



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“ANÁLISIS VIBRACIONAL EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE
LA FÁBRICA AGROINDUSTRIAL “MIS FRUTALES”
RIOBAMBA – SAN LUIS”**

MARLON VINICIO SANTILLÁN ABARCA

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

SISTEMA MODULAR

FASE III

RIOBAMBA - ECUADOR

2009

epoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

30 - Noviembre - 2009

Fecha

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

MARLON VINICIO SANTILLÁN ABARCA

Nombre del Estudiante

Titulada:

**“ANÁLISIS VIBRACIONAL EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE LA
FÁBRICA AGROINDUSTRIAL “MIS FRUTALES” RIOBAMBA – SAN
LUIS”**

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

Ing. Geovanny Novillo A.

f) DECANO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Manuel Morocho

f) DIRECTOR DE TESIS

Ing. Fernando González

f) ASESOR DE TESIS

esPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

Nombre del estudiante: MARLON VINICIO SANTILLÁN ABARCA

TÍTULO DE LA TESIS: “ANÁLISIS VIBRACIONAL EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE LA FÁBRICA AGROINDUSTRIAL “MIS FRUTALES” RIOBAMBA – SAN LUIS”

Fecha de Examinación: 30 - Noviembre - 2009

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN

Comité de Examinación	Aprueba	No Aprueba*	Firma
Ing. Carlos Santillán			
Ing. Manuel Morocho			
Ing. Fernando González			

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

RECOMENDACIONES:

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

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

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

Marlon Vinicio Santillán Abarca

DEDICATORIA

La presente Tesis de Grado va dedicada a mis queridos padres Rafael y Carmelita que me dieron la vida y la educación constante; a mis hermanos por brindarme el apoyo incondicional.

De manera especial quiero dedicar este trabajo a mi querida esposa Faby y a mis hijos: Marlon, Paola, Mariela y Jorgito; que son la inspiración de mi diario vivir y mi apoyo para poder superar momentos muy difíciles que se me han presentado en mi vida.

Marlon Santillán

AGRADECIMIENTO

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

A mis profesores que durante el ciclo de estudio día a día van forjando profesionales. Quienes contribuyen al engrandecimiento de la Institución, la provincia y el país. Expresar también un reconocimiento al Ing. Manuel Morocho e Ing. Fernando González quienes con su dirección y asesoramiento plasmaron mi proyecto.

Marlon Santillán A.

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Análisis vibracional en máquinas industriales.....	3
2.1.1 Vibración simple.....	4
2.1.2 Vibración compuesta.....	5
2.1.3 Frecuencia natural y resonancias.....	5
2.2 Selección de transductores.....	6
2.2.1 Transductores de proximidad.....	7
2.2.2 Transductores de velocidad.....	8
2.2.3 Acelerómetros.....	9
2.3 Análisis de los espectros fft.....	10
2.3.1 La serie de fourier.....	11
2.3.2 La transformada rápida de fourier.....	12
2.4 Espectros tipo utilizados en el análisis vibracional.....	12
2.4.1 Desbalanceo.....	12

2.4.1.1	Desbalanceo estático.....	12
2.4.1.2	Desbalanceo dinámico.....	13
2.4.1.3	Rotor colgante.....	14
2.4.2	Desalineación.....	14
2.4.2.1	Desalineación angular.....	14
2.4.2.2	Desalineación paralela.....	15
2.4.2.3	Desalineación entre chumaceras.....	15
2.4.3	Holgura mecánica eje – agujero.....	16
2.4.4	Soltura estructural.....	17
2.4.5	Rotor excéntrico.....	17
2.4.6	Rotor o eje pandeado.....	18
2.4.7	Fallas en engranajes.....	19
2.4.7.1	Desgaste en los dientes.....	19
2.4.7.2	Sobrecarga en engrane.....	19
2.4.7.3	Excentricidad y/o backlash.....	20
2.4.7.4	Engranaje desalineado.....	21
2.4.7.5	Problemas de hunting.....	21
2.4.8	Fallas en bandas y poleas.....	22
2.4.8.1	Distensión.....	22
2.4.8.2	Desalineación en poleas.....	23
2.4.8.3	Excentricidad de poleas.....	24
2.4.8.4	Resonancia de bandas.....	24
2.4.9	Flujo de líquidos.....	25
2.4.9.1	Frecuencia de aspas.....	25

2.4.9.2	Cavitación.....	25
2.4.10	Flujo de gases.....	26
2.4.10.1	Frecuencia de aspas.....	26
2.4.10.2	Turbulencia anómala.....	27
2.4.11	Fallas en rodamientos.....	28
2.4.11.1	Falla en la pista interna.....	28
2.4.11.2	Falla en la pista externa.....	28
2.4.11.3	Falla en los elementos rodantes.....	29
2.4.11.4	Deterioro de la jaula.....	30
2.5	Reglas para el análisis de espectros.....	30
2.6	Normas para la medición y evaluación de los niveles de vibración....	32
2.6.1	Tabla rathbone.....	32
2.6.2	Norma iso 2372.....	33
2.6.3	Mil – std – 167 – 1 y Mil – std – 167 – 2.....	33
2.6.4	Especificación técnica navsea 9073.....	34
2.6.5	Normas comerciales dli.....	35
2.6.6	Norma iso 10816.....	36
2.7	Niveles aceptables de vibración.....	36
3.	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ACTUAL DEL	
	MANTENIMIENTO EN LA FÁBRICA AGROINDUSTRIAL “MIS	
	FRUTALES”.....	38
3.1	Fichas de datos y características de los equipos.....	38
3.2	Evaluación del estado técnico de los equipos.....	42
3.3	Organización actual del mantenimiento.....	46

3.4	Plan de mantenimiento empleado actualmente.....	46
3.5	Planificación actual de materiales, repuestos y herramientas para llevar el mantenimiento.....	47
3.6	Programa de mantenimiento empleado actualmente.....	47
3.7	Documentación actual de trabajo.....	48
3.8	Conclusión de la gestión actual del mantenimiento.....	48
4.	ANÁLISIS VIBRACIONAL EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE LA FÁBRICA.....	49
4.1	Equipo de diagnóstico vibracional utilizado.....	49
4.1.1	Descripción del equipo.....	49
4.1.2	Principio de funcionamiento del detector II.....	50
4.1.3	Conexión del detector II al software trendline 2.....	52
4.2	Configuración y registro de sensores.....	53
4.2.1	Configuración inicial.....	53
4.2.2	Registro del nuevo detector.....	54
4.3	Configuración del sistema.....	55
4.4	Creación de rutas de medición.....	60
4.5	Sentidos de medición.....	60
4.6	Determinación de los puntos de medición.....	62
4.6.1	Punto C11R (compresor 1).....	62
4.6.2	Punto C11T (compresor 1).....	62
4.6.3	Punto C11A (compresor 1).....	63
4.6.4	Punto C12R (compresor 1).....	63
4.6.5	Punto C12T (compresor 1).....	64

4.6.6	Punto C12A (compresor 1).....	64
4.6.7	Punto C21R (compresor 2).....	65
4.6.8	Punto C21T (compresor 2).....	65
4.6.9	Punto C21A (compresor 2).....	66
4.6.10	Punto C22R (compresor 2).....	66
4.6.11	Punto C22T (compresor 2).....	67
4.6.12	Punto C22A (compresor 2).....	67
4.6.13	Punto DE1R (despulpador).....	68
4.6.14	Punto DE1T (despulpador).....	68
4.6.15	Punto DE1A (despulpador).....	69
4.6.16	Punto DE2R (despulpador).....	69
4.6.17	Punto DE2T (despulpador).....	70
4.6.18	Punto DE2A (despulpador).....	70
4.6.19	Punto MV1R (motoventilador).....	71
4.6.20	Punto MV1T (motoventilador).....	71
4.6.21	Punto MV1A (motoventilador).....	72
4.6.22	Punto MV2R (motoventilador).....	72
4.6.23	Punto MV2T (motoventilador).....	73
4.6.24	Punto MV2A (motoventilador).....	73
4.7	Frecuencias de mantenimiento.....	74
4.8	Plan de mantenimiento.....	74
4.9	Plan de mantenimiento preventivo.....	75
4.9.1	Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de	

mantenimiento preventivo del compresor 1.....	75
4.9.2 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo del compresor 2.....	88
4.9.3 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo del despulpador.....	101
4.9.4 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo del motoventilador.....	110
4.10 Plan de mantenimiento predictivo.....	120
4.10.1 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento predictivo del compresor 1.....	120
4.10.2 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento predictivo del compresor 2.....	121
4.10.3 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento predictivo del despulpador.....	122
4.10.4 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento predictivo del motoventilador.....	124

5. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN.....	126
5.1 Espectros obtenidos en el compresor 1.....	126
5.1.1 Espectro obtenido en el punto C11R.....	126
5.1.2 Espectro obtenido en el punto C11T.....	127
5.1.3 Espectro obtenido en el punto C11A.....	128
5.1.4 Espectro obtenido en el punto C12R.....	129
5.1.5 Espectro obtenido en el punto C12T.....	131
5.1.6 Espectro obtenido en el punto C12A.....	132
5.2 Espectros obtenidos en el compresor 2.....	133
5.2.1 Espectro obtenido en el punto C21R.....	133
5.2.2 Espectro obtenido en el punto C21T.....	134
5.2.3 Espectro obtenido en el punto C21A.....	135
5.2.4 Espectro obtenido en el punto C22R.....	136
5.2.5 Espectro obtenido en el punto C22T.....	137
5.2.6 Espectro obtenido en el punto C22A.....	138
5.3 Espectros obtenidos en el despulpador.....	139
5.3.1 Espectro obtenido en el punto DE1R.....	139
5.3.2 Espectro obtenido en el punto DE1T.....	140
5.3.3 Espectro obtenido en el punto DE1A.....	141
5.3.4 Espectro obtenido en el punto DE2R.....	142
5.3.5 Espectro obtenido en el punto DE2T.....	143
5.3.6 Espectro obtenido en el punto DE2A.....	144
5.4 Espectros obtenidos en el motoventilador.....	145
5.4.1 Espectro obtenido en el punto MV1R.....	145

5.4.2	Espectro obtenido en el punto MV1T.....	146
5.4.3	Espectro obtenido en el punto MV1A.....	147
5.4.4	Espectro obtenido en el punto MV2R.....	148
5.4.5	Espectro obtenido en el punto MV2T.....	149
5.4.6	Espectro obtenido en el punto MV2A.....	150
5.5	Creación de reportes.....	151
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	152
6.1	Conclusiones.....	152
6.2	Recomendaciones.....	153

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 Norma rathbone.....	32
2.2 Norma iso 2372.....	33
2.3 Norma comercial dli.....	35
2.4 Niveles aceptables de vibración.....	37
3.1 Datos y características del compresor 1.....	38
3.2 Datos y características del compresor 2.....	39
3.3 Datos y características del despulpador.....	40
3.4 Datos y características del motoventilador.....	41
3.5 Estado técnico del compresor 1.....	42
3.6 Estado técnico del compresor 2.....	43
3.7 Estado técnico del despulpador.....	44
3.8 Estado técnico del motoventilador.....	45
4.1 Revisión del compresor.....	75
4.2 Inspección eléctrica.....	76
4.3 Inspección mecánica.....	77
4.4 Cambio de rodamientos.....	78
4.5 Cambio de mangueras.....	79
4.6 Inspección y calibración de válvulas.....	80
4.7 Cambio de válvulas.....	81
4.8 Revisión del sistema de control automático.....	82
4.9 Calibración de los instrumentos de control.....	83

4.10	Inspección del tablero de control.....	84
4.11	Cambio de accesorios y tuberías.....	85
4.12	Lubricación.....	86
4.13	Limpieza.....	87
4.14	Revisión del compresor.....	88
4.15	Inspección eléctrica.....	89
4.16	Inspección mecánica.....	90
4.17	Cambio de rodamientos.....	91
4.18	Cambio de mangueras.....	92
4.19	Inspección y calibración de válvulas.....	93
4.20	Cambio de válvulas.....	94
4.21	Revisión del sistema de control automático.....	95
4.22	Calibración de los instrumentos de control.....	96
4.23	Inspección del tablero de control.....	97
4.24	Cambio de accesorios y tuberías.....	98
4.25	Lubricación.....	99
4.26	Limpieza.....	100
4.27	Inspección del motor.....	101
4.28	Inspección eléctrica.....	102
4.29	Calibración y comprobación de los sistemas de control.....	103
4.30	Inspección del tablero de control.....	104
4.31	Cambio de rodamientos.....	105
4.32	Control de la tensión y estado de las bandas y poleas.....	106
4.33	Cambio de bandas y poleas.....	107

4.34	Lubricación.....	108
4.35	Limpieza.....	109
4.36	Inspección del motor.....	110
4.37	Inspección eléctrica.....	111
4.38	Calibración y comprobación de los sistemas de control.....	112
4.39	Inspección del tablero de control.....	113
4.40	Cambio de rodamientos.....	114
4.41	Control de la tensión y estado de las bandas y poleas.....	115
4.42	Cambio de bandas y poleas.....	116
4.43	Inspección del ventilador.....	117
4.44	Lubricación.....	118
4.45	Limpieza.....	119
4.46	Análisis vibracional.....	120
4.47	Análisis vibracional.....	121
4.48	Análisis vibracional.....	122
4.49	Alineación de poleas.....	123
4.50	Análisis vibracional.....	124
4.51	Alineación de poleas.....	125

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 Sistema vibratorio masa – resorte.....	4
2.2 Movimiento armónico simple.....	4
2.3 Vibración compuesta.....	5
2.4 Frecuencia natural y resonancias.....	6
2.5 Transductor de proximidad.....	7
2.6 Transductor de velocidad.....	8
2.7 Acelerómetro.....	10
2.8 Desbalanceo estático.....	13
2.9 Desbalanceo dinámico.....	13
2.10 Rotor colgante.....	14
2.11 Desalineación angular.....	15
2.12 Desalineación paralela.....	15
2.13 Desalineación entre chumaceras.....	16
2.14 Holgura mecánica eje - agujero.....	16
2.15 Soltura estructural.....	17
2.16 Rotor excéntrico.....	18
2.17 Rotor o eje pandeado.....	18
2.18 Desgaste en los dientes.....	19
2.19 Sobrecarga en engrane.....	20
2.20 Excentricidad y/o backlash.....	21
2.21 Engrane desalineado.....	21

2.22	Problemas de hunting.....	22
2.23	Distensión.....	23
2.24	Desalineación en poleas.....	23
2.25	Excentricidad de poleas.....	24
2.26	Resonancia de bandas.....	24
2.27	Frecuencia de aspas.....	25
2.28	Cavitación.....	26
2.29	Frecuencia de aspas.....	27
2.30	Turbulencia anómala.....	27
2.31	Falla en la pista interna.....	28
2.32	Falla en la pista externa.....	29
2.33	Falla en los elementos rodantes.....	29
2.34	Deterioro de la jaula.....	30
2.35	Mil – 167 – 1.....	34
2.36	Norma dli.....	35
2.37	Norma iso 10816.....	36
4.1	Equipo de medición detector II.....	49
4.2	Conexión del detector II al pc.....	52
4.3	Ventana para agregar nuevos sensores.....	53
4.4	Ventana de configuración del detector.....	54
4.5	Fábrica mis frutales.....	56
4.6	Sección de procesado.....	57
4.7	Compresor 1.....	57
4.8	Compresor 2.....	58

4.9	Despulpador.....	58
4.10	Motoventilador.....	59
4.11	Sentidos de medición.....	60
4.12	Punto C11R.....	62
4.13	Punto C11T.....	62
4.14	Punto C11A.....	63
4.15	Punto C12R.....	63
4.16	Punto C12T.....	64
4.17	Punto C12A.....	64
4.18	Punto C21R.....	65
4.19	Punto C21T.....	65
4.20	Punto C21A.....	66
4.21	Punto C22R.....	66
4.22	Punto C22T.....	67
4.23	Punto C22A.....	67
4.24	Punto DE1R.....	68
4.25	Punto DE1T.....	68
4.26	Punto DE1A.....	69
4.27	Punto DE2R.....	69
4.28	Punto DE2T.....	70
4.29	Punto DE2A.....	70
4.30	Punto MV1R.....	71
4.31	Punto MV1T.....	71
4.32	Punto MV1A.....	72

4.33	Punto MV2R.....	72
4.34	Punto MV2T.....	73
4.35	Punto MV2A.....	73
5.1	Espectro obtenido en el punto C11R.....	126
5.2	Espectro obtenido en el punto C11T.....	127
5.3	Espectro obtenido en el punto C11A.....	128
5.4	Espectro obtenido en el punto C12R.....	129
5.5	Espectro obtenido en el punto C12T.....	131
5.6	Espectro obtenido en el punto C12A.....	132
5.7	Espectro obtenido en el punto C21R.....	133
5.8	Espectro obtenido en el punto C21T.....	134
5.9	Espectro obtenido en el punto C21A.....	135
5.10	Espectro obtenido en el punto C22R.....	136
5.11	Espectro obtenido en el punto C22T.....	137
5.12	Espectro obtenido en el punto C22A.....	138
5.13	Espectro obtenido en el punto DE1R.....	139
5.14	Espectro obtenido en el punto DE1T.....	140
5.15	Espectro obtenido en el punto DE1A.....	141
5.16	Espectro obtenido en el punto DE2R.....	142
5.17	Espectro obtenido en el punto DE2T.....	143
5.18	Espectro obtenido en el punto DE2A.....	144
5.19	Espectro obtenido en el punto MV1R.....	145
5.20	Espectro obtenido en el punto MV1T.....	146
5.21	Espectro obtenido en el punto MV1A.....	147

5.22	Espectro obtenido en el punto MV2R.....	148
5.23	Espectro obtenido en el punto MV2T.....	149
5.24	Espectro obtenido en el punto MV2A.....	150

LISTA DE ABREVIACIONES

CPM	Ciclos por minuto.
FFT	Transformada rápida de Fourier.
TDF	Transformada discreta de Fourier.
RPM	Revoluciones por minuto.
FN	Frecuencia natural.
GMF	Frecuencia de engrane.
HT	Fórmula de Hunting.
BPF	Frecuencia de paso de espas.
BPFI	Frecuencia de paso de bola, anillo interior.
BPFO	Frecuencia de paso de bola, anillo exterior.
BFS	Frecuencia de rotación de bola.
FTF	Frecuencia fundamental del tren o jaula.
HP	Caballo de fuerza (horse power).
VdB	Decibeles de velocidad.
ISO 2372	Norma de análisis vibracional que se aplica a máquinas que operan en rangos de 600 a 12000 RPM.
NAVSEA 9073	Norma de análisis vibracional que se aplica en sistemas navales.
DLI	Norma de análisis vibracional que se aplica en equipos rotativos y se basa en la frecuencia de trabajo.
ISO 10816	Norma de análisis vibracional que se aplica en equipos rotativos y se basa en la potencia de trabajo.
C11R	Punto 1 radial del compresor 1.

C11T	Punto 1 tangencial del compresor 1.
C11A	Punto 1 axial del compresor 1.
C12R	Punto 2 radial del compresor 1.
C12T	Punto 2 tangencial del compresor 1.
C12A	Punto 2 axial del compresor 1.
C21R	Punto 1 radial del compresor 2.
C21T	Punto 1 tangencial del compresor 2.
C21A	Punto 1 axial del compresor 2.
C22R	Punto 2 radial del compresor 2.
C22T	Punto 2 tangencial del compresor 2.
C22A	Punto 2 axial del compresor 2.
DE1R	Punto 1 radial del despulpador.
DE1T	Punto 1 tangencial del despulpador.
DE1A	Punto 1 axial del despulpador.
DE2R	Punto 2 radial del despulpador.
DE2T	Punto 2 tangencial del despulpador.
DE2A	Punto 2 axial del despulpador.
MV1R	Punto 1 radial del motoventilador.
MV1T	Punto 1 tangencial del motoventilador.
MV1A	Punto 1 axial del motoventilador.
MV2R	Punto 2 radial del motoventilador.
MV2T	Punto 2 tangencial del motoventilador.
MV2A	Punto 2 axial del motoventilador.
TMEF	Tiempo medio entre fallos.
TMER	Tiempo medio entre reparaciones.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Manual detector II.

ANEXO 2: Problemas de transmisiones por bandas o correas.

ANEXO 3: Documentos utilizados en la gestión del mantenimiento.

ANEXO 4: Reportes de medición.

SUMARIO

Se ha realizado el Análisis Vibracional en los Equipos Rotativos de la Fábrica Agroindustrial Mis Frutales, con la finalidad de conocer el estado técnico real en que se encuentran las máquinas, para lo cual se realizó el análisis de vibraciones en máquinas industriales, la selección de transductores, el estudio de los espectros FFT, los diferentes espectros tipo utilizados, las reglas para analizar los espectros, las normas para la medición y la evaluación de los niveles aceptables de vibración.

Para realizar la evaluación de la gestión actual del mantenimiento se analiza las fichas técnicas que se utilizan, el plan de mantenimiento y los documentos de trabajo utilizados.

Se estructura los procedimientos y rutas de medición en los equipos rotativos, para lo cual se utiliza un equipo de diagnóstico, se determina los diferentes puntos de medición y se procede a elaborar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para cada una de las máquinas, además se detallan los diferentes resultados de las medidas obtenidas en reportes de medición.

Con el análisis realizado se detallan cuales fueron los factores que ocasionaron las diferentes fallas en los equipos y que acciones se deberían tomar para su corrección, ya que con la utilización de este trabajo como guía práctica tanto el personal administrativo y los operadores podrán evitar paralizaciones prolongadas y pérdidas de producción.

SUMMARY

The Vibrational Analysis in the Rotary Equipment of the Agro-industrial Factory Mis Frutales has been carried out to know about the real technical status of machinery. The vibration analysis in industrial machinery, the transductor selection, the FFT spectra study, the different spectra types used, the rules to analyze the spectra, the norms for measurement and the evaluation of acceptable vibration levels were carried out.

To conduct the evaluation of the actual maintenance management the technical cards, the maintenance plan and the work documents were analyzed.

The procedures and measurement routes in the rotary equipment are structured. For this a diagnosis equipment is used; the different measurement points are determined and a preventive and predictive maintenance plan is elaborated for each machine.

Moreover the different results of the measurements in measurement reports are put in detail. With the analysis which factors causing the different faults in the equipment are detailed as well as the actions to be taken for their correction as with the use of this work as a practical guide both the administrative personnel and the operators will avoid prolonged stops and production losses.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

“MIS FRUTALES” es una fábrica agroindustrial alimenticia que extrae la pulpa de una variedad determinada de frutas, de forma natural la cual requiere de un monitoreo y análisis vibracional continuo en sus equipos rotativos, para detectar a tiempo la aparición temprana de las fallas que conllevan a la paralización de la producción lo cual sería muy desventajoso para la fábrica.

La técnica de mantenimiento que se utilizará en el presente proyecto investigativo es el análisis vibracional, para que mediante el cual se efectúe el diagnóstico de los diversos problemas que tiene la maquinaria razón por la cual la fábrica agroindustrial “MIS FRUTALES” se ve en la necesidad de implantar un confiable análisis de tendencias que permitan conocer con exactitud el cambio de la condición que se va produciendo en los equipos.

1.2 Justificación

Para evitar paradas innecesarias tanto en los equipos como en la producción, “MIS FRUTALES” ve la necesidad de realizar un diagnóstico vibracional en sus equipos tales como los compresores y ventiladores que operan en los cuartos fríos de refrigeración, aplicando el análisis de vibraciones, con la finalidad de aportar con

técnicas avanzadas para diagnosticar fallas prematuras y posteriormente proponer alternativas para mejorar y optimizar el sistema de mantenimiento de esta fábrica.

Mediante el presente trabajo investigativo se pretende dar una guía técnica de la aplicación de sistemas de mantenimiento moderno que nos permita optimizar los costos energéticos de tal manera que se logre evitar pérdidas económicas no deseadas y muy perjudiciales tanto en los equipos industriales como también en el sistema productivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar el Análisis Vibracional en los equipos rotativos de la fábrica agroindustrial “MIS FRUTALES”.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el estado técnico de los equipos.
- Determinar los procedimientos para las diferentes tareas de mantenimiento a realizarse.
- Determinar las frecuencias de monitoreo.
- Analizar los espectros de vibración obtenidos.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo.
- Elaborar un plan de mantenimiento predictivo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Análisis vibracional en máquinas industriales [1]

En términos muy simples una vibración es un movimiento oscilatorio de pequeña amplitud. Todos los cuerpos presentan una señal de vibración en la cual plasman cada una de sus características. De acuerdo a esto, las máquinas presentan su propia señal de vibración y en ella se encuentra la información de cada uno de sus componentes.

Por tanto, una señal de vibración capturada de una máquina significa la suma vectorial de la vibración de cada uno de sus componentes. Resulta de gran interés, puesto que la mayoría de máquinas están sometidas a algún tipo de vibración, y no resulta difícil, en general, establecer relación medible e interpretable raciones y algún aspecto del estado del equipo.

El hecho más significativo y de interés para evaluar el estado de un equipo sometido a una o varias actividades que dan lugar a vibraciones, es que procesos mecánicos diferentes de una máquina relacionados con aspectos a controlar, por ejemplo desbalanceo, desalineamiento, o fallos en rodamientos, producen energía a diferentes frecuencias.

Si esas frecuencias diferentes son separadas una de otra con el análisis espectral, entonces se puede identificar el fallo y su desarrollo.

2.1.1 Vibración simple

La base principal de las señales de vibración en el dominio del tiempo son las ondas sinusoidales. Estas son las más simples y son la representación de las oscilaciones puras. Una oscilación pura puede ser representada físicamente con el siguiente experimento: Imagínesse una masa suspendida de un resorte como el de la figura.

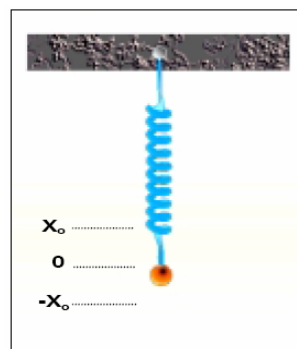


Figura 2.1: Sistema vibratorio masa – resorte

Si esta masa es soltada desde una distancia X_0 , en condiciones ideales, se efectuará un movimiento armónico simple que tendrá una amplitud X_0 . Ahora a la masa vibrante le adicionamos un lápiz y una hoja de papel en su parte posterior, de manera que pueda marcar su posición. Si jalamos el papel con velocidad constante hacia el lado izquierdo se formará una gráfica parecida a la figura.



Figura 2.2: Movimiento armónico simple

El tiempo que tarda la masa para ir y regresar al punto X_0 siempre es constante. Este tiempo recibe el nombre de **período de oscilación** (medido en segundos o milisegundos) y significa que el resorte completó un ciclo.

El recíproco del período es la **frecuencia** ($F=1/P$) la cual generalmente es dada en Hz (Ciclos por segundo) o también Ciclos por minuto (CPM).

2.1.2 Vibración compuesta

Una señal compuesta es una sumatoria de varias señales sinusoidales que comprenden cada uno de los componentes que se encuentran en la máquina, más todos los golpeteos y vibraciones aleatorias.

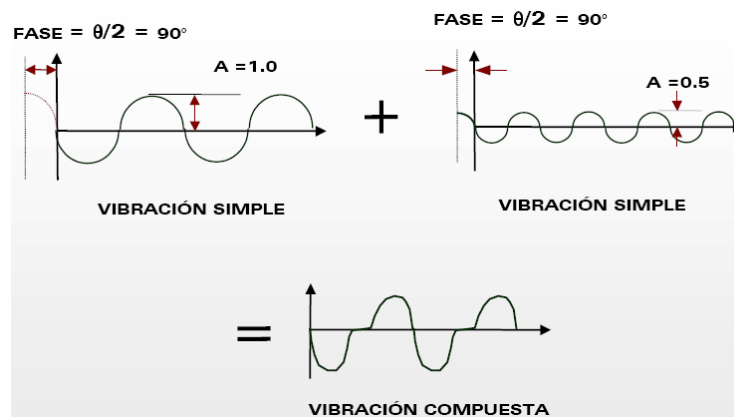


Figura 2.3: Vibración compuesta

2.1.3 Frecuencia natural y resonancias

La **frecuencia natural** presenta un carácter muy diferente a las anteriormente nombradas, debido a que 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. No depende de la operación de la máquina, a no ser que la rigidez sea función de la velocidad.

Si la frecuencia natural es excitada por un agente externo, la amplitud de vibración de la máquina se incrementará enormemente causando perjuicios que a corto o mediano plazo pueden llegar a ser catastróficos. Esto es lo que se conoce con el nombre de **resonancia**.

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

La figura muestra un motor que gira a una velocidad similar a la frecuencia natural de su estructura de soporte. Lo que incrementa abruptamente los niveles de vibración de la máquina.

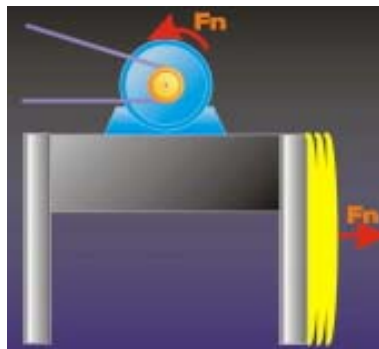


Figura 2.4: Frecuencia natural y resonancias

2.2 Selección de transductores [2]

El transductor de vibraciones es un aparato que produce una señal eléctrica que es una réplica o análogo del movimiento vibratorio al cual está sujeto. Un buen

transductor no debe agregar falsos componentes a la señal, y debería producir señales uniformes en todo el rango de frecuencias que nos interesa. Los diferentes tipos de transductores responden a parámetros diferentes de la fuente de vibración.

2.2.1 Transductores de proximidad

Los sensores de proximidad son también llamados sensores de no contacto. Consisten en una bobina alrededor de un núcleo ferroso que crea un campo magnético entre la punta del transductor y el eje, un cambio del espacio (gap) entre el transductor y el eje produce un cambio en el campo magnético por la generación de corrientes inducidas o parásitas de Eddy que modifican la señal proporcionalmente al desplazamiento del objeto medido. El eje debe ser electromagnético. Este tipo de sensor posee una bobina en la punta del transductor. La fuente genera una señal AC de muy alta frecuencia (señal portadora). Esta señal hace que la bobina produzca un campo magnético en la punta del transductor.

Cuando una superficie metálica se acerca o se aleja del transductor, el campo magnético se verá afectado y se producirá un cambio en la señal portadora. Este cambio instantáneo de la señal portadora es detectado produciendo en el instrumento una señal de salida que es proporcional a la amplitud de vibración.

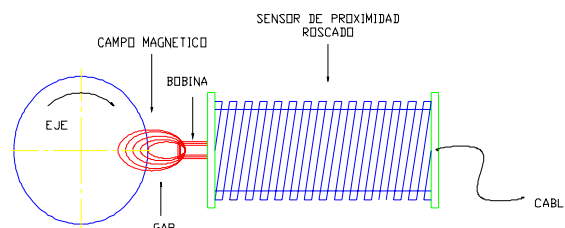


Figura 2.5: Transductor de proximidad

Es comúnmente usado en cojinetes hidrodinámicos, de baja velocidad, la medición se realiza directamente sobre el eje. Requieren calibración y una fuente externa de energía para su funcionamiento. Tienen muy buena respuesta en baja frecuencia, de 0 a 400 Hz generalmente.

2.2.2 Transductores de velocidad

Son también llamados sensores sísmicos. Está compuesto de una bobina cilíndrica y un imán permanente suspendido en resortes en la mitad en un medio fluido. Al colocarse el transductor en los soportes de rodamientos (chumaceras), la vibración transmitida produce oscilación en el magneto que induce una corriente eléctrica y diferencia de potencial en la bobina que es proporcional a la amplitud de vibración.

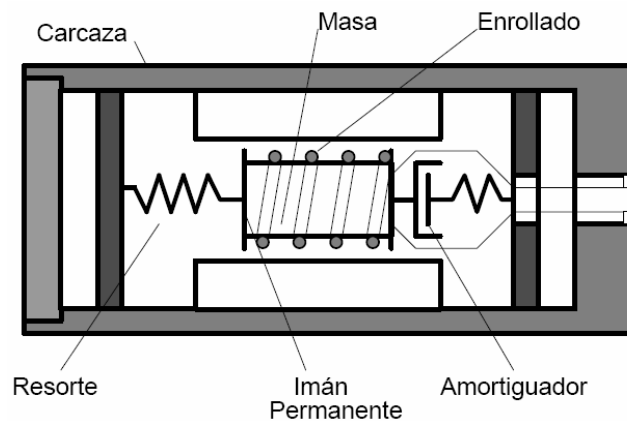


Figura 2.6: Transductor de velocidad

Es de uso muy común, especialmente para mediciones en soportes de rodamientos (chumaceras), no requiere de fuente externa. Puede tener problemas de interferencia del campo magnético.

Su aplicación está especialmente en el rango de 2 Hz a 1 KHz, no es aplicable para altas frecuencias por su baja frecuencia natural. La masa del sistema es una bobina soportada por resortes. Estos transductores son diseñados para medir vibraciones preferentemente a frecuencias mayores a la frecuencia natural del sistema masa - resorte.

Un imán está firmemente unido a la carcasa del sensor y provee un campo magnético alrededor de la bobina suspendida. Cuando un conductor es movido a través de un campo magnético, o un campo magnético es movido a través de un conductor, se inducirá un voltaje en el conductor.

La cantidad de voltaje generado dependerá de la rapidez (velocidad) con la cual el conductor es desplazado en el campo magnético. Cuando la carcasa del sensor es adherida a la superficie vibrante el voltaje generado es directamente proporcional a la velocidad de la parte vibrante. La señal de este sensor es bastante fuerte y puede ser transmitida típicamente, sin amplificación, hasta 30 metros.

2.2.3 Acelerómetros

Un acelerómetro es un instrumento auto generativo que produce una señal de salida proporcional a la aceleración de la vibración, consiste en un pedazo de cristal piezoeléctrico que se encuentra en contacto con una masa. Cuando se pone en contacto la armadura del sensor con el medio vibrante (chumaceras) la fuerza de excitación intenta deformar al cristal y este por sus propiedades piezoeléctricas genera una señal eléctrica como respuesta.

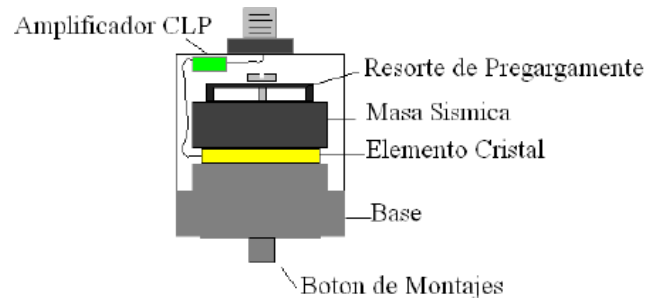


Figura 2.7: Acelerómetro

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

El desarrollo tecnológico presenta ahora en el mercado transductores llamados acelerómetros triaxiales que tienen la capacidad de hacer mediciones en tres direcciones sin mover el transductor, con esto se logra ahorro de tiempo durante la medición.

