frecuencia:	60 Hz	
Protección:	Antideflagrante (III)		Aislamiento:	Clase A		
DATOS DE LA BOMBA DE LUBRICACIÓN						
Velocidad:	1120 rpm		Potencia:	2 Kw		

Tabla 4.14: FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA DEL GRUPO P 303

 PETROCOMERCIAL	POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”
FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA DEL GRUPO P 303			
DATOS TÉCNICOS:			
Marca:	GUINARD	Modelo:	DVMX 4x6x10C
Nº de Serie:	465 749.2	Nº Etapas:	Horizontal de 5E
Velocidad:	3900 rpm	Potencia:	961 hp
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO			
Caudal:	111 a 388 m ³ /h	T ° de Servicio:	60 – 90 ° F
Tipo de Operación:	En Serie	Peso Específico:	0.865
Presión de Succión:	50 a 150 PSI g	Presión de Descarga:	2165 PSI g
Rodamiento Radial:	LISSE	Rodamiento Axial:	73112 86

4.2.2 Fichas Técnicas para Mantenimiento Predictivo

Tabla 4.15: FICHAS PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL M.C.I. DEL GRUPO P 301

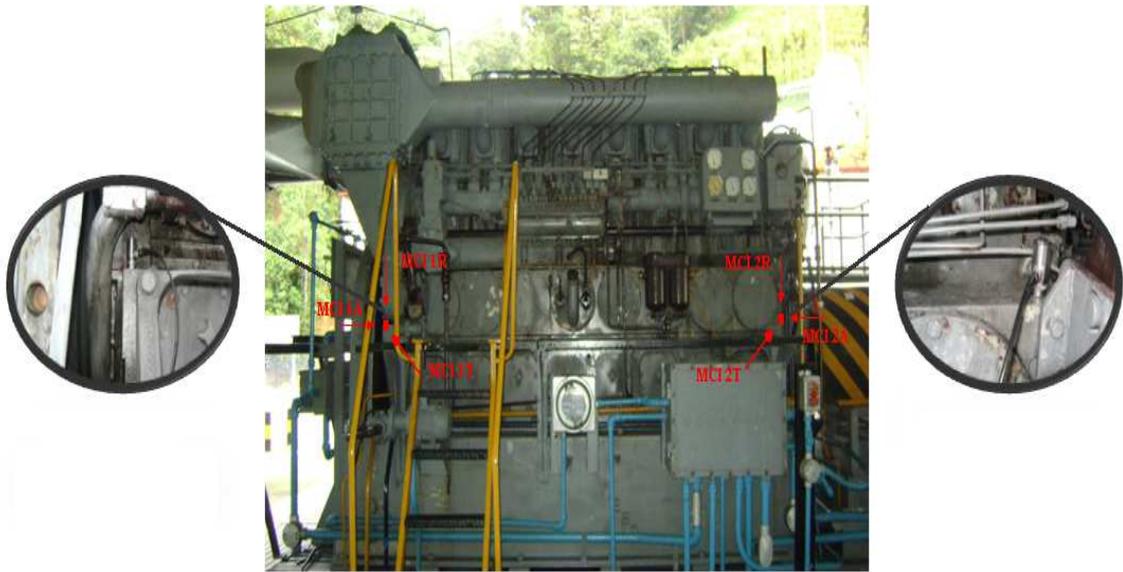
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL M.C.I. DEL GRUPO P 301					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			DATOS TÉCNICOS		
MARCA	MWM	POTENCIA	1 200 Hp		
TIPO	440 TBD	VELOCIDAD	900 RPM		
SERIE	4400810174	COJINETES DE BANCADA	(5) MWM GMBH		
ESQUEMA DEL EQUIPO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN					
					

Tabla 4.16: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL M.C.I. DEL GRUPO P 301

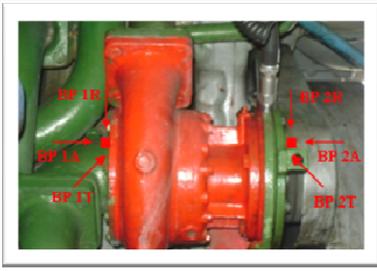
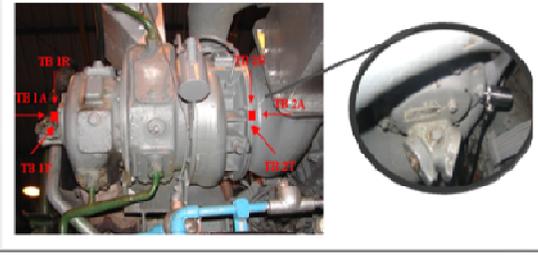
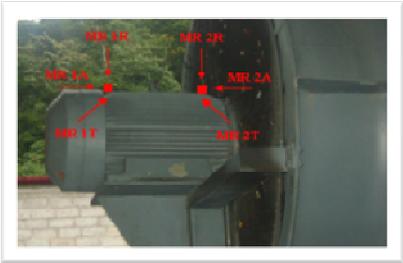
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMEALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES			ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL M.C.I. DEL GRUPO P 301						
BOMBA DE POLEA		TURBOCOMPRESOR			MOTOR ELÉCTRICO DEL VENTILADOR	
POTENCIA		POTENCIA		POTENCIA	29.8 Kw	
VELOCIDAD	1408 RPM					
Nº ÁLABES	7	VELOCIDAD	37000 RPM	VELOCIDAD	1500 RPM	
Ø POLEA MOTRIZ	710.5 mm					
Nº BANDAS	(4) 01154334 HX	RODAMIENTOS			Nº DE ASPAS	8
LONG. BANDAS	730 mm					
RODAMIENTOS	(1) FAG 6206.2ZR	LADO TURBINA	(1) SKF 6305	RODAMIENTOS	(2) 6210 2Z	
	(1) FAG 6306.2ZR.C3	LAD. COMPRESOR	(1) FAG 593324			
						

Tabla 4.17: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 301

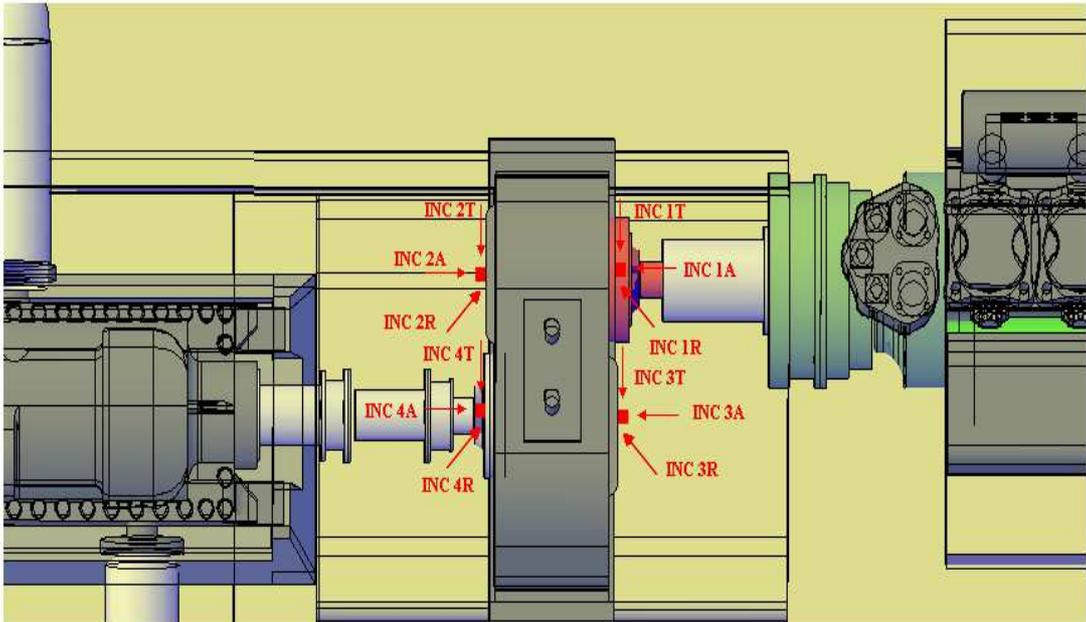
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 301					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			DATOS TÉCNICOS		
MARCA	Citroën – Messian	POTENCIA		1 200 Hp	
		VELOCIDAD		4011.42 RPM	
		MÁQUINA MOTRIZ		MCI	
TIPO	H1H – 16.4	MÁQUINA RECEPTORA		Bomba Centrífuga	
		Nº DE DIENTES		$Z_1 = 156$ $Z_2 = 35$	
SERIE	63247	RODAMIENTOS	LADO BAJA	(2)NSK 23026 CE4	
		COJINETES	LADO ALTA	(1) 202K 131889 (1) 201K 481128	
ESQUEMA DEL EQUIPO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN					
					

Tabla 4.18: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 301

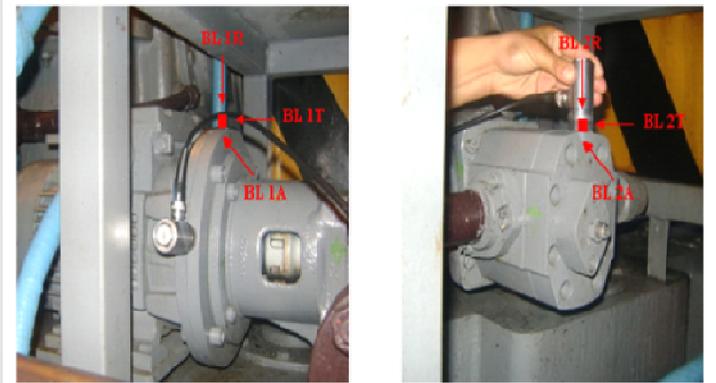
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
HOJA DE VIDA VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 301					
MOTOR ELÉCTRICO DE LUBRICACIÓN			BOMBA DE LUBRICACIÓN		
POTENCIA	2.2 Kw		POTENCIA	2 Kw	
VELOCIDAD	1120 RPM		VELOCIDAD	1120 RPM	
RODAMIENTOS	(1) 6304 2Z		COJINETES		
	(1) 6206 2Z		N ° DE DIENTES	Z = 12	
					

Tabla 4.19: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LA BOMBA DEL GRUPO P301

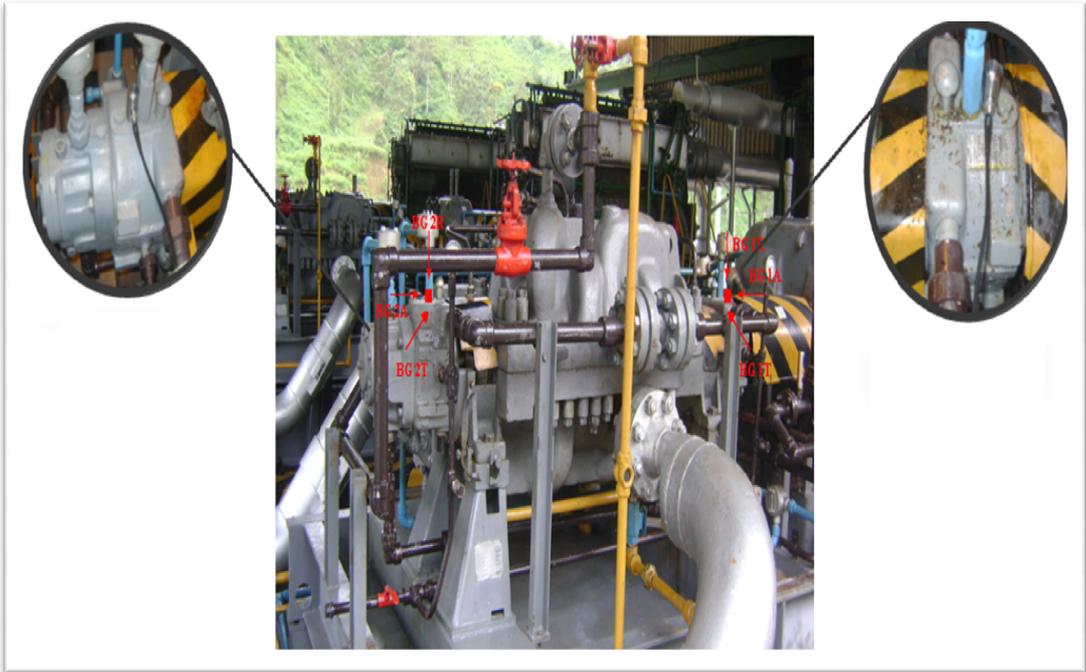
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA VIBRACIONAL DE LA BOMBA CENTRÍFUGA DEL GRUPO P 301					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			DATOS TÉCNICOS		
MARCA	Guinard	POTENCIA	961 hp		
		VELOCIDAD	3900		
TIPO	DVMX4x6x10C	Nº DE ETAPAS	5		
		COJINETES RADIALES	(1) 4 PG 11798 (1) DRW 10851201		
SERIE	465 749.1	RODAMIENTO AXIAL	(1) 7312 BG		
ESQUEMA DEL EQUIPO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN					
					

Tabla 4.20: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL M.C.I. DEL GRUPO P 302

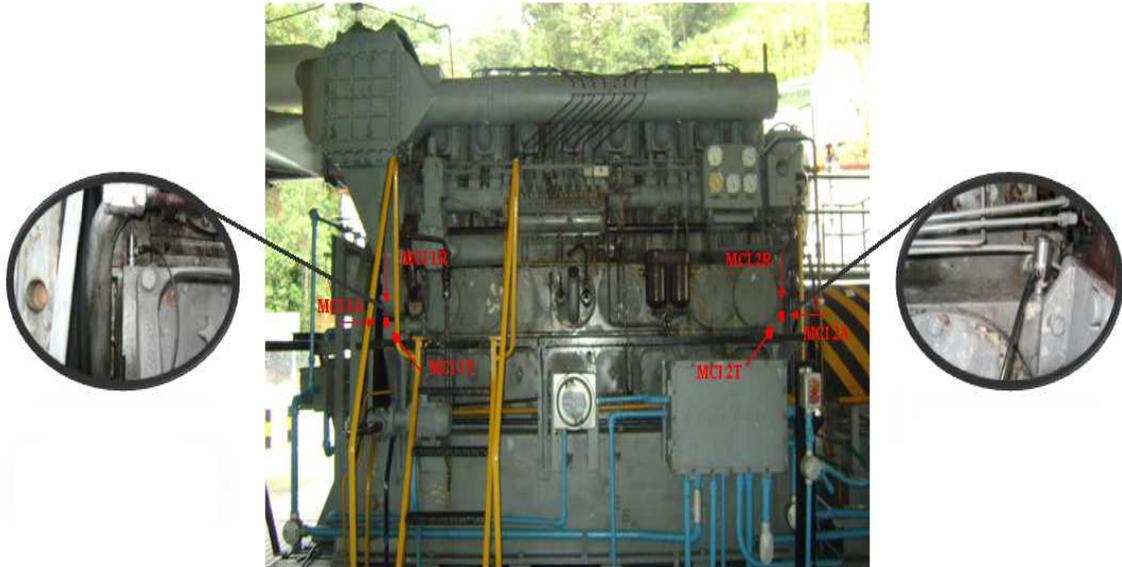
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL M.C.I. DEL GRUPO P 302					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			DATOS TÉCNICOS		
MARCA	MWM	POTENCIA	1 200 Hp		
TIPO	440 TBD	VELOCIDAD	900 RPM		
SERIE	4400818175	COJINETES DE BANCADA	(5) MWM GMBH		
ESQUEMA DEL EQUIPO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN					
					

Tabla 4.21: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL M.C.I. DEL GRUPO P 302

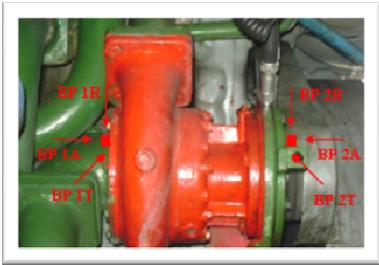
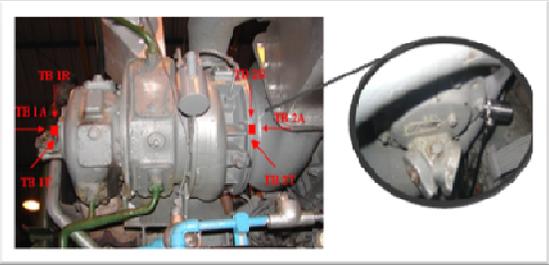
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES			ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL M.C.I. DEL GRUPO P 302						
BOMBA DE POLEA		TURBOCOMPRESOR			MOTOR ELÉCTRICO DEL VENTILADOR	
POTENCIA		POTENCIA		POTENCIA	29.8 Kw	
VELOCIDAD	1408 RPM					
Nº ÁLABES	7	VELOCIDAD	37000 RPM	VELOCIDAD	1500 RPM	
Ø POLEA MOTRIZ	710.5 mm	RODAMIENTOS			Nº DE ASPAS	8
Nº BANDAS	(4) 01154334 HX				Nº DE ASPAS	8
LONG. BANDAS	730 mm				Nº DE ASPAS	8
RODAMIENTOS	(1) FAG 6206.2ZR	LADO TURBINA	(1) SKF 6305		RODAMIENTOS	(2) 6210 2Z
	(1) FAG 6306.2ZR.C3	LAD. COMPRESOR	(1) FAG 593324			
						

Tabla 4.22: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 302

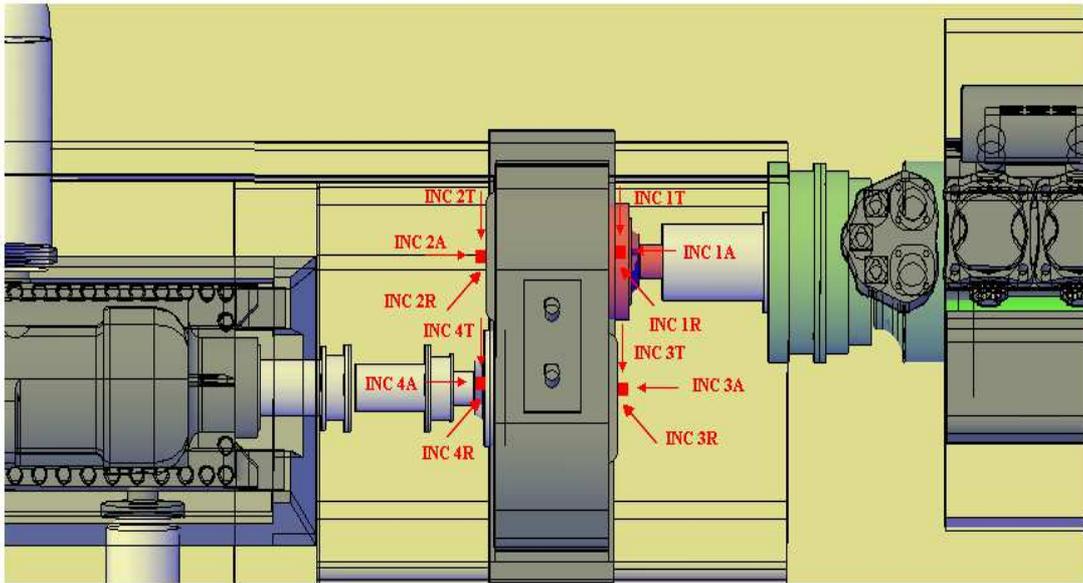
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 302					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			DATOS TÉCNICOS		
MARCA	Citroën – Messian	POTENCIA		1 200 Hp	
		VELOCIDAD		4011.42 RPM	
		MÁQUINA MOTRIZ		MCI	
TIPO	H1H – 16.4	MÁQUINA RECEPTORA		Bomba Centrífuga	
		Nº DE DIENTES		$Z_1= 156$ $Z_2= 35$	
SERIE	62969	RODAMIENTOS	LADO BAJA	(2)NSK 23026 CE4	
		COJINETES	LADO ALTA	(1) 202K 131889 (1) 201K 481128	
ESQUEMA DEL EQUIPO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN					
					

Tabla 4.23: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 302

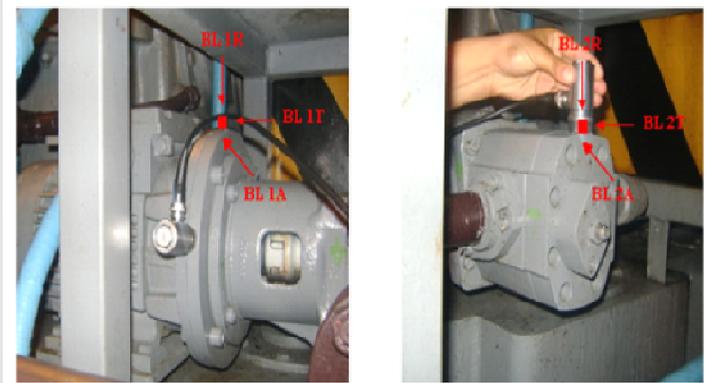
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
HOJA DE VIDA VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 302					
MOTOR ELÉCTRICO DE LUBRICACIÓN			BOMBA DE LUBRICACIÓN		
POTENCIA	2.2 Kw		POTENCIA	2 Kw	
VELOCIDAD	1120 RPM		VELOCIDAD	1120 RPM	
RODAMIENTOS	(1) 6304 2Z		COJINETES		
	(1) 6206 2Z		N ° DE DIENTES	Z = 12	
					

Tabla 4.24: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LA BOMBA DEL GRUPO P302

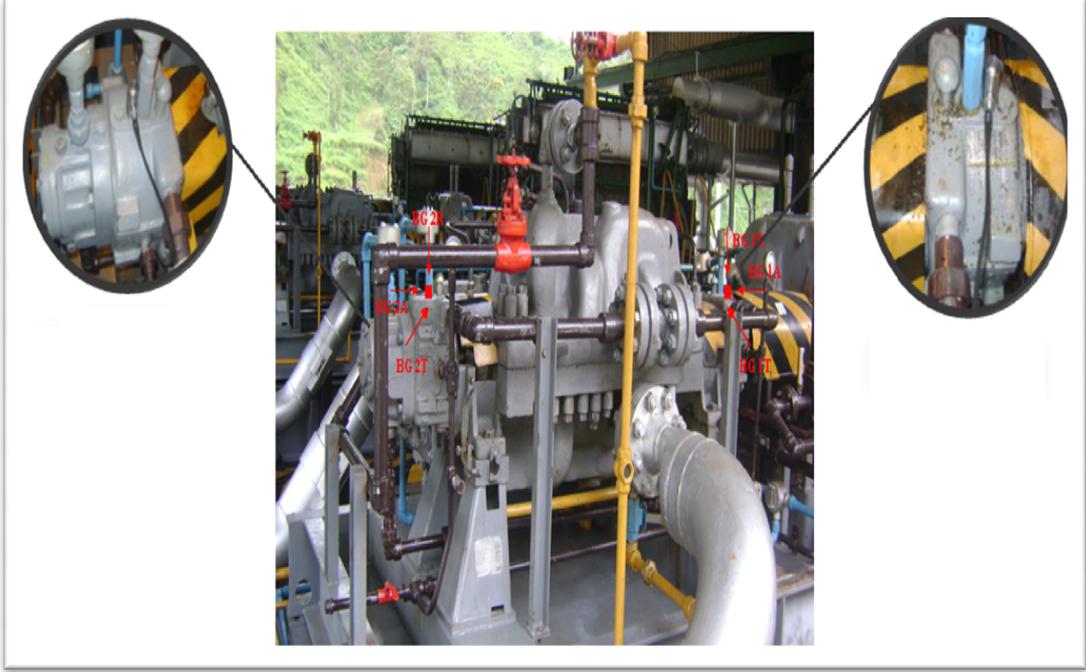
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA VIBRACIONAL DE LA BOMBA CENTRÍFUGA DEL GRUPO P 302					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			DATOS TÉCNICOS		
MARCA	Guinard	POTENCIA	961 hp		
		VELOCIDAD	3900		
TIPO	DVMX4x6x10C	Nº DE ETAPAS	5		
		COJINETES RADIALES	(1) 4 PG 11798 (1) DRW 10851201		
SERIE	465 749.3	RODAMIENTO AXIAL	(1) 7312 BG		
ESQUEMA DEL EQUIPO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN					
					

Tabla 4.25: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL M.C.I. DEL GRUPO P 303

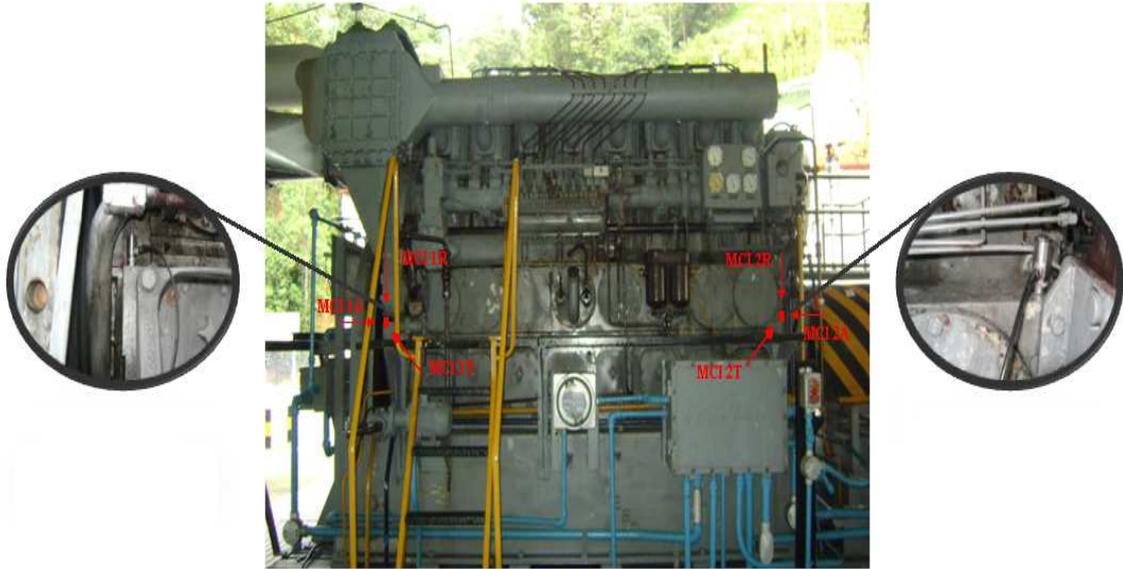
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMEERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL M.C.I. DEL GRUPO P 303					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			DATOS TÉCNICOS		
MARCA	MWM	POTENCIA	1 200 Hp		
TIPO	440 TBD	VELOCIDAD	900 RPM		
SERIE	4400810176	COJINETES DE BANCADA	(5) MWM GmbH		
ESQUEMA DEL EQUIPO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN					
					

Tabla 4.26: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL M.C.I. DEL GRUPO P 303

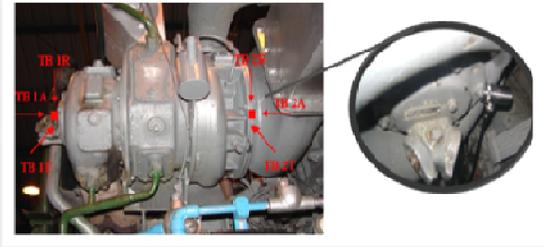
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES			ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL M.C.I. DEL GRUPO P 303						
BOMBA DE POLEA		TURBOCOMPRESOR			MOTOR ELÉCTRICO DEL VENTILADOR	
POTENCIA		POTENCIA		POTENCIA	29.8 Kw	
VELOCIDAD	1408 RPM					
Nº ÁLABES	7	VELOCIDAD	37000 RPM	VELOCIDAD	1500 RPM	
Ø POLEA MOTRIZ	710.5 mm					
Nº BANDAS	(4) 01154334 HX	RODAMIENTOS			Nº DE ASPAS	8
LONG. BANDAS	730 mm					
RODAMIENTOS	(1) FAG 6206.2ZR	LADO TURBINA	(1) SKF 6305		RODAMIENTOS	(2) 6210 2Z
	(1) FAG 6306.2ZR.C3	LAD. COMPRESOR	(1) FAG 593324			
						

Tabla 4.27: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 303

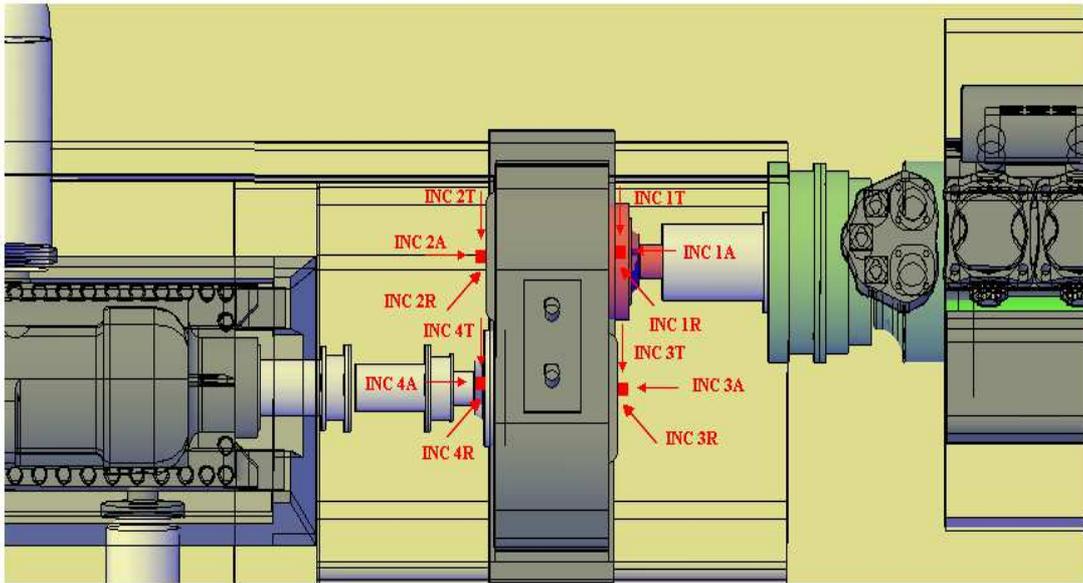
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 303					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			DATOS TÉCNICOS		
MARCA	Citroën – Messian	POTENCIA		1 200 Hp	
		VELOCIDAD		4011.42 RPM	
		MÁQUINA MOTRIZ		MCI	
TIPO	H1H – 16.4	MÁQUINA RECEPTORA		Bomba Centrífuga	
		Nº DE DIENTES		$Z_1= 156$ $Z_2= 35$	
SERIE	63254	RODAMIENTOS	LADO BAJA	(2)NSK 23026 CE4	
		COJINETES	LADO ALTA	(1) 202K 131889 (1) 201K 481128	
ESQUEMA DEL EQUIPO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN					
					

Tabla 4.28: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 303

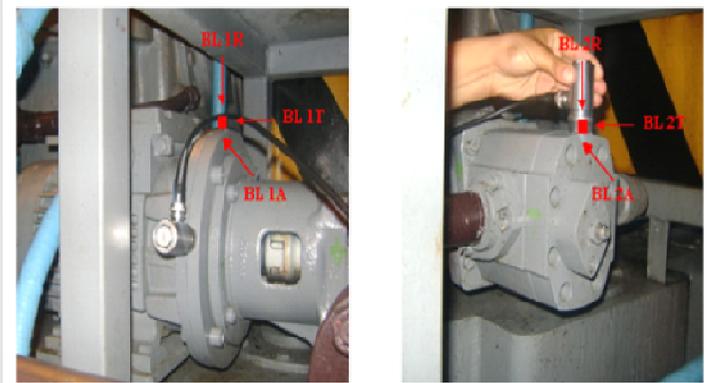
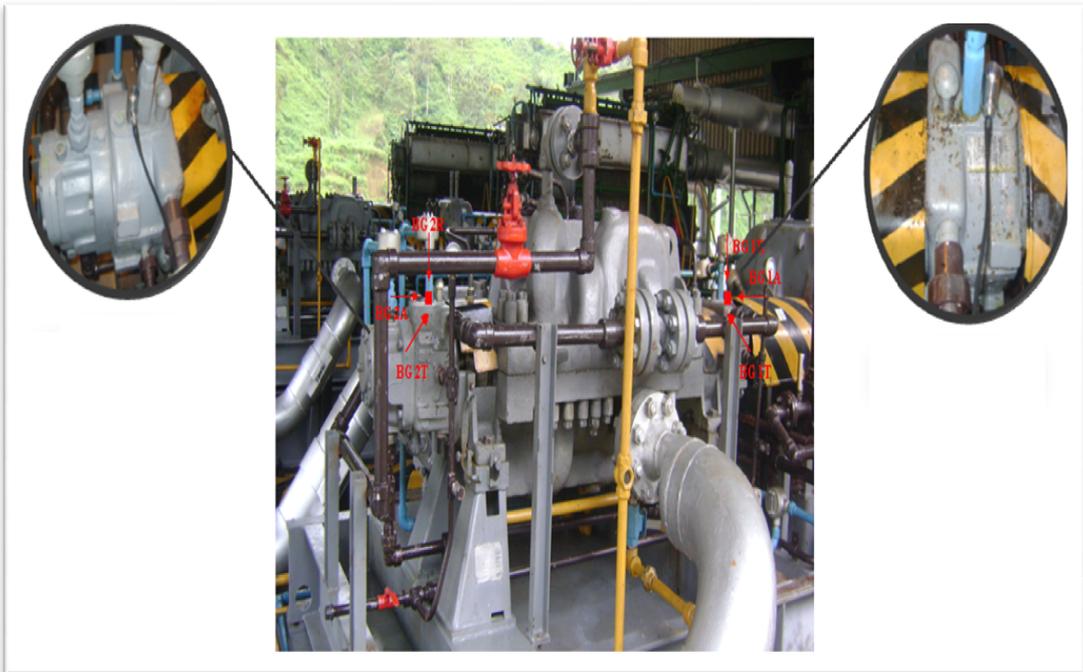
 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
HOJA DE VIDA VIBRACIONAL DE LOS COMPONENTES DEL INCREMENTADOR DEL GRUPO P 303					
MOTOR ELÉCTRICO DE LUBRICACIÓN			BOMBA DE LUBRICACIÓN		
POTENCIA	2.2 Kw		POTENCIA	2 Kw	
VELOCIDAD	1120 RPM		VELOCIDAD	1120 RPM	
RODAMIENTOS	(1) 6304 2Z		COJINETES		
	(1) 6206 2Z		N ° DE DIENTES	Z = 12	
					

Tabla 4.29: FICHA PARA EL ESTUDIO VIBRACIONAL DE LA BOMBA DEL GRUPO P303

 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”	
FICHA VIBRACIONAL DE LA BOMBA CENTRÍFUGA DEL GRUPO P 303					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			DATOS TÉCNICOS		
MARCA	Guinard	POTENCIA	961 hp		
		VELOCIDAD	3900		
TIPO	DVMX4x6x10C	Nº DE ETAPAS	5		
		COJINETES RADIALES	(1) 4 PG 11798		
SERIE	465 749.2	RODAMIENTO AXIAL	(1) DRW 10851201		
			(1) 7312 BG		
ESQUEMA DEL EQUIPO Y LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN					
					

4.3 Determinación de Frecuencias de Monitoreo [12]

Para determinar la frecuencia de inspección predictiva o monitoreo de condición, se tomó en cuenta ciertos parámetros recomendados por la SKF, estos son los siguientes:

- Clasificar a los equipos dentro de las 4 categorías:
 1. Equipo vital único donde el daño o paralización restringe severamente la producción.
 2. Equipo vital con respaldo donde un daño o paralización de ambas unidades restringe severamente la producción.
 3. Equipo no vital con respaldo, cuya pérdida no afecta la producción.
 4. Equipo no vital operado intermitentemente.

- Aplicar los factores de entorno:
 1. **Seguridad del personal:** El equipo maneja material peligroso y altamente inflamable.
 2. **Probabilidad de fallo:** Maneja material agresivo; para con deficiencias conocidas y es susceptible a falla.
 3. **Nivel Humano:** El equipo está en un sitio donde continuamente se encuentran personas.
 4. **Costos y efectos de una parada inesperada:** El costo de parada es mínimo, ya que existen equipos en stand – by.
 5. **Rapidez de avance de daño:** Existen fallas que avanzan muy rápidamente y colapsan los equipos.

- Que el personal que tome las decisiones tenga un conocimiento detallado de los procesos productivos y de los equipos específicos.

Tomando en cuenta los parámetros anteriores, existen intervalos de medición recomendados, sin que por ello cada empresa pueda fijar el lapso que consideren adecuado:

- Maquinaria que ha experimentado problemas en el pasado o el historial registra que los problemas se han desarrollado súbitamente, son monitoreados: **MENSUALMENTE.**
- Si la historia de operación es buena la inspección es: **TRIMESTRAL.**
- Si la maquinaria es altamente confiable los intervalos pueden ser: **DE 6 A 12 MESES.**
- Equipo vital sin respaldo puede evaluarse: **CADA 1 o 2 SEMANAS.**
- Equipo vital con respaldo debe monitorearse en intervalos mínimos: **MENSUALMENTE.**
- Equipo no vital con respaldo se evalúa: **TRIMESTRALMENTE.**

- Equipo no vital operado intermitentemente se puede monitorear: TRIMESTRAL o SEMESTRALMENTE.

Es necesario conocer que al surgir algún tipo de problema, el intervalo de medición debe reducirse a mediciones semanales y en ciertos casos hasta diarios o varias veces al día, si este es el caso; el equipo se encontrará en condiciones muy deterioradas y seguramente requerirá un mantenimiento correctivo.

Para el presente análisis que se ha realizado en los grupos de bombeo de la estación se tomaron en cuenta los parámetros anteriores; es decir primero se categorizó a los equipos, los mismos que se encuentran dentro de la segunda categoría, *Equipo vital con respaldo*; donde un daño o paralización de ambas unidades restringe severamente la producción, además existe el personal con la formación apropiada para tomar decisiones adecuadas sobre el monitoreo predictivo y conoce las funciones específicas de los equipos dentro del proceso productivo.

En base a los parámetros anteriormente mencionados, la recomendación para la frecuencia entre cada monitoreo es **MENSUAL**; debido a que es una maquinaria que ha experimentado problemas en el pasado o el historial registra que los problemas se han desarrollado súbitamente, adicionalmente esta frecuencia tiene correlación a que el equipo vital con respaldo debe monitorearse en intervalos mínimos **MENSUALES**.

Esta frecuencia se aplicó para las mediciones de la vibración en cada equipo que forma parte de los grupos de bombeo, la misma que puede variar según las condiciones de los equipos.

4.4 Configuración de Rutas de Medición:

El equipo utilizado para el análisis vibracional fue el “Detector II”, el cual está diseñado para trabajar conjuntamente con el software “Trendline 2”.

1. Ajuste del Sensor

Previo a la configuración se debe definir el sensor que se va a utilizar, para ello:

- Clic en el Menú Detector, seleccionamos **Sensor y Add:**

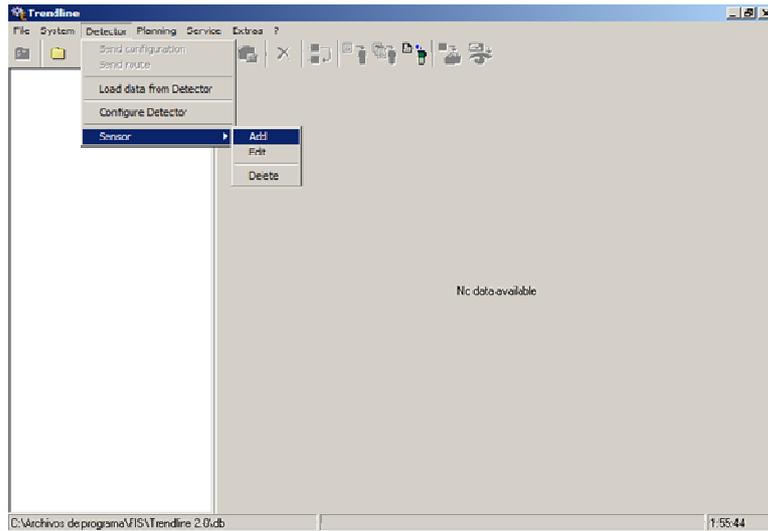


Figura 4.2: Pantalla para Definir el Sensor.

- En la ventana abierta, ubicar el nombre del sensor, mantener el valor de la sensibilidad y activar la opción **Active Sensor**:

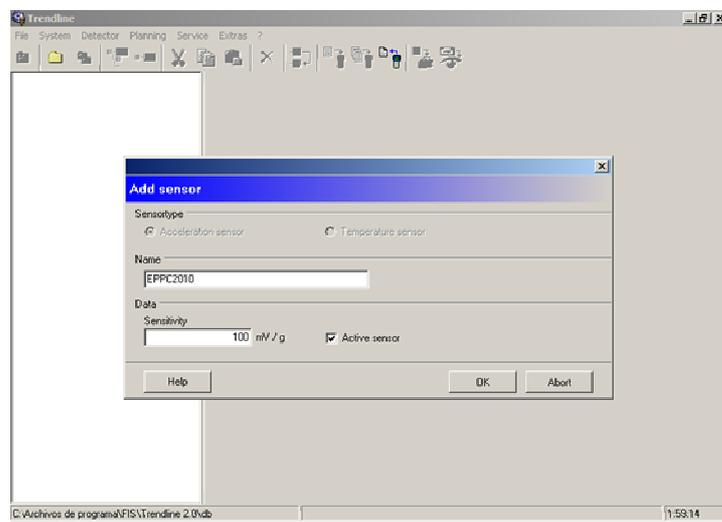


Figura4.3: Pantalla para Definir Características del Sensor.

2. Registrar un Nuevo Detector

El Detector tiene que estar registrado en el software Trendline, ya que por primera vez se va a enviar la información. Para ello, conectar el detector a la computadora por medio del cable de datos, encender el Detector y seguir los siguientes pasos:

- Clic en **Detector y Configure Detector**

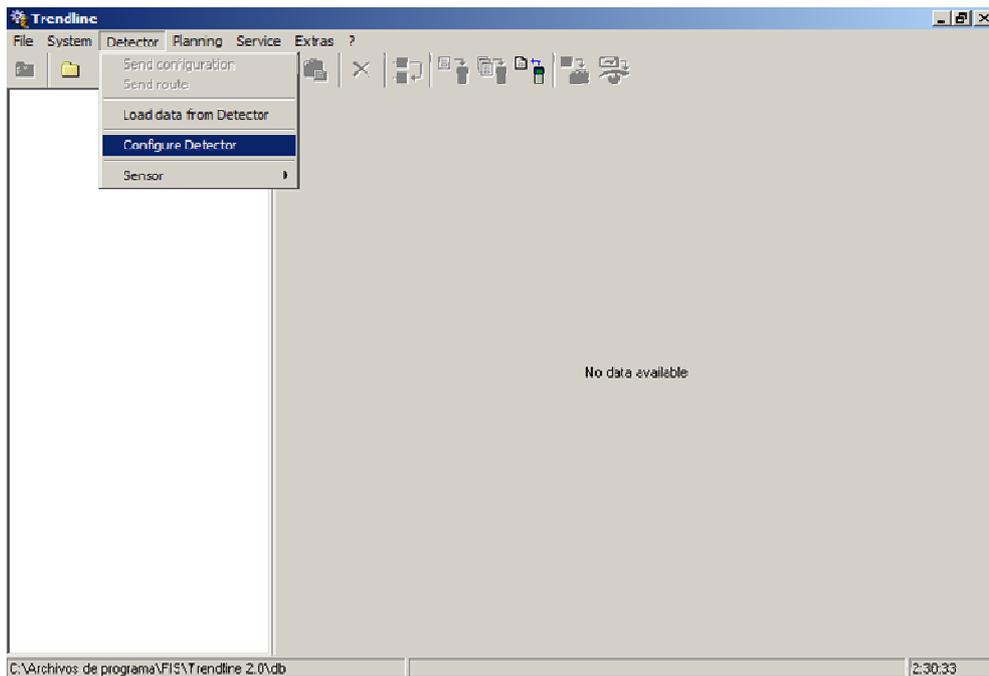


Figura 4.4: Pantalla para Configurar el Detector

- En la ventana desplegada, clic en Search for new Detector, para registrar un nuevo Detector en el programa. Así mismo podemos dar un nombre al Detector, elegir un idioma, el tiempo para el registro de medidas y el rango Baud. Finalmente clic en OK para enviar los cambios al Detector, asegurarse que éste se encuentre encendido al momento de aceptar, ya que de otro modo no existirá comunicación.

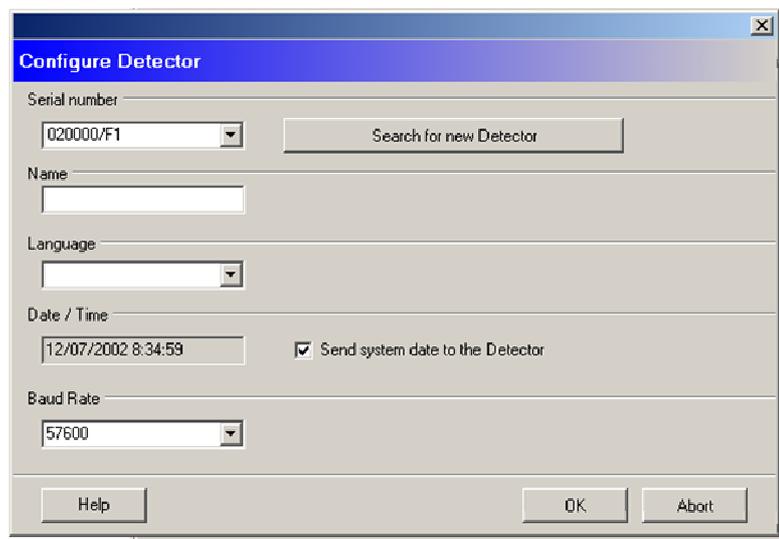


Figura4.5: Pantalla para Seleccionar el Nuevo Detector.

3. Creación de Rutas

Cada ruta tiene 4 niveles: “Configuration 1”, “Section 1”, “Machine 1” y “Measuring Point 1”, los cuales se establecen de la siguiente manera:

- Clic en System → New item o en el ícono .
- Nombrar la entrada, por ejemplo “Estación Faisanes”
- Añadir una sub-entrada, haciendo clic en System → New Subitem o en el ícono .
- Nombrar la entrada, por ejemplo “Gasolina Extra P301”.
- El nivel “Machine” se crea de forma similar a los anteriores. En nuestro caso se han considerado a 8 equipos para el análisis vibracional.
- Finalmente creamos el nivel “Measuring Point”, de forma similar a los anteriores. En nuestro caso la nomenclatura utilizada para definir los puntos de medición es la siguiente:

Tabla 4.30: NOMENCLATURA DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DEL M.C.I Y SUS COMPONENTES

EQUIPO	NOMENCLA.	SIGNIFICADO
M.C.I	MCI 1R	Motor Combustión Interna; Punto #1; Sentido Radial
	MCI 1A	Motor Combustión Interna; Punto #1; Sentido Axial
	MCI 1T	Motor Combustión Interna; Punto #1; Sentido Tangencial
	MCI 2R	Motor Combustión Interna; Punto #2; Sentido Radial
	MCI 2A	Motor Combustión Interna; Punto #2; Sentido Axial
	MCI 2T	Motor Combustión Interna; Punto #2; Sentido Tangencial
TURBO COMPRESOR	TB 1R	Turbocompresor ; Punto #1; Sentido Radial
	TB 1A	Turbocompresor; Punto #1; Sentido Axial
	TB 1T	Turbocompresor; Punto #1; Sentido Tangencial
	TB 2R	Turbocompresor; Punto #2; Sentido Radial
	TB 2A	Turbocompresor; Punto #2; Sentido Axial
	TB 2T	Turbocompresor; Punto #2; Sentido Tangencial
BOMBA DE POLEA	BP 1R	Bomba de Polea; Punto #1; Sentido Radial
	BP 1A	Bomba de Polea; Punto #1; Sentido Axial
	BP 1T	Bomba de Polea; Punto #1; Sentido Tangencial
	BP 2R	Bomba de Polea; Punto #2; Sentido Radial
	BP 2A	Bomba de Polea; Punto #2; Sentido Axial
	BP 2T	Bomba de Polea; Punto #2; Sentido Tangencial

MOTOR ELÉCTRICO DEL VENTILADOR	MR 1R	Motor del R adiador; Punto #1 ; Sentido R adial
	MR 1A	Motor del R adiador; Punto #1 ; Sentido A xial
	MR 1T	Motor del R adiador; Punto #1 ; Sentido T angencial
	MR 2R	Motor del R adiador; Punto #2 ; Sentido R adial
	MR 2A	Motor del R adiador; Punto #2 ; Sentido A xial
	MR 2T	Motor del R adiador; Punto #2 ; Sentido T angencial

Tabla 4.31: NOMENCLATURA DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DEL INCREMENTADOR Y SUS COMPONENTES

EQUIPO	NOMENCLA.	SIGNIFICADO
INCREMENTADOR	INC 1R	Incrementador; Punto #1 ; Sentido R adial
	INC 1A	Incrementador; Punto #1 ; Sentido A xial
	INC 1T	Incrementador; Punto #1 ; Sentido T angencial
	INC 2R	Incrementador; Punto #2 ; Sentido R adial
	INC 2A	Incrementador; Punto #2 ; Sentido A xial
	INC 2T	Incrementador; Punto #2 ; Sentido T angencial
	INC 3R	Incrementador; Punto #3 ; Sentido R adial
	INC 3A	Incrementador; Punto #3 ; Sentido A xial
	INC 3T	Incrementador; Punto #3 ; Sentido T angencial
	INC 4R	Incrementador; Punto #4 ; Sentido R adial
	INC 4A	Incrementador; Punto #4 ; Sentido A xial
	INC 4T	Incrementador; Punto #4 ; Sentido T angencial
MOTOR ELÉCTRICO PARA LUBRICACIÓN	MLI 1R	Motor L ubricación; Punto #1 ; Sentido R adial
	MLI 1A	Motor L ubricación; Punto #1 ; Sentido A xial
	MLI 1T	Motor L ubricación; Punto #1 ; Sentido T angencial
	MLI 2R	Motor L ubricación; Punto #2 ; Sentido R adial
	MLI 2A	Motor L ubricación; Punto #2 ; Sentido A xial
	MLI 2T	Motor L ubricación; Punto #2 ; Sentido T angencial
BOMBA DE LUBRICACIÓN	BLI 1R	B omba L ubricación; Punto #1 ; Sentido R adial
	BLI 1A	B omba L ubricación; Punto #1 ; Sentido A xial
	BLI 1T	B omba L ubricación; Punto #1 ; Sentido T angencial
	BLI 2R	B omba L ubricación; Punto #2 ; Sentido R adial
	BLI 2A	B omba L ubricación; Punto #2 ; Sentido A xial
	BLI 2T	B omba L ubricación; Punto #2 ; Sentido T angencial

Tabla 4.32: NOMENCLATURA DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE LA BOMBA CENTRÍFUGA

EQUIPO	NOMENCLATURA	SIGNIFICADO
BOMBA CENTRÍFUGA GUINARD	BG 1R	Bomba Guinard; Punto # 1; Sentido Radial
	BG 1A	Bomba Guinard; Punto # 1; Sentido Axial
	BG 1T	Bomba Guinard; Punto # 1; Sentido Tangencial
	BG 2R	Bomba Guinard; Punto # 2; Sentido Radial
	BG 2A	Bomba Guinard; Punto # 2; Sentido Axial
	BG 2T	Bomba Guinard; Punto # 2; Sentido Tangencial

- De esta manera la ruta de medición utilizada quedará configurada tal como se observa en la siguiente gráfica:

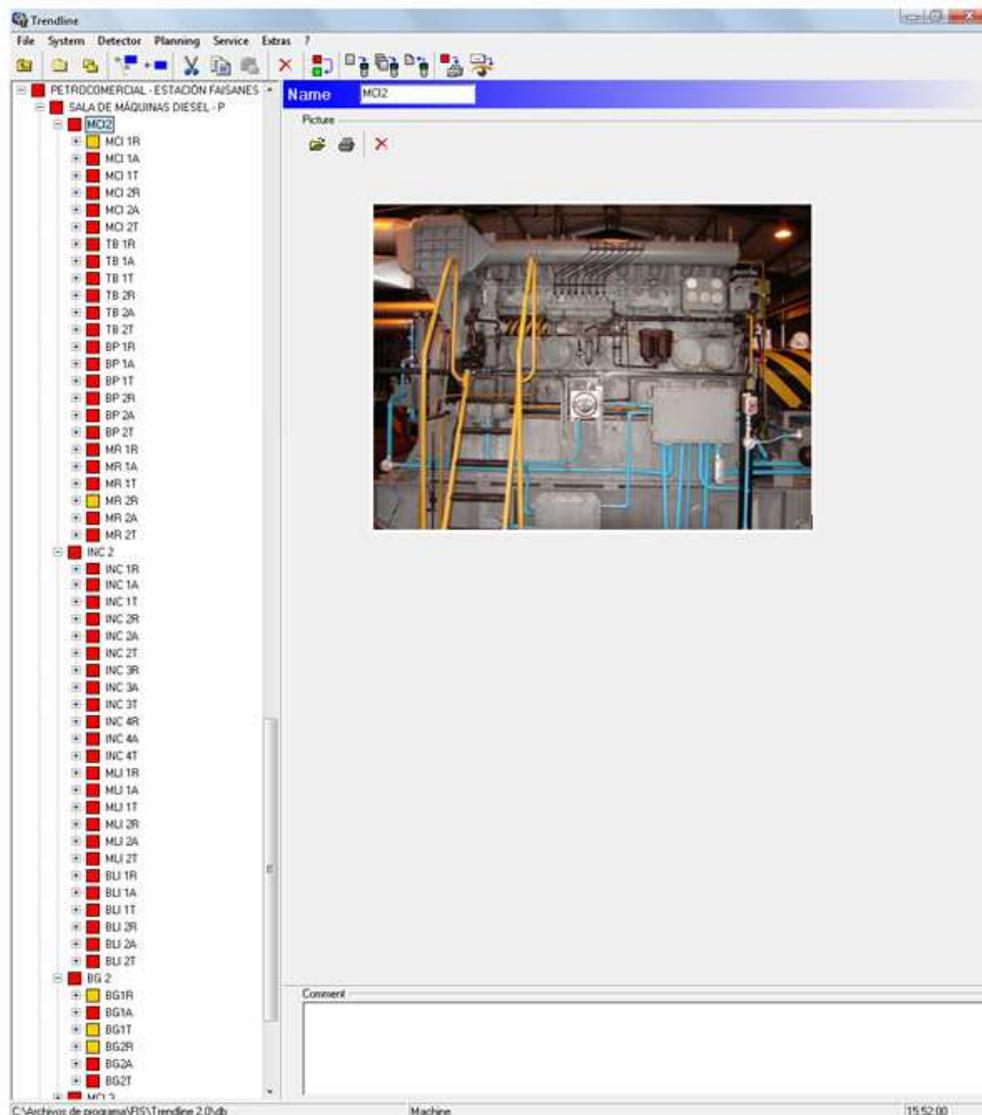


Figura 4.6: Pantalla de la Ruta de Medición de una Partida

4. Configuración de los Valores Característicos de los Puntos de Medición

Cada punto de medición tiene cuatro valores característicos, cuya configuración es necesaria una sola vez. Para definir estos parámetros se debe seguir los siguientes pasos:

- Clic en el menú **System New Sub-point** o clic en el ícono  y se despliega la siguiente ventana:

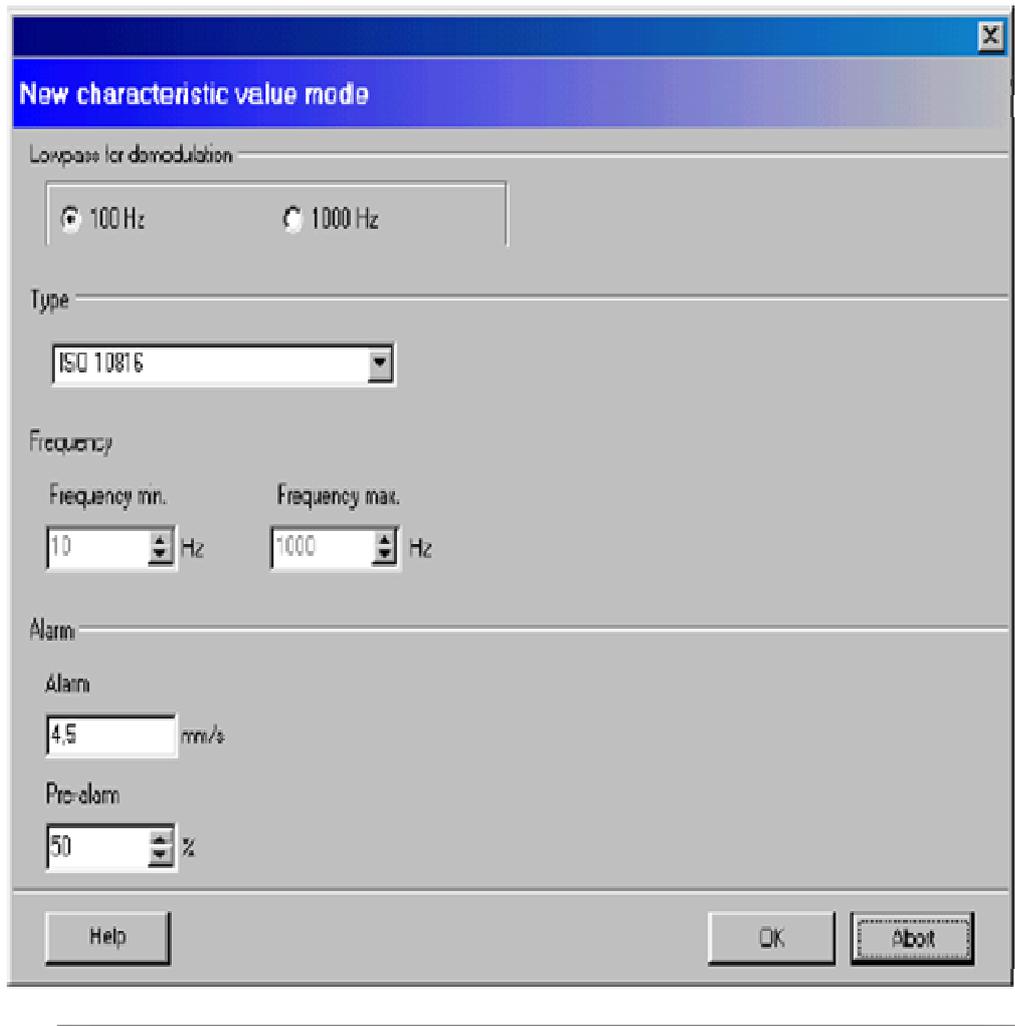


Figura 4.7: Pantalla para Configurar los Valores Característicos de los Puntos de Medición

La opción Type permite seleccionar los valores característicos que pueden ser medidos con el detector, y son: ISO 10816 para velocidad, Aeff para aceleración, deff para desplazamiento y temp para temperatura. Los valores definidos para cada parámetro característico se observa en las siguientes gráficas:

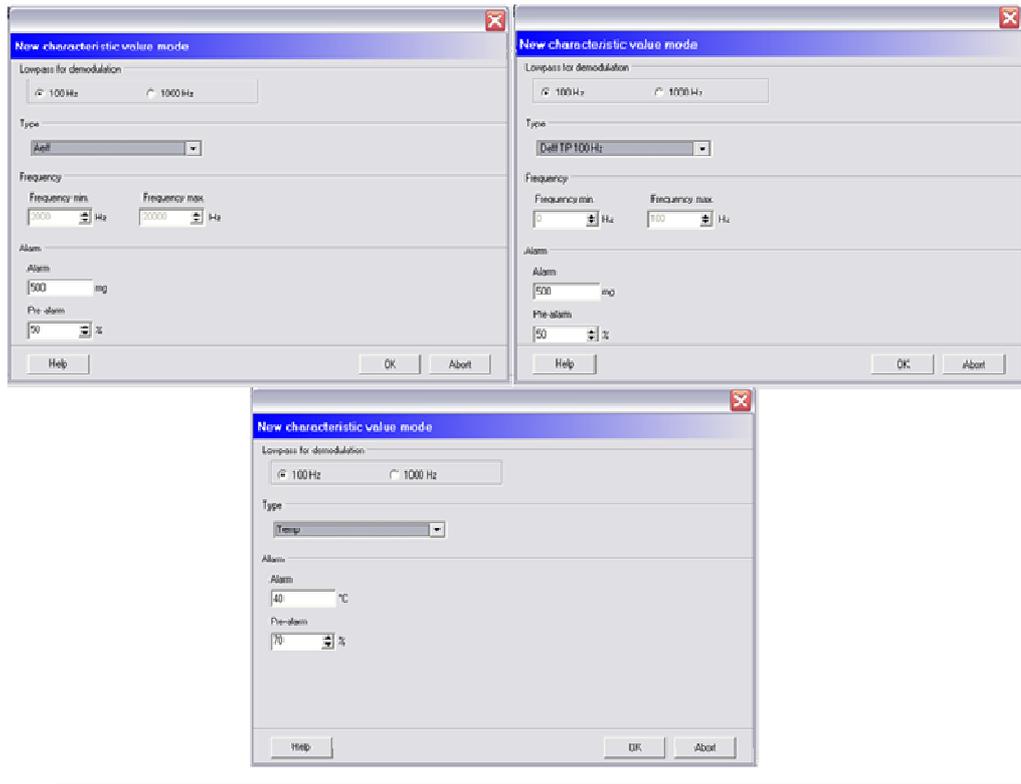


Figura 4.8: Pantalla de Selección de los Valores Característicos de los Puntos de Medición

5. Enviar Configuración de la Ruta de Medición

Debido a la existencia de un gran número de puntos de medición, no es posible enviar la configuración completa, por lo tanto las rutas de medición son cargadas al detector en forma independiente por cada equipo en estudio. Para ello, se sigue los siguientes pasos:

- Seleccionar el equipo correspondiente.
- Conectar el detector a la computadora a través del cable de datos.
- Encender el Detector.



- Clic en Detector - Send configuration o clic en el ícono .

Además se debe tener en cuenta que las opciones de “señales de tiempo” en la configuración, estén marcadas al hacer clic en “Save always”, caso contrario los valores definidos en los parámetros característicos de los puntos de medición no podrán ser transferidos y reconocidos por el Detector.

6. Importar las Mediciones a Trendline 2.

Una vez realizada la medición en los puntos respectivos debemos importar los datos del Detector II al software Trendline, para de esta manera analizar los espectros correspondientes. Para ello:



- Clic en el ícono .

4.5 Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo

Previo a la ejecución de cualquier tarea de mantenimiento es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Solicitar la orden de trabajo de la tarea a realizar.
2. Coordinar con el área de operaciones la tarea a ejecutarse para que el grupo donde se va a realizar la o las tareas salga de línea.

Posteriormente después de haber concluido con las tareas se realizan las siguientes actividades:

1. Se anota en la bitácora de mantenimiento las tareas realizadas, pero solo tareas preventivas.
2. En otra bitácora se registran tanto las tareas preventivas como correctivas.
3. Se llenan las órdenes de mantenimiento de las tareas ejecutadas.

4.5.1 Banco de Tareas Preventivas en los Grupos de Bombeo

4.5.1.1 Programa de Cambios de Aceite

4.5.1.1.1 Cambio de Aceite de Cáster en el MCI MWM 440 TBD.

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: Cada 300 horas de trabajo

- Desenergizar el grupo de bombeo.
- Cerrar las válvulas de combustible, de aire y de aceite.
- Abrir la válvula de retorno de aceite.
- Evacuar el aceite lubricante del intercambiador de aceite y del cuerpo de filtros.

- Evacuar el aceite del cárter, a través de la válvula de tres vías.
- Bombear manualmente desde la válvula de tres vías, para facilitar la evacuación.

- Cambiar y limpiar filtros del cuerpo de filtros de aceite.
 - Purgar el aceite del cuerpo de filtros por medio de los tornillos de purga.
 - Retirar las tuercas de cada tapa de los filtros de cartucho y de los de laminilla.
 - Cambiar los filtros de cartucho.
 - Limpiar y secar los filtros de laminillas.
 - Colocar cada cartucho en el cuerpo de filtros.
 - Ajustar las tuercas de cada tapa.

- Cambiar los filtros de combustible.
 - Abrir la tapa exterior de la caja de los filtros de combustible.
 - Sacar las tuercas del interior de las cámaras de cada filtro.
 - Cambiar los dos filtros.
 - Cambiar las juntas en los filtros.
 - Ajuste las tuercas del interior de cada cámara.
 - Sacar la tuerca que se encuentra junto a la de ajuste, para purgar el aire de la caja.
 - Abrir la válvula de combustible.
 - Verificar que exista derrame de combustible por los orificios de cada cámara.
 - Ajustar las tuercas con la llave # 17.
 - Colocar la tapa de la caja de filtros.
 - Ajustar con las tuercas tipo mariposa.

- Levantar con el teclé un bidón de aceite de 55 galones.
- Rellenar el cárter con aceite lubricante aproximadamente con 75 galones.
- Purgar el cuerpo de filtros a través del tornillo de purga, para eliminar el exceso de aire.
- Abrir y cerrar las válvulas respectivas.
- Energizar el grupo de bombeo.

HERRAMIENTAS:

- 1 Racha de mando de 1/2
- 1 Copa # 17
- 1 Llave mixta # 11, 13, 14, 17
- 1 Llave corona # 22 - 24
- 1 Desarmador plano mediano

- 1 Llave de pico de 8" y 10".
- 1 Llave de paso de 3" con manguera.
- 1 Llave francesa mediana
- Tecele

MATERIALES:

- 70 Galones de Aceite SAE 40 API CF / SF
- 2 Filtros de aceite CL – 1522
- 4 Juntas 6.0493.10.4.1405
- 4 Juntas 6.0493.10.4.0975
- 2 Cartuchos de Filtros dual de Combustible CD – 1051 - F
- 2 Juntas 6.0690.12.8.0269
- Cinta teflón.

4.5.1.1.2 Cambio de Aceite del Filtro de Admisión.

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: Cada 600 horas de trabajo

- Desenergizar el equipo.
- Drenar el aceite a través del tornillo de evacuación ubicado en la parte posterior del filtro de admisión.
- Retirar la tapa delantera y posterior del filtro de admisión.
- Limpiar internamente el depósito de aceite.
- Secar con aire a presión el depósito de aceite.
- Colocar la tapa delantera y posterior.
- Llenar el depósito con aceite lubricante, aproximadamente 8 galones.

HERRAMIENTAS:

- 2 Llaves mixtas # 13 mm
- 1 Llave de tubo de 18" o una llave de pico.
- 1 Llave de tubo de 10" o una llave de pico.

MATERIALES:

- Detergente.

- Agua.
- Aire a presión.
- Aceite SAE 40 API CF / SF.
- Guaipe.

4.5.1.1.3 Cambio de Aceite del Turbo y Gobernador

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: Cada 1000 horas de trabajo

Nota: Efectuar el cambio del aceite lubricante estando el motor a temperatura de servicio.

- Evacuar el aceite lubricante a través del prisionero de evacuación.
- Enroscar el prisionero de evacuación.
- Rellenar con aceite lubricante en la boca de relleno hasta alcanzar la marcación superior en la mirilla de control.

Nota: Rellenar el aceite lubricante lentamente y a intervalos debido a la estrechez de los canales. Tenga en cuenta que no esté obturado el orificio de purga en el tornillo de cierre de la mirilla de control.

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave Allen 3/16"
- Recipiente receptor.
- Embudo y recipiente de relleno.

MATERIALES:

- Aceite SAE 40 API CF / SF.
- Guaipe.

4.5.1.1.4 Cambio del Aceite Lubricante en el Turbocargador

PROCEDIMIENTO

FRECUENCIA: Cada 1000 horas de trabajo

Realizar el cambio del aceite estando el motor a temperatura de servicio.

El lado de la turbina y el lado del compresor tienen cada uno un propio baño de aceite. Efectuar el cambio de aceite por ambos lados.

- Limpiar los alrededores de los tornillos de evacuación y tornillos de relleno.
- Desenroscar los tornillos de evacuación y evacuar el aceite lubricante. Enroscar de nuevo los tornillos de evacuación.
- Desenroscar los tornillos de relleno y rellenar aceite para turbinas hasta la marcación superior. Enroscar de nuevo los tornillos de relleno.
- Comprobar la hermeticidad de los tornillos de evacuación.

Si entre los periodos que comprenden los cambios de aceite se constata la presencia de espuma en el aceite a través de las mirillas de control, esto significa que el aceite para turbinas está sucio o bien no es el aceite apropiado. En tal caso, deberá efectuarse inmediatamente un cambio del aceite en ambos lados.

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave Mixta #13y #17
- Recipiente para el aceite viejo.
- Embudo de relleno.

MATERIALES:

- Aceite SAE 40 API CF / SF.
- Guaipe.

4.5.1.1.5 Cambio de Aceite del Incrementador CITROËN – MESSIAN

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: Cada 1500 horas de trabajo

- Desenergizar el grupo de bombeo.
- Cerrar la válvula de aire.
- Desactivar el motor de la bomba de lubricación.
- Colocar la manguera en el tubo de evacuación.
- Abrir la válvula compuerta para drenar el aceite del Incrementador.
- Verificar por la mirilla que el nivel de aceite sea el mínimo.
- Desmontar y desarmar los filtros de aceite.

- Sacar las vinchas de los filtros.
- Limpiar los filtros con gasolina.
- Secar los filtros con aire comprimido.
- Armar los filtros.

- Colocar cinta teflón en el área roscada de los filtros.
 - Montar los filtros.
 - Levantar con el tecele un bidón de aceite de 55 galones.
 - Abrir la tapa del Incrementador.
 - Colocar el aceite en el Incrementador.
 - Purgar el exceso de aceite en los filtros.

- Abrir las válvulas de purga.
- Purgar exceso de aceite.
- Cerrar las válvulas de purga.
- Verificar que el nivel de aceite sea el óptimo.
- Observar que la presión de aceite sea adecuada.
- Activar el motor de la bomba de lubricación.
- Energizar el grupo de bombeo.

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave de tubo de 10"
- 1 Llave de pico grande
- 1 Pinza para binchas
- 1 Pinza tipo lagarto
- 1 Desarmador plano grande
- 1 Martillo
- 1 Racha
- 1 Copa # 17
- Tecele

MATERIALES:

- 55 Galones de aceite de Transmisión ISO 150
- Cinta teflón
- Guaipe.

4.5.1.2 Programa Semestral

4.5.1.2.1 Lavado del Radiador

PROCEDIMIENTO:

- Desenergizar el Radiador desde la sala de operaciones.
- Desmontar la bóveda del ventilador.
- Limpiar con agua y aire a presión el ventilador.
- Montar la bóveda del ventilador.
- Energizar el motor del ventilador.
- Prueba de giro del ventilador y paneles del radiador.

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave corona # 17
- 2 Llaves mixtas # 17
- 1 Llave mixta # 10
- 1 Llave mixta # 11
- 1 Llave de pico
- 2 Desarmadores planos
- 1 Copa # 17
- 1 Racha
- Martillo
- Espátula
- Tecele

MATERIALES:

- Agua a presión.
- Aire a presión
- Landa

4.5.1.3 Programa de 3000 Horas

4.5.1.3.1 Inspección de las Válvulas de Arranque

PROCEDIMIENTO:

- Desenergizar el equipo.
- Retirar las tapas de las culatas.
- Desmontar la tubería de aire de mando.
- Desmontar la tubería principal de aire de arranque.
- Retirar los pernos de sujeción de las cañerías de aire.
- Verificar el estado general de la válvula.
- Observar la acción de apertura y cierre del resorte, presionándolo con un desarmador.

- Proceder al cambio, si es necesario.
 - Desatornillar las tuercas de fijación de la válvula de arranque.
 - Retirar la válvula de arranque.

- Efectuar el montaje por el orden inverso de operaciones.

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave mixta # 24
- 1 Llave mixta # 19
- 1 Llave mixta # 17
- Una llave de pico

MATERIALES:

- Guaipe

4.5.1.3.2 Calibración de Válvulas del Motor

PROCEDIMIENTO:

- Girar manualmente el volante, en sentido antihorario, hasta que el pistón 1 se encuentre en el P.M.S.

- Ajustar el caballete (o elevador), de modo que se apoye en ambos extremos del vástago de válvula.
- Comprobar el juego de válvulas de 0.4mm entre el balancín y el caballete.
 - Para el ajuste, aflojar la contratuerca y girar el tornillo de ajuste hasta que la galga de 0.4 mm quede apretada.
- Ubicar las tapas de las culatas.

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave mixta # 10
- 1 Llave mixta # 19
- 1 Llave mixta # 22
- 1 Llave mixta # 24
- 1 Desarmador plano
- Calibre de espesores (o galgas)

MATERIALES:

- Guaípe

4.5.1.3.3 Inspección de los Inyectores

PROCEDIMIENTO:

- Desmontar el inyector.
 - Desenroscar los tornillos de fijación de la placa de presión y retirar la placa y la pieza de presión.
 - Desmontar los empalmes de la tubería.
 - Retirar el inyector de la culata.
- Comprobar el inyector, para lo cual se exige sumo cuidado al comprobar el chorro, para no tener contacto con la piel, ya que, debido a la alta presión con que sale el combustible podría atravesar la piel
 - Conectar el inyector al banco de pruebas manual.

- Bombear lentamente, aproximadamente 1 embolada cada 2 segundos para determinar la presión de inyección (350 bares).
- Para regular la presión de inyección, aflojar la contratuerca y regular con el tornillo. Apretar la contratuerca y comprobar de nuevo la presión de inyección.
- Limpiar el elemento inyector.
- Montar el inyector
 - Apretar las piezas roscadas.
 - Colocar el inyector en la culata y empalmar las tuberías.
 - Montar la pieza de presión y aflojar unas dos vueltas el tornillo de presión.
 - Montar las tuercas de fijación en la placa de presión y apretar el tornillo de presión con la llave dinamométrica aplicando 80 Nm.
 - Reapretar el empalme de presión en el inyector y montar el recubrimiento de culata.

HERRAMIENTAS:

- Verificador de inyectores
- 1 Llaves de horquilla # 24
- 1 Llave mixta # 12, 14, 22, 24 y 27
- Dispositivo para el desmontaje de los inyectores

MATERIALES:

- Aire a presión
- Gasolina
- Guaípe

4.5.1.3.4 Ajuste de Bandas y Poleas

PROCEDIMIENTO:

- Retirar las guardas de la polea
- Revisar el estado de las poleas y bandas
- Proceder al ajuste de las bandas y de las poleas
- Comprobar que el ajuste sea el adecuado
- Colocar y ajustar las guardas

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave mixta # 19
- 1 Desarmador plano.
- Regla milimetrada

MATERIALES:

- Guaipe.

4.5.1.3.5 Verificación de Fugas de Aceite y de Combustible

PROCEDIMIENTO:

- Revisar el estado de válvulas y cañerías de aceite
- Revisar el estado de válvulas y cañerías de combustible
- Revisión del estado de filtros de combustible
- Verificar el estado del cuerpo de filtros de aceite

HERRAMIENTAS:

- Llave mixta # 13 y 15

MATERIALES:

- Guaipe

4.5.1.4 Programa de 9000 Horas

4.5.1.4.1 Cambio de las Culatas

PROCEDIMIENTO:

- Desenergizar al equipo.
- Retirar las tapas de culatas.
- Desmontar la culata.

- Evacuar el agua de refrigeración.
- Desmontar las tuberías de aceite de fuga junto con los soportes.
- Desmontar la tubería de aire de arranque, tubería de aire de mando y rebose de agua.
- Desmontar la tubería de aceite lubricante.
- Desenroscar los tornillos de fijación para el tubo de aspiración, tubo de escape y guías de empujadores.
- Desenroscar los tornillos de la culata, montar el dispositivo de suspensión en el lugar de la placa de presión y elevar la culata.

- Retirar balancines y elevadores.
 - Desenroscar los pernos de sujeción del apoyo de los balancines.
 - Retirar el balancín; varillas propulsoras y elevadores.

- Retirar los inyectores
 - Desenroscar los tornillos de fijación de la placa de presión y retirar la placa y la pieza de presión.
 - Desmontar los empalmes de la tubería.
 - Retirar el inyector de la culata.

- Retirar las válvulas de arranque
 - Desmontar la tubería de aire de mando.
 - Desmontar la tubería principal de aire de arranque.
 - Retirar los pernos de sujeción de las cañerías de aire.
 - Desatornillar las tuercas de fijación de la válvula de arranque.
 - Retirar la válvula de arranque.

- Montar la culata.
 - Comprobar los anillos de junta, adaptar la junta de culata sobre las camisas de cilindro.
 - Alinear la culata según la brida del tubo de aspiración.
 - Limpiar la rosca y la superficie de contacto de los tornillos de fijación de culata y engrasarlos.
 - Apretar las tuercas de culata en forma de cruz.
 - Apretar los tornillos del tubo de aspiración.
 - El resto del montaje se hace por el orden inverso de operaciones al desmontar la culata.

- Colocar los balancines y elevadores reparados.

- Efectuar el montaje de balancines y elevadores por el orden inverso de operaciones al desmontarlos.
- Comprobar el juego de válvulas de 0.4mm entre el balancín y el caballete.
 - Para el ajuste, aflojar la contratuerca y girar el tornillo de ajuste hasta que la galga de 0.4 mm quede apretada.
- Colocar el inyector nuevo o reparado.
 - Limpiar el elemento inyector.
 - Apretar las piezas roscadas.
 - Empalmar las tuberías.
 - Montar la pieza de presión y aflojar unas dos vueltas el tornillo de presión.
 - Montar las tuercas de fijación en la placa de presión y apretar el tornillo de presión con la llave dinamométrica aplicando 80 Nm.
 - Reapretar el empalme de presión en el inyector.
- Ubicar la válvula de arranque reparada.
- Efectuar el montaje por el orden inverso de operaciones al desmontar la válvula de arranque.
- Montar el recubrimiento de culata.

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave Mixta # 12, 13, 14,17, 19, 22, 24, 27
- 1 Llave Corona # 13
- 1 Copa # 17, 19, 22, 27 de mando de ½"
- 1 Dado # 46 de mando de 1"
- 1 Torque de mando de 1" y ½"
- 1 Extensión larga y corta de ½
- 1 Extensión mediana de ½" y 1"
- 1 Racha
- 1 Llave de pico
- Dispositivo para el desmontaje de los inyectores

MATERIALES:

- Guaipe.
- Gasolina

4.5.1.4.2 Cambio de la Válvula Distribuidora de Aire

PROCEDIMIENTO:

- Cerrar las botellas de aire.
- Desacoplar las cañerías de aire.
- Desenroscar el tornillo hueco y los tornillos de sujeción del distribuidor.
- Desmontar la tapa de revisión, para verificar que el resorte de la corredera de mando no se encuentre atascado.
- Desmontar y cambiar por un cuerpo de válvula reparado.
- Efectuar el montaje por el orden inverso de operaciones.
- Verificar el correcto funcionamiento de la corredera de mando.

HERRAMIENTAS:

- 2 Llaves Mixtas # 24
- 1 Dado # 22 y 13
- 1 Copa # 17

MATERIALES:

- Guaipe

4.5.1.4.3 Cambio de la Bomba de Inyección

PROCEDIMIENTO:

- Cerrar las llaves de combustible.
- Desmontar las tuberías de combustible.
- Desmontar el soporte de las tuberías de presión de combustible. Soltar el soporte en el tubo de aspiración. Desmontar los empalmes de las tuberías de presión de combustible.
- Desmontar los empalmes del aceite lubricante.
- Desenroscar el tornillo para la fijación de la pieza articulada en la varilla reguladora.
- Desmontar la tapa de inspección de la bomba y girar el motor en su dirección de servicio hasta que el empujador de inmersión del cilindro 1 comience con su carrera de elevación.
- Enroscar los tornillos de acoplamiento.

- Medir y anotar la inclinación de montaje de la bomba de inyección en la superficie de la brida.
- Desenroscar los tornillos de fijación y retirar la bomba con el dispositivo elevador.
- Montar la bomba de inyección:
 - Girar la brida de acoplamiento en la dirección de servicio hasta que el empujador de inmersión del cilindro 1 comience con su carrera de elevación.
 - Montar la bomba en el acoplamiento y adaptar los tornillos de acoplamiento.
 - Ajustar con los tornillos de fijación, la inclinación de montaje anteriormente medida.
 - Rellenar por la boca de relleno aceite de motor limpio, hasta que rebose a través de la tubería de retorno.
 - Efectuar el montaje restante por el orden inverso de operaciones al montar la bomba de inyección.
 - Comprobar el funcionamiento del varillaje regulador y ajustar el comienzo de la alimentación.

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave Mixta # 24
- 1 Llave Mixta # 32
- 1 Dado # 24
- 1 Extensión de ½”, larga y corta
- 1 Palanca de fuerza de ½”
- 1 Torque de ½”

MATERIALES:

- Guaipe.

4.5.1.4.4 Cambio de la Bomba de Agua

PROCEDIMIENTO:

- Aflojar los tornillos, desplazar el rodillo tensor y retirar la correa trapezoidal.
- Desenroscar la tuerca y extraer la polea.
- Evacuar el agua de refrigeración (puntos de evacuación).

- Desmontar las tuberías del agua de refrigeración.
- Desenroscar los tornillos abridados y retirar la bomba.
- Efectuar el montaje de la bomba por orden inverso de operaciones arriba indicado.

- Cambiar y tensar la correa trapezoidal.
 - Para ello introducir un punzón en el taladro (exágono) del tensor de correa y tirar del rodillo tensor en el ramal conductor suelto.
 - La dirección de giro de la polea de la correa trapezoidal es contraria a la del giro del cigüeñal.
 - Apretar los tornillos de sujeción. Las correas trapezoidales deberían hundirse de 3 a 4 cm al apretar con la mano sobre ellas.

HERRAMIENTAS:

- 1 Llave Mixta # 17
- 1 Llave Mixta # 19
- 1 Llave Mixta # 32
- 1 Copa # 19
- 1 Aumento mediano de ½"
- 1 Racha
- 1 Martillo
- 1 Desarmador grande

MATERIALES:

- Guaípe

4.5.1.4.5 Cambio del Turbocargador

PROCEDIMIENTO:

- Evacuar el agua de refrigeración del motor.
- Desaguar el motor.
- Desmontar la entrada de agua de refrigeración así como la evacuación del agua de refrigeración y la tubería de aire.
- Desenroscar la entrada de gases de escape y la salida de gases de escape en el turbocargador.

- Enganchar el turbocargador del dispositivo de elevación, desenroscar los tornillos de fijación en el soporte del cojinete y elevar el turbocargador.
- Efectuar el montaje por el orden inverso de operaciones y renovar las juntas deterioradas.

HERRAMIENTAS:

- 2 Llaves Mixtas # 17
- 1 Llave Mixta # 13
- 2 Llaves Mixtas # 24
- 1 Llave de pico grande
- 1 Copa # 24
- 1 Palanca de fuerza de media

MATERIALES:

- Guaipe

4.5.1.4.6 Inspección de Camisas

PROCEDIMIENTO:

- Desmontar las culatas y alejar la carbonilla de la camisa del cilindro.
- Comprobar el desgaste de la camisa del cilindro:
 - Medir en 4 puntos diferentes el diámetro interior de la camisa del cilindro.
 - Si uno de los valores medidos alcanza el límite de desgaste de 231 mm, sustituir la camisa.
 - Si se constata la existencia de puntos lisos (las estrías de bruñido no son ya perceptibles), o si se denota la existencia de fuertes estrías longitudinales, es necesario rectificar la camisa del cilindro.
- Montar las culatas.

HERRAMIENTAS:

- 2 Llaves Mixtas # 13
- 1 Llave Mixta # 14

- 2 Llaves Mixtas # 17
- 2 Llaves Mixtas # 19
- 1 Llave Mixta # 24
- 1 Copa # 17, 19, 22, 27 de mando de ½"
- 1 Dado # 46 de mando de 1"
- 1 Torque de mando de 1" y ½"
- 1 Extensión larga y corta de ½
- 1 Extensión mediana de 1"
- 1 Racha
- 1 Micrómetro de interiores

MATERIALES:

- Guaípe
- Gasolina

4.5.1.5 Programa de 18000 Horas

Para un programa de 18000 horas se contempla las tareas de un Programa de 9000 horas con un procedimiento de mayor alcance en la tarea: Inspección visual de camisas, ya que en este trabajo se realiza el desmonte del conjunto biela – pistón para una inspección del desgaste del cojinete de biela y un cambio de los rines del pistón. Además dependiendo del resultado de la inspección, se decidirá el cambio de la camisa.

4.5.1.5.1 Inspección de Camisas (Cambiar si es necesario)

PROCEDIMIENTO:

- Desenergizar el equipo.
- Desmontar las culatas y alejar la carbonilla de la camisa del cilindro.
 - Evacuar el agua de refrigeración.
 - Desmontar el soporte de balancines y retirar las varillas de empuje.
 - Desmontar el inyector y la tubería de presión.
 - Desmontar las tuberías de aceite de fuga junto con los soportes.
 - Desmontar la tubería de aire de arranque, tubería de aire de mando y rebose de agua.

- Desmontar la tubería de aceite lubricante.
 - Desenroscar los tornillos de fijación para el tubo de aspiración, tubo de escape y guías de empujadores.
 - Desenroscar los tornillos de la culata, montar el dispositivo de suspensión en el lugar de la placa de presión y elevar la culata.
- Desmontar el conjunto biela-pistón.
 - Abrir la tapa de la mirilla.
 - Nota: La biela va montada de forma que la abertura de biela (tornillo de biela) queda en la dirección de giro.
 - Aflojar los tornillos de biela y desenroscar uno de los tornillos.
 - Desplazar el pistón al P.M.S., desenroscar el otro tornillo y retirar la semibiela inferior.
 - Montar el dispositivo de desmontaje sobre la corona del pistón.
 - Extraer la guardera de cigüeñal del cojinete de biela, teniendo en cuenta el semicojinete superior.
 - Extraer el pistón del cilindro.
 - Depositar el pistón sobre una base (por ejemplo 2 maderos), de modo que la biela cuelgue libremente hacia abajo.
 - Retirar los anillos de seguridad y marcar la posición de la abertura del cojinete de biela, respecto al fondo del pistón.
 - Elevar la biela y extraer el bulón de pistón con un trozo de madera.
 - Retirar la biela.
- Comprobar el desgaste de los semicojinetes de biela
 - Los semicojinetes de biela no se evalúan por el límite de desgaste (medida en mm), sino por la configuración de su superficie de deslizamiento.
Si la tercera capa de galvánica está desgastada, entonces aparece la capa inferior de níquel-cobre con un color de bronce dorado. O bien si se constata la existencia de estrías en toda la longitud de la superficie de deslizamiento, deberán sustituirse ambos semicojinetes.
- Retirar con los alicates para segmentos de pistón los rines por el orden correlativo de arriba hacia abajo.
 - Limpiar todas las piezas, alejar la carbonilla de la corona del pistón.
No dañar o lijar los cantos de los segmentos de pistón ni de las ranuras de los segmentos.

- Inspeccionar el estado de los segmentos (rines) del pistón
 - Medir el juego de choque, entre el segmento y una camisa del cilindro que esté dentro de los límites de desgaste.
 - Controlar el ancho de la ranuras del segmento.

- Comprobar el desgaste de la camisa del cilindro:
 - Medir en 4 puntos diferentes el diámetro interior de la camisa del cilindro.
 - Si uno de los valores medidos alcanza el límite de desgaste de 231 mm, sustituir la camisa.
 - Si se constata la existencia de puntos lisos (las estrías de bruñido no son ya perceptibles), o si se denota la existencia de fuertes estrías longitudinales, es necesario rectificar la camisa del cilindro.

- Montar el pistón.
 - Colocar el anillo de montaje sobre la camisa del cilindro. Aceitar el anillo de montaje, la camisa de cilindro y muñón del cigüeñal.
 - Alinear los segmentos de pistón (180° contrapuestos) y centrarlos radialmente en las ranuras.
 - Montar los anillos de pistón solo por el orden correlativo de abajo hacia arriba.
 - Comprobar el suave funcionamiento de los segmentos de pistón en las ranuras.
 - Desplazar la guardera del cigüeñal horizontalmente en la dirección de giro e introducir el pistón en la camisa del cilindro.
 - Controlar el asiento del semicojinete de biela superior.
 - Montar el semicojinete de biela inferior.
 - Efectuar el montaje por el orden inverso de operaciones, detalladas en el procedimiento de montaje del pistón.

- Montar la culata.
 - Comprobar los anillos de junta, adaptar la junta de culata sobre las camisas de cilindro.
 - Alinear la culata según la brida del tubo de aspiración.
 - Limpiar la rosca y la superficie de contacto de los tornillos de fijación de culata y engrasarlos.
 - Apretar las tuercas de culata en forma de cruz.
 - Apretar los tornillos del tubo de aspiración.
 - El resto del montaje se hace por el orden inverso de operaciones al desmontar la culata.
 - Una vez realizado el montaje total de la culata, comprobar el juego de válvulas y su funcionamiento.

4.5.1.6 Programa de 27000 Horas

Un programa de 27000 horas corresponde a un overhaul del Motor de Combustión Interna. En el cual se incluye las tareas realizadas en un programa de 18000 horas, complementado con un grupo de tareas enfocadas al recambio total de las partes más vulnerables al desgaste por fricción.

4.5.1.6.1 Desmontaje del Tren de Engranajes

PROCEDIMIENTO:

- Desmontar el volante de motor
- Desmontar el refrigerador del aire de sobrealimentación.
- Desmontar el turbocargador.
- Girar el motor hasta que el choque del anillo rectangular sea visible a través de un taladro roscado en la brida de acoplamiento. Marcar la posición de choque en la tapa frontal.
- Seguir girando hasta que los taladros roscados en la brida de acoplamiento estén a izquierda y derecha de la marcación.
- Enroscar los tornillos exagonales en los orificios roscados y apretar a mano.
- Desenroscar los tornillos de fijación y desmontar la tapa frontal.
- Retirar la parte superior de la tapa de caja de ruedas.
- Desmontar las ruedas dentadas, limpiarlas y comprobarlas, renovar las ruedas que estén visiblemente desgastadas.
- Realizar el montaje por el orden inverso de operaciones.

4.5.1.6.2 Desmontaje del Árbol de Levas

PROCEDIMIENTO:

- Desmontar el varillaje regulador, desenroscar los tornillos y retirar el regulador.
- Retirar la leva de arranque.
- Desmontar el accionamiento del tacómetro. Desmontar el varillaje junto con el cilindro de parada. Desenroscar los tornillos y retirar el soporte junto con la palanca de accionamiento.
- Desmontar los empujadores de admisión y de escape y desenroscar los tapones.
- Si se tiene suficiente espacio, es posible extraer el árbol de levas hacia el lado de mando.
- Conducir el árbol de levas por sus puntos de apoyo a través de los taladros de los tapones con ayuda de un tecele.

- Tener en cuenta las marcaciones de montaje dispuestas en el dentado del árbol de levas (lado volante motor) y cubo.
- Antes de montar la leva de arranque, comprobar el libre desplazamiento del árbol de levas moviéndolo de un lado al otro.
- Comprobar el desgaste del árbol de levas.
 - Limpiar todas las piezas, comprobar si presentan desgaste las pistas de deslizamiento de las levas y puntos de cojinete del árbol de levas y puntos de cojinete del árbol de levas (estrías, picaduras, ovalidad de los taladros de cojinete). Si el desgaste es visible, sustituir las piezas.
- Realizar el montaje por el orden inverso de operaciones.

4.5.1.6.3 Inspección del Cigüeñal (Rectificar si es necesario)

PROCEDIMIENTO:

- Evacuar el aceite del cárter así como el agua refrigerante por los tornillos de evacuación del radiador.
- Retirar la tapa del lado de maniobra del motor.
- Desmontar el block de sus bases (patín).
- Desmontar el cárter de aceite.
- Retirar las tapas de alojamiento de los cojinetes de bancada.
- Sustituir los cojinetes cuando:
 - Se presenten una fuerte formación de estrías o bien cuando sean visibles estrías en todo el contorno.
 - La capa de deslizamiento esté desgastada.
- Desmontar el cigüeñal.
- Inspeccionar el cigüeñal.
 - Tomar medidas de excentricidad y conicidad de los conos de biela y bancada.
 - Pulir o rectificar el cigüeñal, si es necesario.

HERRAMIENTAS

- Caja de herramientas especiales del motor MWM 440.
- Llaves mixtas # 8, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 19, 22, 24, 27, 32, 36, 41, 46.
- Llaves corona # 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 19, 22, 24, 27, 32, 36, 41, 46.
- Copa # 8, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 19, 22, 24, 27, 32, 36, 41, 41, 46.
- 1 Racha de ½" y ¾".
- 1 Torque de mando de 1" y ½"
- 3 Aumentos de ½".
- 2 Aumentos de ¾".
- 3 Desarmadores Planos.
- 2 Martillos
- 1 Combo
- Estrobos.

MATERIALES

- Trapos para limpieza por rollos.
- Pasta disolvente de grasa para manos envases de 1 kg.
- Lija de hierro grano grueso # 36.
- Lija de hierro grano fino # 100.
- Lija para metal # 40.
- Lija para agua # 120, 180, 220, 240, 320.
- Cepillo de alambre de acero 6 filas de cerdas.
- Cemento de contacto de 1/4 de litro.
- Guantes de nitrilo estirado, algodón.
- Marcador de pintura verde de 6-8 mm.
- Cinta teflón.
- Guaípe
- Gasolina

EQUIPOS:

- Equipo de alineación láser.
- 1 pistola neumática de 1".
- Tecele.
- Compresor de aire.

4.5.2 Banco de Tareas Predictivas Enfocadas al Análisis Vibracional en los Grupos de Bombeo

Antes de realizar cualquier actividad o tarea de mantenimiento, es necesario coordinar la tarea con el área de operaciones para que los operadores de turno conozcan la actividad que los técnicos de mantenimiento ejecutan en los grupos de bombeo y el tiempo que se demoran en realizar esta actividad.

Además ya conocidos los puntos donde se realizaron las mediciones, es necesario marcar estos puntos en cada uno de los equipos que forman parte de los grupos de bombeo, para que las mediciones sean tomadas en los mismos lugares evitando así variaciones entre las distintas mediciones.

En este caso específicamente se utilizó un marcador industrial para marcar los puntos en los tres sentidos a medir y en todos los equipos de cada grupo de bombeo.

4.5.2.1 Medición de Vibraciones en el MCI 440TBD

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 720 Horas

- Realizar la configuración de la ruta para el MCI y los equipos que abarca dicha ruta.
- Verificar el estado de la batería del equipo analizador de vibraciones.
- Descargar la ruta en el medidor de vibraciones.
- Colocar con mucho cuidado el cable del transductor y del medidor de temperatura en los terminales respectivos del equipo analizador.
- En el otro extremo del cable del transductor enroscar el transductor.
- Limpiar todas las impurezas en los lugares donde se tomarán las mediciones, ya que esto puede afectar en el contacto entre la superficie del transductor y la superficie del metal del punto a medir.
- Iniciar la medición en el primer punto del MCI, en el sentido radial, axial y tangencial; seguir la misma secuencia en el segundo punto.
- Realizar las mediciones en el turbocompresor, la bomba activada por polea y el motor del ventilador, esto secuencialmente siguiendo el orden de la ruta, cada equipo consta de dos puntos.
- Verificar si las mediciones son altas o se encuentran en los rangos permisibles dentro de la norma.
- Descargar las rutas medidas en la PC.

- Analizar los espectros que muestran las mediciones y presentar una hoja de resultados con los problemas encontrados, darles un seguimiento a los puntos que siguen un nivel de alarma moderado.

4.5.2.2 Medición de Vibraciones en el Incrementador

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 720 Horas

- Verificar el estado de la batería del equipo analizador de vibraciones.
- Descargar la ruta en el medidor de vibraciones.
- Inspeccionar el transductor y limpiar si es necesario.
- Limpiar todas las impurezas en los lugares donde se tomarán las mediciones en el Incrementador, ya que esto puede afectar en el contacto entre la superficie del transductor y la superficie del metal del punto a medir.
- Iniciar la medición en el primer punto del Incrementador, en el sentido radial, axial y tangencial; seguir la misma secuencia en los cuatro puntos del incrementador.
- Realizar las mediciones en el motor y en la bomba de lubricación del incrementador en cada punto identificado con anterioridad, secuencialmente siguiendo el orden de la ruta, cada equipo consta de dos puntos de medición.
- Verificar si las mediciones son altas o se encuentran en los rangos permisibles dentro de la norma.
- Descargar las rutas medidas en la PC.
- Analizar los espectros que muestran las mediciones y presentar una hoja de resultados con los problemas encontrados, darles un seguimiento a los puntos que siguen un nivel de alarma moderado.

4.5.2.3 Medición de Vibraciones en la Bomba Guinard

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 720 Horas

- Verificar el estado de la batería del equipo analizador de vibraciones.
- Descargar la ruta en el medidor de vibraciones.
- Inspeccionar el transductor y limpiar si es necesario.
- Limpiar todas las impurezas en los lugares donde se tomarán las mediciones en la bomba multietapas, ya que esto puede afectar en el contacto entre la superficie del transductor y la superficie del metal del punto a medir.

- Iniciar la medición en el primer punto de la Bomba, en el sentido radial, axial y tangencial; seguir la misma secuencia en el siguiente punto de la bomba multietapas.
- Verificar si las mediciones son altas o se encuentran en los rangos permisibles dentro de la norma.
- Descargar las rutas medidas en la PC.
- Analizar los espectros que muestran las mediciones y presentar una hoja de resultados con los problemas encontrados, darles un seguimiento a los puntos que siguen un nivel de alarma moderado.

El mismo procedimiento se realizará tanto en los grupos de bombeo que estén en línea y en el otro grupo de bombeo que está en stand – by cuando entre en línea.

4.6 Programación de Mantenimiento Predictivo

En la programación se debe fijar la fecha de comienzo y próxima fecha en la que se debe ejecutar la ruta de monitoreo en cada uno de los grupos de bombeo. En nuestro caso, estas fechas dependen de las HT (Horas de Trabajo) de cada grupo, ya que, de esta manera se determina el momento exacto en el que se debe realizar el trabajo.

Tabla 4.33: REGISTRO DE LAS HT DE LOS GRUPOS DE BOMBEO

 PETROCOMERCIAL	POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES		ESTACIÓN “FAISANES”			
		MES DE ENERO				
	DÍA	1	2	3	4	5
GRUPO P 301	HT inicial					
	HT diarias					
	ACUMULADO					
GRUPO P 302	HT inicial					
	HT diarias					
	ACUMULADO					
GRUPO P 303	HT inicial					
	HT diarias					
	ACUMULADO					

De esta manera, la programación de las tareas de mantenimiento predictivo por grupo será la siguiente:

Tabla 4.34: PROGRAMACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO GRUPO 301

 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES						ESTACIÓN “FAISANES”	
PROGRAMACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO GRUPO P301									
TAREA	PARTIDA	GRUPOS	FRECUENCIA	ÚLTIMA MEDICIÓN				PRÓXIMA MEDICIÓN	
				HT	FECHA	HT (Real)	FECHA (Real)	HT	FECHA
Medición de vibraciones	<i>Diesel</i>	<u>P 301</u> <u>P 302</u>	720 h	<u>98563</u>	<u>2010-05-24</u>	<u>98563</u>	<u>2010-05-24</u>	<u>99283</u>	<u>2010-06-24</u>
Medición de vibraciones	<i>Gasolina Extra</i>	<u>P 301</u> <u>P 303</u>	720 h	<u>99283</u>	<u>2010-06-24</u>	<u>99331</u>	<u>2010-06-26</u>	<u>99331</u>	<u>2010 -07-26</u>
Medición de vibraciones	<i>Jet Fuel</i>	<u>P 301</u> <u>P 303</u>	720 h	<u>99331</u>	<u>2010 -07-26</u>	<u>99331</u>	<u>2010 -07-26</u>	<u>100051</u>	<u>2010-08-26</u>
Medición de vibraciones	<i>Gasolina Súper</i>	<u>P 301</u> <u>P 303</u>	720 h	<u>100051</u>	<u>2010-08-26</u>	<u>100075</u>	<u>2010-08-27</u>	<u>100795</u>	<u>2010-09-27</u>

Tabla 4.35: PROGRAMACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO GRUPO 302

 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES						ESTACIÓN “FAISANES”	
PROGRAMACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO GRUPO P302									
TAREA	PARTIDA	GRUPOS	FRECUENCIA	ÚLTIMA MEDICIÓN				PRÓXIMA MEDICIÓN	
				HT	FECHA	HT (Real)	FECHA (Real)	HT	FECHA
Medición de vibraciones	<i>Diesel</i>	<u>P 301</u> <u>P 302</u>	720 h	<u>107820</u>	<u>2010-06-14</u>	<u>107820</u>	<u>2010-06-14</u>	<u>108540</u>	<u>2010-06-24</u>
Medición de vibraciones	<i>Gasolina Súper</i>	<u>P 302</u> <u>P 303</u>	720 h	<u>108540</u>	<u>2010-06-24</u>	<u>108540</u>	<u>2010-06-24</u>	<u>109260</u>	<u>2010 -07-24</u>
Medición de vibraciones	<i>Gasolina Extra</i>	<u>P 301</u> <u>P 302</u>	720 h	<u>109260</u>	<u>2010 -07-24</u>	<u>109280</u>	<u>2010 -07-25</u>	<u>110000</u>	<u>2010-08-25</u>
Medición de vibraciones	<i>Jet Fuel</i>	<u>P 302</u> <u>P 303</u>	720 h	<u>110000</u>	<u>2010-08-25</u>	<u>110035</u>	<u>2010-08-26</u>	<u>110755</u>	<u>2010-09-26</u>

Tabla 4.36: PROGRAMACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO GRUPO 303

 PETROCOMERCIAL		POLIDUCTO ESMERALDAS – SANTO DOMINGO – QUITO – PASCUALES						ESTACIÓN “FAISANES”	
PROGRAMACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO GRUPO P303									
TAREA	PARTIDA	GRUPOS	FRECUENCIA	ÚLTIMA MEDICIÓN				PRÓXIMA MEDICIÓN	
				HT	FECHA	HT (Real)	FECHA (Real)	HT	FECHA
Medición de vibraciones	<i>Diesel</i>	<u>P 302</u> <u>P 303</u>	720 h	<u>113003</u>	<u>2010-06-06</u>	<u>113003</u>	<u>2010-06-06</u>	<u>113723</u>	<u>2010-07-06</u>
Medición de vibraciones	<i>Gasolina Extra</i>	<u>P 301</u> <u>P 303</u>	720 h	<u>113723</u>	<u>2010-07-06</u>	<u>113751</u>	<u>2010-07-08</u>	<u>114471</u>	<u>2010-08-08</u>
Medición de vibraciones	<i>Jet Fuel</i>	<u>P 301</u> <u>P 303</u>	720 h	<u>114471</u>	<u>2010-08-08</u>	<u>114471</u>	<u>2010-08-08</u>	<u>115191</u>	<u>2010-09-08</u>
Medición de vibraciones	<i>Gasolina Súper</i>	<u>P 302</u> <u>P 303</u>	720 h	<u>115191</u>	<u>2010-09-08</u>	<u>115215</u>	<u>2010-09-09</u>	<u>115935</u>	<u>2010-10-09</u>

La tabla anterior es una propuesta para llevar la programación de mantenimiento predictivo por grupos, en la cual los datos subrayados son aquellos que deben ser llenados por el técnico que efectúe la medición.

El registro de las fechas reales permite optimizar la programación de las tareas de Mantenimiento Predictivo, si la fecha real coincide con la fecha de la última medición denotará que la tarea de Mantenimiento Predictivo se realizó a la frecuencia establecida.

Caso contrario, se deberá considerar los motivos por los cuales la tarea de Mantenimiento Predictivo no se realizó a la frecuencia establecida, y a partir de esta frecuencia real se realizará la próxima medición.

4.7 Aplicación en los Tres Grupos de Bombeo

Para la ejecución de esta técnica en los grupos de bombeo, se establecieron los siguientes pasos y recomendaciones:

- El primer paso que se realizó fue conocer las partes constitutivas de los grupos de bombeo que fueron sometidos al análisis vibracional.
- Se determinó la ubicación de los puntos para las mediciones vibracionales, tomando en cuenta principalmente la accesibilidad de los puntos de medición.

La identificación de estos puntos en la máquina se puede realizar simplemente con pintura, aunque es más recomendable el empleo de una base fija para asegurar la repetibilidad de las medidas. Así mismo, el tipo de sujeción con la cual se conecta el acelerómetro a la máquina es determinante en la calidad de la medida de vibración obtenida.

- Estudiamos las características básicas de funcionamiento de los equipos utilizados para el análisis vibracional.
- Una vez creada la ruta de medición ésta es cargada al analizador vibracional para de esta manera realizar las mediciones en cada punto de medición previamente configurado.

Las medidas deben ser tomadas en cada rodamiento de la máquina en tres direcciones; radial axial y tangencial.

Las medidas deben tomarse en el sitio más cercano a los rodamientos, cojinetes y partes en movimiento de los equipos, para asegurar la legitimidad de la medición, tomando en cuenta las normas de seguridad vigentes en la empresa.

No debe medirse en tapas, guardas o en tornillos.

- Finalmente clasificamos a cada uno de los equipos en estudio aplicando las normas ISO 2372 e ISO 10816 - 3, considerando los parámetros anteriormente explicados en el apartado: Normas Vibracionales

Tabla 4.37: CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL GRUPO DE BOMBEO SEGÚN LA NORMA ISO 2372.

EQUIPO	POTENCIA	TIPO DE CIMENTACIÓN	CLASE
M. C. I.	894.84 Kw	Rígida	Clase III
Bomba de polea	P < 15 Kw	Sin cimentación	Clase I
Turbocompresor	-----	Sin cimentación	Clase IV
Motor Eléctrico del Radiador	29.83 Kw	Flexible	Clase II
Incrementador	894.84 Kw	Rígida	Clase III
Motor Eléctrico para Lubricación	2.2 Kw	Flexible	Clase I
Bomba de Lubricación	2 Kw	Flexible	Clase I
Bomba Centrífuga	716.6 Kw	Rígida	Clase III

Tabla 4.38: CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL GRUPO DE BOMBEO SEGÚN LA NORMA ISO 10816 - 3.

EQUIPO	TIPO DE MÁQUINA	POTENCIA	TIPO DE CIMENTACIÓN	CLASE
M. C. I.	Motor Grandes Máquinas	894.84 Kw	Rígida	Grupo 1
Motor Eléctrico del Radiador	Motor Máquinas Medianas	29.83 Kw	Flexible	Grupo 2
Bomba Centrífuga Guinard	Bomba Motor Separado	716.6 Kw	Rígida	Grupo 3

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Interpretación y Análisis de Resultados Obtenidos

El éxito de un análisis depende de la correcta interpretación que se le dé a los espectros capturados respecto a las condiciones de operación en que se encuentra la máquina.

Existe un gran número de espectros por analizar debido a que dos de los tres grupos trabajan en línea bombeando 4 productos diferentes (Diesel, Gasolina Extra, Gasolina Súper y Jet Fuel), es decir, por ejemplo, el grupo P 301 puede trabajar conjuntamente con el grupo P 302 o P 303 bombeando cualquiera de los tres productos.

Por lo tanto, es necesario determinar de acuerdo a la norma vibracional, cuáles son los equipos que se encuentran en los niveles de vibración: Normal, Satisfactorio, Insatisfactorio e Inaceptable, al comparar los valores de severidad de vibración, entre los obtenidos con el vibrómetro SPM y los obtenidos con el equipo analizador Detector II.

Tabla 5.1: GRUPOS MEDIDOS CON EL VIBRÓMETRO SPM Y EL EQUIPO ANALIZADOR DETECTOR II

PARTIDA	GRUPOS	SPM	DETECTOR II
Gasolina Extra	P 301	✓	✓
	P 303	✗	✓
Diesel Premium	P 302	✓	✓
	P 303	✗	✓
Diesel Premium	P 301	✓	✓
	P 303	✗	✓

Gasolina Súper	P 302		
	P 303		
Gasolina Súper	P 301		
	P 303		
Jet Fuel	P 302		
	P 303		

Tabla 5.2: CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ACUERDO A LOS NIVELES DE VIBRACIÓN

PARTIDA	GRUPO	NIVEL DE VIBRACIÓN			
		Normal	Satisfactorio	Insatisfactorio	Inaceptable
Gasolina Extra	P 301	1	3	3	1
	P 303	1	5	1	1
Diesel Premium	P 302	1	4	2	1
	P 303	1	5	1	1
Diesel Premium	P 301	1	3	3	1
	P 303	1	4	2	1
Gasolina Súper	P 302	1	2	2	3
	P 303	3	0	3	2
Gasolina Súper	P 301	2	2	1	3
	P 303	4	0	3	1
Jet Fuel	P 302	1	1	3	3
	P 303	1	2	2	3
TOTAL		18	31	26	21
TOTAL DE EQUIPOS		24	TOTAL DE MEDICIONES		96

De esta manera, el análisis de espectros será de aquellos que presenten un valor de severidad de vibración alta, es decir de los equipos que se encuentran en los niveles: Insatisfactorio e Inaceptable.

Tabla 5.3: EQUIPOS CON NIVELES DE VIBRACIÓN: INSATISFACTORIO E INACEPTABLE

PARTIDA	GRUPO	NIVEL DE VIBRACIÓN	EQUIPOS
Gasolina Extra	P 301	Insatisfactorio	Motor Eléctrico del Ventilador
			Motor Eléctrico para Lubricación
			Bomba de Lubricación
		Inaceptable	Bomba de Polea
	Bomba Guinard		
	P 303	Insatisfactorios	Turbocompresor
			Motor Eléctrico para Lubricación
			Bomba Guinard
		Inaceptables	Bomba de Polea
	Bomba de Lubricación		
Diesel	P 302	Inaceptables	Bomba de Polea
			Motor Eléctrico para Lubricación
			Bomba de Lubricación
	P 303	Insatisfactorios	Motor Eléctrico para Lubricación
			Bomba de Lubricación
		Inaceptables	Bomba de Polea
Diesel	P 301	Insatisfactorios	Motor Eléctrico para Lubricación
			Bomba de Polea
		Inaceptables	Motor Eléctrico del Ventilador
			Bomba de Lubricación
	P 303	Insatisfactorios	Motor Eléctrico para Lubricación
			Bomba de Polea
Inaceptables	Bomba de Lubricación		

Gasolina Súper	P 302	Insatisfactorios	Motor Eléctrico del Ventilador	
			Bomba Centrífuga Guinard	
	Inaceptables		Bomba de Polea	
			Motor Eléctrico para Lubricación	
	P 303	Insatisfactorios		Bomba de Lubricación
				Turbocompresor
Inaceptables		Motor Eléctrico para Lubricación		
		Bomba Centrífuga Guinard		
Gasolina Súper	P 301	Insatisfactorios	Motor Eléctrico del Ventilador	
			Bomba de Polea	
	Inaceptables		Motor Eléctrico para Lubricación	
			Bomba de Lubricación	
	P 303	Insatisfactorios		Bomba Centrífuga Guinard
				Turbocompresor
Inaceptables		Motor Eléctrico para Lubricación		
		Bomba de Lubricación		
Jet Fuel	P 302	Insatisfactorios	Motor Eléctrico del Ventilador	
			Incrementador	
	Inaceptables		Bomba Centrífuga Guinard	
			Bomba de Polea	
	P 303	Insatisfactorios		Motor Eléctrico del Ventilador
				Bomba de Lubricación
Inaceptables		Turbocompresor		
		Bomba Centrífuga Guinard		
P 303	Inaceptables		Bomba de Polea	
			Motor Eléctrico para Lubricación	
		Bomba de Lubricación		

5.2. Determinación de Problemas

Previo a la determinación de problemas es necesario conocer las revoluciones a las cuales está girando la máquina que va a evaluarse; la misma que se obtiene de los datos de placa

de los equipos. A partir de este dato se determina la frecuencia que será nuestro patrón guía para el análisis de los espectros.

Si no existen los datos de placa se recurre al cálculo de las frecuencias requeridas para el presente estudio, utilizando modelos matemáticos básicos como: relación de transmisión de bandas, poleas y engranajes; y conociendo datos como: diámetro de poleas, longitud de banda, velocidad del MCI, número de dientes de las distintas ruedas dentadas para el cálculo de frecuencias adicionales pero importantes para el presente estudio.

5.2.1. Cálculo de Frecuencias

- **Turbocompresor**

La revolución nominal del turbocompresor es de 37000 rpm, pero ningún equipo aunque trabaje a su máxima capacidad no siempre llega a su velocidad nominal, y dependiendo de las condiciones de trabajo en este caso específico la velocidad promedio del turbo compresor en cada grupo es:

Tabla 5.4: VELOCIDAD DEL TURBOCOMPRESOR POR GRUPOS

GRUPO	VELOCIDAD PROMEDIO (RPM)
P301	24 300.6
P302	25 776.0
P303	24 988.8

- **Bomba de Polea**



Figura 5.1: Ilustración de los Datos Técnicos de la Bomba de Polea

Frecuencia de la Bomba (F_B):

$$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} \quad (5.1)$$

n_2 = Velocidad de la polea conducida [rpm] = F_B [Hz]

n_1 = Velocidad en la polea motriz a “n” rpm del motor

d_1 = Diámetro de la polea motriz

d_2 = Diámetro de la polea conducida

Frecuencia de Banda (f_B):

$$f_B = \frac{\pi d_2 n_2}{L} \quad (5.2)$$

d_2 = Diámetro de la polea conducida

n_2 = Velocidad de la polea conducida [rpm] = F_B [Hz]

L = Longitud de la banda

Frecuencia de Alabes ($F_{\text{álabes}}$):

$$F_{\text{álabes}} = \# \text{álabes}(F_B) \quad (5.3)$$

F_B = Frecuencia de la Bomba de Polea

Frecuencia de la Polea Conductora ($F_{\text{POLEA CONDUCTORA}}$):

$$n_1 = \frac{n_2 d_2}{d_1} \quad (5.4)$$

n_1 = Velocidad en la polea motriz a “n” rpm del motor

n_2 = Velocidad de la polea conducida [rpm]

d_2 = Diámetro de la polea conducida

d_1 = Diámetro de la polea motriz

El cálculo de frecuencias en la bomba de polea depende de las rpm a las cuales estaba operando el MCI y será efectuado mediante la utilización de las formulas anteriormente indicadas. Las frecuencias de interés para la bomba de polea se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.5: FRECUENCIAS DE LA BOMBA DE POLEA

PARTIDA	GRUPO	VELOCIDAD DEL MOTOR	FRECUENCIAS (Hz)			
			F_B	f_B	$F_{\text{álabes}}$	$F_{\text{Polea Conductora}}$
Diesel	P 301	$V_{MCI} = 750 \text{ rpm}$	34.24	26.89	239.67	19.57
	P 303	$V_{MCI} = 760 \text{ rpm}$	34.70	27.25	242.87	19.83
Diesel	P 302	$V_{MCI} = 710 \text{ rpm}$	32.41	25.46	226.89	18.52
	P 303	$V_{MCI} = 720 \text{ rpm}$	32.87	25.82	230.09	18.78
Gasolina Extra	P 301	$V_{MCI} = 790 \text{ rpm}$	36.07	28.33	252.46	20.61
	P 303	$V_{MCI} = 800 \text{ rpm}$	36.52	28.68	255.65	20.86
Gasolina Súper	P 302	$V_{MCI} = 800 \text{ rpm}$	36.52	28.68	255.65	20.86
	P 303	$V_{MCI} = 810 \text{ rpm}$	36.98	29.00	258.86	21.13
Gasolina Súper	P 301	$V_{MCI} = 800 \text{ rpm}$	36.52	28.68	255.65	20.86
	P 303	$V_{MCI} = 810 \text{ rpm}$	36.98	29.00	258.86	21.13
Jet Fuel	P 302	$V_{MCI} = 730 \text{ rpm}$	33.32	26.20	233.24	19.04
	P 303	$V_{MCI} = 742 \text{ rpm}$	33.87	26.60	237.09	19.36

▪ **Motor Eléctrico del Ventilador**



Figura 5.2: Ilustración de los datos técnicos del Motor del Ventilador

Frecuencia del Motor (F_M):

$$F_M = \frac{V}{60} \text{ [Hz]} \quad (5.5) \quad V = \text{velocidad del motor [rpm]}$$

$$F_M = \frac{1500}{60} \quad \rightarrow \quad F_M = 25.00 \text{ Hz}$$

Frecuencia de Aspas (F_{aspas}):

$$F_{aspas} = \# \text{ aspas } (F_M) \quad (5.6)$$

$$F_{aspas} = 8 (25.00) \quad \rightarrow \quad F_{aspas} = 200.00 \text{ Hz}$$

▪ Incrementador

Relación de Transmisión

$$n_1 z_1 = n_2 z_2 \quad (5.7)$$

n_1 = Velocidad del MCI [rpm]

n_2 = Velocidad (en alta) del Incrementador

z_1 = Número de Dientes del Engranaje de Baja

z_2 = Número de Dientes del Engranaje de Alta

$$n_2 = \frac{n_1 z_1}{z_2}$$

$$n_2 = \frac{730 (156)}{35}$$

$$n_2 = 3253.71 \text{ rpm} \quad \rightarrow \quad F_{Inc} = 54.23 \text{ Hz}$$

▪ Motor Eléctrico para Lubricación

Frecuencia del Motor (F_M)

$$F_M = \frac{V}{60} [\text{Hz}] \quad (5.8) \quad V = \text{velocidad del motor [rpm]}$$

$$F_M = \frac{1120}{60} \quad \rightarrow \quad F_M = 18.67 \text{ Hz}$$

▪ Bomba de Lubricación

Frecuencia de la Bomba (F_B):

$$F_B = \frac{V}{60} [\text{Hz}] \quad (5.9) \quad V = \text{velocidad de la bomba [rpm]}$$

$$F_B = \frac{1120}{60} \quad \rightarrow \quad F_B = 18.67 \text{ Hz}$$

Frecuencia del Engrane (F_E):

$$F_E = \# \text{ dientes} (F_B) \quad (5.10)$$

$$F_E = 12 (18.67) \quad \rightarrow \quad F_E = 224.04 \text{ Hz}$$

▪ **Bomba Centrífuga Guinard**



de Rodetes

Figura 5.3: Ilustración de los Datos Técnicos de la Bomba Centrífuga Guinard

Relación de Transmisión

$$n_1 z_1 = n_2 z_2 \quad (5.11) \quad n_1 = \text{Velocidad del MCI [rpm]}$$

n_2 = Velocidad (en alta) del Incrementador \rightarrow Velocidad de la Bomba

z_1 = Número de Dientes del Engranaje de Baja

z_2 = Número de Dientes del Engranaje de Alta

$$n_2 = \frac{n_1 z_1}{z_2}$$

El cálculo de frecuencias en la Bomba Guinard depende de las rpm a las cuales estaba operando el MCI y será efectuado mediante la utilización de las formulas anteriormente indicadas. Las frecuencias de interés para la Bomba Guinard se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5.6: FRECUENCIAS DE LA BOMBA GUINARD

PARTIDA	GRUPO	VELOCIDAD DEL MOTOR	VELOCIDAD (RPM)	FRECUENCIA (Hz)
Gasolina Extra	P 301	$V_{MCI} = 790 \text{ rpm}$	3521.14	58.68
	P 303	$V_{MCI} = 800 \text{ rpm}$	3565.71	59.42
Gasolina Súper	P 302	$V_{MCI} = 800 \text{ rpm}$	3565.71	59.42
	P 303	$V_{MCI} = 810 \text{ rpm}$	3610.28	60.17
Gasolina Súper	P 301	$V_{MCI} = 800 \text{ rpm}$	3565.71	59.42
Jet Fuel	P 302	$V_{MCI} = 730 \text{ rpm}$	3253.71	54.23
	P 303	$V_{MCI} = 742 \text{ rpm}$	3307.20	55.12

5.2.2. Gráficas de Espectros

El número de gráficas de los espectros que presentan un valor de severidad vibracional alto de acuerdo a las normas vibracionales, son extensas, ya que el equipo de un grupo tiene varias mediciones en las distintas partidas de bombeo.

Por lo tanto se presentarán los espectros más representativos de los problemas hallados en las diversas mediciones, es decir pueden mostrarse espectros de una medición hasta de tres mediciones, de los equipos mencionados anteriormente en la Tabla 5.3.

En las gráficas de espectros se observan las frecuencias armónicas o no armónicas con relación a la velocidad de giro para determinar el tipo de falla que se está presentando.

Por ejemplo, en cada uno de los espectros correspondientes a una de las mediciones realizadas en la Bomba activada por Polea, ubicamos las frecuencias determinadas anteriormente ($F_B \rightarrow$ Frecuencia de la Bomba, $f_B \rightarrow$ Frecuencia de Banda, $F_{\text{ÁLABES}}$ y $F_{\text{POLEA CONDUCTORA}}$).

Si estos valores de frecuencias coinciden admisiblemente con los picos elevados en los espectros, se podrá determinar los problemas presentes en el equipo.

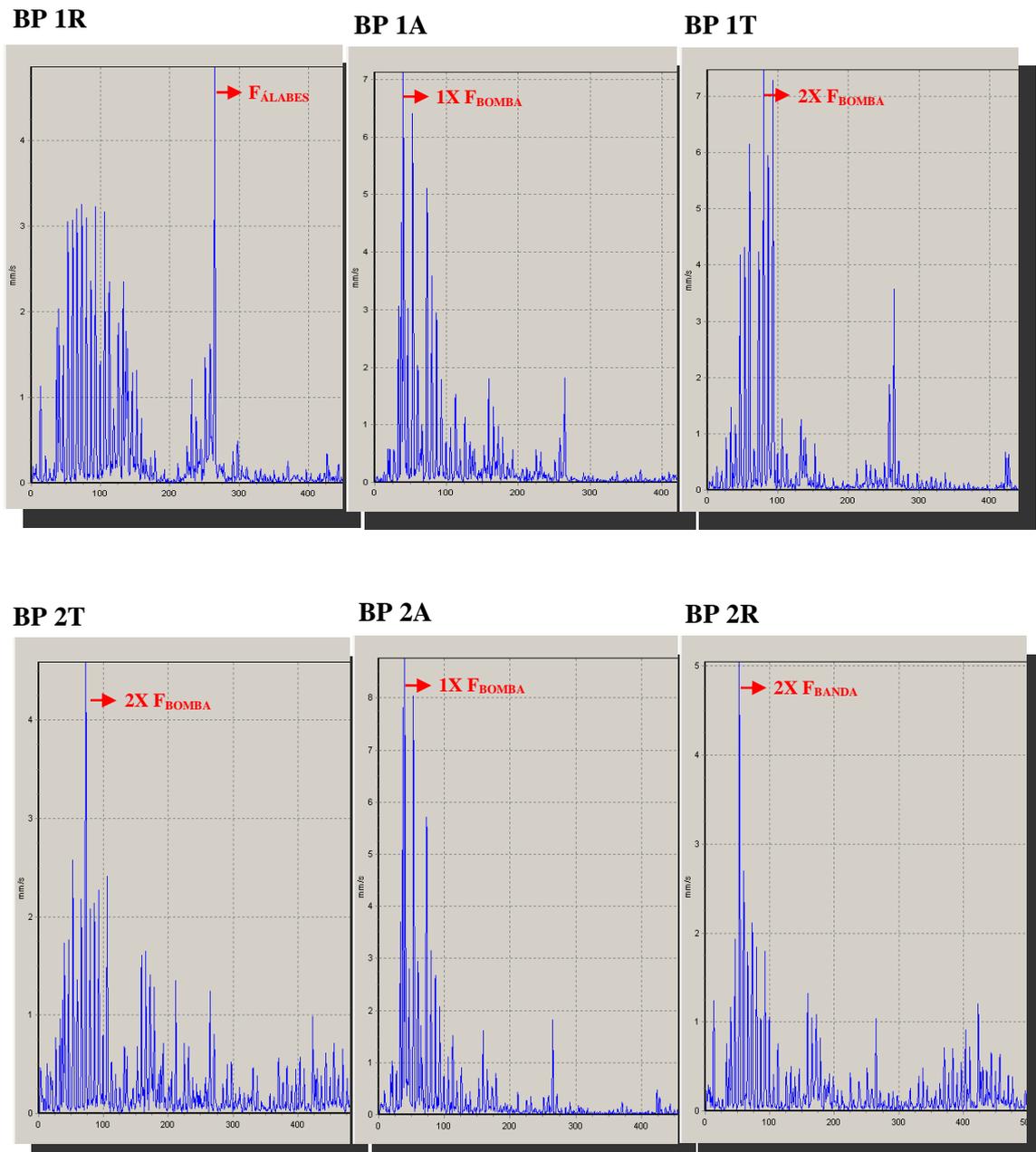


Figura 5.4: Ubicación de Frecuencias en los Espectros

El mismo procedimiento se siguió en los espectros correspondientes a cada uno de los equipos objetos de estudio para el análisis vibracional.

5.2.2.1. Espectros de los Equipos Insatisfactorios

Grupo de Bombeo P 301

Motor Eléctrico del Radiador

MEDICIÓN 1

MR 1R

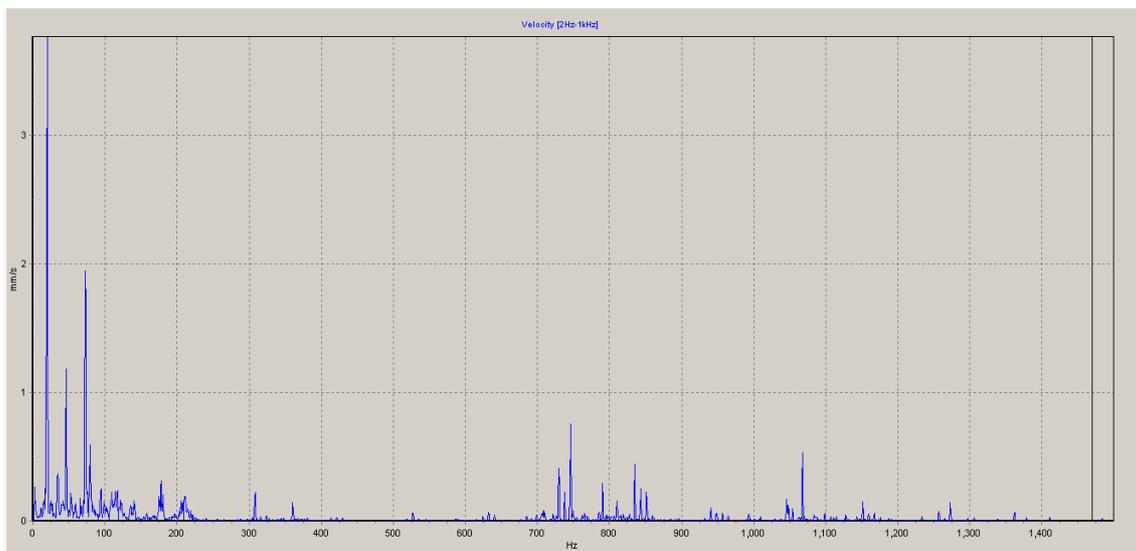


Figura 5.5: Espectro del Punto 1R en el Motor del Radiador

MR 1A

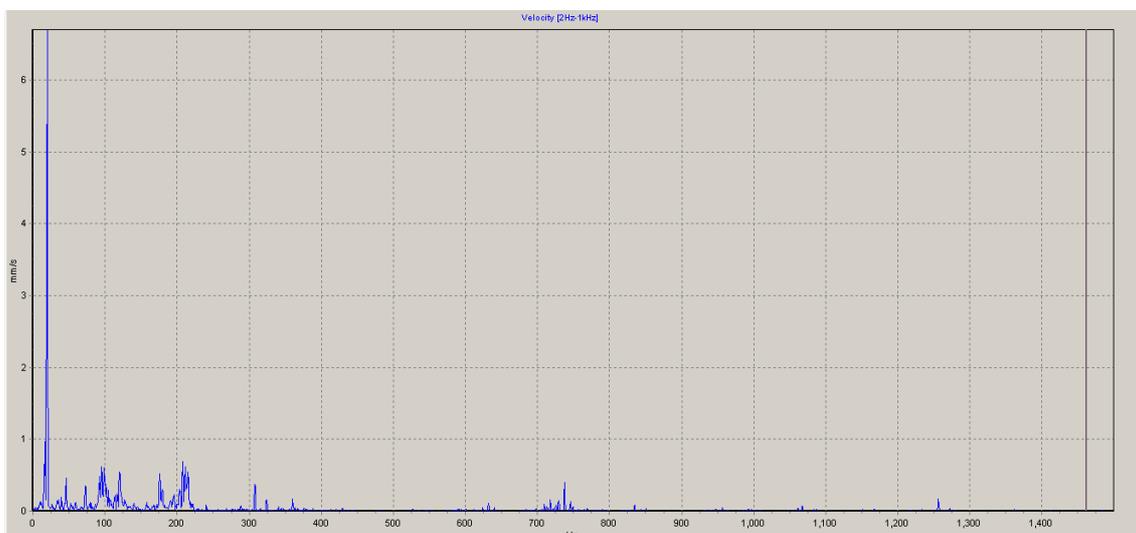


Figura 5.6: Espectro del Punto 1A en el Motor del Radiador

MR 2A

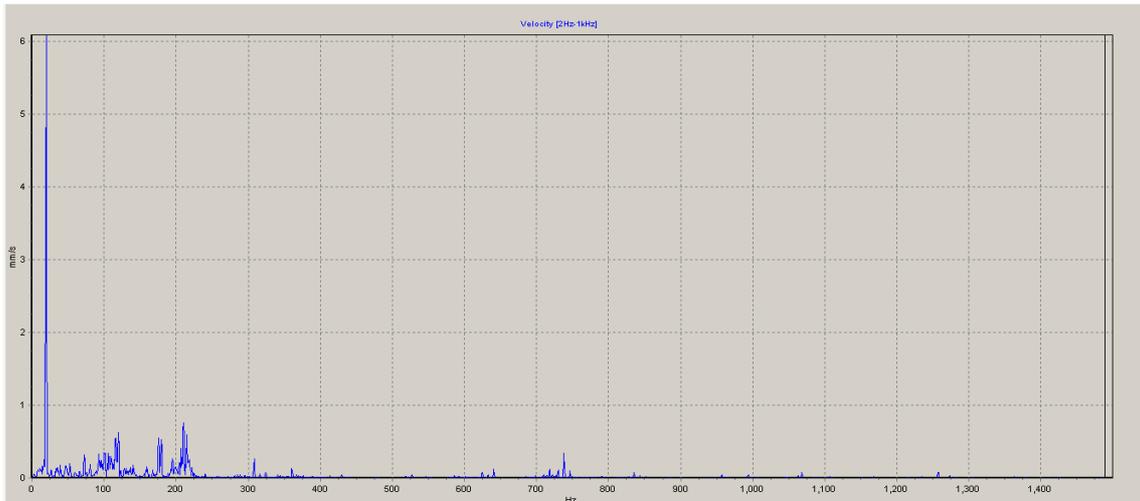


Figura 5.7: Espectro del Punto 2A en el Motor del Radiador

Problema:

- Flecha con Flexión → Debido a pico alto a 1XA mayor que 1XR o 1XT.

MEDICIÓN 2

MR 2T

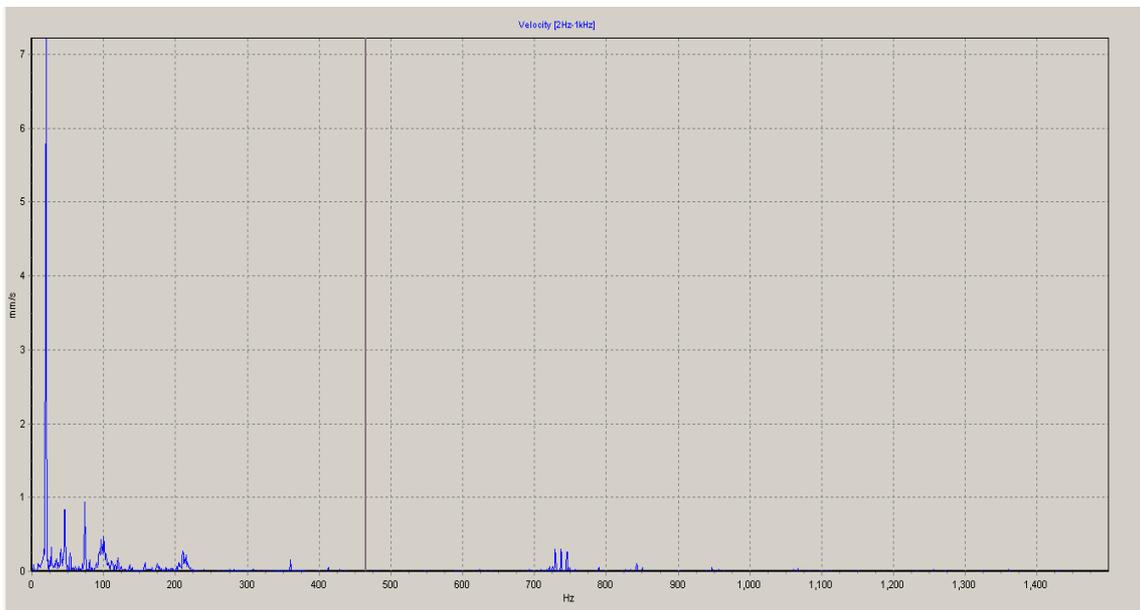


Figura 5.8: Espectro del Punto 2T en el Motor del Radiador

Problema:

- Flexibilidad Transversal → Debido a pico alto en 1XT.

Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1R

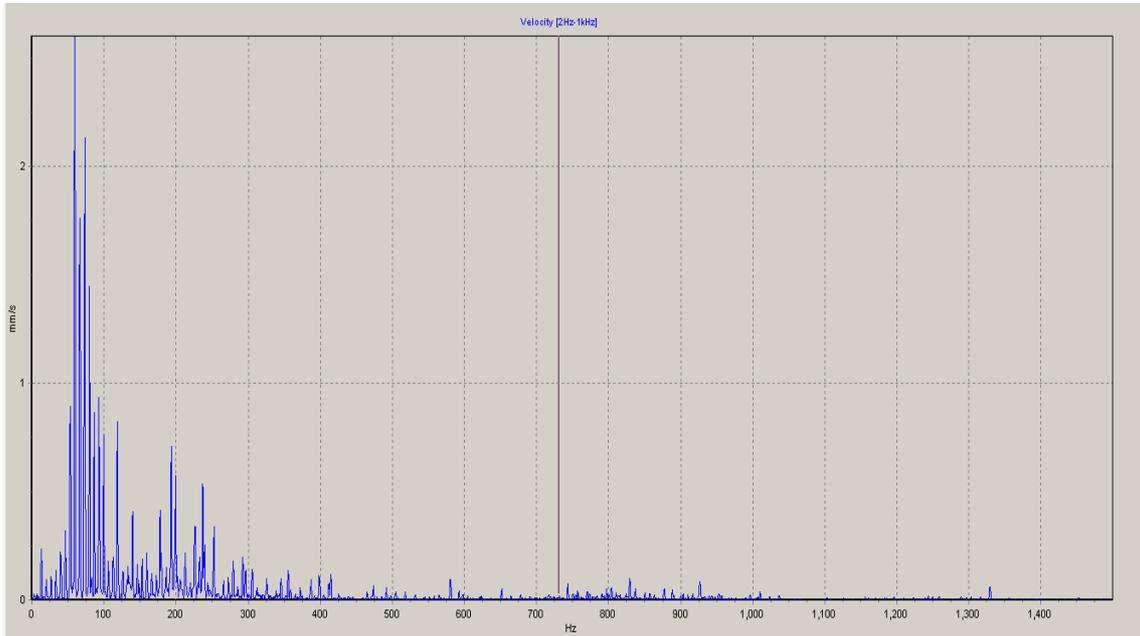


Figura 5.9: Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1A

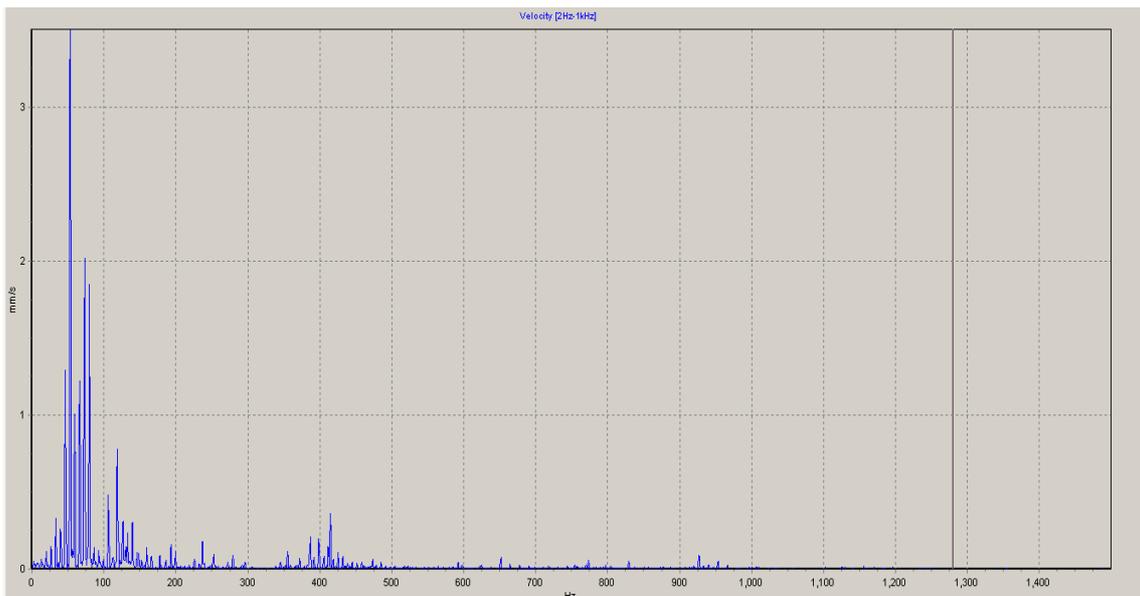


Figura 5.10: Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1T

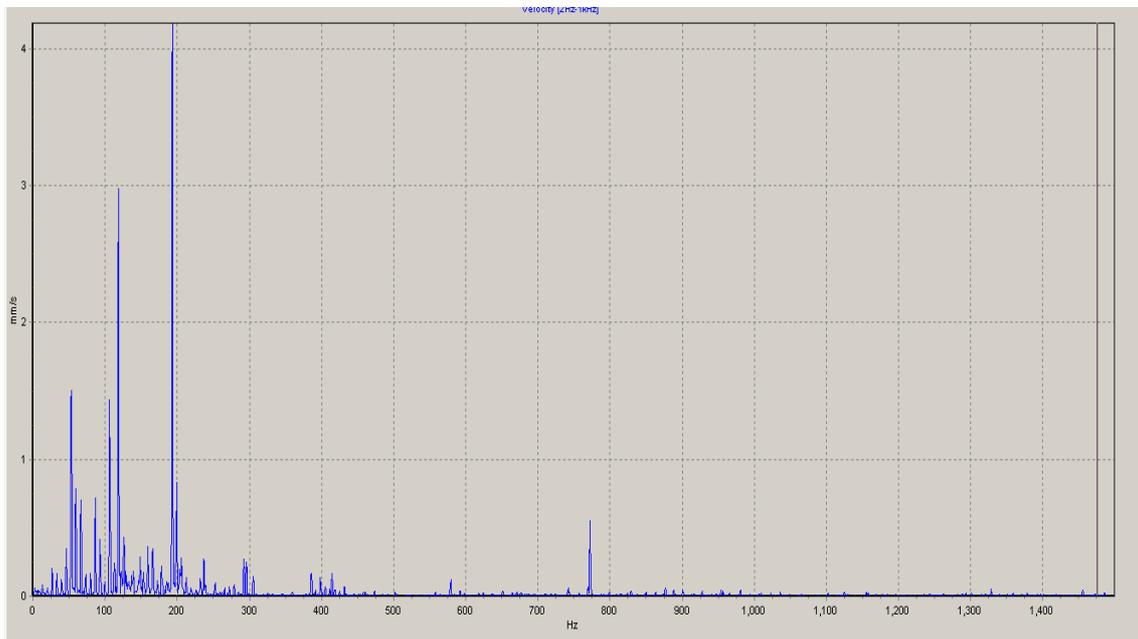


Figura 5.11: Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2R

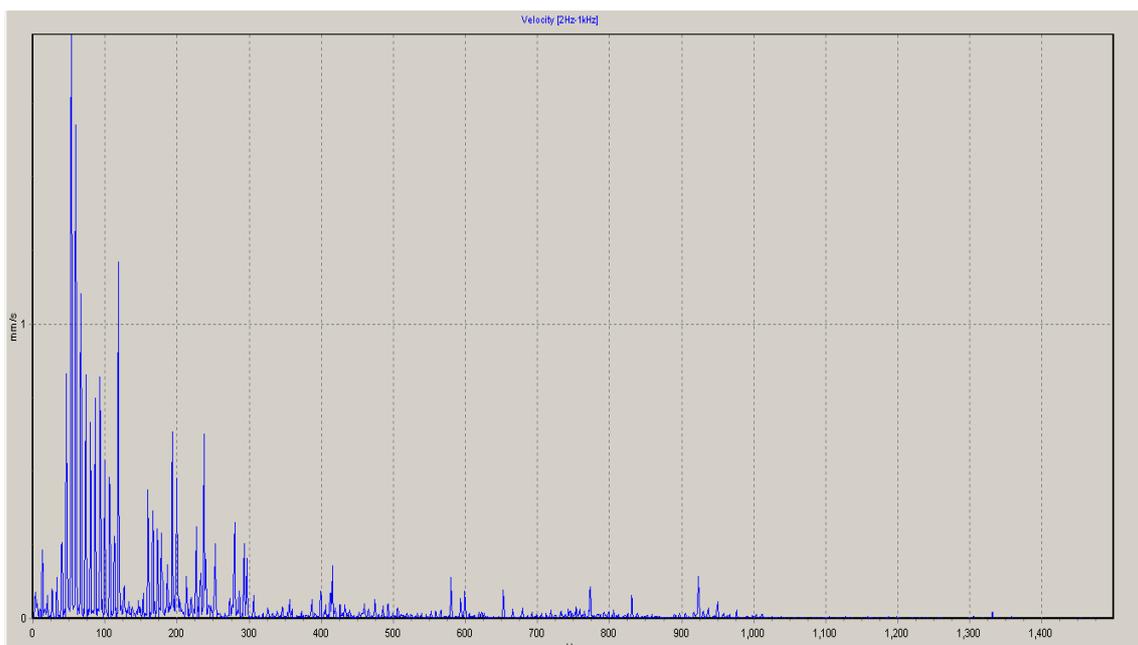


Figura 5.12: Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2A

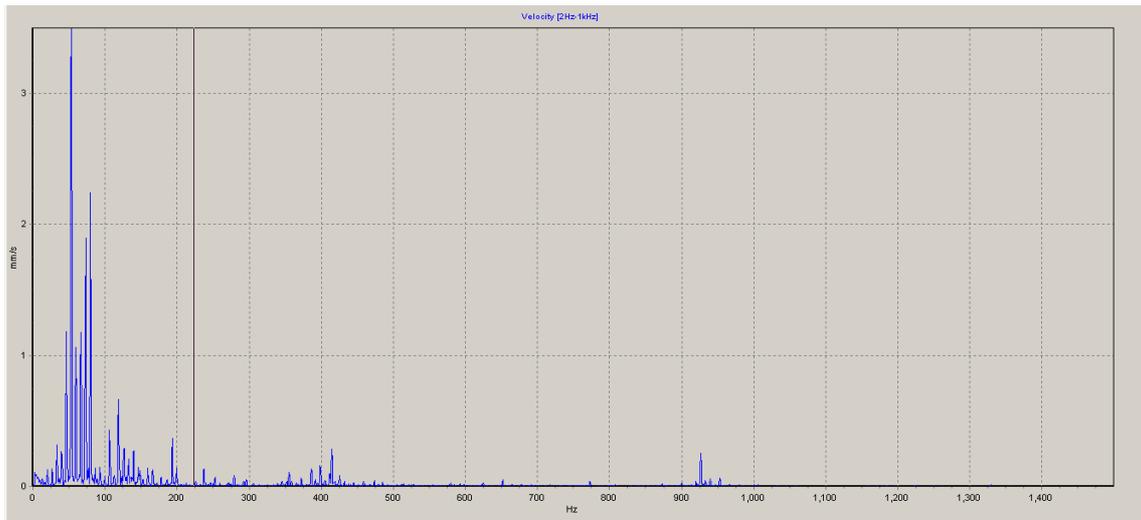


Figura 5.13: Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación

Problemas:

- Falla de Acoples → Debido a pico alto a 3XR y 3XA, en ambos lados del motor.
- Problema de Ranuras → Debido a pico alto a la frecuencia de paso de ranuras del rotor (S), en un solo lado de medición del motor.

Bomba de Lubricación

BLI 1R

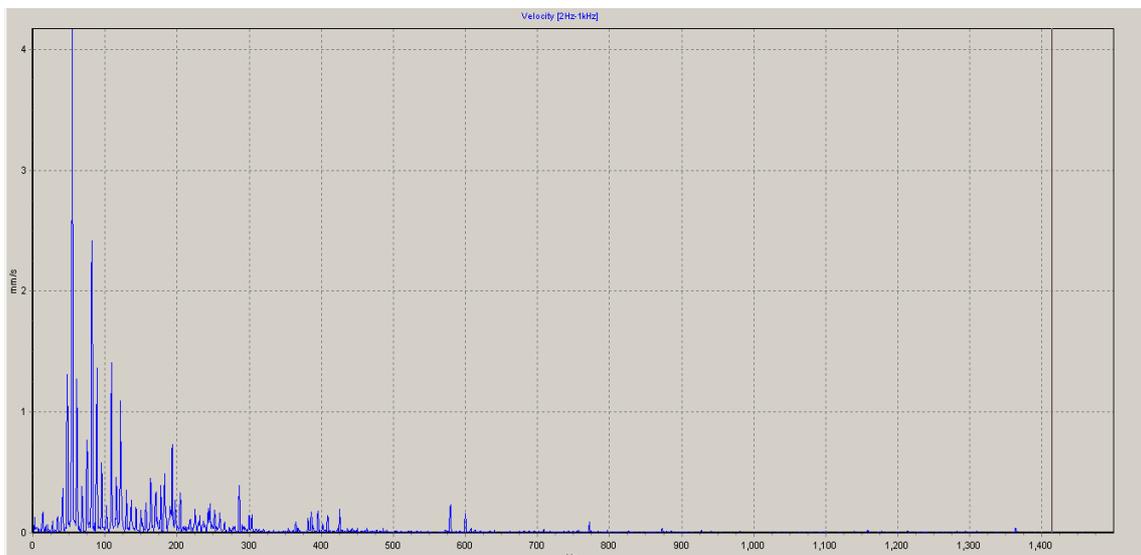


Figura 5.14: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación

BLI 1A

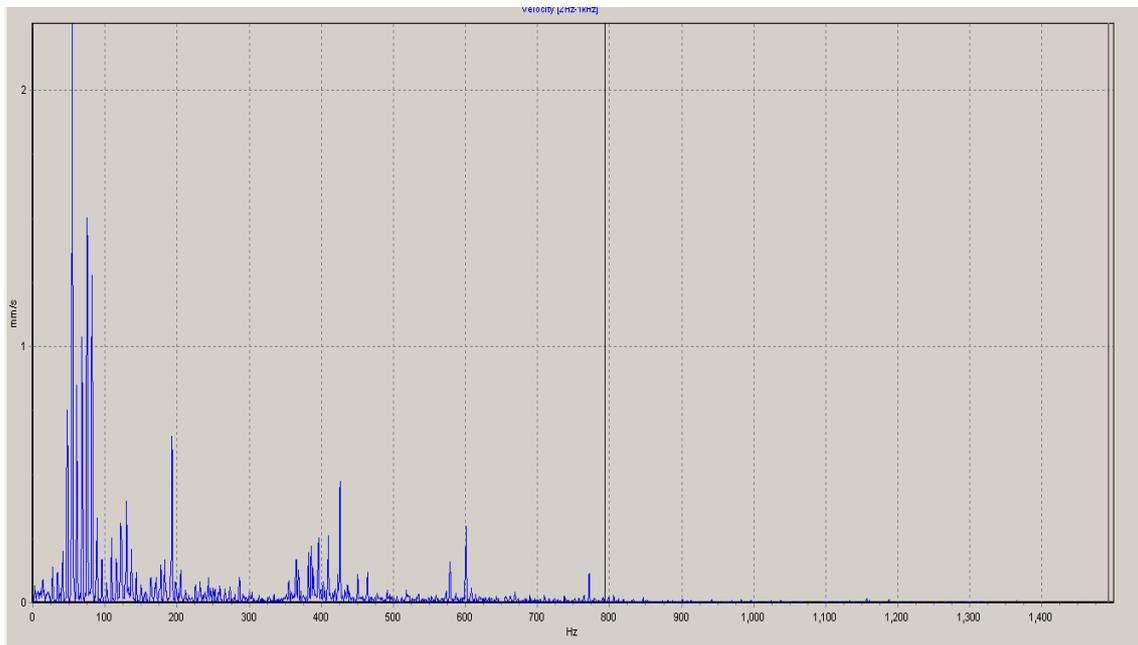


Figura 5.15: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación

BLI 1T

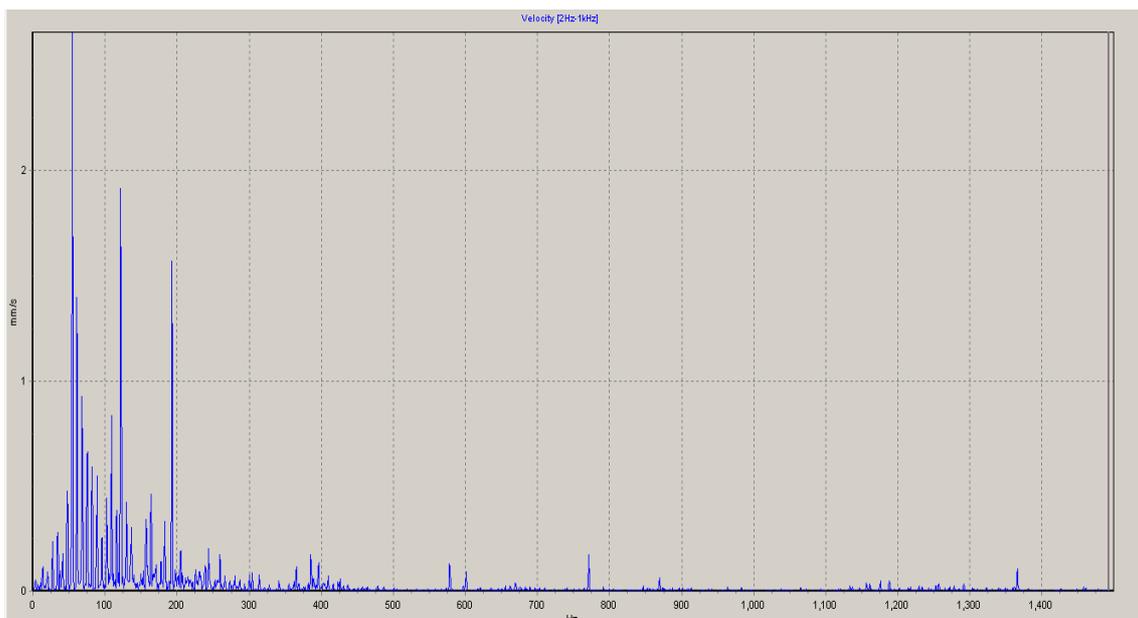


Figura 5.16: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación

BLI 2R

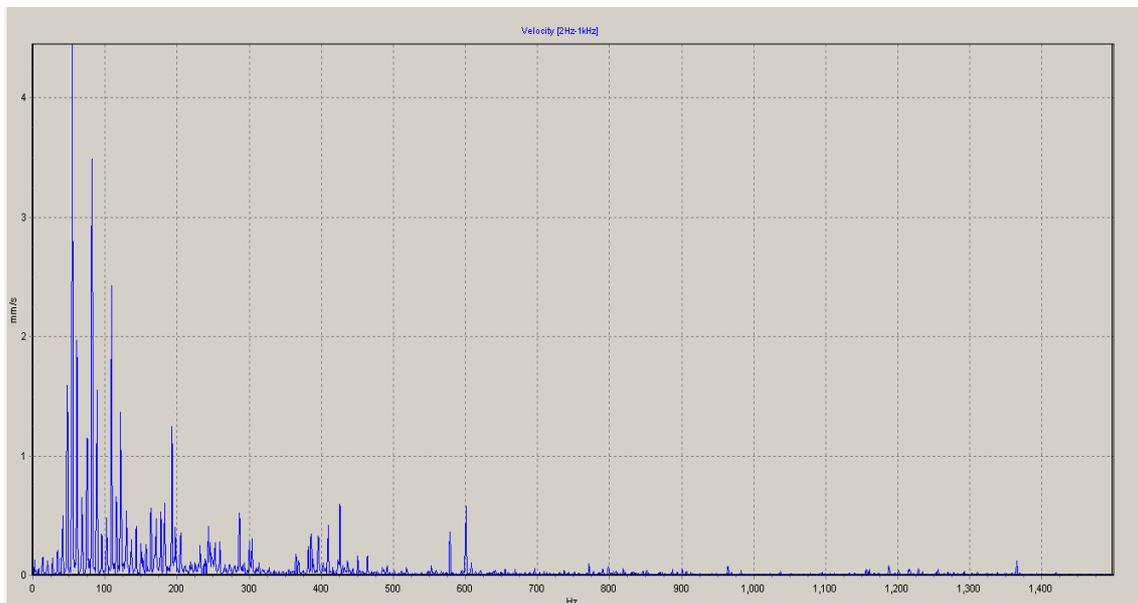


Figura 5.17: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación

BLI 2A

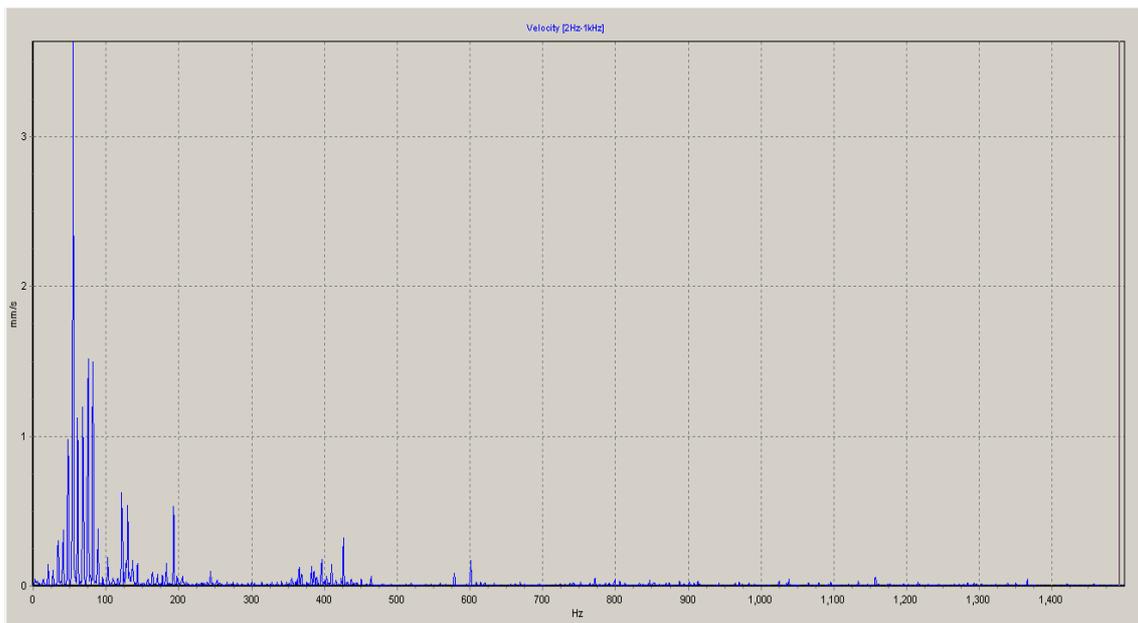


Figura 5.18: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación

BLI 2T

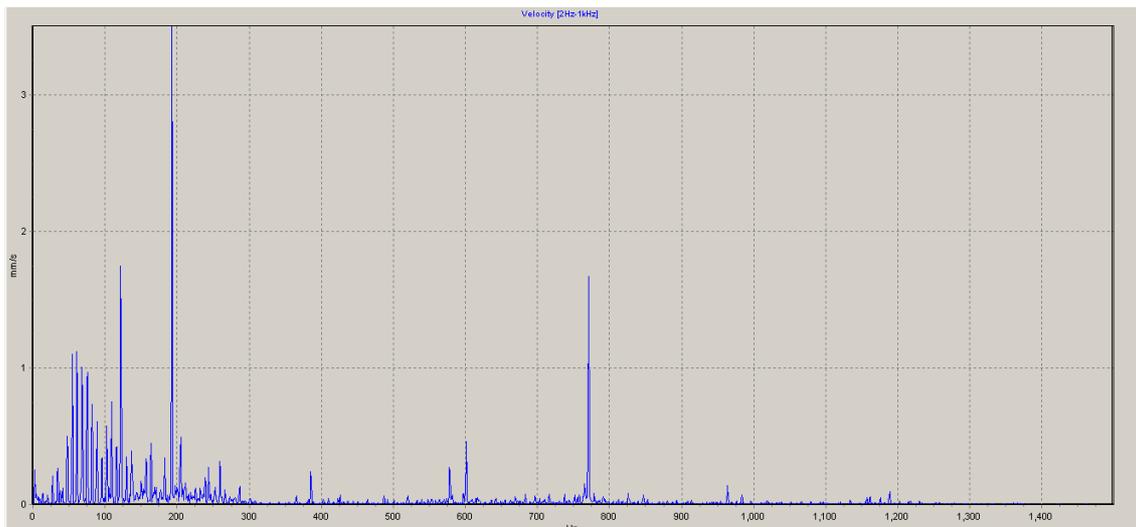


Figura 5.19: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación

Problemas:

- Falta de Acoples → Debido a pico alto a 3XR y 3XA, en ambos lados de la bomba.
- Problema de Ranuras en el Motor Eléctrico acoplado a la Bomba de Lubricación → Debido a pico alto a la Frecuencia de paso de ranuras del rotor (S), en ambos lados de la bomba.

Grupo de Bombeo P 302

Motor Eléctrico del Radiador

MR 1T



Figura 5.20: Espectro del Punto 1T en el Motor del Radiador

MR 2T

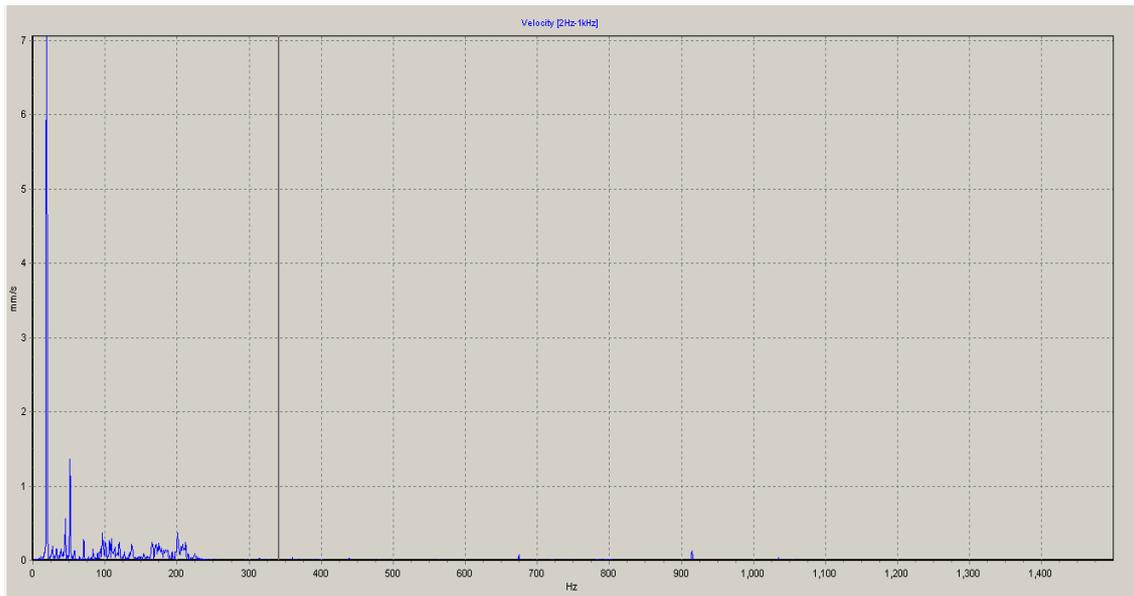


Figura 5.21: Espectro del Punto 2T en el Motor del Radiador

Problema:

- Flexibilidad transversal → Debido a que $1XT$ mayor que $1XR$ en ambos lados del motor.

Incrementador

INC 1A

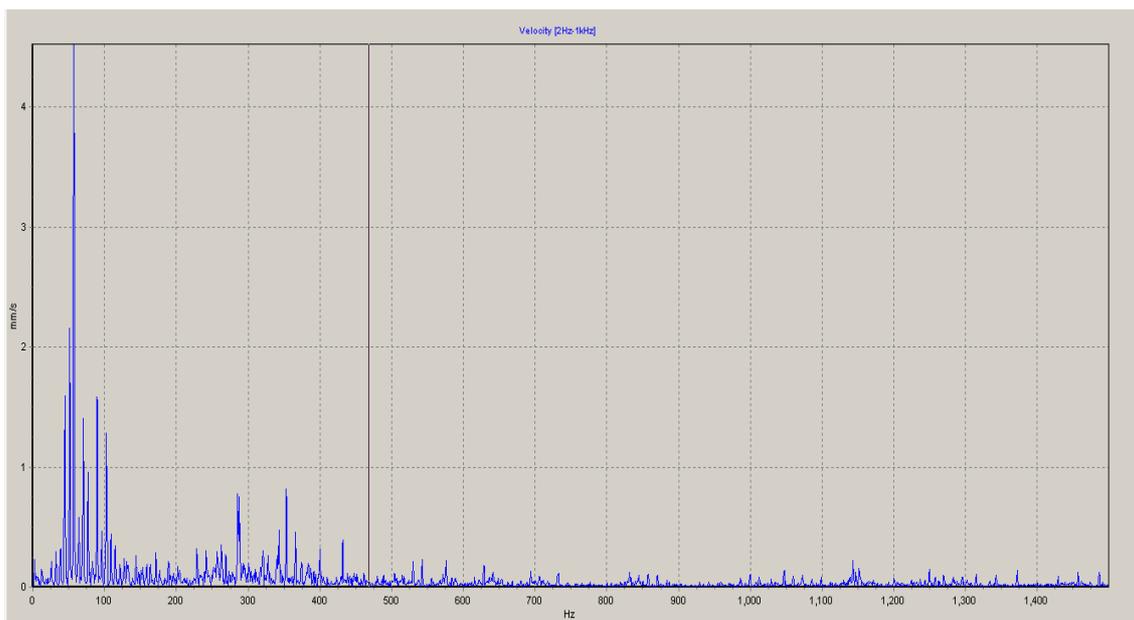


Figura 5.22: Espectro del Punto 1A en el Incrementador

INC 1T

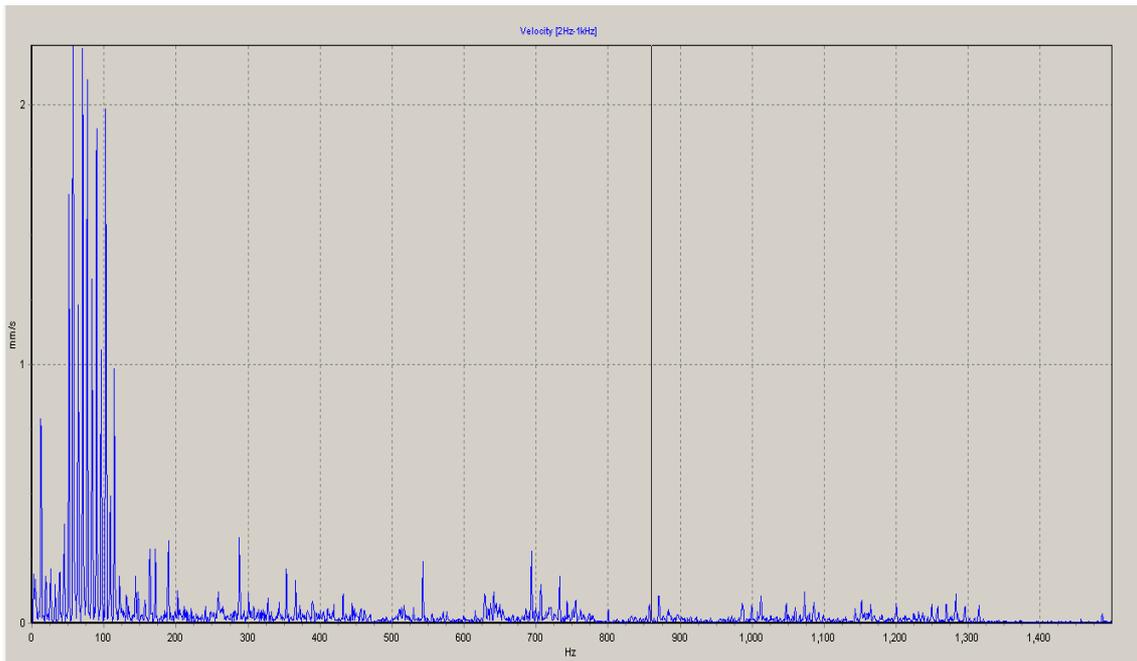


Figura 5.23: Espectro del Punto 1T en el Incrementador

INC 2R

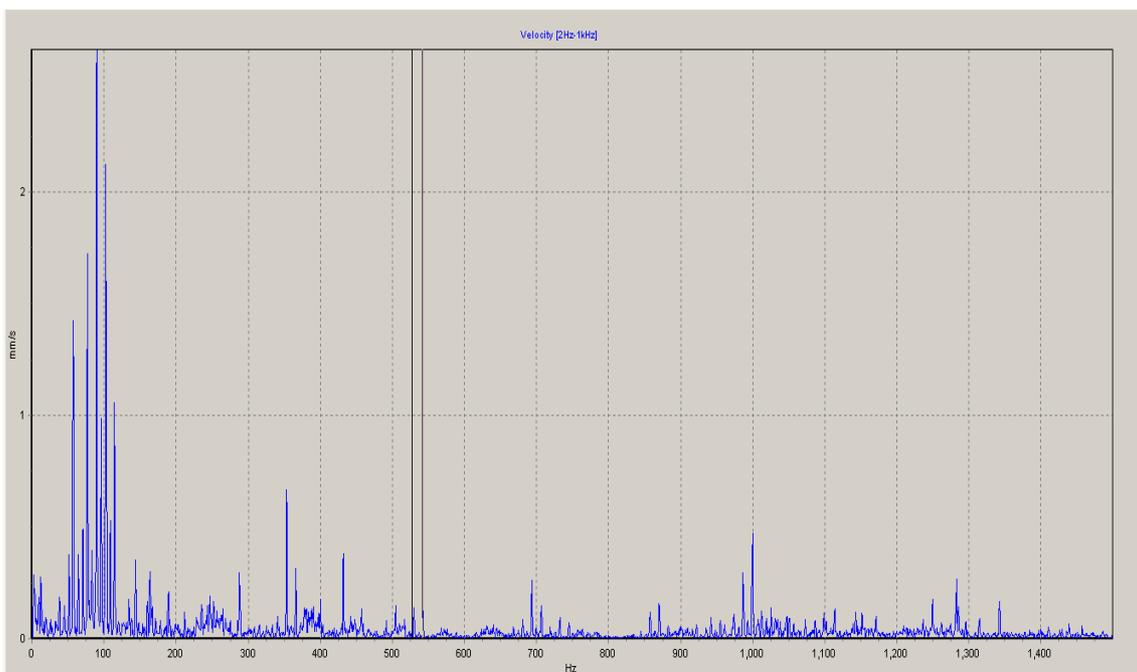


Figura 5.24: Espectro del Punto 2R en el Incrementador

INC 2A

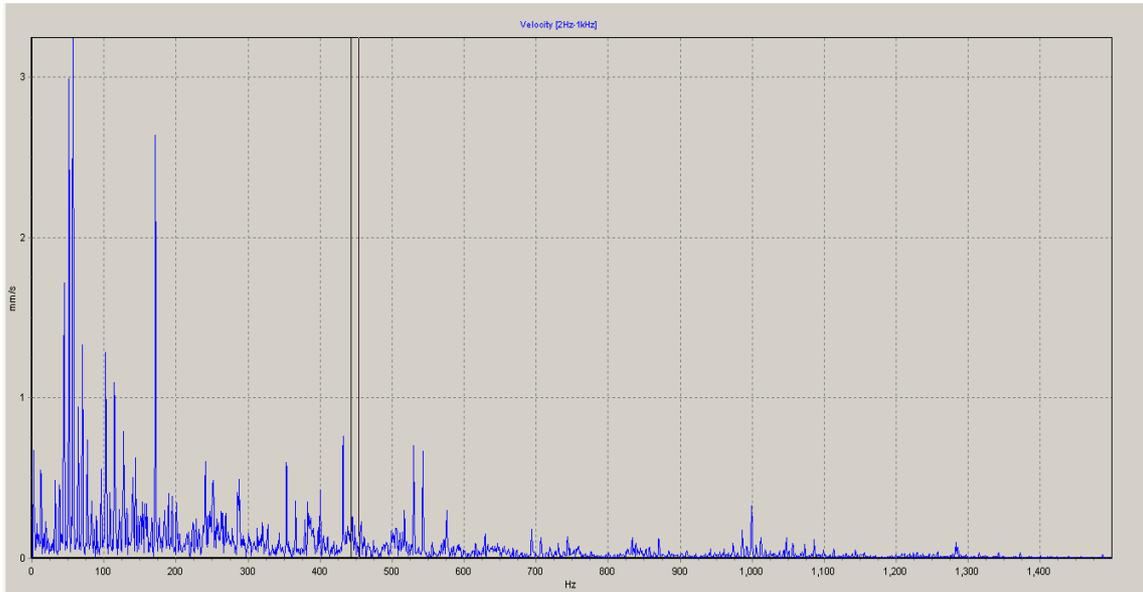


Figura 5.25: Espectro del Punto 2A en el Incrementador

INC 2T

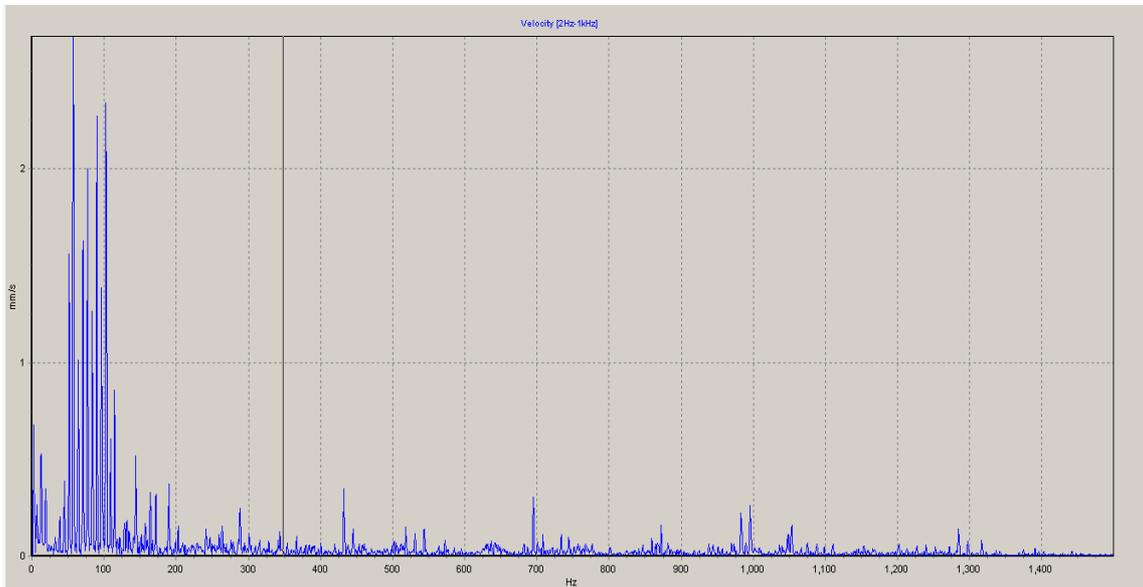


Figura 5.26: Espectro del Punto 2T en el Incrementador

Problema:

- Desalineamiento Angular en el incrementador → Debido a que $1XA$ mayor que $1XR$ y $1XT$ en ambos lados de la medición.

Bomba Guinard

BG 1R

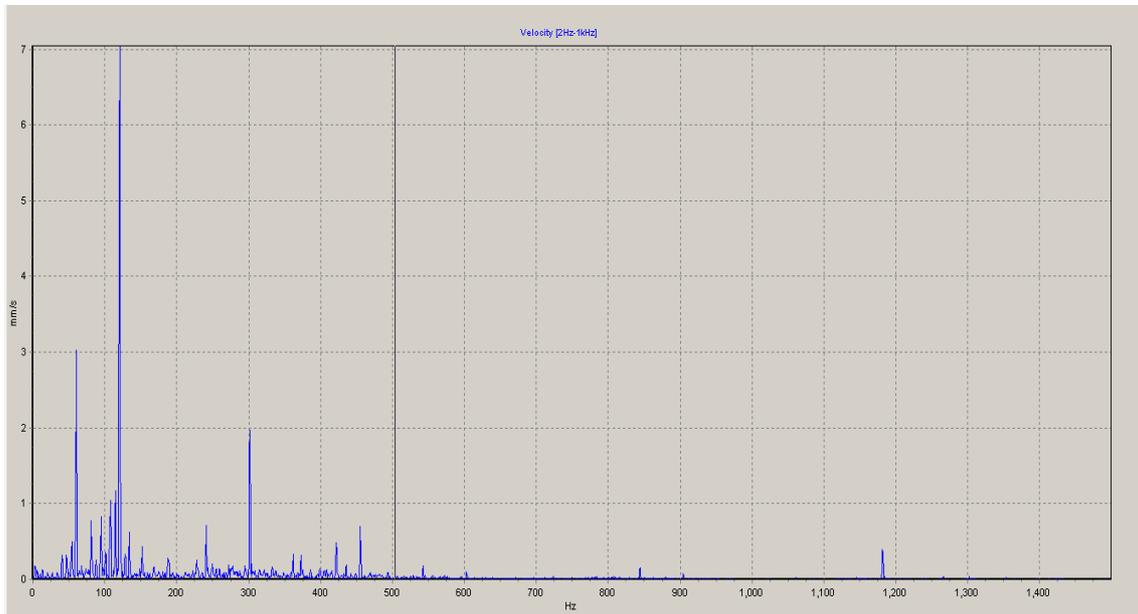


Figura 5.27: Espectro del Punto 1R en la Bomba Guinard

BG 1A

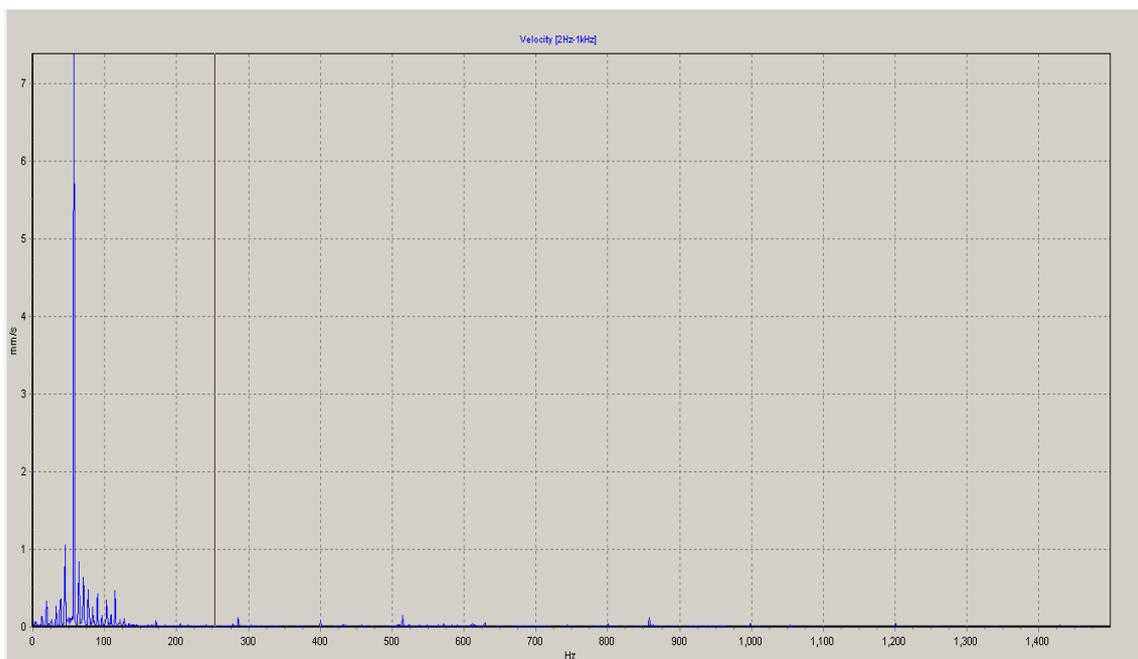


Figura 5.28: Espectro del Punto 1A en la Bomba Guinard

BG 2R

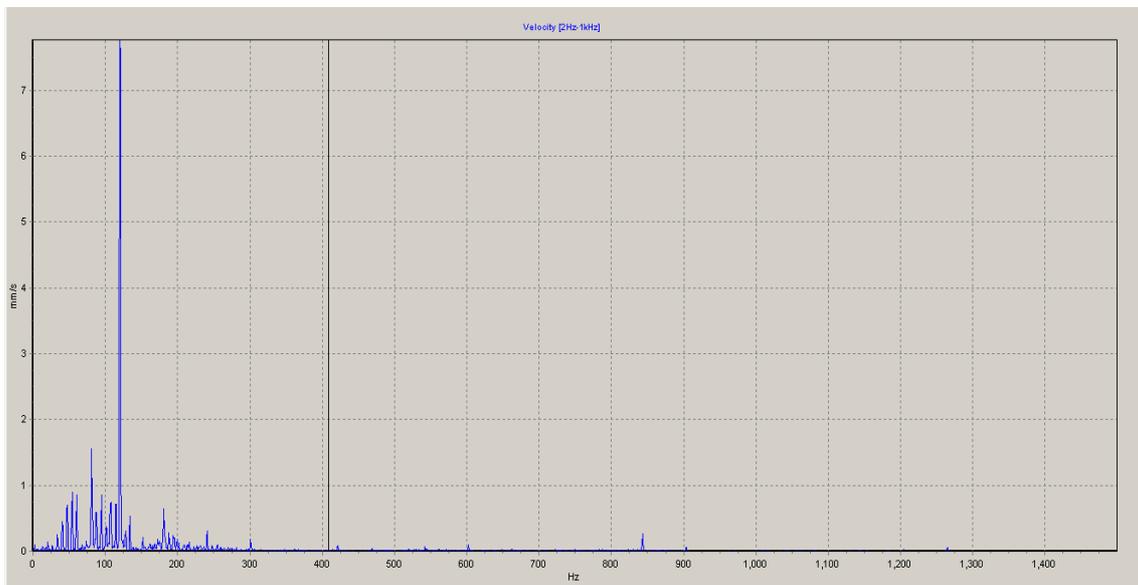


Figura 5.29: Espectro del Punto 2R en la Bomba Guinard

BG 2A

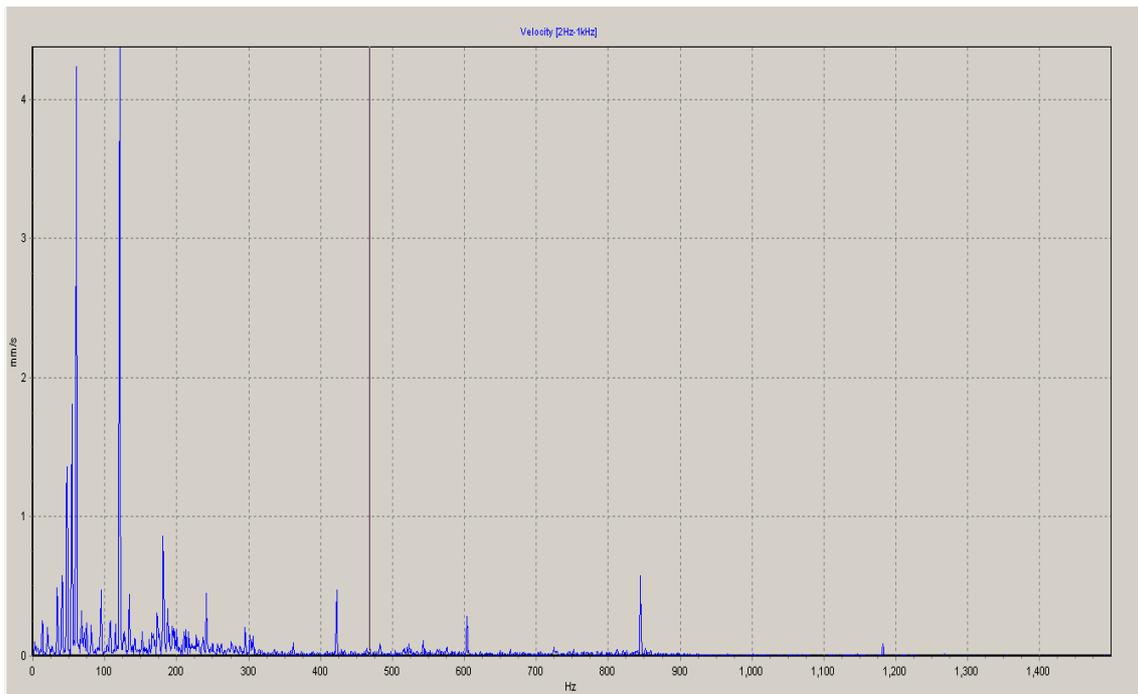


Figura 5.30: Espectro del Punto 2A en la Bomba Guinard

BG 2T

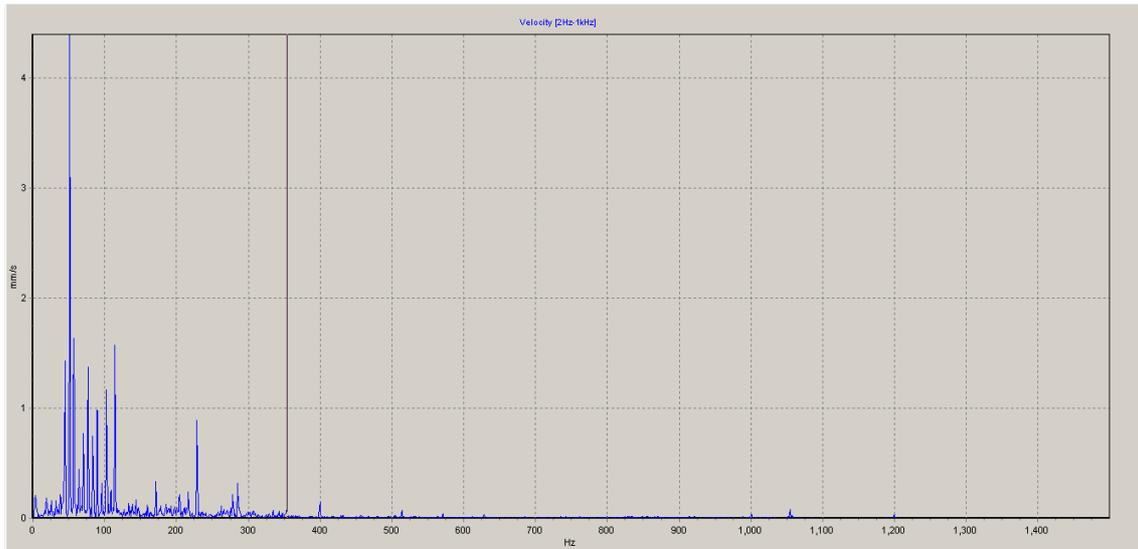


Figura 5.31: Espectro del Punto 2T en la Bomba Guinard

Problemas:

- Desalineación Combinada → Debido a pico alto en 2XR mayor que 1XR y 1XA es mayor que 1X R o 1XT en ambos lados de la medición.
- Rodamiento Desalineado → Debido a pico alto en 2XR y 2XA.

Grupo de Bombeo P 303

Turbocompresor

TB 1R

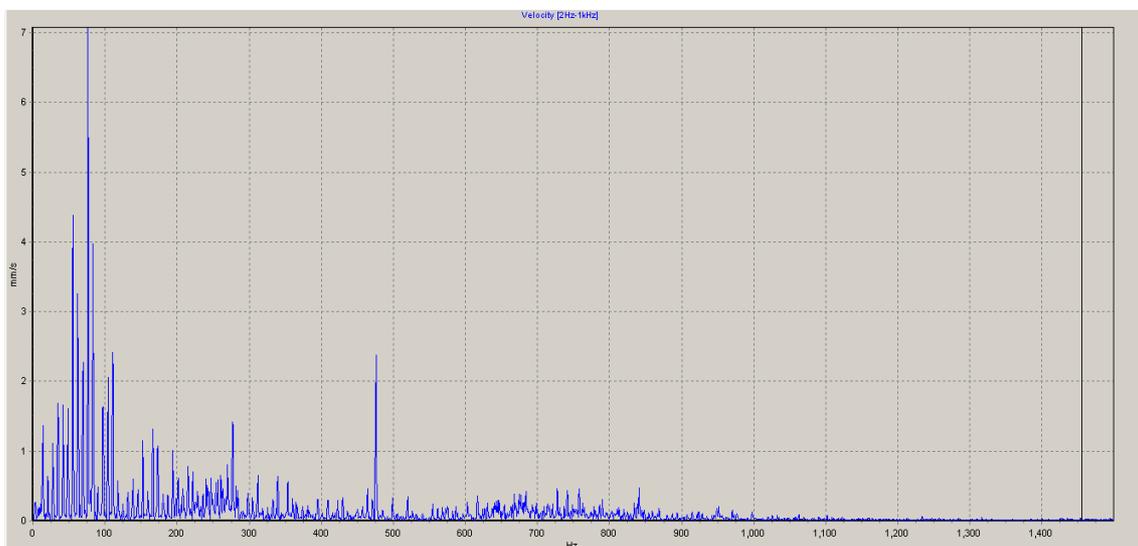


Figura 5.32: Espectro del Punto 1R en el Turbocompresor

TB 1A

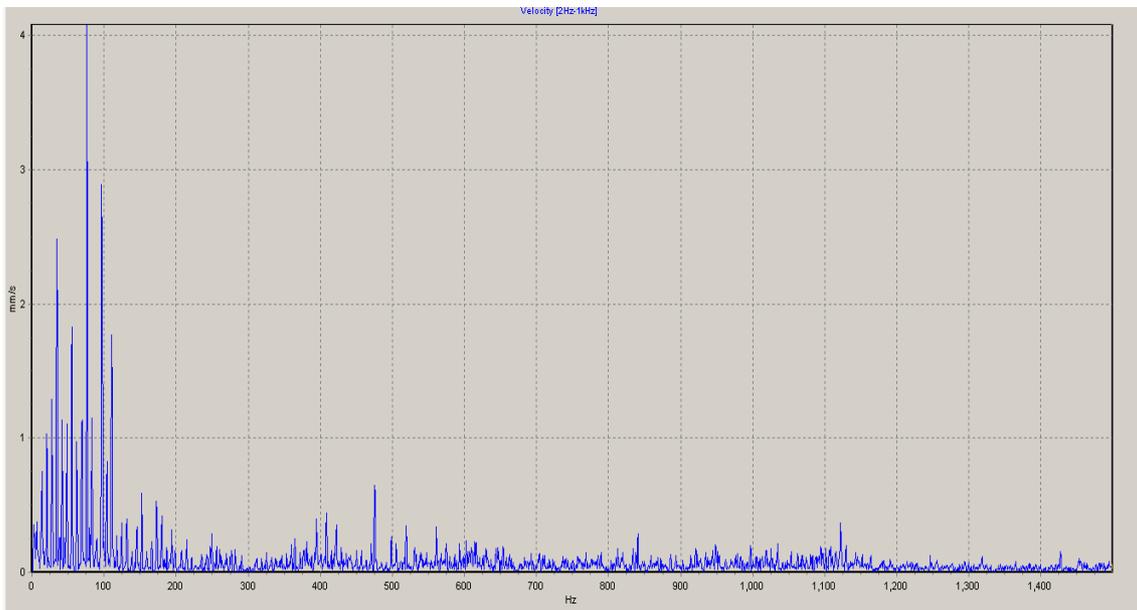


Figura 5.33: Espectro del Punto 1A en el Turbocompresor

TB 1T

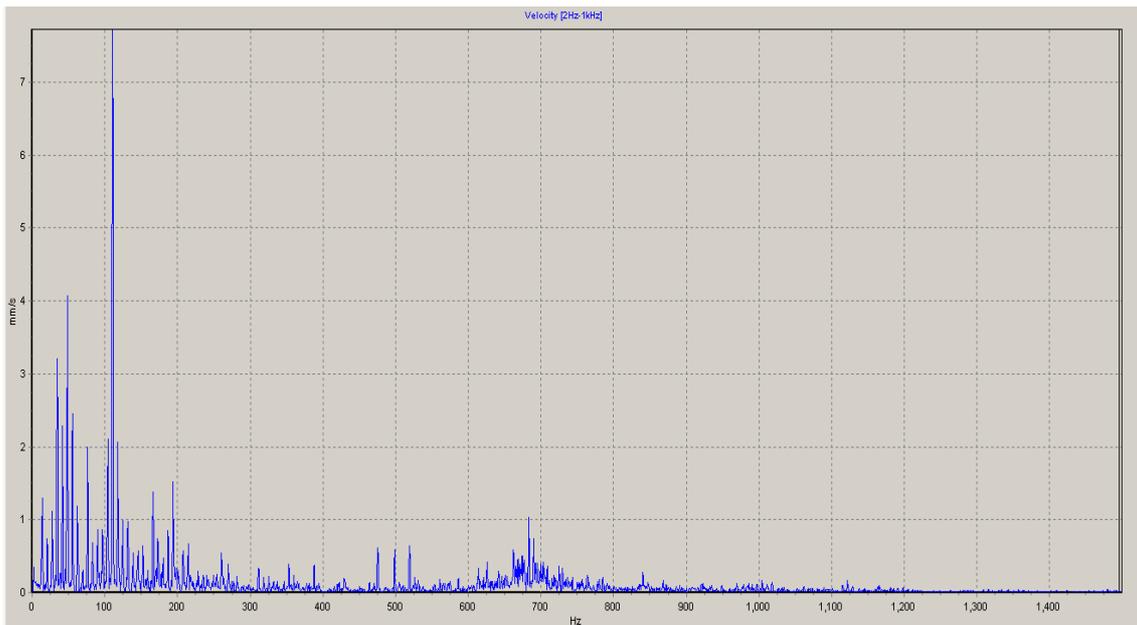


Figura 5.34: Espectro del Punto 1T en el Turbocompresor

TB 2R

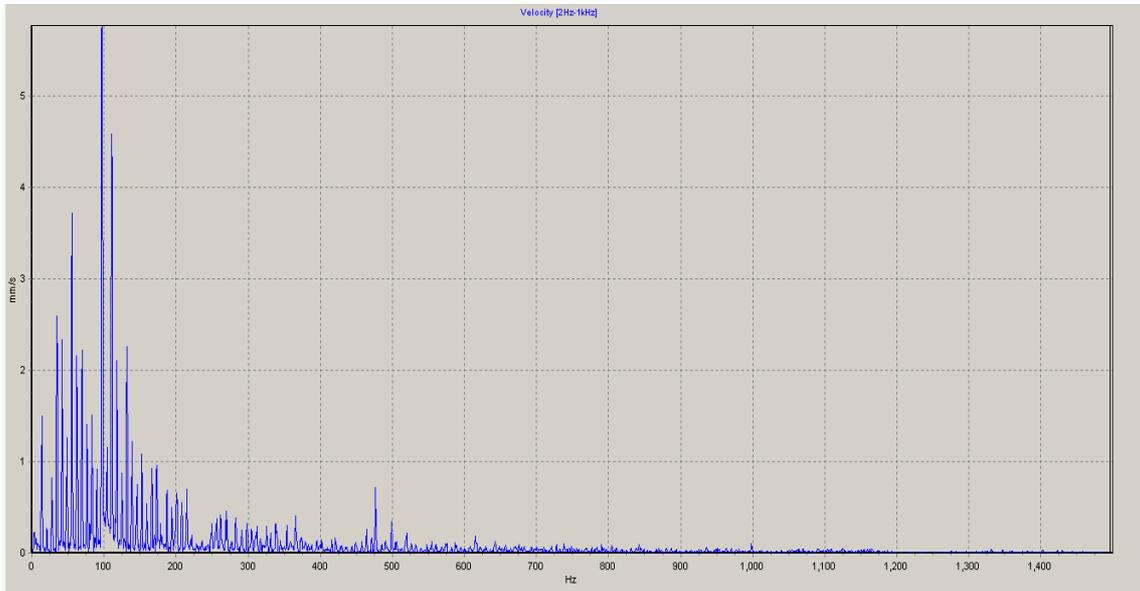


Figura 5.35: Espectro del Punto 2R en el Turbocompresor

TB 2A

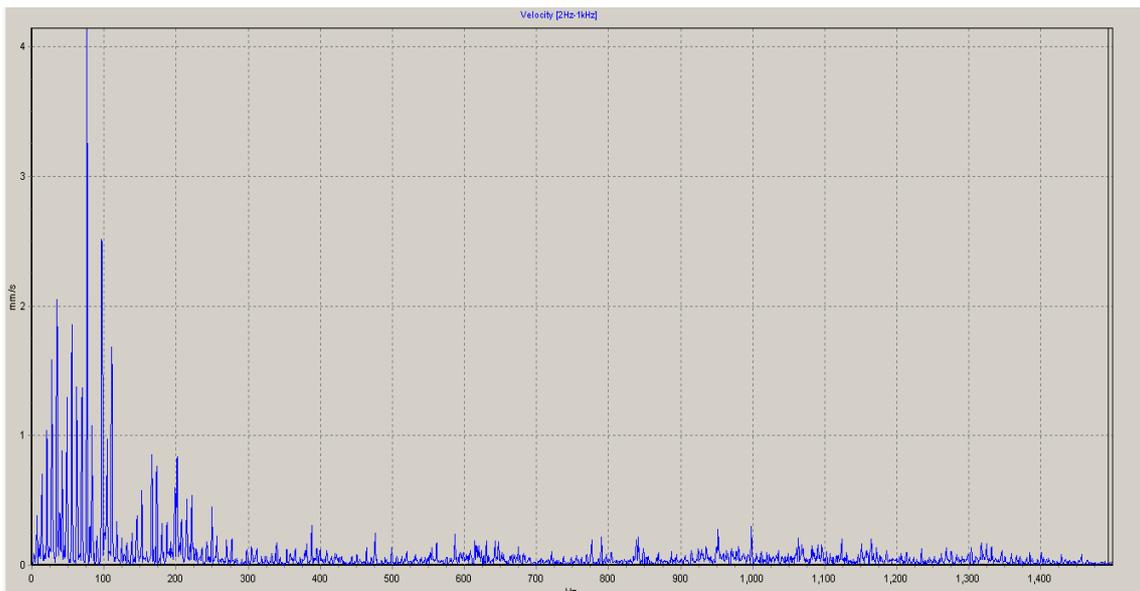


Figura 5.36: Espectro del Punto 2A en el Turbocompresor

TB 2T

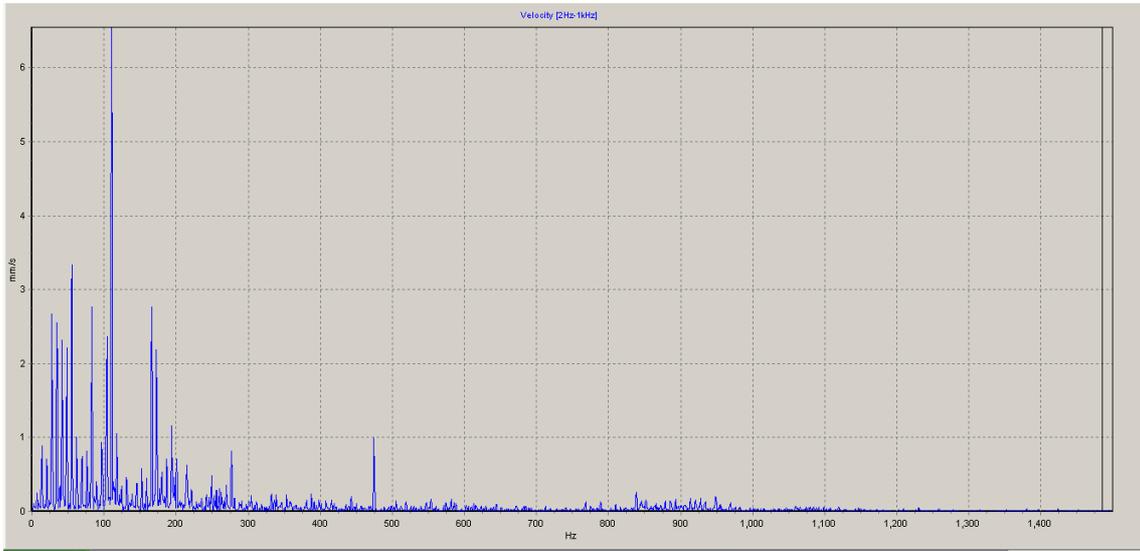


Figura 5.37: Espectro del Punto 2T en el Turbocompresor

Problemas:

- Rozamientos → Debido a picos menores a 1X altos, en los tres sentidos: R, A y T en ambos lados del turbocompresor.

Motor Eléctrico para Lubricación

MEDICIÓN 1

MLI 1R

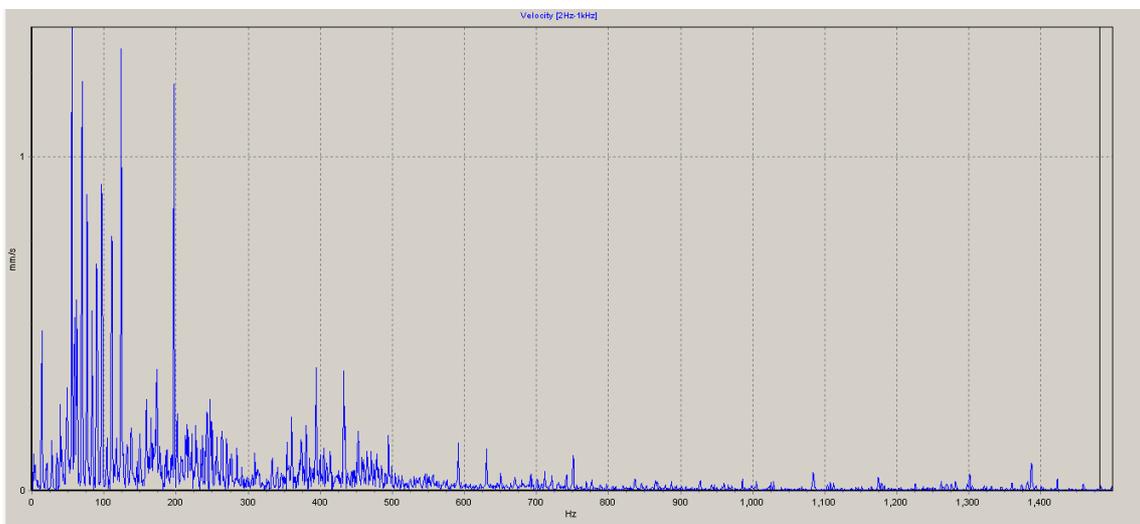


Figura 5.38: Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1A

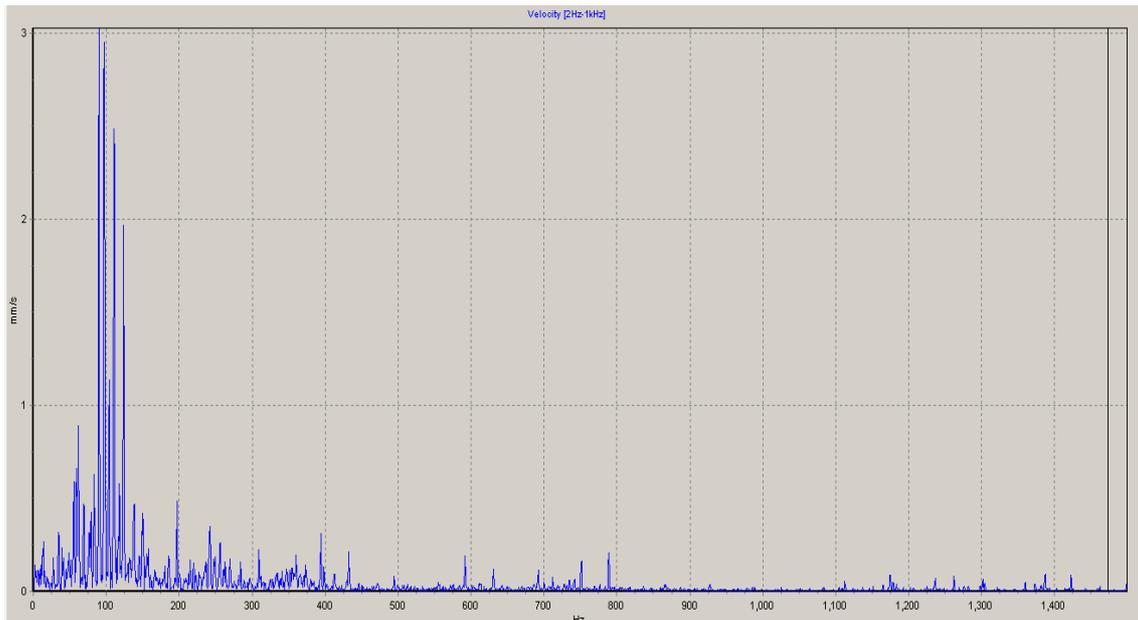


Figura 5.39: Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1T

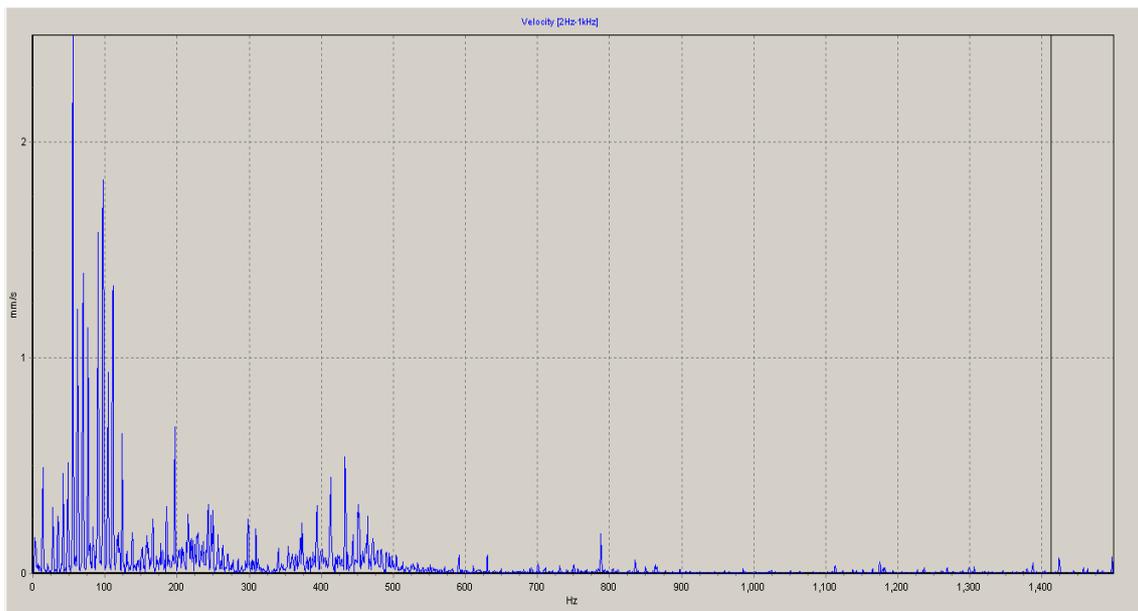


Figura 5.40: Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2R

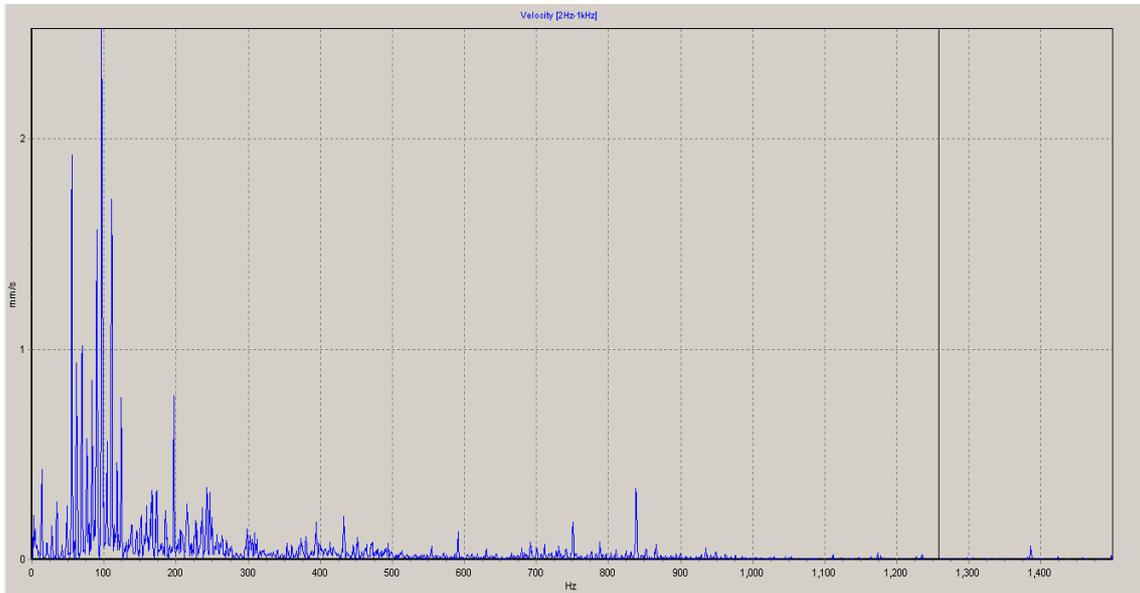


Figura 5.41: Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2A

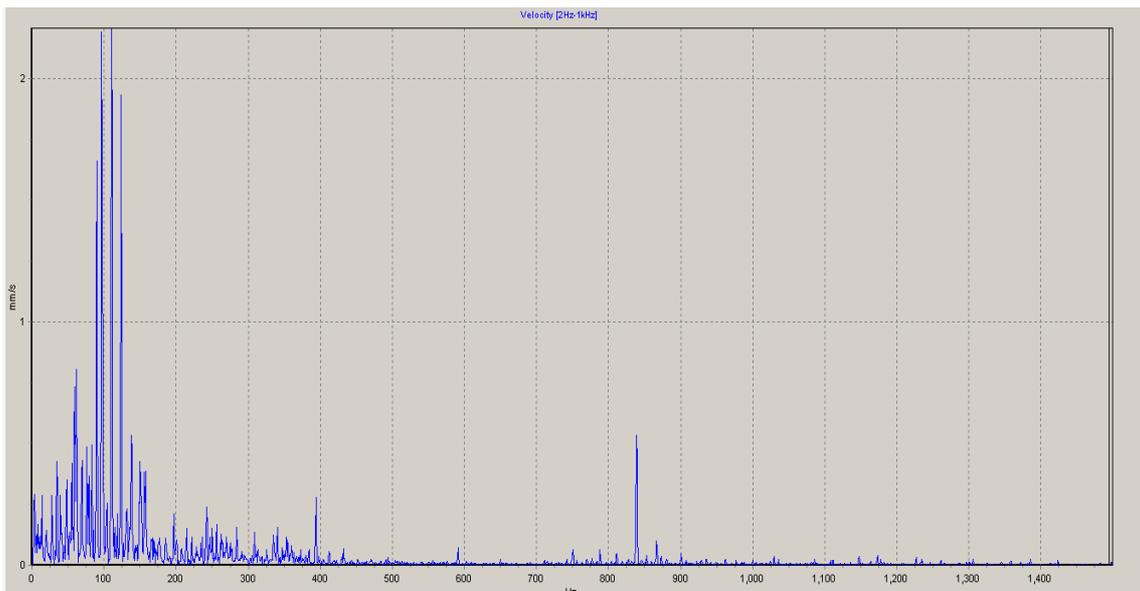


Figura 5.42: Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2T

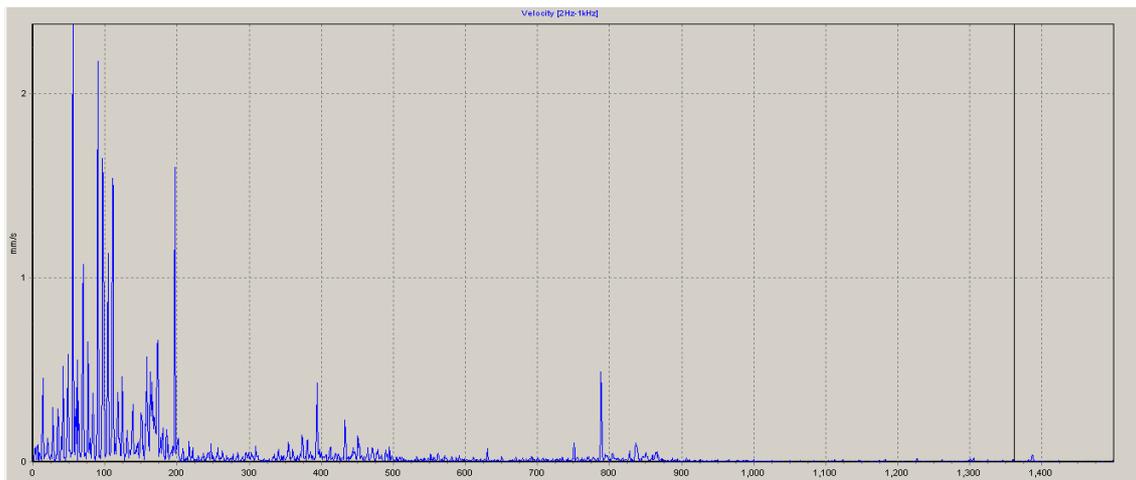


Figura 5.43: Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación

Problemas:

- Falla de acoples → Debido a pico alto a 3XR y 3XT, en ambos lados del motor.
- Holgura Mecánica → Debido a pico alto a 5XR, 5XA, 6XA y 5XT en ambos lados del motor.
- Problema de paso de Ranuras → Debido a un pico prominente a la frecuencia de paso de ranuras del rotor (S), en ambos lados del motor.