2.3 Análisis de los espectros FFT [3]

El análisis de espectros se define como la transformación de una señal representada en el dominio del tiempo hacia la representación de la misma en el dominio de la frecuencia, tiene sus raíces a principio del siglo XIX, cuando varios matemáticos lo investigaron desde una base teórica. Pero él fue un hombre práctico, un ingeniero con una educación matemática, que desarrolló la teoría en que están basadas casi todas nuestras técnicas modernas de análisis de espectros. Este ingeniero era Jean Baptiste Fourier. El estaba trabajando para Napoleón, durante la

invasión de Egipto en un problema de sobrecalentamiento de cañones, cuando dedujo la famosa Serie de Fourier para la solución de la conducción de calor. Puede parecer que hay una gran distancia entre cañones sobrecalentados y análisis de frecuencia, pero resulta que las mismas ecuaciones son aplicables en los dos casos.

Fourier más tarde generalizó la Serie de Fourier en la Transformada Integral de Fourier. La llegada del análisis de las señales digitales naturalmente llevó a la llamada Transformada Discrecional de Fourier y la Transformada Rápida de Fourier o FFT.

2.3.1 La serie de fourier

La operación de la Serie de Fourier está basada en una señal de tiempo que es periódica. Esta es una señal de tiempo cuya forma se repite una cantidad infinita de veces. Fourier demostró que una señal de este tipo es equivalente a una colección de funciones senos y cosenos cuyas frecuencias son múltiplos del recíproco del período de la señal de tiempo.

El resultado un poco inesperado es que cualquier forma de onda, siempre y cuando no sea infinita en longitud, se puede representar como la suma de una serie de componentes armónicos, y la frecuencia fundamental de la serie de armónicos es uno entre la longitud de la forma de onda. Las amplitudes de los varios armónicos se llaman los coeficientes Fourier, y sus valores se pueden calcular fácilmente si se conoce la ecuación para la forma de onda. También se puede calcular gráficamente la forma de onda.

2.3.2 La transformada rápida de fourier

Para adaptar la TDF para uso con computadoras digitales, la llamada Transformada Rápida de Fourier fue desarrollada. La FFT es un algoritmo para calcular la TDF de manera rápida y eficaz.

Son Cooley y Tuckey que fueron acreditados con el descubrimiento de la FFT en 1967, pero ya existía desde antes, aunque sin las computadoras que se necesitaban para explotarla. El algoritmo pone algunas limitaciones en la señal y en el espectro resultante. Por ejemplo: la señal de la que se tomaron muestras y que se va a transformar debe consistir de un número de muestras igual a un poder de dos.

La mayoría de los analizadores FFT permiten la transformación de 512, 1024, 2048, 4096 muestras. El rango de frecuencias cubierto por el análisis FFT depende de la cantidad de muestras recogidas y de la proporción de muestreo.

2.4 Espectros tipo utilizados en el análisis vibracional [4]

2.4.1 Desbalanceo

2.4.1.1 Desbalanceo estático

Producido generalmente por desgaste radial superficial no uniforme en rotores en los cuales su largo es despreciable en comparación con su diámetro. El espectro presenta vibración dominante con una frecuencia igual a 1 X RPM del rotor. Se recomienda para corregir la falla balancear el rotor en un sólo plano (en el centro

de gravedad del rotor) con la masa adecuada y en la posición angular calculada con un equipo de balanceo.

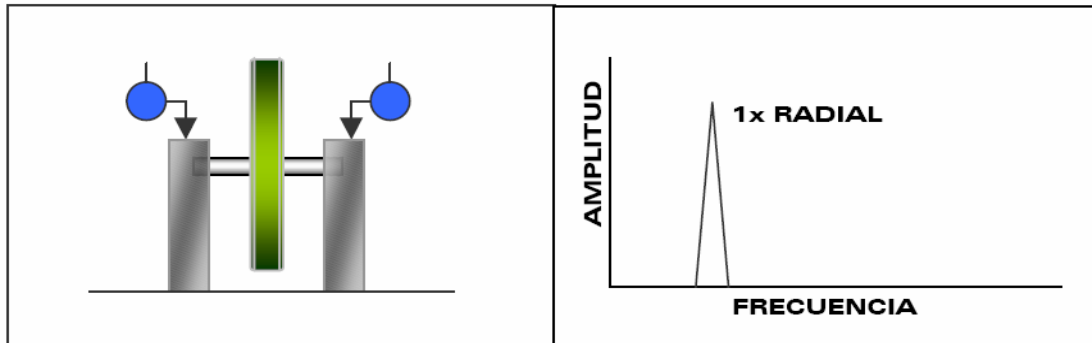


Figura 2.8: Desbalanceo estático

2.4.1.2 Desbalanceo dinámico

El desbalanceo 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 RPM del rotor.

Se recomienda para corregir la falla balancear el rotor en dos planos con las masas adecuadas y en las posiciones angulares calculadas con un equipo de balanceo dinámico.

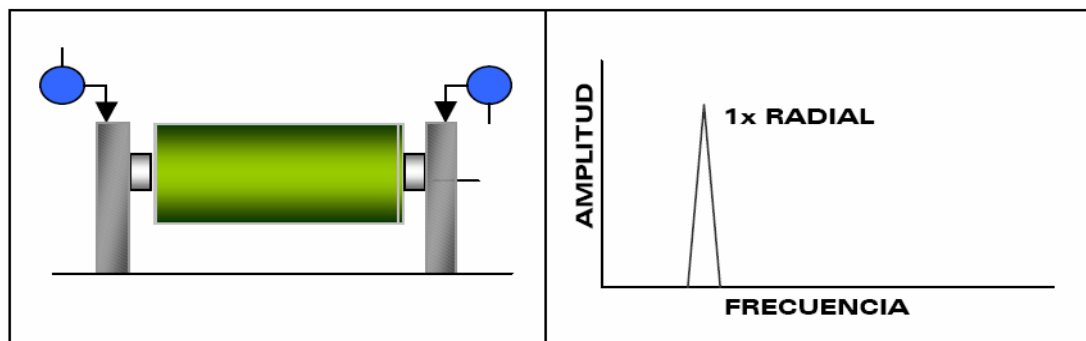


Figura 2.9: Desbalanceo dinámico

2.4.1.3 Rotor colgante

Ocurre en rotores que se encuentran en el extremo de un eje. Es producido por desgaste en la superficie del rotor y doblamiento del eje. El espectro presenta vibración dominante a 1X RPM del rotor, muy notoria en dirección axial y radial.

Para corregir la falla, primero debe verificarse que el rotor no tenga excentricidad ni que el eje esté doblado. Luego debe realizarse el balanceo adecuado. El desbalance dinámico ocurre en rotores.

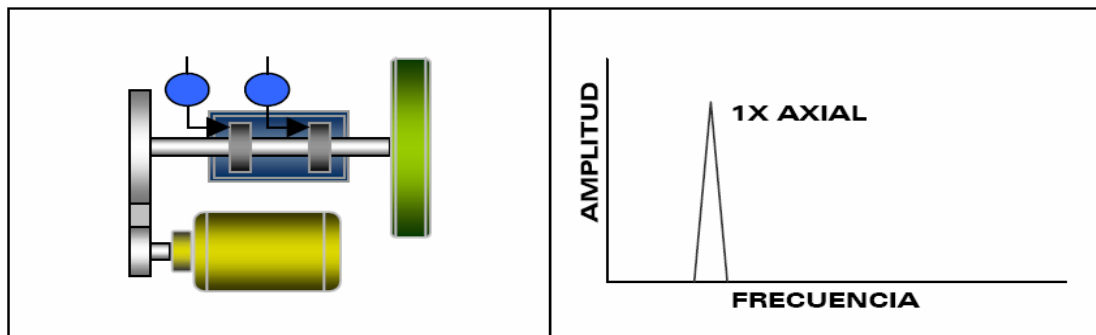


Figura 2.10: Rotor colgante

2.4.2 Desalineación

2.4.2.1 Desalineación angular

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

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

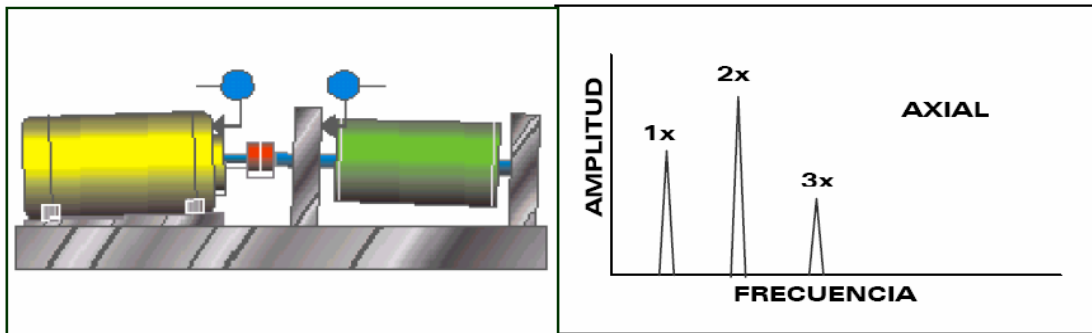


Figura 2.11: Desalineación angular

2.4.2.2 Desalineación paralela

Los ejes del motor y del rotor conducido están paralelos, pero no son colineales. Se pueden detectar altas vibraciones radiales a 2X RPM, predominante, y a 1X RPM, con desfase de 180 grados a través del acople. Cuando aumenta la severidad, genera picos en armónicos superiores (4X, 8X).

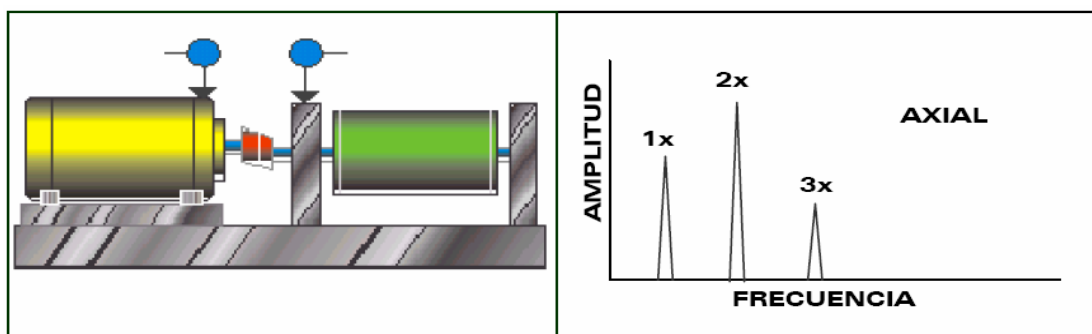


Figura 2.12: Desalineación paralela

2.4.2.3 Desalineación entre chumaceras

En una máquina con transmisión de poleas, la mala posición de las chumaceras puede evitar que el eje se acomode correctamente, lo cual genera vibraciones anormales en sentido axial y radial. Excitación del pico representativo de

la velocidad (1X RPM), especialmente en sentido axial. Es necesario hacer una verificación de que las chumaceras queden completamente paralelas entre sí.

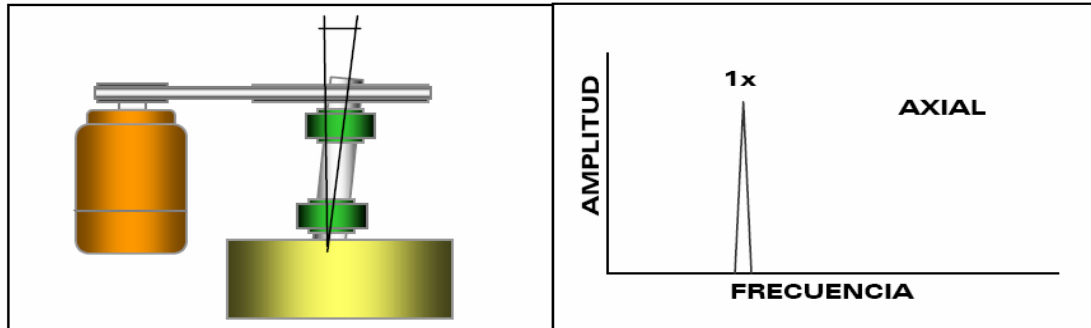


Figura 2.13: Desalineación entre chumaceras

2.4.3 Holgura mecánica 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 1X RPM, 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. Se recomienda verificar la colocación de los manguitos y los juegos eje – agujeros cercanos al punto de medición. Igualmente, los ajustes de rotor - eje.

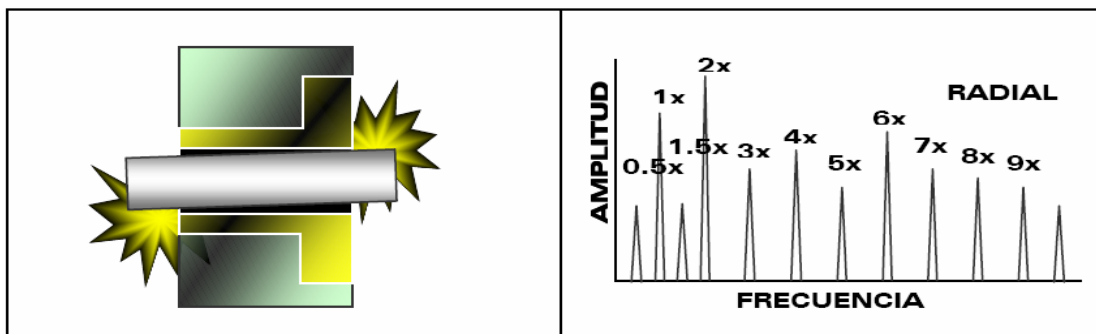


Figura 2.14: Holgura mecánica eje - agujero

2.4.4 Soltura estructural

Ablandamiento o desplazamiento del pié 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 1X RPM en la base de la máquina con desfase a 180 grados entre los elementos sujetos en el anclaje. Altamente direccional en la dirección de la sujeción.

Se recomienda primero revisar el estado de fatiga del pié de máquina (rajaduras, corrosión). Luego debe verificarse el estado de los sujetadores y por último el estado de la cimentación.

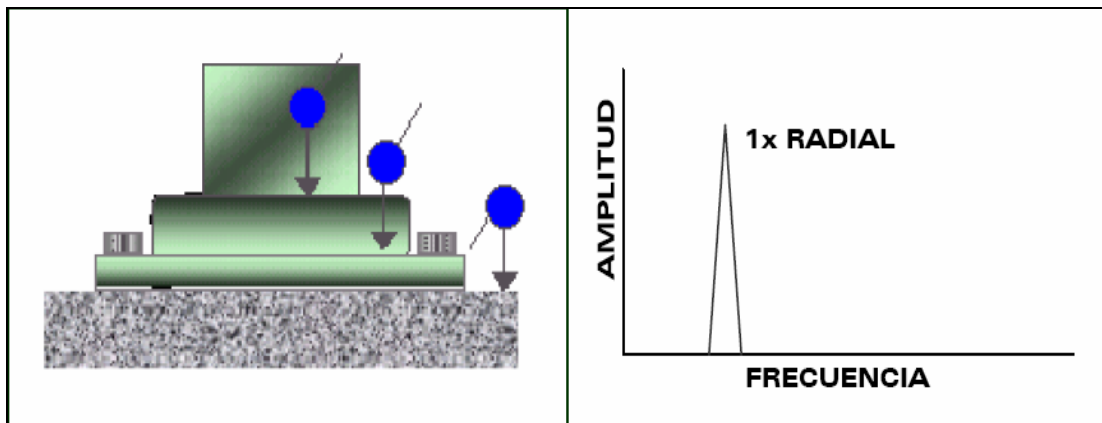


Figura 2.15: Soltura estructural

2.4.5 Rotor excéntrico

Fácilmente confundible con desbalanceo. Ocurre cuando el centro de rotación no coincide con el centro geométrico en una polea o engranaje.

La mayor vibración ocurre a 1 X RPM del elemento con excentricidad, en dirección de la línea que cruza por los centros de los dos rotores.

Para corregir la falla, el rotor debe ser reensamblado o reemplazado. (Tratar de balancear el rotor excéntrico resulta en una disminución del nivel de vibración, en una dirección, y un aumento considerable en la otra).

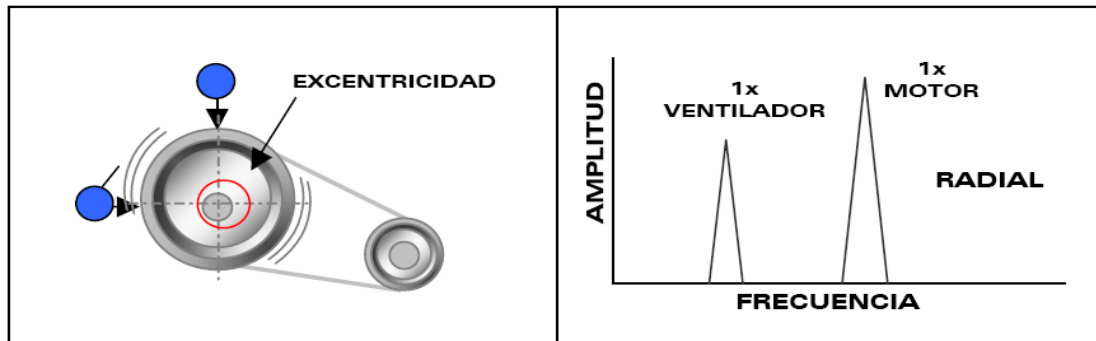


Figura 2.16: Rotor excéntrico

2.4.6 Rotor o eje pandeado

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 RPM si el pandeo está cercano al centro del eje, y es de 2X RPM si el pandeo está cerca del rodamiento. Para corregir la falla, el eje debe rectificarse o cambiarse.

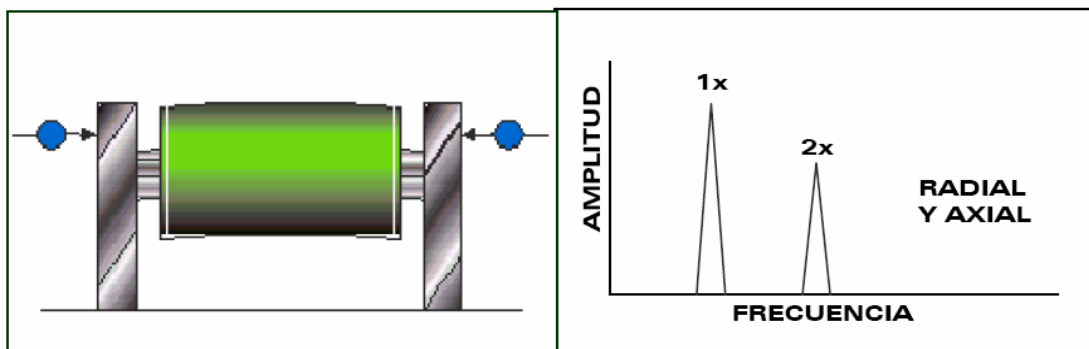


Figura 2.17: Rotor o eje pandeado

2.4.7 Fallas en engranajes

2.4.7.1 Desgaste en los dientes

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 espaciamiento de las bandas laterales es 1 X RPM 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). Si el desgaste es prematuro inspeccione desalineación en el eje o excentricidad en el engranaje.

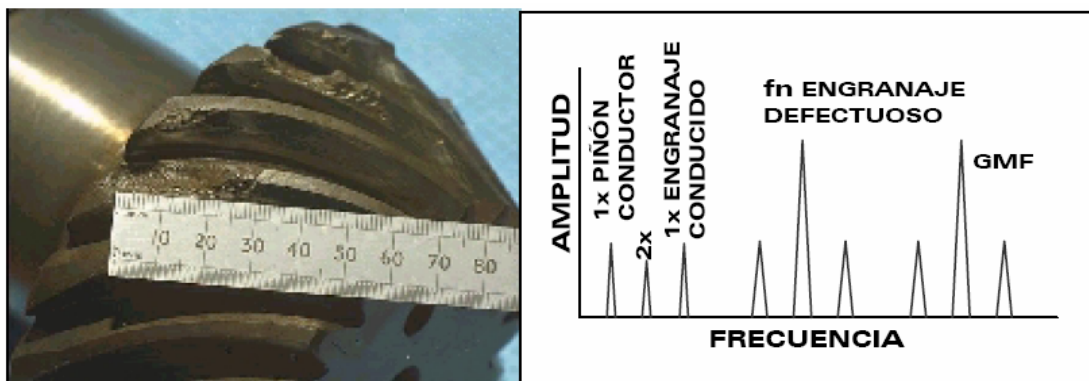


Figura 2.18: Desgaste en los dientes

2.4.7.2 Sobrecarga en engrane

Todos los dientes están recibiendo sobrecarga continua. La amplitud de la GMF es altamente excitada, pero esto no suele representar un problema si las bandas

a su alrededor se mantienen bajas. Este análisis es efectivo si se realiza siempre a la máxima carga de operación de la máquina.

Debe buscarse algún elemento que esté aumentando el torque transmitido más allá de lo normal (rodamiento o buje defectuoso, fallas en lubricación y anomalías en general en el rotor conducido que dificulten el movimiento).

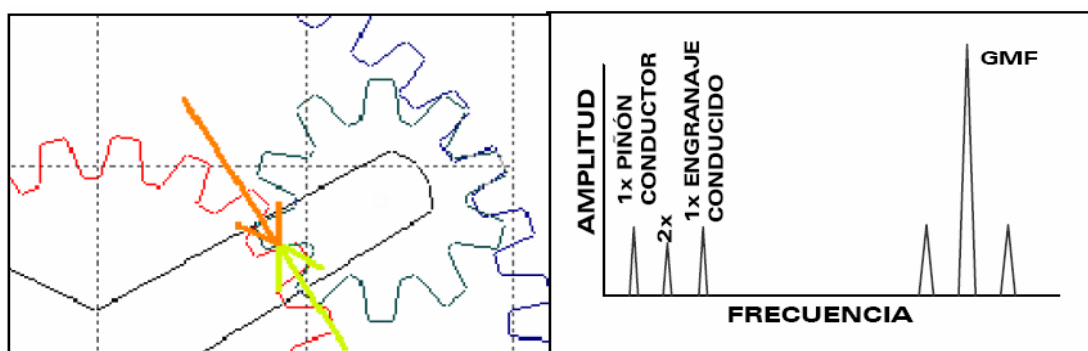


Figura 2.19: Sobrecarga en engrane

2.4.7.3 Excentricidad y/o backlash

La excentricidad ocurre cuando el centro de simetría no coincide con el centro de rotación. El backlash se produce cuando, al terminar el contacto entre dos dientes, los dos siguientes no entran inmediatamente en contacto. El espectro muestra aumento considerable de las bandas laterales alrededor del la GMF y f_n .

El engranaje con problemas es indicado por el espaciado de las bandas laterales. Si el problema es backlash, la GMF debe disminuir con el aumento de la carga.

Para corregir el problema, el engranaje debe ser reensamblado o reemplazado si se encuentran problemas de manufactura.

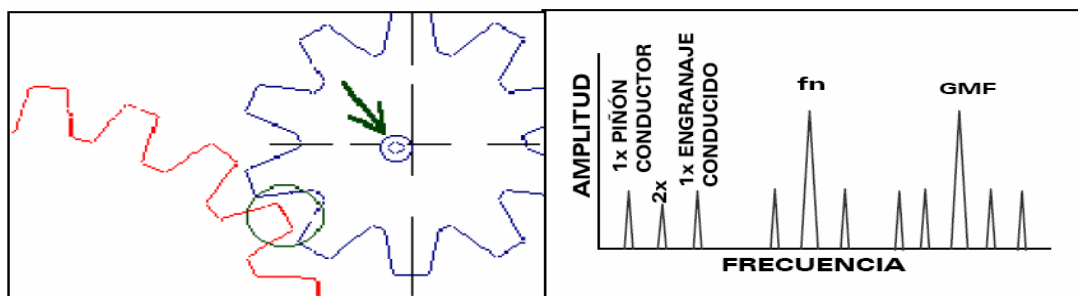


Figura 2.20: Excentricidad y/o backlash

2.4.7.4 Engranaje desalineado

Se presenta cuando las ruedas dentadas fueron ensambladas con errores de alineación o cuando sus ejes no están paralelos. Casi siempre se excitan los armónicos de 2do o mayor orden de la GMF, con bandeamientos laterales a la 1 X RPM del piñón o la rueda. 2 X GMF y 3 X GMF dominan el espectro. El conjunto debe ser realineado.

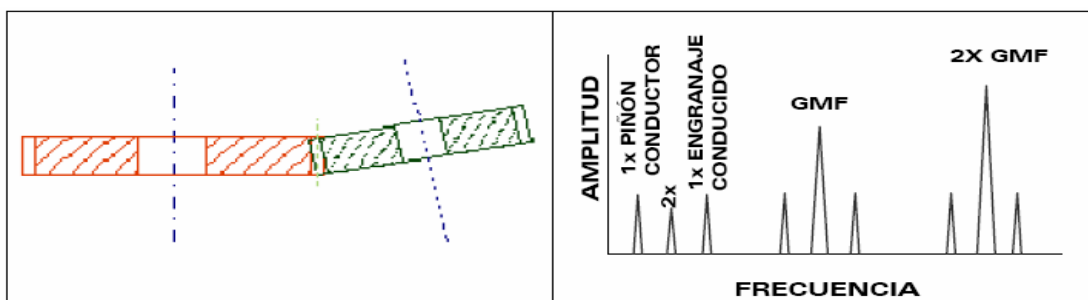


Figura 2.21: Engrane desalineado

2.4.7.5 Problemas de hunting

Problemas leves en la manufactura o manipulación indebida producen que, cuando dos dientes específicos del piñón y el engranaje conducido se encuentren, generen vibraciones de choque.

Esta falla genera altas vibraciones a bajas frecuencias por debajo de los 10 Hz. La máxima vibración ocurre cada 10 o 20 revoluciones del piñón dependiendo de la fórmula de HT (y suele escucharse como un gruñido).

Si se determina que el problema es severo, deben reemplazarse el par de engranajes y debe tenerse más precaución en la manipulación.

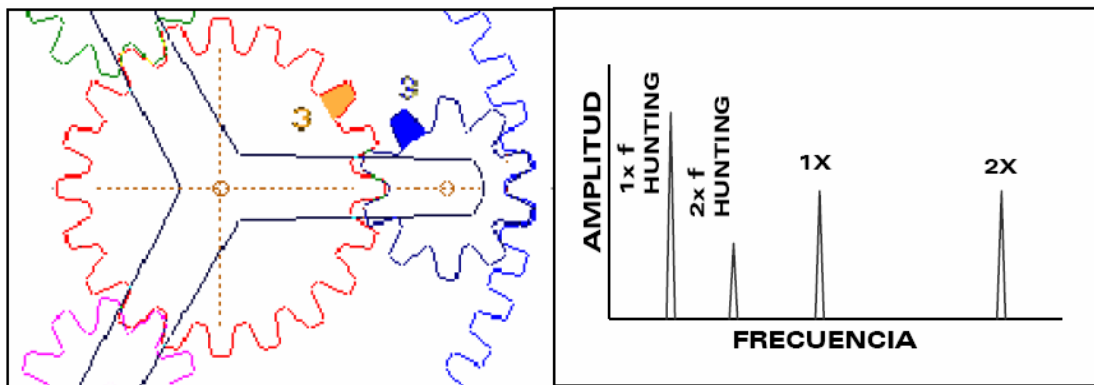


Figura 2.22: Problemas de hunting

2.4.8 Fallas en bandas y poleas

2.4.8.1 Distensión

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.

Normalmente se encuentran cuatro picos y generalmente predomina el de 2x frecuencia de banda. Tienen amplitudes inestables. Para corregir el problema, si la banda no presenta demasiado desgaste intente tensionarla, de lo contrario reemplácela.

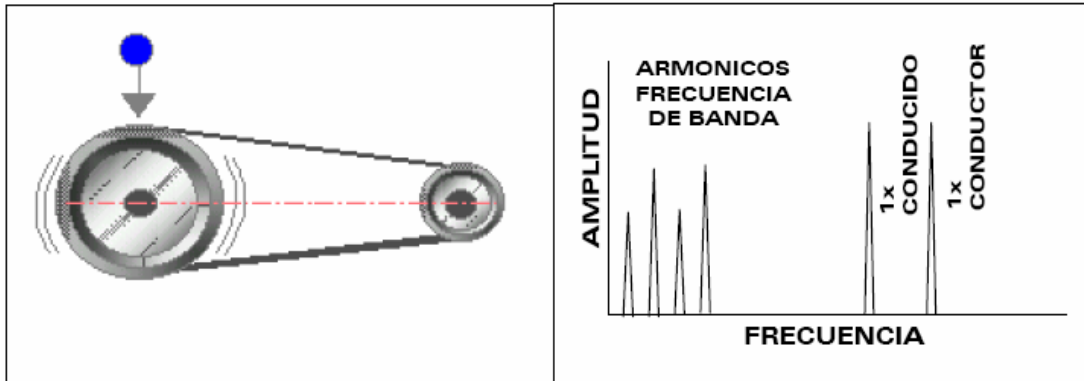


Figura 2.23: Distensión

2.4.8.2 Desalineación en 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 $1x$ RPM 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.

Para solucionar el problema deben alinearse las poleas tanto angular como paralelamente.

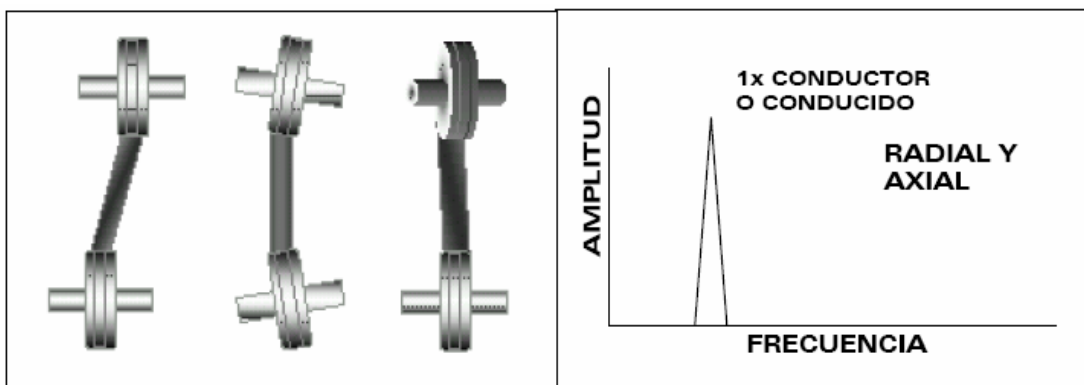


Figura 2.24: Desalineación en poleas

2.4.8.3 Excentricidad de poleas

Ocurre cuando el centro de rotación no coincide con el centro geométrico en una polea. Produce alta vibración a 1x RPM de la polea excéntrica. Su amplitud está por encima de las amplitudes de las frecuencias de las bandas. Aunque es posible balancear poleas gracias a la adición de pesas.

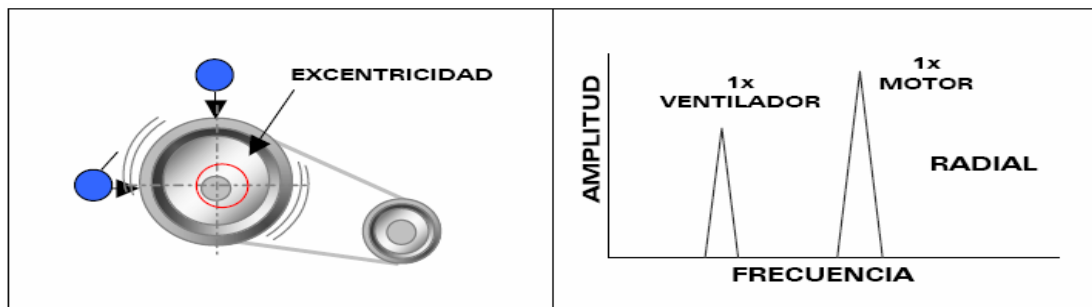


Figura 2.25: Excentricidad de poleas

2.4.8.4 Resonancia de bandas

Sucede si la frecuencia natural de la banda coincide o se aproxima a las RPM del motor o de la máquina conducida. El espectro muestra altas amplitudes de la frecuencia de resonancia y la frecuencia de excitación de banda, siendo la frecuencia de resonancia la predominante. La frecuencia natural puede ser alterada cambiando la tensión de la banda o su longitud.

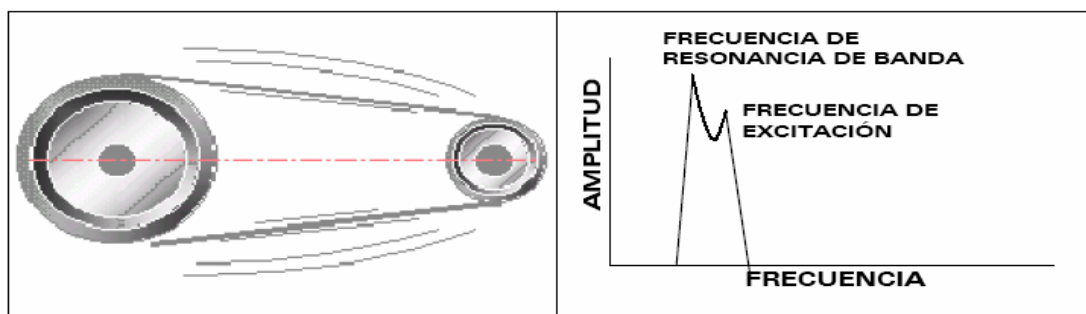


Figura 2.26: Resonancia de bandas

2.4.9 Flujo de líquidos

2.4.9.1 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 BFP es igual al número de aspas por la frecuencia. La BPF algunas veces coincide con la frecuencia natural lo cual causa altas vibraciones. En caso de aumentos en la BFP deben revisarse cambios abruptos de dirección del fluido y posibles obstrucciones parciales en la descarga de la bomba.

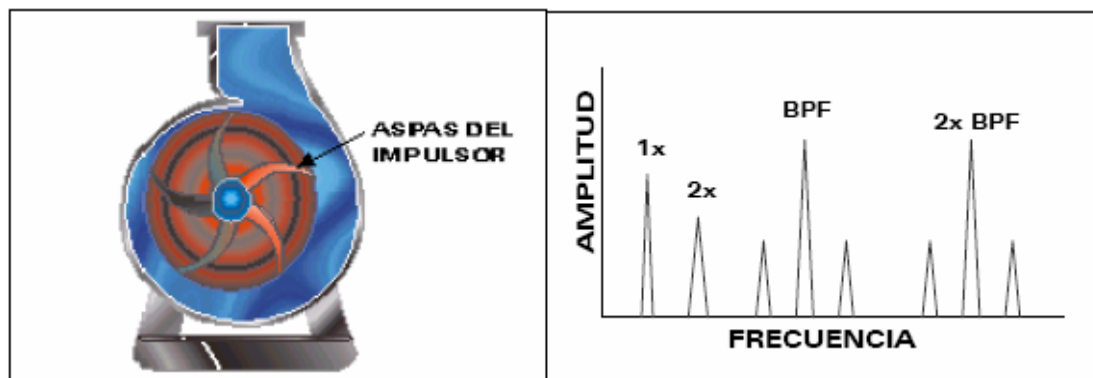


Figura 2.27: Frecuencia de aspas

2.4.9.2 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).