Motor Eléctrico para Lubricación

MEDICIÓN 2

MLI 1R

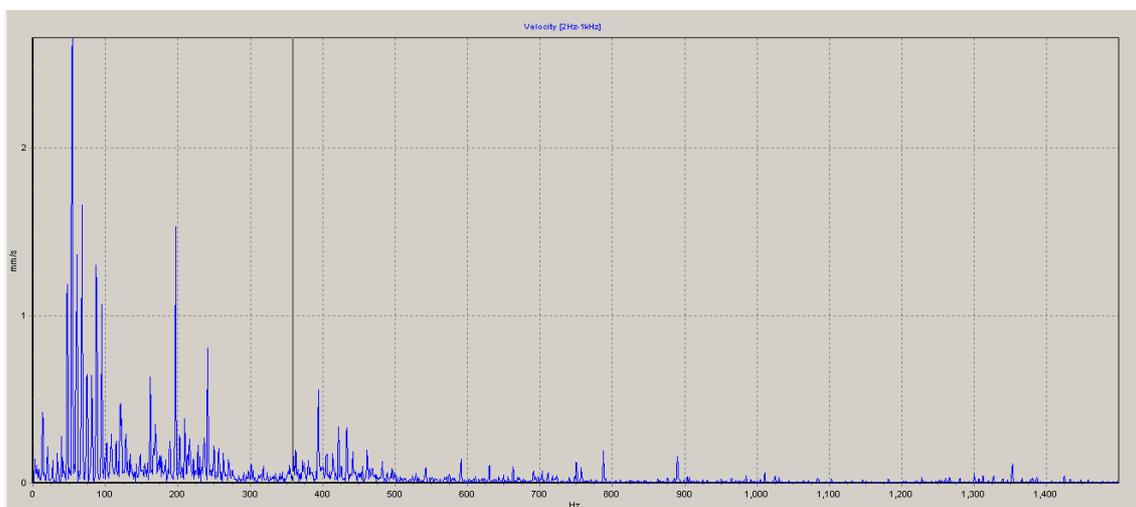


Figura 5.44: Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1A

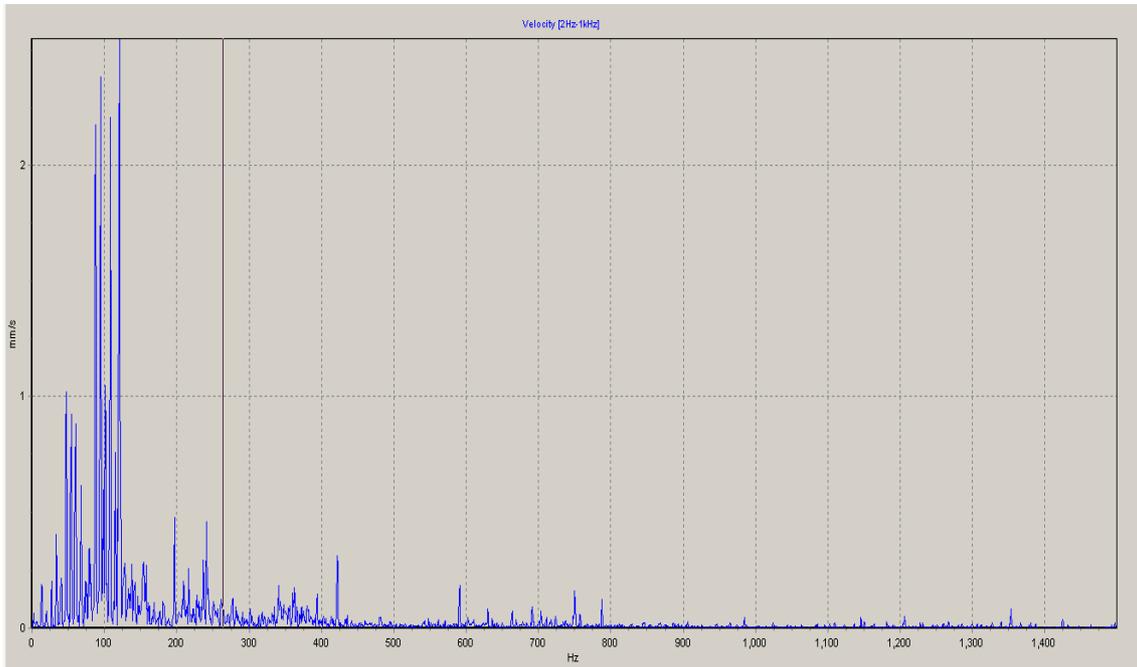


Figura 5.45: Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1T

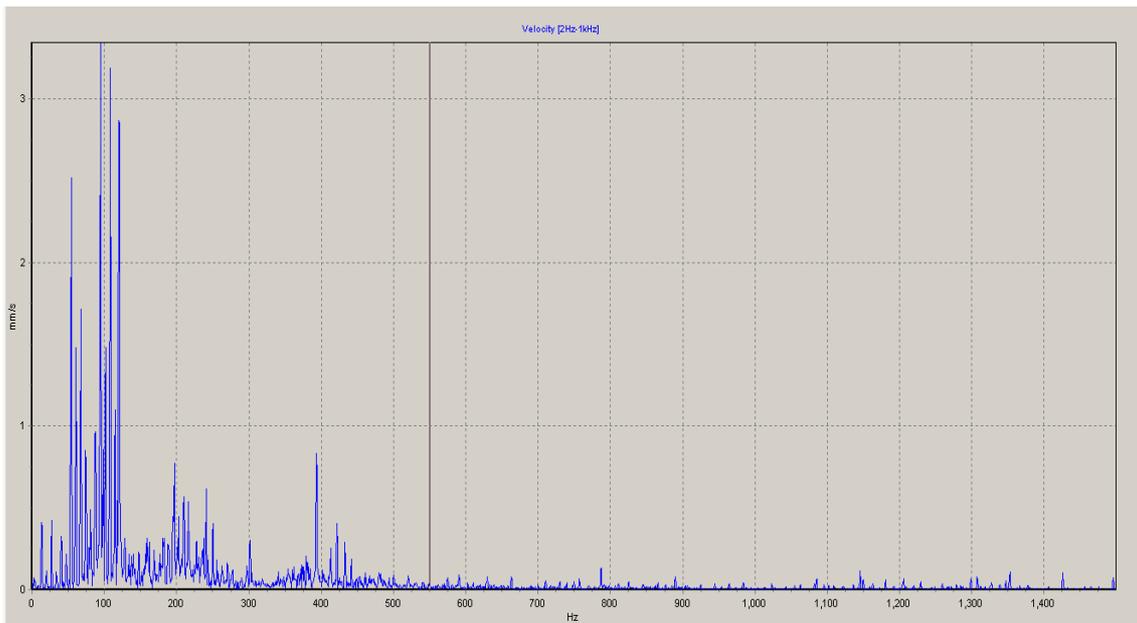


Figura 5.46: Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2R

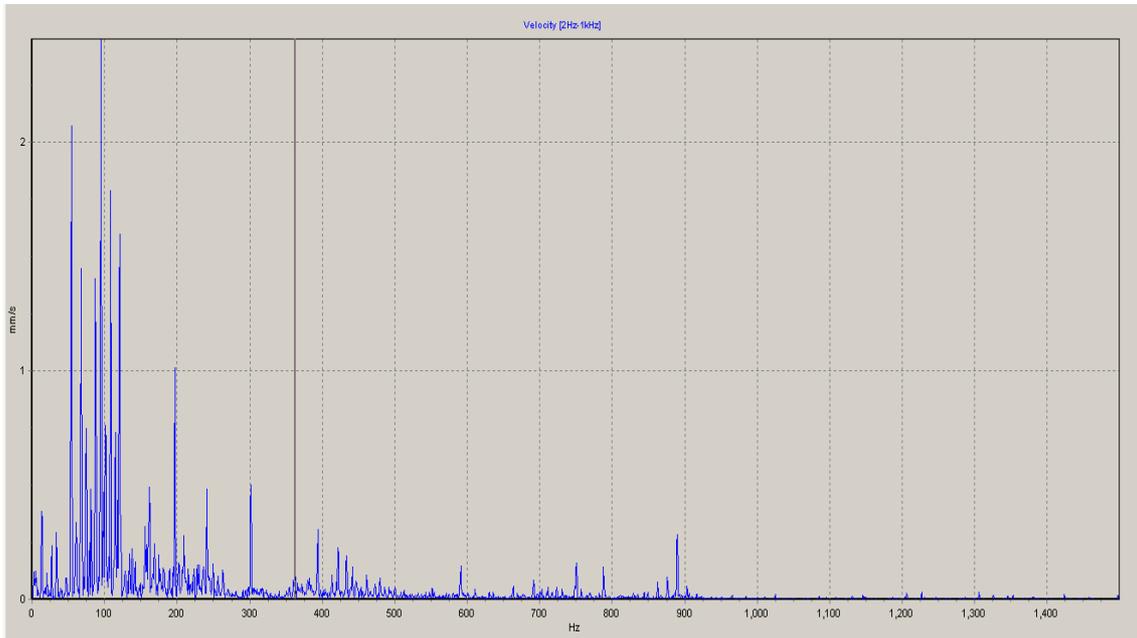


Figura 5.47: Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2A

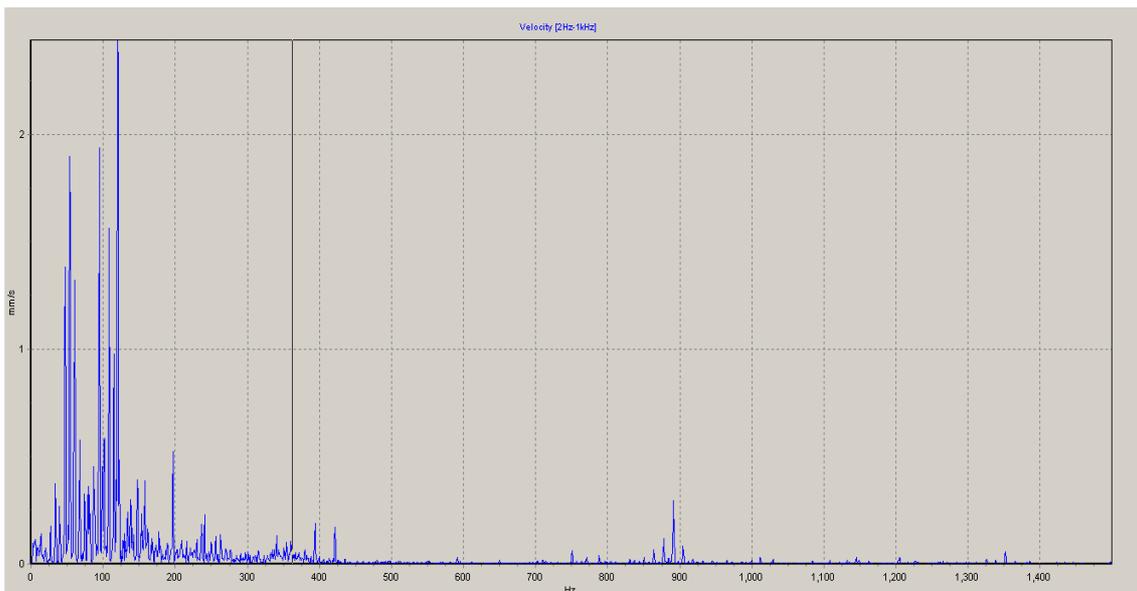


Figura 5.48: Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2T

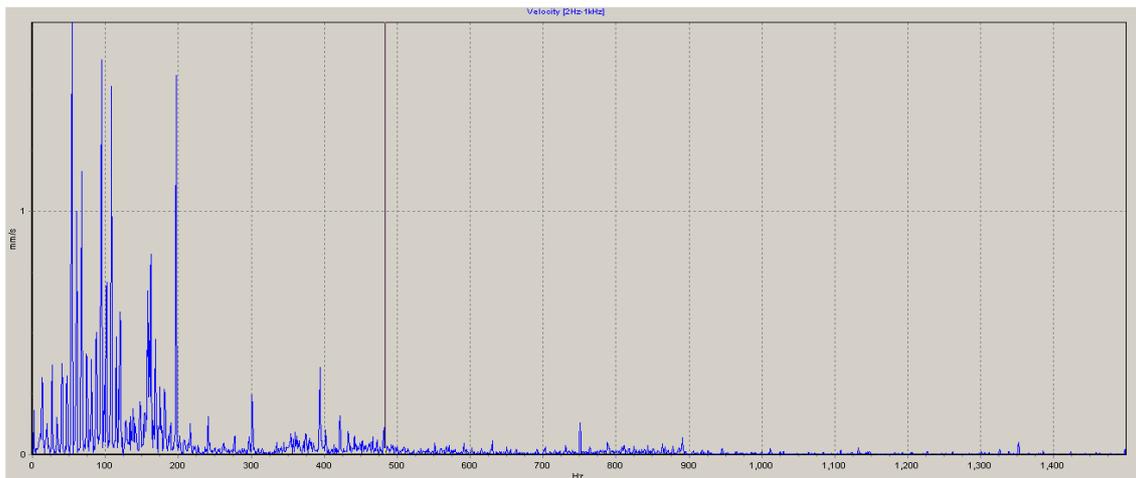


Figura 5.49: Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación

Problemas:

- Holgura mecánica en la base del motor → Debido a picos altos a partir de 3XT.
- Falla en el acople → Debido a picos altos en 3X.
- Problema de fase eléctrica → Debido a pico alto a 120 Hz.
- Posible paso de ranuras de motor a inducción pero valor aún bajo → Debido a pico en S (S = Frecuencia de paso de ranuras del rotor).

Bomba de Lubricación

MEDICIÓN 1

BLI 1R

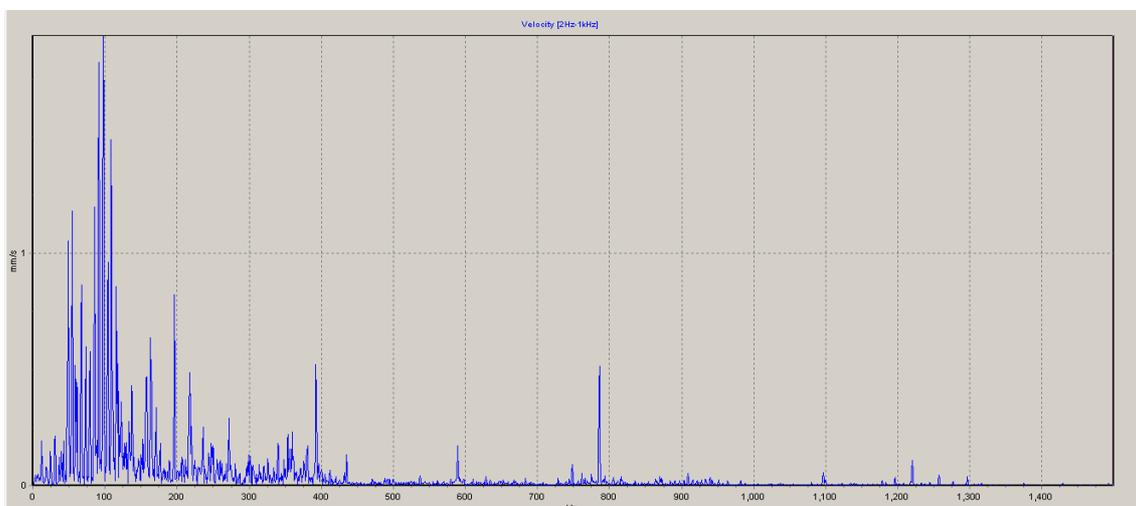


Figura 5.50: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación

BLI 1A

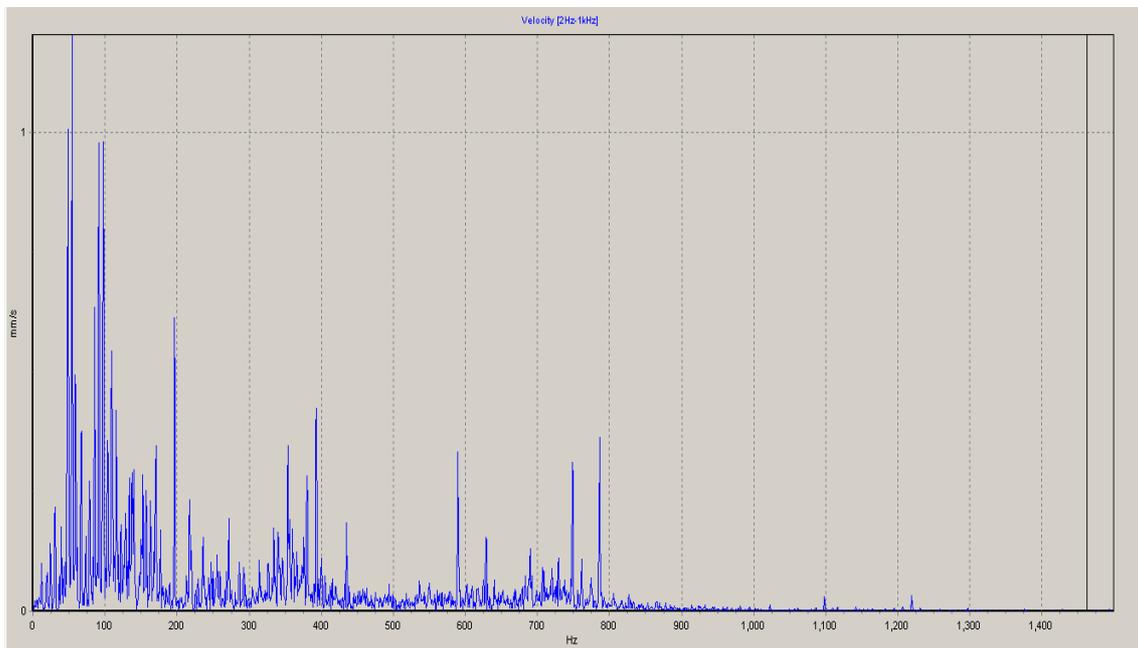


Figura 5.51: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación

BLI 1T

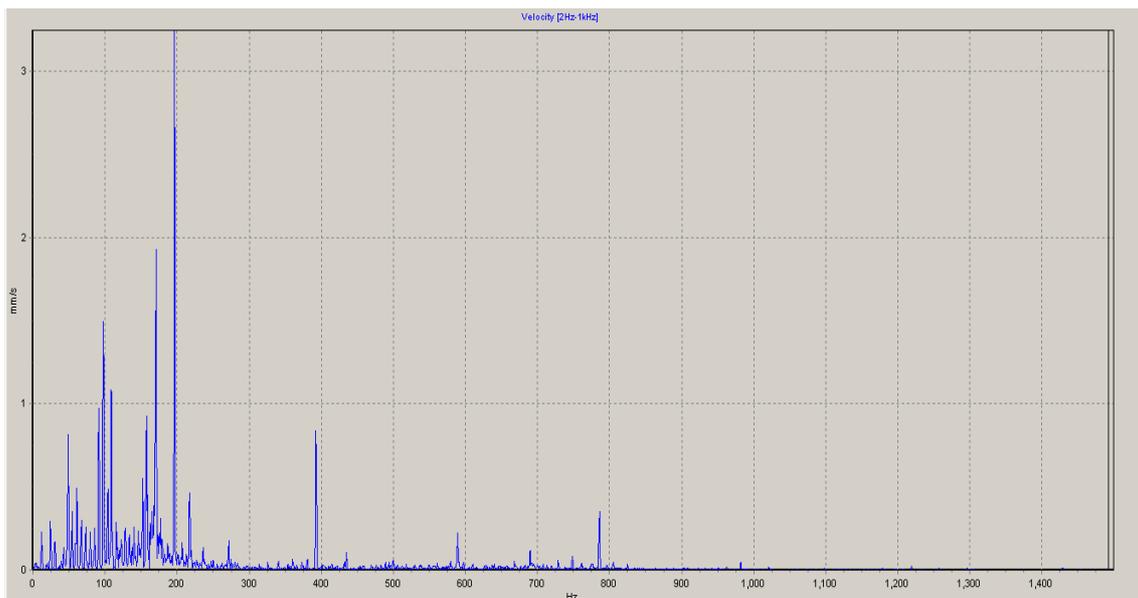


Figura 5.52: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación

BLI 2R

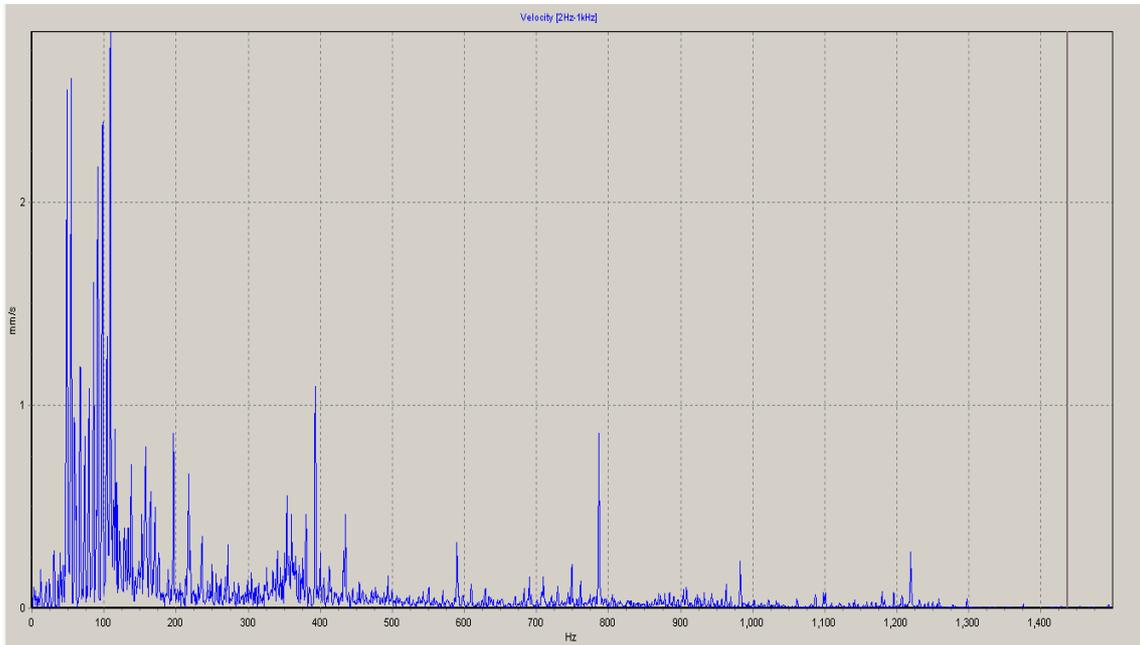


Figura 5.53: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación

BLI 2A

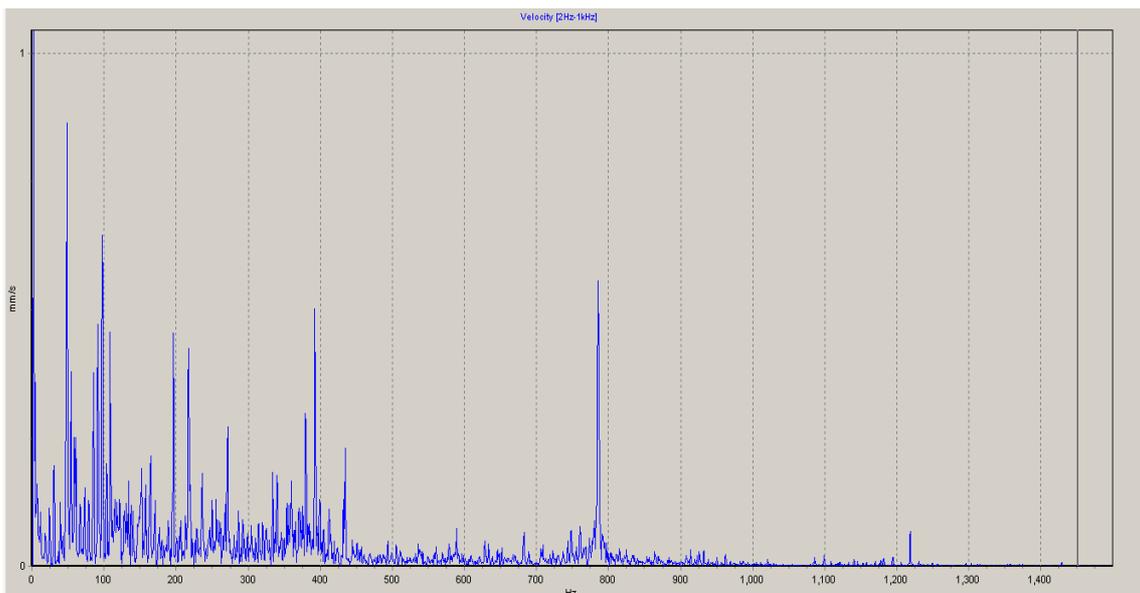


Figura 5.54: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación

BLI 2T

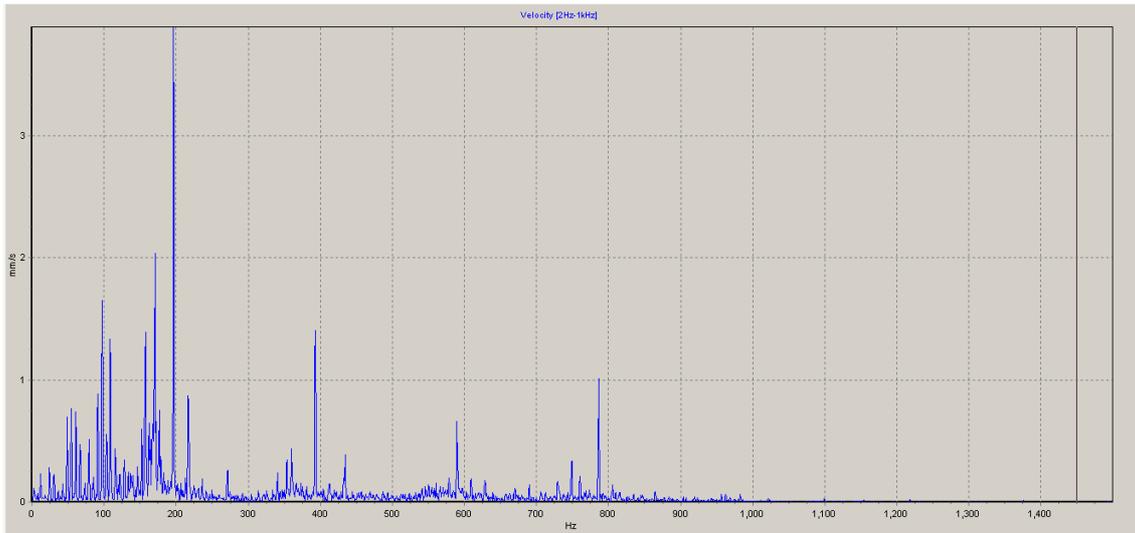


Figura 5.55: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación

Problemas:

- Holgura Mecánica → Debido a pico alto a 5XR y 6XR, en ambos lados de la bomba.
- Falla de acople → Debido a pico alto a 3XA y 3XR, en ambos lados de la bomba.
- Problema de Ranuras en el Motor Eléctrico acoplado a la Bomba de Lubricación → Debido a pico alto a la Frecuencia de paso de ranuras del rotor (S), en ambos lados de la bomba.

Bomba de Lubricación

MEDICIÓN 2

BLI 1R

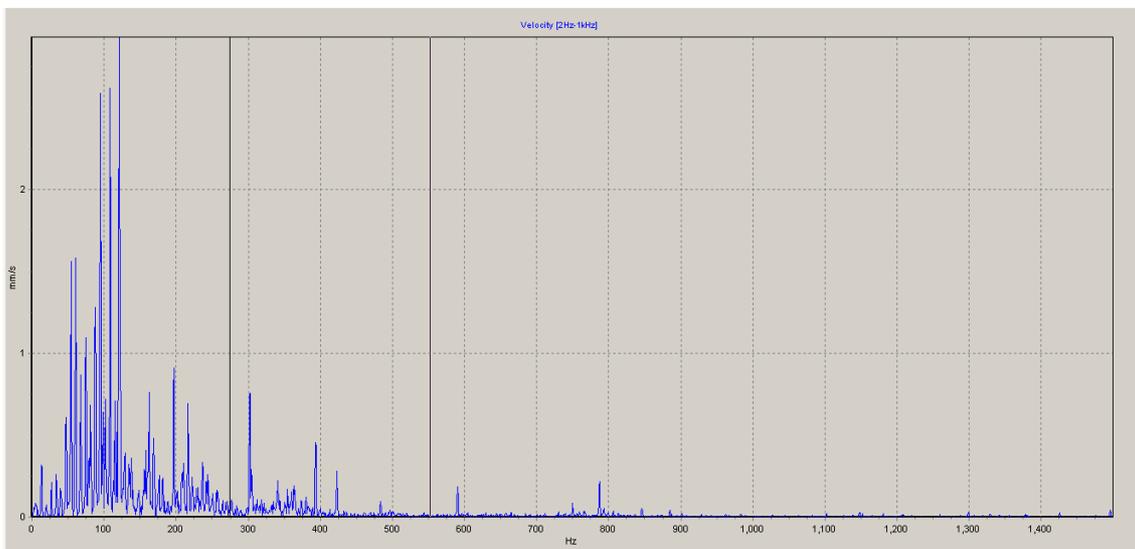


Figura 5.56: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación

BLI 1T

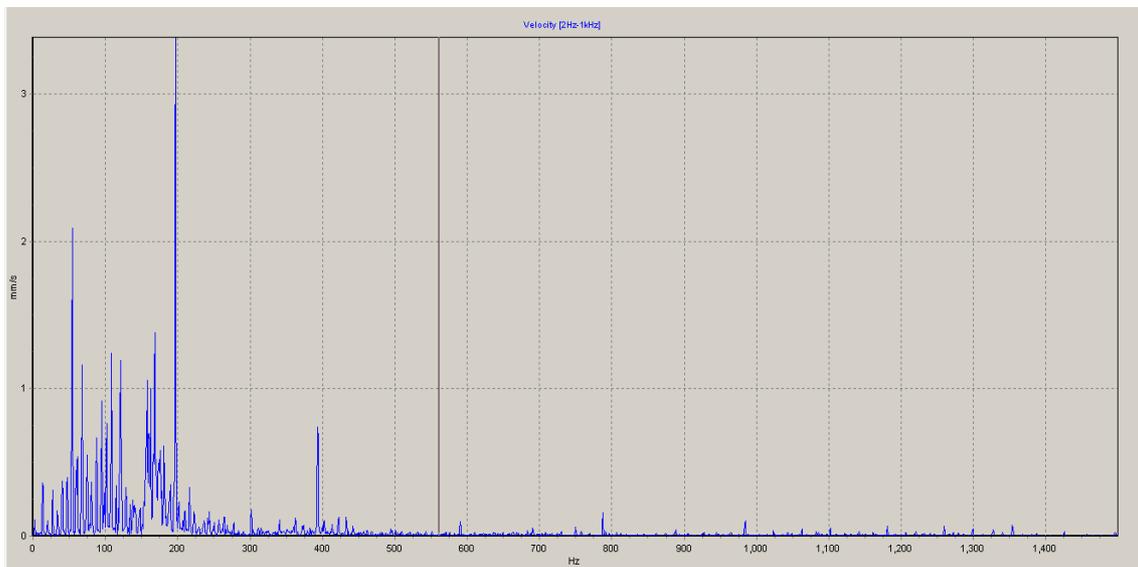


Figura 5.57: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación

BLI 2R

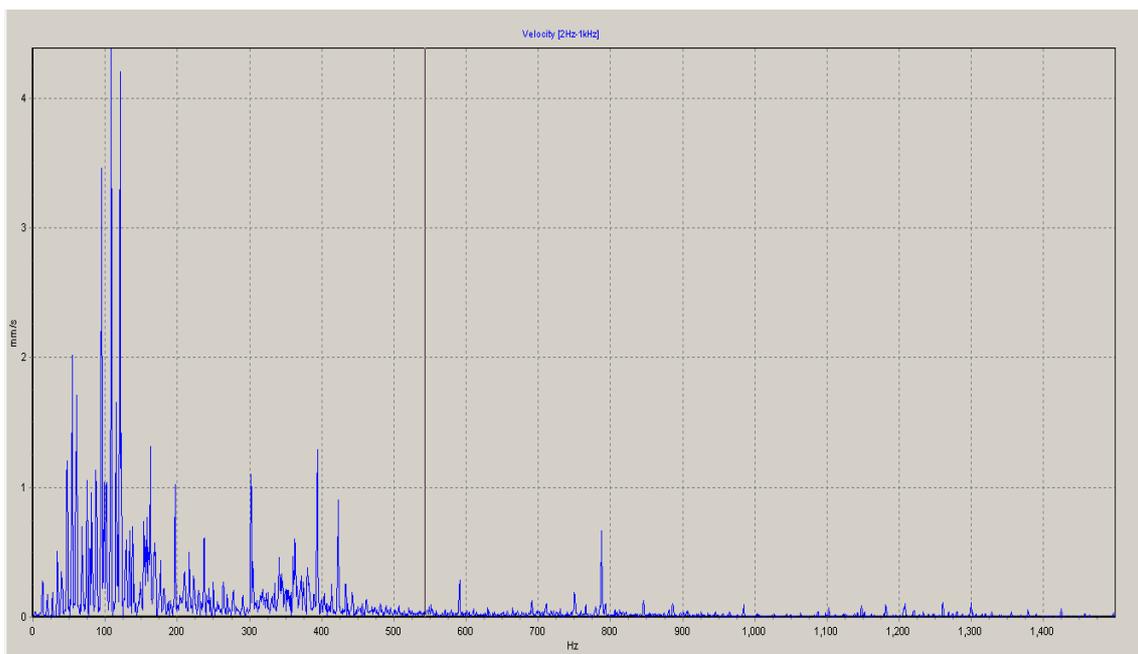


Figura 5.58: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación

BLI 2A

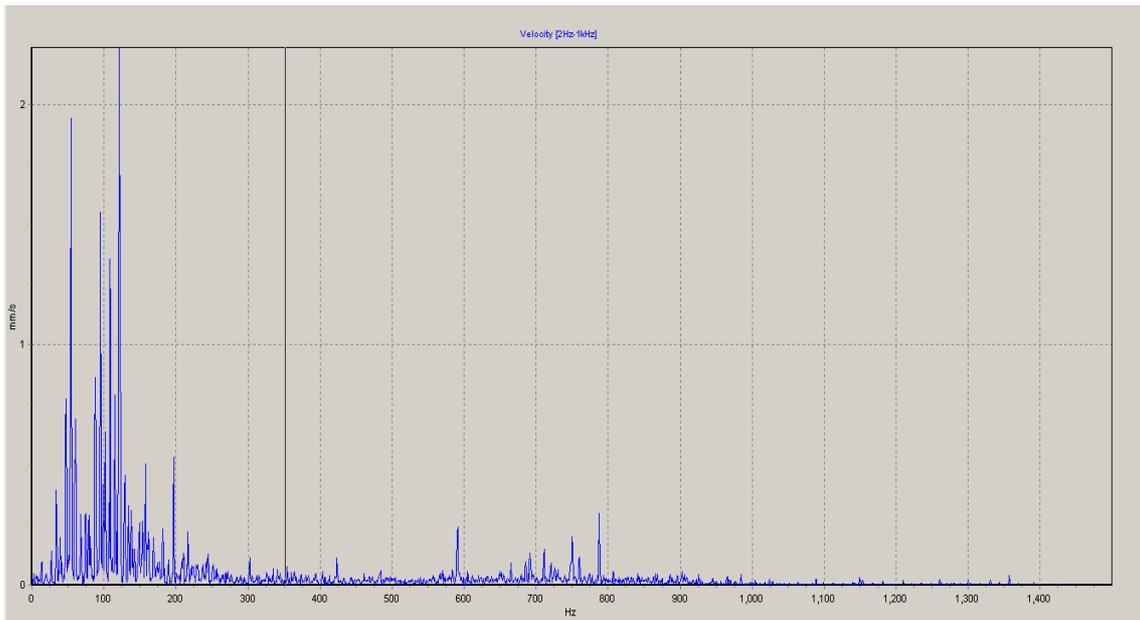


Figura 5.59: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación

BLI 2T

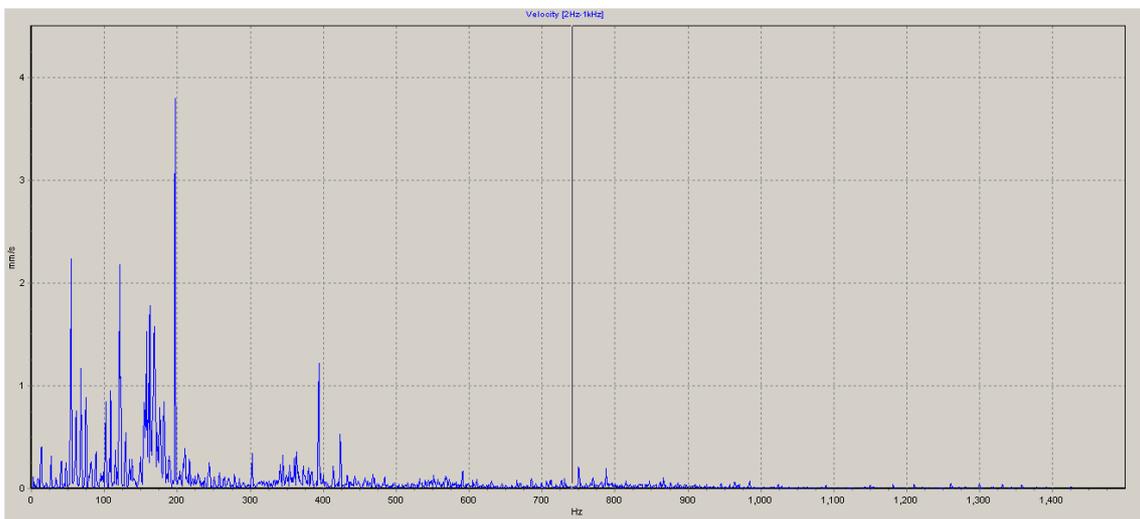


Figura 5.60: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación

Problemas:

- Holgura mecánica en la base → Debido a picos altos desde 3X T.
- Falla en el acople → Debido a pico alto en 3X.
- Problema de fase eléctrica del motor → Debido a pico alto a 120 Hz.

Bomba Guinard

MEDICIÓN 1

BG 1R

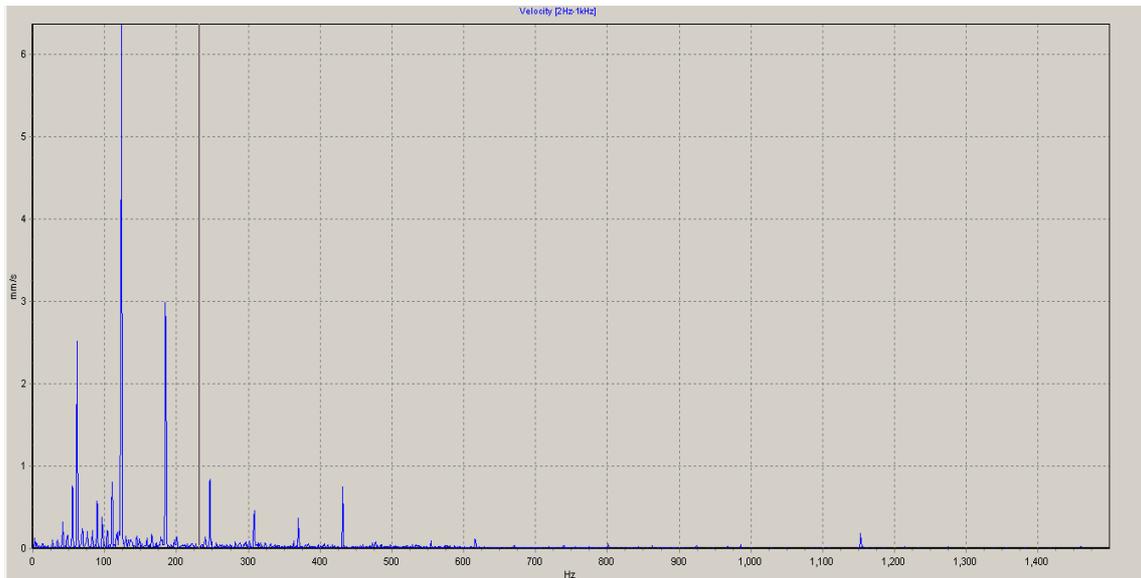


Figura 5.61: Espectro del Punto 1R en la Bomba Guinard

BG 1T

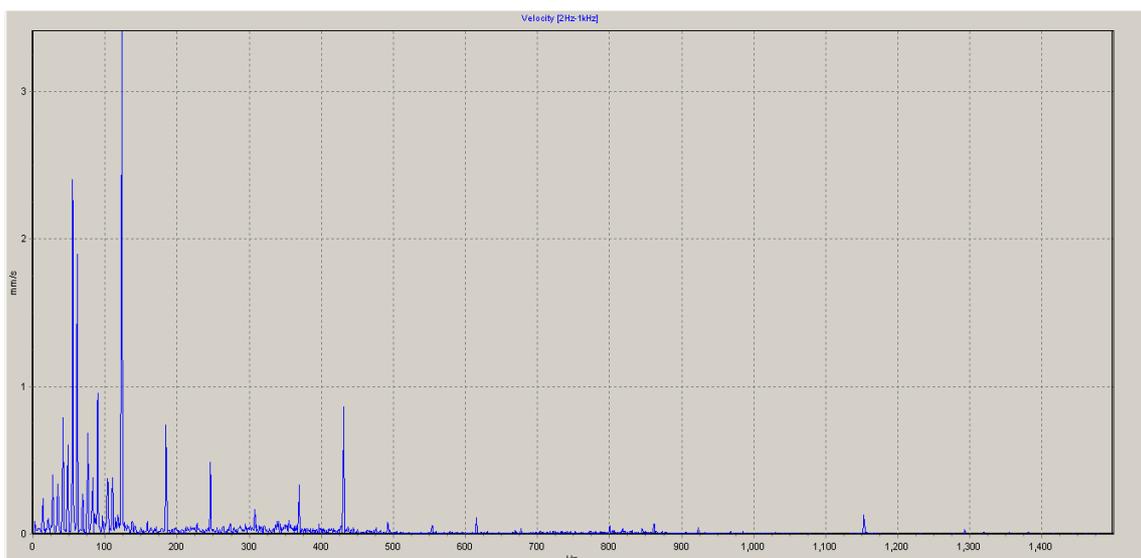


Figura 5.62: Espectro del Punto 1T en la Bomba Guinard

BG 2R

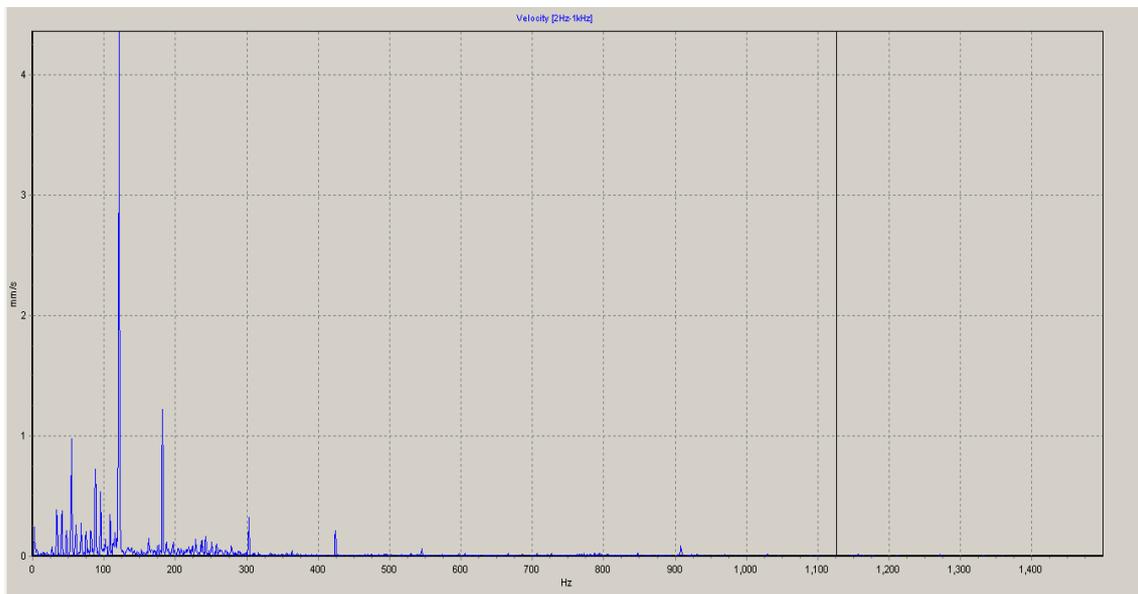


Figura 5.63: Espectro del Punto 2R en la Bomba Guinard

BG 2A

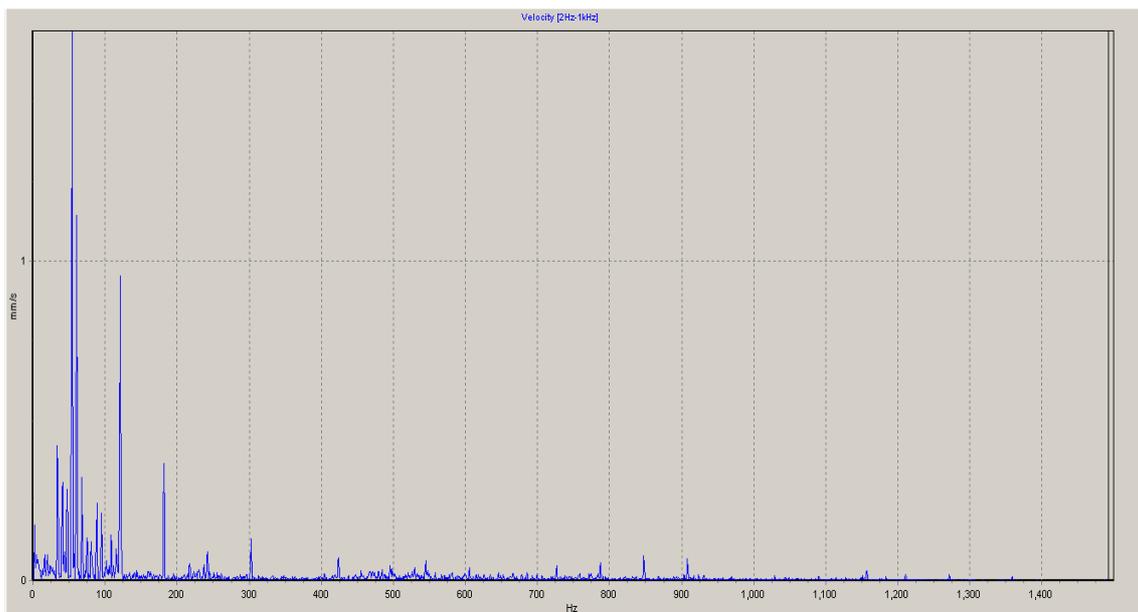


Figura 5.64: Espectro del Punto 2A en la Bomba Guinard

BG 2T

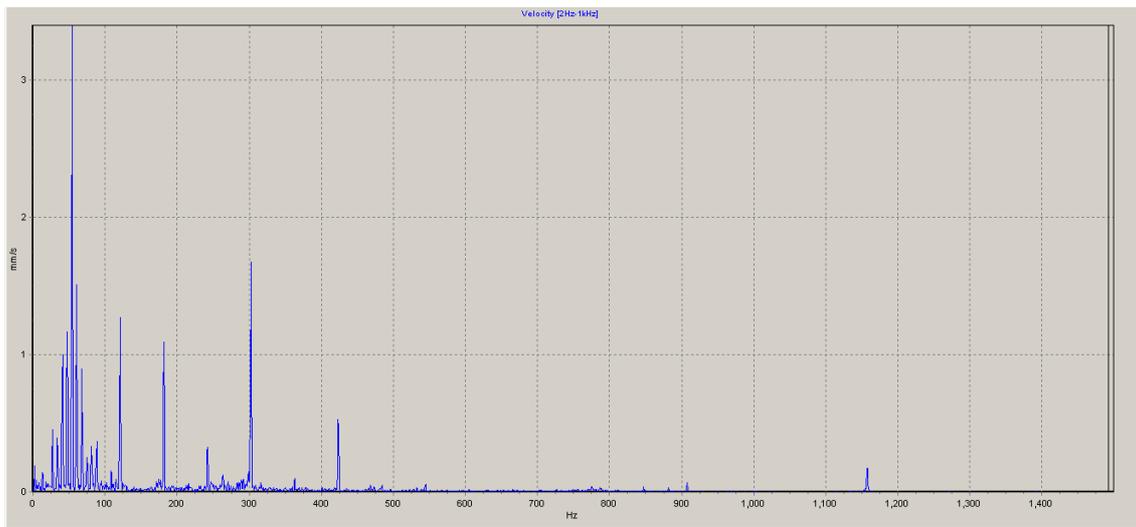


Figura 5.65: Espectro del Punto 2T en la Bomba Guinard

Problemas:

- Desalineamiento Paralelo → Debido a pico alto a 2XR o 2XT mayor que 1XR o 1XT en ambos lados de la bomba.
- Rozamiento → Debido a un pico menor a 1XA y 1XT alto, en un solo lado de medición de la bomba.

Bomba Guinard

MEDICIÓN 2

BG 1R

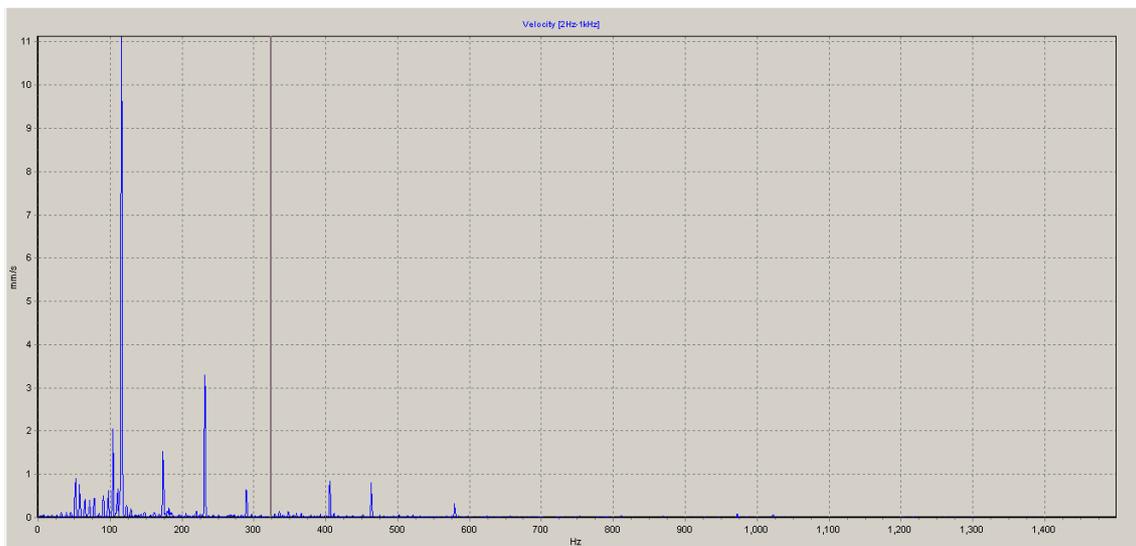


Figura 5.66: Espectro del Punto 1R en la Bomba Guinard

BG 1T

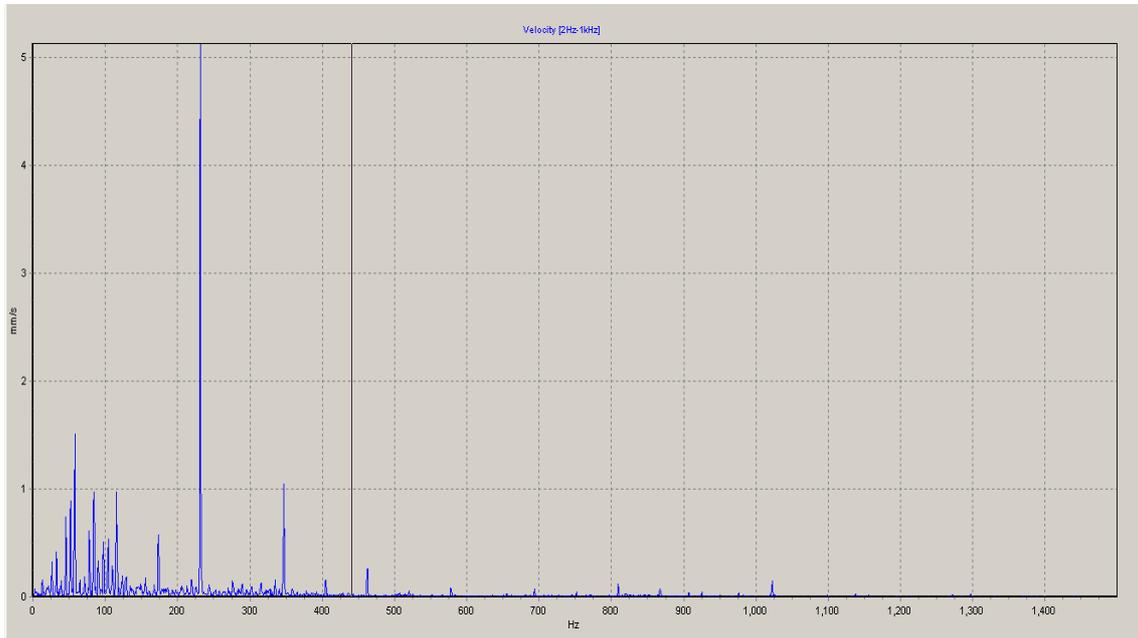


Figura 5.67: Espectro del Punto 1T en la Bomba Guinard

BG 2R

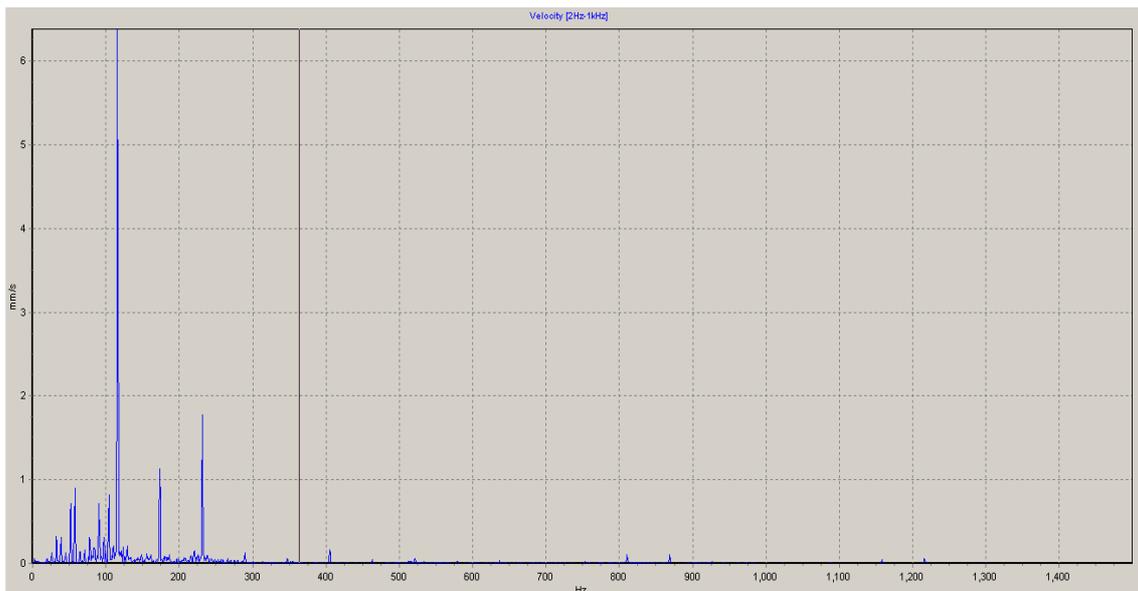


Figura 5.68: Espectro del Punto 2R en la Bomba Guinard

BG 2A

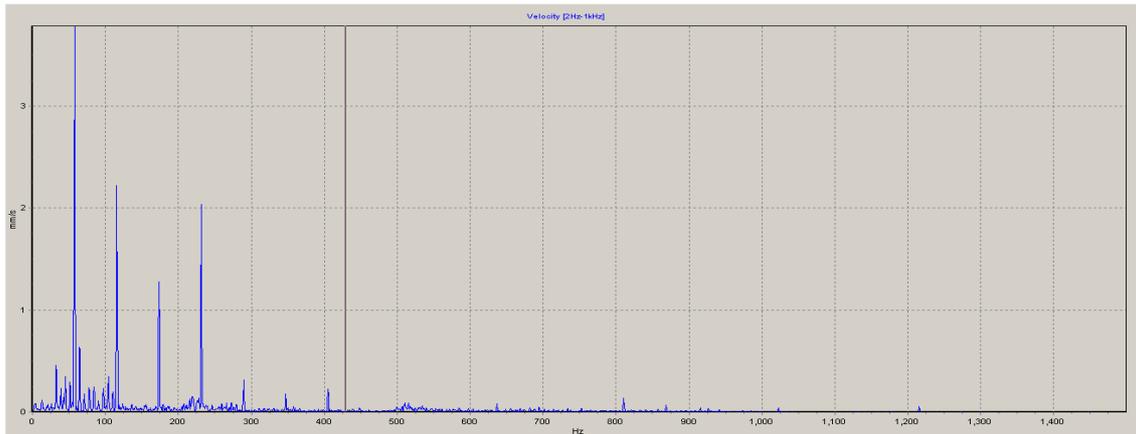


Figura 5.69: Espectro del Punto 2A en la Bomba Guinard

Problema:

- Desalineación combinada → Debido a que 1X A es mayor que 1X R o 1XT en ambos lados de la medición y 2XR es mayor a 1XR en un lado de la medición.
- Problema en los álabes → Debido a pico alto 1XR a F_{ASPAS} .

5.2.2.2. Espectros de los Equipos Inaceptables

Grupo de Bombeo P 301

Bomba de Polea

MEDICIÓN 1

BP 1R

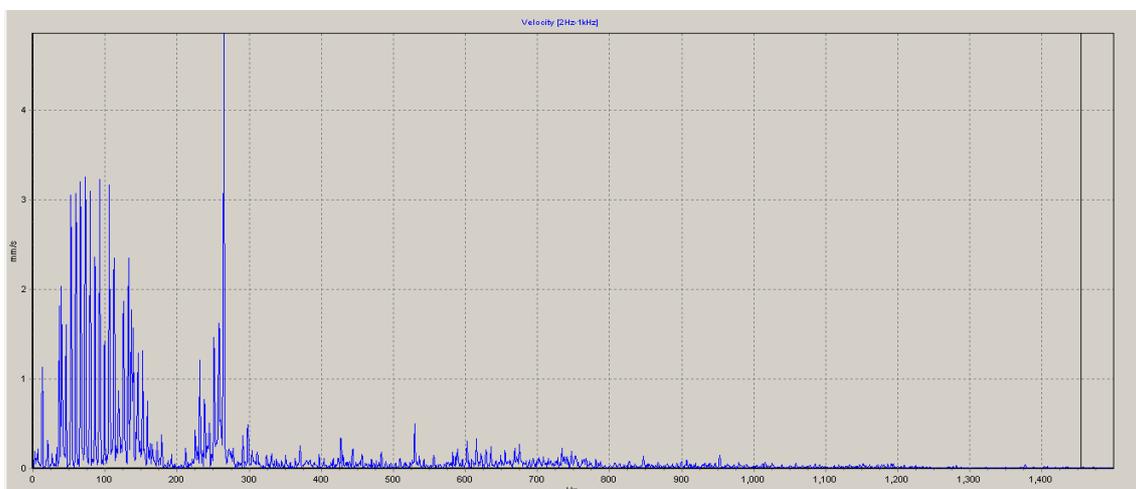


Figura 5.70: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea

BP 1A

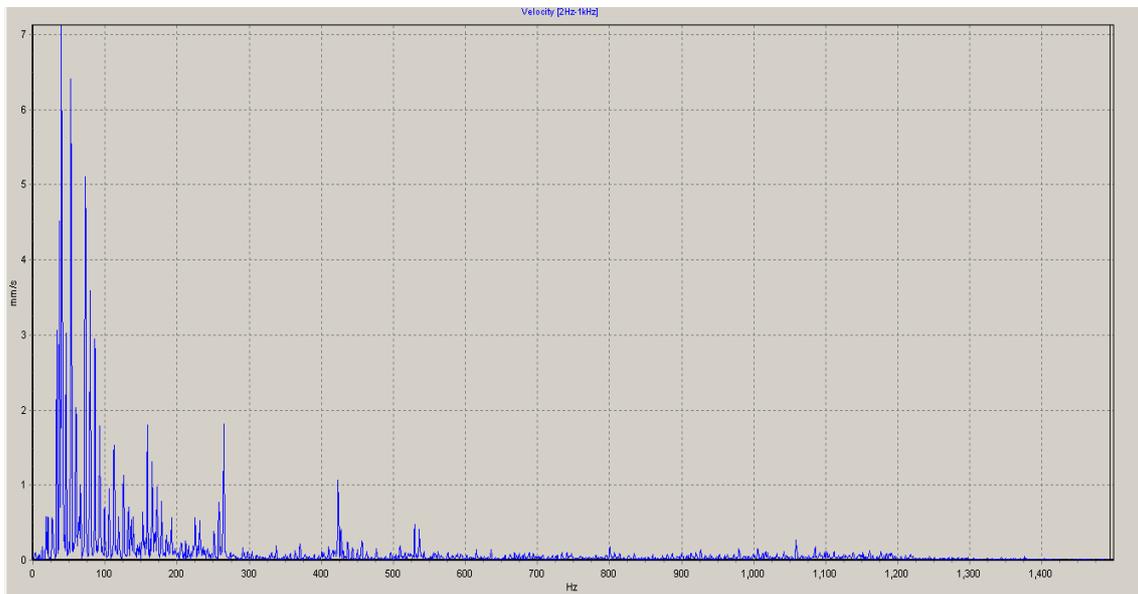


Figura 5.71: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea

BP 1T

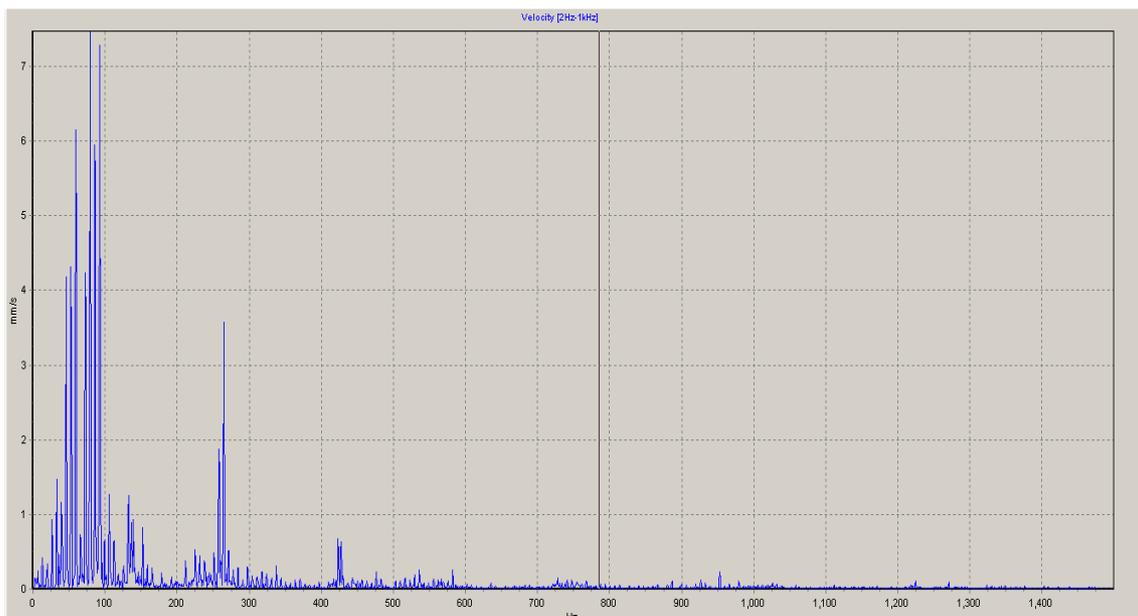


Figura 5.72: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea

BP 2R

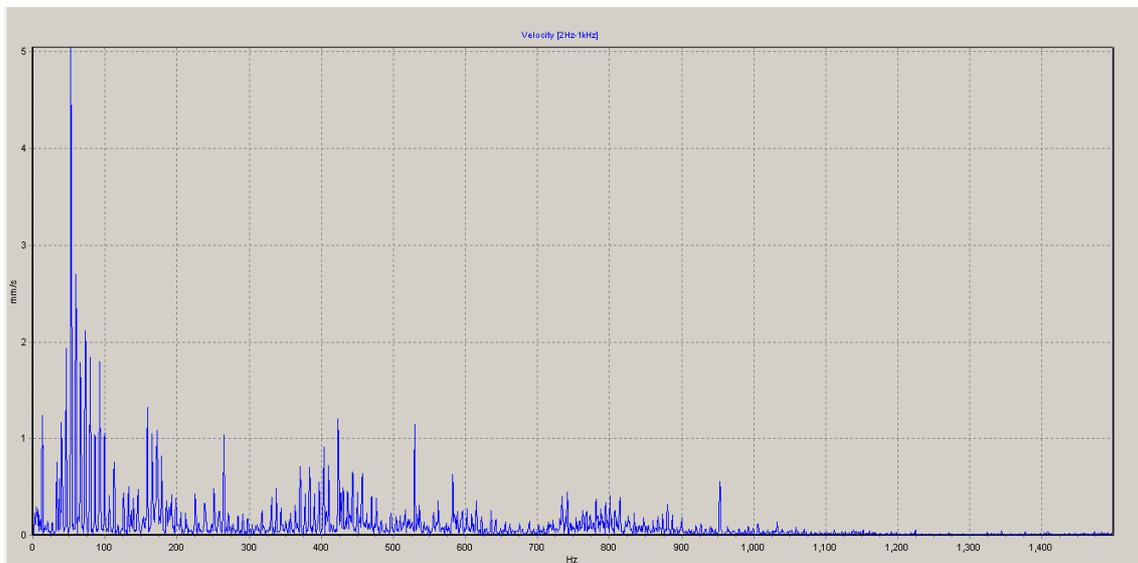


Figura 5.73: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea

BP 2A

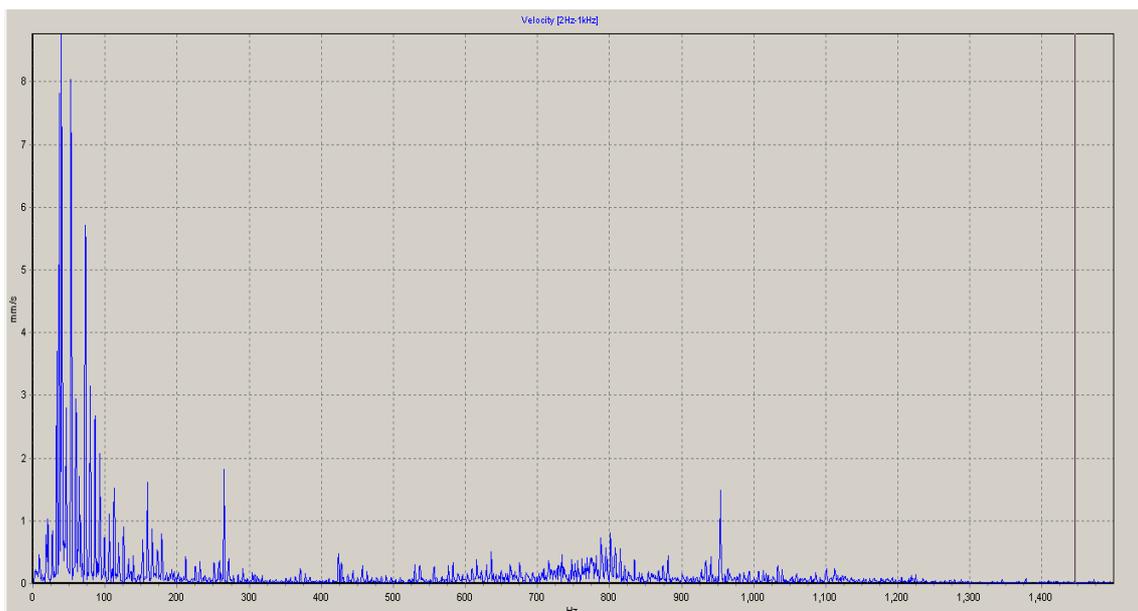


Figura 5.74: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea

BP 2T

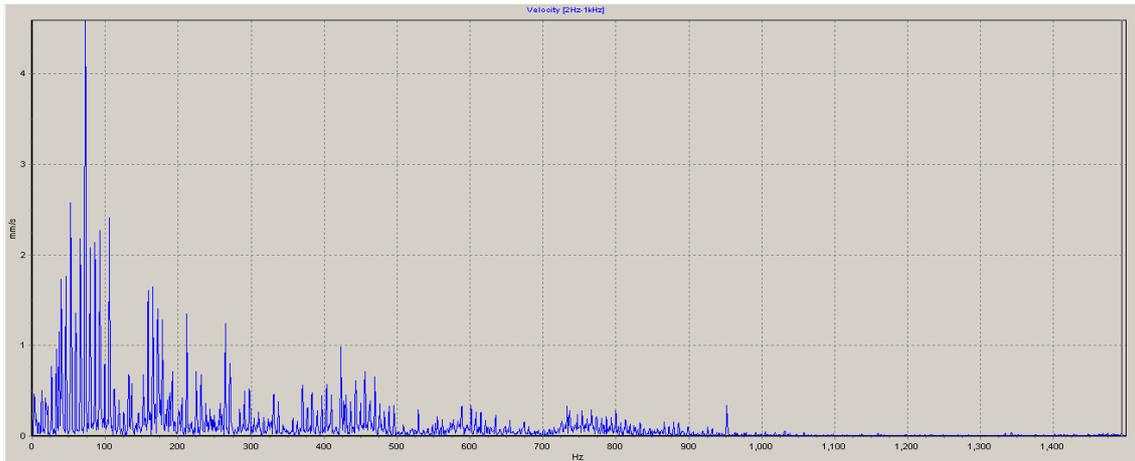


Figura 5.75: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea

Problemas:

- Desalineamiento Combinado → Debido a 1XA mayor que 1XR o 1XT y 2XR o 2XT mayor a 1XR o 1XT, en ambos lados de la bomba.
- Problema de Álabes → Debido a pico alto a la frecuencia de paso de álabes, en uno de los lados de medición de la bomba.
- Bandas mal emparejadas → Pico alto a 2BR (Frecuencia de banda) y 2BT en ambos lados de la bomba.

Bomba de Polea

MEDICIÓN 2

BP 1R

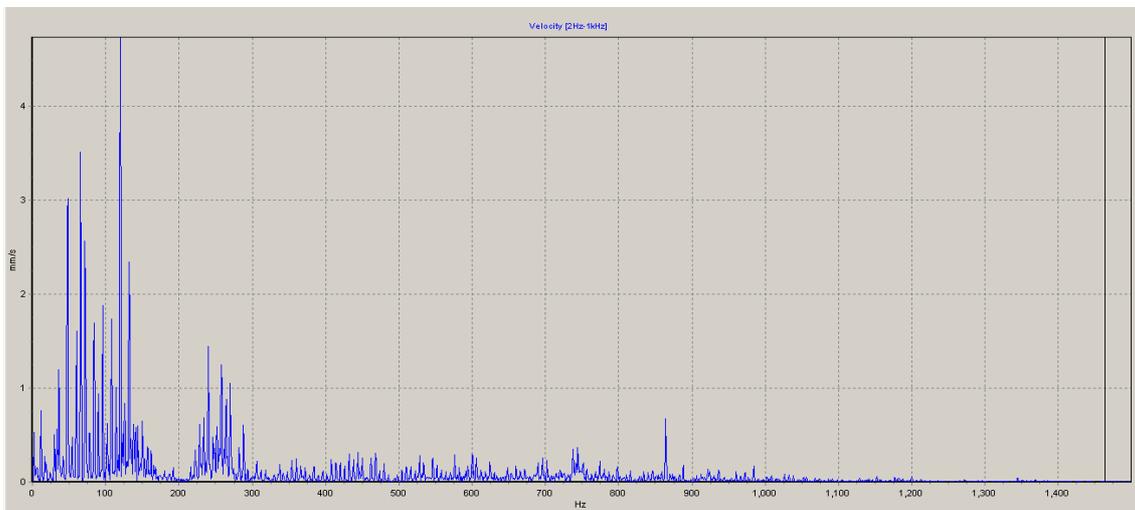


Figura 5.76: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea

BP 1A

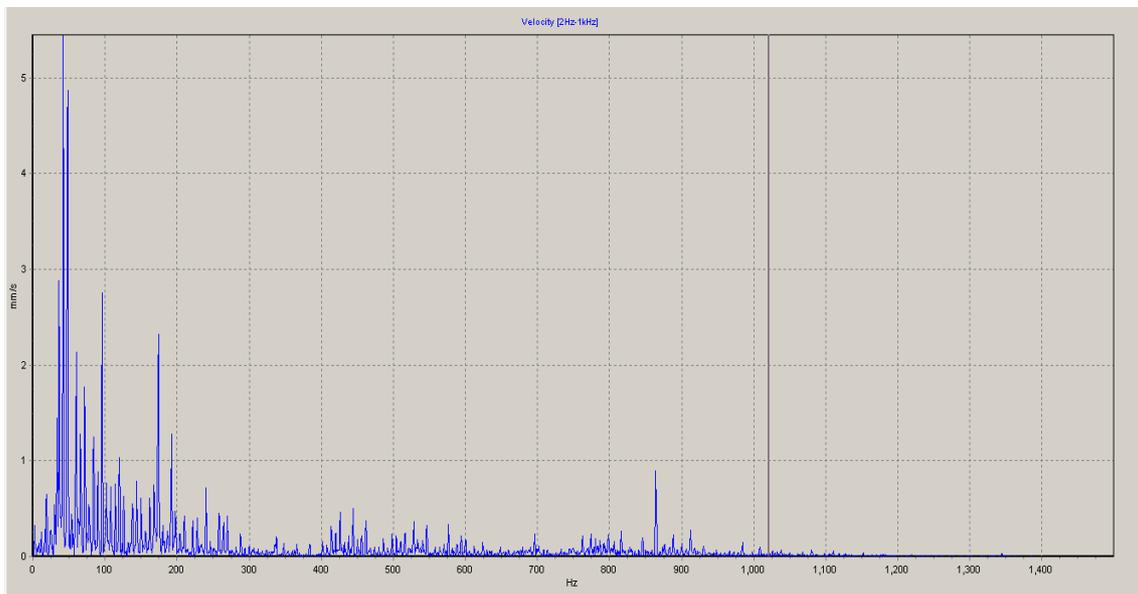


Figura 5.77: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea

BP 1T

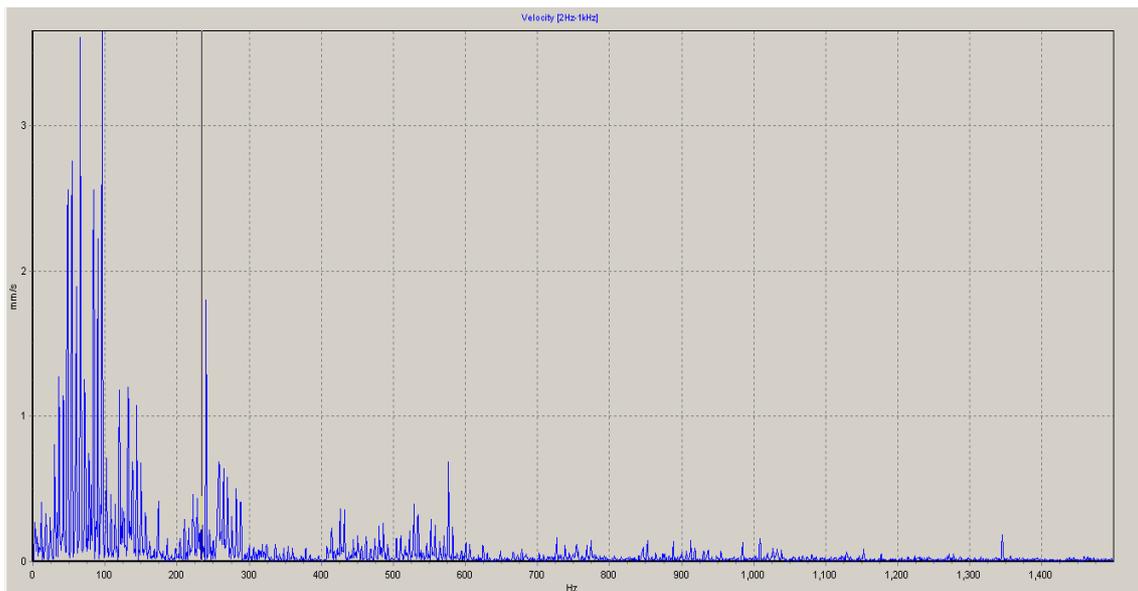


Figura 5.78: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea

BP 2R

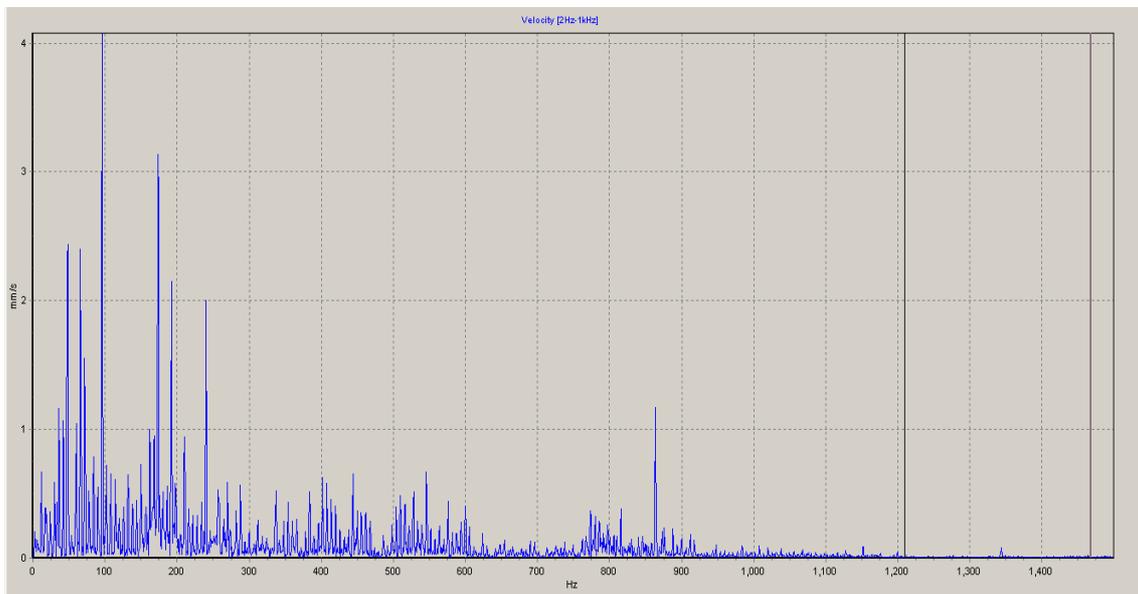


Figura 5.79: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea

BP 2A

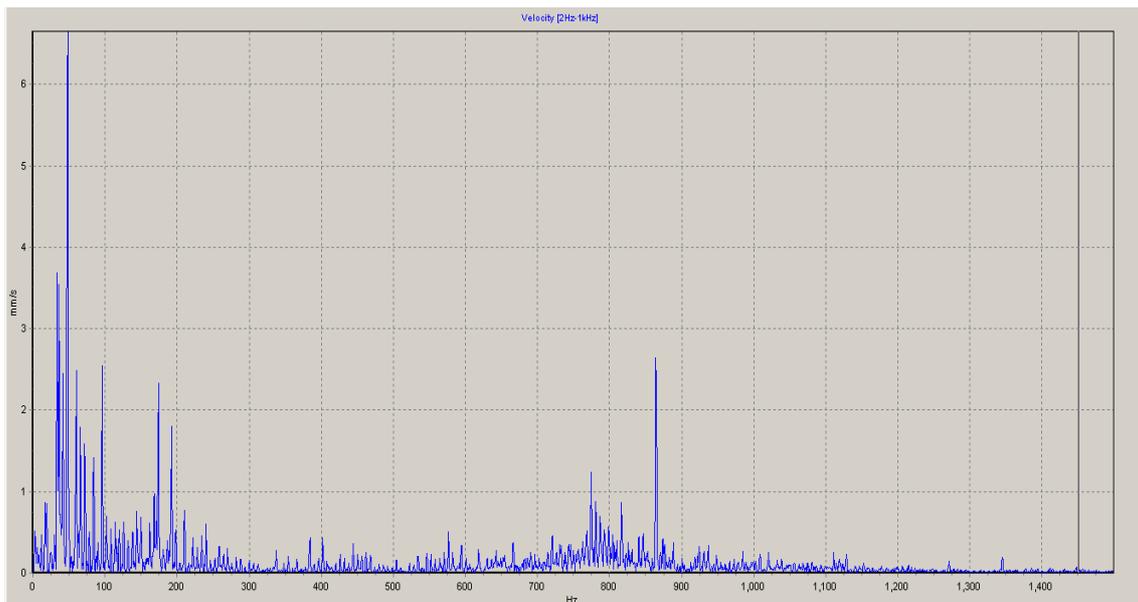


Figura 5.80: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea

BP 2T

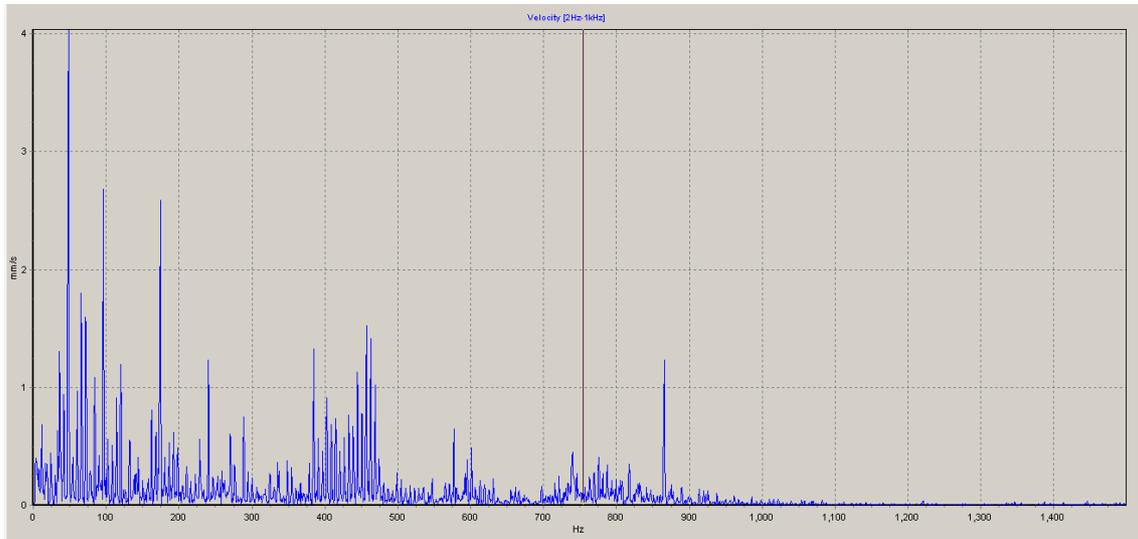


Figura 5.81: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea

Problemas:

- Falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión → Debido a pico alto a 3X en los tres sentidos: R, A y T en ambos lados de la bomba.

Bomba de Polea

MEDICIÓN 3

BP 1R

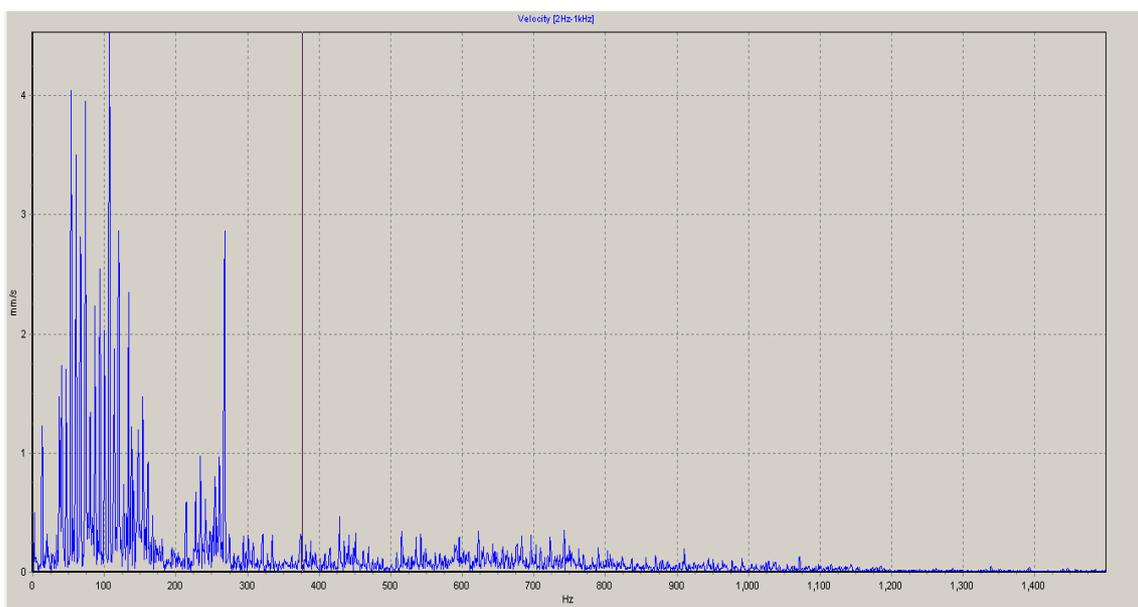


Figura 5.82: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea

BP 1A

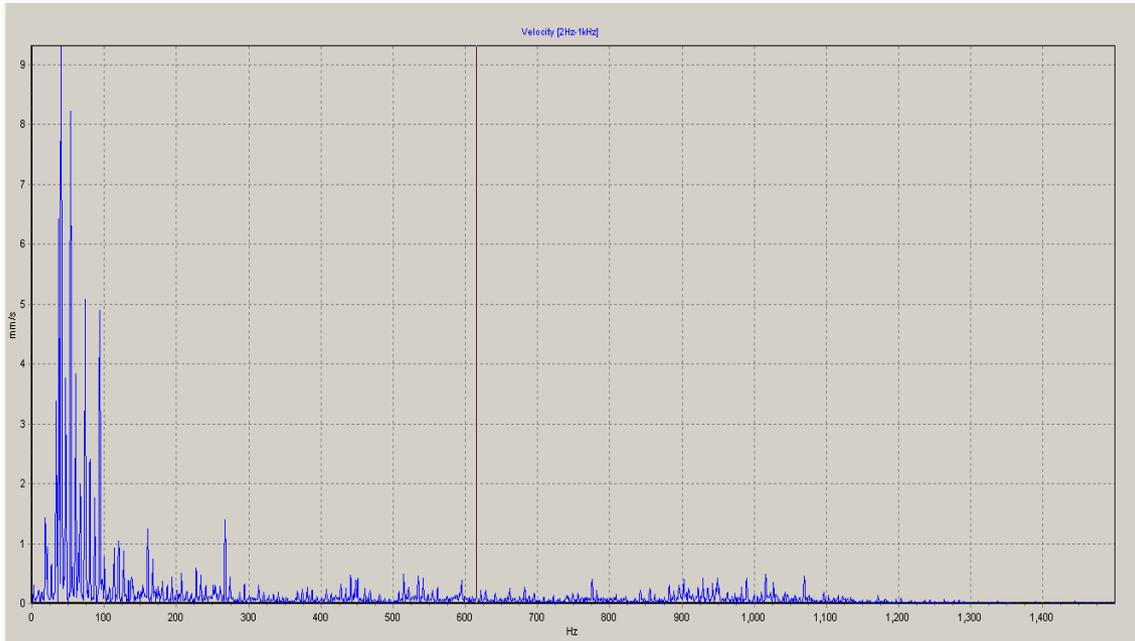


Figura 5.83: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea

BP 1T

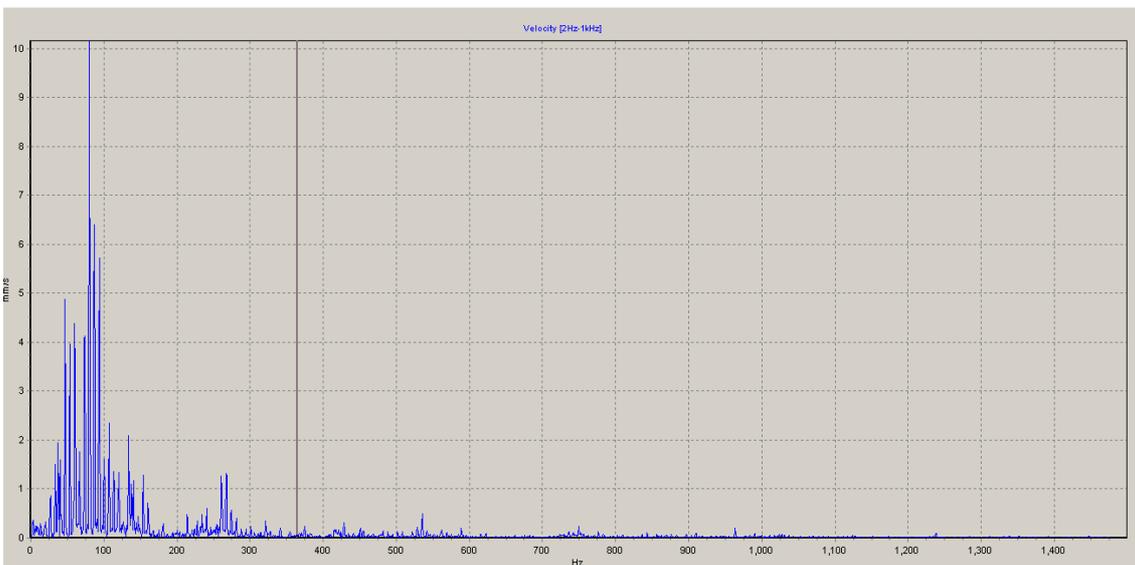


Figura 5.84: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea

BP 2R

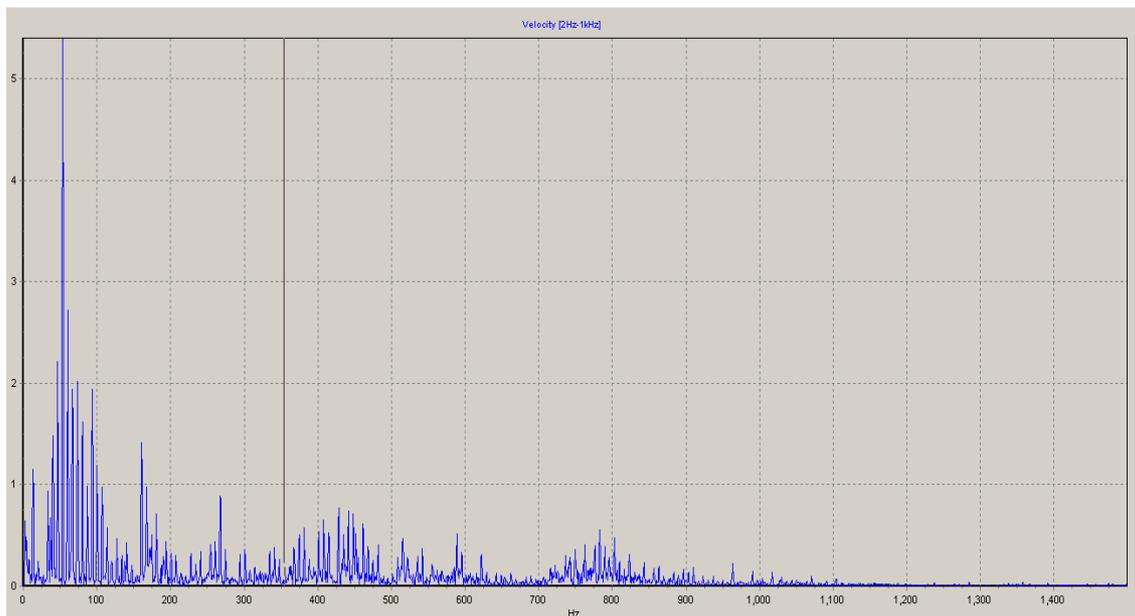


Figura 5.85: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea

BP 2A

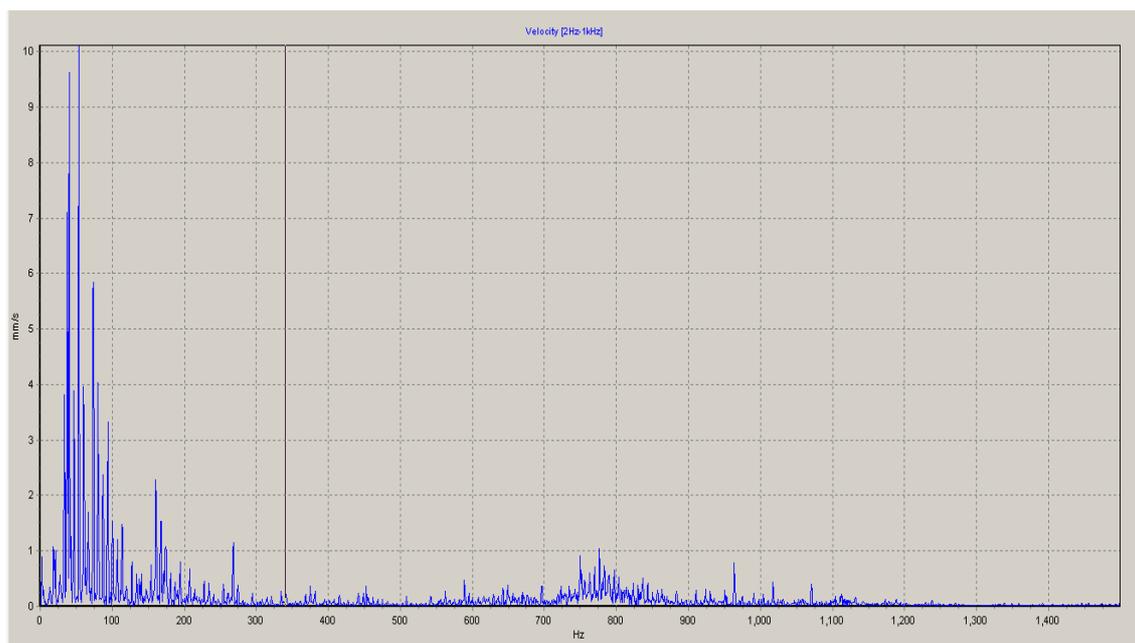


Figura 5.86: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea

BP 2T

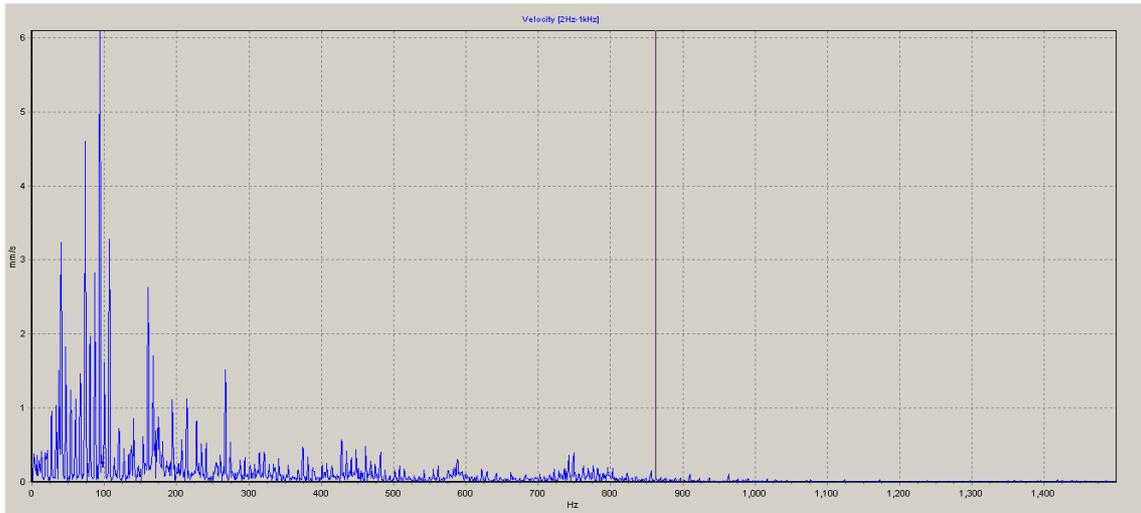


Figura 5.87: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea

Problemas:

- Desalineamiento combinado de la bomba → Debido a 1XA mayor que 1XR en ambos lados de la medición y 2XR o 2XT mayor que 1XR o 1XT en cualquier lado de la bomba.
- Falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión → Debido a pico alto en 3X.
- Desalineamiento paralelo en la polea activadora → Debido a que $2XT F_{POLEA\ CONDUCTORA}$ es mayor a $1XT F_{POLEA\ CONDUCTORA}$ en un lado de la medición.
- Bandas mal emparejadas, desgastadas o estiradas → Debido a pico alto 2XRB (frecuencia de banda B, por lo general 2B es lo más fuerte) y 2XTB.

Motor Eléctrico del Radiador

MR 1R

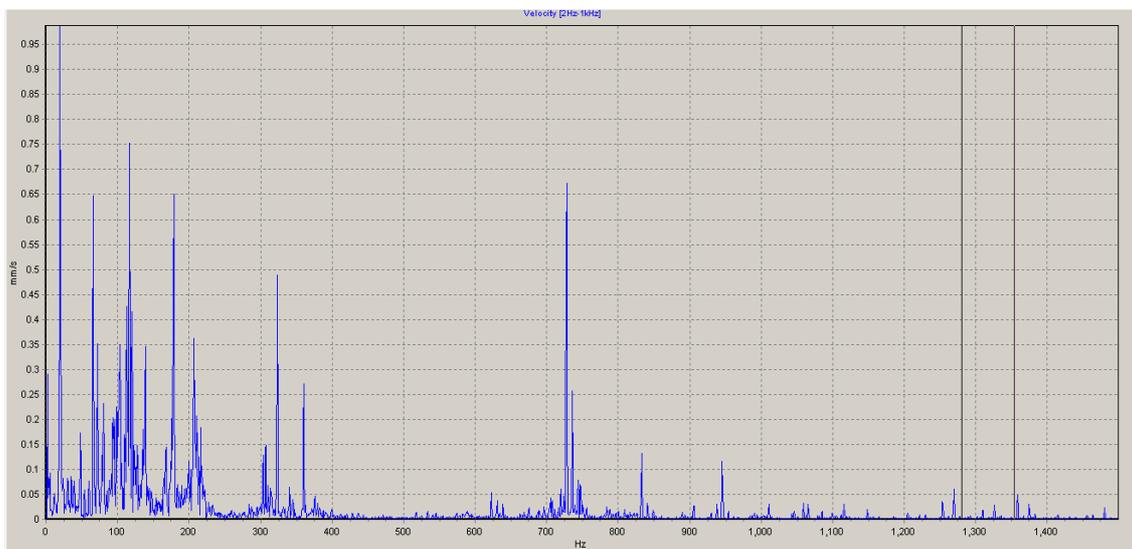


Figura 5.88: Espectro del Punto 1R en el Motor del Radiador

MR 1A

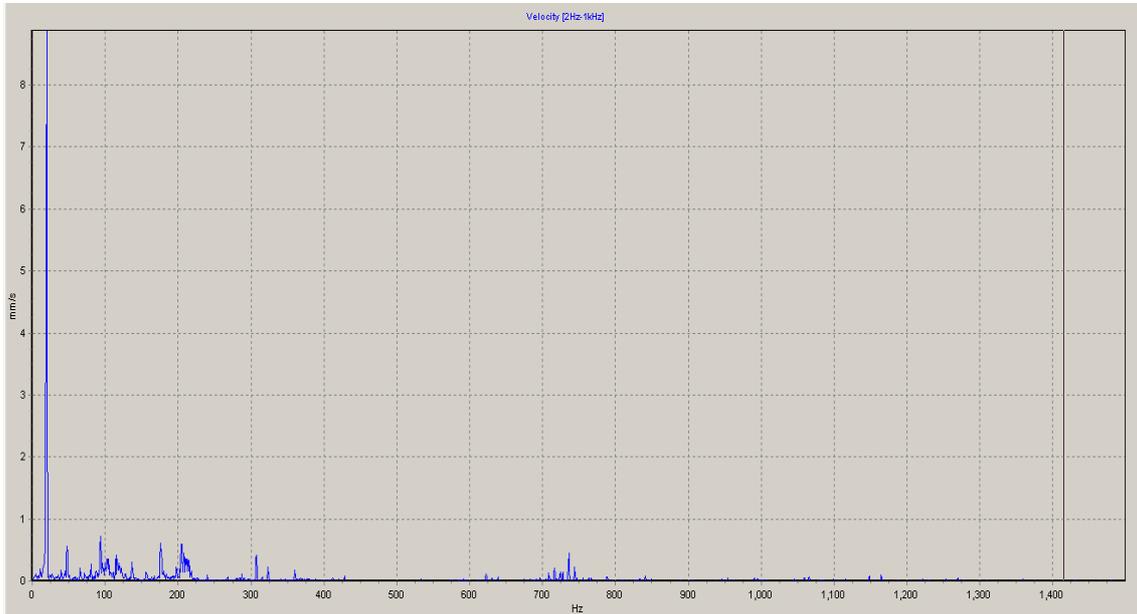


Figura 5.89: Espectro del Punto 1A en el Motor del Radiador

MR 1T

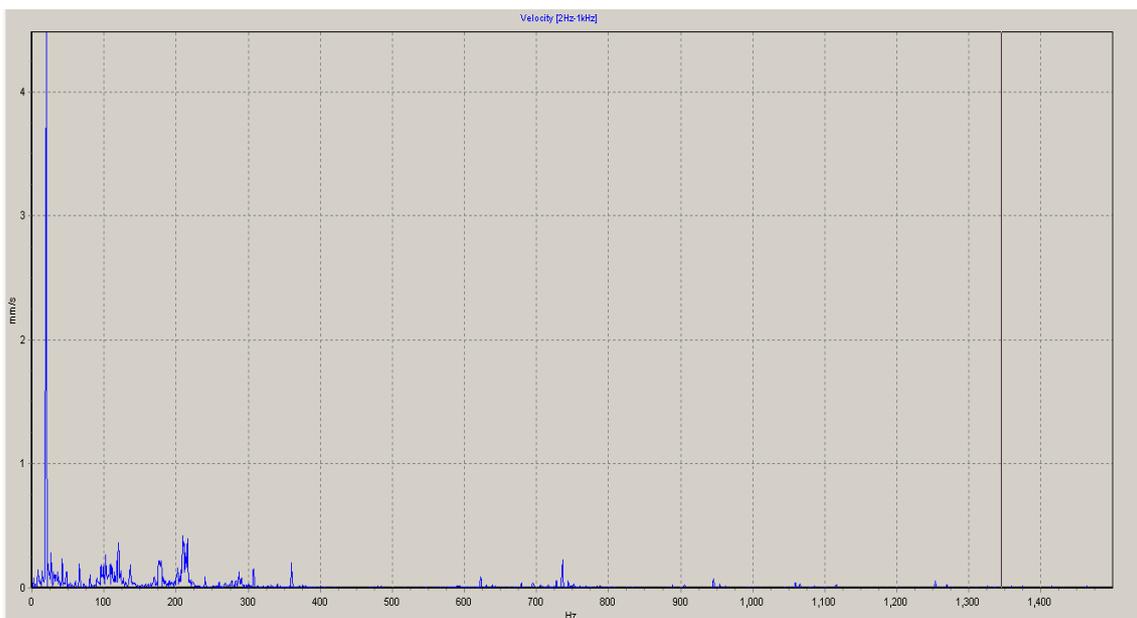


Figura 5.90: Espectro del Punto 1T en el Motor del Radiador

MR 2A

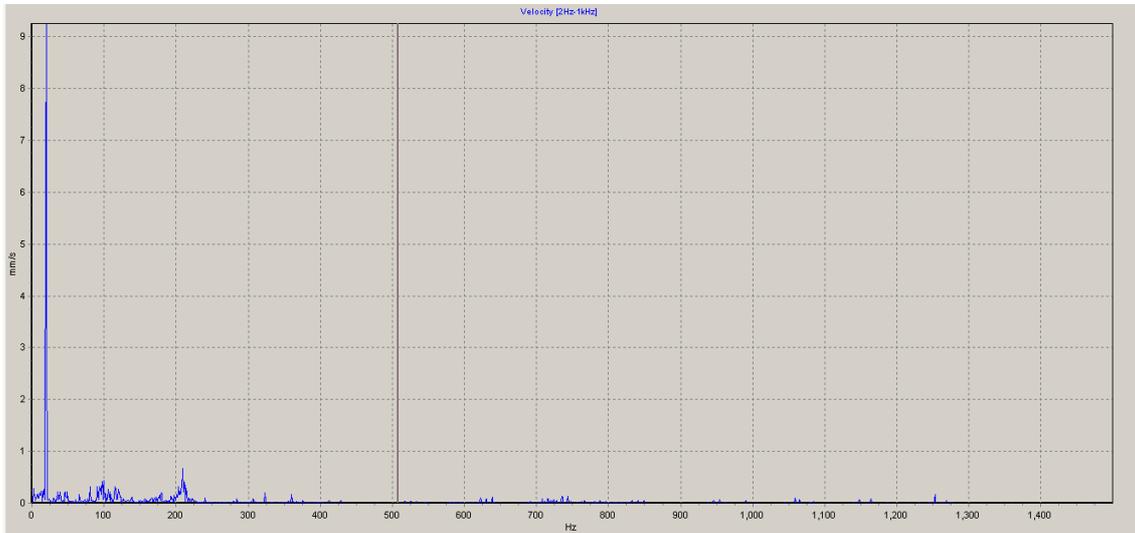


Figura 5.91: Espectro del Punto 2A en el Motor del Radiador

Problemas:

- Flecha con Flexión → Debido a pico alto a 1XA mayor que 1XR y 1XT en ambos lados del motor.
- Flexibilidad Transversal → Debido a pico alto a 1XT

Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1R

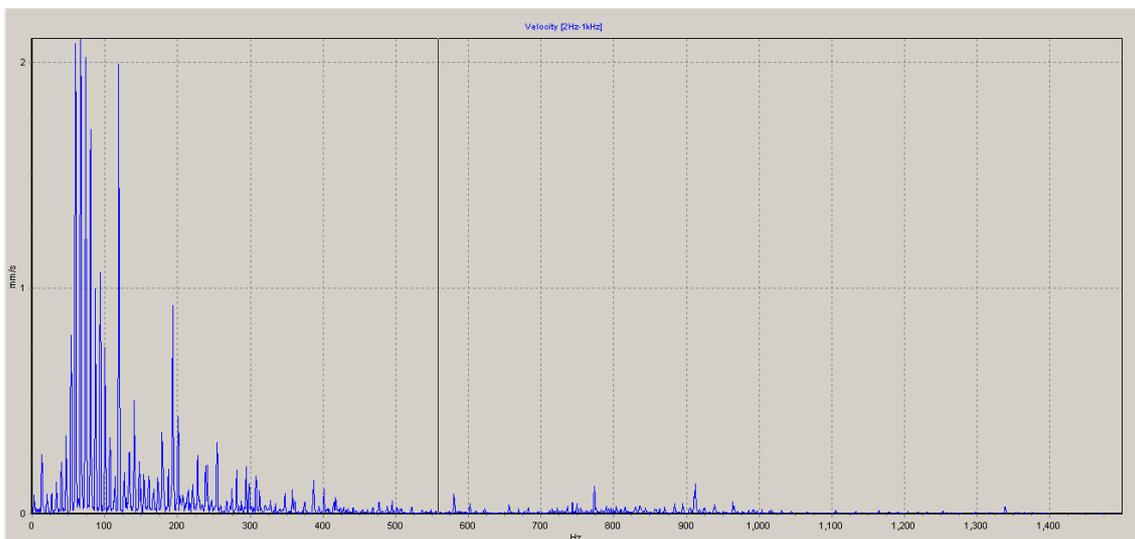


Figura 5.92: Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1A

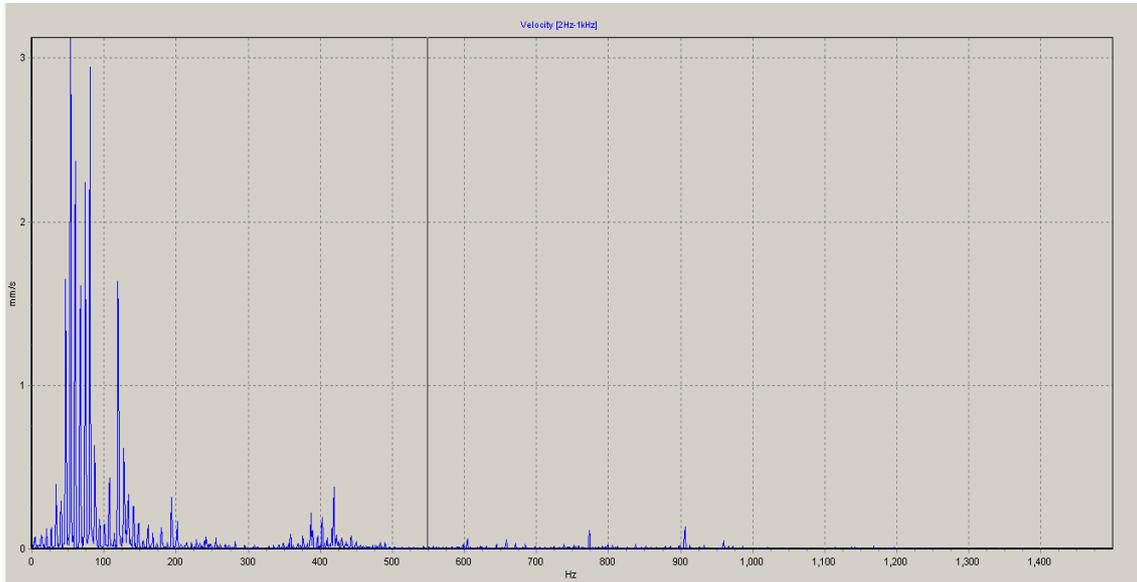


Figura 5.93: Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1T

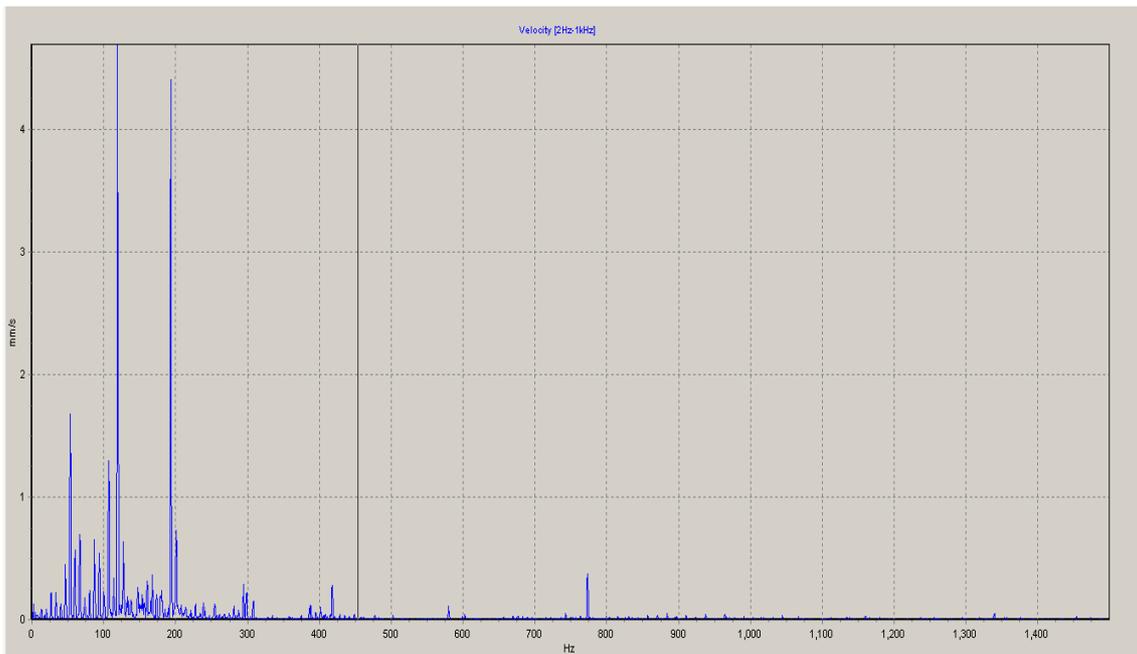


Figura 5.94: Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2R

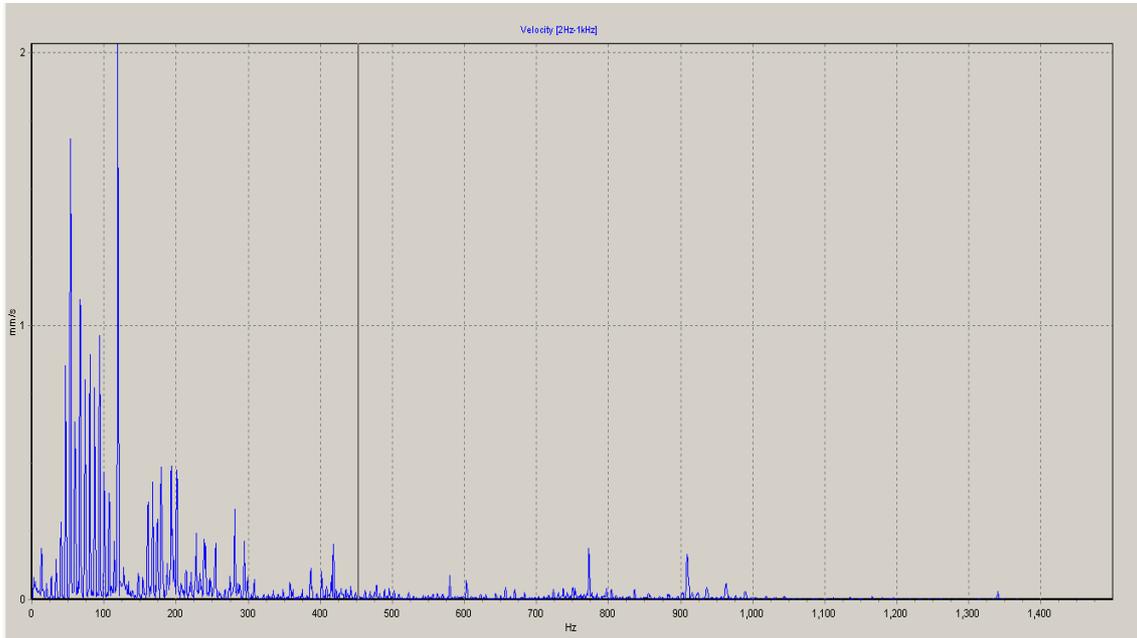


Figura 5.95: Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2A

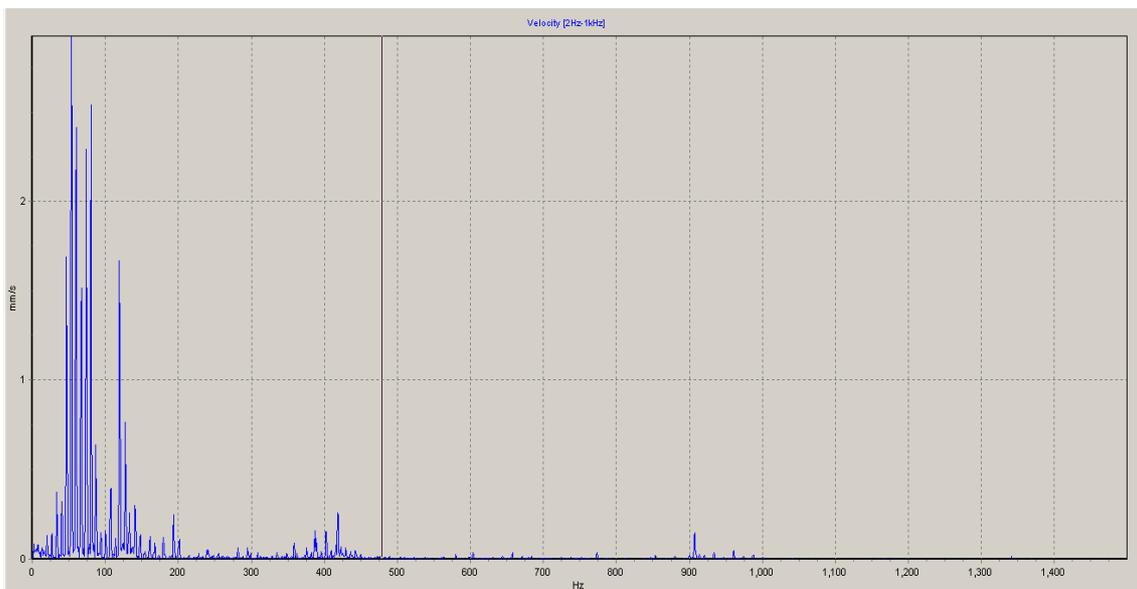


Figura 5.96: Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2T

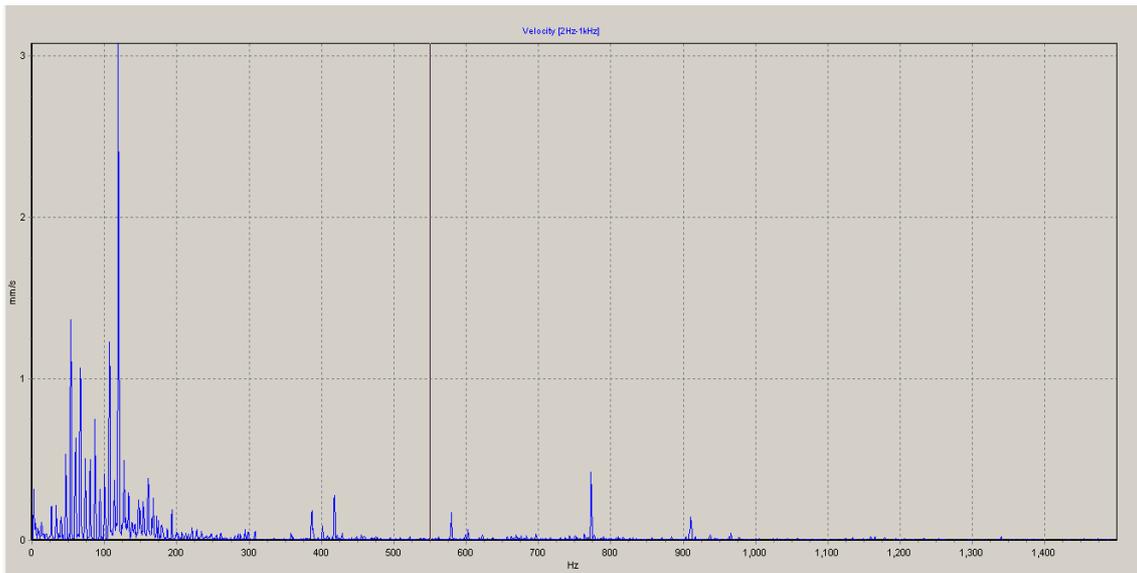


Figura 5.97: Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación

Problemas:

- Problemas de fase eléctrica → Debido a pico alto a 120 Hz.
- Problemas de paso de ranuras del motor a inducción → Debido a pico alto a 197 Hz.
- Falla en acople → Debido a pico alto en 3X.

Bomba de Lubricación

MEDICIÓN 1

BLI 1R

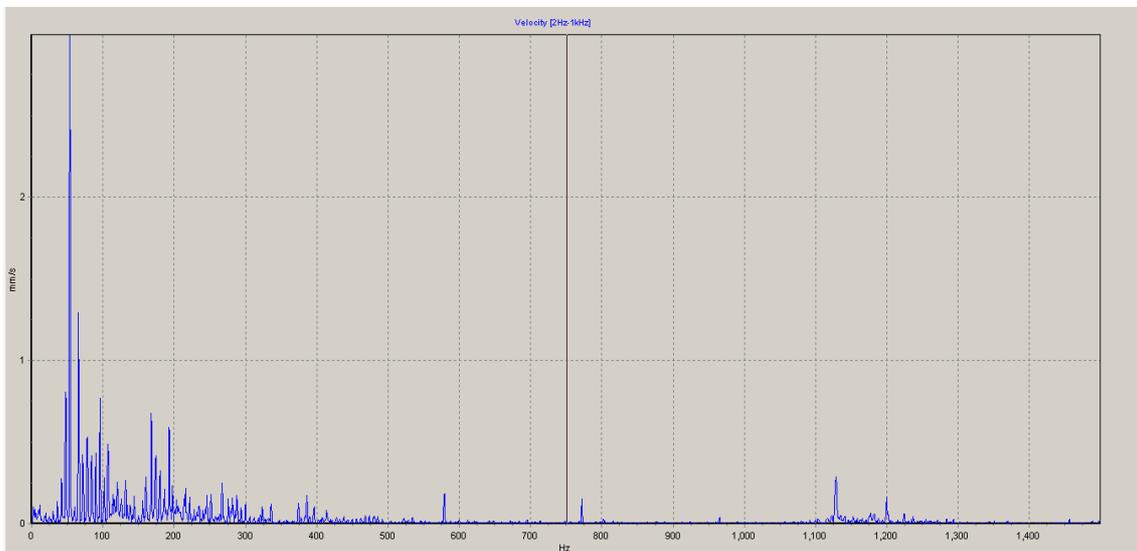


Figura 5.98: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación

BLI 1A

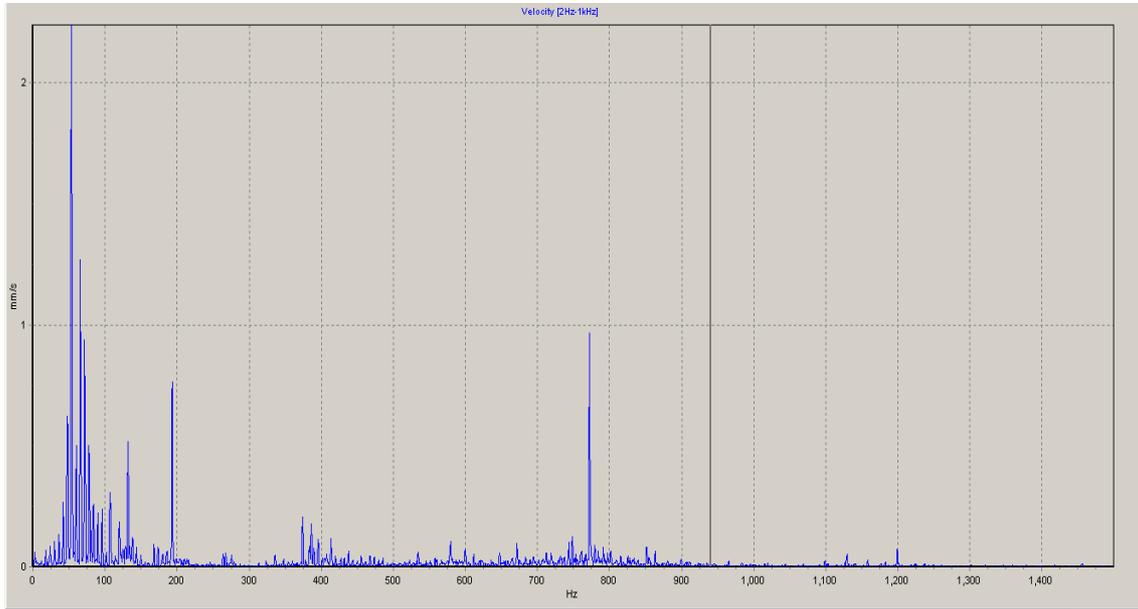


Figura 5.99: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación

BLI 1T

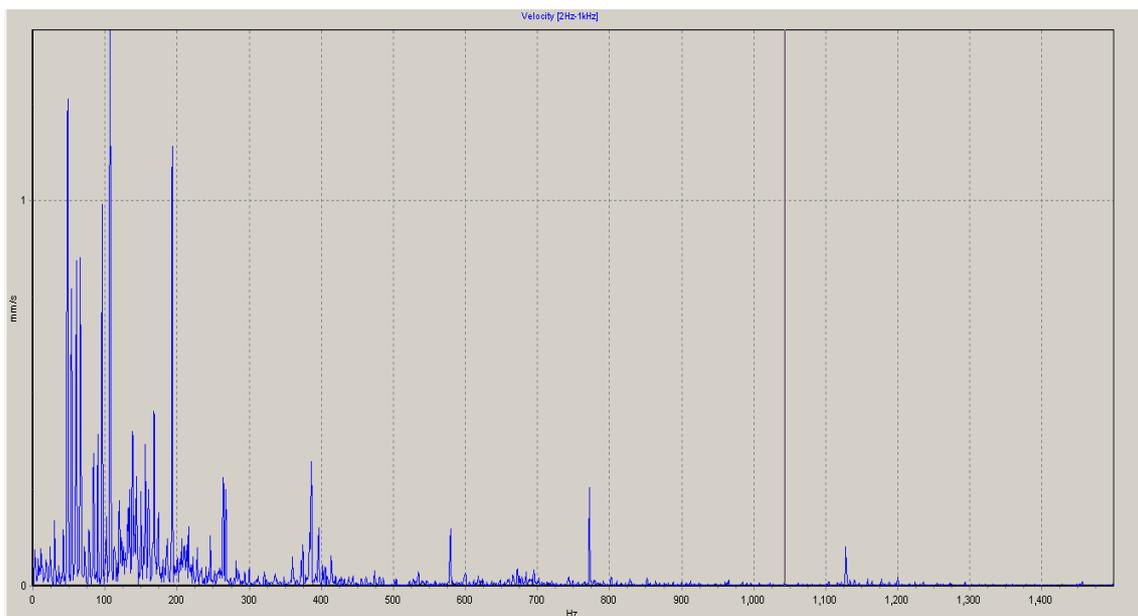


Figura 5.100: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación

BLI 2R

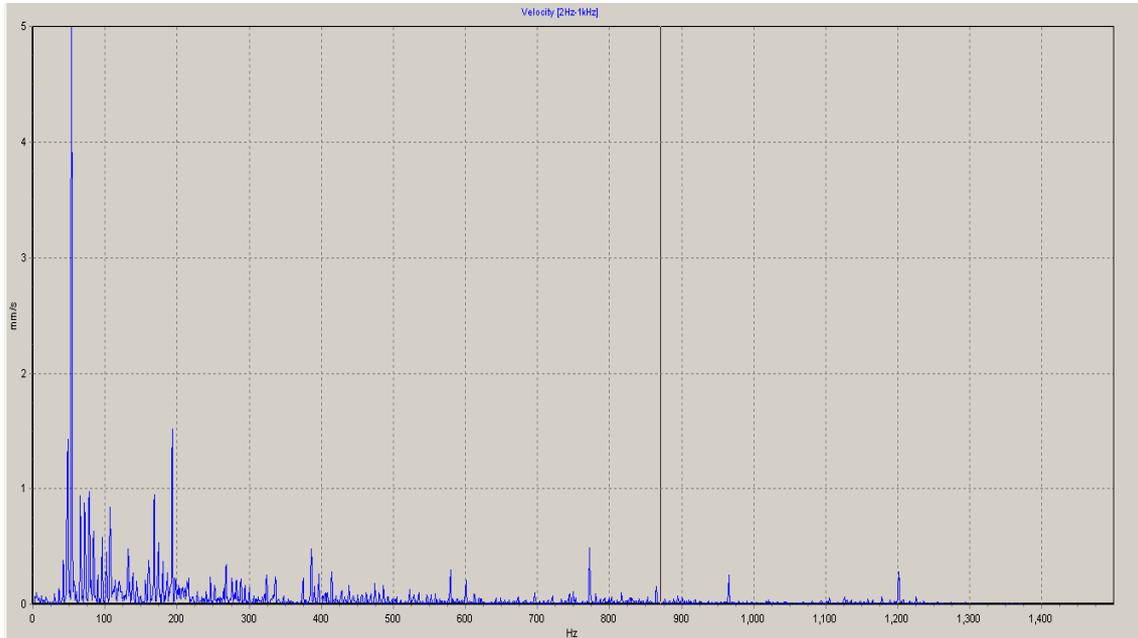


Figura 5.101: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación

BLI 2A

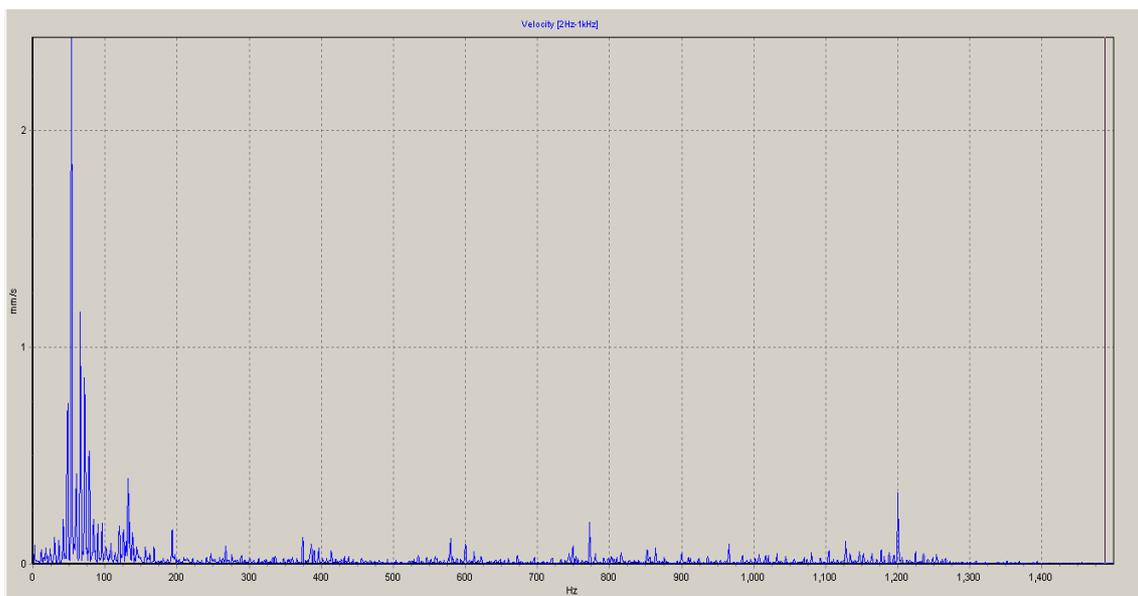


Figura 5.102: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación

BLI 2T

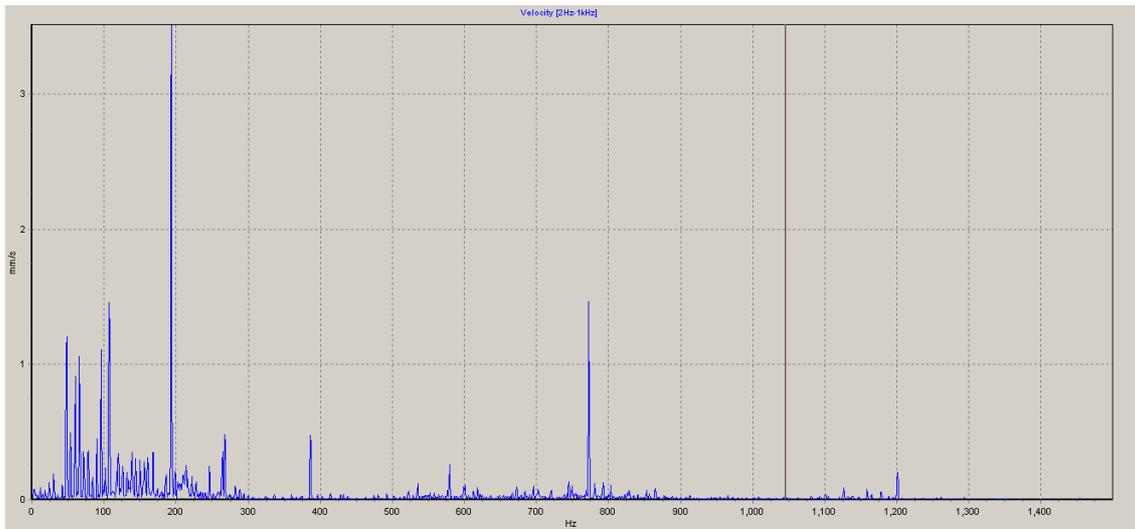


Figura 5.103: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación

Problemas:

- Falta de acoples → Debido a pico alto a 3XR y 3XA en ambos lados de la bomba. Armónico a 6XT.
- Problema de Ranuras en el Motor Eléctrico acoplado a la Bomba de Lubricación → Debido a pico alto a la Frecuencia de paso de ranuras del rotor (S), en uno de los lados de medición de la bomba.