Para solucionar el problema debe controlarse con más rigor la presión de succión y tenerse cuidado con el proceso para cebar la bomba.

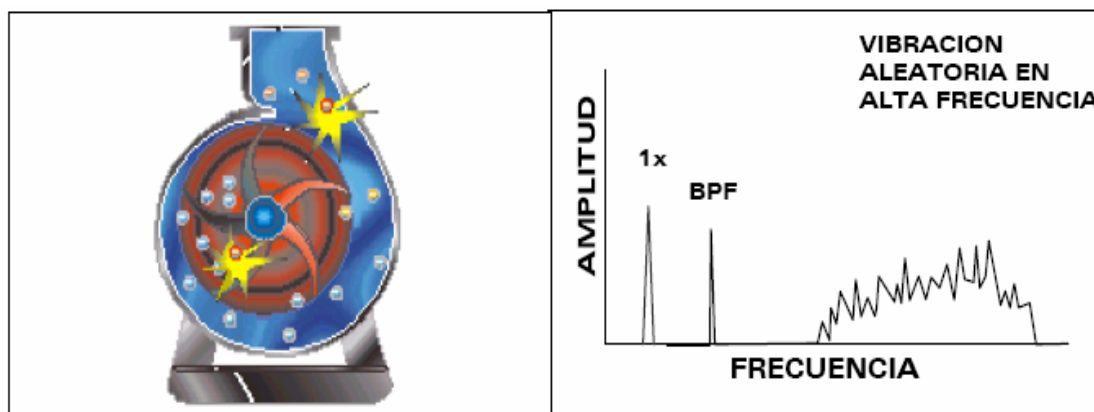


Figura 2.28: Cavitación

2.4.10 Flujo de gases

2.4.10.1 Frecuencia de aspas

Frecuencia a la cual, cada aspa pasa por un punto de la cubierta. Producida por obstrucciones o cambios abruptos de direcciones. La BPF (Frecuencia de Paso de Aspas) es excitada en sus primeros dos armónicos con la presencia de bandas laterales. La BFP es igual al número de aspas por las RPM.

La BPF algunas veces coincide con la frecuencia natural lo cual causa altas vibraciones. En caso de aumentos en la BFP deben revisarse cambios abruptos de dirección del fluido y posibles obstrucciones parciales cerca del ventilador.

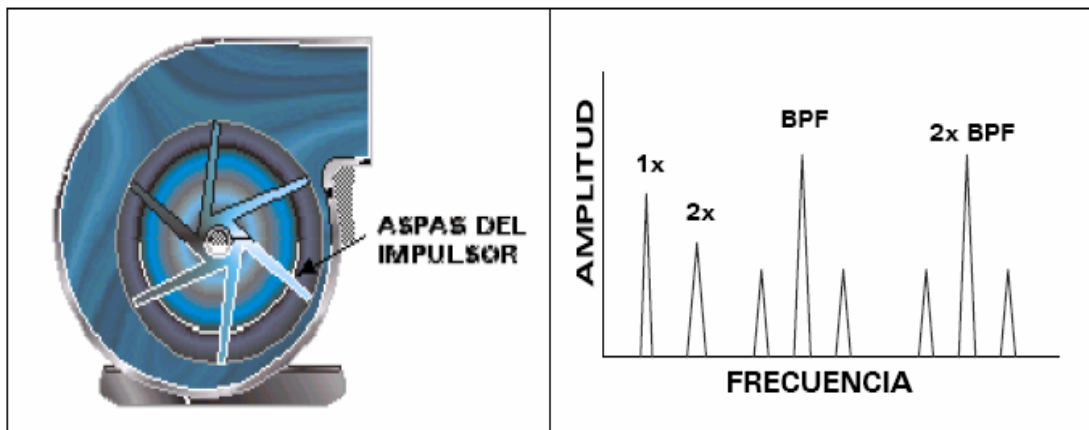


Figura 2.29: Frecuencia de aspas

2.4.10.2 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.

Debe revisarse la construcción y el ensamble de los ductos. Puede ser necesaria la instalación de rejillas o cambios de área o geometría de sección.

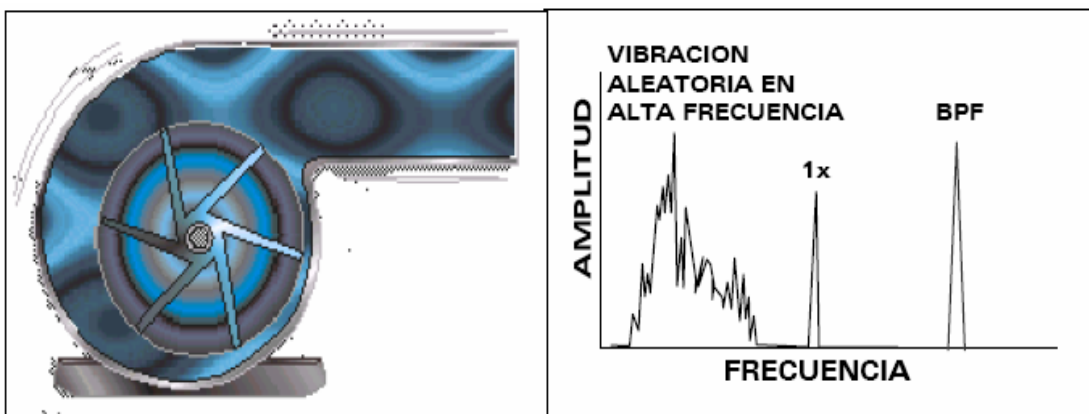


Figura 2.30: Turbulencia anómala

2.4.11 Fallas en rodamientos

2.4.11.1 Falla 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 RPM la frecuencia de falla de la pista interna, en dirección radial. Además el contacto metal - metal entre los elementos rodantes y las pistas producen pulsos en el dominio del tiempo del orden de 1-10 KHz. El rodamiento debe ser reemplazado, debido a que la falla seguirá incrementándose. Antes revise el estado de lubricación del rodamiento, generalmente la medida más confiable es en dirección de la carga.

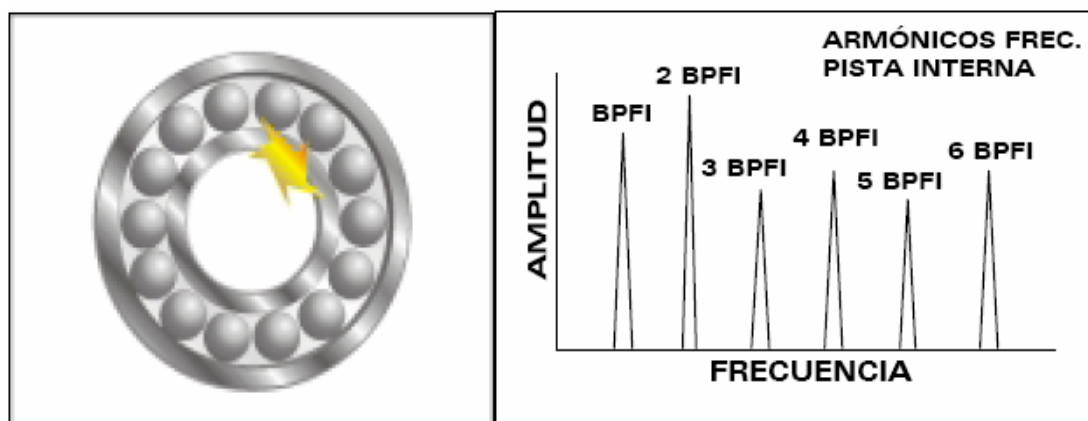


Figura 2.31: Falla en la pista interna

2.4.11.2 Falla en la pista externa

Agrietamiento del material en la pista externa, producido por errores de ensamble, sobre esfuerzos, 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.

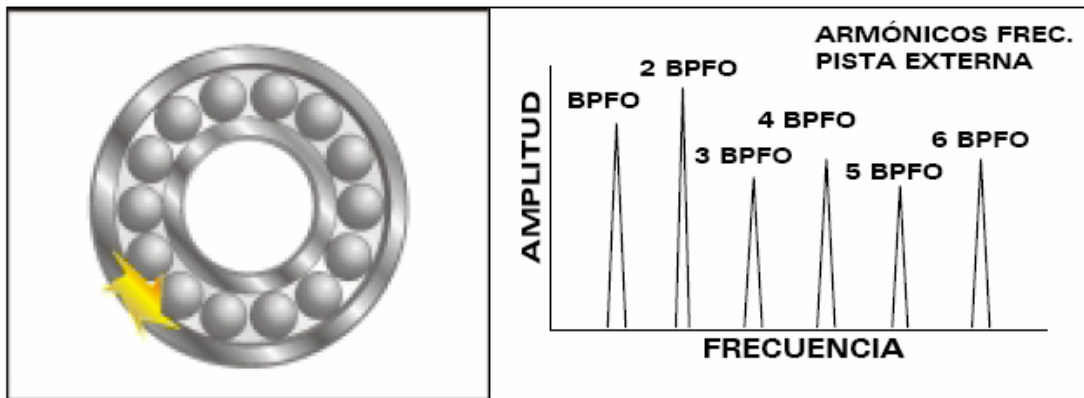


Figura 2.32: Falla en la pista externa

2.4.11.3 Falla 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 RPM la frecuencia de falla de los elementos rodantes, en dirección radial. Además el contacto metal – metal entre los elementos rodantes y las pistas producen pulsos en el dominio del tiempo del orden de 1-10 KHz.

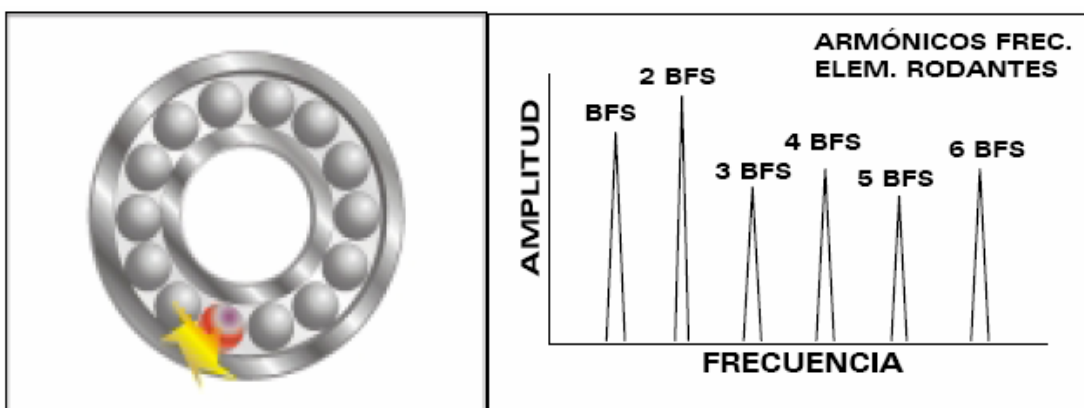


Figura 2.33: Falla en los elementos rodantes

2.4.11.4 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 RPM de la frecuencia de falla en jaula, en dirección radial o axial.

El rodamiento debe ser reemplazado, debido a que la falla seguirá incrementándose. Revise la posible causa que está dando origen a la falla.

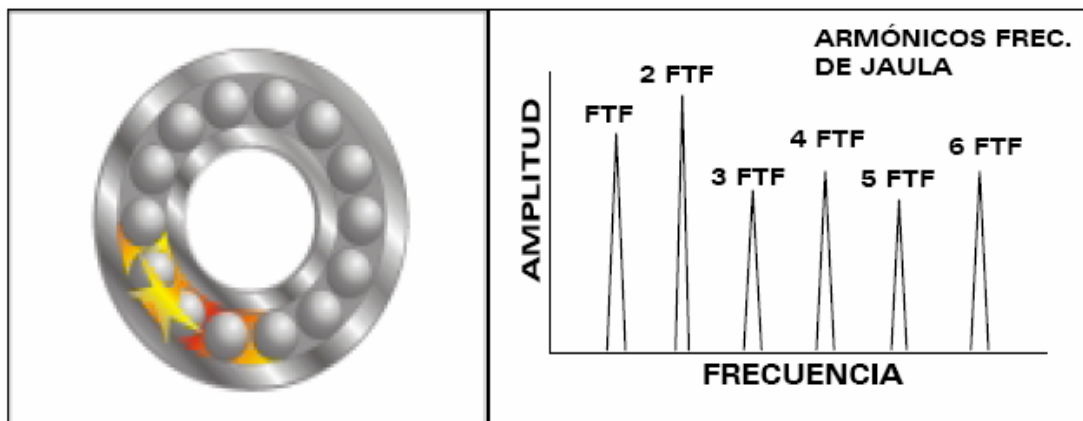


Figura 2.34: Deterioro de la jaula

2.5 Reglas para el análisis de espectros [5]

- **DESBALANCE**

Ejes soportados en ambos lados = 1XR y 1XT altos en ambos lados.

Eje en voladizo = 1XA mayor que 1XR o 1XT.

- **RODAMIENTO DESALINEADO**

2X mayor que 1X en cualquier lado

- **DESALINEAMIENTO ANGULAR**

1XA mayor que 1XR o 1XT en ambos lados del motor.

- **DESALINEAMIENTO PARALELO**

2XR o 2XT mayor que 1XR o 1XT en cualquier lado del motor.

- **PIE COJO**

1XR alto

- **FLEXIBILIDAD TRANSVERSAL**

1XT mayor que 1XR en los dos lados del motor.

- **EJE PANDEADO**

1XA alto en ambos lados del motor.

- **ROZAMIENTOS**

Picos menores a 1X altos.

- **FALLAS DE ACOPLES**

Picos en 3X altos.

- **FALLA DE RODAMIENTOS**

Armónicos no síncronos.

Bandas laterales.

- **HOLGURA MECÁNICA**

Picos altos desde 3X.

- **FASE ELÉCTRICA**

Pico alto a 120 Hz.

2.6 Normas para la medición y evaluación de los niveles de vibración [6]

El estado de una máquina se determina mejor por una serie de mediciones de vibración hecho en un largo tiempo. Normas absolutas se pueden usar como guía si no hay datos históricos. A través de los años, se hicieron varios intentos para establecer niveles de vibración absolutos, o normas de niveles para una operación aceptable en diferentes tipos de máquinas. Los primeros de esos intentos fueron mediciones generales del desplazamiento de vibración. Las mediciones de velocidad fueron agregadas después. Todavía más tarde fue introducido el concepto de nivel de vibración como función de la frecuencia.

2.6.1 Tabla rathbone

La tabla Rathbone, inventada por T.C.Rathbone en 1939, compara la velocidad general de vibración con varios grados de suavidad de la máquina. Rathbone no hizo inferencias al contenido de frecuencias de la vibración o al tamaño de la máquina.

Tabla 2.1: NORMA RATHBONE

Condición de operación de la Máquina	Velocidad de Vibración General
Muy Ruda	0.628 pps pico
Ruda	0.314 pps pico
Ligeramente ruda	0.157 pps pico
Regular	0.0785 pps pico
Buena	0.0392 pps pico
Muy buena	0.0196 pps pico
Suave	0.0098 pps pico
Muy suave	0.0049 pps pico

2.6.2 Norma ISO 2372

La norma ISO 2372 proporciona guías para aceptación de la amplitud de vibración, para maquinaria rotativa operando desde 600 hasta 12000 RPM. Especifica niveles de velocidad general de vibración en lugar de niveles espectrales, y puede ser muy engañosa. ISO 2372 especifica los límites de la velocidad de vibración basándose en los caballos vapor de la máquina y cubre un rango de frecuencias desde 10 Hz hasta 1000 Hz., debido al rango limitado de alta frecuencia, se puede fácilmente dejar pasar problemas de rodamientos con elementos rodantes.

Tabla 2.2: NORMA ISO 2372

Level, VdB	Menos que 20 HP	20 a 100 HP	Más que 100 HP
125	No Permissible	No Permissible	No Permissible
121	No Permissible	No Permissible	Apenas Tolerable
117	No Permissible	Apenas Tolerable	Apenas Tolerable
113	Apenas Tolerable	Apenas Tolerable	Permissible
109	Apenas Tolerable	Permissible	Permissible
105	Permissible	Permissible	Bueno
101	Permissible	Bueno	Bueno
97	Bueno	Bueno	Bueno

2.6.3 MIL – STD – 167 – 1 y MIL – STD – 167 – 2

Estas normas que datan de 1974, son un intento de proporcionar un nivel de vibración límite, como función de la frecuencia para pruebas de aceptación de maquinaria rotativa. MIL STD-167-1 cubre la vibración excitada internamente en toda clase de maquinaria rotativa con la excepción de maquinaria recíproca, y MIL-

STD-167-2 cubre la maquinaria recíproca, sistemas de propulsión y flechas. Se han usado por muchos años y se consideran como pasadas.

Se basan en un espectro de desplazamiento (mils pico) que es equivalente a una velocidad constante de 0-13 pulgadas por segundo (107 VdB) arriba de 1200 RPM. Esas normas siguen siendo usadas como una referencia aproximada para niveles aceptables de vibración para máquinas sencillas, de tamaño medio, como motores de bombas eléctricas, pero no se deben usar como una norma absoluta.

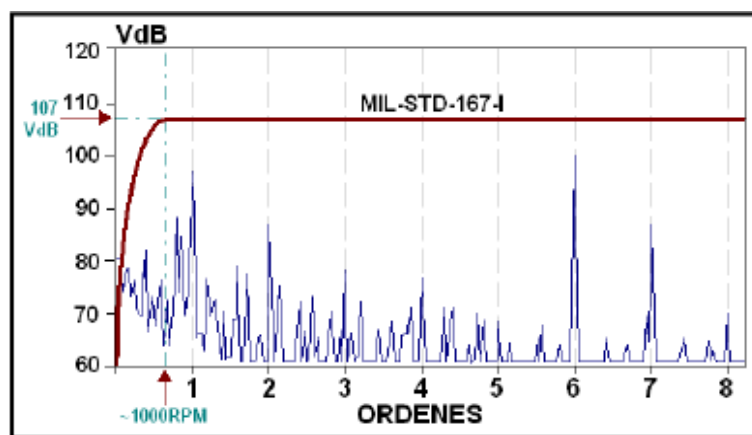


Figura 2.35: Mil – 167 – 1

2.6.4 Especificación técnica NAVSEA 9073

Esta es una norma más reciente, de 1978, que fue elaborada por el mando de Sistemas Navales (NAVSEA) de los E.U.A.

Está basada en firmas de vibraciones promediadas y dice que el criterio de aceptación después del reacondicionamiento de la máquina no puede ser más que una desviación estándar (1) arriba de los niveles espectrales promedio. El criterio de la aceptación durante la operación normal es el nivel espectral promedio más 2.

2.6.5 Normas comerciales DLI

La tabla que enseñamos aquí se puede aplicar a un gran número de máquinas rotativas con una confianza razonable.

Es una destilación de datos de un rango importante de maquinaria industrial, y se considera que está más al día y más útil que las normas mencionadas.

Tabla 2.3: NORMA COMERCIAL DLI

Nivel de Vibración	< 30 Hz	30 Hz - 1000 Hz	> 1000 Hz
Extremo	10 mils p-p	125 VdB rms	11.2 G rms
Excesivo	4.2 mils p-p	117 VdB rms	4.46 G rms
Tolerable	1.5 mils p-p	108 VdB rms	1.58 G rms
Aceptable	0.6 mils p-p	100 VdB rms	0.630G rms

La misma información se encuentra en forma gráfica.

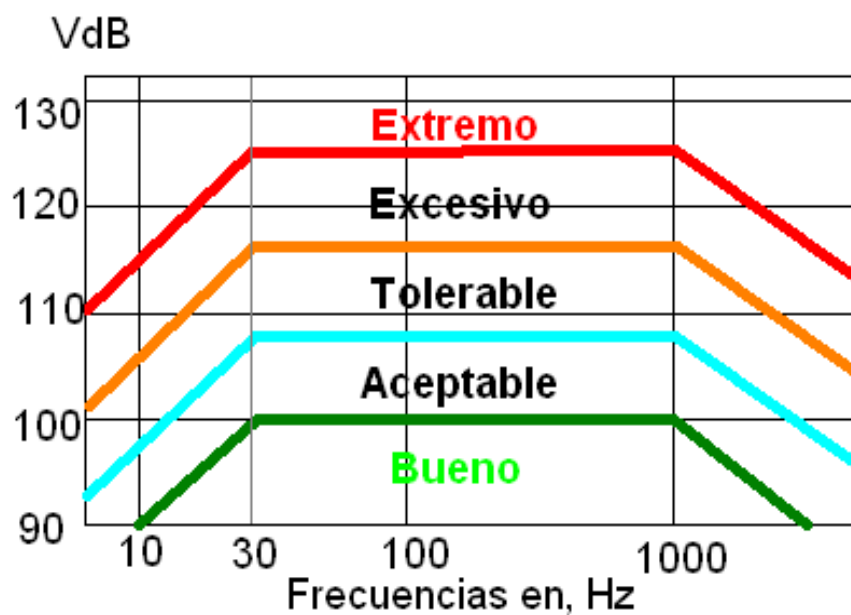


Figura 2.36: Norma DLI

2.6.6 Normas ISO 10816

Norma internacional que clasifica a las máquinas en grupos de acuerdo a la potencia del motor. Mientras más grande es la máquina, mayor es su capacidad de soportar vibración.

La norma ISO 10816 es aplicable para máquinas, con registros de vibración tomados en la carcasa.

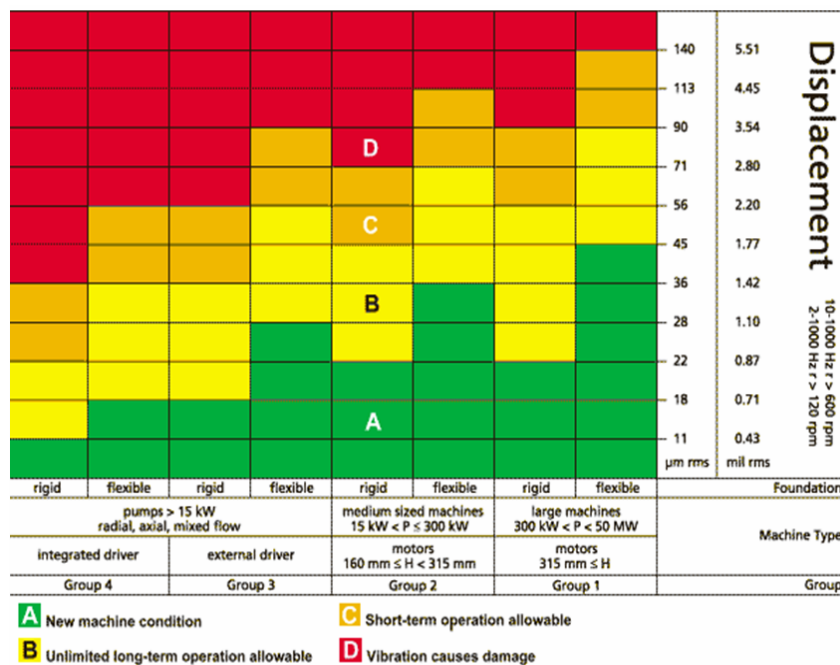


Figura 2.37: Norma ISO 10816

2.7 Niveles aceptables de vibración [7]

Los niveles de vibración nos ayudarán a determinar la intensidad de vibración, puesto que nos permitirá comparar los datos obtenidos con el monitoreo al momento de medir e inmediatamente hacernos una idea de cómo se encontrarían los diferentes activos.

Los diferentes tipos de activos tienen de acuerdo a las normas, diferentes valores admisibles de vibración.

Tabla 2.4: NIVELES ACEPTABLES DE VIBRACIÓN

MÁQUINAS Y ELEMENTOS	VALORES ADMISIBLES
Turbinas de gas, de vapor o hidráulicas	2.5 mm/s
Motores eléctricos, bombas, ventiladores asentados en el piso (equipos comunes)	4.5 mm/s
Ventiladores asentados en resortes	7.1 mm/s
Motores de combustión interna	12.5 mm/s
Llanta de un auto	40 mm/s

CAPÍTULO III

3. EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN LA FÁBRICA AGROINDUSTRIAL “MIS FRUTALES”

3.1 Fichas de datos y características de los equipos

Tabla 3.1: DATOS Y CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR 1

CARLYLE COMPRESSOR CO	
DATOS GENERALES	
M/N: 06DR241ACC06CO	MTR: C225624
MARCA: CARRIER TRANSICOLD	PAÍS DE PROCEDENCIA: U.S.A.
MODELO: 69NT40 – 489 – 14	SERIE: DSP 90241273
	
VOLTS (MIN/MAX): (342 / 460) V	FASE: 3
POTENCIA: (50 / 60) Hz	REFRIG: (19000 / 32500) BTU / HR
DRY: 1265 lb	WT: 573 Kg
TEMPERATURA INTERIOR MIN: 0°F / -17.8°C	TEMPERATURA INTERIOR MAX: 35°F / 1.7°C


Tabla 3.2: DATOS Y CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR 2

CARLYLE COMPRESSOR CO	
DATOS GENERALES	
M/N: 06DR241ACC06CO	MTR: C225624
MARCA: CARRIER TRANSICOLD	PAÍS DE PROCEDENCIA: U.S.A.
MODELO: 69NT40 – 489 – 51	SERIE: DCY 90282319
	
VOLTS (MIN/MAX): (342 / 460) V	FASE: 3
POTENCIA: (50 / 60) Hz	REFRIG: (19000 / 32500) BTU / HR
DRY: 1265 lb	WT: 573 Kg
TEMPERATURA INTERIOR MIN: 0°F / -17.8°C	TEMPERATURA INTERIOR MAX: 35°F / 1.7°C

Tabla 3.3: DATOS Y CARACTERÍSTICAS DEL DESPULPADOR

DESPULPADOR	
MARCA: WEG	NBR: 7024
MODELO: 05OUT04	SERIE: GOO 1928
ALT: 1000 m	TEM. AMBIENTE MAX: 40°C
<p>CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ RPM: 1725 ➤ Potencia: 60 Hz ➤ Voltaje mínimo: 220 V ➤ Voltaje máximo: 440 V ➤ Amperaje mínimo: 8.70 A ➤ Amperaje máximo: 4.35 A ➤ Rendimiento: 83.0 % ➤ Factor de potencia: 0.80 ➤ Número de fases: 3 ➤ FS / ST: 1.15 	

Tabla 3.4: DATOS Y CARACTERÍSTICAS DEL MOTOVENTILADOR

MOTOVENTILADOR	
MARCA: DUTY	PART: MCO19100AV
MODELO: BTM56RB34D3M	
	
CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ RPM: 3450 ➤ Potencia: 60 Hz ➤ Voltaje: 240 V ➤ Voltaje máximo: 440 V ➤ Temperatura ambiente: 40°C ➤ FR: 56 ➤ S.F: 1.0 ➤ Code: N ➤ Número de fases: 1 	

3.2 Evaluación del estado técnico de los equipos

Tabla 3.5: ESTADO TÉCNICO DEL COMPRESOR 1

CARLYLE COMPRESSOR CO				
MARCA: CARRIER TRANSICOLD		PAÍS DE PROCEDENCIA: U.S.A.		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO:		SIGNIFICADO:		
MANUALES: Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	PLANOS: Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>	REPUESTOS: Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje			X	
➤ Estado de la carcasa				X
➤ Funcionamiento de los mecanismos			X	
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control			X	
➤ Estado de las redes eléctricas			X	
➤ Nivel de ruido y vibración		X		
➤ Lubricación			X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				
TIPO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO: REPARACIÓN PEQUEÑA				

Tabla 3.6: ESTADO TÉCNICO DEL COMPRESOR 2

CARLYLE COMPRESSOR CO				
MARCA: CARRIER TRANSICOLD		PAÍS DE PROCEDENCIA: U.S.A.		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO:		SIGNIFICADO:		
MANUALES: Si: <u> X </u> No: _____	PLANOS: Si: _____ No: <u> X </u>	REPUESTOS: Si: _____ No: <u> X </u>		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje			X	
➤ Estado de la carcasa				X
➤ Funcionamiento de los mecanismos			X	
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control			X	
➤ Estado de las redes eléctricas			X	
➤ Nivel de ruido y vibración		X		
➤ Lubricación			X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				
TIPO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO: REPARACIÓN PEQUEÑA				

Tabla 3.7: ESTADO TÉCNICO DEL DESPULPADOR

DESPULPADOR				
MARCA: WEG		MODELO: 05OUT04		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO:		SIGNIFICADO:		
MANUALES: Si: _____ No: <u>X</u>	PLANOS: Si: _____ No: <u>X</u>	REPUESTOS: Si: _____ No: <u>X</u>		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje		X		
➤ Estado de la carcasa		X		
➤ Funcionamiento de los mecanismos		X		
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control			X	
➤ Estado de las redes eléctricas			X	
➤ Nivel de ruido y vibración		X		
➤ Lubricación		X		
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO MALO				
TIPO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO: REPARACIÓN GENERAL				

Tabla 3.8: ESTADO TÉCNICO DEL MOTOVENTILADOR

MOTOVENTILADOR				
MARCA: DUTY		MODELO: BTM56RB34D3M		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO:		SIGNIFICADO:		
MANUALES: Si: <u> X </u> No: <u> </u>	PLANOS: Si: <u> </u> No: <u> X </u>	REPUESTOS: Si: <u> </u> No: <u> X </u>		
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular	Bueno
➤ Estado del anclaje		X		
➤ Estado de la carcasa			X	
➤ Funcionamiento de los mecanismos			X	
➤ Funcionamiento del sistema de medición y control			X	
➤ Estado de las redes eléctricas			X	
➤ Nivel de ruido y vibración		X		
➤ Lubricación				X
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				
TIPO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO: REPARACIÓN PEQUEÑA				

3.3 Organización actual del mantenimiento

La fábrica “MIS FRUTALES” no posee un plan específico de mantenimiento; básicamente lo que se hace es reparación o cambio cuando los equipos fallan por lo que no se cuenta con un stock de repuestos o equipos en stand – by para ser reemplazados; lo que crea problemas en la producción.

De igual manera se realiza algún tipo de mantenimiento preventivo basado en inspecciones visuales y engrases cada que se piensa que la situación lo amerita pero no en todos los equipos.

No se lleva registros de fallos, paradas o estado de los equipos con mayor desgaste o mayor probabilidad de fallo, la fábrica posee un inventario y registro de los equipos pero es incompleto.

3.4 Plan de mantenimiento empleado actualmente

Un plan de mantenimiento nos permitirá cumplir con las tareas a realizarse en las maquinarias o equipos de una forma sistemática y organizada; pero como se describió anteriormente en la empresa no se cuenta con los parámetros necesarios que se utiliza en un plan de mantenimiento preventivo.

De la misma forma la fábrica no cuenta con un plan de mantenimiento predictivo en ninguno de sus equipos, lo cual ha traído como resultado diversas fallas que han perjudicado el servicio en vista que es imposible determinar los cambios de las condiciones físicas que estén sucediendo dentro de los equipos.

3.5 Planificación actual de materiales, repuestos y herramientas para llevar el mantenimiento

Es indudable que para brindar un buen servicio de mantenimiento es necesario contar con la infraestructura adecuada en cada caso, herramientas, repuestos, y materiales que deban ser garantizadas en el espacio adecuado de Planta Física (Talleres) y de Almacenamiento respectivamente.

Tampoco se cuentan con stock de repuestos por lo que cuando falla un equipo su parada es indeterminada hasta que se consigan los repuestos o un nuevo equipo.

La fábrica “MIS FRUTALES” no cuenta con talleres de mantenimiento mecánico y eléctrico, específicos para los equipos que posee, lo que se cuenta es con algunas herramientas, grasas, lubricantes. En muchas ocasiones no hay mano de obra técnica calificada por lo que se opta por tercerizar.

3.6 Programa de mantenimiento empleado actualmente

Debemos empezar conociendo lo que significa la Programación “Es la determinación de cuando debe realizarse cada una de las tareas planificadas teniendo en cuenta los programas de producción la cantidad de materiales, y la mano de obra disponible”.

Como se ha mencionado anteriormente, la empresa no cuenta con una planificación, lo repercute en que un programa de mantenimiento tampoco se encuentre implementado.

3.7 Documentación actual de trabajo

Actualmente la fábrica no posee documentación de trabajo. No se tiene registros o fichas de mantenimiento predictivo, lo que se tiene es ciertos manuales; por lo que se hace necesario elaborar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo.

En el **ANEXO 3** se muestra algunos modelos de documentos de trabajo que pueden ser utilizados en la fábrica, haciendo lógicamente algún cambio o adaptación requerido según las necesidades que se tengan.

3.8 Conclusión de la gestión actual del mantenimiento

La gestión de mantenimiento en la fábrica “MIS FRUTALES” no se emplea en vista que no se cuenta con el presupuesto necesario, no existe un departamento de mantenimiento, no se cuenta con una política de mantenimiento adecuada y no existe coordinación para la compra de materiales y repuestos.

De igual manera no se cuenta con un registro o con hojas de vida de los equipos de todos los años de funcionamiento, no se tiene un registro de los fallos más frecuentes, tiempo entre fallos, tiempo de reparaciones, quedando de lado la gestión de mantenimiento.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS VIBRACIONAL EN LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE LA FÁBRICA

4.1 Equipo de diagnóstico vibracional utilizado

4.1.1 Descripción del equipo

El equipo utilizado para el diagnóstico de vibraciones en los elementos rotativos es el DETECTOR II, indicado en el **ANEXO 1**.

1. El Detector II es un instrumento de medición portátil, de fabricación Estadounidense de la marca FAG Industrial Services, desarrollado con el software de PC Trendline 2. Es fácil usar y es ideal para controlar áreas grandes de la producción donde las distancias largas tienen que ser cubiertas para una ronda de medición.



Figura 4.1: Equipo de medición detector II

2. El software Trendline 2 es el programa del servidor para el Detector II. El propio Detector se diseña para grabar los datos que se midió. Toda la administración de los datos y las tareas de la evaluación se llevan a cabo por el software Trendline 2. El software configura el monitoreo de un sistema y evalúa, analiza y almacena los datos medidos al sistema. Además, el software Trendline 2 controla los datos que se intercambian entre el Detector y el computador.
3. Se necesita una computadora como mínimo Pentium 3 para cargar el software Trendline 2 donde se establece el nombre de la planta, área y las máquinas a medir, sus puntos respectivos, las tolerancias de acuerdo a los equipos que se analizará; las rutas de medición y se configura el sensor a utilizar en este caso el Acelerómetro Rainger IP-M con una sensibilidad de 100 mV/g

4.1.2 Principio de funcionamiento del detector II

El Detector II es un instrumento de mantenimiento predictivo, su principal función es la de medir la intensidad de vibración total o global.