Bomba de Lubricación

MEDICIÓN 2

BLI 1R

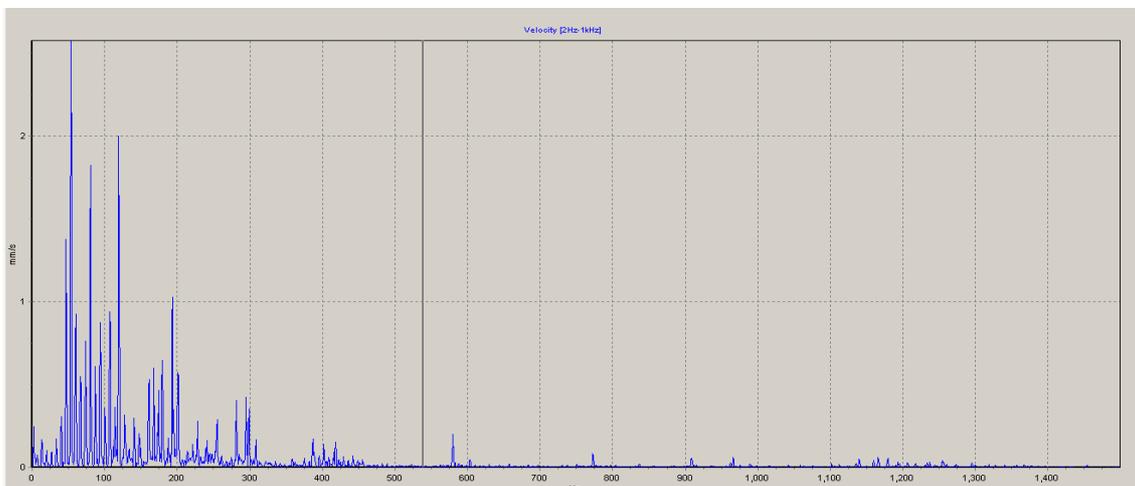


Figura 5.104: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación

BLI 1A

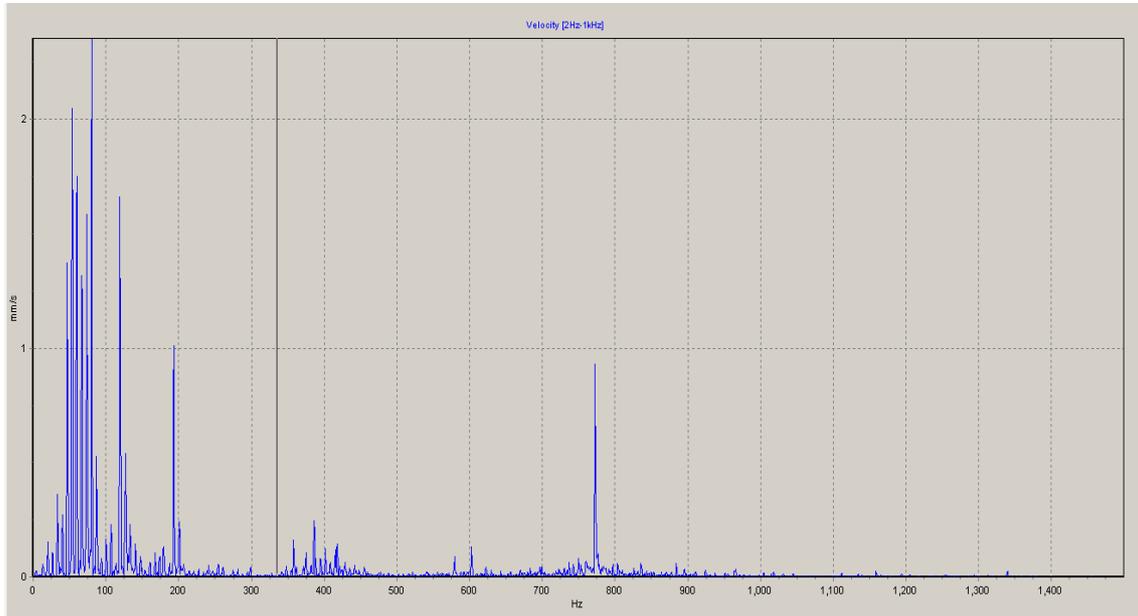


Figura 5.105: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación

BLI 1T

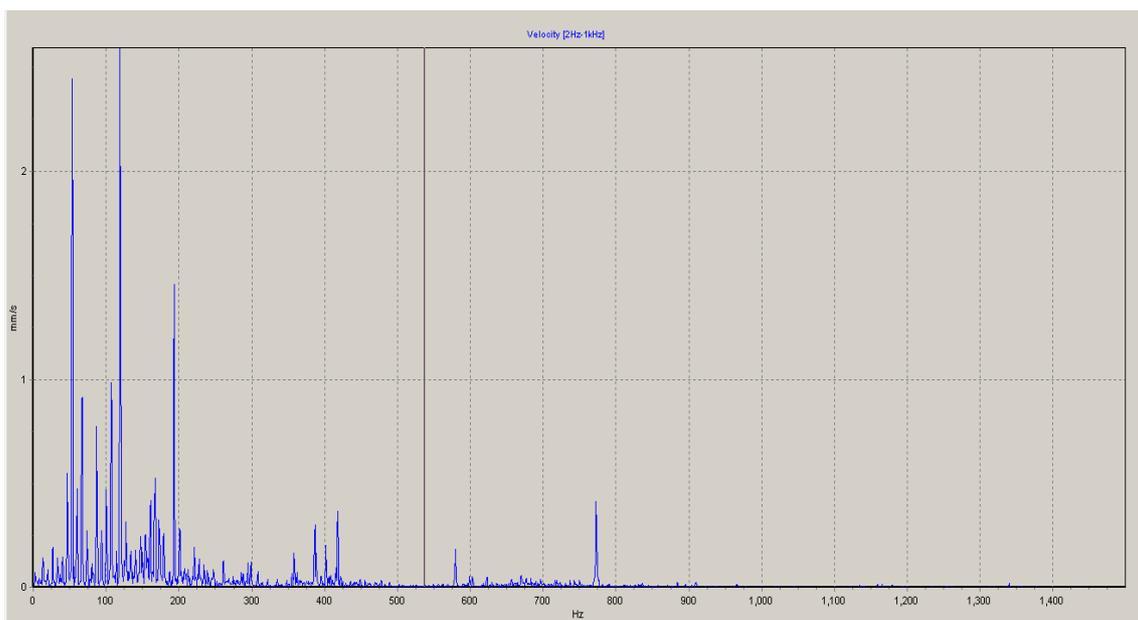


Figura 5.106: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación

BLI 2R

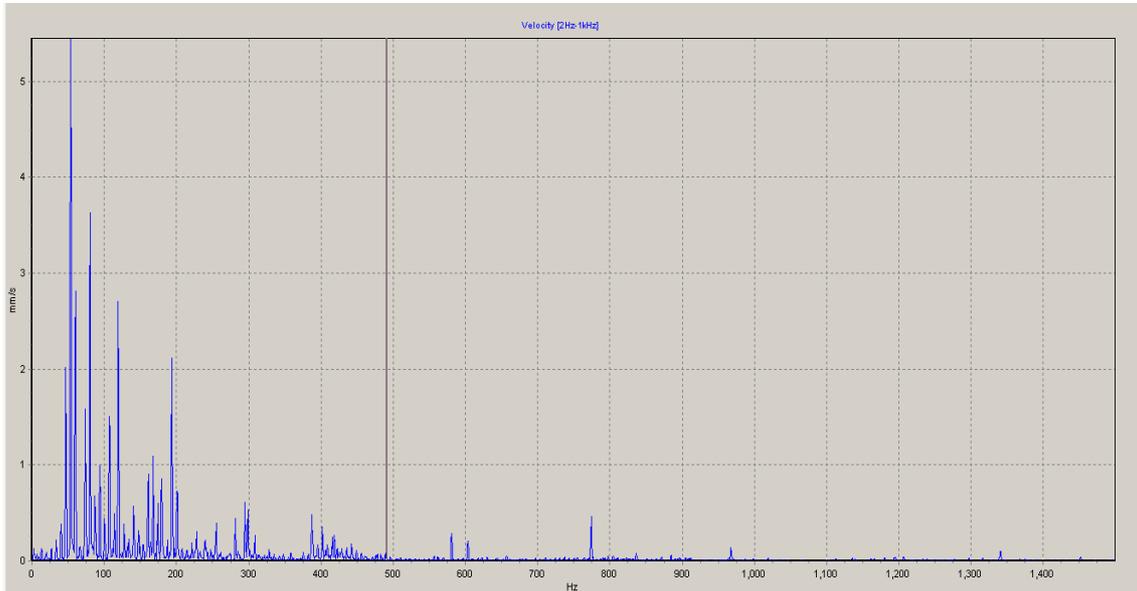


Figura 5.107: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación

BLI 2A

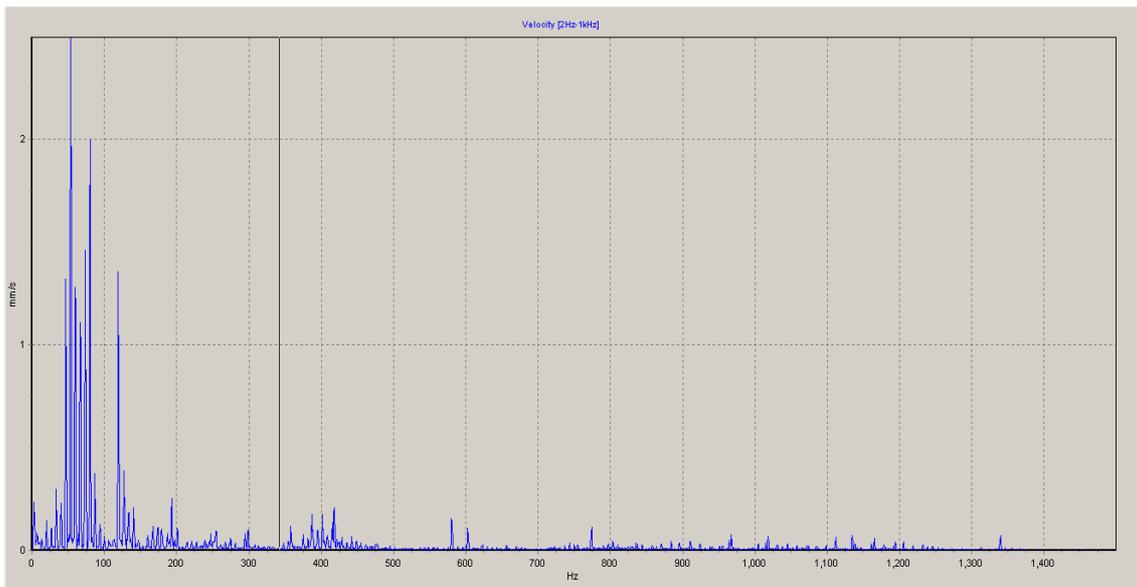


Figura 5.108: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación

BLI 2T

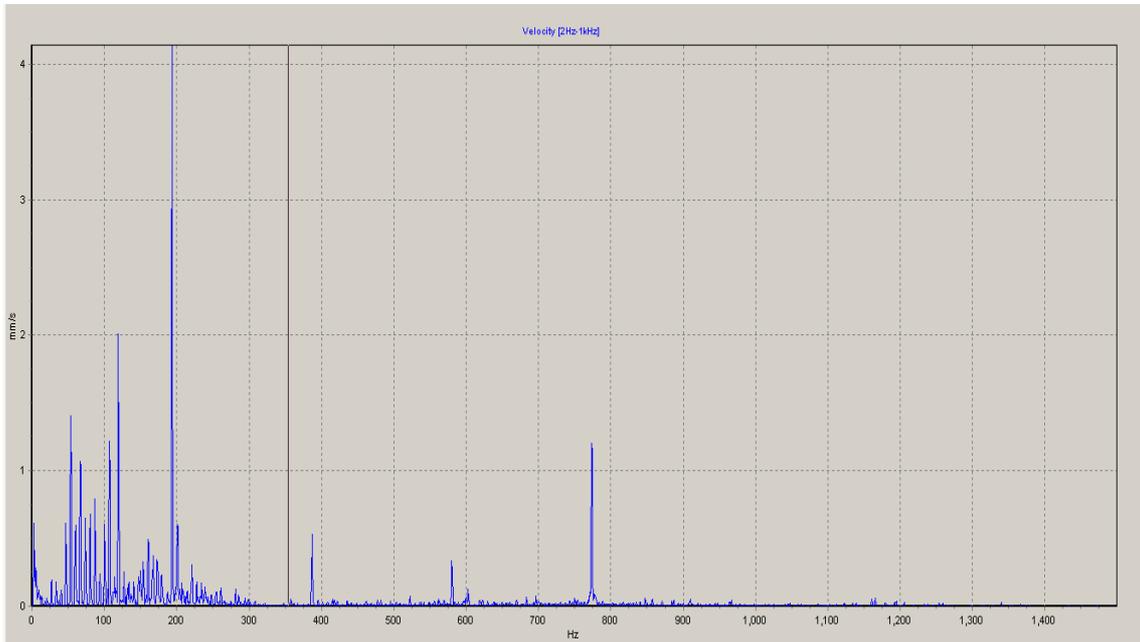


Figura 5.109: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación

Problemas:

- Problema de fase eléctrica en el motor eléctrico → Debido a esto hay un pico alto a 120 Hz.
- Falla en el acople → Debido a picos altos en 3X en todos los sentidos medidos

Bomba Guinard

BG 1R

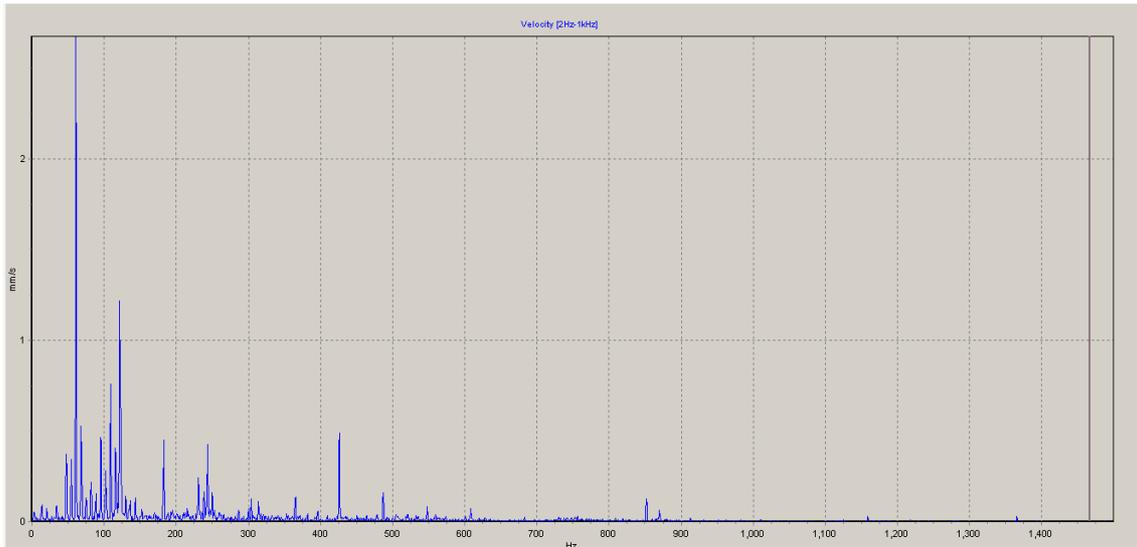


Figura 5.110: Espectro del Punto 1R en la Bomba Guinard

BG 1A

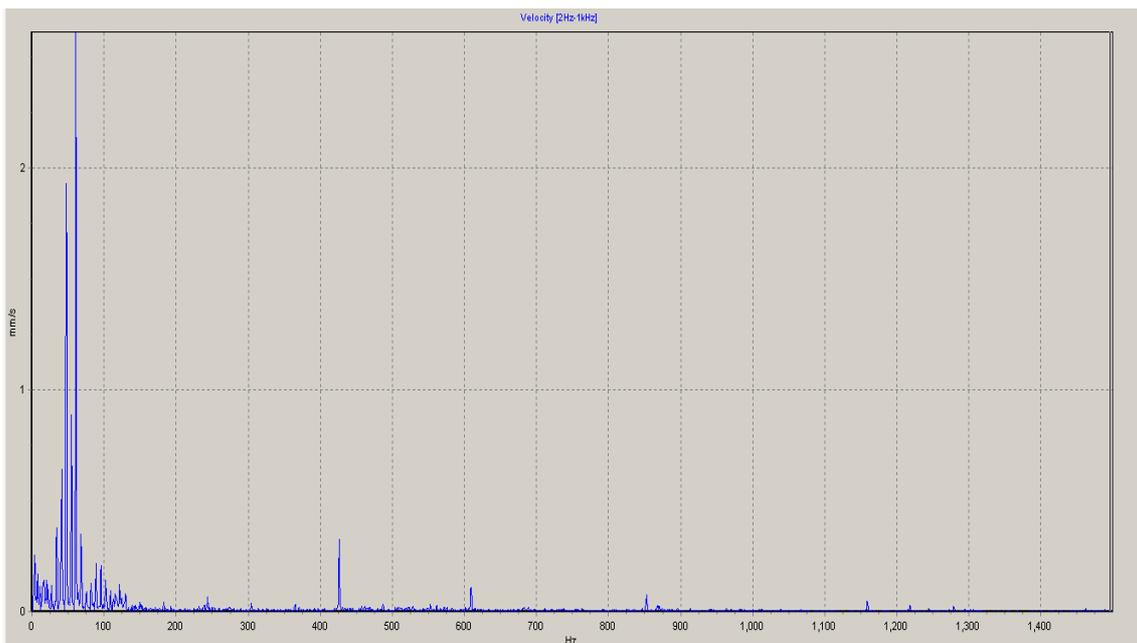


Figura 5.111: Espectro del Punto 1A en la Bomba Guinard

BG 1T

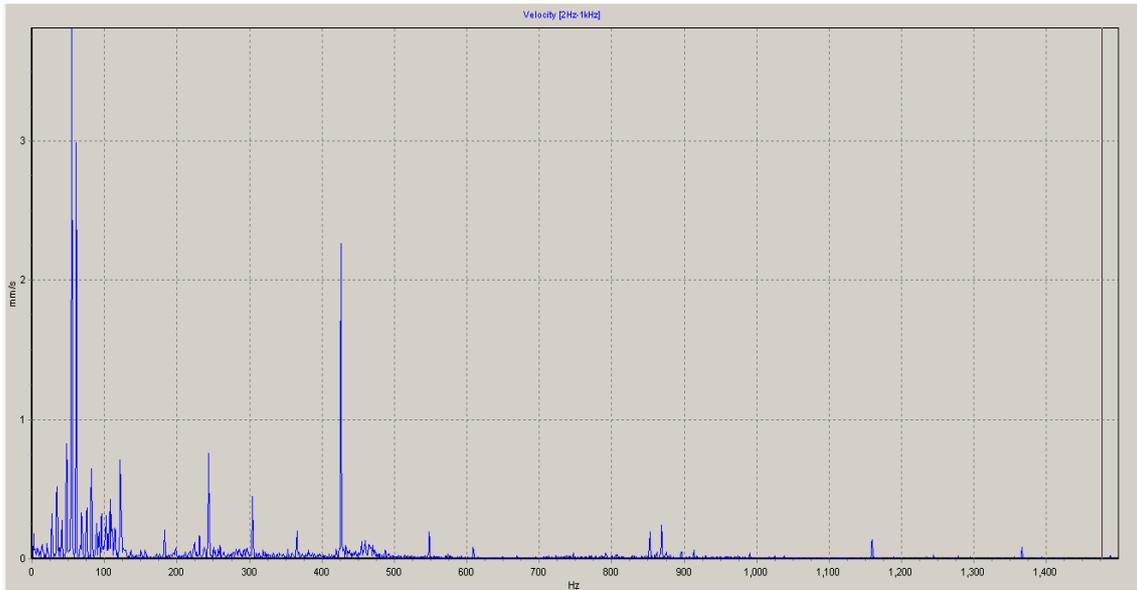


Figura 5.112: Espectro del Punto 1T en la Bomba Guinard

BG 2R

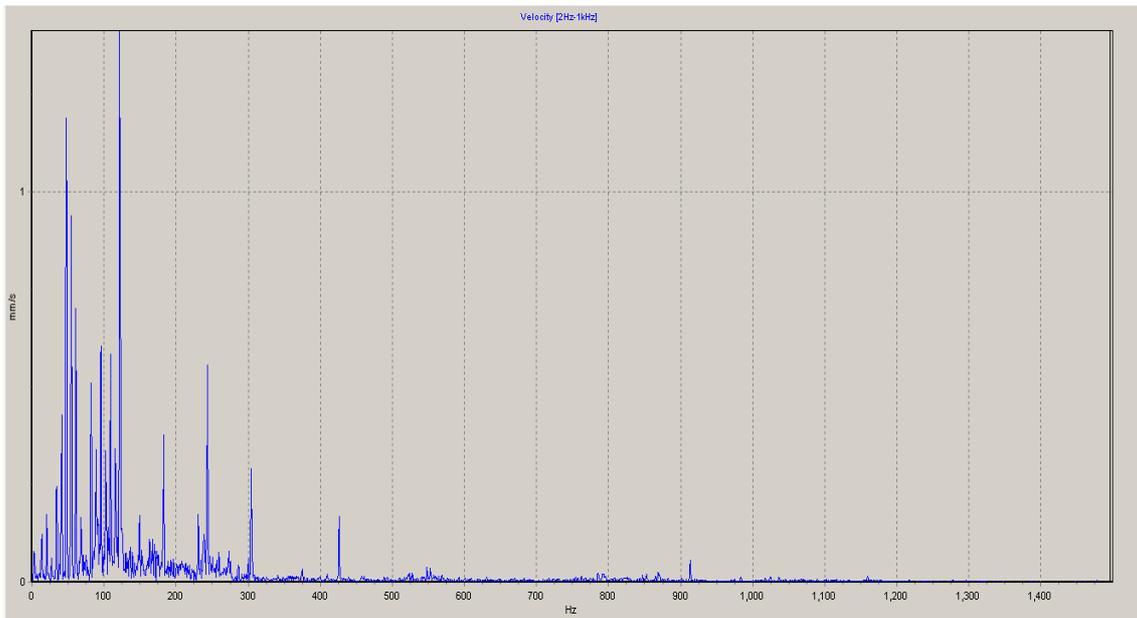


Figura 5.113: Espectro del Punto 2R en la Bomba Guinard

BG 2A

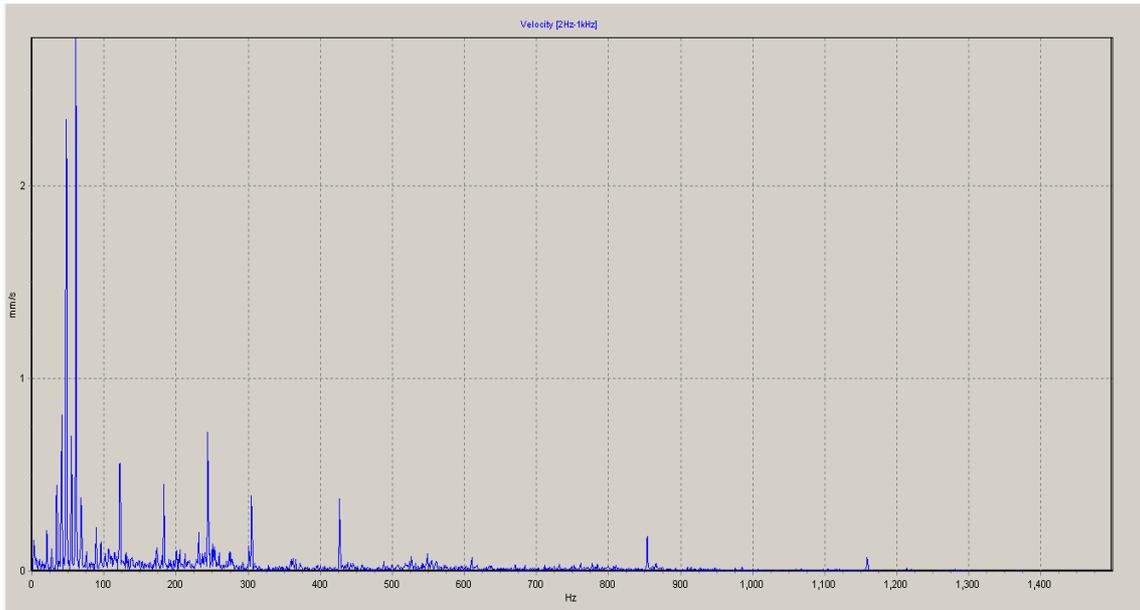


Figura 5.114: Espectro del Punto 2A en la Bomba Guinard

BG 2T

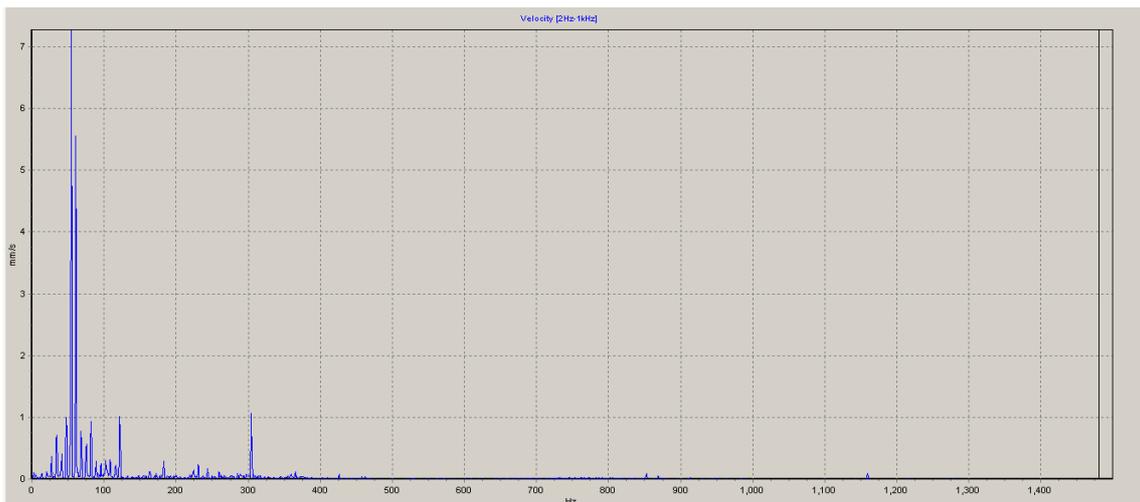


Figura 5.115: Espectro del Punto 2T en la Bomba Guinard

Problemas:

- Flexibilidad Transversal → Debido a que $1XT$ mayor que $1XR$ en ambos lados de la bomba.
- Desalineamiento Paralelo → Debido a que $2XR$ mayor que $1XR$, en uno de los lados de medición de la bomba.
- Rozamiento → Debido a pico menor a $1XT$ alto en ambos lados de la bomba.

Grupo de Bombeo P 302

Bomba de Polea

MEDICIÓN 1

BP 1R

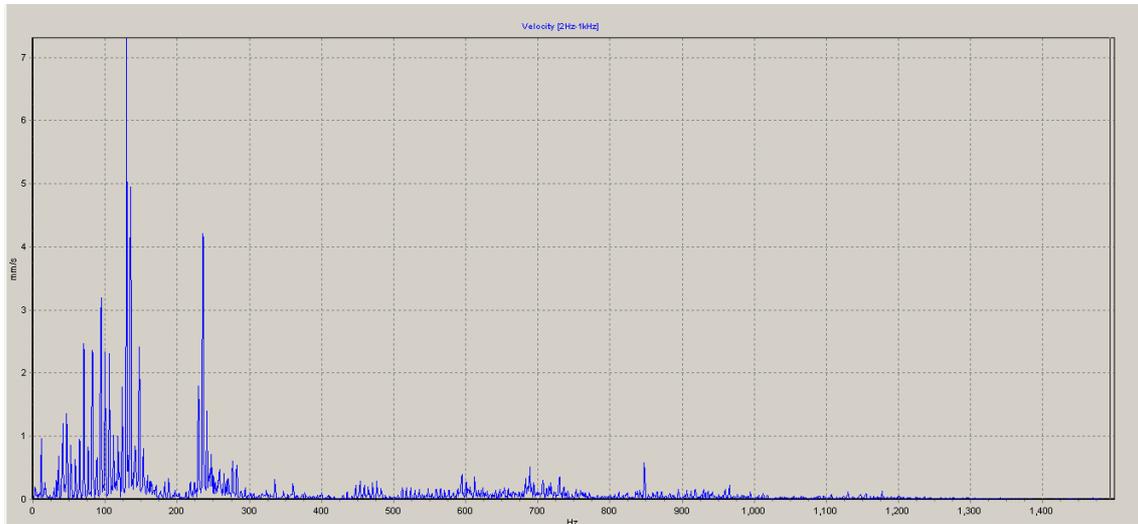


Figura 5.116: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea

BP 1A

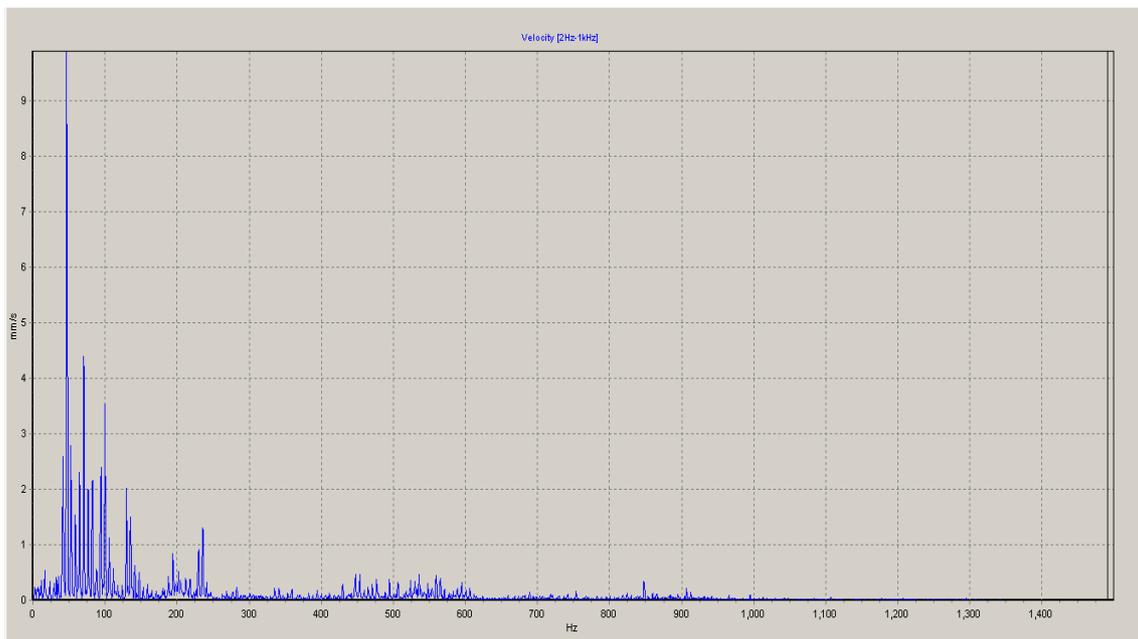


Figura 5.117: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea

BP 1T

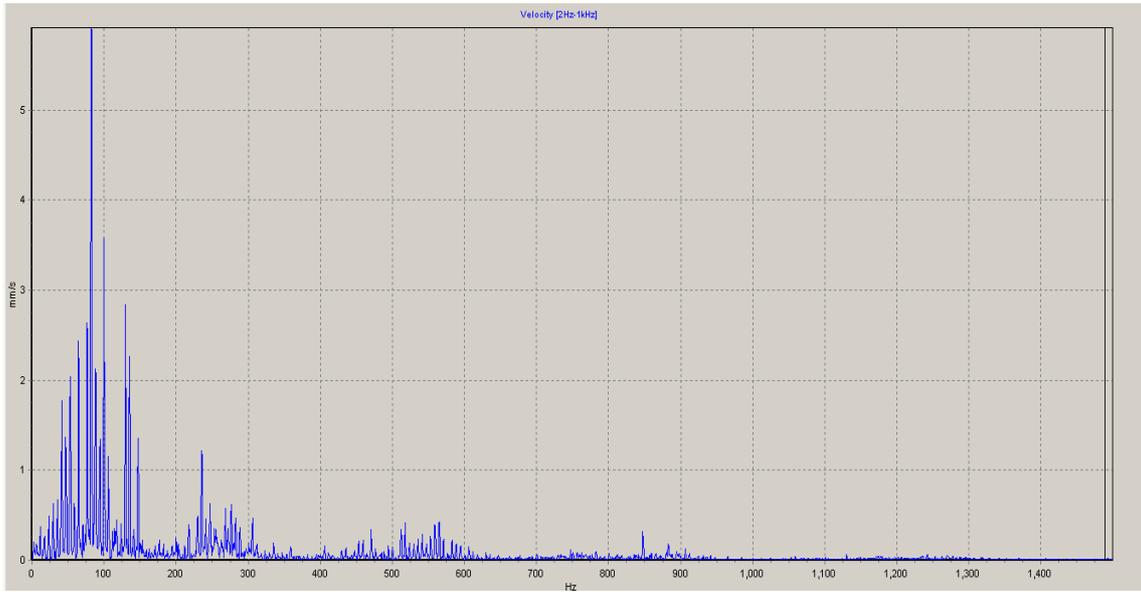


Figura 5.118: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea

BP 2R

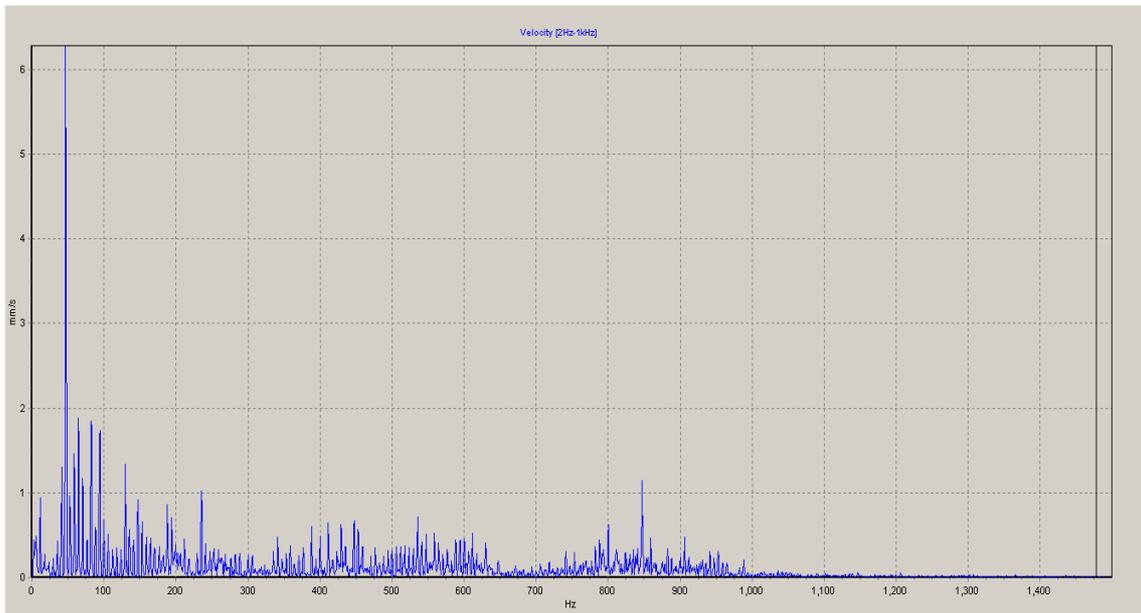


Figura 5.119: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea

BP 2A

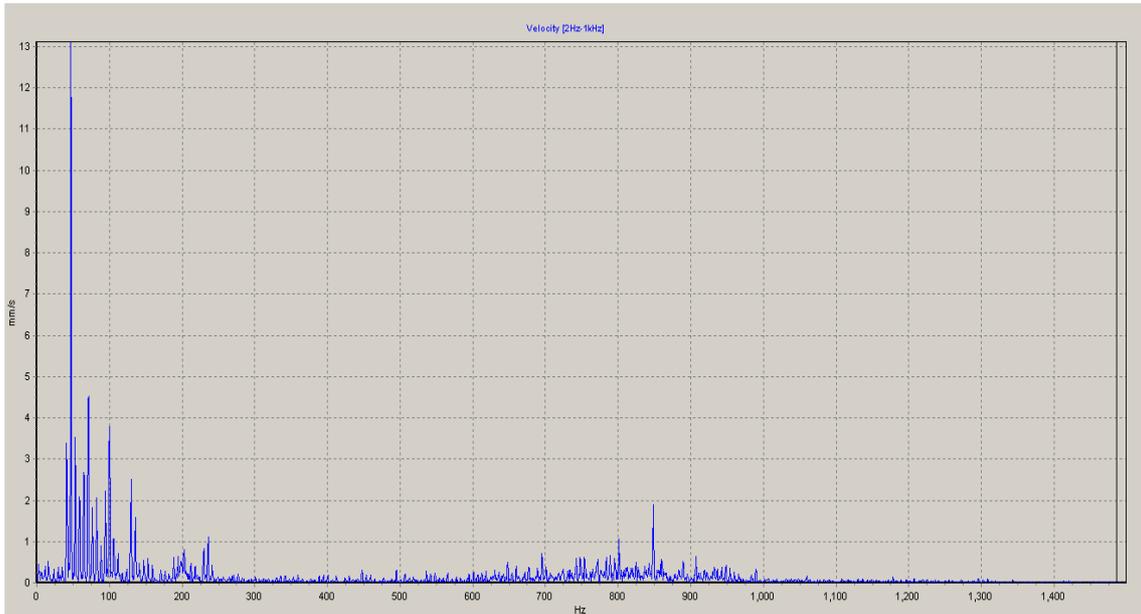


Figura 5.120: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea

BP 2T

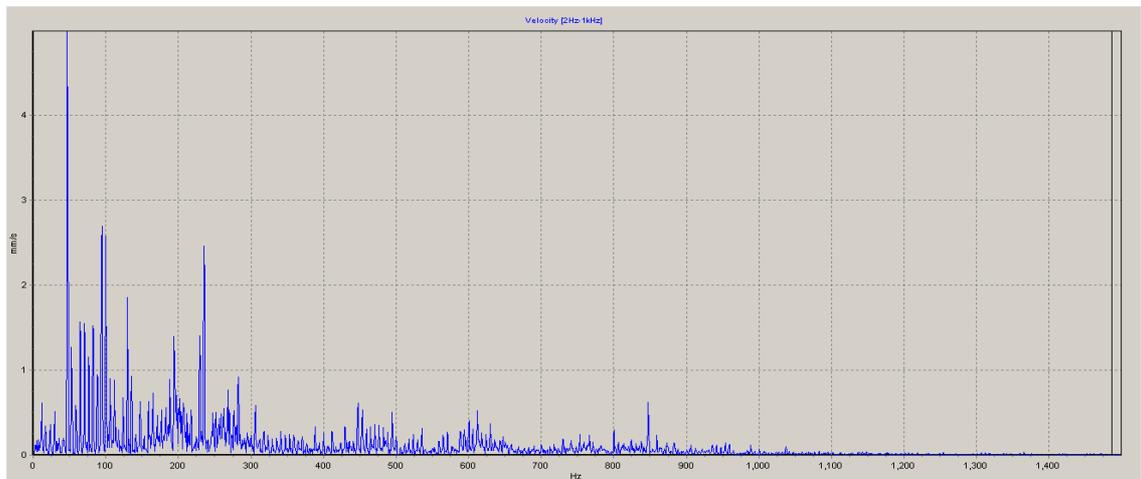


Figura 5.121: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea

Problemas:

- Holgura Mecánica → Debido a pico alto a 4XR, picos a partir de 2XR tienden a ser altos en los tres sentidos: R, A y T, en ambos lados de la bomba.
- Falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión → Debido a pico alto a 3XA y 3XT en ambos lados de la bomba.
- Problema de álabes → Debido a pico alto a la frecuencia de álabes ($F_{\text{álabes}}$), en ambos lados de la bomba.

- Bandas mal emparejadas → Debido a pico alto a 2BR (Frecuencia de banda) y 2BT, en uno de los lados de medición de la bomba.

MEDICIÓN 2

BP 1R

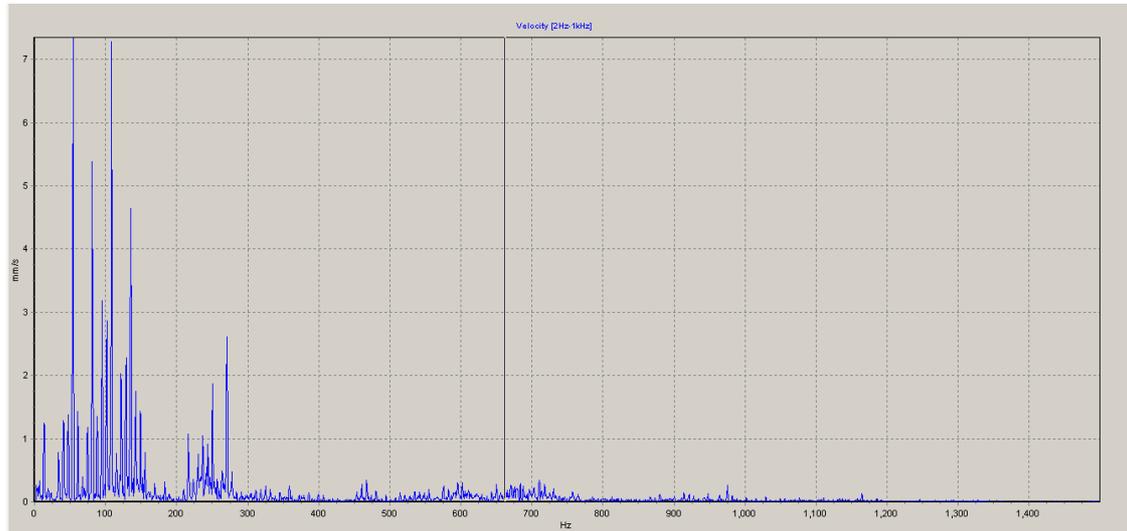


Figura 5.122: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea

BP 1A

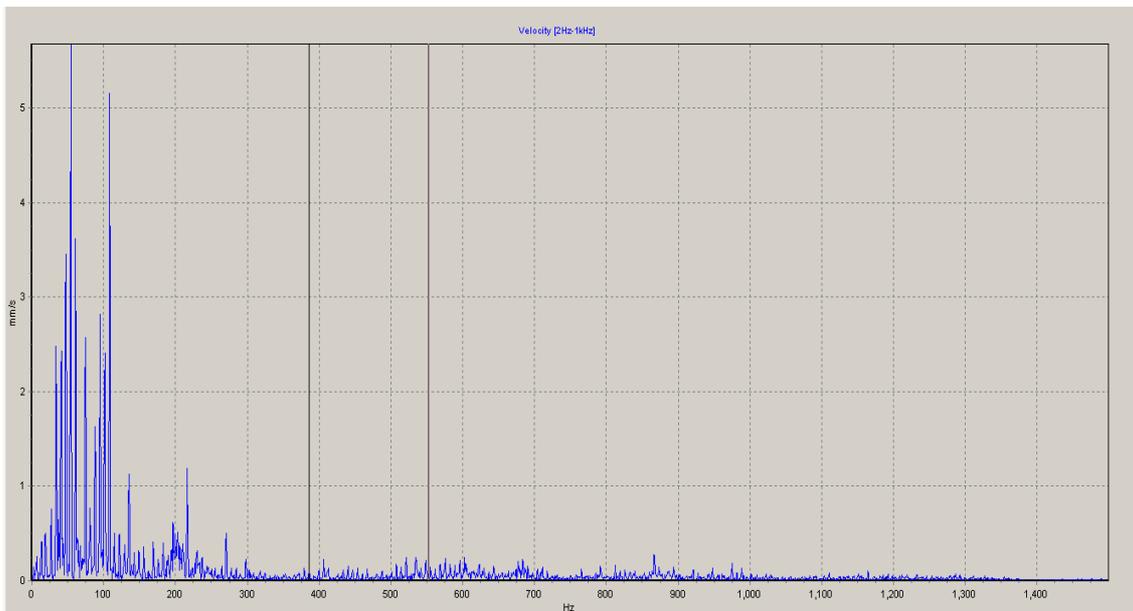


Figura 5.123: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea

BP 1T

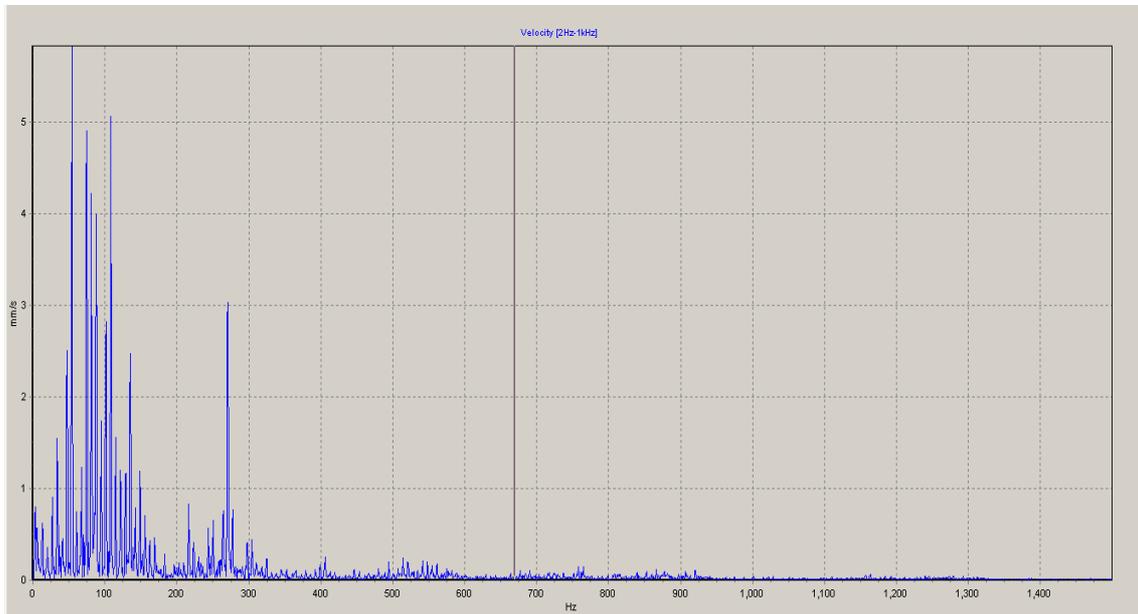


Figura 5.124: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea

BP 2R

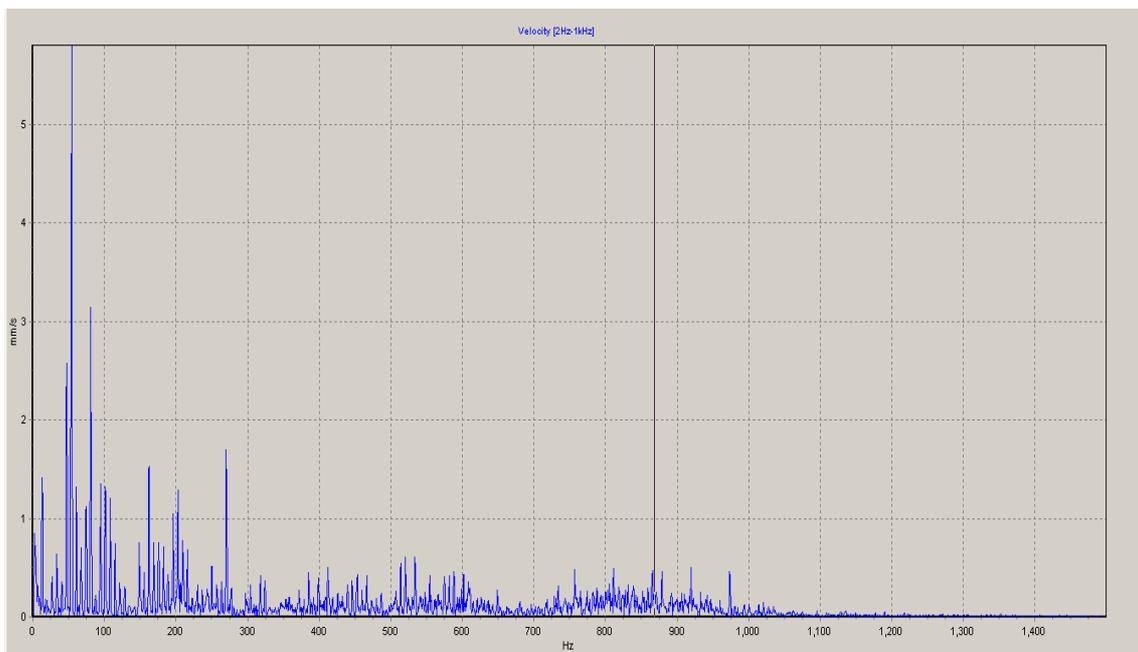


Figura 5.125: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea

BP 2A

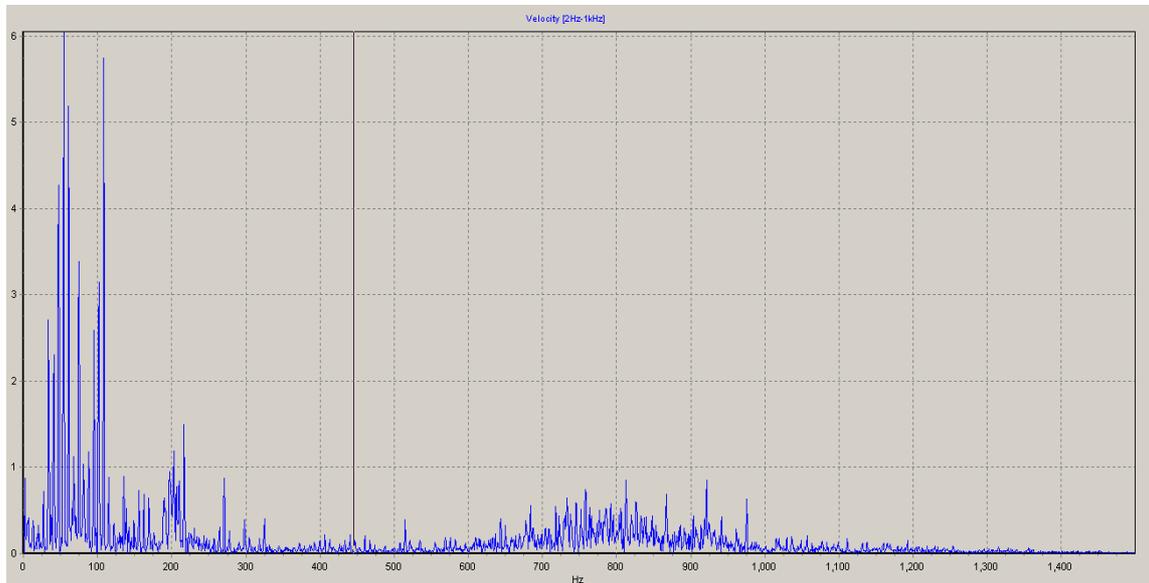


Figura 5.126: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea

BP 2T

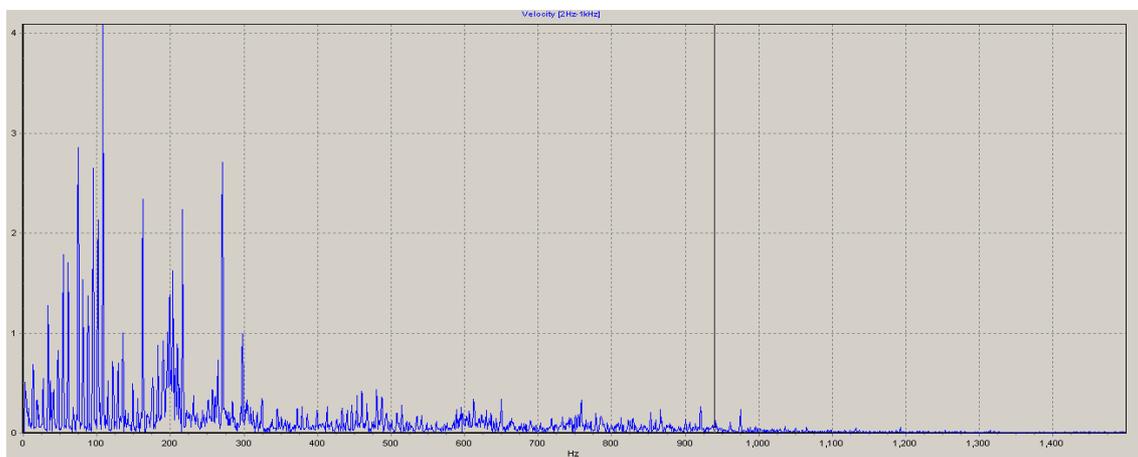


Figura 5.127: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea

Problemas:

- Holgura mecánica de la base de la bomba → Debido a picos altos a partir de 3XT.
- Falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión → Debido a pico prominente en 3X.
- Paso de álabes de la bomba → Debido a picos altos en $1XR F_{ASPAS}$.
- Bandas mal emparejadas, desgaste de las bandas → Debido a que se muestran picos altos en BR y prominentes en 2BR (es decir en frecuencia de banda).

- Desalineamiento paralelo de la polea conductora → Debido a que 2X R radial es mayor que 1R en cualquier lado de la medición.

Motor Eléctrico para Lubricación

MEDICIÓN 1

MLI 1R

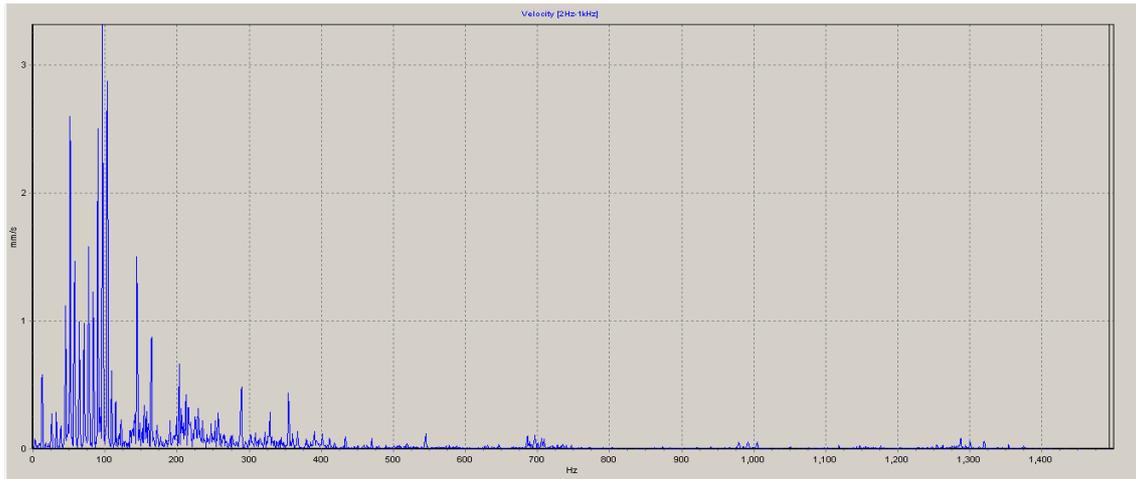


Figura 5.128: Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1A

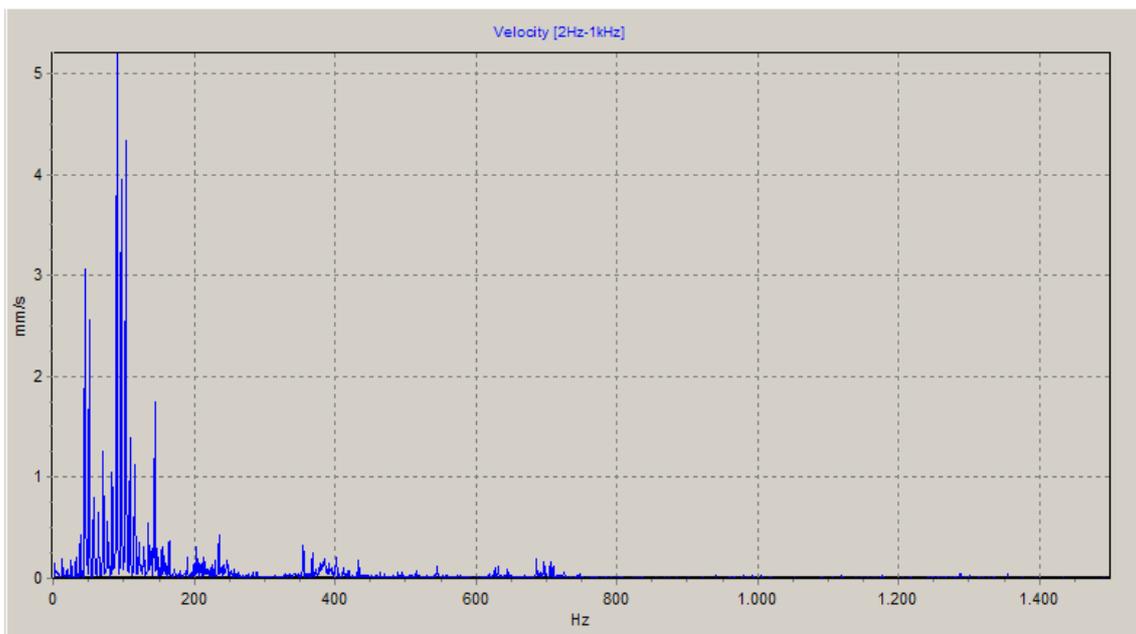


Figura 5.129: Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1T

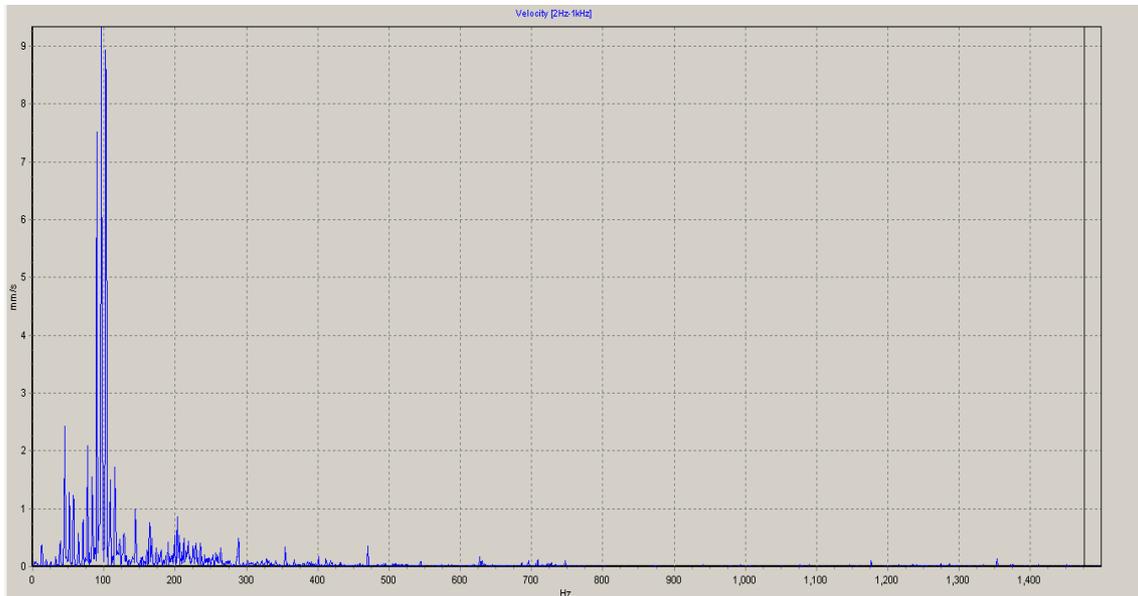


Figura 5.130: Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2R

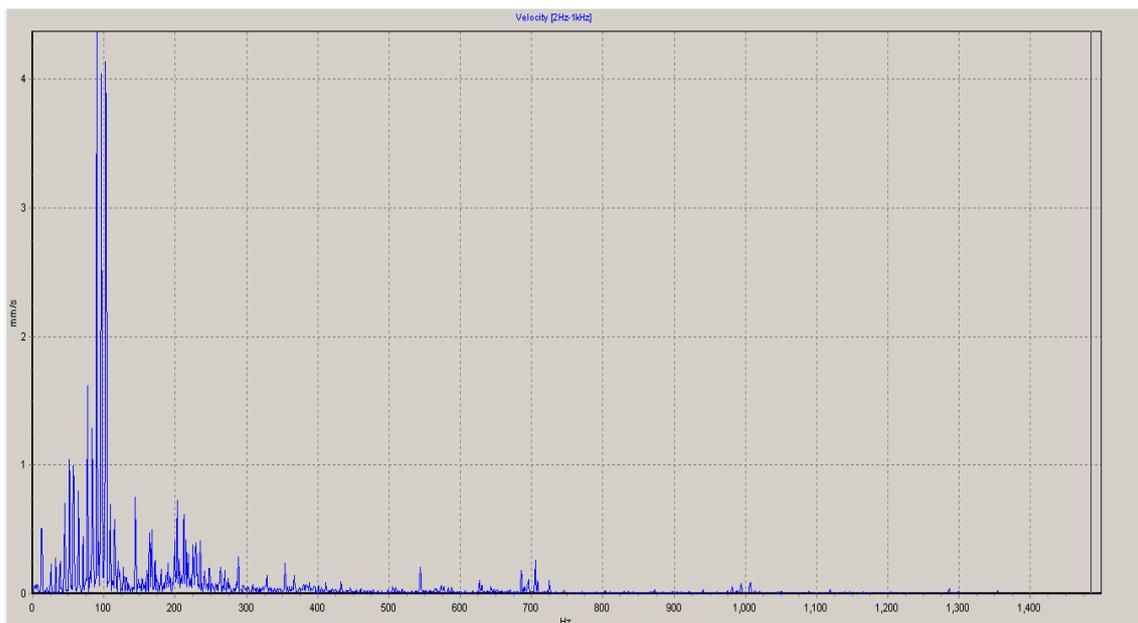


Figura 5.131: Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2A

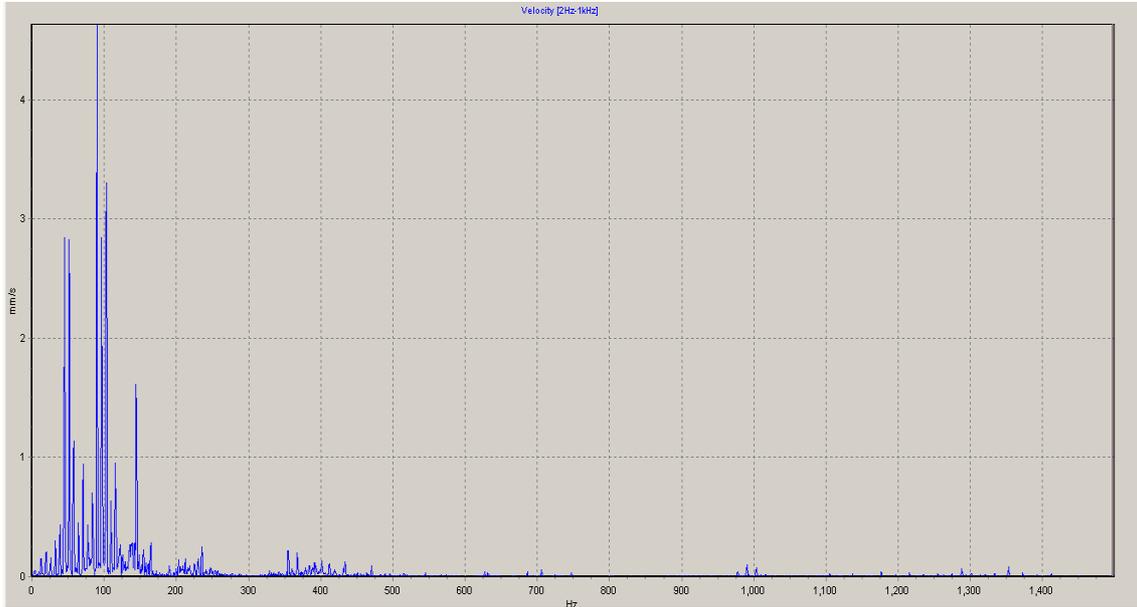


Figura 5.132: Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2T

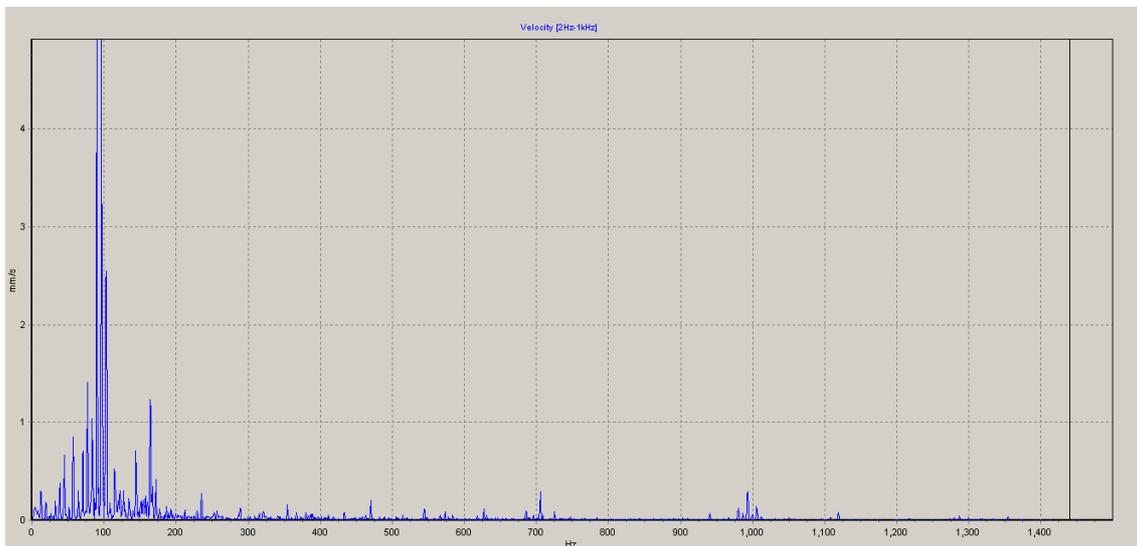


Figura 5.133: Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación

Problemas:

- Holgura Mecánica → Debido a pico alto a 5X y 6X en los tres sentidos: R, A y T en ambos lados del motor.

- Falla de Acople → Debido a pico alto a 3XA en ambos lados del motor.