El detector II es un instrumento de medición portátil con los datos la de función grabados para el monitoreo desconectado de sistemas y maquinaria. Para este propósito, el instrumento mide los sentidos de las vibraciones en puntos predeterminados usando un sensor llamado acelerómetro y trabaja con valores de velocidad, aceleración y demodulación, los valores característicos, o la condición del componente. Además, el Detector II puede medir temperaturas usando un sensor o pirómetro.

Una vez finalizada una ronda de medición, los valores característicos medidos pueden ser grabados, se transfieren a una computadora dónde son evaluados y analizados gráficamente. La situación exacta del punto de la medición dentro del sistema para ser supervisado es guardado en la configuración. Allí, la sensibilidad del sensor para cada punto de la medición y el umbral valora para la alarma principal o preliminar y también se guarda.

La configuración es creada usando el Trendline 2 y transferido al Detector II antes de la medición. Para medir, el sensor de vibración es fijado a un punto de la medición predeterminado con la ayuda de un pegado de imán. Si éste no puede ser fijado mediante el pegado magnético debido al material. Este tiene que ser pegado al punto de medición con la ayuda de un superglue duro (por ejemplo los acrílicos azules).

La configuración del punto de la medición se selecciona en el Detector II y se empieza la medición. El Detector II y el sensor señalan banda ancha y trabajos fuera de los valores característicos. Estos valores característicos se guardan y se transfirieren a la computadora una vez terminada la ronda de medición.

Para cada punto de la medición Trendline 2 compara el remedido de los valores característicos contra los valores límites puestos para este punto de la medición para la alarma principal o preliminar respectivamente. Cualquier pico que se exceda será desplegado.

Los valores característicos establecidos son guardados. Ellos pueden pintarse gráficamente dependiendo de la medición del punto en el tiempo.

4.1.3 Conexión del detector II al software trendline 2

El detector II está diseñado para trabajar conjuntamente con el Software Trendline 2, previamente se deberá establecer una base de datos y fijar la ruta de medición creada, con lo que se estará en condiciones de poder empezar a trabajar con el Detector II de la siguiente manera:

- Instalar el software en la PC.
- Crear la configuración de la planta en el Software (base de datos).
- Conectar el Detector II al PC y encenderlo.
- Enviar la configuración al Detector II.
- Enviar la ruta(s) de medición al Detector II.
- Tomar mediciones con el Detector II a lo largo de la ruta.
- Importar las mediciones a Trendline 2.

Detector II puede ser fácilmente conectado a la interface serial del PC estándar si se usa el cable suministrado en el paquete de Trendline 2.

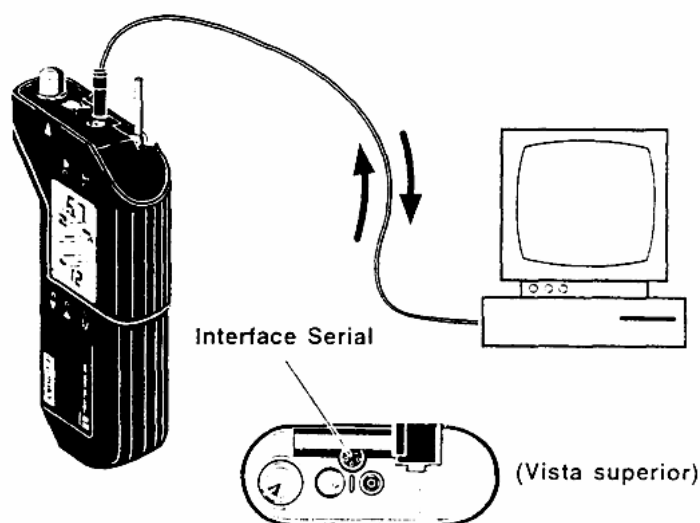


Figura 4.2: Conexión del detector II al PC

Con el Trendline 2 se podrá continuar verificando las mediciones con respecto a excesos de alarma y desplegar a su vez gráficamente las mediciones para un análisis de tendencia.

4.2 Configuración y registro de sensores

4.2.1 Configuración inicial

Antes de configurarlo se tendrá que definir los sensores que le gustaría usar. Algunos sensores son predefinidos como el sensor de temperatura.

Para crear un nuevo sensor de aceleración, se debe proceder de la siguiente manera:

- Dar click en Detector / Sensor / Add en la barra del menú y se desplegará la siguiente ventana.

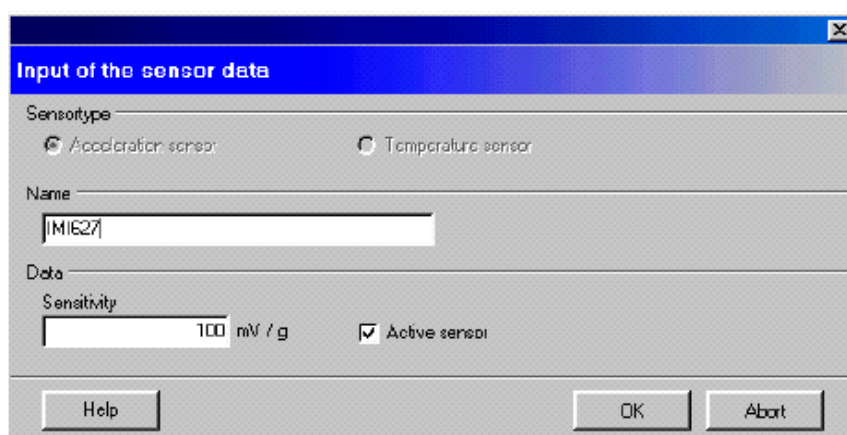


Figura 4.3: Ventana para agregar nuevos sensores

- Se pone un nombre al nuevo sensor, por ejemplo “IMI 627”.
- Entrar la sensibilidad del sensor. Esto está impreso hacia el sensor o provisto en la configuración del software. Normalmente, es 100 mV/g.

- Verifique el campo “Sensor Activo.” Haciendo que el voltaje de suministro de sensor del Detector se encienda en un alto-paso se conecta para filtrarse fuera del voltaje que proporcione la medición.
- Click OK para guardar el nuevo sensor.

4.2.2 Registro del nuevo detector

El Trendline 2 tiene una base de datos para administrar todos los Detectores que usa con su programa. Antes de enviar los datos la primera vez al Detector para, ser registrado al Trendline 2.

Para hacer que, se conecten el Detector II al puerto serial de su computadora se usa el cable de transmisión de datos proporcionado y se enciende el Detector y se sigue la secuencia mostrada:

- Click en Detector Configure.

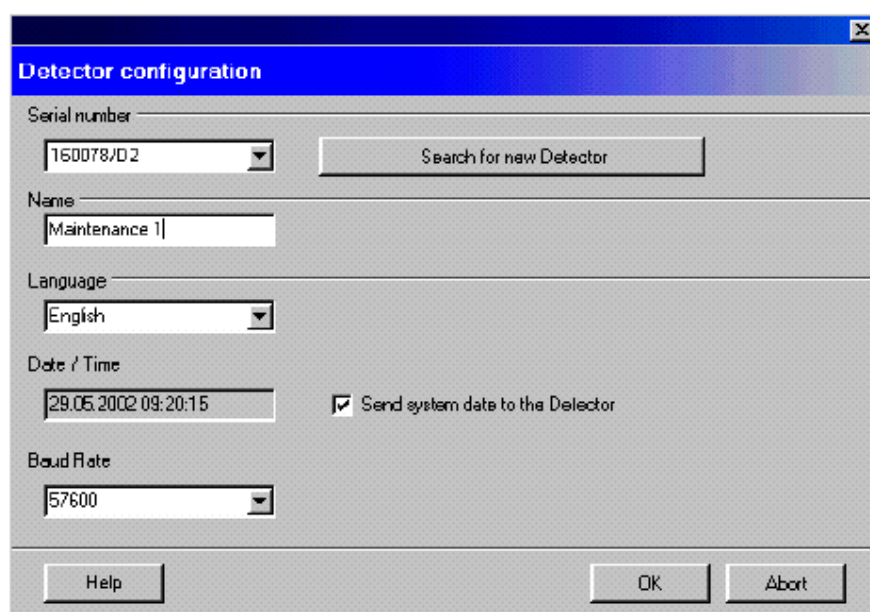
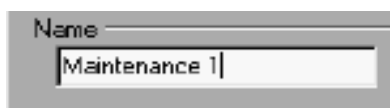


Figura 4.4: Ventana de configuración del detector

- Conecte el Detector a su PC y lo enciende. Haga clic en la Búsqueda para el nuevo Detector para registrar el nuevo Detector adelante el programa.
- Usted puede dar un nombre al Detector que se desplegará como predeterminado al encender el instrumento.



- Usted puede seleccionar el idioma para el Detector. No obstante todavía puede ser cambiado en el Detector.



- En esta ventana se puede configurar la fecha, hora y enviar al Detector.
- Aquí, usted puede seleccionar la proporción de transmisión de datos del Detector. Bajo las circunstancias normales, usted debe seleccionar el más alto posible (57,6 kbps). En el caso de problemas con la comunicación (por ejemplo los descansos de conexión abajo a veces) usted puede seleccionar la más baja proporción de transmisión de datos de 38,4 kbps.
- Después de completar todas las escenas, haga clic en OK para enviar los cambios al Detector. Se asegura que el Detector este encendido al pulsar el botón OK, porque por otra parte ninguna comunicación es posible.

4.3 Configuración del sistema

Utilizando un computador y el software del Detector II se crea una base de datos con toda la información disponible de las máquinas como por ejemplo:

- Información de las máquinas a ser monitoreadas.
- Dibujo o fotografía de la máquina.
- RPM de placa y medidas reales.
- Temperatura de operación normal.
- La frecuencia de las máquinas.
- Descripción de sus principales componentes.
- Tipos de acoples de las máquinas.
- Tipo de rodamientos.
- Puntos de medición.
- Localización de los puntos de medición.

Para la configuración del sistema se debe seguir los siguientes pasos:

- Damos clic en la carpeta para poder crear y establecer códigos para nuestras máquinas, en esta pantalla nos da la posibilidad de cambiar nombres de acuerdo a los requerimientos de la empresa en este caso es MIS FRUTALES.

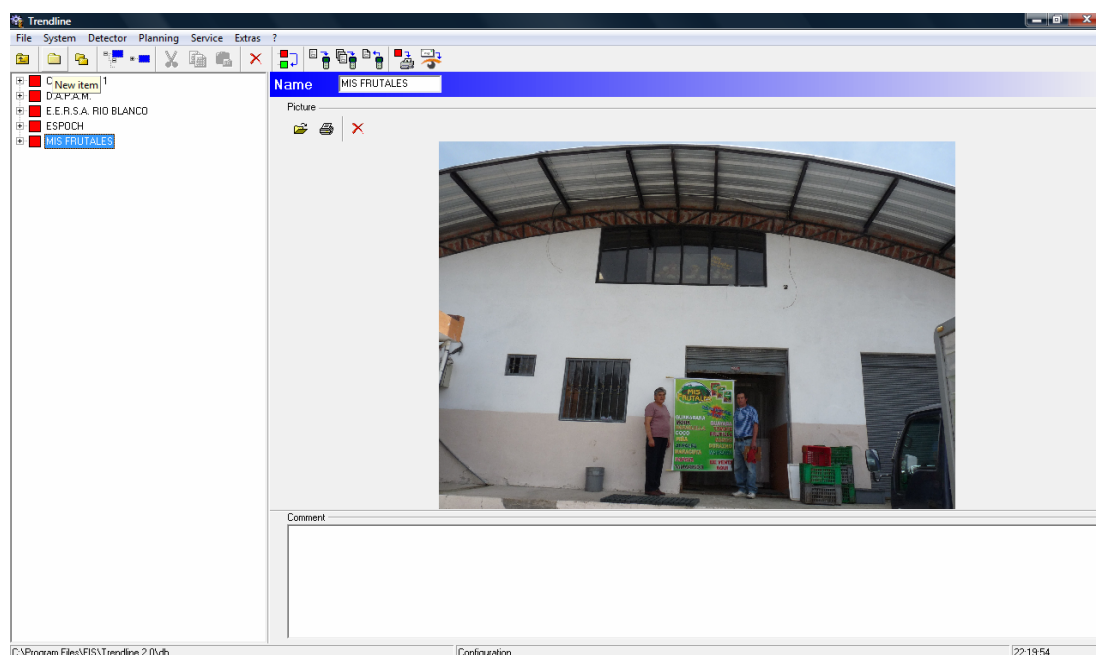


Figura 4.5: Fábrica mis frutales

- Después se crear un subitem que en este caso es la sección de PROCESADO donde vamos a tomar las mediciones en los diferentes equipos.

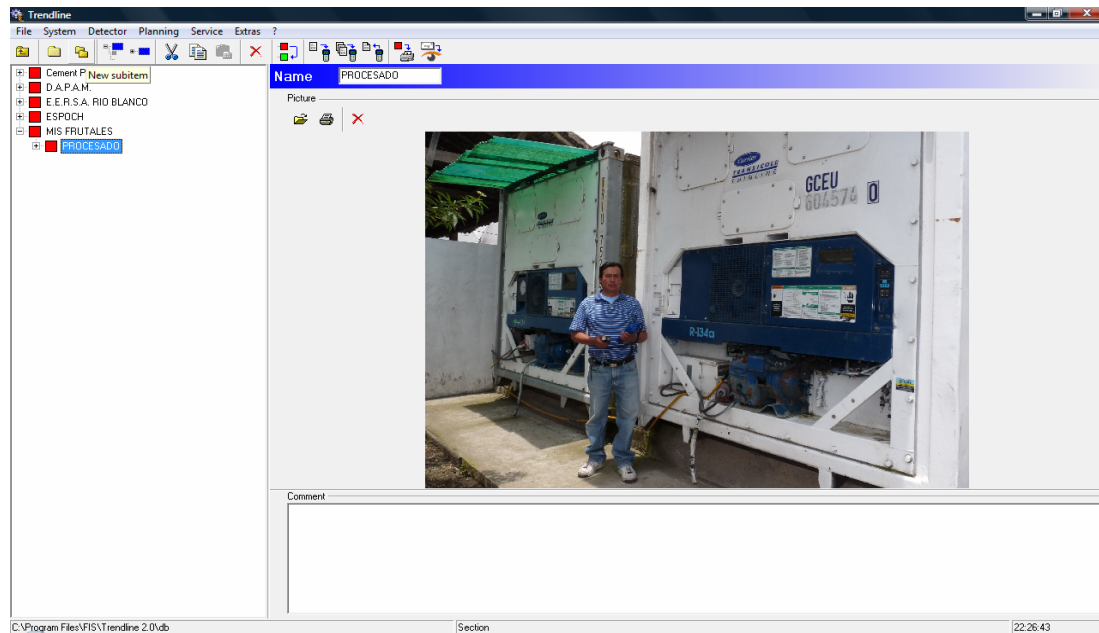


Figura 4.6: Sección de procesado

- Señalando en la sección de PROCESADO le volvemos a dar un clic para crear un nuevo subitem donde van cada uno de los equipos que se va a medir.

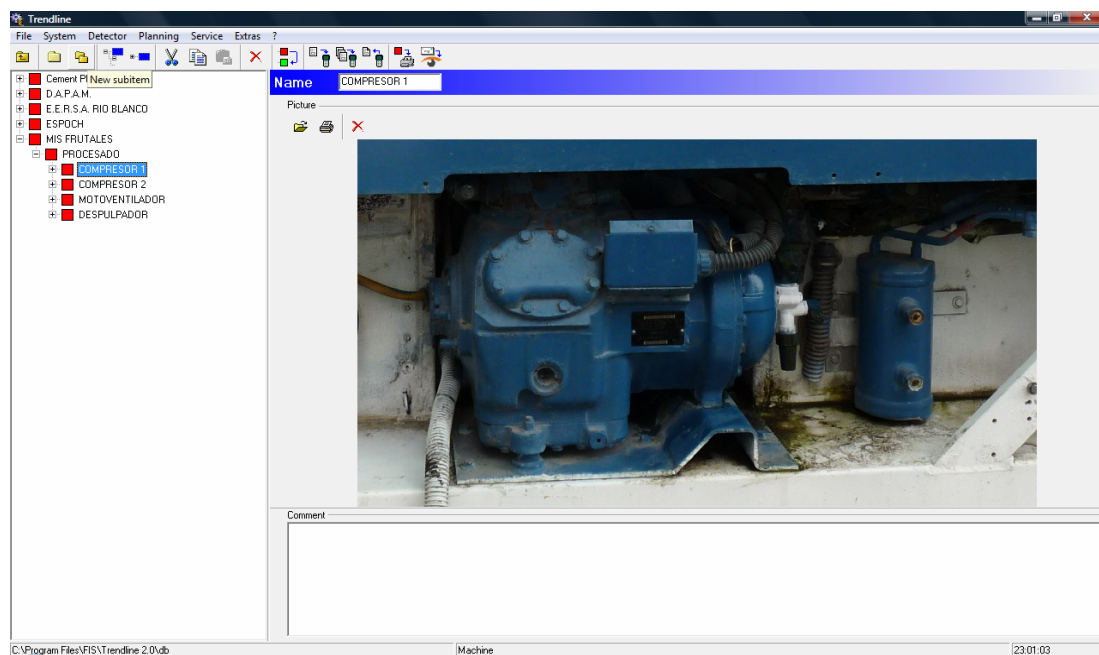


Figura 4.7: Compresor 1

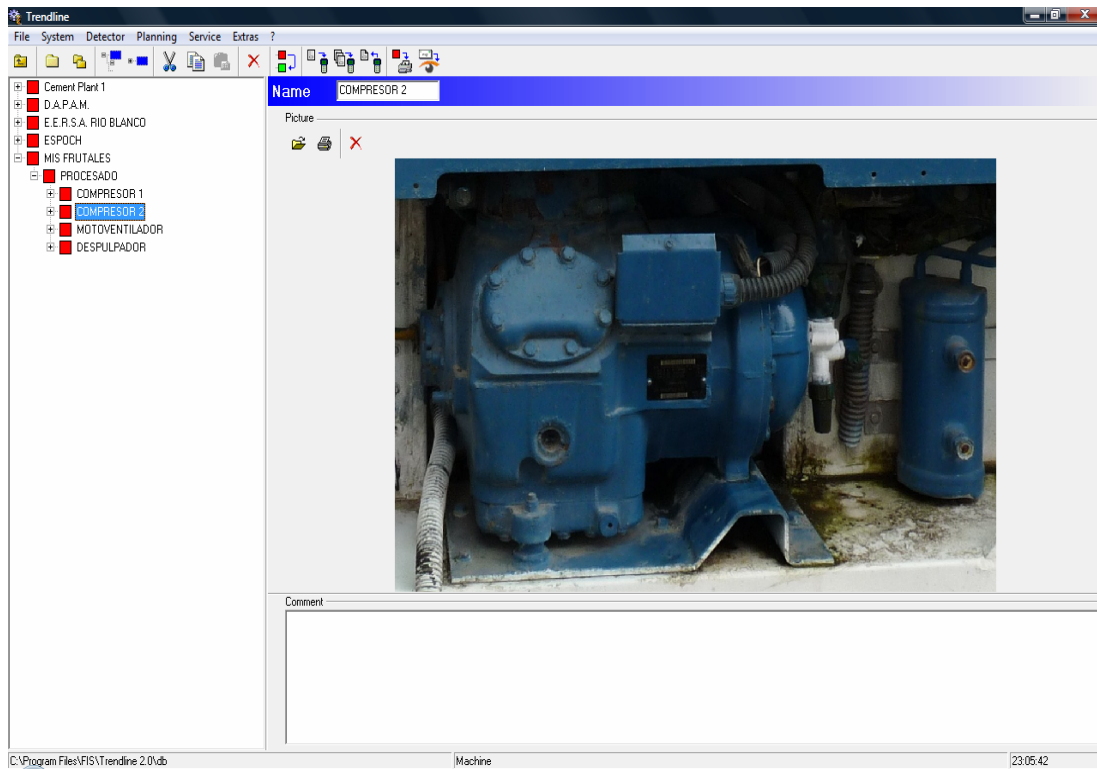


Figura 4.8: Compresor 2

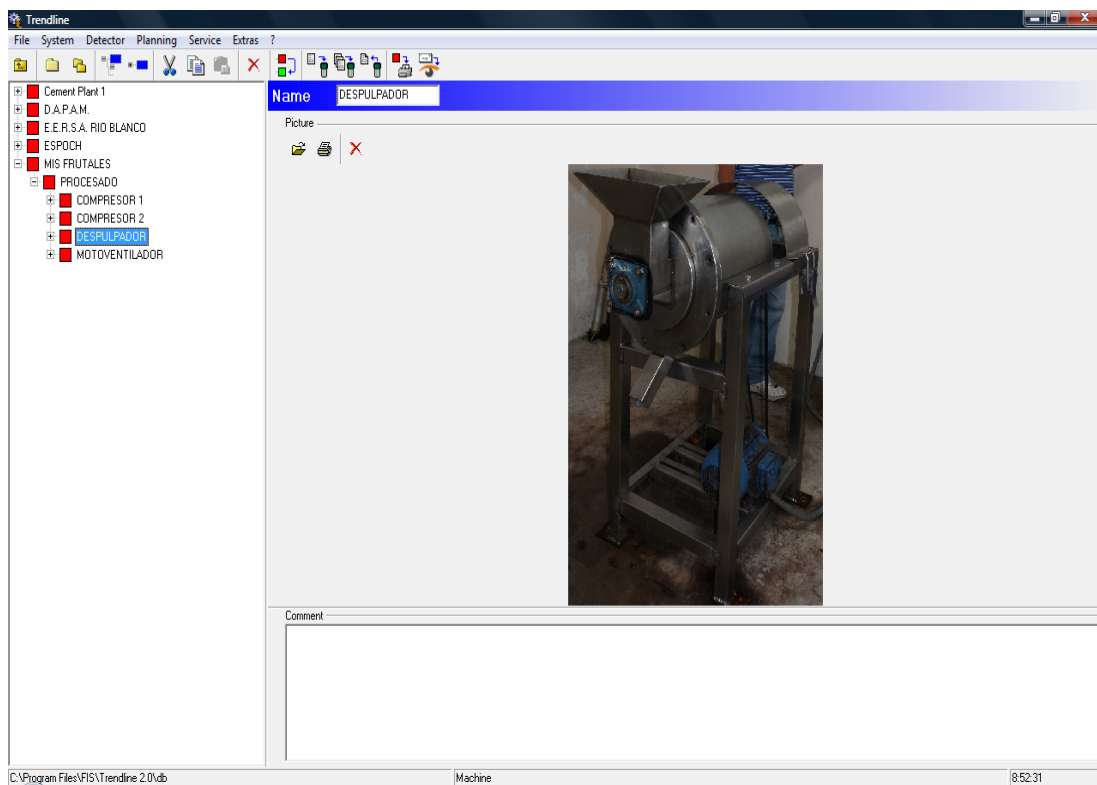


Figura 4.9: Despulpador

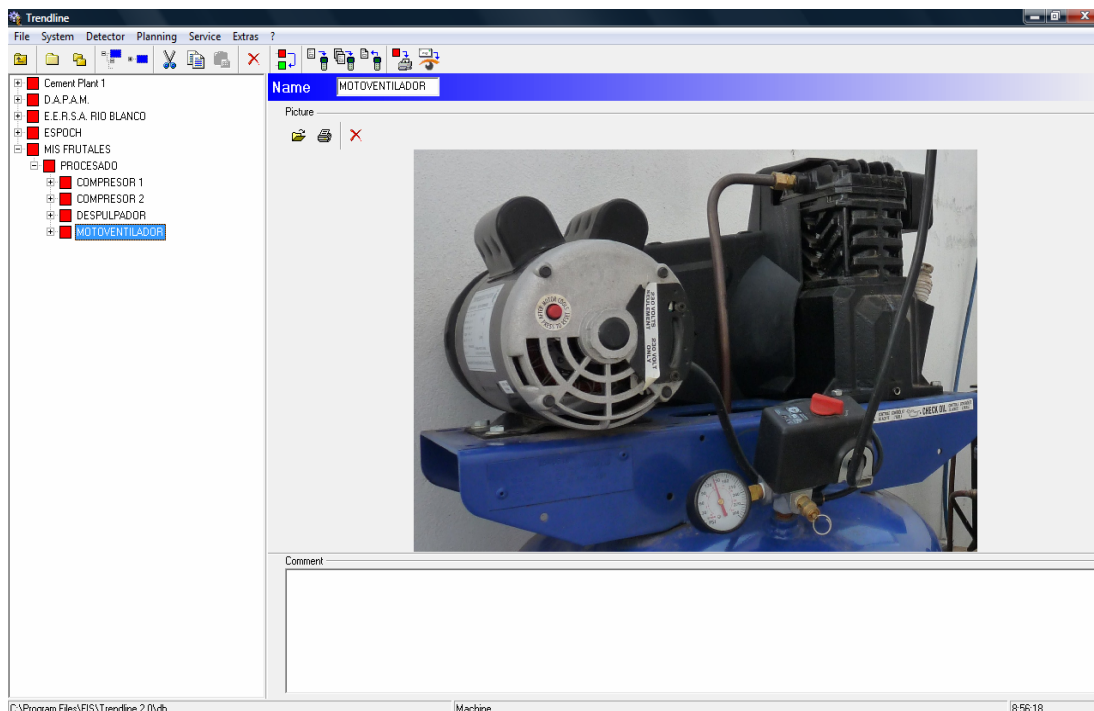


Figura 4.10: Motoventilador

En cada uno de los equipos una vez que hemos establecido los diferentes puntos y direcciones de medición, se procede a definir los diferentes parámetros que se va a analizar los cuales son:

- Primero la norma que vamos a usar y en este caso es la norma ISO 10816.
- Segundo la aceleración.
- Tercero la velocidad.
- Cuarto la temperatura.

Y en el equipo queda configurado de la siguiente forma:

- ISO 10816
- Aeff
- Deff TP 1000 Hz
- Temp

4.4 Creación de rutas de medición

Para la creación de las rutas tenemos que tomar en cuenta algunos factores tales como:

1. **Posicionamiento.**- Recorra el área de la planta donde se encuentran los equipos a ser monitoreados, determinando su ubicación, los puntos de medición y secuencia de las mismas (rutas), particularidades y opciones de rutas, aspectos de seguridad, accesibilidad, identificaciones.
2. **Desarrollo de las planillas de datos.**- Establecer qué máquinas van a ser monitoreadas, y completar una planilla de datos para cada una de ellas.

La planilla de datos provee información necesaria sobre cada elemento rotante, a fin de identificar las frecuencias características, los puntos de medición, datos de reparaciones.

4.5 Sentidos de medición

Es recomendable montar el sensor de vibración orientado en los sentidos radial, tangencial y axial.

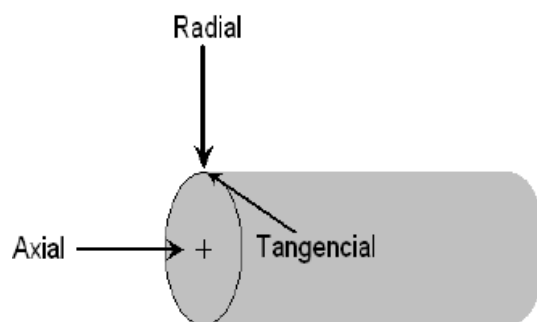


Figura 4.11: Sentidos de medición

Hay que evitar las posiciones con variaciones de temperaturas o excesiva condensación, y en el caso de acelerómetros, el flujo de aire / fluidos sobre el sensor.

Dado que conocemos cómo los problemas crean vibraciones en cada plano, la lectura en tres sentidos puede ayudarnos a interpretar el origen de las mismas.

- **Radial.**- Normalmente es menor que en el plano horizontal, debido a la diferencia de rigidez, y a la acción de la gravedad.
- **Tangencial.**- El desbalanceo es la causa más común de vibraciones en el plano radial (horizontal y vertical). Normalmente las máquinas son más elásticas en el plano horizontal, por lo tanto el desbalanceo se manifiesta generalmente en este sentido.
- **Axial.**- En condiciones ideales presenta valores más bajos que las radiales, dado que las fuerzas generalmente son perpendiculares al eje. Sin embargo, los problemas de desalineaciones crean vibraciones en este sentido.

Esta es una guía de casos generales. Equipos montados verticalmente, o con rotores en voladizo, u otros casos particulares, pueden mostrar diferentes respuestas.

Es importante resaltar que el sensor tiene mayor sensibilidad en la dirección en el cual es montado. También se debe tomar la lectura, lo más cerca posible del cojinete.

Evitar posicionar el sensor sobre partes muy delgadas, pues pueden presentar resonancias o flojedades.

4.6 Determinación de los puntos de medición

4.6.1 Punto C11R (compresor 1)



Figura 4.12: Punto C11R

4.6.2 Punto C11T (compresor 1)



Figura 4.13: Punto C11T

4.6.3 Punto C11A (compresor 1)



Figura 4.14: Punto C11A

4.6.4 Punto C12R (compresor 1)



Figura 4.15: Punto C12R

4.6.5 Punto C12T (compresor 1)



Figura 4.16: Punto C12T

4.6.6 Punto C12A (compresor 1)



Figura 4.17: Punto C12A

4.6.7 Punto C21R (compresor 2)



Figura 4.18: Punto C21R

4.6.8 Punto C21T (compresor 2)



Figura 4.19: Punto C21T

4.6.9 Punto C21A (compresor 2)



Figura 4.20: Punto C21A

4.6.10 Punto C22R (compresor 2)



Figura 4.21: Punto C22R

4.6.11 Punto C22T (compresor 2)



Figura 4.22: Punto C22T

4.6.12 Punto C22A (compresor 2)



Figura 4.23: Punto C22A

4.6.13 Punto DE1R (despulpador)



Figura 4.24: Punto DE1R

4.6.14 Punto DE1T (despulpador)



Figura 4.25: Punto DE1T

4.6.15 Punto DE1A (despulpador)



Figura 4.26: Punto DE1A

4.6.16 Punto DE2R (despulpador)



Figura 4.27: Punto DE2R

4.6.17 Punto DE2T (despulpador)



Figura 4.28: Punto DE2T

4.6.18 Punto DE2A (despulpador)



Figura 4.29: Punto DE2A

4.6.19 Punto MV1R (motoventilador)



Figura 4.30: Punto MV1R

4.6.20 Punto MV1T (motoventilador)



Figura 4.31: Punto MV1T

4.6.21 Punto MV1A (motoventilador)



Figura 4.32: Punto MV1A

4.6.22 Punto MV2R (motoventilador)



Figura 4.33: Punto MV2R

4.6.23 Punto MV2T (motoventilador)



Figura 4.34: Punto MV2T

4.6.24 Punto MV2A (motoventilador)



Figura 4.35: Punto MV2A

4.7 Frecuencias de mantenimiento

Las frecuencias de mantenimiento las hemos establecido mediante los historiales de máquinas y equipos similares, de empresas que si cuentan con una planificación de mantenimiento y que funcionan bajo similares condiciones. Además de ello se determinó en base a la condición crítica que tiene cada uno de los equipos.

Lo ideal es que se lleve un control estricto de cada falla, cuál fue su causa, que complicaciones causo, que tiempo se tardó en reparar, con cuanto personal, etc., para sacar el TMEF y el TMER que es el medio más aconsejable para establecer frecuencias. Con esto se pone como recomendación el seguimiento y tabulación de cada falla por más pequeña que esta sea.

4.8 Plan de mantenimiento

Es el uso de un método sistemático y organizado que nos permitirá cumplir las diversas tareas a realizarse en la maquinaria o equipos empleando de modo más racional y adecuado los recursos humanos y materiales.

Como resultado de la evaluación realizada, los especialistas, inspectores, mecánicos y eléctricos, formulan un plan de mantenimiento que consta de:

- La prioridad en función de la criticidad.
- La propuesta de solución para la ejecución de las tareas.
- Las necesidades de construcción.
- Las posibles mejoras a incorporar.

Para el desarrollo y la implementación de un sistema de mantenimiento predictivo se necesita tener establecido adecuadamente las tareas de mantenimiento preventivo, por tal razón se realizó las tareas de mantenimiento preventivo y a estas se incrementaron las tareas de mantenimiento predictivo.

4.9 Plan de mantenimiento preventivo

4.9.1 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo del compresor 1

Tabla 4.1: REVISIÓN DEL COMPRESOR

REVISIÓN DEL COMPRESOR
FRECUENCIA: 1500 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Quitar suministro de corriente eléctrica. • Dejar que se enfríe. • Limpieza de los componentes del compresor. • Cambio de resistencias. • Inspección y calibración de los pirómetros. • Revisión de los paneles de control. • Realizar pruebas de funcionamiento. • Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.2: INSPECCIÓN ELÉCTRICA

INSPECCIÓN ELÉCTRICA
FRECUENCIA: 360 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina • Quitar suministro de corriente eléctrica • Dejar que se enfríe • Limpieza de los componentes del compresor • Cambio de resistencias • Inspección y calibración de los pirómetros. • Revisión de los paneles de control • Inspección eléctrica de todo el interior del compresor • Realizar pruebas de funcionamiento. • Colocar en su posición.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Fuente universal. • Tacómetro. • Multímetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.3: INSPECCIÓN MECÁNICA

INSPECCIÓN MECÁNICA
FRECUENCIA: 1500 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Dejar que se enfríe.• Limpieza de los componentes del compresor.• Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor.• Realizar pruebas de funcionamiento.• Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.4: CAMBIO DE RODAMIENTOS

CAMBIO DE RODAMIENTOS
FRECUENCIA: 12000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar y desenergizar la unidad. • Sacar las tapas. • Extraer los rodamientos. • Barnizar los bobinados. • Calentar los nuevos rodamientos. • Colocar nuevos rodamientos. • Colocar las tapas. • Montar el equipo. • Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor. • Torcómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Aceite • Tiñer • Gasolina
<p>REPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos.