Motor Eléctrico para Lubricación

MEDICIÓN 2

MLI 1R

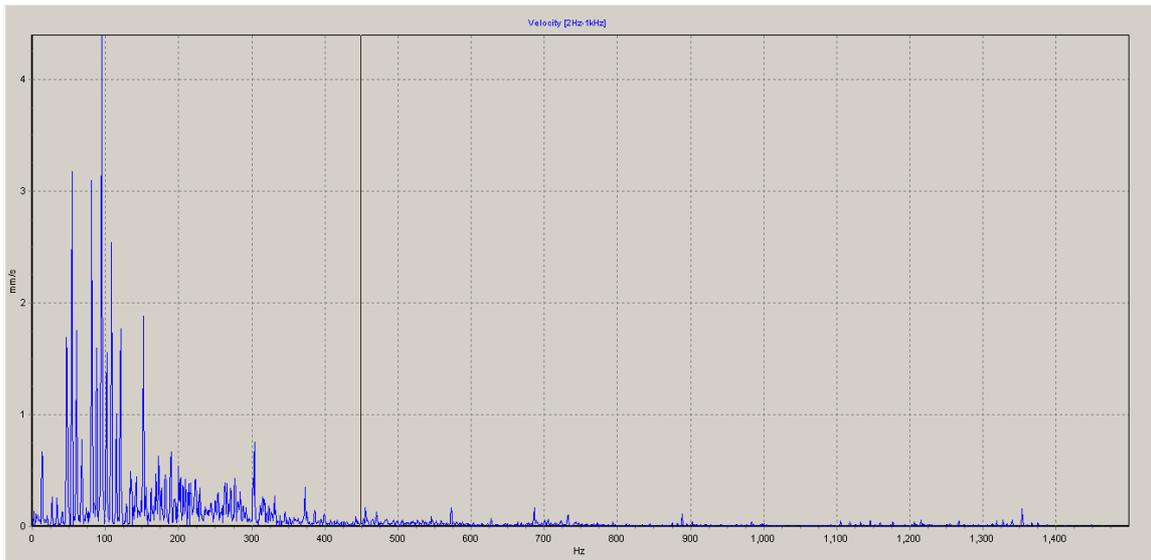


Figura 5.134: Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1A

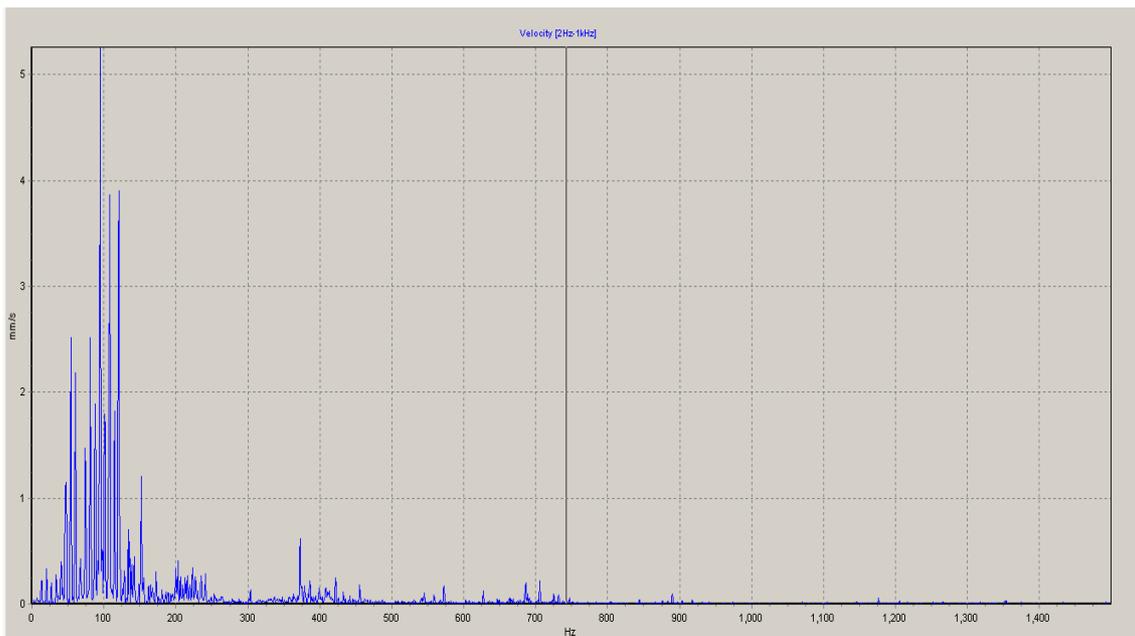


Figura 5.135: Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1T

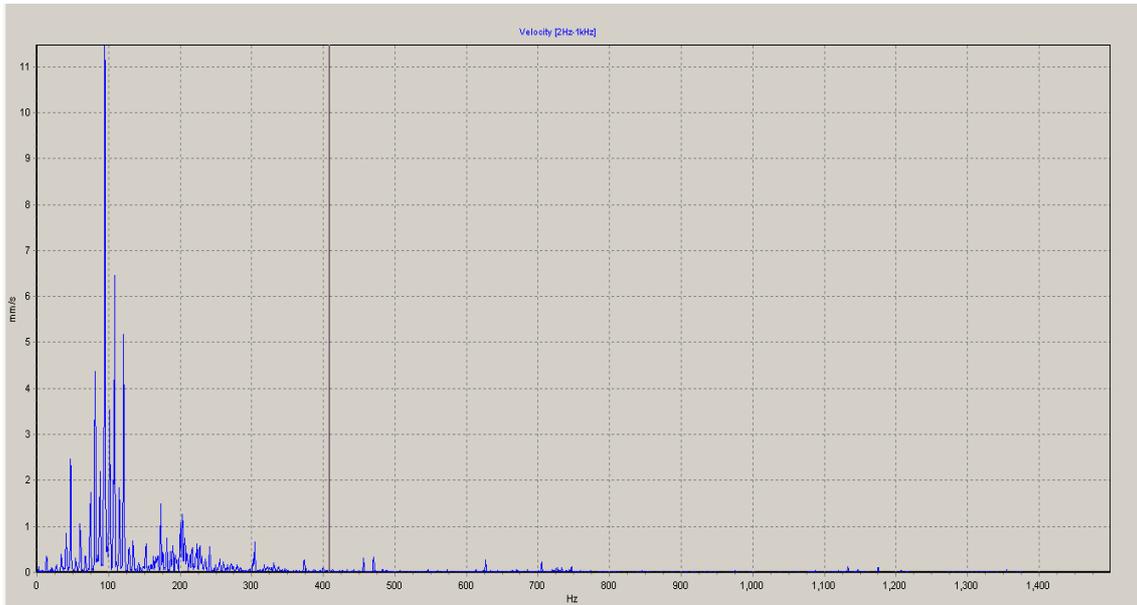


Figura 5.136: Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2R

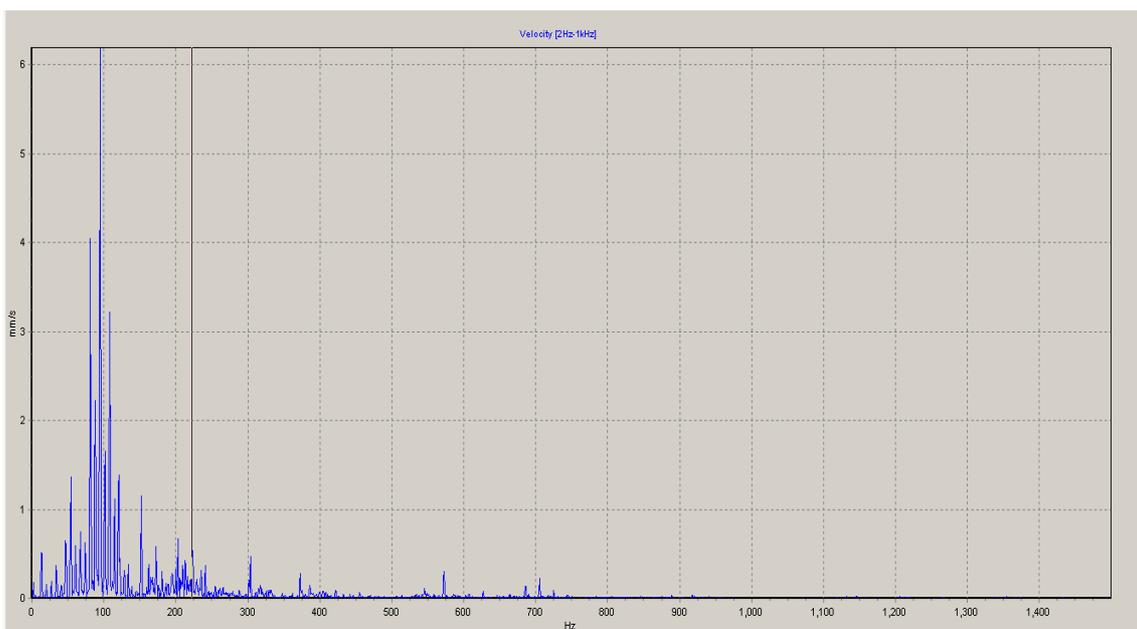


Figura 5.137: Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2A

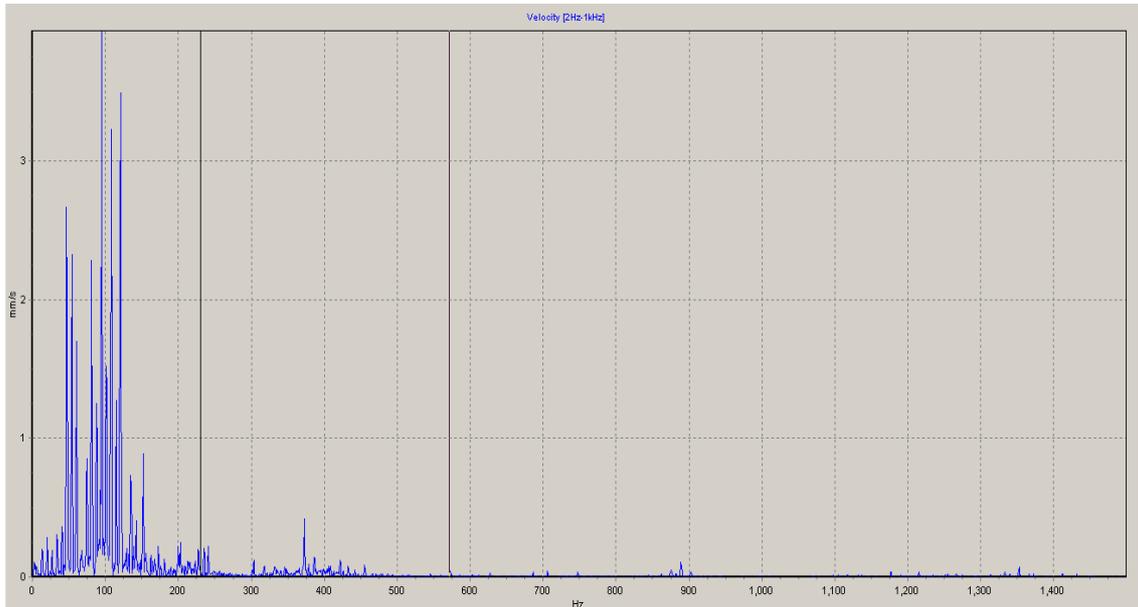


Figura 5.138: Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2T

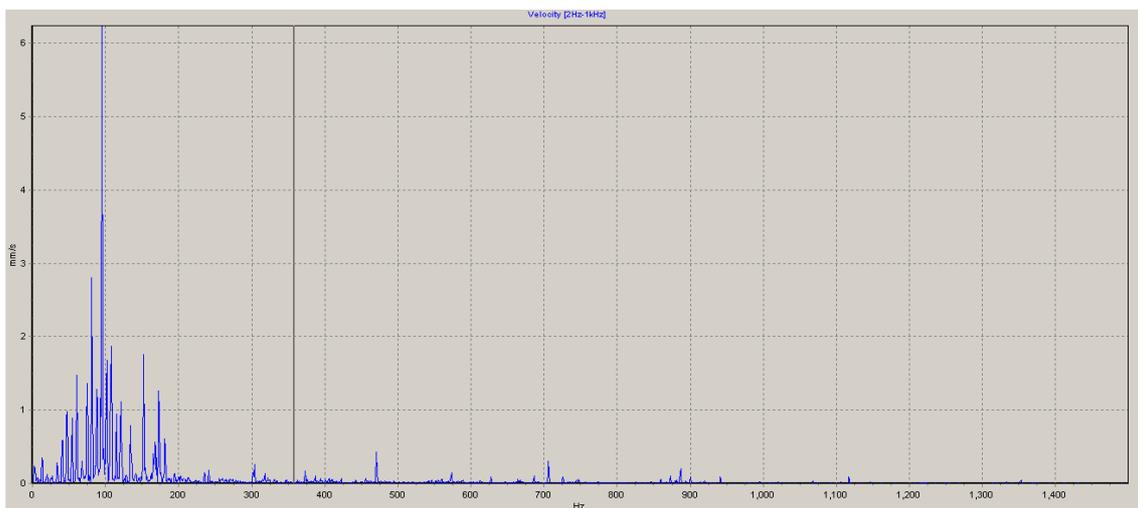


Figura 5.139: Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación

Problemas:

- Holgura mecánica → Por los picos altos desde 3X T y por armónicos de 1X en el sentido tangencial.

- Holgura en el rodamiento → Debido a picos altos no síncronos en el sentido radial.
- Problema de fase eléctrica en el motor → Por pico alto a 120 Hz.
- Falla en el acople → Debido a pico alto prominente en 3X.

Bomba de Lubricación

MEDICIÓN 1

BLI 1R

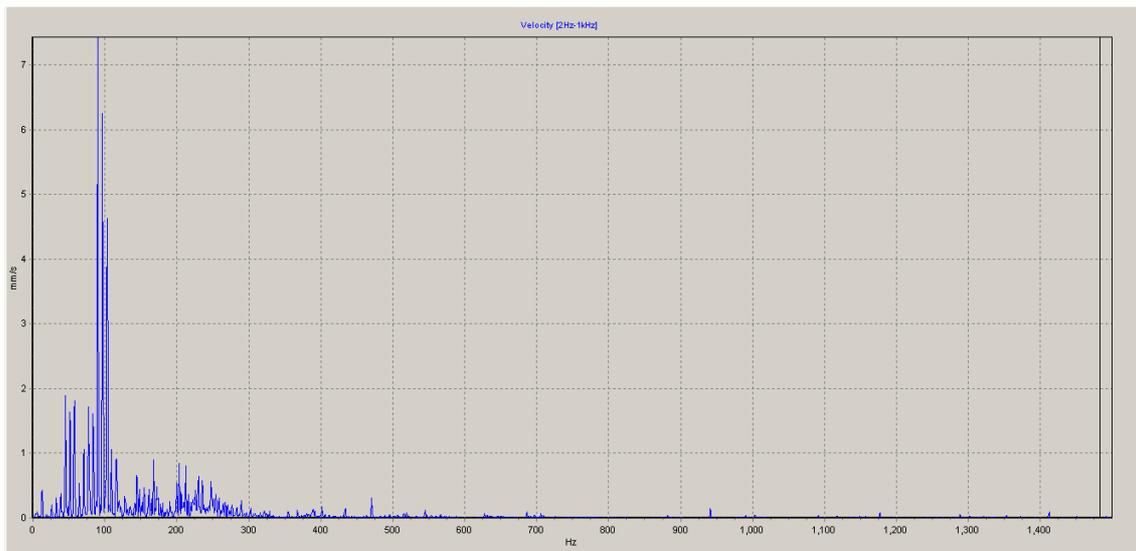


Figura 5.140: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación

BLI 1A

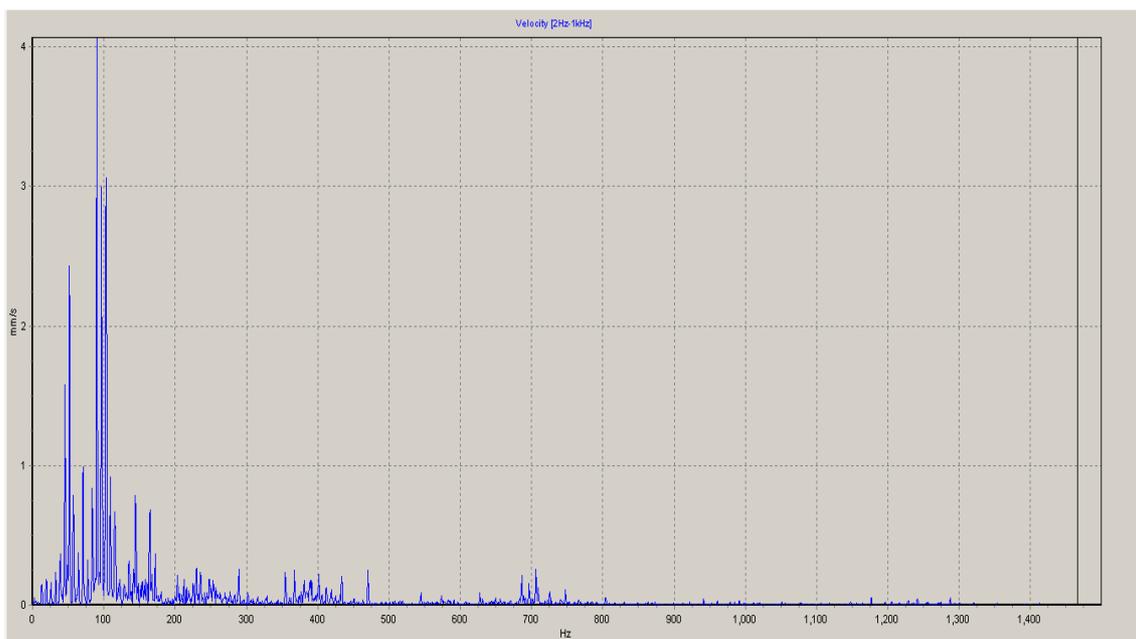


Figura 5.141: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación

BLI 1T

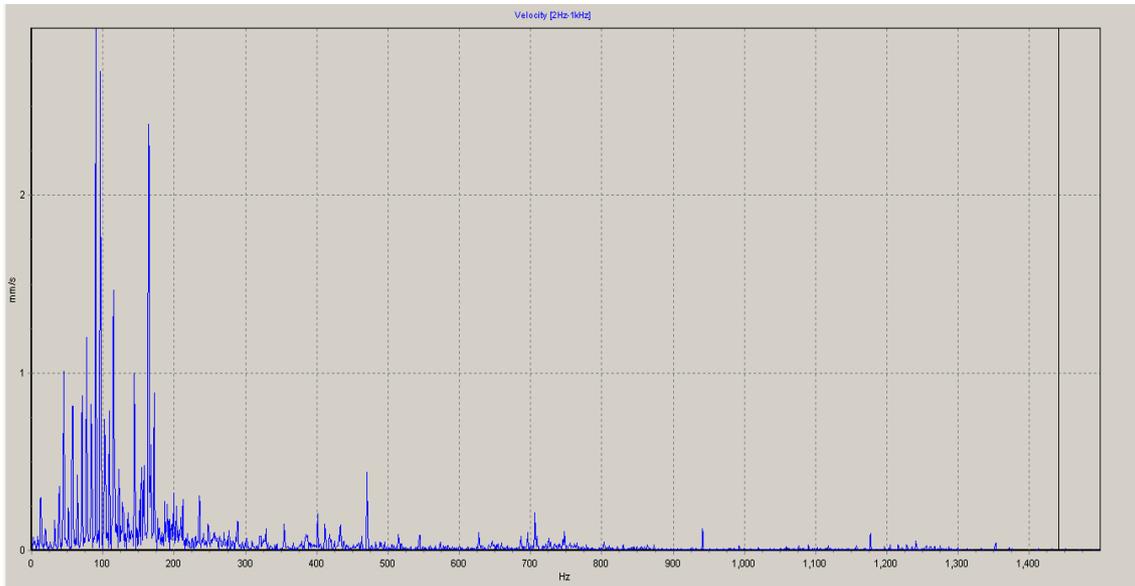


Figura 5.142: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación

Problemas:

- Holgura Mecánica → Debido a pico alto a 5X y 6X en los tres sentidos: R, A y T, en un solo lado de medición de la bomba.
- Falla de Acople → Debido a pico alto a 3XA, en un solo lado de medición de la bomba.

Bomba de Lubricación

MEDICIÓN 2

BLI 1R

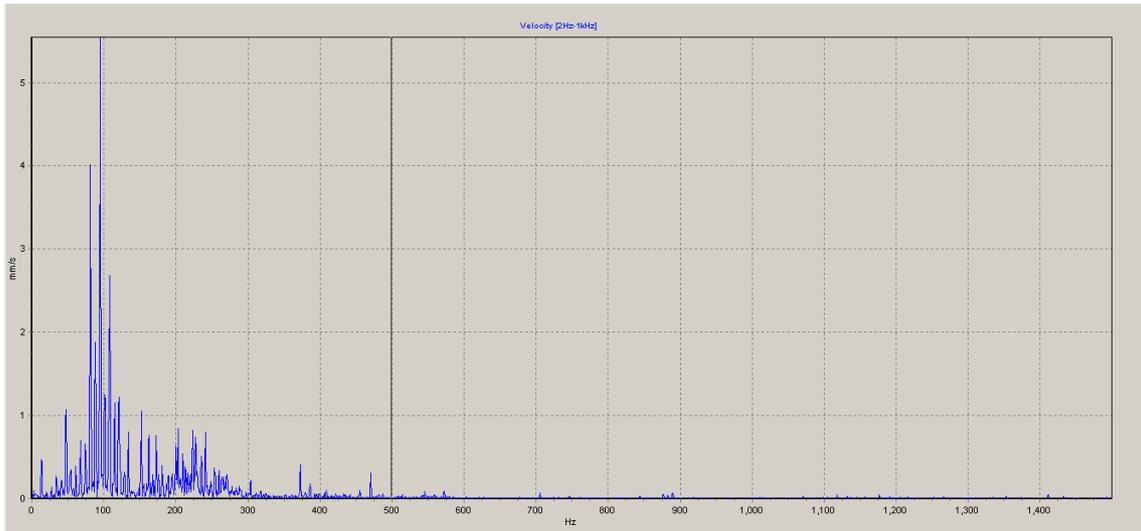


Figura 5.143: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación

BLI 1A

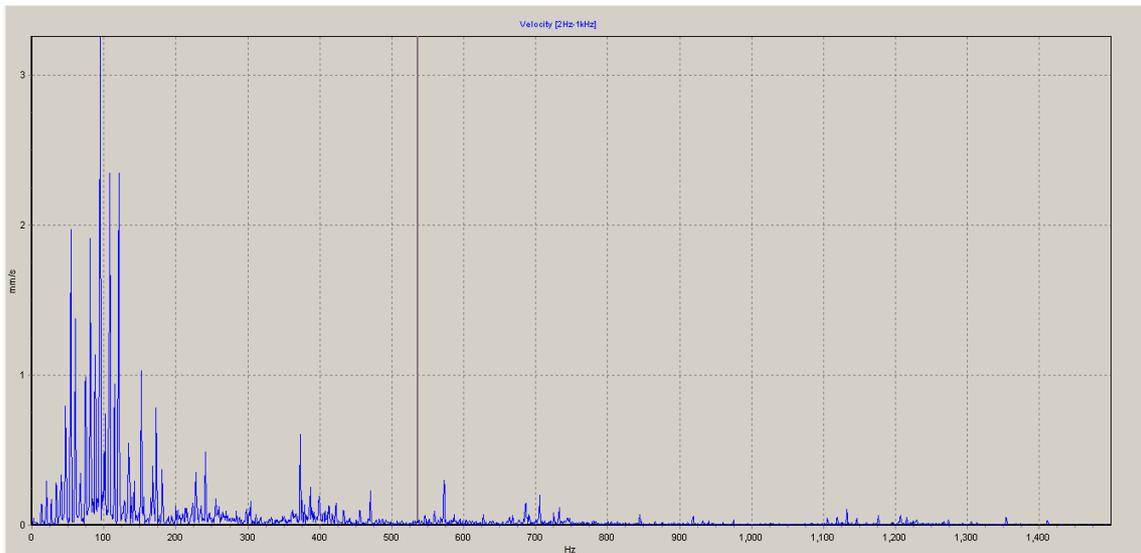


Figura 5.144: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación

BLI 1T

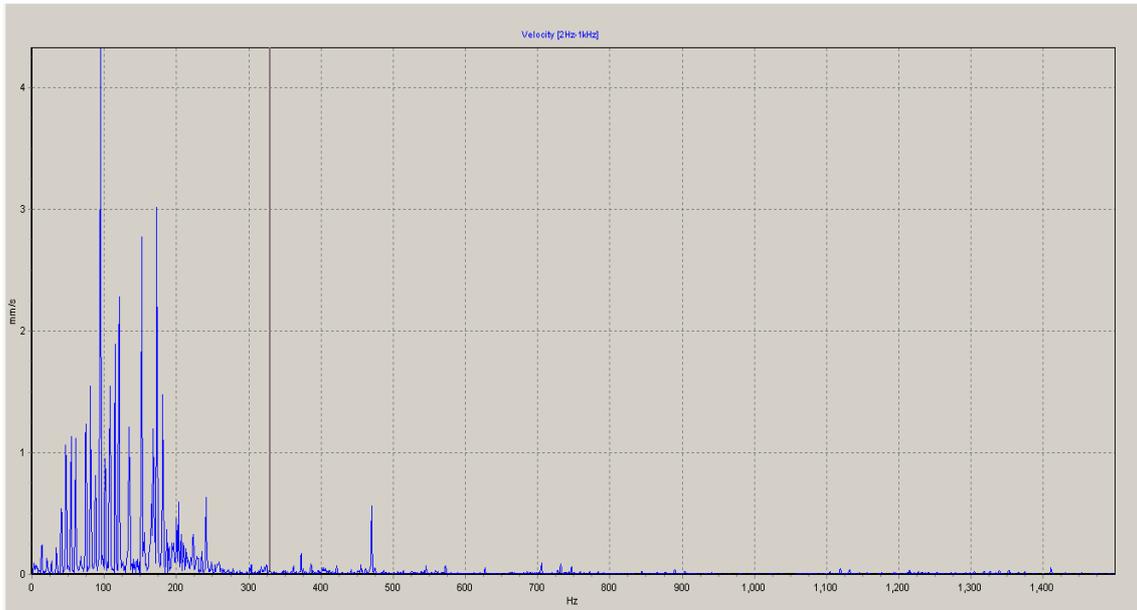


Figura 5.145: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación

BLI 2R

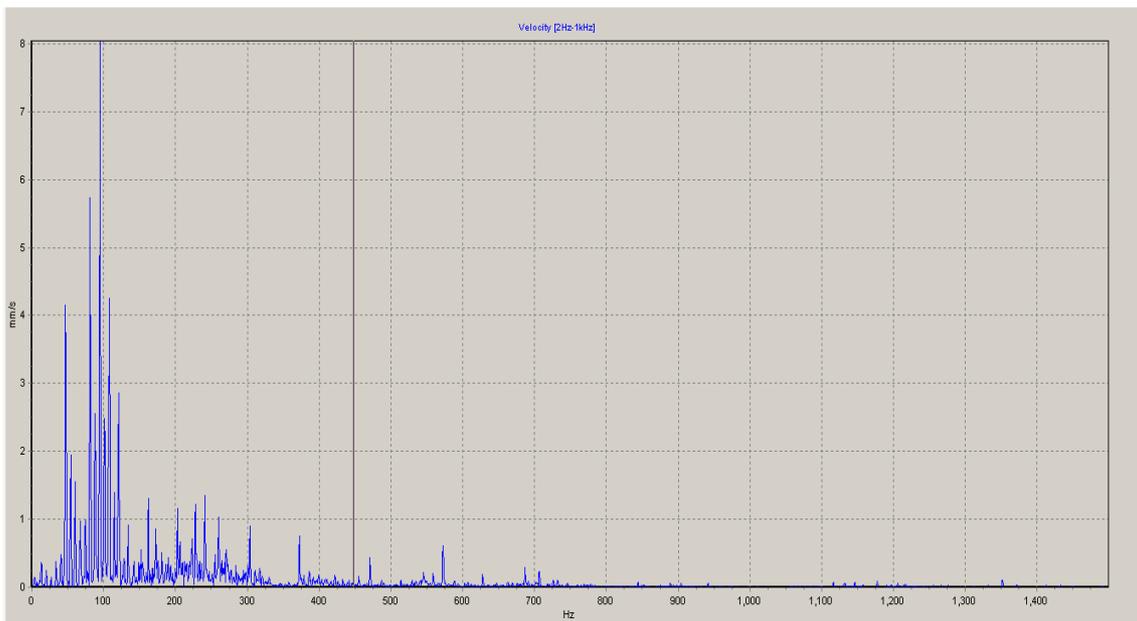


Figura 5.146: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación

BLI 2A

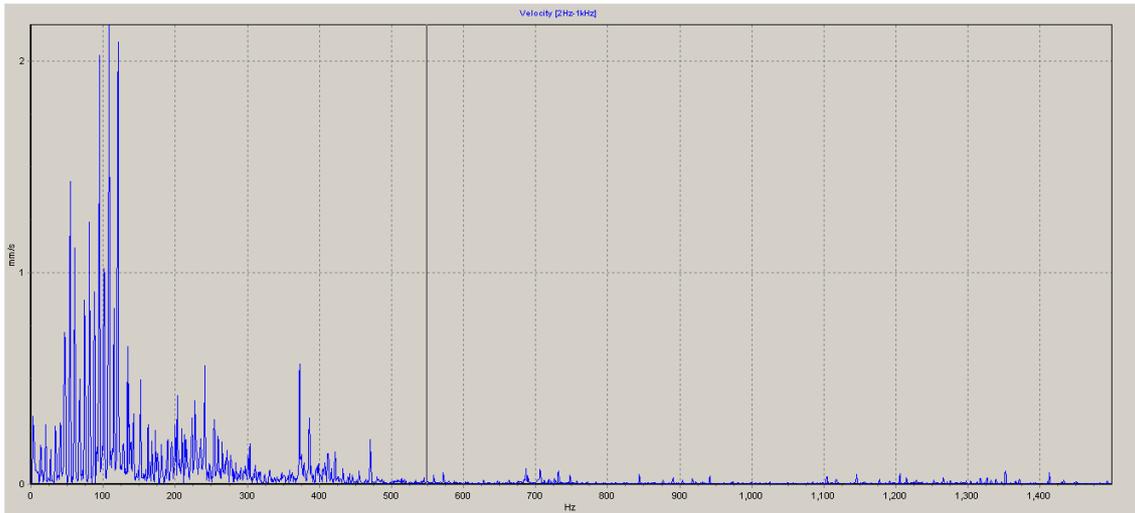


Figura 5.147: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación

BLI 2T

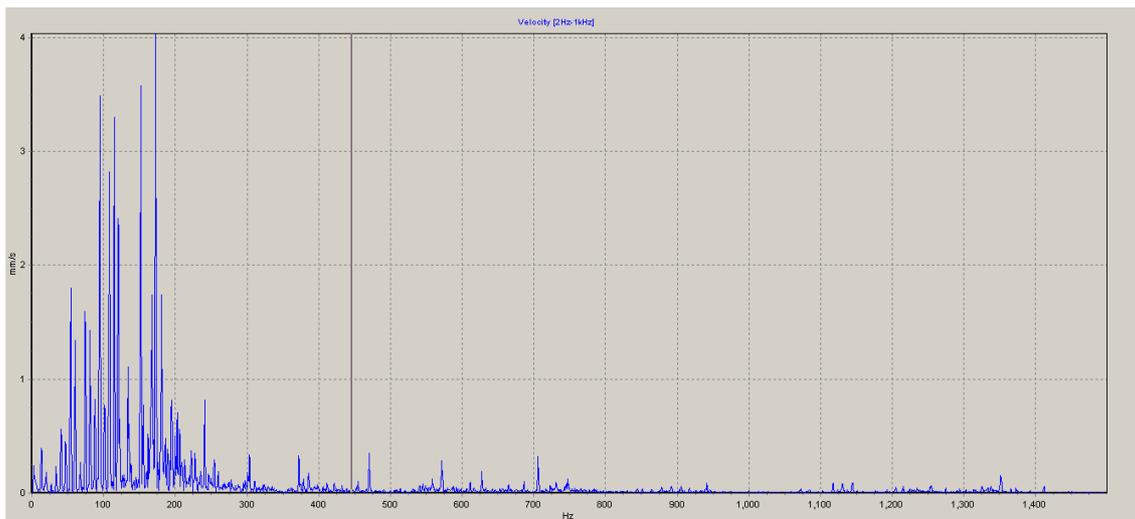


Figura 5.148: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación

Problemas:

- Holgura mecánica en la Base → Por los picos altos desde 3X T.
- Holgura extrema del rodamiento → Debido a que picos altos 0.5X, 1X en el sentido radial.
- Problema de fase eléctrica en el motor → Por esto existe un pico alto a 120Hz.
- Falla en el acople → Debido a pico alto prominente en 3X.

Grupo de Bombeo P 303

Bomba de Polea

MEDICIÓN 1

BP 1R

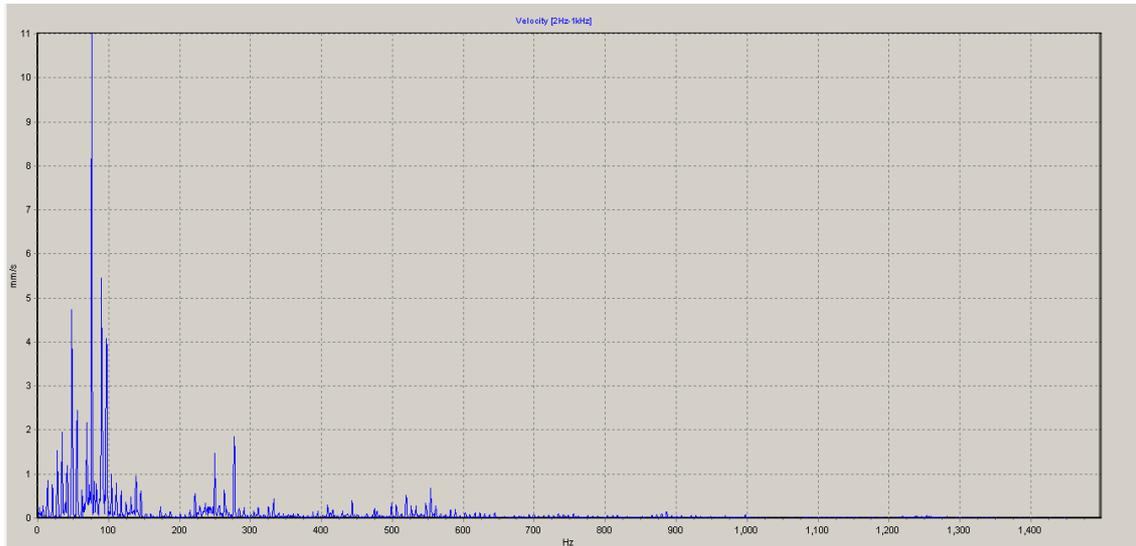


Figura 5.149: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea

BP 1A

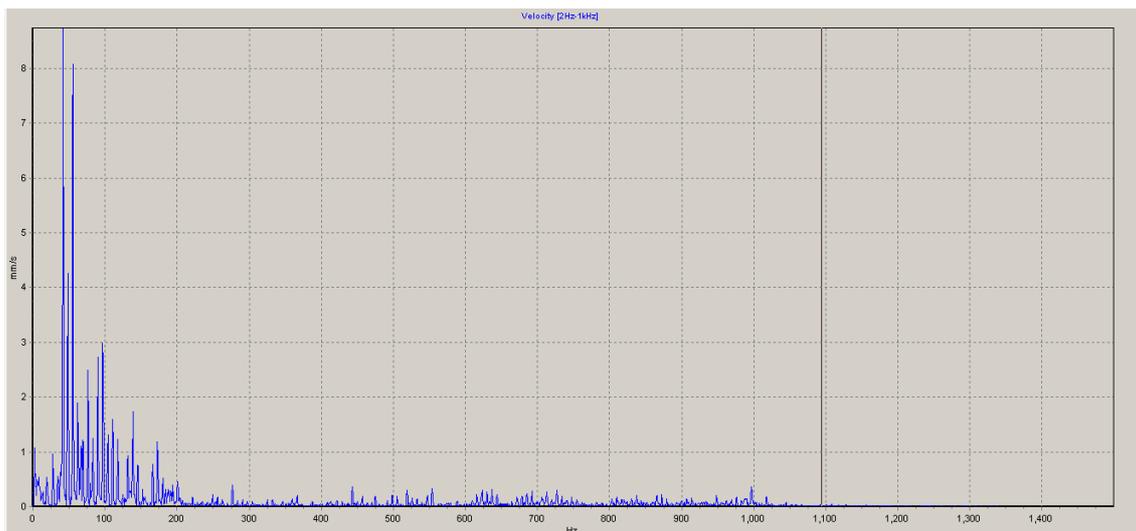


Figura 5.150: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea

BP 1T

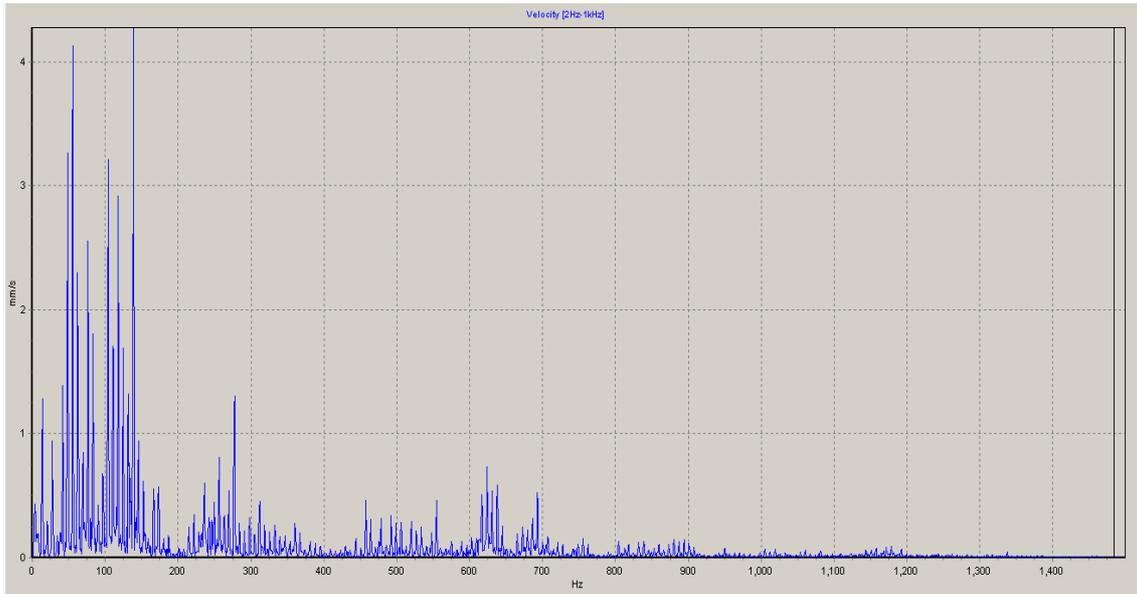


Figura 5.151: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea

BP 2R

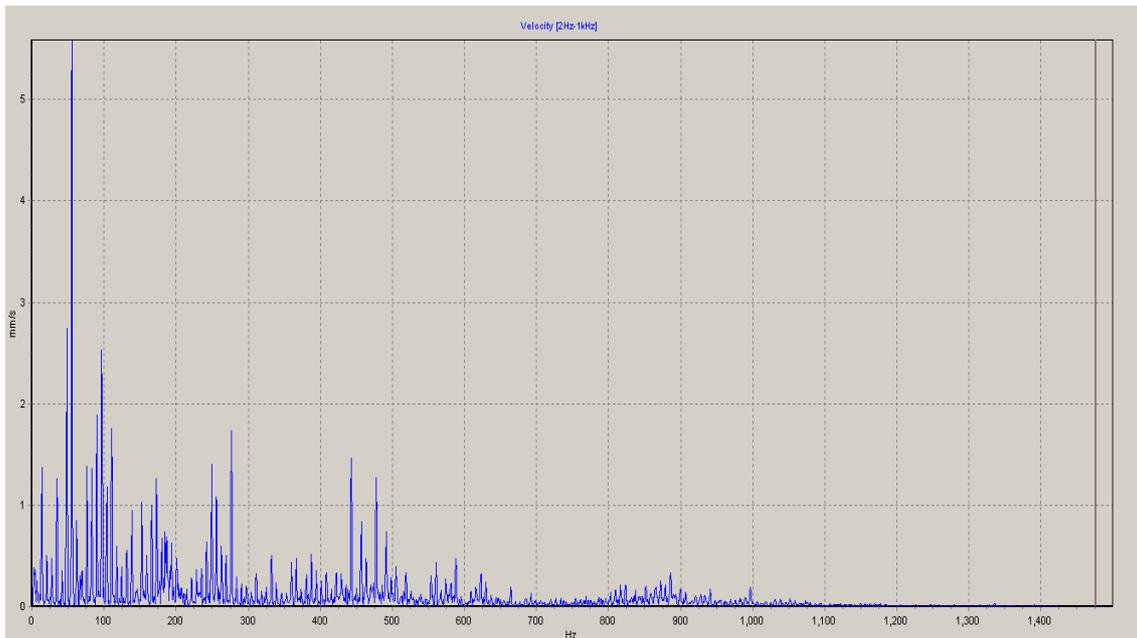


Figura 5.152: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea

BP 2A



Figura 5.153: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea

BP 2T

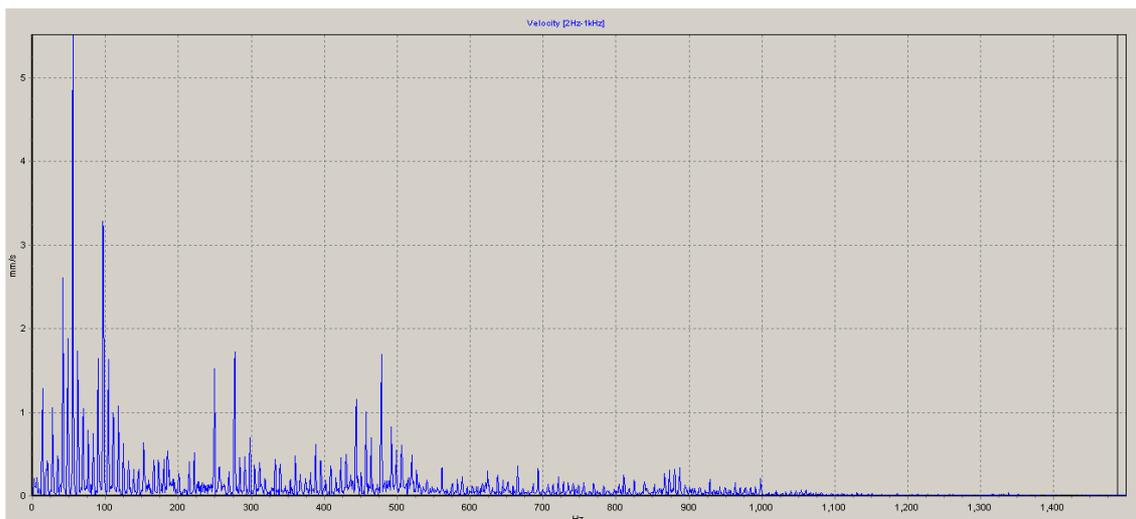


Figura 5.154: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea

Problemas:

- Desalineamiento Combinado → Debido a pico alto a 2XR mayor que 1XR, en uno de los lados de medición de la bomba y 1XA mayor que 1XR o 1XT en ambos lados de la bomba.
- Bandas mal emparejadas → Debido a pico alto a 2BR (Frecuencia de banda) y 2BT, en ambos lados de la bomba. Armónico a 5BT.
- Desalineamiento Paralelo en la polea conductora → Debido a $2XR F_{\text{POLEA CONDUCTORA}}$ o $2XT F_{\text{POLEA CONDUCTORA}}$ mayor a $1XR F_{\text{POLEA CONDUCTORA}}$ o $1XT F_{\text{POLEA CONDUCTORA}}$ en ambos lados de la bomba.

Bomba de Polea

MEDICIÓN 2

BP 1R

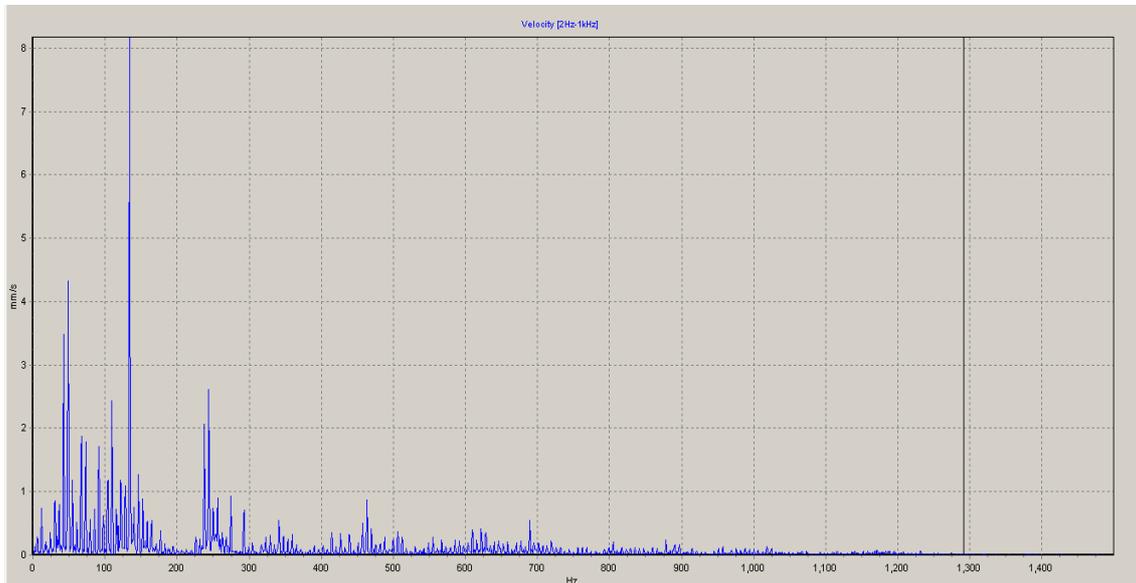


Figura 5.155: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea

BP 1A

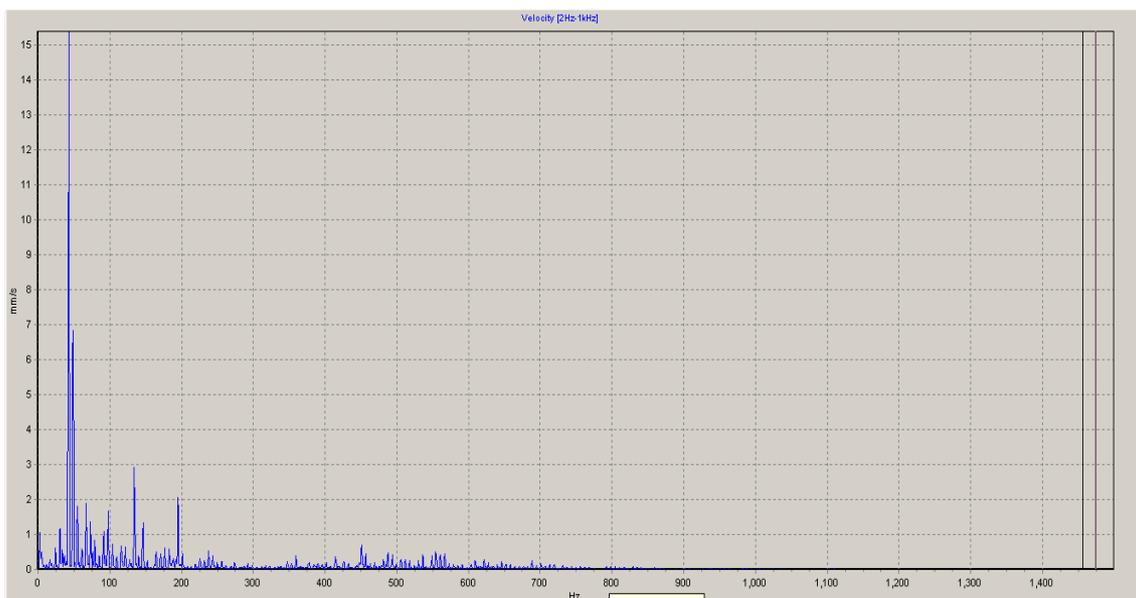


Figura 5.156: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea

BP 1T

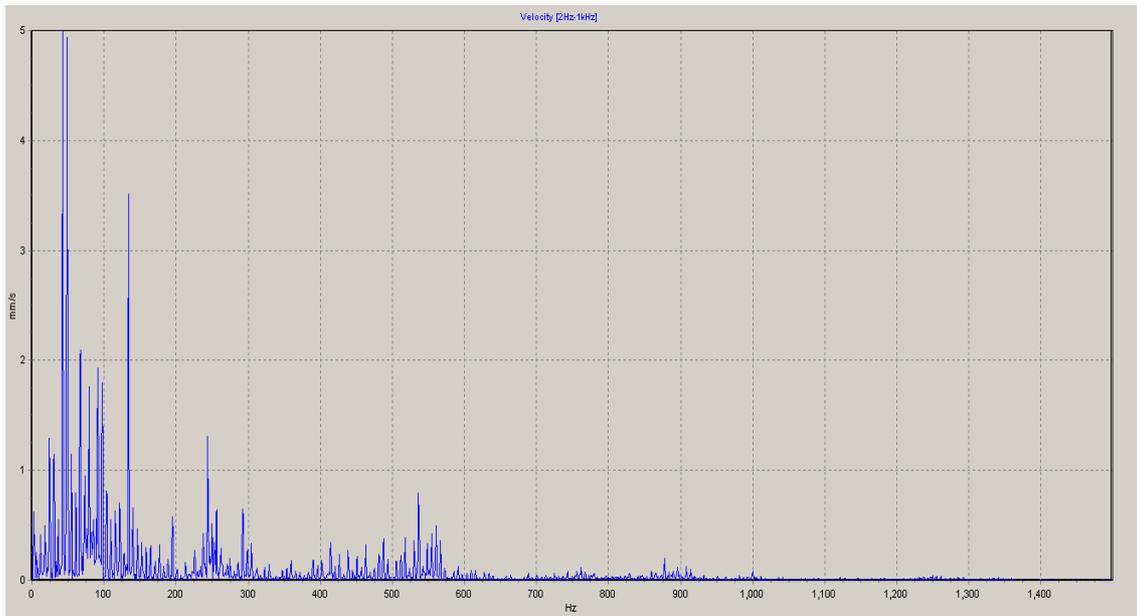


Figura 5.157: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea

BP 2R

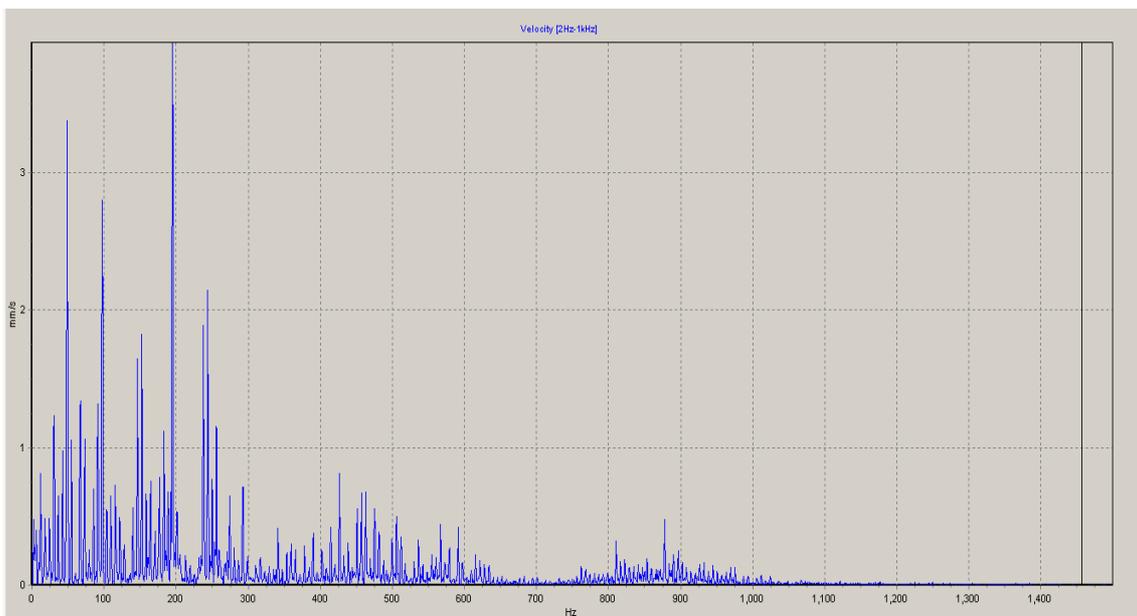


Figura 5.158: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea

BP 2A

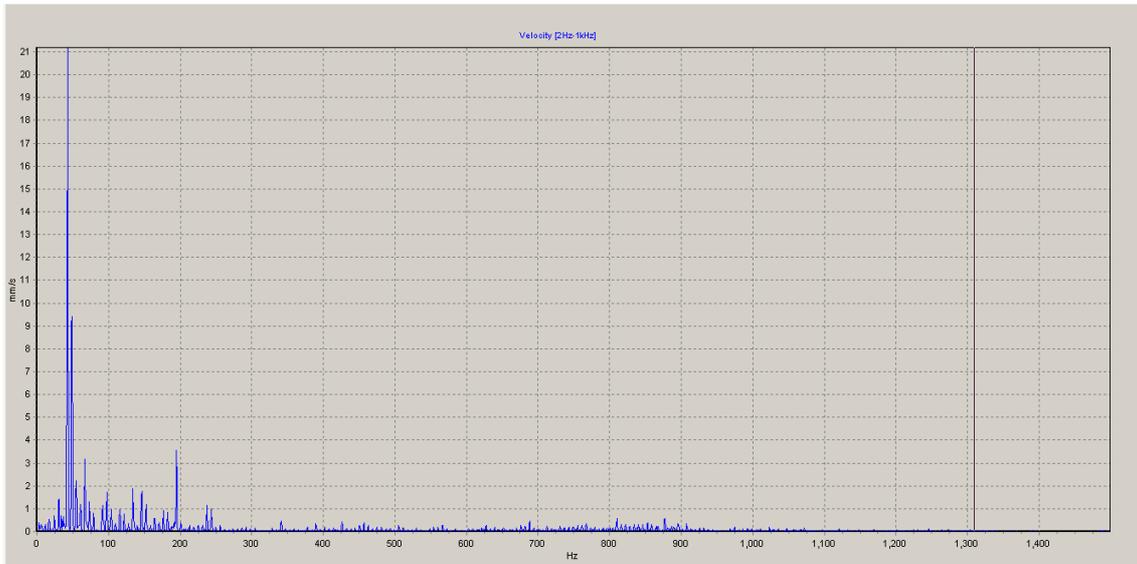


Figura 5.159: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea

BP 2T

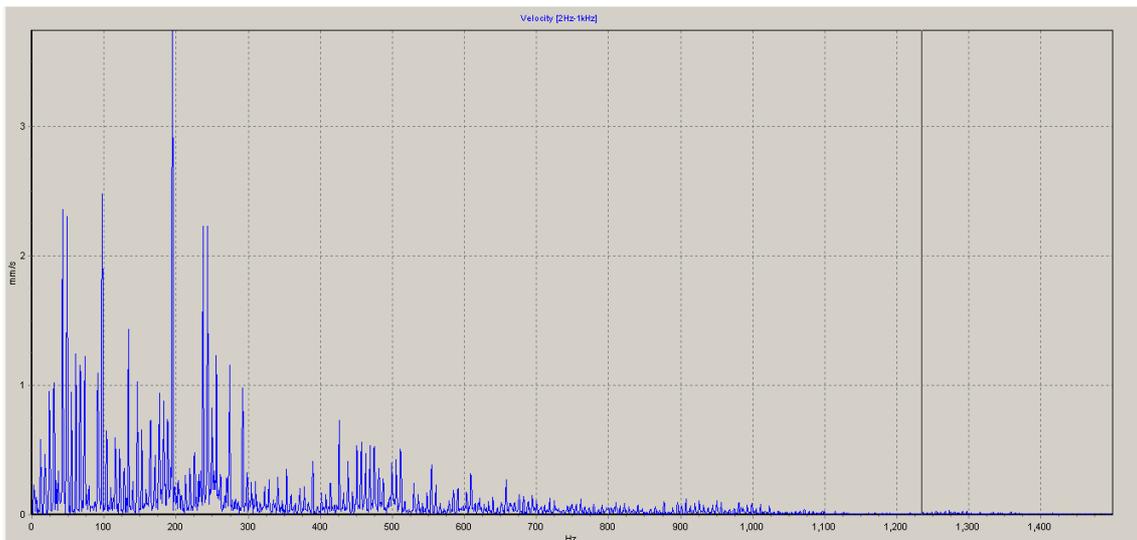


Figura 5.160: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea

Problemas:

- Holgura Mecánica → Debido a pico alto a 4XR, 6XR, 4XA, 4XT y 6XT, en ambos lados de la bomba.
- Falla en la unión de la polea con el sistema de transmisión → Debido a pico alto a 3XR y 3XT, en un solo lado de la bomba.

Bomba de Polea

MEDICIÓN 3

BP 1R

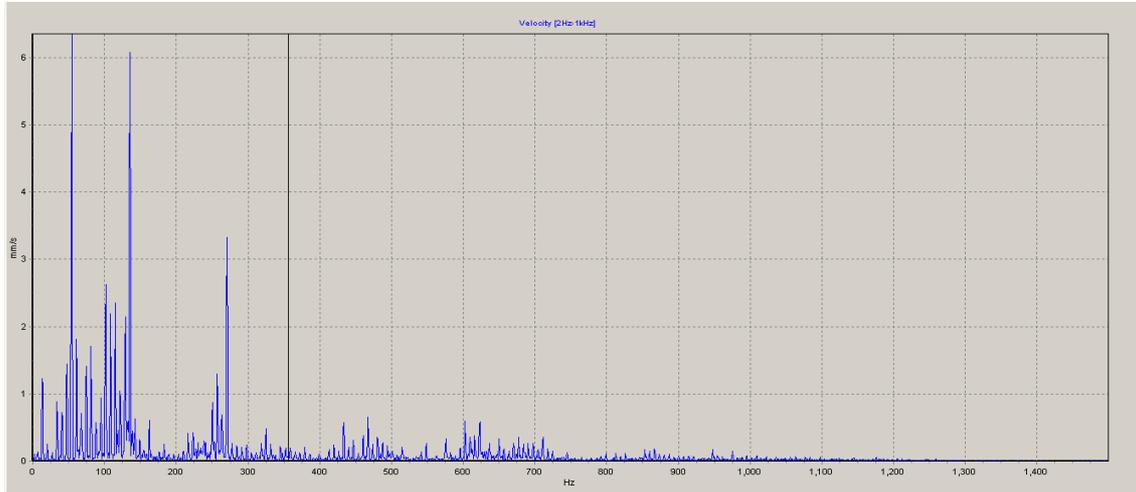


Figura 5.161: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Polea

BP 1A

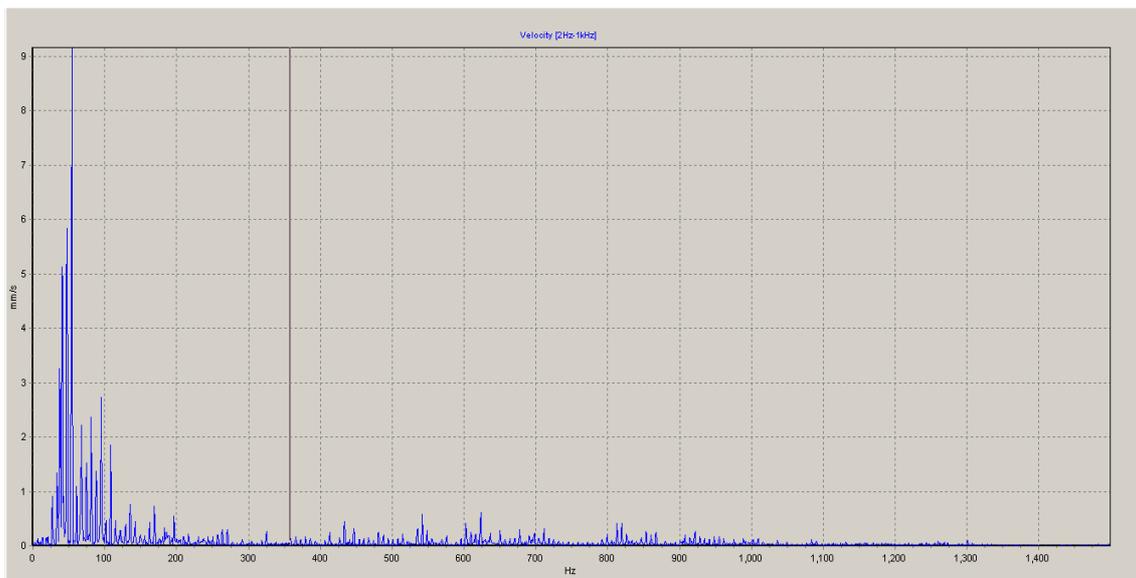


Figura 5.162: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Polea

BP 1T

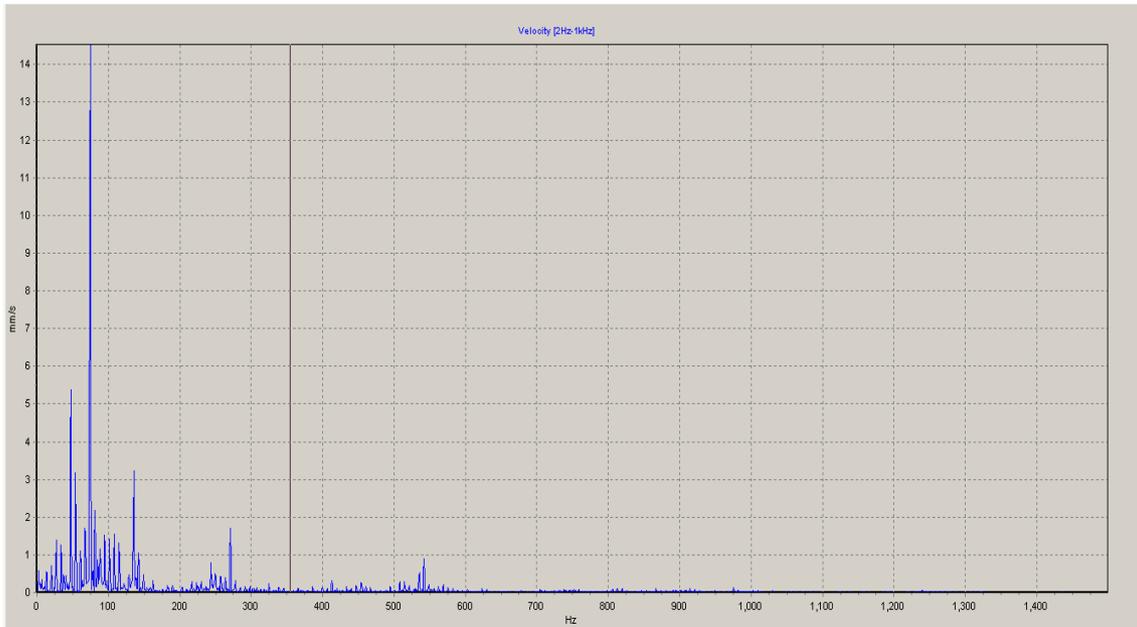


Figura 5.163: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Polea

BP 2R

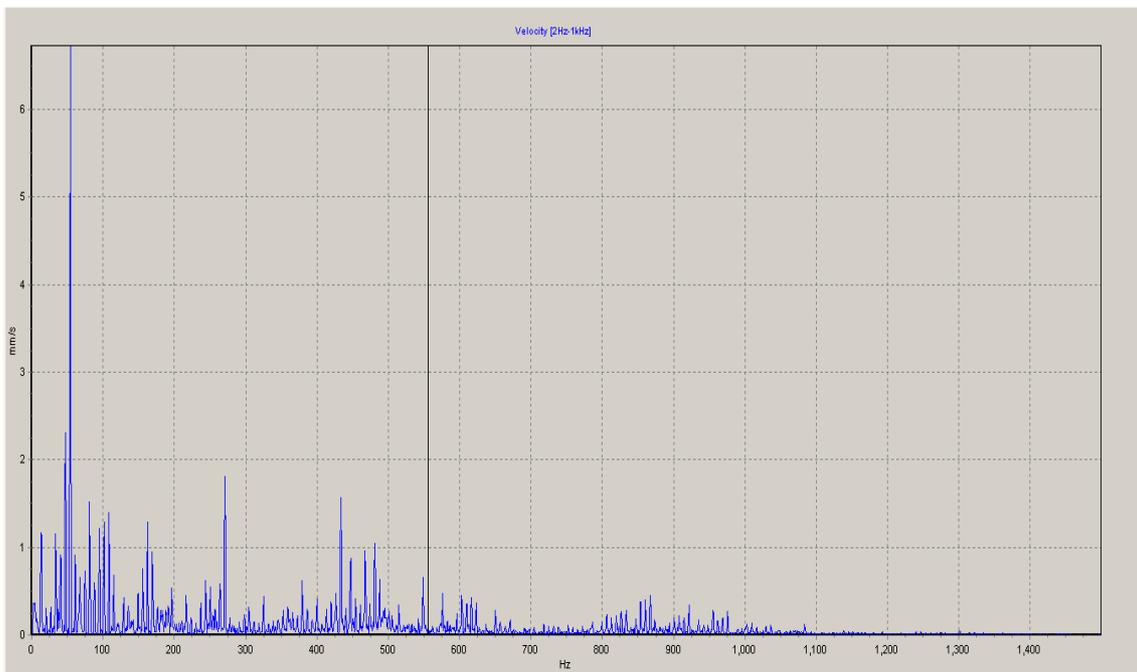


Figura 5.164: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Polea

BP 2A

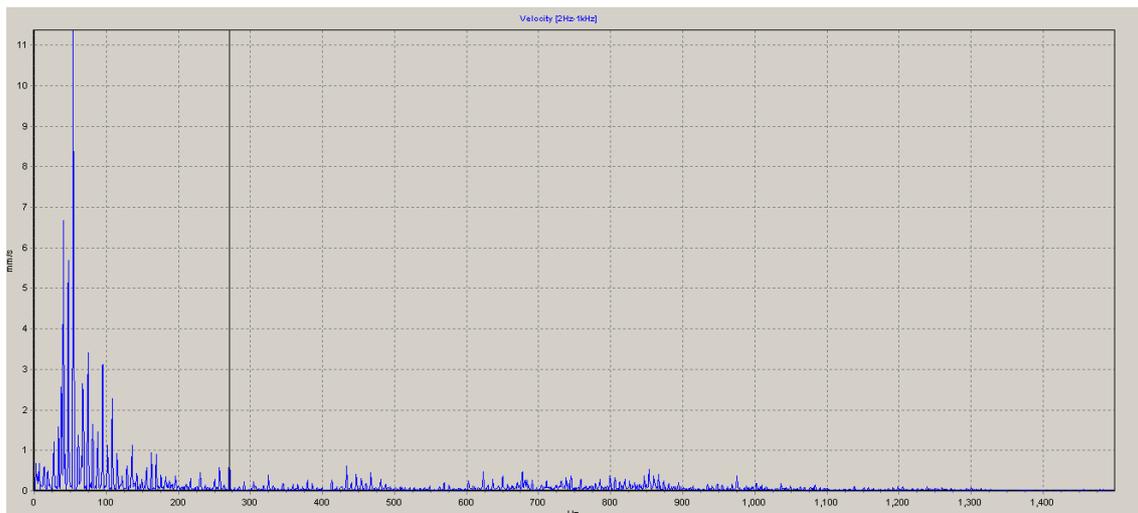


Figura 5.165: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Polea

BP 2T

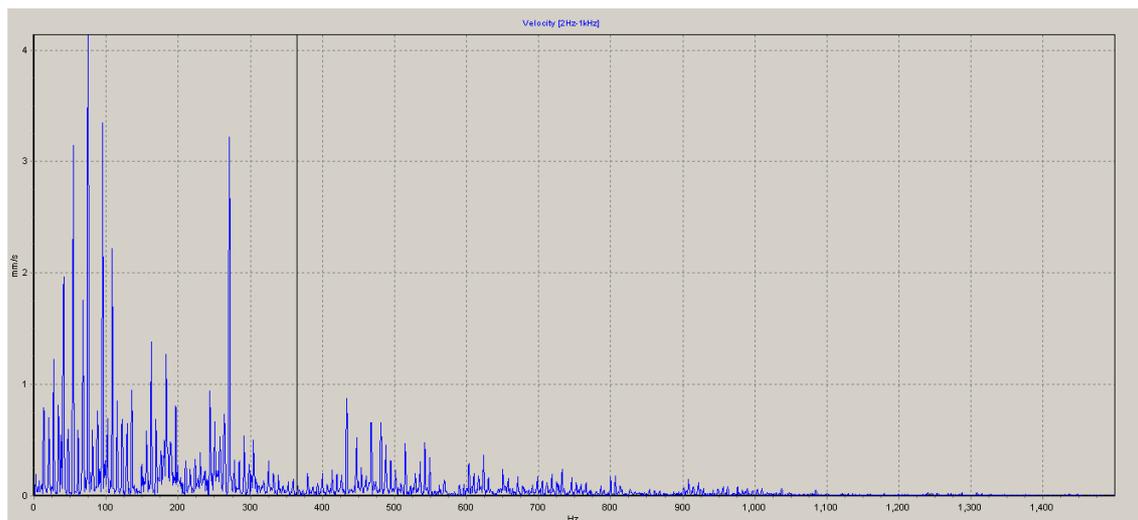


Figura 5.166: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Polea

Problemas:

- Desalineamiento combinado en la bomba → Debido a 2T mayor a 1XT I en un lado de la bomba y 1XA mayor que 1XR en ambos lados de la bomba.
- Paso de álabes de la bomba → Debido a 1XA alto en el sentido radial.
- Falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión → Debido a pico alto en 3X.
- Desalineamiento paralelo en la polea conductora → Debido a que 2X T mayor a 1XT en $F_{\text{POLEA CONDUCTORA}}$.
- Bandas están mal emparejadas y desgastadas → Debido a que 1BR, 2BR alto.

Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1R

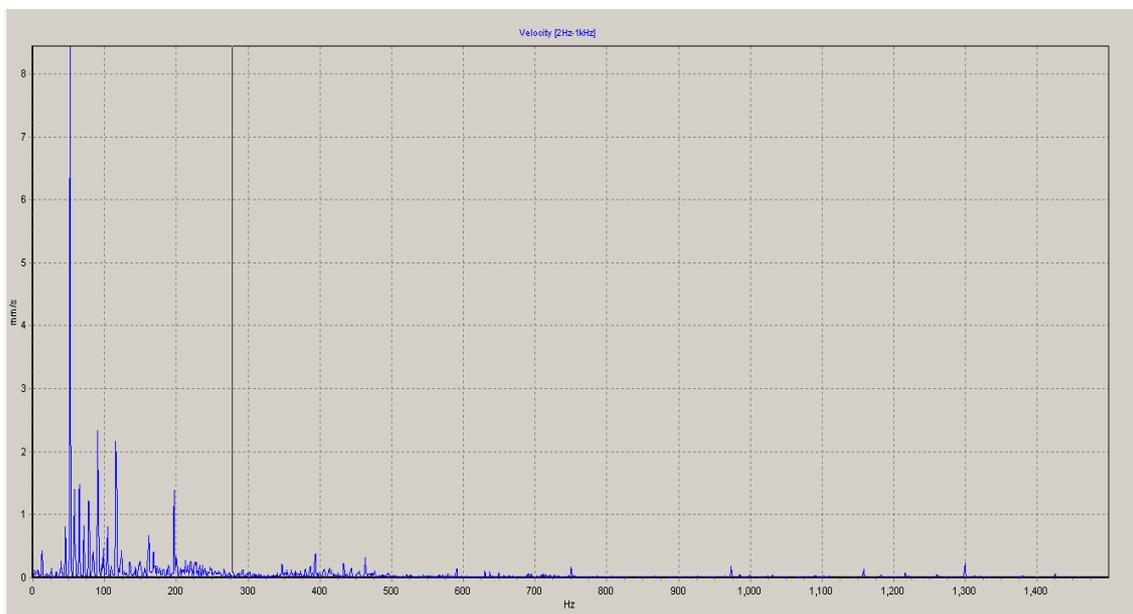


Figura 5.167: Espectro del Punto 1R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1A

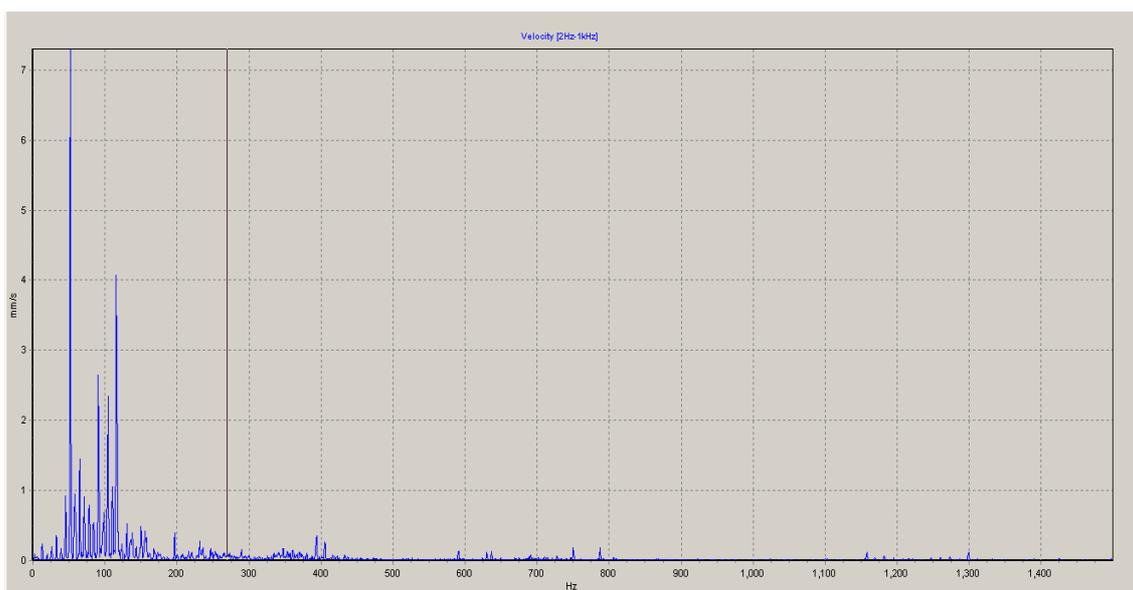


Figura 5.168: Espectro del Punto 1A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 1T

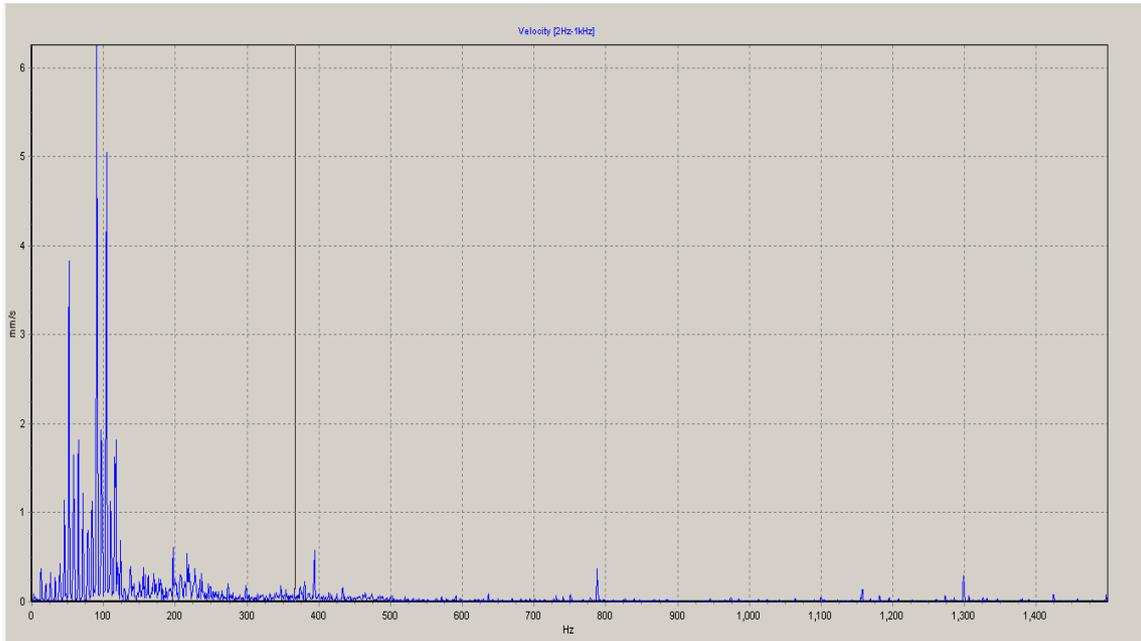


Figura 5.169: Espectro del Punto 1T en el Motor Eléctrico para Lubricación

ML 2R

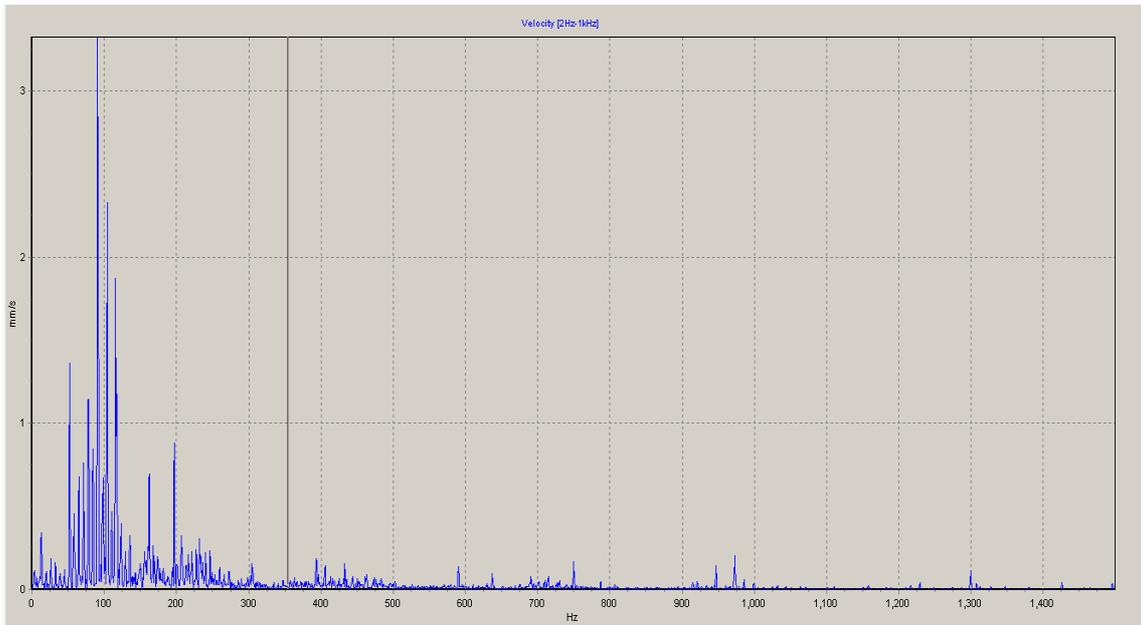


Figura 5.170: Espectro del Punto 2R en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2A

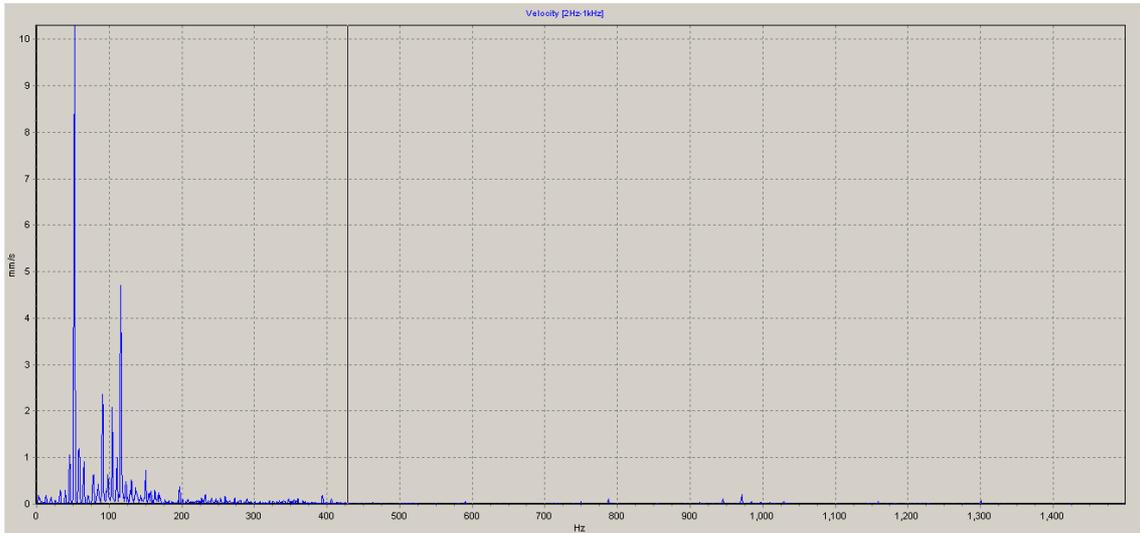


Figura 5.171: Espectro del Punto 2A en el Motor Eléctrico para Lubricación

MLI 2T

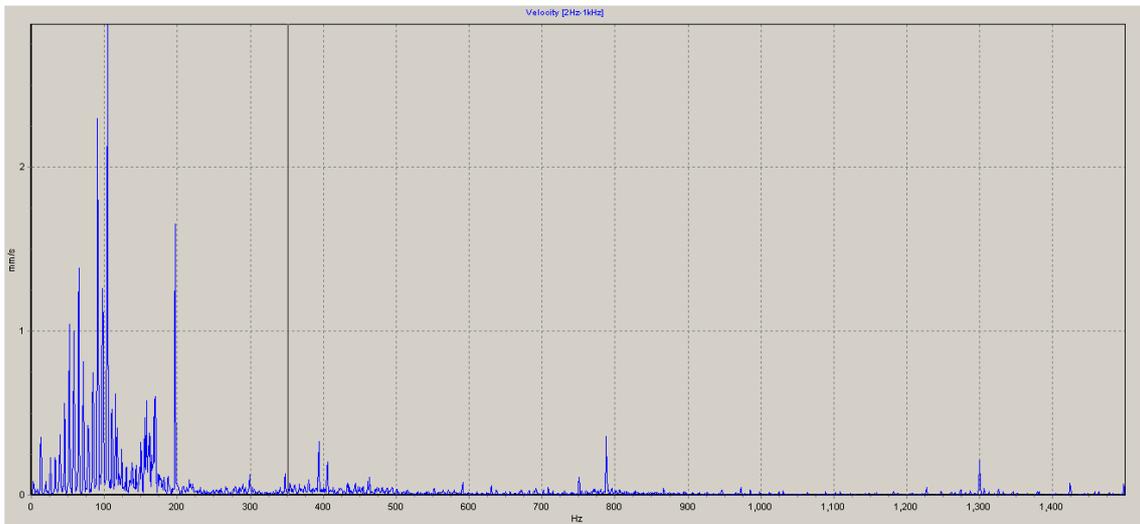


Figura 5.172: Espectro del Punto 2T en el Motor Eléctrico para Lubricación

Problemas:

- Holgura de la base del motor → Debido a picos altos desde 3X en el sentido tangencial.
- Falla en el acople → Debido a picos altos en 3X.

Bomba de Lubricación

BLI 1R

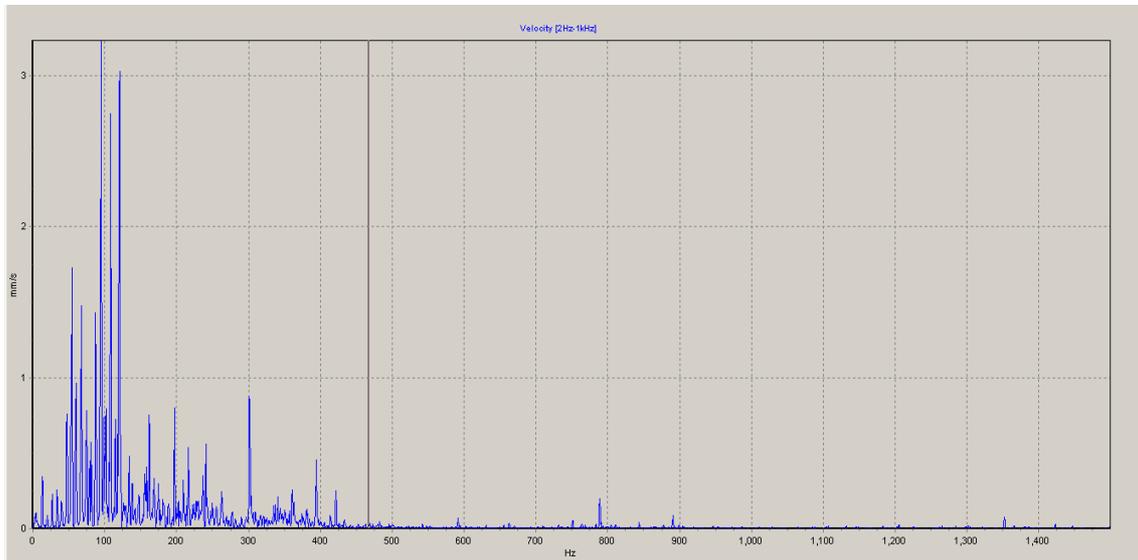


Figura 5.173: Espectro del Punto 1R en la Bomba de Lubricación

BLI 1A

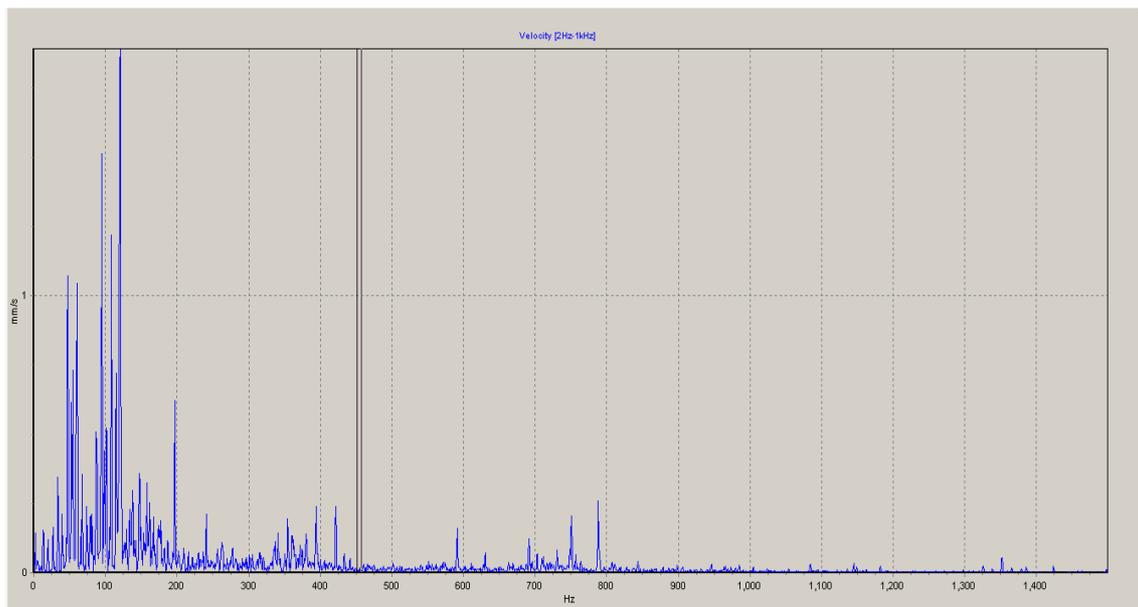


Figura 5.174: Espectro del Punto 1A en la Bomba de Lubricación

BLI 1T

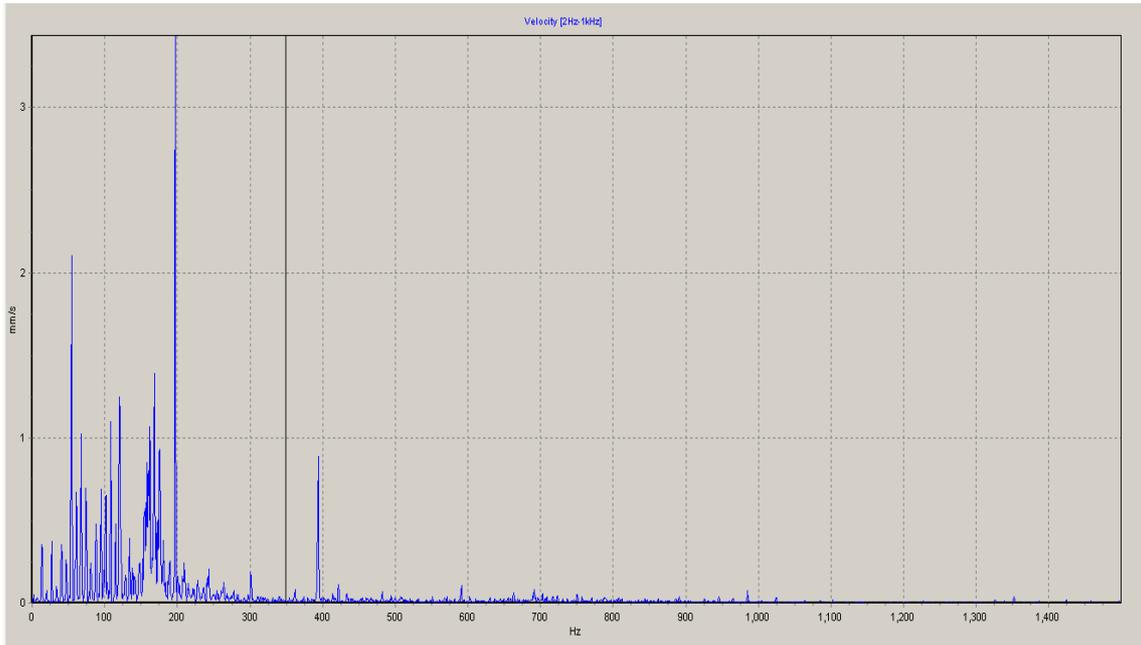


Figura 5.175: Espectro del Punto 1T en la Bomba de Lubricación

BLI 2R

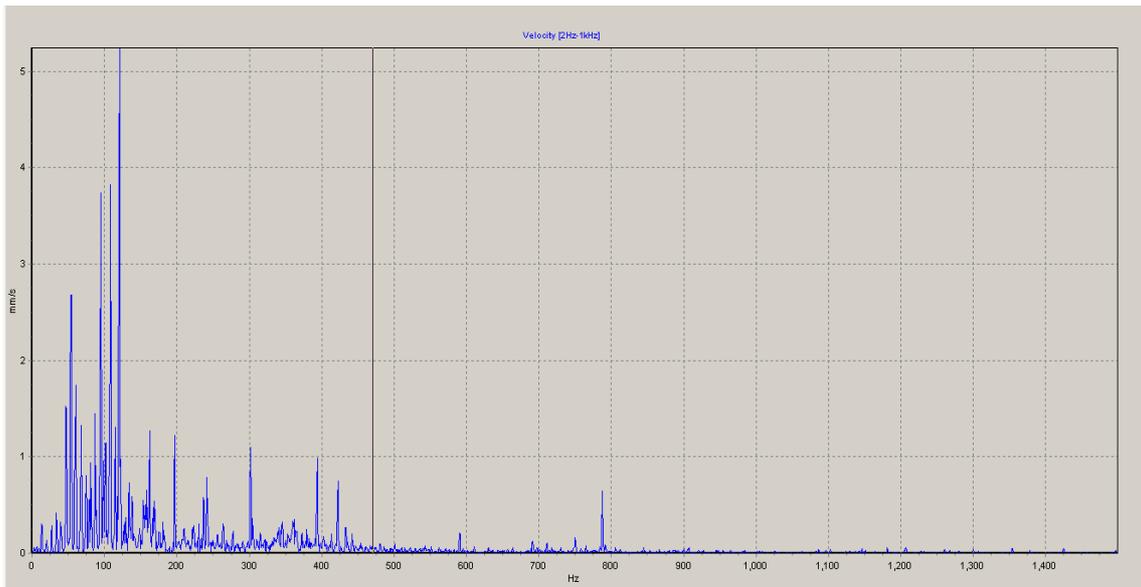


Figura 5.176: Espectro del Punto 2R en la Bomba de Lubricación

BLI 2A

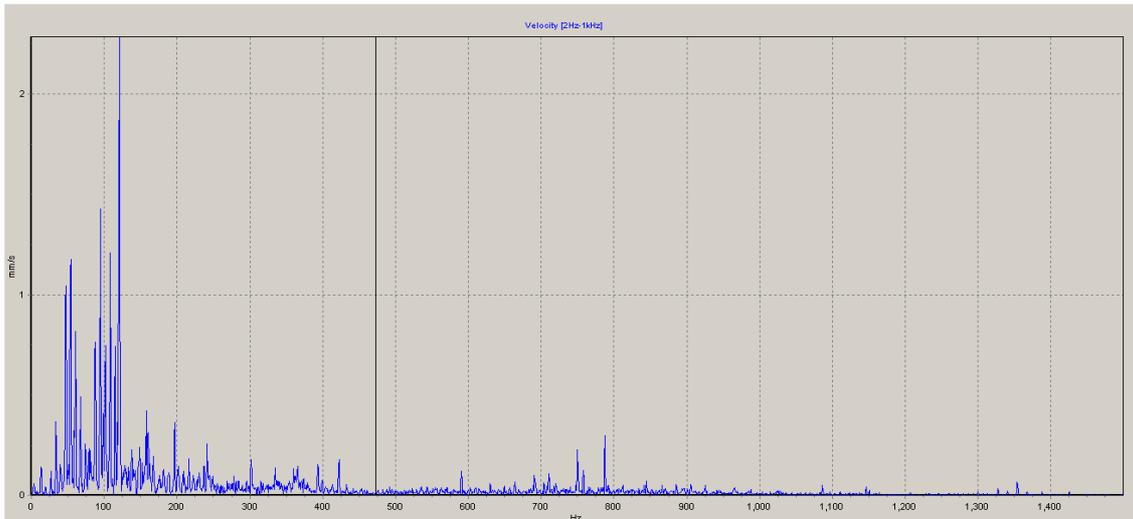


Figura 177: Espectro del Punto 2A en la Bomba de Lubricación

BLI 2T

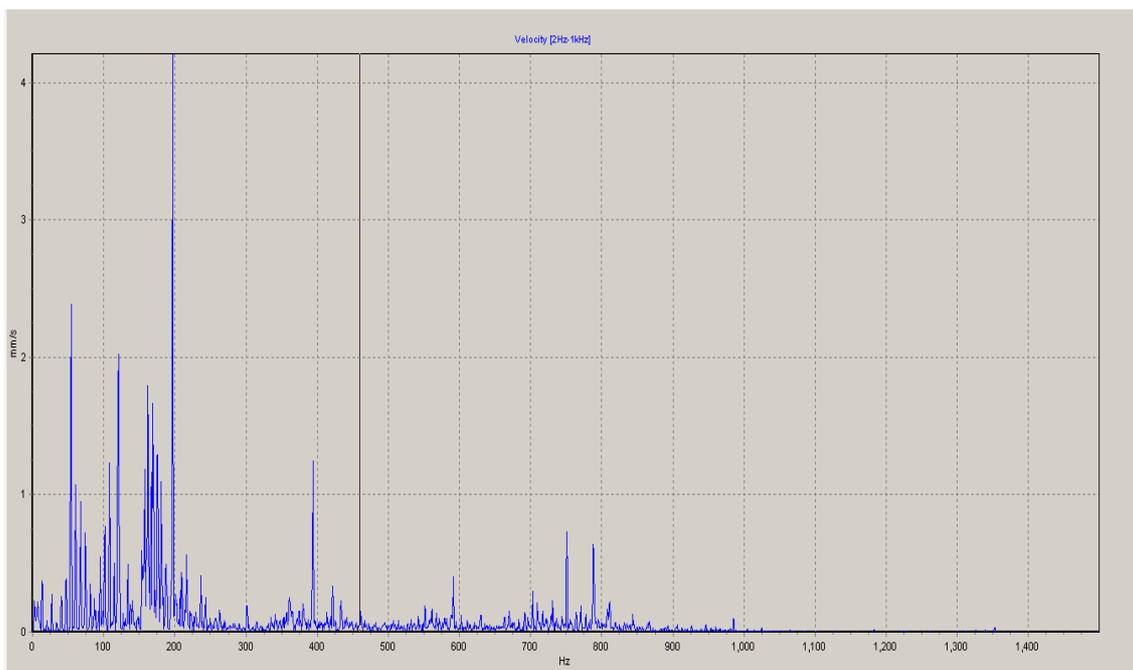


Figura 5.178: Espectro del Punto 2T en la Bomba de Lubricación

Problemas:

- Holgura de la base del motor → Debido a picos altos desde 3X en el sentido tangencial.
- Falla en el acople → Debido a picos elevados en 3X.
- Pico alto en 120 Hz → Debido al problema de fase eléctrica en el motor.
- Paso de ranuras en el motor eléctrico → Debido a pico alto a 197 Hz.

5.3. Evaluación de Resultados y Recomendaciones Respectivas

5.3.1. Evaluación de Resultados de los Equipos Insatisfactorios

Tabla 5.7: PROBLEMAS POR GRUPOS DE LOS EQUIPOS INSATISFACTORIOS

EQUIPOS INSATISFACTORIOS		
GRUPO P 301	Motor Eléctrico del Ventilador	Flecha con Flexión
		Flexibilidad Transversal
	Motor Eléctrico para Lubricación	Falla de acoples
		Problema de Ranuras en el estator del motor.
Bomba de Lubricación	Falla de acoples	
GRUPO P 302	Motor Eléctrico del Ventilador	Flexibilidad Transversal
	Incrementador	Desalineamiento Angular
	Bomba Guinard	Desalineamiento Combinado
		Rodamiento Desalineado
GRUPO P 303	Turbocompresor	Rozamientos
	Motor Eléctrico para Lubricación	Holgura Mecánica
		Falla de acople
		Problema de Ranuras en el estator del motor.
		Problema de Fase Eléctrica
	Bomba de Lubricación	Holgura Mecánica
		Falla de acople
	Bomba Guinard	Desalineamiento Combinado
		Rozamiento
		Problema en los álabes

5.3.1.1. Evaluación de Problemas del Grupo P 301

Motor Eléctrico del Ventilador:

- La Flexibilidad Transversal se debe a un debilitamiento de la base por un trabajo continuo al que está sometido el equipo, o a que un perno de la base está flojo.

Recomendación: Realizar el ajuste de los pernos de sujeción observando que la bancada no presente irregularidades en la superficie de modo que al apretar los pernos de anclaje se genere una deformación. Además verificar que el estado de la estructura no presente corrosión o fisuras las cuales implicaría un refuerzo de la estructura o el cambio total de la misma.

- La flecha con flexión se debe a que el eje del motor se coloca a presión al eje del ventilador, es decir no existe un acoplamiento entre los dos ejes. El único soporte para este eje en voladizo es el rodamiento del motor.

Recomendación: Colocar un soporte en uno de los lados del eje del ventilador.

Motor Eléctrico para Lubricación:

- La falla del acople tiene relación a un desgaste del mismo debido al trabajo continuo al que está sometido y a la falta de inspección periódica. Si este problema persiste, puede existir una falla mayor que puede provocar un daño total al equipo.

Recomendación: El acople flexible utilizado entre el motor y bomba de lubricación permite cierta desalineación radial y angular. Se debe tener en cuenta estos valores para que no se desarrollen tensiones significativas por flexión en el eje y evitar cargas en los rodamientos, por lo tanto se prolongará la vida del equipo y se garantizará un funcionamiento sin problemas de acoplamiento.

- El problema de ranuras se puede presentar tanto en el estator como en el rotor del motor eléctrico, en este caso en específico, este problema se da en el estator del motor, causado por el rozamiento del rotor con las ranuras del estator. Debido a que el espectro no revela daños en el rodamiento o desbalanceo del rotor, se considera que este problema de paso de ranuras está en su etapa inicial.

Además la sensibilidad del transductor permitió captar el mismo problema en las mediciones de la bomba acoplada al motor.

Recomendación: Verificar que el núcleo de chapas del estator esté correctamente sujeto a la carcasa, caso contrario, volver a soldar o prensar por medio de una lámina de acero.

Bomba de Lubricación:

- La falla del acople, que muestra los espectros de la bomba de lubricación, confirman el problema mencionado anteriormente en el motor eléctrico para lubricación, y por lo tanto la recomendación respectiva será la misma.

5.3.1.2. Evaluación de Problemas del Grupo P 302

Motor Eléctrico del Ventilador:

- La Flexibilidad Transversal se debe a un debilitamiento de la base por un trabajo continuo al que está sometido el equipo, o a que un perno de la base está flojo. De persistir esta flexibilidad, se presentará un problema en el eje común al motor y ventilador.

Recomendación: Realizar el ajuste de los pernos de sujeción observando que la bancada no presente irregularidades en la superficie que impida un correcto apriete de los pernos de anclaje. Además verificar que el estado de la estructura no presente corrosión o fisuras, las cuales implicaría un refuerzo de la estructura o el cambio total de la misma.

Incrementador:

- El desalineamiento angular en el incrementador se debe a que no se ejecuta trabajos de alineación en este equipo al momento de realizar la lubricación en el acople de alta y de baja del incrementador; consecuentemente este problema se presentará en los equipos acoplados al mismo.

Recomendación: Realizar la alineación en el equipo después de efectuar las tareas de lubricación en los acoples de alta y baja del incrementador, con el equipo de alineación láser existente en la empresa. Previo al alineamiento se debe considerar las expansiones térmicas inherentes al proceso de trabajo y revisar el estado y nivelación del anclaje.

Bomba Centrífuga Guinard:

- El desalineamiento combinado en la Bomba Guinard, se debe a que no se ejecuta trabajos de alineación en este equipo al momento de realizar la lubricación en el acople de la Bomba.

Además esta bomba está acoplada a las tuberías de succión y descarga del producto las mismas que ejercen fuerzas de tensión ocasionando este desalineamiento.

- La desalineación del rodamiento, se debe precisamente a que el equipo ya presenta un desalineamiento combinado. Si este problema persiste precipitará la falla del rodamiento.

Recomendación: Realizar la alineación en la bomba después de efectuar las tareas de lubricación en el acople, con el equipo de alineación láser existente en la empresa. Previo al alineamiento se debe considerar las expansiones térmicas inherentes al proceso de trabajo así como las fuerzas transmitidas a la bomba desde las tuberías de succión y descarga y miembros de soporte.

5.3.1.3. Evaluación de Problemas del Grupo P 303

Turbocompresor:

- El rozamiento en el turbocompresor se debe a un contacto leve entre el rodamiento y el eje o entre el rodamiento y el alojamiento del mismo debido a un mal montaje de los rodamientos o a una lubricación deficiente. Si este problema persiste se presentará un desgaste de los rodamientos.

Recomendación: Si entre los periodos que comprenden los cambios de aceite se constata la presencia de espuma en el aceite a través de las mirillas de control, esto significa que el aceite para turbinas está sucio o bien no es el aceite apropiado. En tal caso, deberá efectuarse inmediatamente un cambio del aceite en ambos lados del turbocompresor.

Motor Eléctrico para Lubricación:

- La leve holgura mecánica en el motor denota un aflojamiento en los pernos de la base debido a un trabajo continuo al que está sometido el Grupo de Bombeo. Una holgura más severa permitirá mayores valores de severidad de vibración de los problemas existentes en el motor.

Recomendación: Revisar el estado de la bancada (rajaduras, corrosión). Verificar el estado del anclaje de fijación a la bancada y por último el estado de la cimentación del incrementador que repercute directamente en el anclaje del motor eléctrico de lubricación.

- La falla del acople tiene relación a un desgaste del mismo debido al trabajo continuo al que está sometido y a la falta de inspección periódica. Si este desgaste se mantiene puede provocar un desalineamiento en el equipo.

Recomendación: El acople flexible utilizado entre el motor y bomba de lubricación permite cierta desalineación radial y angular.

Se debe tener en cuenta estos valores para que no se desarrollen tensiones significativas por flexión en el eje y evitar cargas en los rodamientos, por lo tanto se prolongará la vida del equipo y se garantizará un funcionamiento sin problemas de acoplamiento.

- El problema de ranuras en el estator es causado por el rozamiento del rotor con las ranuras del estator. Debido a que el espectro no revela daños en el rodamiento o desbalanceo del rotor, se considera que este problema de paso de ranuras está en su etapa inicial.

Recomendación: Verificar que el núcleo de chapas del estator esté correctamente sujeto a la carcasa, caso contrario, volver a soldar o prensar por medio de una lámina de acero.

- El problema de fase es un problema eléctrico debido a un desgaste del barniz en los bobinados produciendo un recalentamiento de las bobinas que a la vez causa un desfase. O es un problema debido a la pérdida de una fase. El motor continúa trabajando pero con un mayor consumo de energía.

Los problemas de ranuras en el estator y de fase eléctrica se confirman en las mediciones realizadas en la bomba de lubricación.

Recomendación: Utilizar un amperímetro para medir la corriente en las tres fases del motor. Si en una de las tres fases se mide 0A confirma la pérdida de una fase. Si en una de las tres fases se mide un valor significativamente diferente al valor de las 2 fases, confirma un problema en las bobinas, anteriormente explicado.

Bomba de Lubricación:

- Los problemas de una leve holgura mecánica y falla en el acople que muestra los espectros de la bomba de lubricación confirman los problemas mencionados anteriormente en el motor eléctrico para lubricación, y por lo tanto las recomendaciones respectivas serán las mismas.

Bomba Centrífuga Guinard:

- El desalineamiento combinado en la Bomba Guinard, se debe a que no se ejecuta trabajos de alineación en este equipo al momento de realizar la lubricación en el acople de la Bomba.

Además esta bomba está acoplada a las tuberías de succión y descarga del producto las mismas que ejercen fuerzas de tensión ocasionando este desalineamiento.

Recomendación: Realizar la alineación en la bomba después de efectuar las tareas de lubricación en el acople, con el equipo de alineación láser existente en la empresa. Previo al alineamiento se debe considerar las expansiones térmicas inherentes al proceso de trabajo así como las fuerzas transmitidas a la bomba desde las tuberías de succión y descarga y miembros de soporte.

- El rozamiento se debe a un contacto leve entre el rodamiento y el eje o entre el rodamiento y el alojamiento del mismo debido a un mal montaje de los rodamientos, a la desalineación presente en la bomba o a una lubricación deficiente. Si este problema persiste se presentará un desgaste de los rodamientos.

Recomendación: Si entre los periodos que comprenden los cambios de aceite se constata la presencia de espuma en el aceite a través de las mirillas de control, esto significa que el aceite está sucio o bien no es el aceite apropiado. En tal caso, deberá efectuarse inmediatamente un cambio del aceite.

- El problema de álabes se debe a un desgaste de los mismos por el impacto que recibe de los sedimentos que se encuentran suspendidos en el producto que se bombea. El desgaste progresivo de los mismos influirá en el funcionamiento inadecuado de la bomba.

Recomendación: Debido al tiempo de funcionamiento no se puede realizar trabajos de recuperación en los álabes utilizando masillas epóxicas o trabajos de reparación por medio de soldadura, por lo cual se debe efectuar el cambio total del rotor.

5.3.2. Evaluación de Resultados de los Equipos Inaceptables

Tabla 5.8: PROBLEMAS POR GRUPOS DE LOS EQUIPOS INACEPTABLES

EQUIPOS INACEPTABLES		
GRUPO	EQUIPO	PROBLEMAS
GRUPO P 301	Bomba de Polea	Desalineamiento Combinado
		Falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión
		Problema de álabes
		Bandas mal emparejadas
		Desalineamiento paralelo de la polea activadora
	Motor Eléctrico del Ventilador	Flexibilidad Transversal
		Flecha con flexión
	Motor de Lubricación	Falla de Acoples
		Problema de fase eléctrica
		Problema de ranuras en el estator del motor
	Bomba de Lubricación	Falla de Acoples
	Bomba Guinard	Flexibilidad Transversal
Desalineamiento Combinado		
Rozamiento		
GRUPO P 302	Bomba de Polea	Holgura Mecánica
		Falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión
		Problema de Álabes
		Bandas mal emparejadas
		Desalineamiento de la polea conductora

	Motor Eléctrico para Lubricación	Holgura Mecánica
		Falla de Acople
		Holgura en el rodamiento
		Problema de Fase Eléctrica
	Bomba de Lubricación	Holgura Mecánica
		Falla de Acoples
Holgura extrema en el rodamiento		
GRUPO P 303	Bomba de Polea	Desalineamiento Combinado
		Holgura Mecánica
		Falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión
		Paso de Alabes
		Bandas mal emparejadas
		Desalineamiento paralelo en la polea conductora
	Motor Eléctrico para Lubricación	Holgura Mecánica
		Falla de Acople
	Bomba de Lubricación	Holgura Mecánica
		Falla de Acople

5.3.2.1. Evaluación de Problemas del Grupo P 301

Bomba de Polea:

- El desalineamiento en la bomba de polea se debe a un mal montaje de la misma respecto al sistema de transmisión banda – polea, además esta bomba está acoplada a las tuberías de refrigeración, las mismas que por su alta temperatura están sometidas a fuerzas de tensión afectando directamente a la bomba de polea ocasionando un desalineamiento combinado.

Recomendación: Durante el montaje verificar que el contacto entre la bomba y las tuberías sea compacto en los lados de succión y descarga, así como en el lado del sistema de transmisión. También es necesario considerar las expansiones térmicas inherentes al proceso de trabajo así como las fuerzas transmitidas a la bomba desde las tuberías de refrigeración.

- La falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión tiene relación a las fuerzas ejercidas durante el trabajo continuo de la bomba de polea y a la falta de inspección periódica. Si este problema persiste, puede existir una falla mayor que puede provocar un daño total al equipo.

Recomendación: Al verificar que el contacto entre la bomba y las tuberías sea compacto en los lados de succión y descarga, así como en el lado del sistema de transmisión, se eliminarán tensiones innecesarias que afecten el estado de la bomba.

Además se recomienda realizar las tareas respectivas de lubricación en la bomba.

- El problema de álabes se debe a un desgaste de los mismos por el impacto que recibe de los sedimentos que se encuentran suspendidos en el agua utilizada para la refrigeración debido a que no es tratada; además este deterioro de álabes es consecuencia del trabajo continuo al que está sometido el equipo. El desgaste progresivo de los mismos influirá en el funcionamiento inadecuado de la bomba.

Recomendación: Realizar trabajos de recuperación en los álabes utilizando masillas epóxicas o trabajos de reparación por medio de soldadura. Si el estado de desgaste de los álabes es prominente, proceder al cambio inmediato.

- Las bandas mal emparejadas, desgastadas o estiradas, se debe a un procedimiento empírico para el ajuste de bandas en las poleas. Para este problema también influye el desalineamiento tanto de la polea conductora como del equipo.

Recomendación: Realizar el alineamiento tanto del equipo como de la polea conductora y tensionar las bandas a través del rodillo tensor con un torque aproximado de 100 Nm. Las correas trapezoidales deberían hundirse de 3 a 4 mm al ejercer presión sobre las mismas.

- El desalineamiento paralelo de la polea conductora se debe a un desalineamiento en alguno de los elementos del tren de engranajes.

Recomendación: Verificar el correcto funcionamiento del mecanismo de engranajes, observar posibles desgastes en la ruedas dentadas que impida el correcto contacto entre los dientes y por ende un desalineamiento del mecanismo.

Motor Eléctrico del Ventilador:

- La Flexibilidad Transversal se debe a un debilitamiento de la base por un trabajo continuo al que está sometido el equipo, o a que un perno de la base está flojo.

Recomendación: Realizar el ajuste de los pernos de sujeción observando que la bancada no presente irregularidades en la superficie de modo que al apretar los pernos de anclaje se genere una deformación. Además verificar que el estado de la estructura no presente corrosión o fisuras las cuales implicaría un refuerzo de la estructura o el cambio total de la misma.

- La flecha con flexión se debe a que el eje del motor se coloca a presión al eje del ventilador, es decir no existe un acoplamiento entre los dos ejes. El único soporte para este eje en voladizo es el rodamiento del motor.

Recomendación: Colocar un soporte en uno de los lados del eje del ventilador.

Motor Eléctrico para Lubricación:

- La falla del acople tiene relación a un desgaste del mismo debido al trabajo continuo al que está sometido y a la falta de inspección periódica. Si este desgaste se mantiene puede provocar un desalineamiento en el equipo.

Recomendación: El acople flexible utilizado entre el motor y bomba de lubricación permite cierta desalineación radial y angular. Se debe tener en cuenta estos valores para que no se desarrollen tensiones significativas por flexión en el eje y evitar cargas en los rodamientos, por lo tanto se prolongará la vida del equipo y se garantizará un funcionamiento sin problemas de acoplamiento.

- El problema de ranuras en el estator es causado por el rozamiento del rotor con las ranuras del estator. Debido a que el espectro no revela daños en el rodamiento o desbalanceo del rotor, se considera que este problema de paso de ranuras está en su etapa inicial.

Recomendación: Verificar que el núcleo de chapas del estator esté correctamente sujeto a la carcasa, caso contrario, volver a soldar o prensar por medio de una lámina de acero.

- El problema de fase es un problema eléctrico debido a un desgaste del barniz en los bobinados produciendo un recalentamiento de las bobinas que a la vez causa un desfase. O es un problema debido a la pérdida de una fase. El motor continúa trabajando pero con un mayor consumo de energía.

Los problemas de ranuras en el estator y de fase eléctrica se confirman en las mediciones realizadas en la bomba de lubricación.

Recomendación: Utilizar un amperímetro para medir la corriente en las tres fases del motor. Si en una de las tres fases se mide 0A confirma la pérdida de una fase. Si en una de las tres fases se mide un valor significativamente diferente al valor de las 2 fases, confirma un problema en las bobinas, anteriormente explicado.

Bomba de Lubricación:

- La falla del acople, que muestra los espectros de la bomba de lubricación, confirman el problema mencionado anteriormente en el motor eléctrico, por lo tanto la recomendación respectiva será la misma.

Bomba Centrífuga Guinard:

- La Flexibilidad Transversal se debe a que algún perno de la base está flojo debido a un trabajo continuo al que está sometido el Grupo de Bombeo. Esta Flexibilidad Transversal agrava los problemas presentes en la bomba, como el desalineamiento combinado.

Recomendación: Realizar el ajuste de los pernos de sujeción observando que la bancada no presente irregularidades en la superficie que impida un correcto ajuste de los pernos de anclaje. Además verificar que el estado de la estructura no presente corrosión o fisuras.

- El desalineamiento combinado en la Bomba Guinard, se debe a que no se ejecuta trabajos de alineación en este equipo al momento de realizar la lubricación en el acople de la Bomba. Además esta bomba está acoplada a las tuberías de succión y descarga del producto las

mismas que ejercen fuerzas de tensión ocasionando este desalineamiento. Este problema afecta tanto al acople como a los rodamientos provocando el desgaste de los mismos.

Recomendación: Realizar la alineación en la bomba después de efectuar las tareas de lubricación en el acople, con el equipo de alineación láser existente en la empresa. Previo al alineamiento se debe considerar las expansiones térmicas inherentes al proceso de trabajo así como las fuerzas transmitidas a la bomba desde las tuberías de succión y descarga y miembros de soporte.

- El rozamiento se debe a un contacto leve entre el rodamiento y el eje o entre el rodamiento y el alojamiento del mismo debido a un mal montaje de los rodamientos, a la desalineación presente en la bomba o a una lubricación deficiente. Si este problema persiste se presentará un desgaste de los rodamientos.

Recomendación: Si entre los periodos que comprenden los cambios de aceite se constata la presencia de espuma en el aceite a través de las mirillas de control, esto significa que el aceite está sucio o bien no es el aceite apropiado. En tal caso, deberá efectuarse inmediatamente un cambio del aceite.

5.3.2.2. Evaluación de Problemas del Grupo P 302

Bomba de Polea:

- La Holgura Mecánica se debe a que la bomba de polea no está soportada sobre una estructura rígida, muy necesaria ante un trabajo continuo al que está sometido el Grupo de Bombeo. Una holgura más severa permitirá mayores valores de severidad de vibración de los problemas existentes en la bomba.

Recomendación: Colocar en la bomba de polea una estructura que soporte las tensiones anteriormente explicadas.

- La falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión tiene relación a las fuerzas ejercidas durante el trabajo continuo de la bomba de polea y a la falta de inspección periódica. Si este problema persiste, puede existir una falla mayor que puede provocar un daño total al equipo.

Recomendación: Al verificar que el contacto entre la bomba y las tuberías sea compacto en los lados de succión y descarga, así como en el lado del sistema de transmisión, se eliminarán tensiones innecesarias que afecten el estado de la bomba. Además se recomienda realizar las tareas respectivas de lubricación en la bomba.

- El problema de álabes se debe a un desgaste de los mismos por el impacto que recibe de los sedimentos que se encuentran suspendidos en el agua utilizada para la refrigeración debido a que no es tratada; además este deterioro de álabes es consecuencia del trabajo continuo al que está sometido el equipo. El desgaste progresivo de los mismos influirá en el funcionamiento inadecuado de la bomba.

Recomendación: Realizar trabajos de recuperación en los álabes utilizando masillas epóxicas o trabajos de reparación por medio de soldadura. Si el estado de desgaste de los álabes es prominente, proceder al cambio inmediato.

- Las bandas mal emparejadas, desgastadas o estiradas, se debe a un procedimiento empírico para la colocación de las bandas en las poleas. Para este problema también influye el desalineamiento de la polea conductora.

Recomendación: Realizar el alineamiento tanto del equipo como de la polea conductora y tensionar las bandas a través del rodillo tensor con un torque aproximado de 100 Nm. Las correas trapezoidales deberían hundirse de 3 a 4 mm al ejercer presión sobre las mismas.

- El desalineamiento paralelo de la polea conductora se debe a un desalineamiento en alguno de los elementos del tren de engranajes.

Recomendación: Verificar el correcto funcionamiento del mecanismo de engranajes, observar posibles desgastes en la ruedas dentadas que impida el correcto contacto entre los dientes y por ende un desalineamiento del mecanismo.

Motor Eléctrico para Lubricación

- La holgura mecánica en el motor denota un aflojamiento en los pernos de la base debido a un trabajo continuo al que está sometido el Grupo de Bombeo. Una holgura más severa permitirá mayores valores de severidad de vibración de los problemas existentes en el motor.

- La holgura en el rodamiento se debe a un aumento en la tolerancia entre el rodamiento y el eje del motor por un desgaste, producto del trabajo continuo al que está sometido el Grupo de Bombeo. Este problema a la vez ocasiona un aumento de la holgura mecánica presente en el motor.

Recomendación: Revisar el estado de de la bancada (rajaduras, corrosión). Verificar el estado del anclaje de fijación a la bancada y por último el estado de la cimentación del incrementador que repercute directamente en el anclaje del motor eléctrico de lubricación.

- La falla del acople tiene relación a un desgaste del mismo debido al trabajo continuo al que está sometido y a la falta de inspección periódica. Si este desgaste se mantiene puede provocar un desalineamiento en el equipo.

Recomendación: El acople flexible utilizado entre el motor y bomba de lubricación permite cierta desalineación radial y angular. Se debe tener en cuenta estos valores para que no se desarrollen tensiones significativas por flexión en el eje y evitar cargas en los rodamientos, por lo tanto se prolongará la vida del equipo y se garantizará un funcionamiento sin problemas de acoplamiento.

- El problema de fase es un problema eléctrico debido a un desgaste del barniz en los bobinados produciendo un recalentamiento de las bobinas que a la vez causa un desfase. O es un problema debido a la pérdida de una fase. El motor continúa trabajando pero con un mayor consumo de energía.

Este problema se confirma en las mediciones realizadas en la bomba de lubricación.

Recomendación: Utilizar un amperímetro para medir la corriente en las tres fases del motor. Si en una de las tres fases se mide 0A confirma la pérdida de una fase. Si en una de las tres fases se mide un valor significativamente diferente al valor de las 2 fases, confirma un problema en las bobinas, anteriormente explicado.

Bomba de Lubricación

- Los problemas de holgura mecánica, falla de acoples y holgura en el rodamiento, confirman los problemas anteriormente explicados, por lo tanto las recomendaciones respectivas serán las mismas.

5.3.2.3. Evaluación de Problemas del Grupo P 303

Bomba de Polea

- La Holgura Mecánica se debe a que la bomba de polea no está soportada sobre una estructura rígida, muy necesaria ante un trabajo continuo al que está sometido el Grupo de Bombeo.

Una holgura más severa permitirá mayores valores de severidad de vibración de los problemas existentes en la bomba.

Recomendación: Colocar en la bomba de polea una estructura que soporte las tensiones anteriormente explicadas.

- El desalineamiento en la bomba de polea se debe a un mal montaje de la misma respecto al sistema de transmisión banda – polea, además esta bomba está acoplada a las tuberías de refrigeración, las mismas que por su alta temperatura están sometidas a fuerzas de tensión afectando directamente a la bomba de polea ocasionando un desalineamiento combinado.

Recomendación: Durante el montaje verificar que el contacto entre la bomba y las tuberías sea compacto en los lados de succión y descarga, así como en el lado del sistema de transmisión. También es necesario considerar las expansiones térmicas inherentes al proceso de trabajo así como las fuerzas transmitidas a la bomba desde las tuberías de refrigeración.

- La falla en la unión de la bomba con el sistema de transmisión tiene relación a las fuerzas ejercidas durante el trabajo continuo de la bomba de polea y a la falta de inspección periódica. Si este problema persiste, puede existir una falla mayor que puede provocar un daño total al equipo.

Recomendación: Al verificar que el contacto entre la bomba y las tuberías sea compacto en los lados de succión y descarga, así como en el lado del sistema de transmisión, se eliminarán tensiones innecesarias que afecten el estado de la bomba. Además se recomienda realizar las tareas respectivas de lubricación en la bomba.

- El problema de álabes se debe a un desgaste de los mismos por el impacto que recibe de los sedimentos que se encuentran suspendidos en el agua utilizada para la refrigeración debido a que no es tratada; además este deterioro de álabes es consecuencia del trabajo continuo al

que está sometido el equipo. El desgaste progresivo de los mismos influirá en el funcionamiento inadecuado de la bomba.

Recomendación: Realizar trabajos de recuperación en los álabes utilizando masillas epóxicas o trabajos de reparación por medio de soldadura. Si el estado de desgaste de los álabes es prominente, proceder al cambio inmediato.

- Las bandas mal emparejadas, desgastadas o estiradas, se debe a un procedimiento empírico para la colocación de las bandas en las poleas. Para este problema también influye el desalineamiento tanto de la polea conductora como del equipo.

Recomendación: Realizar el alineamiento tanto del equipo como de la polea conductora y tensionar las bandas a través del rodillo tensor con un torque aproximado de 100 Nm. Las correas trapezoidales deberían hundirse de 3 a 4 mm al ejercer presión sobre las mismas.

- El desalineamiento paralelo de la polea conductora se debe a un desalineamiento en alguno de los elementos del tren de engranajes.

Recomendación: Verificar el correcto funcionamiento del mecanismo de engranajes, observar posibles desgastes en la ruedas dentadas que impida el correcto contacto entre los dientes y por ende un desalineamiento del mecanismo.

Motor Eléctrico para Lubricación:

- La holgura mecánica en el motor denota un aflojamiento en los pernos de la base debido a un trabajo continuo al que está sometido el Grupo de Bombeo. Una holgura más severa permitirá mayores valores de severidad de vibración de los problemas existentes en el motor.

Recomendación: Revisar el estado de de la bancada (rajaduras, corrosión). Verificar el estado del anclaje de fijación a la bancada y por último el estado de la cimentación del incrementador que repercute directamente en el anclaje del motor eléctrico de lubricación.

- La falla del acople tiene relación a un desgaste del mismo debido al trabajo continuo al que está sometido y a la falta de inspección periódica. Si este desgaste se mantiene puede provocar un desalineamiento en el equipo.

Recomendación: El acople flexible utilizado entre el motor y bomba de lubricación permite cierta desalineación radial y angular. Se debe tener en cuenta estos valores para que no se desarrollen tensiones significativas por flexión en el eje y evitar cargas en los rodamientos, por lo tanto se prolongará la vida del equipo y se garantizará un funcionamiento sin problemas de acoplamiento.

Bomba de Lubricación

- Los problemas de holgura mecánica y falla de acoples, confirman los problemas anteriormente explicados, por lo tanto las recomendaciones respectivas serán las mismas.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Luego de efectuar el respectivo análisis sobre el estado técnico de cada uno de los equipos que forman parte de los grupos de bombeo, se determinó que gran parte de los equipos se encontraban en un estado bueno, (MCI, Bombas Guinard y INC P 302) y en un estado regular (INC P 301 y P 303); lo que muestra la efectiva ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo; no obstante es necesario indicar que el plan de mantenimiento para la bomba y el incrementador aún es insuficiente.
- La empresa actualmente lleva un Mantenimiento Preventivo en la mayoría de los equipos que se encuentran dentro de las instalaciones de la Estación “Faisanes” y en sí de todo el poliducto Esmeraldas – Santo Domingo – Quito – Pascuales, cuya administración ha sido buena y esto se ha observado en el regular funcionamiento de los equipos, ya que no han recurrido en paradas que afecten el bombeo de combustibles.
- Es necesario indicar además la existencia de algunas falencias dentro de la gestión, estas son: el acceso al manejo del programa soporte de gestión no es de total disponibilidad para todos los técnicos, y cuando se necesita de esta información se solicita al encargado del programa Main – Tracker la información requerida o se acude a los manuales y catálogos, la inexistencia de un documento que indique las herramientas necesarias para la ejecución de trabajos fomenta un cierto nivel de inseguridad en el manejo de las herramientas; así mismo no hay un control minucioso con el historial de averías, lo que nos ayudaría a llevar un mejor control de las fallas que se presenten en el futuro con los equipos y nos ayudará en el cálculo de nuevas frecuencias para una mayor exactitud en la ejecución de los trabajos preventivos.
- La técnica más acorde al tipo de equipos que forman parte de los grupos de bombeo, al grado de instrucción de los técnicos encargados de ejecutar los trabajos de mantenimiento ayudan a determinar que la técnica de aplicación es el análisis vibracional; debido a que se usa en equipos rotativos para la obtención de una gran diversidad de fallas. El fácil manejo del equipo para efectuar las mediciones favorecen al técnico que realice este trabajo, más no para la interpretación de los resultados y entrega de reportes que realizará el técnico capacitado para ello.

- La ubicación de los puntos donde se realizan la toma de mediciones, son de vital importancia para la correcta lectura de los problemas hallados, estas ubicaciones son visibles, fijas y lo más próximas a los elementos rodantes, cada ubicación fue fijada bajo estos parámetros y están señalados en las respectivas tablas.
- El procedimiento para las tareas de análisis vibracional es sencillo pero tiene una importancia extrema en la ejecución del trabajo, ya que un error en el procedimiento logrará errores en las mediciones, en la interpretación de los resultados y por ende en la corrección de los problemas presentes en los equipos evaluados.
- La programación del mantenimiento predictivo en su técnica análisis vibracional tiene dos partes fundamentales; primeramente se elaboró una tabla donde se registrará las horas reales de trabajo de los grupos de bombeo con el fin de encontrar las fechas exactas para las próximas mediciones y posteriormente se creó una tabla para la programación de esta tarea enfocada a tener un comprimido de las fechas en que se realizó y se realizará dicha tarea.

La importancia de que el técnico encargado deba llenar ciertos datos requeridos radica a que no siempre se bombea un solo producto y la combinación de los grupos para su bombeo no son los mismos; lo cual facilitará la visibilidad de la programación durante un determinado tiempo.

- Para la interpretación de los espectros en los distintos puntos de medición fue necesario evaluar solo los espectros con una severidad de vibración insatisfactorios e inaceptables según las respectivas normas, con lo cual se detectaron problemas de desalineamiento combinado, problemas en los acoples y holguras en las bases en varios de los equipos objetos de estudio. No se puede dejar de lado a problemas en las poleas y bandas en la bomba activada por polea; todos estos problemas repercuten de una u otra forma en el desempeño funcional en los grupos de bombeo y su detección temprana sirve para evitar paradas innecesarias que afectan el bombeo de combustibles.
- Consecuentemente, la técnica de análisis vibracional es una herramienta fundamental para determinar un estado técnico más real de una maquinaria, ya que los grupos de bombeo se someterán a un monitoreo continuo, donde la evaluación de los resultados permite fijar frecuencias más exactas para la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

El empleo de esta técnica junto con un adecuado control del historial de averías facilitará el análisis de la disponibilidad y fiabilidad de los grupos de bombeo, cuando esto se requiera.

6.2. Recomendaciones

- Antes de una implementación de un nuevo tipo de mantenimiento, se debe fortalecer la actual gestión de mantenimiento de tal forma que todos los técnicos del departamento de mantenimiento electromecánico formen parte activa en el uso de la herramienta informática de gestión, para evitar futuros tiempos muertos por el pedido de órdenes de trabajo para la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo y estar listos para la aplicación de un mantenimiento predictivo con la técnica específica de análisis vibracional.
- Al mostrar un sin número de ventajas al incurrir en la implementación de un mantenimiento predictivo, es necesario implementar esta clase de mantenimiento de forma inmediata dentro de la empresa con la técnica de análisis vibracional que ayuda en la detección de muchos problemas; pero sin dejar de lado las otras técnicas que son un gran complemento dentro del mantenimiento predictivo; como el análisis de lubricantes que mediante las muestras de aceite nos permitirá conocer el nivel de desgaste en pares tribológicos con mayor exactitud.

Todo ello con el fin de evitar paradas imprevistas que interrumpan el bombeo diario, elevando la disponibilidad de los equipos que se encuentren en stand – by y reduciendo los costos en repuestos ya que se cambian los repuestos en el momento indicado sin caer en un sub - mantenimiento o un sobre – mantenimiento con los riesgos que esto acarrea.

- En caso de implementar un mantenimiento predictivo con su técnica análisis vibracional se deberá tomar en cuenta dentro del sistema informático Main –Tracker la inclusión de fichas vibracionales, además la tarea de medición de vibraciones con su respectiva frecuencia y el procedimiento necesario para la ejecución de la misma.
- La capacitación del personal que efectúe esta tarea es importante ya que con un adiestramiento básico pero vital, el técnico podrá realizar las mediciones en las respectivas rutas de monitoreo sin dificultad y en un tiempo no mayor al estipulado (Una hora y media). El presente documento recopila fundamentos teóricos - prácticos de la técnica de análisis vibracional, que son de esencial importancia para lograr un conocimiento básico en el personal encargado de efectuar la tarea de mediciones vibracionales y ayudará a que se introduzcan en el mundo del análisis vibracional.
- Se recomienda remarcar los sitios donde van a ubicarse el transductor para las futuras mediciones porque los lugares deberán ser los mismos para no incurrir en una mala medición y posterior interpretación.

- Dentro de la planificación y programación el técnico encargado del análisis vibracional debe ser muy minucioso a la hora de llenar las hojas con el registro de las horas trabajadas de cada grupo de bombeo y las hojas de programación por horas de trabajo, evitando así errores en las frecuencias de futuras mediciones.
- Para la interpretación de los resultados obtenidos en los espectros vibracionales; es importante conocer las revoluciones exactas a las que trabajan los equipos para determinar las frecuencias en las que se presentan los posibles problemas. No obstante estas frecuencias pueden ser confirmadas mediante la utilización del mismo programa con el que se vaya a efectuar el análisis.
- Las recomendaciones para los problemas existentes en los grupos de bombeo, están enfocadas a tomar en cuenta tareas básicas dentro de un mantenimiento preventivo, como: la inspección del anclaje y estado de la carcasa de los equipos. Se recomienda, además, realizar el trabajo de alineamiento, ya que es una herramienta para la aplicación de un mantenimiento predictivo. Finalmente se recomienda considerar parámetros básicos y necesarios relacionados al montaje de rodamientos, bandas; tolerancias permisibles en acoples flexibles y consideraciones previas a un alineamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] www.monografias.com/MantenimientoPredictivo.doc. pp1
- [2] A-MAQ Análisis de Maquinaria. Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico. Enero 2005. pp 10 – 35.
- [3] Motoren Werke Mannheim (MWM). Manual de operación del Motor De Combustión Interna TBD 440. pp 1-10
- [4] Manual de operación de la Bomba Centrífuga Guinard de 5 etapas. pp.3 -8
- [5] MOROCHO, M. Texto de Administración del Mantenimiento. Riobamba: ESPOCH. Doc pp 17.
- [6] www.petrocomercial.com/wps/documentos/mantenimiento/Mantenimiento%20Main.pdf. pp 1-52
- [7] MOROCHO, M. Texto de Administración del Mantenimiento. Riobamba: ESPOCH. Doc. pp 8 - 12
- [8] International Standard Organization ISO 2372-1974. Vibración mecánica de máquinas con velocidades de operaciones entre 100 y 200 rev/s.
- [9] International Standard Organization ISO 10816-3. Vibración mecánica. - Evaluación de la vibración en una máquina mediante medidas en partes no rotativas.
- [10] International Standard Organization (ISO) Reference Number ISO 8528–9: 1995 (E). Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets. Part 9: Measurement and evaluation of mechanical vibrations. First edition 1995-12-15. pp 10
- [11] A-MAQ Análisis de Maquinaria. Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico. Enero 2005. pp 41.
- [12] MOROCHO, M. Diagnóstico Vibroacústico. Riobamba: ESPOCH 2002. Doc. pp 38 – 40

BIBLIOGRAFÍA

- A-MAQ Análisis de Maquinaria. Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico. Enero 2005.
- FAG, Industrial Services. Manual DETECTOR II Trendline 2. Alemania: Julio 2002.
- International Standard Organization ISO 2372-1974. Vibración mecánica de máquinas con velocidades de operaciones entre 100 y 200 rev/s.
- International Standard Organization ISO 10816-3. Vibración mecánica. - Evaluación de la vibración en una máquina mediante medidas en partes no rotativas.
- International Standard Organization (ISO) Reference Number ISO 8528-9: 1995 (E). Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets. Part 9: Measurement and evaluation of mechanical vibrations. First edition 1995-12-15.
- Manual de operación de la Bomba Centrífuga Guinard de 5 etapas.
- MOROCHO, M. Texto de Administración del Mantenimiento. Riobamba: ESPOCH. Doc.
- MOROCHO, M. Diagnóstico Vibroacústico. Riobamba: ESPOCH 2002. Doc.
- Motoren Werke Mannheim (MWM). Manual de Operación del Motor de Combustión Interna TBD 440.
- PALOMINO, Evelio. Curso de Análisis de Vibraciones. La medición y el análisis de vibración en el diagnóstico de máquinas rotativas. Venezuela: Renovetec, 2008.
- WHITE, Glen. Introducción al Análisis de Vibraciones. USA: Azima DLI, 1990 – 2010.

LINKOGRAFÍA

- Mantenimiento Preventivo y Predictivo - Introducción
www.sinais.es/Mantenimiento%20Predictivo.pdf
www.monografias.com/MantenimientoPredictivo.doc
2010-01-09
- Mantenimiento Preventivo
www.AzimaDLI.com
www.preditec.com/repositorio/ca41/pdf/251/5/articulo-rcm-de-jose-p-rayo.pdf
2010-01-12
- Ventajas – Desventajas de mantenimiento Predictivo
www.mra.pt/PREDITEC/prod_TP1_Vibraciones_sec0300_niv2.html
www.scribd.com/doc/23243083/Manual-de-Analisis-Vibracional-Nivel-II
2010-01-20
- Técnicas Aplicadas a Mantenimiento Predictivo
www.monografias.com/MantenimientoPredictivo.doc
2010-02-02
- Equipo utilizado para realizar el Mantenimiento Predictivo en la Técnica de Análisis Vibracional
www.basco.com.pe/Catalogo%20FAG/Equipos%20de%20monitoreo/FAGDetecto%20I.pdf
www.spminstrument.com
www.fis-services.com/gen/es/library/WL80250_2SB_09_05.pdf
2010-02-10
- Normas y guías de severidad de vibraciones
www.sinais.es/intro/introduccion_mantenimiento.html
www.aaende.org.ar/sitio/biblioteca/material/CONFCHILE.pdf
2010-04-20
- Evaluación de Resultados y Recomendaciones Respectivas
www.tecem.com.br/site/downloads/artigos/energia_vs_mantenimiento.pdf
www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan/010083/010083-10.pdf
www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/73/10/Capitulo2.pdf
2010-06-02