Tabla 4.5: CAMBIO DE MANGUERAS

CAMBIO DE MANGUERAS
FRECUENCIA: 13000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Quitar suministro de corriente eléctrica. • Dejar que se enfríe. • Limpieza de los componentes del compresor. • Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor. • Cambio de mangueras. • Realizar pruebas de funcionamiento. • Corregir fallas después de las pruebas. • Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
MATERIALES:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.6: INSPECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS

INSPECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS
FRECUENCIA: 1500 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Quitar suministro de corriente eléctrica. • Dejar que se enfríe. • Limpieza de los componentes del compresor. • Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor. • Inspección y calibración de válvulas • Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Calibrador. • Flexómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.7: CAMBIO DE VÁLVULAS

CAMBIO DE VÁLVULAS
FRECUENCIA: 13000 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Dejar que se enfríe.• Limpieza de los componentes del compresor.• Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor.• Cambio de válvulas.• Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.8: REVISIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

REVISIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO
FRECUENCIA: 1500 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Dejar que se enfríe.• Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor.• Revisión del sistema de control automático.• Realizar pruebas de funcionamiento.• Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.9: CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL

CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL
FRECUENCIA: 1500 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Quitar suministro de corriente eléctrica. • Cerrar la llave de cierre. • Aflojar las contratuercas. • Desacoplar los manómetros. • Calibración de los instrumentos de control. • Colocar teflón en la rosca del manómetro. • Montar los manómetros. • Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
MATERIALES:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaipe. • Teflón.
REPUESTOS:

Tabla 4.10: INSPECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

INSPECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL
FRECUENCIA: 1500 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Dejar que se enfríe.• Inspección y calibración de los pirómetros.• Inspección de los contactos y fusibles.• Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.11: CAMBIO DE ACCESORIOS Y TUBERÍAS

CAMBIO DE ACCESORIOS Y TUBERÍAS
FRECUENCIA: 13000 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Ver es estado de los accesorios y tuberías.• Realizar cambio de los accesorios y tuberías.• Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela
REPUESTOS:

Tabla 4.12: LUBRICACIÓN

LUBRICACIÓN
FRECUENCIA: 1000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad. • Retirar rodamientos. • Limpiar los rodamientos. • Lubricar con aceite los elementos que lo requieran • Lubricar con grasa los elementos que se requieran tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante. • Encender la unidad. • Realizar prueba de funcionamiento. • Realizar correcciones de si es necesario.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor. • Torcómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Aceite. • Grasa. • Gasolina.
REPUESTOS:

Tabla 4.13: LIMPIEZA

LIMPIEZA
FRECUENCIA: diario
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina• Quitar suministro de corriente eléctrica• Dejar que se enfríe• Limpiar todos los componentes.• Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Brocha• Escoba• Tiñer• Gasolina
REPUESTOS:

4.9.2 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo del compresor 2

Tabla 4.14: REVISIÓN DEL COMPRESOR

REVISIÓN DEL COMPRESOR
FRECUENCIA: 1500 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Quitar suministro de corriente eléctrica. • Dejar que se enfríe. • Limpieza de los componentes del compresor. • Cambio de resistencias. • Inspección y calibración de los pirómetros. • Revisión de los paneles de control. • Realizar pruebas de funcionamiento. • Colocar en su posición.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.15: INSPECCIÓN ELÉCTRICA

INSPECCIÓN ELÉCTRICA
FRECUENCIA: 360 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina • Quitar suministro de corriente eléctrica • Dejar que se enfríe • Limpieza de los componentes del compresor • Cambio de resistencias • Inspección y calibración de los pirómetros. • Revisión de los paneles de control • Inspección eléctrica de todo el interior del compresor • Realizar pruebas de funcionamiento. • Colocar en su posición.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Fuente universal. • Tacómetro. • Multímetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.16: INSPECCIÓN MECÁNICA

INSPECCIÓN MECÁNICA
FRECUENCIA: 1500 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Dejar que se enfríe.• Limpieza de los componentes del compresor.• Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor.• Realizar pruebas de funcionamiento.• Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.17: CAMBIO DE RODAMIENTOS

CAMBIO DE RODAMIENTOS
FRECUENCIA: 12000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar y desenergizar la unidad. • Sacar las tapas. • Extraer los rodamientos. • Barnizar los bobinados. • Calentar los nuevos rodamientos. • Colocar nuevos rodamientos. • Colocar las tapas. • Montar el equipo. • Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor. • Torcómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Aceite • Tiñer • Gasolina
<p>REPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos.

Tabla 4.18: CAMBIO DE MANGUERAS

CAMBIO DE MANGUERAS
FRECUENCIA: 13000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Quitar suministro de corriente eléctrica. • Dejar que se enfríe. • Limpieza de los componentes del compresor. • Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor. • Cambio de mangueras. • Realizar pruebas de funcionamiento. • Corregir fallas después de las pruebas. • Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
MATERIALES:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.19: INSPECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS

INSPECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS
FRECUENCIA: 1500 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Quitar suministro de corriente eléctrica. • Dejar que se enfríe. • Limpieza de los componentes del compresor. • Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor. • Inspección y calibración de válvulas • Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Calibrador. • Flexómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.20: CAMBIO DE VÁLVULAS

CAMBIO DE VÁLVULAS
FRECUENCIA: 13000 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Dejar que se enfríe.• Limpieza de los componentes del compresor.• Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor.• Cambio de válvulas.• Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.21: REVISIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

REVISIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO
FRECUENCIA: 1500 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Quitar suministro de corriente eléctrica. • Dejar que se enfríe. • Inspeccionar si existe fugas en partes externas del compresor. • Revisión del sistema de control automático. • Realizar pruebas de funcionamiento. • Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
MATERIALES:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.22: CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL

CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL
FRECUENCIA: 1500 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Quitar suministro de corriente eléctrica. • Cerrar la llave de cierre. • Aflojar las contratuercas. • Desacoplar los manómetros. • Calibración de los instrumentos de control. • Colocar teflón en la rosca del manómetro. • Montar los manómetros. • Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
MATERIALES:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaipe. • Teflón.
REPUESTOS:

Tabla 4.23: INSPECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

INSPECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL
FRECUENCIA: 1500 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Dejar que se enfríe.• Inspección y calibración de los pirómetros.• Inspección de los contactos y fusibles.• Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.24: CAMBIO DE ACCESORIOS Y TUBERÍAS

CAMBIO DE ACCESORIOS Y TUBERÍAS
FRECUENCIA: 13000 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Ver es estado de los accesorios y tuberías.• Realizar cambio de los accesorios y tuberías.• Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela
REPUESTOS:

Tabla 4.25: LUBRICACIÓN

LUBRICACIÓN
FRECUENCIA: 1000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad. • Retirar rodamientos. • Limpiar los rodamientos. • Lubricar con aceite los elementos que lo requieran • Lubricar con grasa los elementos que se requieran tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante. • Encender la unidad. • Realizar prueba de funcionamiento. • Realizar correcciones de si es necesario.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor. • Torcómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Aceite. • Grasa. • Gasolina.
REPUESTOS:

Tabla 4.26: LIMPIEZA

LIMPIEZA
FRECUENCIA: diario
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina• Quitar suministro de corriente eléctrica• Dejar que se enfríe• Limpiar todos los componentes.• Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Brocha• Escoba• Tiñer• Gasolina
REPUESTOS:

4.9.3 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo del despulpador

Tabla 4.27: INSPECCIÓN DEL MOTOR

INSPECCIÓN DEL MOTOR
FRECUENCIA: 360 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <p>Máquina en funcionamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de parámetros de funcionamiento: voltajes, amperajes, temperatura y velocidad. • Detectar ruidos anormales en rodamientos y poleas. <p>Máquina apagada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar estado de bandas. • Reajuste de pernos y de todos los circuitos. • Notificar daños mayores.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe.
REPUESTOS:

Tabla 4.28: INSPECCIÓN ELÉCTRICA

INSPECCIÓN ELÉCTRICA
FRECUENCIA: 360 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar el equipo y cortar la energía. • Limpieza e inspección de instrumentos de control de voltajes, amperajes y velocidad. • Inspección del sistema de arranque. • Limpieza de contactores, relés y regletas. • Prueba de funcionamiento de la unidad.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Fuente universal. • Tacómetro. • Multímetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela. • Limpiador.
REPUESTOS:

Tabla 4.29: CALIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

CALIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL
FRECUENCIA: 6000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calibración de presostatos. • Revisión y cambio de los instrumentos de control que se encuentren en mal estado. • Calibración de los instrumentos de control nuevos y verificar el; voltaje, amperaje, temperatura y velocidad. • Calibración de control de RPM. • Revisión de los tableros de control de arranque local, lubricación, prelubricación y precalentamiento. • Revisión de circuitos y funcionamiento de sistemas auxiliares. • Cambio de contactos de arranque manual. • Cambio de lámparas piloto quemadas • Prueba de funcionamiento.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Fuente universal. • Década.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe.
REPUESTOS:

Tabla 4.30: INSPECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

INSPECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL
FRECUENCIA: 1500 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Dejar que se enfríe.• Inspección de los pirómetros.• Calibración de los pirómetros.• Inspección de los contactos y fusibles.• Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela.• Limpiador.
REPUESTOS:

Tabla 4.31: CAMBIO DE RODAMIENTOS

CAMBIO DE RODAMIENTOS
FRECUENCIA: 12000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar y desenergizar la unidad. • Desmontar el motor. • Sacar las tapas. • Extraer los rodamientos. • Barnizar los bobinados. • Calentar los nuevos Rodamientos. • Colocar nuevos rodamientos. • Colocar las tapas. • Realizar pruebas de funcionamiento. • Comparar los nuevos parámetros.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor. • Torcómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Aceite. • Gasolina.
<p>REPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos.

Tabla 4.32: CONTROL DE LA TENSION Y ESTADO DE LAS BANDAS Y POLEAS

CONTROL DE LA TENSION Y ESTADO DE LAS BANDAS Y POLEAS
FRECUENCIA: 720 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Revisar manualmente el estado de las bandas. • Revisar el estado de las poleas. • Medir distancia entre centros. • Verificar holguras de las poleas, en caso de existir corregirlas.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Calibrador. • Flexómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.33: CAMBIO DE BANDAS Y POLEAS

CAMBIO DE BANDAS Y POLEAS
FRECUENCIA: 12000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar el grupo. • Sacar defensas de bandas. • Cambio de bandas y poleas. • Tensar las bandas. • Alineación de poleas. • Colocar defensas de bandas. • Verificar el funcionamiento.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe. • Franela.
<p>REPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bandas. • Poleas.

Tabla 4.34: LUBRICACIÓN

LUBRICACIÓN
FRECUENCIA: 1000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad. • Retirar rodamientos. • Limpiar los rodamientos. • Lubricar con aceite los elementos que lo requieran • Lubricar con grasa los elementos que se requieran tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante. • Encender la unidad. • Realizar prueba de funcionamiento. • Realizar correcciones de si es necesario.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor. • Torcómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Aceite. • Grasa. • Gasolina.
REPUESTOS:

Tabla 4.35: LIMPIEZA

LIMPIEZA
FRECUENCIA: diario
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina• Quitar suministro de corriente eléctrica• Dejar que se enfríe• Limpiar todos los componentes.• Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Brocha• Escoba• Tiñer• Gasolina
REPUESTOS:

4.9.4 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo del motoventilador

Tabla 4.36: INSPECCIÓN DEL MOTOR

INSPECCIÓN DEL MOTOR
FRECUENCIA: 360 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <p>Máquina en funcionamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de parámetros de funcionamiento: voltajes, amperajes, temperatura y velocidad. • Detectar ruidos anormales en rodamientos y poleas. <p>Máquina apagada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar estado de bandas. • Reajuste de pernos y de todos los circuitos. • Notificar daños mayores.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe.
REPUESTOS:

Tabla 4.37: INSPECCIÓN ELÉCTRICA

INSPECCIÓN ELÉCTRICA
FRECUENCIA: 360 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar el equipo y cortar la energía. • Limpieza e inspección de instrumentos de control de voltajes, amperajes y velocidad. • Inspección del sistema de arranque. • Limpieza de contactores, relés y regletas. • Prueba de funcionamiento de la unidad.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Fuente universal. • Tacómetro. • Multímetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela. • Limpiador.
REPUESTOS:

Tabla 4.38: CALIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

CALIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL
FRECUENCIA: 6000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calibración de presostatos. • Revisión y cambio de los instrumentos de control que se encuentren en mal estado. • Calibración de los instrumentos de control nuevos y verificar el; voltaje, amperaje, temperatura y velocidad. • Calibración de control de RPM. • Revisión de los tableros de control de arranque local, lubricación, prelubricación y precalentamiento. • Revisión de circuitos y funcionamiento de sistemas auxiliares. • Cambio de contactos de arranque manual. • Cambio de lámparas piloto quemadas • Prueba de funcionamiento.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Fuente universal. • Década.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe.
REPUESTOS:

Tabla 4.39: INSPECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

INSPECCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL
FRECUENCIA: 1500 horas
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina.• Quitar suministro de corriente eléctrica.• Dejar que se enfríe.• Inspección de los pirómetros.• Calibración de los pirómetros.• Inspección de los contactos y fusibles.• Realizar pruebas de funcionamiento.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Franela.• Limpiador.
REPUESTOS:

Tabla 4.40: CAMBIO DE RODAMIENTOS

CAMBIO DE RODAMIENTOS
FRECUENCIA: 12000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar y desenergizar la unidad. • Desmontar el motor. • Sacar las tapas. • Extraer los rodamientos. • Barnizar los bobinados. • Calentar los nuevos Rodamientos. • Colocar nuevos rodamientos. • Colocar las tapas. • Realizar pruebas de funcionamiento. • Comparar los nuevos parámetros.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor. • Torcómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Aceite. • Gasolina.
<p>REPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos.

Tabla 4.41: CONTROL DE LA TENSION Y ESTADO DE LAS BANDAS Y POLEAS

CONTROL DE LA TENSION Y ESTADO DE LAS BANDAS Y POLEAS
FRECUENCIA: 720 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la máquina. • Revisar manualmente el estado de las bandas. • Revisar el estado de las poleas. • Medir distancia entre centros. • Verificar holguras de las poleas, en caso de existir corregirlas.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Calibrador. • Flexómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela.
REPUESTOS:

Tabla 4.42: CAMBIO DE BANDAS Y POLEAS

CAMBIO DE BANDAS Y POLEAS
FRECUENCIA: 12000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar el grupo. • Sacar defensas de bandas. • Cambio de bandas y poleas. • Tensar las bandas. • Alineación de poleas. • Colocar defensas de bandas. • Verificar el funcionamiento.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe. • Franela.
<p>REPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bandas. • Poleas.

Tabla 4.43: INSPECCIÓN DEL VENTILADOR

INSPECCIÓN DEL VENTILADOR
FRECUENCIA: diario
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar el equipo. • Retirar objetos extraños que puedan ser succionados o que impidan la libre operación. • Asegurarse que la malla protectora esta correctamente ubicada. • Chequear que el radiador del motor no esté tapado con hojas o desperdicios. • Chequear controladores. • Chequear alarmas. • Chequear nivel de aceite en motor. • Engrasar rodamientos. • Chequear posibles daños en carcasa, dampers, e impulsores. • Chequear ajuste de pernos de la carcasa • Chequear los pernos de anclaje del motor. • Chequear tensión de la correa por deslizamiento o mala tracción. • Chequear tensión de la correa. • Chequear ajuste de poleas. • Chequear el ajuste de pernos en el ventilador. • Inspeccionar filtro de aire. • Inspeccionar el filtro de aceite. • Chequear carcasa. • Verificar el estado de la malla protectora. • Chequear el aislamiento térmico por seguridad o posibles daños.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas.
MATERIALES:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Franela. • Brocha. • Escoba.
REPUESTOS:

Tabla 4.44: LUBRICACIÓN

LUBRICACIÓN
FRECUENCIA: 1000 horas
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la unidad. • Retirar rodamientos. • Limpiar los rodamientos. • Lubricar con aceite los elementos que lo requieran • Lubricar con grasa los elementos que se requieran tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante. • Encender la unidad. • Realizar prueba de funcionamiento. • Realizar correcciones de si es necesario.
EQUIPOS:
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maletín de herramientas. • Extractor. • Torcómetro.
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe. • Aceite. • Grasa. • Gasolina.
REPUESTOS:

Tabla 4.45: LIMPIEZA

LIMPIEZA
FRECUENCIA: diario
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Apagar la máquina• Quitar suministro de corriente eléctrica• Dejar que se enfríe• Limpiar todos los componentes.• Colocar en su posición.
EQUIPOS:
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Maletín de herramientas.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Guaípe.• Brocha• Escoba• Tiñer• Gasolina
REPUESTOS:

4.10 Plan de mantenimiento predictivo

4.10.1 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento predictivo del compresor 1

Tabla 4.46: ANÁLISIS VIBRACIONAL

ANÁLISIS VIBRACIONAL
FRECUENCIA: Quincenal
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Armar las rutas de medición en un computador. • Transferir las rutas al equipo. • Escoger el transductor más adecuado. • Armar el acelerómetro y el medidor de temperatura. • Realizar la medición en cada punto establecido. • Guardar los datos tomados. • Transferir los datos al computador. • Realizar el análisis de los espectros. • Interpretar los resultados.
<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detector II. • Pirómetro. • Computador.
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acelerómetro. • Cable de datos para puerto serial. • Cargador del detector II
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batería de 9V • Guaípe. • Franela. • Limpiador.
REPUESTOS:

4.10.2 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento predictivo del compresor 2

Tabla 4.47: ANÁLISIS VIBRACIONAL

ANÁLISIS VIBRACIONAL
FRECUENCIA: Quincenal
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Armar las rutas de medición en un computador. • Transferir las rutas al equipo. • Escoger el transductor más adecuado. • Armar el acelerómetro y el medidor de temperatura. • Realizar la medición en cada punto establecido. • Guardar los datos tomados. • Transferir los datos al computador. • Realizar el análisis de los espectros. • Interpretar los resultados.
<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detector II. • Pirómetro. • Computador.
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acelerómetro. • Cable de datos para puerto serial. • Cargador del detector II
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batería de 9V • Guaípe. • Franela. • Limpiador.
REPUESTOS:

4.10.3 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento predictivo del despulpador

Tabla 4.48: ANÁLISIS VIBRACIONAL

ANÁLISIS VIBRACIONAL
FRECUENCIA: Quincenal
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Armar las rutas de medición en un computador. • Transferir las rutas al equipo. • Escoger el transductor más adecuado. • Armar el acelerómetro y el medidor de temperatura. • Realizar la medición en cada punto establecido. • Guardar los datos tomados. • Transferir los datos al computador. • Realizar el análisis de los espectros. • Interpretar los resultados.
<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detector II. • Pirómetro. • Computador.
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acelerómetro. • Cable de datos para puerto serial. • Cargador del detector II
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batería de 9V • Guaípe. • Franela. • Limpiador.
REPUESTOS:

Tabla 4.49: ALINEACIÓN DE POLEAS

ALINEACIÓN DE POLEAS
FRECUENCIA: Quincenal
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Calibrar el alineador.• Armar el alineador de poleas en el equipo.• Medir la alineación.• Revisar los datos tomados.• Rectificar la alineación de las poleas si es necesario.• Verificar la alineación con el equipo en funcionamiento.
EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none">• Alineador de poleas.• Computador.
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Cable de datos para puerto serial.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Batería de 9V• Guaípe.
REPUESTOS:

4.10.4 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento predictivo del motoventilador

Tabla 4.50: ANÁLISIS VIBRACIONAL

ANÁLISIS VIBRACIONAL
FRECUENCIA: Quincenal
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Armar las rutas de medición en un computador. • Transferir las rutas al equipo. • Escoger el transductor más adecuado. • Armar el acelerómetro y el medidor de temperatura. • Realizar la medición en cada punto establecido. • Guardar los datos tomados. • Transferir los datos al computador. • Realizar el análisis de los espectros. • Interpretar los resultados.
<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detector II. • Pirómetro. • Computador.
<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acelerómetro. • Cable de datos para puerto serial. • Cargador del detector II
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batería de 9V • Guaípe. • Franela. • Limpiador.
REPUESTOS:

Tabla 4.51: ALINEACIÓN DE POLEAS

ALINEACIÓN DE POLEAS
FRECUENCIA: Quincenal
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none">• Calibrar el alineador.• Armar el alineador de poleas en el equipo.• Medir la alineación.• Revisar los datos tomados.• Rectificar la alineación de las poleas si es necesario.• Verificar la alineación con el equipo en funcionamiento.
EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none">• Alineador de poleas.• Computador.
HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none">• Cable de datos para puerto serial.
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none">• Batería de 9V• Guaípe.
REPUESTOS:

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

5.1 Espectros obtenidos en el compresor 1

5.1.1 Espectro obtenido en el punto C11R

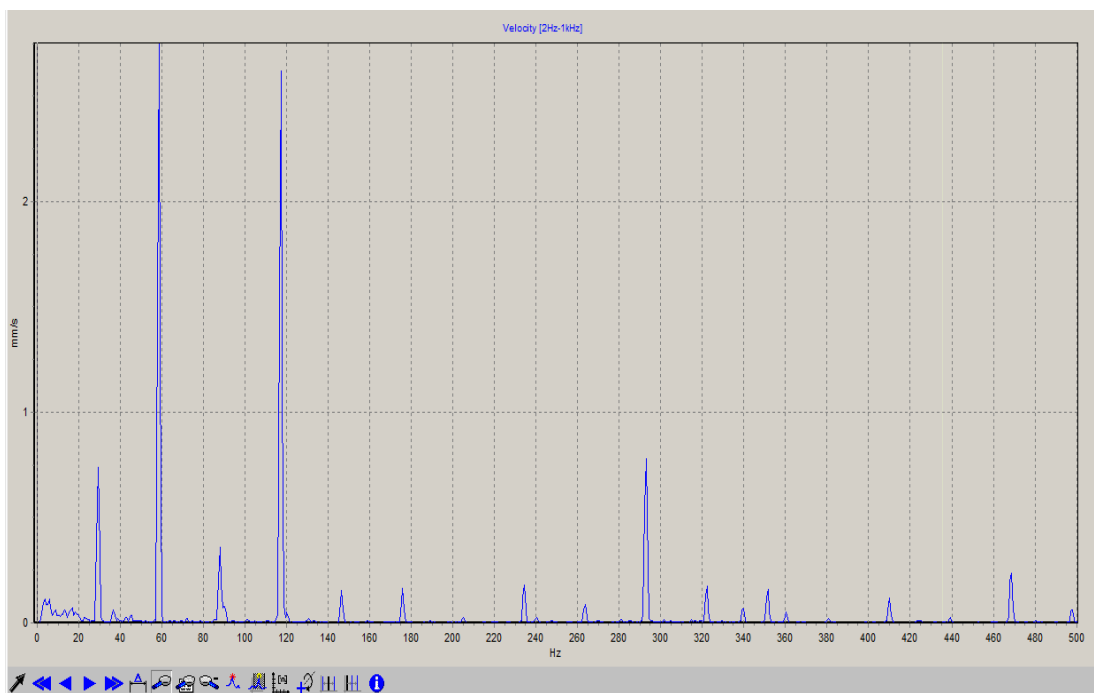


Figura 5.1: Espectro obtenido en el punto C11R

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 2.90 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, ya que los picos son bajos.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.1.2 Espectro obtenido en el punto C11T

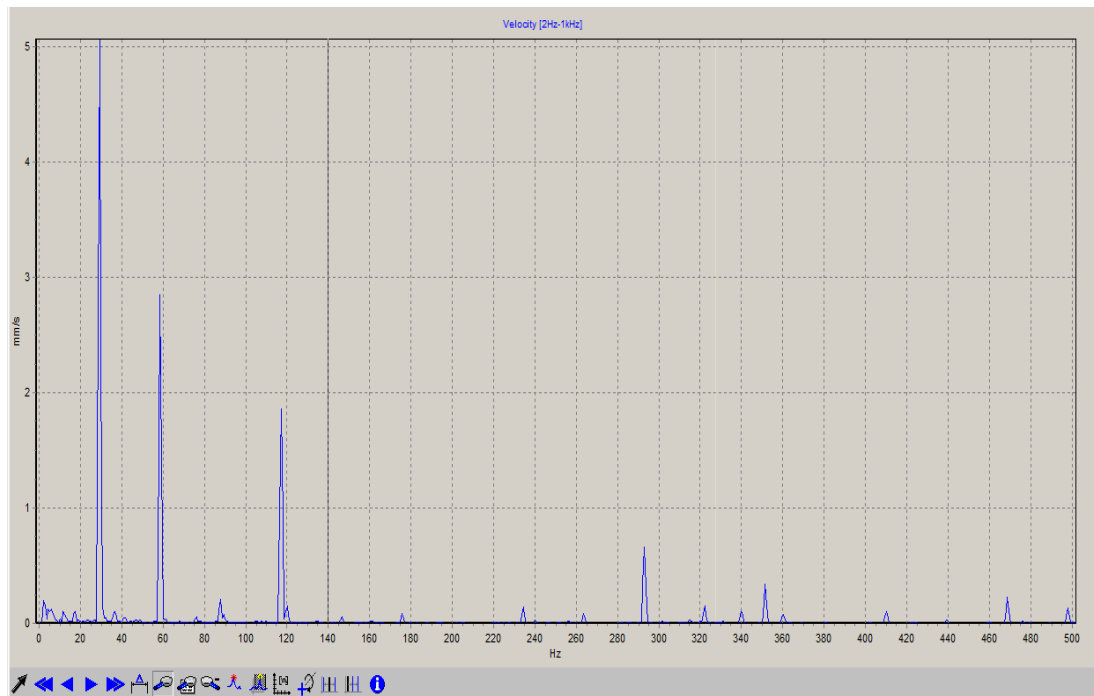


Figura 5.2: Espectro obtenido en el punto C11T

ANÁLISIS

Como se puede observar en el espectro obtenido tenemos valores picos elevados en 1XT y en 2XT, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X y 2X en la dirección tangencial, nos muestra un **problema de Desalineación Paralela.**

RECOMENDACIÓN

Para la desalineación se recomienda analizar los siguientes puntos:

- Fallas prematuras de rodamientos, sellos, acoplamiento o ejes.
- Altas temperaturas en la carcasa y en el aceite de lubricación.
- Excesiva fuga de aceite lubricante por los sellos de los rodamientos.
- Soltura de los pernos de anclaje (problemas de “pie flojo”).
- Calentamiento del acoplamiento mientras está funcionando.
- Alto número de fallas del acoplamiento o desgaste rápido del mismo.
- Rotura de los ejes (o agrietamiento) en o cerca a los asientos de los rodamientos o de las masas del acoplamiento.
- Consumo de energía más alto del normal.

5.1.3 Espectro obtenido en el punto C11A

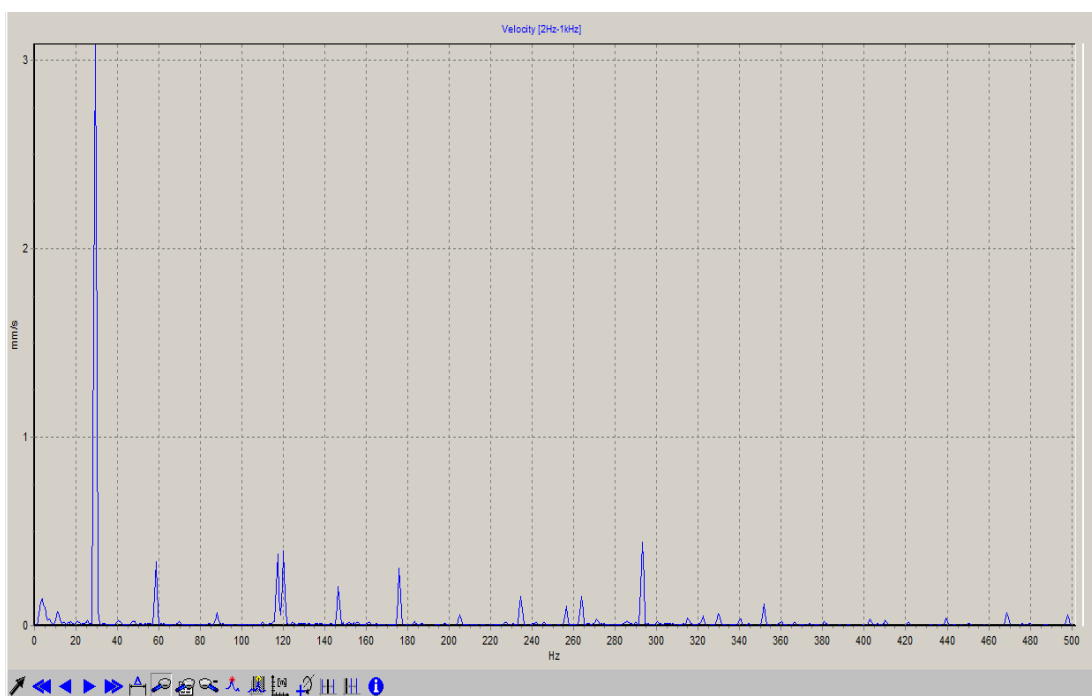


Figura 5.3: Espectro obtenido en el punto C11A

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 2.19 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son muy bajos y son admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.1.4 Espectro obtenido en el punto C12R

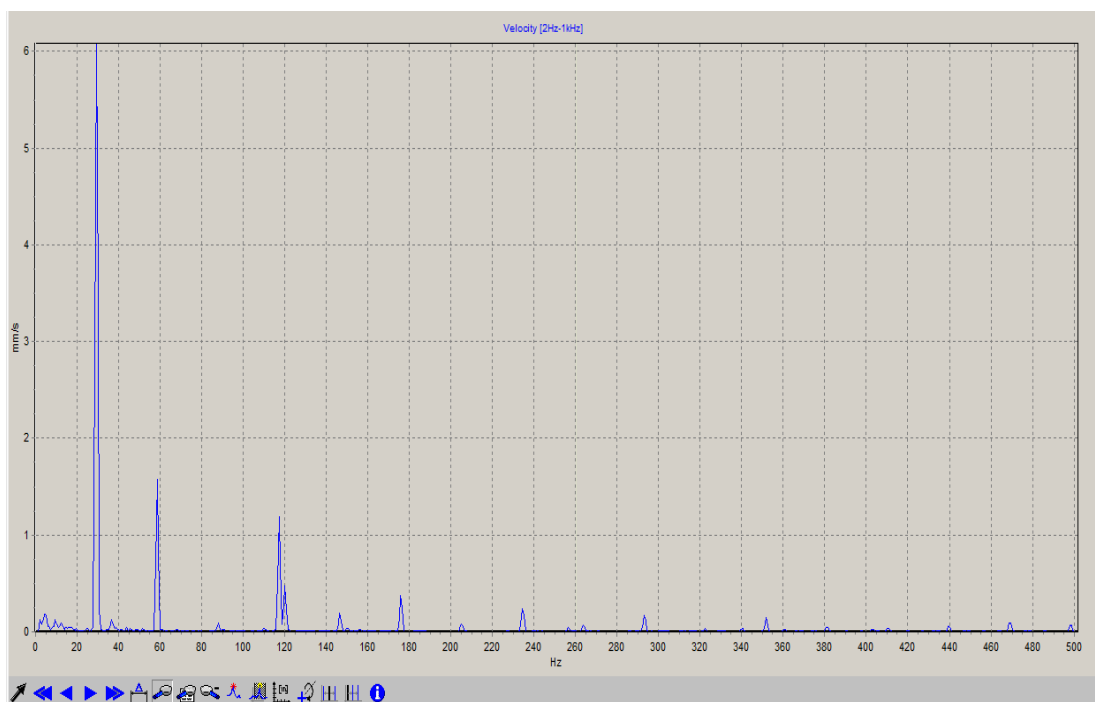


Figura 5.4: Espectro obtenido en el punto C12R

ANÁLISIS

Como se puede observar en el espectro tenemos un pico elevado en 1XR y la existencia de un pico en 2XR, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X y 2X en la dirección radial, nos muestra un **problema de Desalineación Paralela.**

RECOMENDACIÓN

El problema de desalineación se puede dar por varios motivos por lo que se recomienda analizar cada uno de los siguientes puntos:

- Fallas prematuras de rodamientos, sellos, acoplamiento o ejes.
- Altas temperaturas en la carcasa cerca de los rodamientos o altas temperaturas del aceite de lubricación.
- Excesiva fuga de aceite lubricante por los sellos de los rodamientos.
- Soltura de los pernos de anclaje (problemas de “pie flojo”).
- Soltura o rotura de los pernos del acoplamiento.
- Calentamiento del acoplamiento mientras está funcionando.
- Alto número de fallas del acoplamiento o desgaste rápido del mismo.
- Los defectos del eje y acoplamiento pueden tender a incrementarse después de algún tiempo de funcionamiento del equipo.
- Rotura de los ejes (o agrietamiento) en o cerca a los asientos de los rodamientos o de las masas del acoplamiento.
- Consumo de energía más alto del normal.

5.1.5 Espectro obtenido en el punto C12T

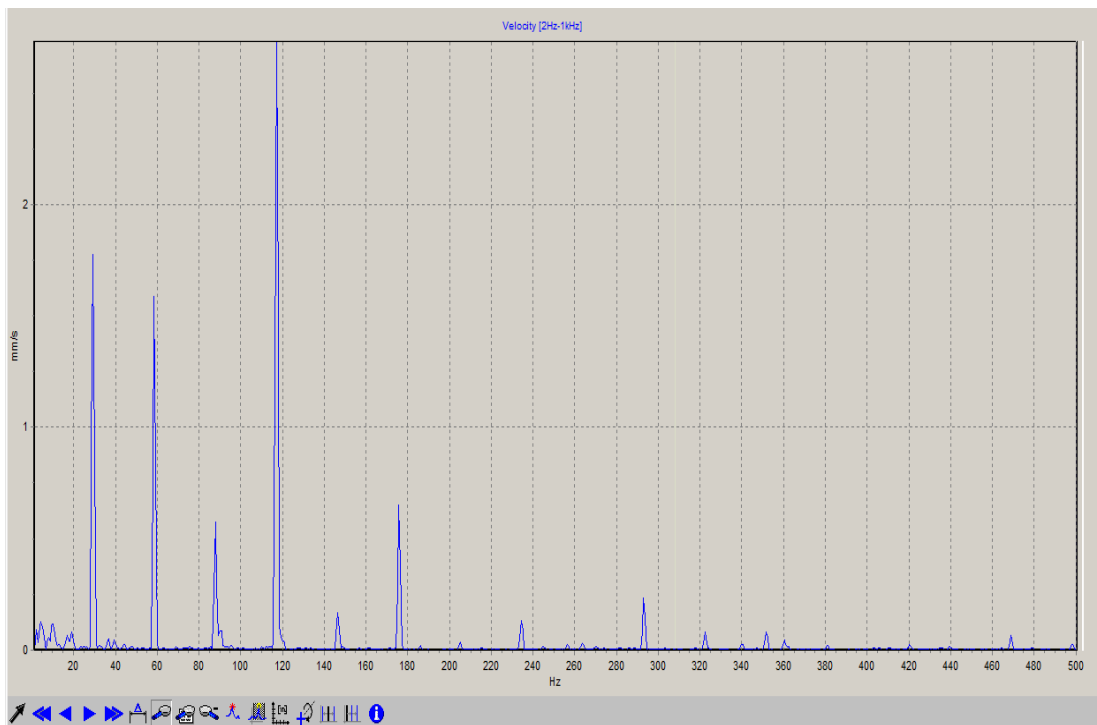


Figura 5.5: Espectro obtenido en el punto C12T

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 2.64 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son muy bajos y son admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.1.6 Espectro obtenido en el punto C12A

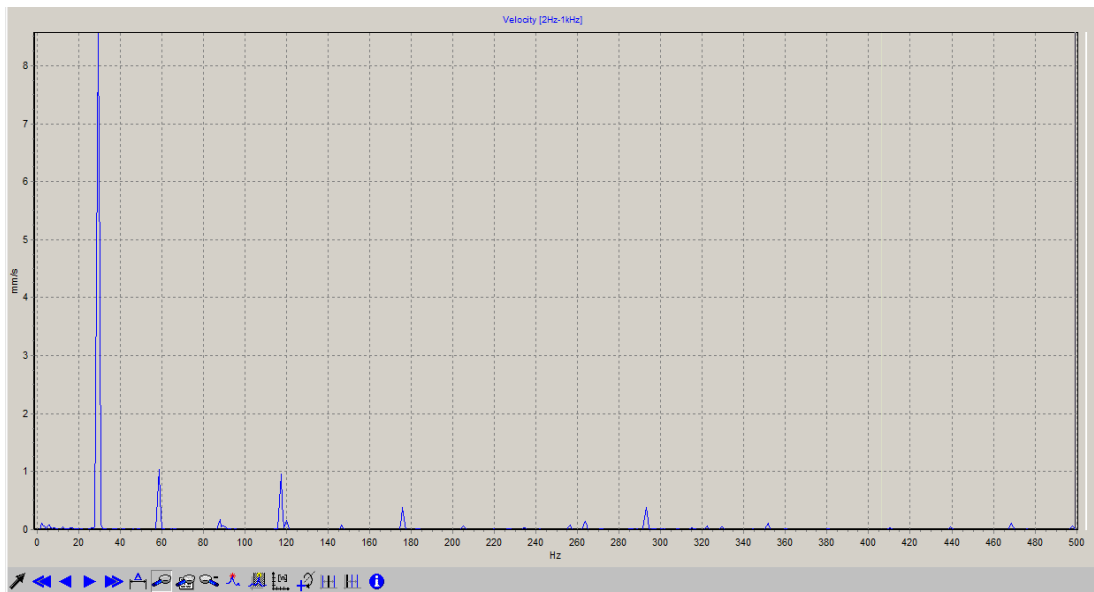


Figura 5.6: Espectro obtenido en el punto C12A

ANÁLISIS

De igual manera al observar la figura tenemos un valor pico muy elevado en 1XA, acompañado de un pico en 2XA, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Las fuertes componentes axiales 1XA y armónicos en 2XA, nos indica que existe un **problema de Desalineación Angular**.

RECOMENDACIÓN

La desalineación angular se puede evitar si se analiza las siguientes causas por las cuales se produce:

- Ensamblado impreciso de los componentes.

- La posición relativa de los componentes se altera después del montaje.
- Distorsión debido a fuerzas y distorsión en soportes flexibles debido a torque.
- Expansión de la estructura de la máquina debido al alza de la temperatura.
- La desalineación produce una variedad de síntomas en tipos diferentes de máquinas y se deben consultar las firmas de vibraciones promedios para máquinas sanas con el fin de determinar los niveles permisibles de IX y 2X.

5.2 Espectros obtenidos en el compresor 2

5.2.1 Espectro obtenido en el punto C21R

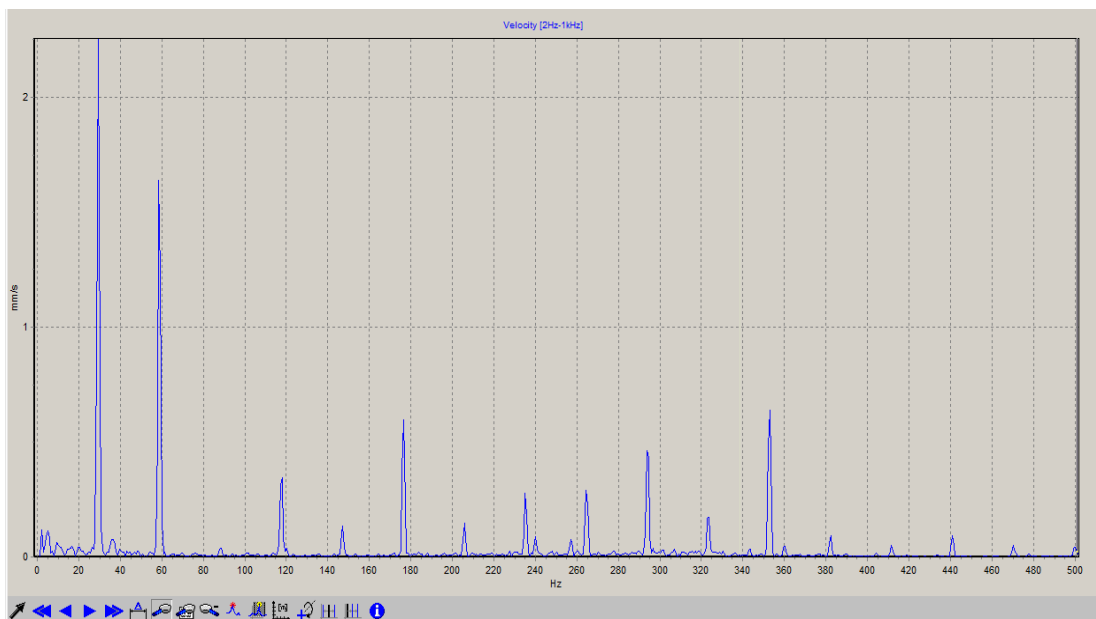


Figura 5.7: Espectro obtenido en el punto C21R

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 2.14 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son muy bajos.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para mantener los resultados actuales.

5.2.2 Espectro obtenido en el punto C21T

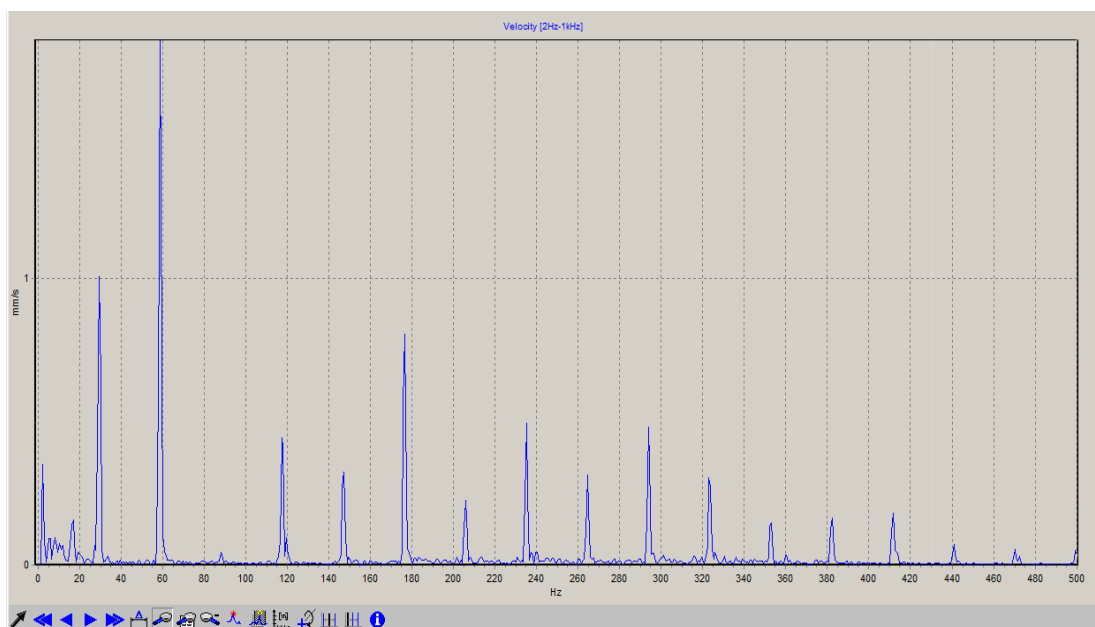


Figura 5.8: Espectro obtenido en el punto C21T

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 1.72 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son muy bajos.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.2.3 Espectro obtenido en el punto C21A

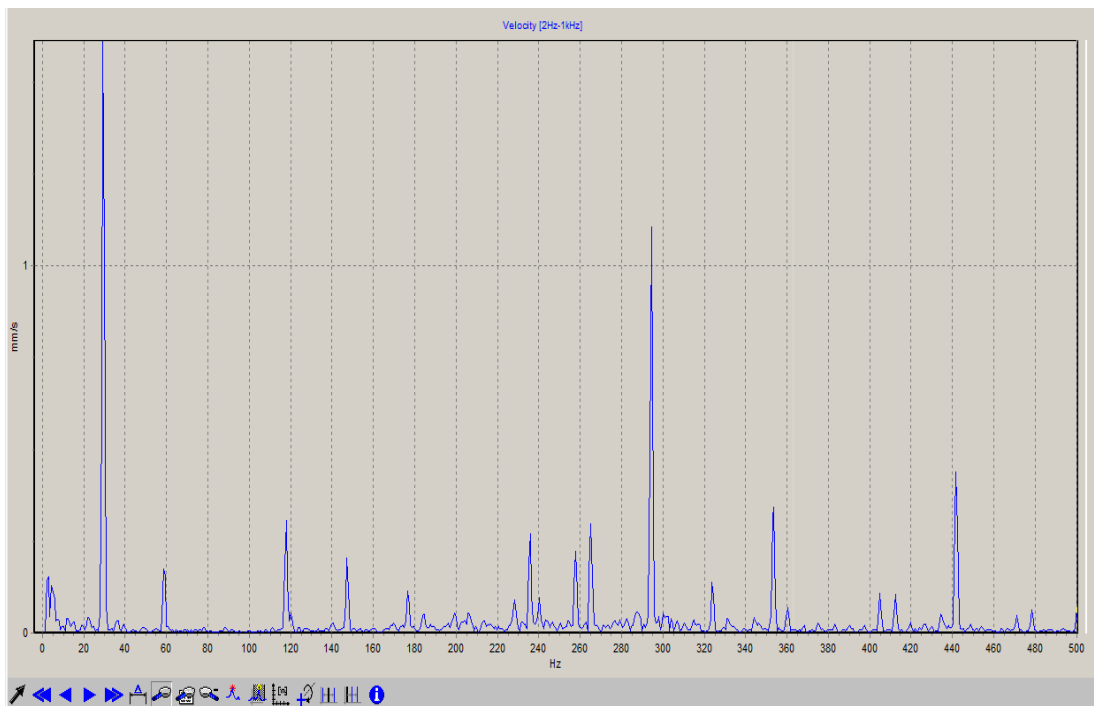


Figura 5.9: Espectro obtenido en el punto C21A

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 1.51 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son muy bajos y admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para mantener los resultados actuales.

5.2.4 Espectro obtenido en el punto C22R

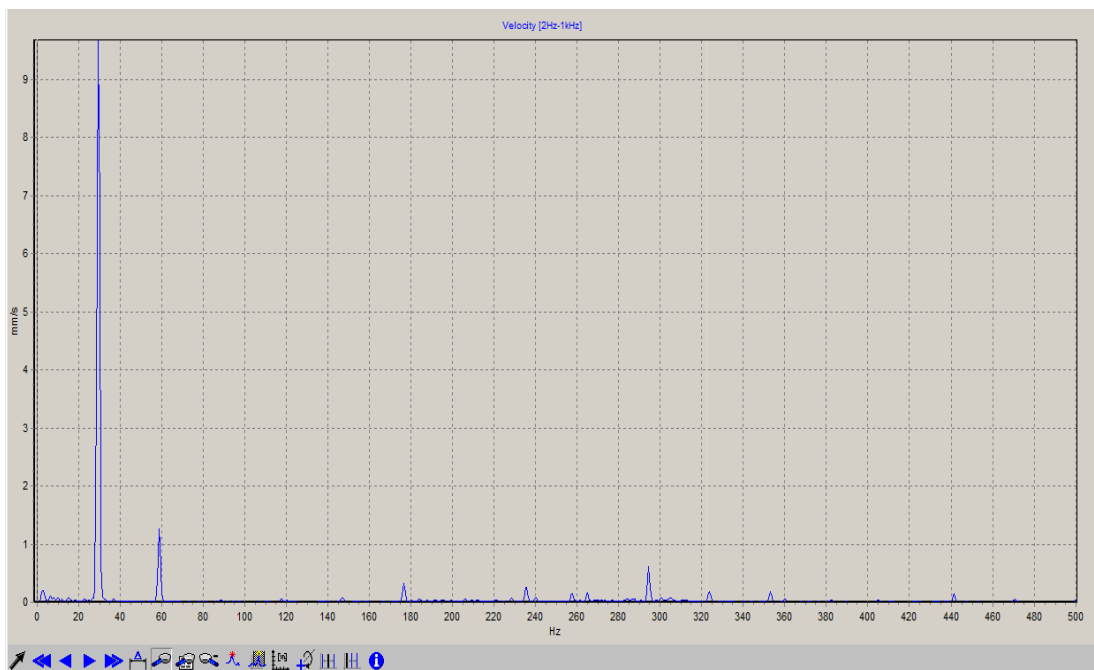


Figura 5.10: Espectro obtenido en el punto C22R

ANÁLISIS

Como se puede observar en el espectro tenemos un pico elevado en 1XR y la existencia de un pico en 2XR, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X y 2X en la dirección radial, nos muestra un **problema de Desalineación Paralela.**

RECOMENDACIÓN

Se recomienda analizar cada uno de los siguientes puntos:

- Fallas prematuras de rodamientos, sellos, acoplamiento o ejes.
- Altas temperaturas en la carcasa cerca de los rodamientos o altas temperaturas del aceite de lubricación.
- Excesiva fuga de aceite lubricante por los sellos de los rodamientos.
- Soltura de los pernos de anclaje (problemas de “pie flojo”).
- Calentamiento del acoplamiento mientras está funcionando.
- Alto número de fallas del acoplamiento o desgaste rápido del mismo.
- Rotura de los ejes (o agrietamiento) en o cerca a los asientos de los rodamientos o de las masas del acoplamiento.
- Consumo de energía más alto del normal.

5.2.5 Espectro obtenido en el punto C22T

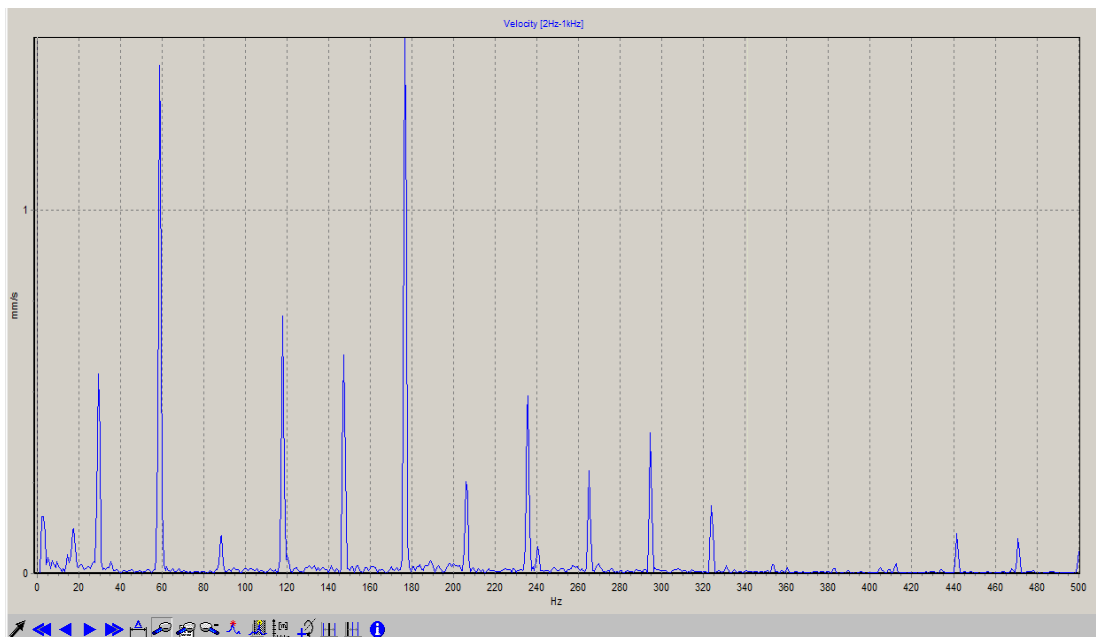


Figura 5.11: Espectro obtenido en el punto C22T

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 1.81 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son muy bajos y son admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.2.6 Espectro obtenido en el punto C22A

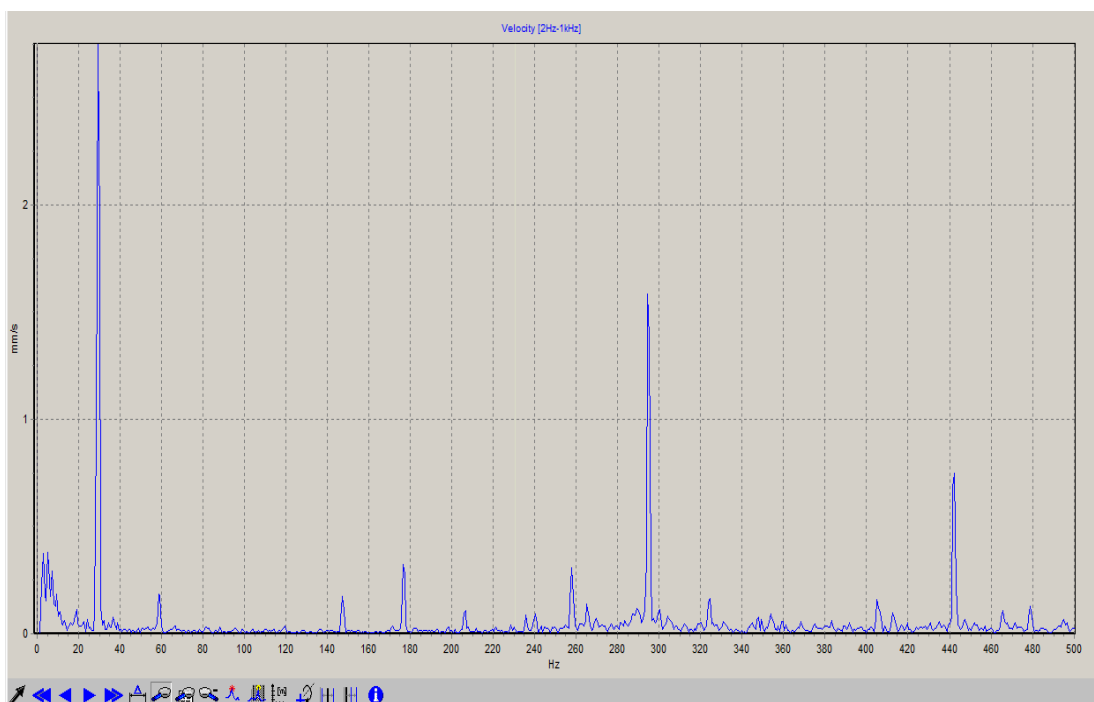


Figura 5.12: Espectro obtenido en el punto C22A

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 2.17 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son muy bajos y son admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.3 Espectros obtenidos en el despulpador

5.3.1 Espectro obtenido en el punto DE1R

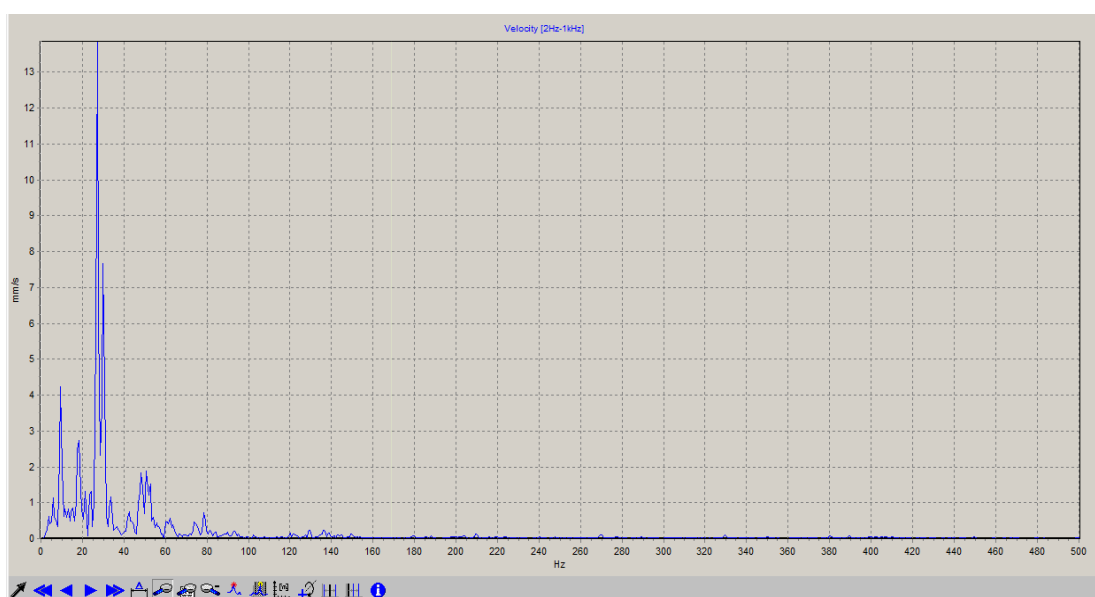


Figura 5.13: Espectro obtenido en el punto DE1R

ANÁLISIS

Como se puede observar en el espectro tenemos un pico elevado en 1XR acompañado de una frecuencia de excitación, lo que no es admisible y nos indican un nivel de alarma demasiado crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

El pico elevado en 1X y el acompañado de una frecuencia de excitación en la dirección radial, nos muestra un **problema de Resonancia de Banda**.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda analizar el estado y tensado de la banda o correa y tener en consideración lo indicado en el **ANEXO 2**.

5.3.2 Espectro obtenido en el punto DE1T

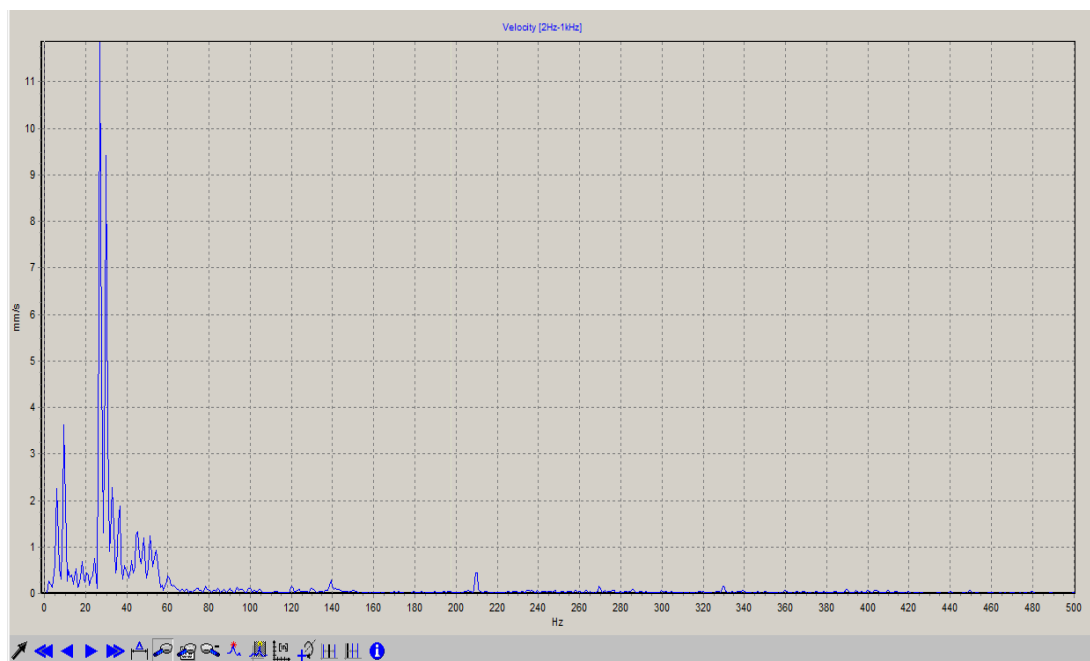


Figura 5.14: Espectro obtenido en el punto DE1T

ANÁLISIS

En el espectro tenemos un pico elevado en 1XT, con valor elevado lo que no es admisible y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

El pico elevado en 1X en la dirección tangencial, nos muestra un **problema de Holgura de Base o Flexibilidad Transversal**.

RECOMENDACIÓN

Para la holgura de base se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos o anclaje incorrecto.
- Corrosión.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.

5.3.3 Espectro obtenido en el punto DE1A

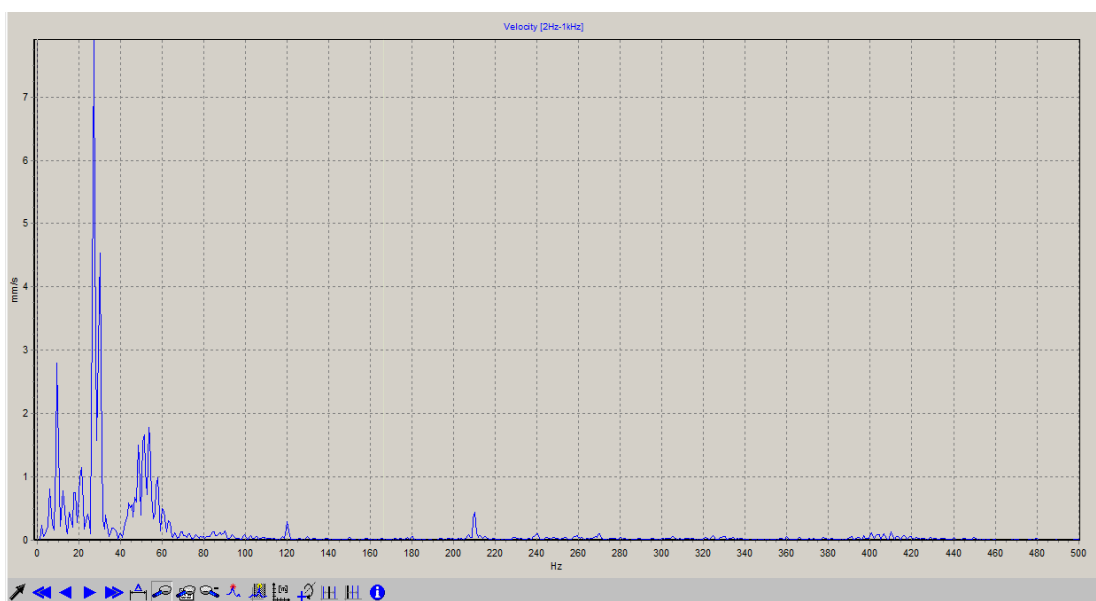


Figura 5.15: Espectro obtenido en el punto DE1A

ANÁLISIS

En el espectro tenemos un pico elevado en 1XA, lo que no es admisible y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Las fuertes componentes axiales 1XA y armónicos axiales de la frecuencia fundamental de la banda nos indica que existe un **problema de Desalineación de la Polea.**

RECOMENDACIÓN

Para solucionar la desalineación de la polea se debe proceder a alinear las mismas con la ayuda de un alineador láser de poleas.

5.3.4 Espectro obtenido en el punto DE2R

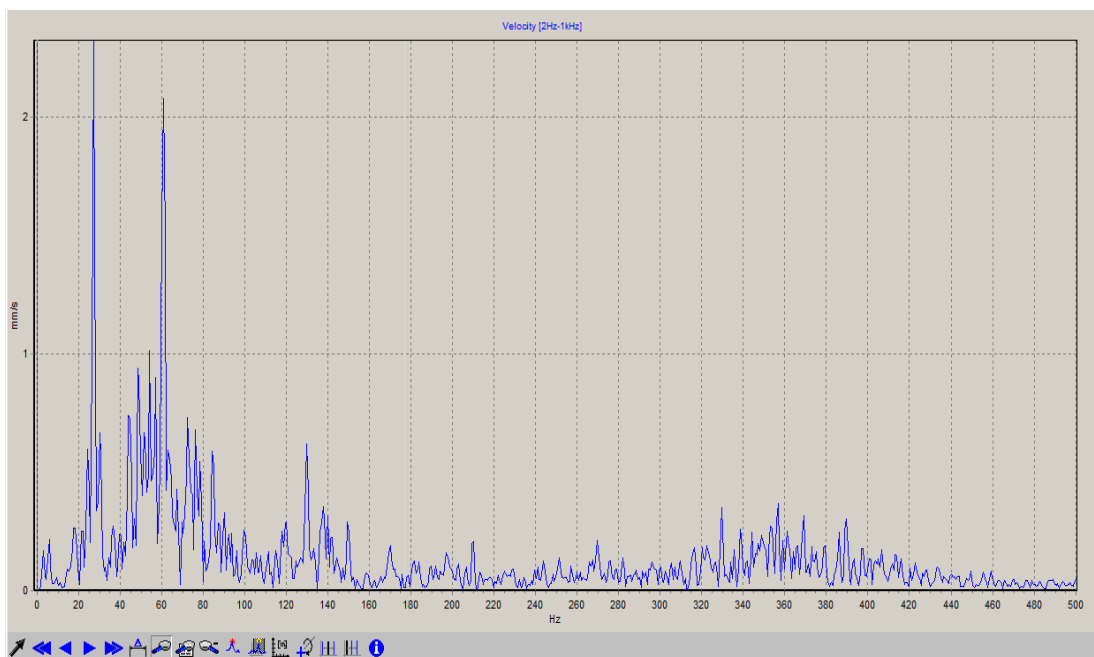


Figura 5.16: Espectro obtenido en el punto DE2R

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 3.64 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son bajos y admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.3.5 Espectro obtenido en el punto DE2T

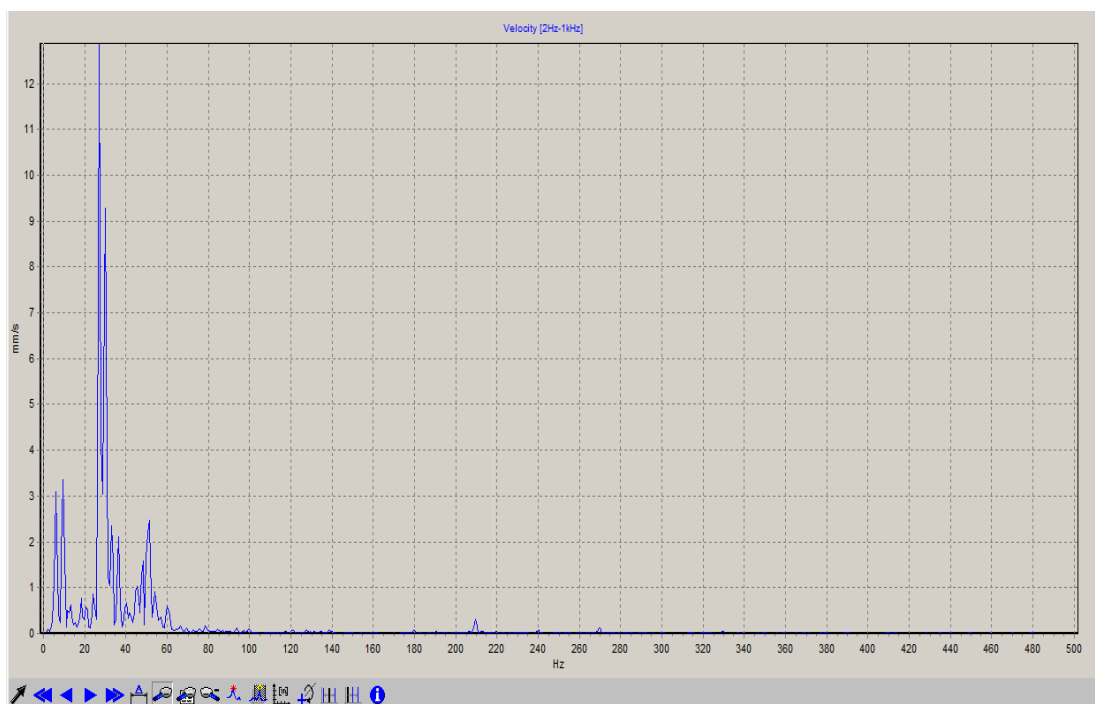


Figura 5.17: Espectro obtenido en el punto DE2T

ANÁLISIS

El espectro muestra un valor pico muy elevado en 1XT, el mismo que no es admisible y nos indica un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

El pico elevado en 1XT nos muestra un **Problema de Holgura de Base o Flexibilidad Transversal.**

RECOMENDACIÓN

Para la holgura de base se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos o anclaje incorrecto.
- Corrosión.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.

5.3.6 Espectro obtenido en el punto DE2A

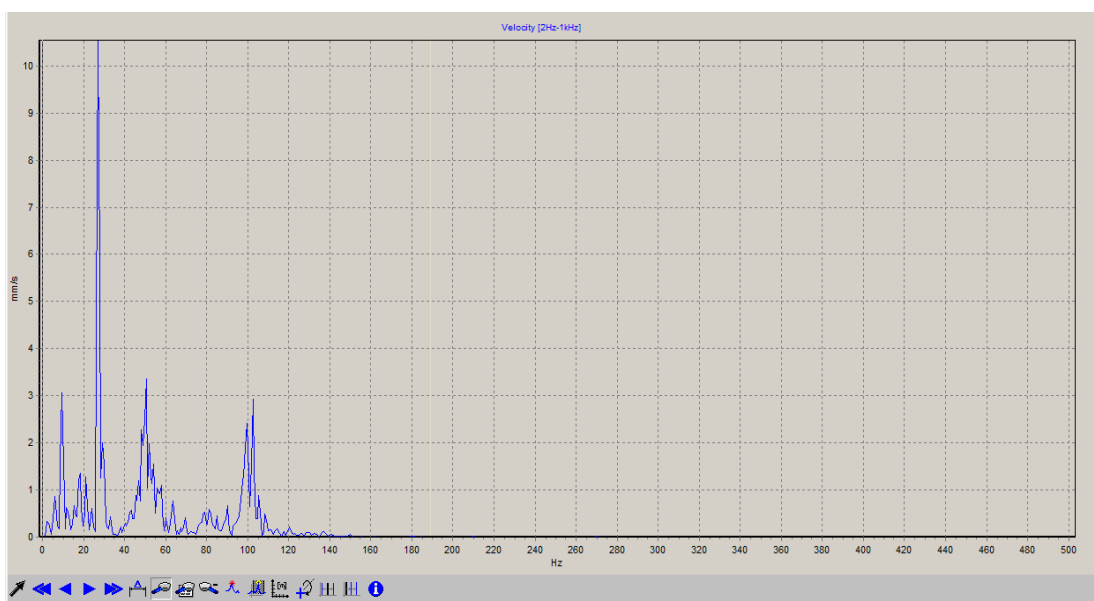


Figura 5.18: Espectro obtenido en el punto DE2A

ANÁLISIS

En el espectro tenemos un pico elevado en 1XA, lo que no es admisible y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Las fuertes componentes axiales 1XA y armónicos axiales de la frecuencia fundamental de la banda indica que hay un **problema de Desalineación de la Polea.**

RECOMENDACIÓN

Para solucionar la desalineación de la polea se debe proceder a alinear las mismas con la ayuda de un alineador láser de poleas.

5.4 Espectros obtenidos en el motoventilador

5.4.1 Espectro obtenido en el punto MV1R

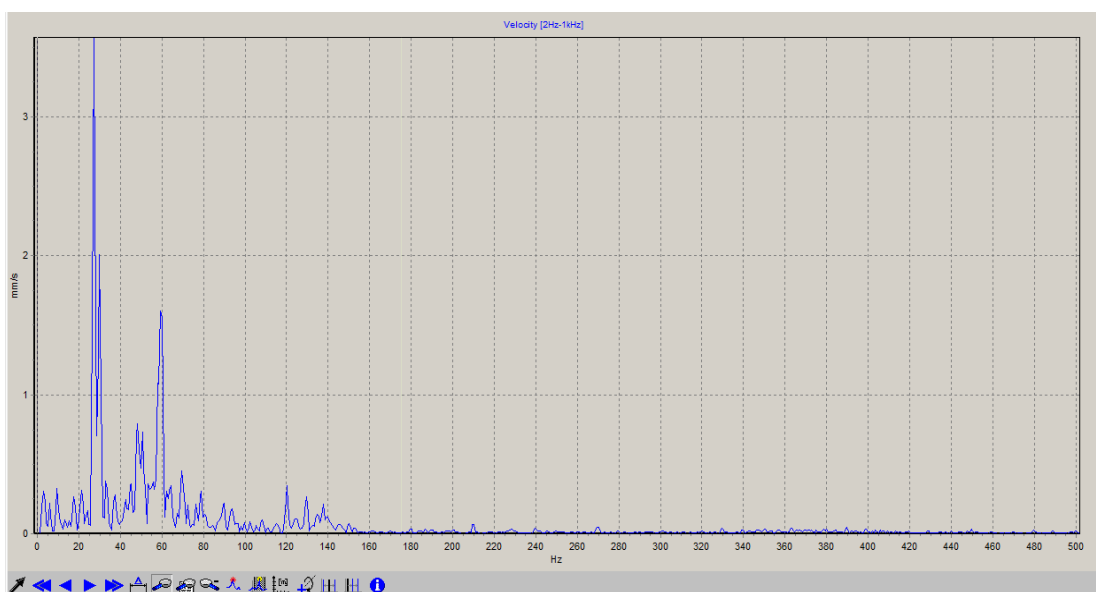


Figura 5.19: Espectro obtenido en el punto MV1R

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 3.27 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son bajos y admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.4.2 Espectro obtenido en el punto MV1T

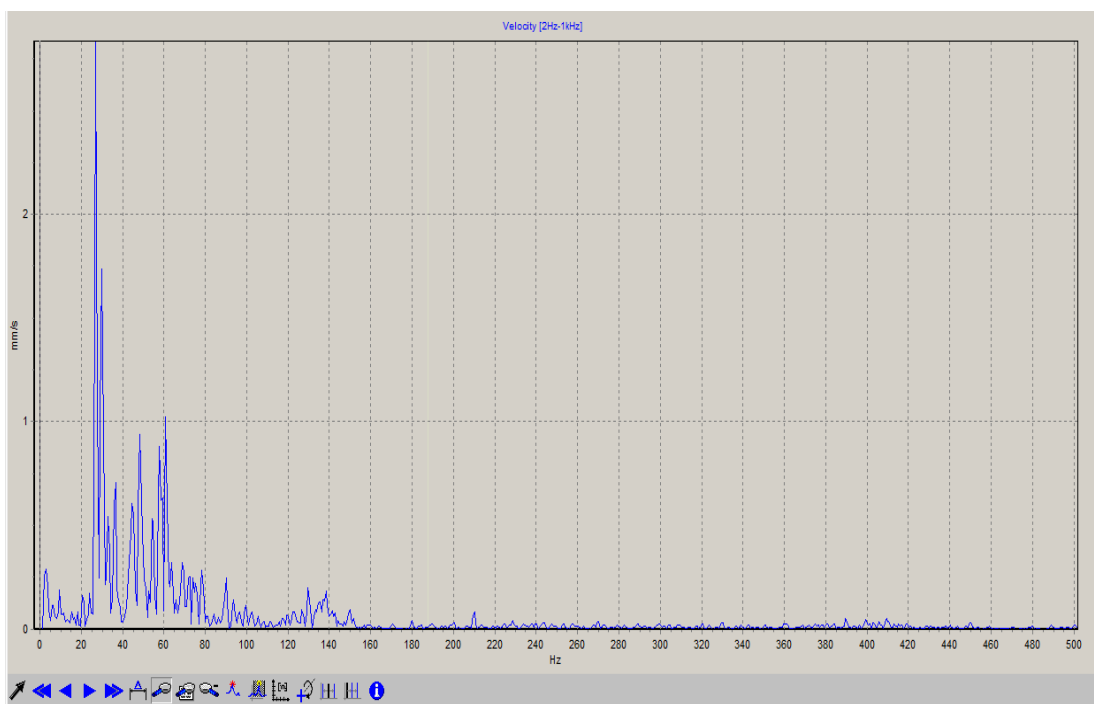


Figura 5.20: Espectro obtenido en el punto MV1T

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 2.47 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son bajos y admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.4.3 Espectro obtenido en el punto MV1A

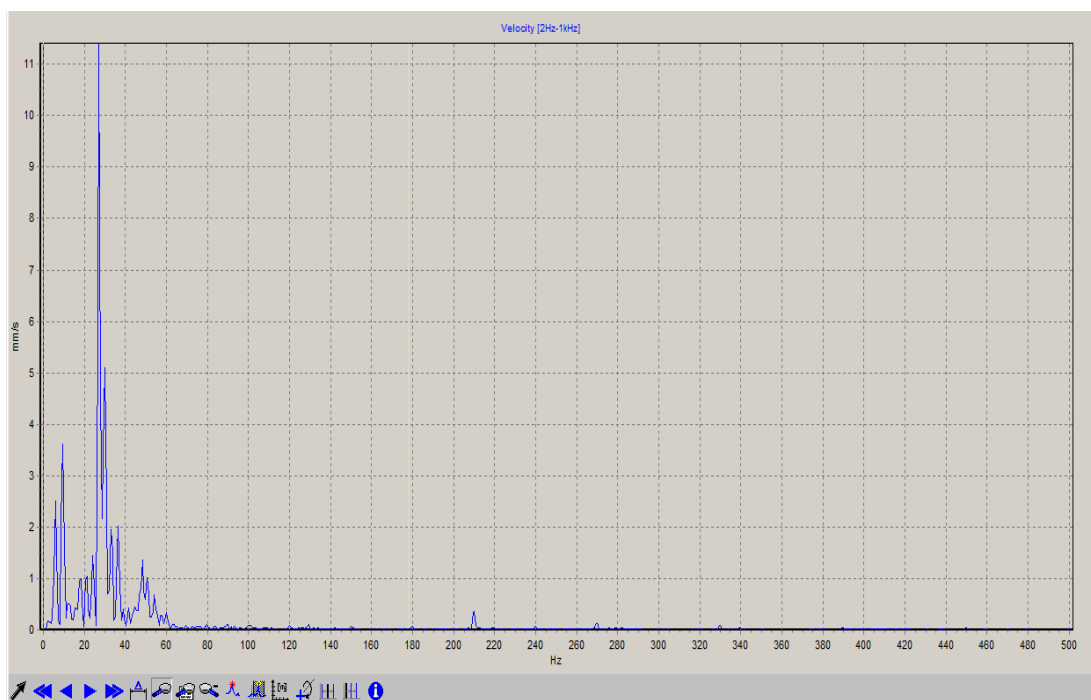


Figura 5.21: Espectro obtenido en el punto MV1A

ANÁLISIS

En el espectro tenemos un pico elevado en 1XA, lo que no es admisible y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Las fuertes componentes axiales 1XA y armónicos axiales de la frecuencia fundamental de la banda nos indica que existe un **problema de Desalineación de la Polea.**

RECOMENDACIÓN

Para solucionar la desalineación de la polea se debe proceder a alinear las mismas con la ayuda de un alineador láser de poleas.

5.4.4 Espectro obtenido en el punto MV2R

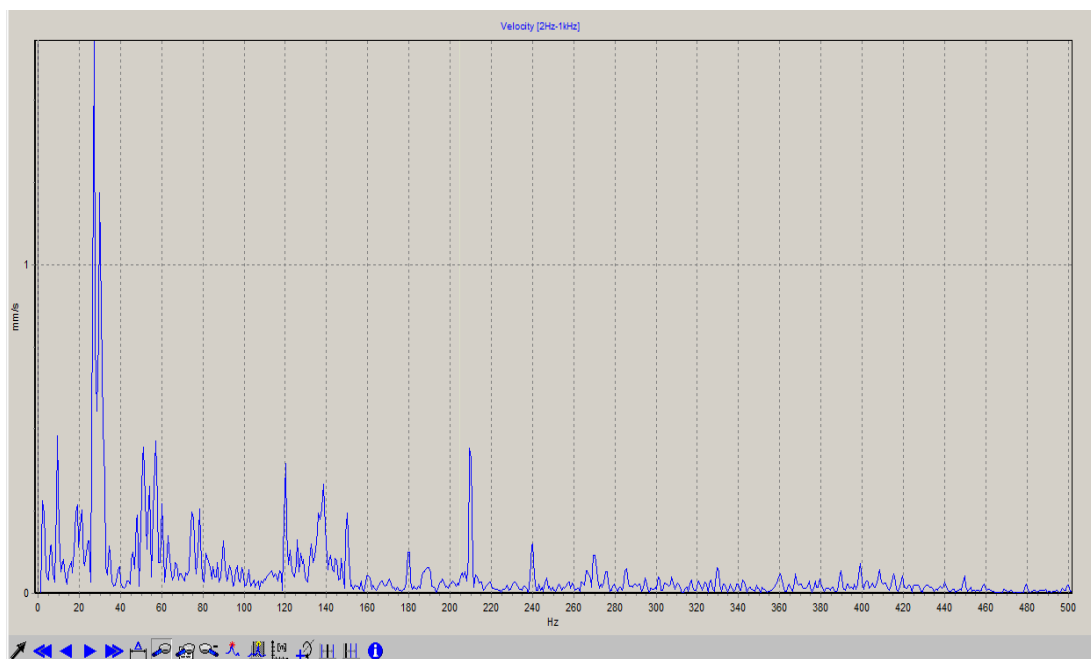


Figura 5.22: Espectro obtenido en el punto MV2R

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 1.48 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son bajos y admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.4.5 Espectro obtenido en el punto MV2T

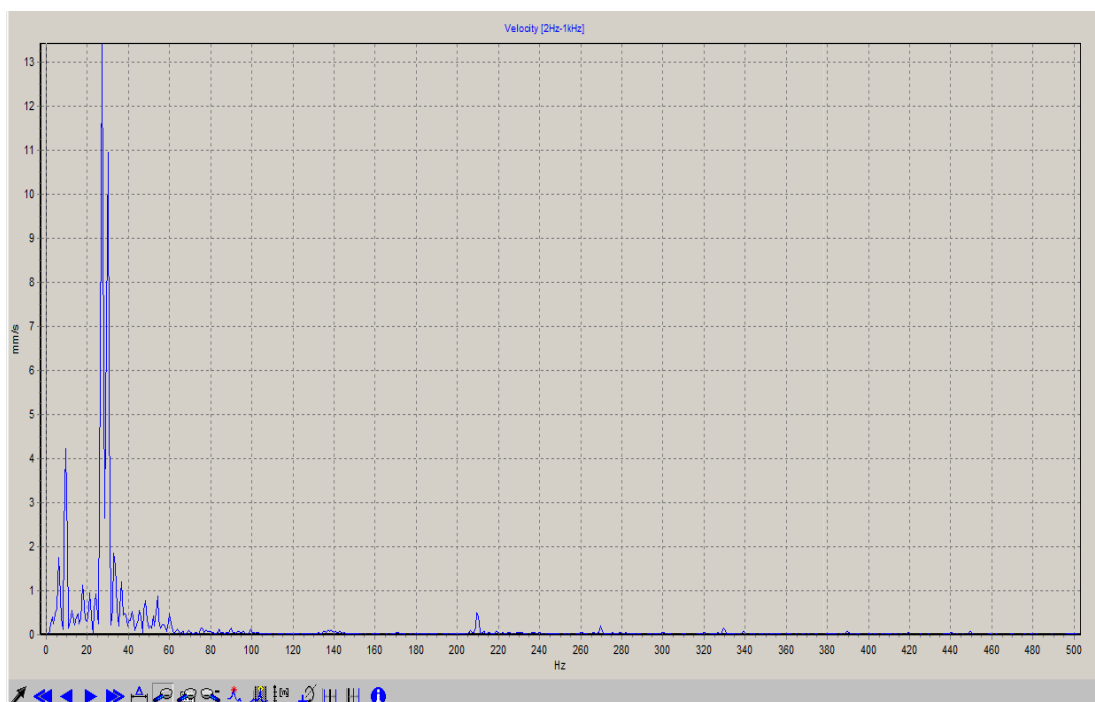


Figura 5.23: Espectro obtenido en el punto MV2T

ANÁLISIS

El espectro muestra un valor pico muy elevado en 1XT, el mismo que no es admisible y nos indica un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

El pico elevado en 1XT nos muestra un **Problema de Holgura de Base**.

RECOMENDACIÓN

Para la holgura de base se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos o anclaje incorrecto.
- Corrosión.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.

5.4.6 Espectro obtenido en el punto MV2A

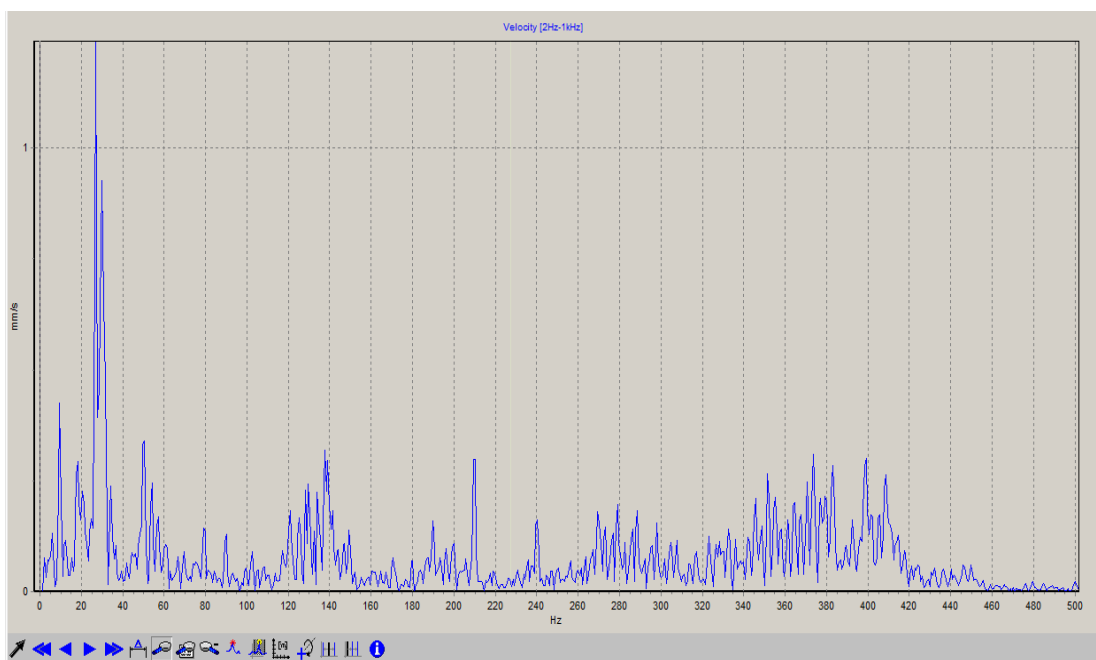


Figura 5.24: Espectro obtenido en el punto MV2A

ANÁLISIS

No existen picos altos y los valores son admisibles según la norma ISO 10816, ya que el valor pico más alto es de 1.66 mm/seg.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los picos son bajos y admisibles.

RECOMENDACIÓN

Realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para seguir manteniendo los resultados actuales.

5.5 Creación de reportes

Una vez obtenidos todos los datos mediante el software se puede acceder a los diferentes datos como reportes de alarma y de rutas, los mismos que se detallarán en el **ANEXO 4**.

En estos reportes se pueden observar todos los valores correspondientes de las mediciones realizadas con sus diferentes niveles de vibración.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Al analizar el estado técnico de los equipos se pudo determinar que debido al deficiente control de mantenimiento, los compresores y el motoventilador se encuentran operando de manera regular, mientras que el despulpador es el más afectado ya que se encuentra en un estado técnico malo.
- Se determinó los diferentes procedimientos para las tareas de mantenimiento basándose en otros equipos de similares características y funcionamiento.
- Se analizó y determinó las frecuencias de monitoreo para los equipos, donde que se tomo en cuenta que estos son los más críticos dentro de la producción de la fábrica.
- Se efectuó el análisis vibracional, lo que nos permitió conocer el estado real en que se encuentran los equipos, además con la interpretación de los espectros se determinó que en la maquinaria existen diferentes problemas como desalineación paralela, desalineación angular, resonancia de banda, holgura de base o flexibilidad transversal y desalineación de la polea.
- Se elaboró el plan de mantenimiento preventivo y predictivo para cada uno de los equipos, pero como en la fábrica no se contaba con la información y datos necesarios, hubo la necesidad de investigar los datos requeridos de otros equipos de similares características de empresas que elaboran los mismos productos.

6.2 Recomendaciones

- Realizar un control de mantenimiento adecuado en los equipos para que los mismos cumplan con el rendimiento requerido, para lo cual se recomienda implementar documentos de trabajo ya que los mismos son utilizados para evaluar la gestión del mantenimiento.
- Utilizar las diferentes frecuencias de monitoreo en los equipos, ya que de esta forma se podrá predecir y evitar daños.
- Corregir todos los problemas encontrados en los equipos ya que estos están causando daño en su funcionamiento, además como consecuencia no se obtiene el rendimiento requerido en la producción.
- Aplicar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo en los equipos ya que esto permitirá alargar la vida útil de las máquinas y se conseguirá menor pérdida en la producción y menores gastos en reparaciones innecesarias.
- Se recomienda implementar un Departamento de Mantenimiento en la fábrica “MIS FRUTALES” ya que con la creación del mismo se logrará optimizar los diferentes trabajos a realizarse en la maquinaria.
- Las autoridades de la Facultad deben gestionar con la fábrica “MIS FRUTALES” para que por medio de convenios se pueda realizar prácticas industriales, ya que de esta forma con la colaboración de los estudiantes se puedan concretar y corregir los diferentes problemas encontrados en la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **CUATRECASAS, L.** Total Productive Maintenance. pp 194.
- [2] **GLENN, W.** Vibraciones Mecánicas. pp 38.
- [3] **RODA, V.** Mantenimiento Predictivo como mejora en la Productividad. pp 51.
- [4] **A – MAQ S.A.** Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico. pp 17.
- [5] **REYNA, A.** Análisis Vibracional I y II. pp 55.
- [6] **GLENN, W.** Vibraciones Mecánicas. pp 120.
- [7] **BRUEL & KJAER.** La Medida de las Vibraciones. pp 94.

BIBLIOGRAFÍA

A – MAQ S.A. Tutorial de Vibraciones para Mantenimiento Mecánico. 3ra.ed.

México: A – Maq S.A., 2005.

BRUEL & KJAER. La Medida de las Vibraciones. 2da.ed. Dinamarca: 2003.

CALLONI, J. Curso Industrial de Mantenimiento Preventivo. Argentina:

Alsina, 1968.

GLENN, W. Vibraciones Mecánicas. Alemania: DLI Engineering Corp, 2003.

MOROCHO, M. Diagnóstico Vibroacústico. Riobamba - Ecuador: Docucentro,

2003.

REYNA, A. Análisis Vibracional I y II. Guayaquil - Ecuador: Ademinsa, 2006.

ROY, J. Principios de Refrigeración. 2da.ed. Cecsca, 1993.

RODA, V. El Mantenimiento Predictivo como mejora en la Productividad.

Cuba: Simej, 2002.

SCHENCK, C. Diagnóstico de Máquinas. 3ra. ed. Dinamarca: Schenck, 2004.

LINKOGRAFÍA

Administración del Mantenimiento.

www.mantenimiento.com

2009 – 09 – 24

Teoría de Vibraciones.

www.solomantenimiento.com

2009 – 10 – 18

Fundamentos de Vibraciones.

www.point-sorce.com

2009 – 10 – 22

Índices de Gestión de Mantenimiento.

www.mantenimientomundial.com

2009 – 10 – 30

Mantenimiento.

www.poultryhouse.com

2009 – 11 – 04

Evaluación de Maquinaria.

www.guemisa.com

2009 – 11 – 10

ANEXOS

ANEXO 1

MANUAL DETECTOR II

Introduction

Vibration monitoring systems are in many companies the instrument of choice for ensuring availability and operational reliability of production systems and machinery.

As compared to sophisticated and thus expensive online systems, where the vibration detectors are permanently connected to the operational control computer, the offline system offers an economical alternative. With the offline system the detector signals are recorded by a portable computer and subsequently transferred to the control computer for storage and analysis.

Detector II is a portable measuring instrument, developed with the PC software Trendline 2 for data collation for offline surveillance systems. It is easy to use and very light in addition to that. Thus, it is ideal for controlling large production areas, where long distances have to be covered for a measuring round.

1. Introduction

1.1 Working principle of Detector II

Detector II is a hand-held measuring instrument with data recording function for offline monitoring of systems and machinery. For this purpose, the instrument senses vibrations at pre-determined measuring points using a detector and works out the RMS-values of vibration velocity, acceleration in vibration and demodulation, the so-called characteristic values, for characterising machine or component condition. In addition, Detector II can measure temperatures using an infra-red sensor.

Once a measuring round is finished, the measured characteristic values and possibly recorded time signals are transferred to a computer, where they are evaluated, analysed and graphically depicted using the Trendline 2 software.

The exact location of the measuring point within the system to be monitored is stored in the configuration. There, the sensor sensitivity for each measuring point and the threshold values for main or preliminary alarm are stored as well.

The configuration is created using the Trendline 2 software and transferred to Detector II prior to measuring. For measuring, the vibration sensor is fixed to a pre-determined measuring point with the help of a magnet footing. Should this not be possible due to the housing material (e.g. aluminium), an iron plate or a washer in the size of the magnetic footing has to be fixed at the measuring point. This is easiest done with the help of a hard-curing superglue (e.g. cyan acrylate glue).

The configuration of the measuring point is selected at Detector II and the measuring started.

Detector II records the sensor signals broadband and works out the characteristic values. These characteristic values are stored and transferred to the computer once the measuring round is finished.

For each measuring point Trendline 2 software compares the re-measured characteristic values against the limiting values set for this measuring point for main or preliminary alarm respectively. Any threshold exceeding will be displayed.

Characteristic values established are stored. They can be depicted graphically depending on measuring point in time.

1.3 Manual

In this manual the functioning of Detector II is described and you are shown

- How configurations and measuring rounds are worked out on a computer and transferred to Detector II,
- How measuring data are collected with the instrument,
- How the data are transferred from Detector II to the computer and
- How the data can be analysed and stored.

In addition, the manual contains an introduction into the basics of “Vibration Monitoring” and a short description about “Measuring Temperatures using Detector II”.

2. Trendline 2

2.1 Introduction

The Trendline 2 software is the server program for Detector II. The Detector itself is designed for recording of data measured only. All data administration and evaluation tasks are carried out by Trendline 2 software.

The software configures the monitoring of a system and evaluates, analyses and stores the data measured at the system by the Detector.

Furthermore, Trendline 2 software controls the data exchange between the server-computer, which the Trendline 2 software is run on, and the Detector.

2.2 User interface

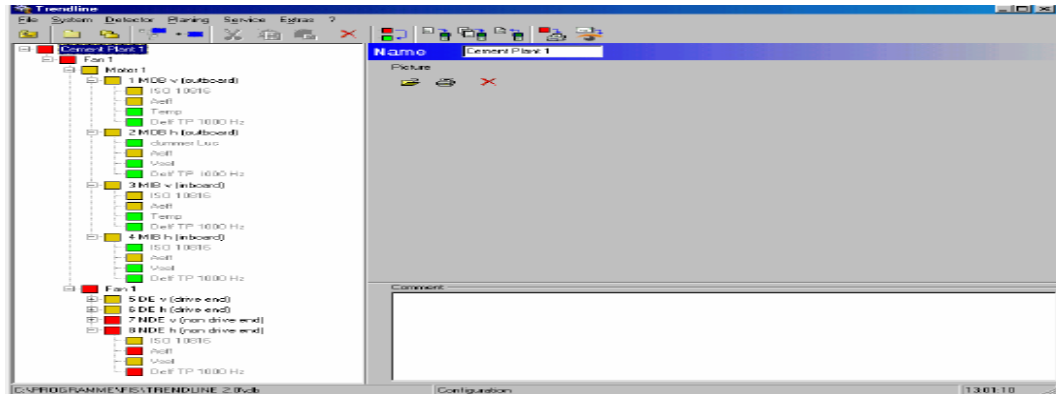
2.2.1 Main window

The lay-out of the main window of Trendline 2 software is in line with standards, which have come about for user surfaces in the meantime.

At the top edge of the main window you will find the menu bar, where you can call up the functions of the program via the menu items. Frequently used functions can be activated via the buttons in the toolbar below the menu bar.

On the left-hand side of the window the structure of the configuration for the system to be monitored is depicted in the form of a directory tree.

The “Configurations”, which are splitting in descending order into the levels “Section”, “Machine” and “Measuring Point”, are the highest classification element. That way, a measuring point within a configuration is clearly defined by its denomination as well as the specification and location of the machine the measuring place is to be found at.



Next to the denomination of each element of the configuration and system structure you will find a field marked in colour. It indicates the alarm condition for this part of the system following the table below.

Colour

Colour	Legend
Green	For this level of the system structure no alarm is recorded.
Yellow	For this level of the system structure preliminary alarm is recorded.
Red	For this level of the system structure main alarm is recorded.

On the right-hand side next to the configuration and system structure you can insert an image. At the highest level you will find the tabsheets, where you can adjust the settings of the individual measuring points.

The dividing line between the image of the configuration and system structure can be shifted towards the right or left by dragging with the mouse.

In the configuration structure, always one element is marked. The properties of this element are depicted in the right-hand part of the window.

2.3 First steps

2.3.1 Setting sensors

Prior to configuring you will have to define the sensors you would like to use.

Some sensors are pre-defined like the temperature sensor you can order with Detector II.

In order to create a new acceleration sensor, proceed as follows:

- Click on Detector Sensor Add in the menu bar. A new window will be opened.

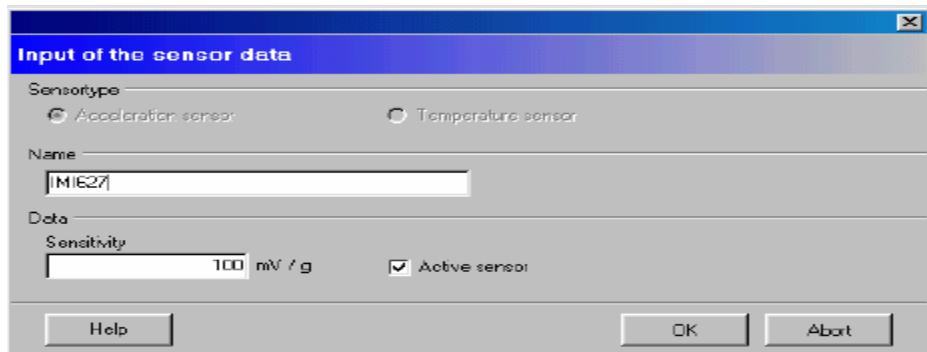


Fig. 2.2 Window for entering new Sensors

- Name the sensor, e.g. "IMI 627".
- Enter the sensor sensitivity. This is printed onto the sensor or given in the datasheet attached. Normally, it is 100 mV/g.
- Check the field "Active Sensor". Doing that the sensor supply voltage of the detector is switched on and a high-pass is connected to filter out the supply voltage of the measuring signal. If you want to measure at a voltage source, the field "Active Sensor" must not be checked.
- Click OK to store the new sensor.

2.3.2 Register new detector

The Trendline 2 software has a database for administrating all detectors you use with your program. Prior to sending data to the Detector for the first time, it has to be registered to Trendline 2 software. To do that, you connect the Detector to a serial interface of your computer using the data cable supplied and switch on the Detector. Now, follow the sequence below:

- Click on Detector Configure Detector.

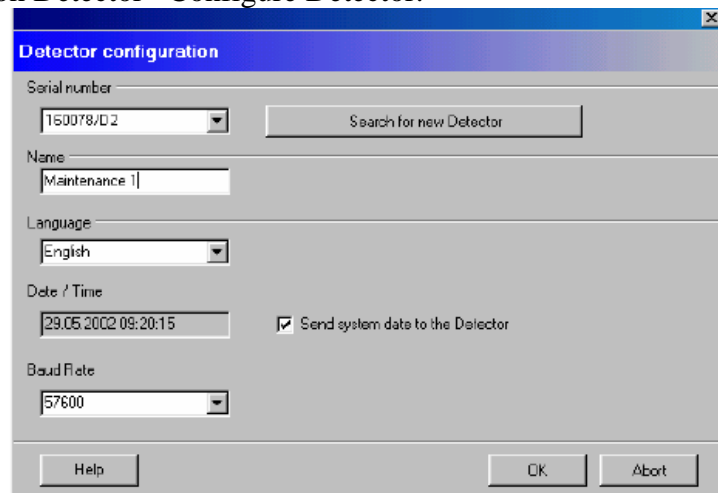





Fig. 2.3 Settings for Detector

- Connect the Detector to your PC and switch it on. Click on Search for new Detector to register the new Detector on to the program.
- You may give the Detector a name, which will be displayed in the default display when switching on the instrument.
- You can select the language for the Detector. Nevertheless it still can be changed at the Detector
- You can set the time of the Detector either by entering the correct time and date (to do this, click on the figure you would like to change) or by clicking Send System Date to the Detector (that way the detector is set to the same time and date as your PC).
- Here, you can select the baud rate of the Detector. Under normal circumstances, you should select the highest possible (57,6 kbps). In case of problems with communication (e.g. the connection breaks down at times) you may select the lower baud rate of 38,4 kbps.
- After completing all settings, click on OK to send the changes to the Detector. Make sure that the Detector is switched on when clicking OK, because otherwise no communication is possible.

2.4 Set configuration




2.4.1 Enter system structure

Each configuration is subdivided into three levels, e.g. section – machine –measuring point. In order to create a new configuration, carry out the following steps:

- Click on System New item (or on ).
- Name the entry, e.g. "Cement Plant 1".
- Add the new sub-entry by clicking on System New Subitem or on . That way,  you add a new section to the configuration. Name that e.g. "Section 1".
- Exactly as with the section, add another machine ("Machine 1") and a new measuring point ("Measuring Point 1") by following the sequence via New Sub-Entry.

2.4.2 Create a measuring point

Now, you can enter the settings for the measuring point. Each measuring point has three tabs in the right window.


Info	In the Info tabsheet you can enter remarks to this measuring point in the comment field. It is also possible well to include a picture. For this, click on  and select the picture you would like to include using the file windows. Ensure, these pictures are not too large (up to about 100kB), as the program will get slower, if many large pictures are included. By clicking  you can print the picture, by clicking  you can remove it.
-------------	---

Configuration	<p>Under Sensor you can set the sensors for vibration measurement and temperature. You can select only those sensors which have been previously defined in the sensor database (see paragraph 2.3 on page 10). At the moment, only one temperature sensor can be used. Therefore, no different one can be selected.</p> <p>On this tabsheet you can select as well, at what time which time signal should be stored. Information to that you will find in paragraph 4.1 on page 45. Finally, you can set the low-pass filter for the demodulation. As this can be set only once per measuring point, this selection is greyed out after the filter has been pre-set, when the first characteristic demodulation value is set. If no characteristic demodulation value is defined, the setting applies to the time signals only.</p>
Measured data	<p>Here, there are only again two tabs, namely graphics and measured values. In Measured values date and measured values are shown for every measurement. Furthermore, you can see from the status if an alarm has occurred, and if so, which type it was. Information to the graphic display you will find in paragraph 2.7 on page 18.</p>

2.4.3 Set up characteristic values

Per measuring point you can create up to four characteristic values. Those can be changed until they have been sent to the Detector for the first time. After that the characteristic values turn grey in the tree and cannot be altered anymore. Otherwise, the measuring results could not be compared.

In order to add a new characteristic value, right-click the measuring point the characteristic value is meant for and, after that, on New Subitem. Alternatively, you

can do it via System New Sub-Point or via . Now, the following window opens.

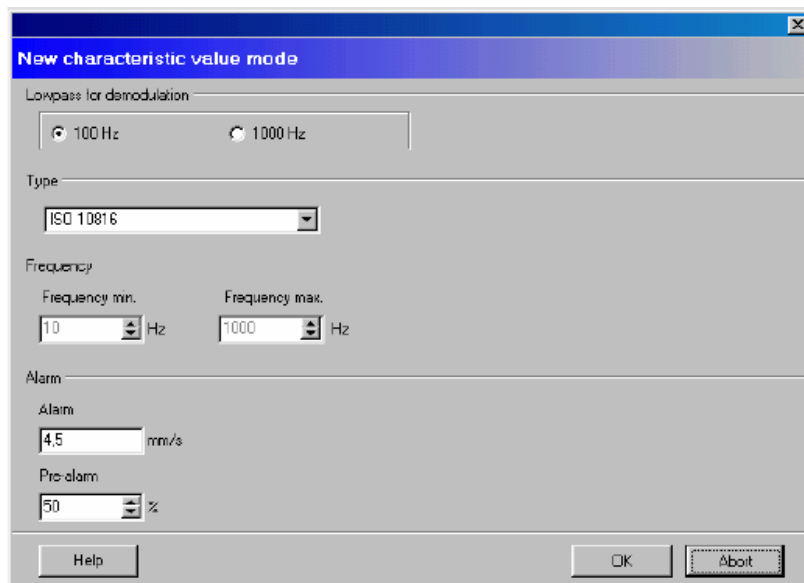


Fig. 2.4 Enter new characteristic Value

Under Type various characteristic values can be selected, which can be measured with the detector. With selective characteristic values (e.g. asel) the upper and lower cut-off frequency can be set, between which the characteristic value will be calculated. More information to that you will find in paragraph 4.2 on page 46. For the other characteristic values (ISO 10816, aeff and deff) the cut-off frequencies are pre-set. In case of temperature, no frequencies can be set, of course.

When the first characteristic demodulation value, deff or dsel, are entered, the lowpass frequency must be set under Low-pass for Demodulation. Once this frequency is set, it cannot be altered anymore. The field for setting the frequency turns grey. In the paragraph alarm one can set a threshold value for each characteristic value. If this is exceeded by a measurement, both Detector and Trendline 2 software show an Alarm. Additionally, a preliminary alarm threshold can be set in Trendline 2 software. If the measured value exceeds this threshold, preliminary alarm is given for this measuring point in Trendline 2 software. The Detector shows main alarms only. Prealarms are only displayed in Trendline 2 software.

2.4.4 Send configuration

You can send a configuration or a part of a configuration to the Detector. For that, follow the sequence below:

- Select a machine in the tree.
- Connect the connector to the serial interface using the data cable.
- Switch on the detector.
- Click on Detector Send configuration in Trendline 2 software or click on.



Now, the configuration for the machine selected including all measuring points is sent to the Detector. If you want to send a complete configuration, you would have to select the configuration in the tree (in the example in paragraph 2.4 this would be “Cement Plant 1”) prior to sending the data. It is even possible to send one measuring point. This facility is mostly used for test purposes.

If more time signals in the configuration you would like to send to the Detector are marked as „Save always“ than allowed by the Detector memory you will get an error message and the data will not be transferred.

For this see paragraph 4.1.

2.5 Create a route



After the system structure has been entered into a configuration (or several configurations just as well), there is the option to group parts of those configurations into routs using there function route. For example, one could create a route for each day of the week and measure certain machines only on Monday. A route for a certain mechanic, who maintains some machines of a configuration only, would be feasible just as well.

Should you want to take measurements at a measuring point not contained in the current route, you can take a free measurement with the Detector for that. To define the settings for that, at least one template must have been created before.


In this template you can set exactly the same properties as in an ordinary measuring point like characteristic values, sensor type, time signals, etc.

2.5.1 Make a new route

Open the window for the route planning under Planning Route. A new window will open up, which is subdivided into three parts. On the left, you will find the configuration tree, in the middle the routes and on the right-hand side, same as in the configuration display, the settings. To create a new route, follow the sequence below:

- Right-click the middle window and subsequently on Add Route. Alternatively you can click on  just as well.
- Name the route in the right window and add a picture, if desired (for that, click on ).
- Now, you can add elements from the configuration to the route. You can do that in two different ways:
- Left-click the element you want to add to the route in the configuration tree. Subsequently, left-click the route you want to change in the middle window. Finally, right-click the middle window and then left-click Add Selection.
- Left-click the part of the configuration tree you want to add. Keep the left mouse button pressed and drag the element on the name of the route. Release the mouse button.

Repeat this procedure for all routes you want to create, e.g. for Monday to Friday.

Use the button  to print a route report to get an overview over the created routes. The following window is opened:

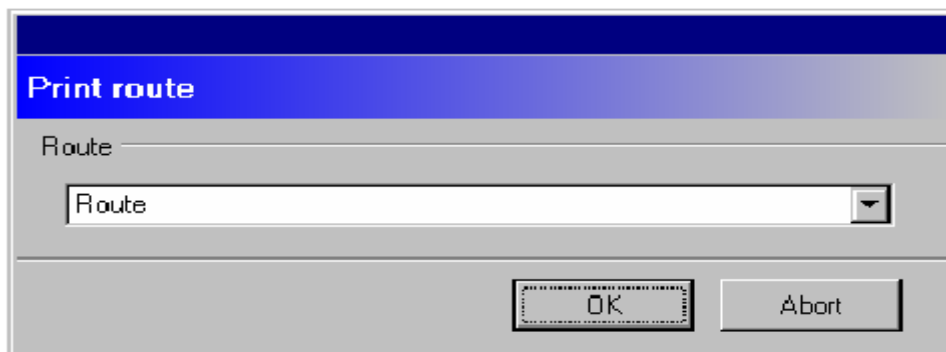


Fig. 2.5 Select a route for the route report








In this window you must select route you want to print in the route report.

2.5.2 Create template

In one route up to five templates for free measurements can be included. A template has the same layout as a measuring point. As with a measuring point, time signals can be recorded and different characteristic values set. If you want to associate a free measurement with a certain measuring point, the template for this measurement must have the same layout as the respective measuring point.


That means, the same characteristic values (with the same cut-off frequencies) must be set and the sensor must correspond as well. Time signals and alarm thresholds may differ, as the characteristic values can be compared none-theless.

To create a new template follow the sequence below:

- Click on Planning Template in the configuration window (the window that comes up, when opening Trendline 2 software).
- Click on  to add a new template group.
- Under Name you can name the group, under Picture you can include a picture with. 
- With  you create a new template. Here just as well, you can change the name (under Info) and insert a picture. Once you have created five templates into a group, you cannot add any more into this group. On the page Configuration you can set the sensor type and the time signals desired.
- With  you add new characteristic values to the template. More information to that you will find in paragraph 2.4.3 on page 13.
- With  you can delete the element selected from the list.
- With  and with  you can unfold the tree starting from the element selected or close again respectively.

2.5.3 Send route

There are two ways to send a route to the detector:

- Click on Detector Send Route (or on ) in the configuration window.

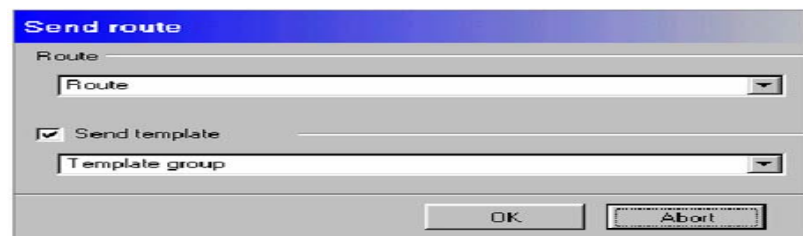


Fig. 2.6 Send Route

- Select the route you want to send to the Detector.
- If you check the checkbox Send Template, you can select one of the previously defined template groups.

- Connect the Detector with the data cable to your PC and switch it on.
- Click OK to send the route to the Detector.

Another way of sending a route to the Detector is directly from route planning (Planning Route). Click on. The window like in Fig. 2.6 comes up. After that, proceed as above. If more time signals in the route you would like to send to the Detector are marked as save always than allowed by the Detector memory you will get an error message and the data will not be transferred. For this, see paragraph 4.1 as well.

2.6 Download data from Detector

After measuring with the Detector you have to transfer the data to Trendline 2 software. Connect the Detector with the data cable to your PC and switch it on. Click on Detector Load data from Detector or on. Now, all data, that is configurations, time signals and free measurements, are downloaded onto the PC. This process can take several minutes depending on the amount of data.

Once all data have been received, they are stored at the respective locations in the database. It can happen that the program does not automatically sort the measuring points, e.g. you have taken free measurements or the configuration on the Detector had been created on a different PC. In this case, an assistant will be started automatically for sorting the measurements into your configuration tree.

2.6.1 Sorting assistant

When the assistant for sorting free measurements is started, a window is opened showing you reason why the data were not sorted in automatically. Click on Continue to move on to the next window.

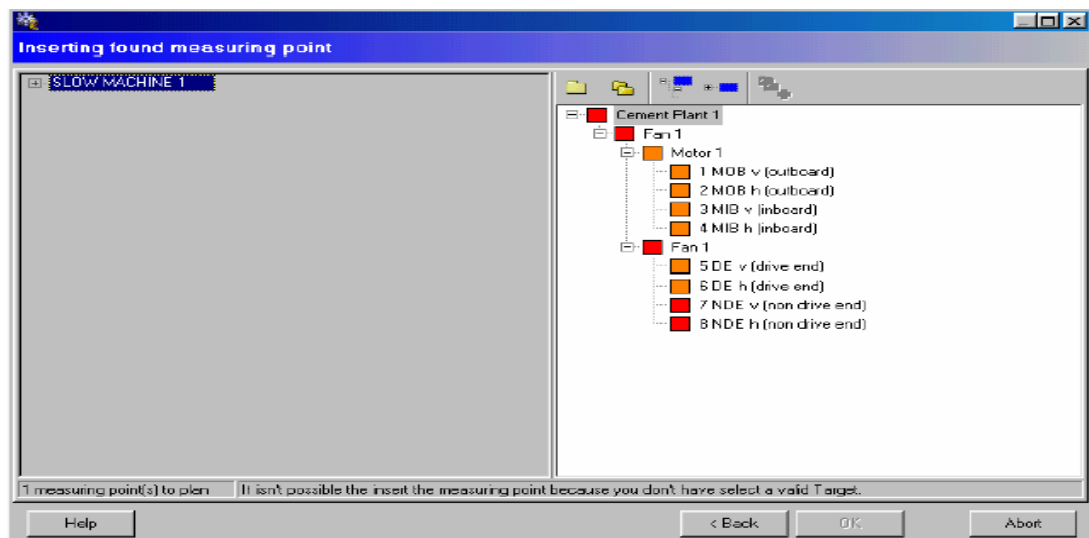


Fig. 2.7 Sorting assistant

ANEXO 2

PROBLEMAS DE TRANSMISIONES POR BANDAS O CORREAS

1. Problemas de transmisiones por correas trapezoidales

Fallo prematuro de la correa

- Correa(s) rota(s)
- La(s) correa(s) no soporta(n) el trabajo (deslizamiento), sin razón aparente
- Aparición de la cuerda en el lateral
- Delaminación o separación de la parte inferior

Desgaste excesivo o anormal de la correa

- Desgaste del dorso de la correa
- Desgaste de las esquinas superiores de la correa
- Desgaste de los flancos de la correa
- Desgaste de las esquinas inferiores de la correa
- Desgaste de la parte inferior de la correa
- Agrietamiento de la parte inferior
- Quemadura o endurecimiento de la parte inferior o los flancos
- Endurecimiento generalizado del exterior de la correa
- Superficie escamosa, pegajosa o hinchada

Las correas se giran o se salen de la polea

- Una sola correa
- Una o más correas en un juego
- Correas unidas o de perfiles múltiples

Las correas se estiran sobrepasando el ajuste disponible

- Una sola correa
- Varias correas se estiran de manera distinta
- Todas las correas se estiran de manera idéntica

Ruido de la correa

- Silbido o chirrido
- Ruido golpeteado
- Ruido de roce
- Rechinamiento
- Transmisión anormalmente ruidosa

Vibraciones anormales

- Correas sueltas
- Vibración excesiva del sistema de transmisión

Problemas de correas de perfiles múltiples (unidas)

- Separación de la banda de enlace
- Parte superior de la banda de enlace deshilachada, gastada o dañada
- La correa PowerBand® se sale de la transmisión
- Uno o más perfiles giran fuera de la polea

Problemas con las poleas

- Poleas rotas o dañadas
- Excesivo y rápido desgaste de las gargantas

Problemas con los componentes de la transmisión

- Ejes torcidos o rotos
- Protección dañada

Cojinetes sobrecalentados

- La transmisión ha sido tensada demasiado
- Poleas demasiado pequeñas
- Cojinetes en mal estado
- Poleas demasiado alejadas en el eje
- Deslizamiento de la correa

Problemas de rendimiento

- Velocidad incorrecta de la polea receptora

2. Problemas de transmisiones por correas síncronas

Problemas con la correa



- Ruido anormal
- Pérdida de tensión
- Desgaste excesivo del lateral de la correa
- Rotura de las cuerdas de tracción
- Agrietamiento
- Desgaste prematuro de los dientes
- Dientes desgarrados




Problemas con las poleas dentadas


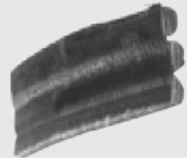
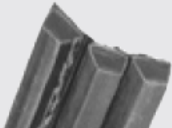
- Fallo de los flancos
- Desgaste anormal de las poleas

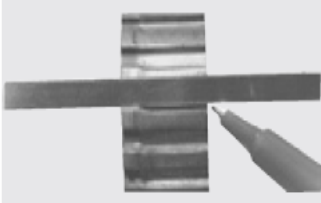
Problemas de rendimiento

- Desplazamiento lateral de la correa
- Temperatura excesiva: cojinetes, cajas, ejes, etc.
- Ejes fuera de sincronización
- Vibración
- Velocidad incorrecta de la polea receptora

	PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
FALLOS PREMATUROS DE LA CORREA	Correa(s) rota(s) Manual 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Transmisión con capacidad insuficiente 2. Correa pinzada o forzada en la polea 3. Han caído objetos dentro de la transmisión 4. Severas cargas de choque 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vuelva a diseñar utilizando el de diseño de Gates (E/20070). 2. Utilice un sistema de ajuste al instalarla. 3. Ponga una protección adecuada en la transmisión. 4. Vuelva a diseñar para resistir las cargas de choque.
	Las correas no soportan la carga de trabajo, sin razón aparente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Transmisión con capacidad insuficiente 2. Cuerda tensora dañada 3. Surcos de polea gastados 4. Desplazamiento de la distancia entre centros 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vuelva a diseñar utilizando el Manual de diseño de Gates (E/20070). 2. Siga el procedimiento correcto de instalación. 3. Verifique si hay desgaste, y sustituya componentes defectuosos si es necesario. 4. Revise la fijación de los ejes durante su funcionamiento.
	Aparición de la cuerda en los laterales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desalineación de polea 2. Cuerda tensora dañada 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique y corrija la alineación. 2. Siga el procedimiento correcto de instalación.
	Delaminación de la correa o separación de la parte inferior	<ol style="list-style-type: none"> 1. Poleas demasiado pequeñas 2. Tensor dorsal demasiado pequeño 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el diseño de la transmisión y sustituya por poleas más grandes. 2. Aumente el diámetro del tensor dorsal.
DESGASTE EXCESIVO O ANORMAL DE LA CORREA	Desgaste en la superficie superior de la correa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Roce con la protección 2. Fallo del tensor 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sustituya o repare la protección. 2. Sustituya el tensor.
	Desgaste en la esquina superior de la correa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encaje incorrecto de la correa en la polea (correa demasiado pequeña para el surco) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice la combinación correcta de correa/polea.
	Desgaste en las paredes laterales de la correa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deslizamiento de la correa 2. Desalineación 3. Poleas gastadas 4. Correa incorrecta 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vuelva a tensar hasta que se detenga el deslizamiento. 2. Vuelva a alinear las poleas. 3. Sustituya las poleas. 4. Sustituya por el tamaño correcto de correa.
	Desgaste en la esquina inferior de la correa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encaje incorrecto de la correa en la polea 2. Poleas gastadas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice la combinación correcta de correa/polea. 2. Sustituya las poleas.
	Desgaste en la superficie inferior de la correa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La base de la correa toca el fondo de la polea 2. Poleas gastadas 3. Suciedad en las poleas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice la combinación correcta de correa/polea. 2. Sustituya las poleas. 3. Limpie las poleas.
	Agrietamiento de la parte inferior de la correa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diámetro de la polea demasiado pequeño 2. Deslizamiento de la correa 3. Tensor dorsal demasiado pequeño 4. Almacenamiento inadecuado 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice poleas de diámetro mayor. 2. Vuelva a tensarla. 3. Utilice un tensor dorsal de diámetro mayor. 4. No guarde la correa demasiado enrollada, no la fuerce o doble. Evite el calor y los rayos solares.

	PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
DESGASTE EXCESIVO O ANORMAL DE LA CORREA	<p>Quemadura o endurecimiento de las paredes laterales o la parte inferior</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deslizamiento de la correa 2. Poleas gastadas 3. Transmisión mal diseñada 4. Movimiento de los ejes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vuelva a tensarla hasta detener el deslizamiento. 2. Sustituya las poleas. 3. Vuelva a diseñar utilizando el manual de diseño de Gates (E/20070). 4. Revise si hay cambios en la distancia entre los centros.
	<p>Endurecimiento de la superficie de la correa</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura excesiva en el ambiente de la transmisión 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mejore la ventilación de la transmisión.
	<p>Superficie escamosa, pegajosa o hinchada</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminación química o por aceite 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No utilice sustancias de ningún tipo sobre la correa. Elimine la contaminación química, de aceite o grasa.
LAS CORREAS SE GIRAN O SE SALEN DE LAS GARGANTAS	<p>Respecto a correas únicas o múltiples</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carga pulsante de impacto o vibración 2. Cuerpo extraño en los surcos 3. Poleas desalineadas 4. Gargantas gastadas 5. Cuerda de tracción dañada 6. Tensor plano mal colocado 7. Juego de correas mal emparejadas 8. Transmisión mal diseñada 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique el diseño de la transmisión. Utilice una correa Gates PowerBand®. 2. Instale una protección. 3. Vuelva a alinear las poleas. 4. Sustituya las poleas. 5. Utilice el procedimiento correcto de instalación y almacenamiento de la correa. 6. Coloque el tensor plano en el ramal flojo de la transmisión lo más cerca posible de la polea motriz. 7. Sustituya por un nuevo juego de correas UNISSET. No mezcle correas utilizadas con nuevas. 8. Revise la estabilidad de la distancia entre los centros y la amortiguación de las vibraciones.
EL ESTIRAMIENTO EXCEDE EL AJUSTE DISPONIBLE	<p>Varias correas se estiran desigualmente</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Transmisión desalineada 2. Suciedad en las poleas 3. Cuerda de tracción rota o forro dañado 4. Juego de correas de orígenes diferentes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vuelva a alinear y tensar la transmisión. 2. Limpie las poleas. 3. Sustituya todas las correas e instélelas adecuadamente. 4. Instale un nuevo juego de correas "UNISSET".
	<p>Una correa o todas las correas se estiran de manera idéntica</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajuste de compensación insuficiente 2. Transmisión excesivamente recargada o mal diseñada 3. Cuerdas de tracción rotas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise la distancia de ajuste. Utilice la tolerancia especificada en el Manual de diseño de Gates (E/20070) 2. Vuelva a diseñar la transmisión. 3. Sustituya la correa e instélela adecuadamente.
CORREA RUIDOSA	<p>Silbido o chirrido</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deslizamiento de la correa 2. Contaminación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vuelva a tensarla. 2. Limpie las correas y poleas.
	<p>Ruido golpeteado</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Correas sueltas 2. Juego mal emparejado 3. Desalineación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vuelva a tensarlas. 2. Instale un juego de correas emparejadas. 3. Vuelva a alinear las poleas de manera que todas las correas compartan la misma carga de trabajo.
	<p>Ruido de roce</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interferencia con la protección 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Repare, sustituya o vuelva a diseñar la protección.

	PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
CORREA RUIDOSA	Rechinamiento	1. Cojinetes dañados	1. Sustitúyalos, alinéelos o lubríquelos.
	Transmisión demasiado ruidosa	1. Correa incorrecta 2. Poleas gastadas 3. Suciedad en las poleas	1. Utilice el tamaño correcto de correa. Utilice el perfil dentado correcto para las poleas en la transmisión síncrona. 2. Sustitúyalas. 3. Limpie las poleas, utilice una mejor protección, limpie el polvo, pintura, o suciedad de los surcos.
VIBRACIONES ANORMALES	Correas sueltas	1. Correas con poca tensión 2. Correas mal emparejadas 3. Desalineación de la polea	1. Vuelva a tensarlas. 2. Instale un nuevo juego de correas emparejadas. 3. Alinéela.
	Vibración excesiva en el sistema de transmisión	1. Correa incorrecta 2. Equipo o maquinaria mal diseñados 3. Polea defectuosa 4. Componentes sueltos de la transmisión	1. Utilice la correa con la sección adecuada para la polea. 2. Revise la estructura y los soportes para una resistencia adecuada. 3. Sustitúyala. 4. Revise los componentes de la máquina y las protecciones, el montaje del motor, los cojinetes, casquillos, soportes y la estructura para asegurar estabilidad, resistencia adecuada del diseño, mantenimiento e instalación correcta.
PROBLEMAS CON CORREAS DE PERFILES MÚLTIPLES	Separación de la banda de enlace 	1. Poleas gastadas 2. Espacio inadecuado entre gargantas	1. Sustituya las poleas. 2. Utilice poleas de gargantas estándar.
	Superficie de la banda de enlace deshilachada, gastada o dañada 	1. Interferencia con la protección 2. Tensor dorsal dañado o defectuoso	1. Revise la protección. 2. Sustituya o repare el tensor dorsal.
	La correa PowerBand® se sale de la transmisión	1. Suciedad en las poleas	1. Limpie las poleas. Utilice correas sueltas para evitar que la suciedad quede atrapada en las gargantas.
	Una o más correas ruedan fuera de la polea 	1. Desalineación 2. Tensión demasiado baja	1. Vuelva a alinear la transmisión. 2. Vuelva a tensar.

	PROBLEMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
PROBLEMAS CON LAS POLEAS	Polea rota o dañada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Polea mal instalada 2. Objetos extraños en la transmisión 3. Velocidad de rotación excesiva 4. Correa mal instalada 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No exceda los valores de par de apriete del casquillo. 2. Utilice una protección adecuada. 3. Mantenga las velocidades de rotación de la polea bajo el valor máximo recomendado. 4. No fuerce las correas en las poleas.
	Excesivo desgaste de las gargantas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tensión excesiva de la correa 2. Arena, suciedad o contaminación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vuelva a tensar y revisar el diseño de la transmisión. 2. Limpie y proteja la transmisión lo mejor posible.
PROBLEMAS CON POLEAS	Fallo del flanco	<ol style="list-style-type: none"> 1. La correa hace que el flanco se desmonte 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corrija la alineación o asegure adecuadamente el flanco a la polea.
	Desgaste anormal de la polea 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La polea tiene muy poca resistencia al desgaste (por ejemplo: plástico, metales blandos, aluminio) 2. Transmisión desalineada 3. Suciedad u objeto extraño en la transmisión 4. Capacidad excedida 5. Tensión muy baja o alta 6. Perfil incorrecto de la correa (por ejemplo: HTD®, GT, etc.) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice poleas de otros materiales. 2. Corrija la alineación. 3. Limpie la transmisión y revise la protección. 4. Vuelva a diseñar la transmisión para aumentar la capacidad. 5. Ajuste la tensión al valor recomendado. 6. Utilice la combinación adecuada de correa/polea.

ANEXO 3

DOCUMENTOS UTILIZADOS EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

SOLICITUD Y ORDEN DE TRABAJO

Para llevar una buena gestión de mantenimiento se debe tomar en consideración los pedidos o solicitudes de trabajo, que deben ser presentados por los departamentos y operarios de los equipos.

Las solicitudes de trabajo pueden escribirse en cualquier momento es conveniente analizar la prioridad que pueda o no tener un equipo, especialmente cuando al mismo tiempo se está requiriendo efectuar el trabajo de mantenimiento de otro equipo. El orden de prioridad para finalmente tomar decisiones sobre el equipo que se deba atender, se debe analizar cuidadosamente.

SOLICITUD DE ACTIVIDAD.			N°
Descripción breve:			
Ubicación técnica:		Equipo:	
Grupo de planificación:		Puesto de trabajo responsable:	
Solicitante:		Sección Solicitante:	
Fecha:		Hora:	
Descripción:			
Prioridad:	Normal:	Importante:	Urgente:
Observaciones:			
Aprobación:	Si	No	

ORDEN DE TRABAJO.			N°
Descripción breve:			
Ubicación técnica:		Equipo:	
Grupo de planificación:		Puesto de trabajo responsable:	
Solicitante:		Sección Solicitante:	

Fecha:		Hora:				
Descripción detallada:						
Prioridad:	Normal:	Importante:	Urgente:			
Personal Requerido:						
Posición	Operación	Ejecutor	Código del trabajador	Descripción	Tiempo	Unidad
Materiales:						
Posición	Cantidad	Unidad	Descripción	Código	No. Parte	Fabricante
Costos:						
Costo de mano de obra:						
Costo de materiales:						
TOTAL:						
Aprobación:	Si			No		

SOLICITUD DE AVERÍA

Es una forma de las solicitudes o avisos de trabajos, se diferencian de las solicitudes de actividad porque es un pedido rápido de un servicio de mantenimiento por la suscitación inesperada de una falla en un elemento, maquinaria o equipo. Y a partir de ella se genera la orden de trabajo.

SOLICITUD DE AVERIA.		N°
Descripción breve:		
Ubicación técnica:		Equipo:
Grupo de planificación:		Puesto de trabajo responsable:
Solicitante:		Sección Solicitante:
Fecha:		Hora:
Descripción:		
Prioridad:	Normal:	Importante:
		Urgente:
Observaciones:		
Aprobación:	Si	No

ORDEN DE TRABAJO.						N°
Descripción breve:						
Ubicación técnica:				Equipo:		
Grupo de planificación:				Puesto de trabajo responsable:		
Solicitante:				Sección Solicitante:		
Fecha:				Hora:		
Descripción detallada:						
Prioridad:		Normal:		Importante:		Urgente:
Personal Requerido:						
Posición	Operación	Ejecutor	Código del trabajador	Descripción	Tiempo	Unidad
Materiales:						
Posición	Cantidad	Unidad	Descripción	Código	No. Parte	Fabricante
Costos:						
Costo de mano de obra:						
Costo de materiales:						
TOTAL:						
Aprobación:		Si			No	

SOLICITUD Y ORDEN DE COMPRA

Existen dos tipos de compra: nacionales e internacionales.

Las compras nacionales constituyen las compras de bienes y servicios que se efectúan localmente o en otras provincias del país. En un escenario pésimo tardan 5 días laborables y en el mejor de los casos, tan solo minutos. Las demoras son producidas principalmente por trámites administrativos propios de la empresa.

Las compras internacionales son las compras de los repuestos y materiales provenientes de los fabricantes de los equipos. Por lo general se demoran 3 meses si vienen de Europa y 15 días si vienen de EE.UU.

SOLICITUD DE COMPRA		N°
Solicitante:	Sección solicitante:	
Descripción:		
Cantidad:	Unidades:	
Centro de costos:	Equipo:	
Costo de proforma:	Bodega:	
Descripción del producto:		
Autorización	Si	No

ORDEN DE COMPRA		N°
Solicitante:	Sección solicitante:	
Descripción:		
Cantidad:	Unidades:	
Centro de costos:	Bodega:	
Costo de proforma:	Equipo:	
Descripción del producto:		
Autorización	Si	No
Lugar de compra:		

ANEXO 4

REPORTES DE MEDICIÓN

Alarm report





MIS FRUTALES

Main-alarm

Section: PROCESADO

Machine	Measuring point	Char. value	Measurement	Alarm	Pre-alarm	Transgression
COMPRESOR 1	C11A	Aeff	780,50 mg	500,00 mg	50%	56,10%
		Deff TP 1000 Hz	528,89 mg	500,00 mg	50%	5,78%
		Temp	28,78 °C	40,00 °C	70%	2,78%
	C11R	ISO 10816	2,19 mm/s	4,50 mm/s	50%	
		Aeff	644,84 mg	500,00 mg	50%	28,97%
		Temp	28,24 °C	40,00 °C	70%	0,86%
	C11T	Deff TP 1000 Hz	350,37 mg	500,00 mg	50%	40,15%
		ISO 10816	2,90 mm/s	4,50 mm/s	50%	28,75%
		Aeff	1619,75 mg	500,00 mg	50%	223,95%
	C12A	Deff TP 1000 Hz	905,03 mg	500,00 mg	50%	81,01%
		ISO 10816	4,45 mm/s	4,50 mm/s	50%	97,84%
		Temp	34,43 °C	40,00 °C	70%	22,96%
	C12R	Aeff	1154,67 mg	500,00 mg	50%	130,93%
		Temp	63,22 °C	40,00 °C	70%	58,06%
		ISO 10816	6,25 mm/s	4,50 mm/s	50%	38,92%
	C12T	Deff TP 1000 Hz	456,33 mg	500,00 mg	50%	82,53%
		Aeff	1538,52 mg	500,00 mg	50%	207,70%
		Deff TP 1000 Hz	938,30 mg	500,00 mg	50%	87,66%
C12T	Temp	62,69 °C	40,00 °C	70%	56,71%	
	ISO 10816	4,62 mm/s	4,50 mm/s	50%	2,75%	
	Aeff	1462,29 mg	500,00 mg	50%	192,46%	
COMPRESOR 2	C21A	Temp	62,05 °C	40,00 °C	70%	55,13%
		Deff TP 1000 Hz	768,74 mg	500,00 mg	50%	53,75%
		ISO 10816	2,64 mm/s	4,50 mm/s	50%	17,54%
	C21R	Aeff	591,34 mg	500,00 mg	50%	18,27%
		Deff TP 1000 Hz	517,80 mg	500,00 mg	50%	3,56%
		Temp	22,32 °C	40,00 °C	70%	
	C21T	ISO 10816	1,51 mm/s	4,50 mm/s	50%	
		Aeff	3511,75 mg	500,00 mg	50%	602,35%
		Deff TP 1000 Hz	1920,02 mg	500,00 mg	50%	284,00%
	C22A	Temp	24,45 °C	40,00 °C	70%	
		ISO 10816	2,14 mm/s	4,50 mm/s	50%	
		Aeff	1901,79 mg	500,00 mg	50%	280,36%
	C22R	Deff TP 1000 Hz	1169,01 mg	500,00 mg	50%	133,80%
		Temp	25,27 °C	40,00 °C	70%	
		ISO 10816	1,72 mm/s	4,50 mm/s	50%	
	C22T	Aeff	3788,90 mg	500,00 mg	50%	657,78%
		Deff TP 1000 Hz	2796,83 mg	500,00 mg	50%	459,37%
		Temp	28,16 °C	40,00 °C	70%	0,57%
C22T	ISO 10816	2,17 mm/s	4,50 mm/s	50%		
	Aeff	935,59 mg	500,00 mg	50%	87,12%	
	ISO 10816	7,13 mm/s	4,50 mm/s	50%	58,50%	
DE1A	Temp	50,31 °C	40,00 °C	70%	25,77%	
	Deff TP 1000 Hz	547,45 mg	500,00 mg	50%	9,49%	
	Aeff	1182,87 mg	500,00 mg	50%	136,57%	
DE1R	Deff TP 1000 Hz	683,49 mg	500,00 mg	50%	36,70%	
	Temp	51,10 °C	40,00 °C	70%	27,75%	
	ISO 10816	1,81 mm/s	4,50 mm/s	50%		
DE1T	ISO 10816	7,04 mm/s	4,50 mm/s	50%	56,40%	
	Deff TP 1000 Hz	624,60 mg	500,00 mg	50%	24,92%	
	Aeff	481,00 mg	500,00 mg	50%	92,40%	
DE2A	Temp	21,77 °C	40,00 °C	70%		
	ISO 10816	11,45 mm/s	4,50 mm/s	50%	154,44%	
	Deff TP 1000 Hz	669,46 mg	500,00 mg	50%	33,89%	
DE2R	Aeff	312,76 mg	500,00 mg	50%	25,11%	
	Temp	24,74 °C	40,00 °C	70%		
	ISO 10816	9,96 mm/s	4,50 mm/s	50%	121,42%	
DE2T	Deff TP 1000 Hz	915,45 mg	500,00 mg	50%	83,09%	
	Aeff	872,70 mg	500,00 mg	50%	74,54%	
	Temp	20,68 °C	40,00 °C	70%		
DE2T	ISO 10816	9,70 mm/s	4,50 mm/s	50%	115,64%	
	Temp	23,13 °C	40,00 °C	70%		
	Aeff	286,43 mg	500,00 mg	50%	14,57%	
DE2T	Deff TP 1000 Hz	213,55 mg	500,00 mg	50%		
	ISO 10816	11,74 mm/s	4,50 mm/s	50%	160,94%	
	Deff TP 1000 Hz	545,16 mg	500,00 mg	50%	9,03%	

MIS FRUTALES

Main-alarm

Section: PROCESADO

Machine	Measuring point	Char. value	Measurement	Alarm	Pre-alarm	Transgression	
DESPULPADOR	DE2T	Temp	20,38 °C	40,00 °C	70%		
		Aeff	182,11 mg	500,00 mg	50%		
MOTOVENTILADOR	MV1A	ISO 10816	8,88 mm/s	4,50 mm/s	50%	97,36%	
		Deff TP 1000 Hz	614,72 mg	500,00 mg	50%	22,94%	
		Aeff	574,32 mg	500,00 mg	50%	14,86%	
	MV1R	Temp	23,21 °C	40,00 °C	70%		
		Aeff	790,82 mg	500,00 mg	50%	58,16%	
		Deff TP 1000 Hz	749,63 mg	500,00 mg	50%	49,93%	
	MV1T	ISO 10816	3,27 mm/s	4,50 mm/s	50%	45,37%	
		Temp	23,96 °C	40,00 °C	70%		
		Deff TP 1000 Hz	762,03 mg	500,00 mg	50%	52,41%	
	MV2R	Aeff	550,52 mg	500,00 mg	50%	10,10%	
		Temp	22,84 °C	40,00 °C	70%		
		ISO 10816	2,47 mm/s	4,50 mm/s	50%	9,70%	
	MV2T	Deff TP 1000 Hz	875,54 mg	500,00 mg	50%	75,11%	
		Aeff	603,25 mg	500,00 mg	50%	20,65%	
		Temp	17,00 °C	40,00 °C	70%		
		MV2T	ISO 10816	1,48 mm/s	4,50 mm/s	50%	
			Aeff	1583,59 mg	500,00 mg	50%	216,72%
			Deff TP 1000 Hz	1457,78 mg	500,00 mg	50%	191,56%
		ISO 10816	11,68 mm/s	4,50 mm/s	50%	159,62%	
		Temp	26,36 °C	40,00 °C	70%		

Pre-alarm

Section: PROCESADO

Machine	Measuring point	Char. value	Measurement	Alarm	Pre-alarm	Transgression
DESPULPADOR	DE2R	ISO 10816	3,64 mm/s	4,50 mm/s	50%	61,94%
		Temp	22,56 °C	40,00 °C	70%	
		Deff TP 1000 Hz	250,86 mg	500,00 mg	50%	0,34%
MOTOVENTILADOR	MV2A	Aeff	218,08 mg	500,00 mg	50%	
		Aeff	390,83 mg	500,00 mg	50%	56,33%
		Deff TP 1000 Hz	385,01 mg	500,00 mg	50%	54,00%
		Temp	24,06 °C	40,00 °C	70%	
		ISO 10816	1,66 mm/s	4,50 mm/s	50%	

BIOGRAFÍA

A. DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Santillán Abarca

NOMBRES: Marlon Vinicio

LUGAR DE NACIMIENTO: Riobamba

FECHA DE NACIMIENTO: 28 de Abril de 1969

CÉDULA DE IDENTIDAD: 060220307-7

CÉDULA MILITAR: 196906000249

B. ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL BÁSICO: Escuela “González Suarez”

NIVEL SECUNDARIO: Colegio “Santo Tomas Apóstol”

NIVEL SUPERIOR: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

C. TÍTULOS OBTENIDOS

TÍTULO SUPERIOR:

- Egresado de Ingeniería de Mantenimiento.
- Egresado de Tecnología de Mantenimiento.

TÍTULO SECUNDARIO:

- Bachiller en Humanidades Especialización:

“Físico Matemático”

D. EXPERIENCIA

- **INCAFOE:** Instituto de Capacitación de la Federación Odontológica Ecuatoriana. Chofer personal del Director.
- **COOPERATIVA DE TRANSPORTES “CHIMBORAZO”:** Chofer de una unidad vehicular.
- **INSETEC:** Ingeniería y Servicios Técnicos. Encargado de bodega y cooperación en montaje y desmontaje de accesorios neumáticos y electroneumáticos.

E. CURSOS Y SEMINARIOS RECIBIDOS

- **INSETEC.** Practicas Vacacionales en Mantenimiento y Servicios de Ingeniería. 1997 (Quito).
- **SECAP.** Seguridad e Higiene Industrial. 1995 (Riobamba).
- **SECAP.** Dirección de Personal. 1994 (Riobamba).
- **AGA.** Procesos alternativos de Soldadura MIG - TIG. 1992 (Quito).