



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DETERMINACIÓN DE FALLAS MEDIANTE ANÁLISIS
VIBRACIONAL EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL ÁREA DE
ENVASADO, PASTEURIZACIÓN Y HOMOGENIZACIÓN DE LA
EMPRESA PROLAC.”**

TOAPANTA NUÑEZ ALVARO ROBERTO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Abril, 19 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALVARO ROBERTO TOAPANTA NUÑEZ

Titulada: **“DETERMINACIÓN DE FALLAS MEDIANTE ANÁLISIS VIBRACIONAL EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL ÁREA DE ENVASADO, PASTEURIZACIÓN Y HOMOGENIZACIÓN DE LA EMPRESA PROLAC”**

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

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Geovanny Novillo
DECANO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Manuel Morocho
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Freire
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALVARO ROBERTO TOAPANTA NUÑEZ

TÍTULO DE LA TESIS: “DETERMINACIÓN DE FALLAS MEDIANTE ANÁLISIS VIBRACIONAL EN LOS EQUIPOS CRÍTICOS DEL ÁREA DE ENVASADO, PASTEURIZACIÓN Y HOMOGENIZACIÓN DE LA EMPRESA PROLAC”

Fecha de Exanimación: Abril, 19 de 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Manuel Morocho (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Jorge Freire (ASESOR)			

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

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica a que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

La presente tesis de grado que presentamos, 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.

Alvaro Roberto Toapanta Nuñez

AGRADECIMIENTO

De manera muy especial quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

A mis profesores que durante el ciclo de estudio día a día van forjando profesionales. Y expresar un gran reconocimiento a mi Director de tesis Ingeniero Manuel Morocho y Asesor Ingeniero Jorge Freire que estuvieron dispuestos a compartir sus conocimientos en beneficios de mi formación profesional

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Alvaro Toapanta

DEDICATORIA

El mayor orgullo para los padres, es vivir cada satisfacción, cada triunfo, que sea alcanzado por sus hijos, de tal manera que su tesonero esfuerzo y sacrificio no haya sido en vano.

Por este motivo este trabajo va dedicado primeramente a Dios por tenerme a mí y a mi familia con salud y vida y haber permitido que haya culminado un objetivo más en la vida y a mis padres Trajano y Gladis que fueron un apoyo incondicional que supieron creer en mí y enseñarme valores, respeto, honestidad y sobre todo humildad.

De igual manera quiero dedicarle este trabajo a Johana que es una persona muy especial que forma parte de mi vida que me va a dar la alegría más importante que un hombre puede tener que es ser papá.

Alvaro Toapanta

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Criticidad de equipos.....	4
2.1.1 Mantenimiento productivo total.....	4
2.2 Análisis vibracional.....	8
2.2.1 Vibración simple.....	9
2.2.2 Vibración compuesta	10
2.2.3 Frecuencia natural y resonancia.....	11
2.3 Rangos vibratoriales recomendados.....	12
2.3.1 Normas para la medición y evaluación de los niveles de vibración.....	12
2.3.1.1 Norma ISO 2372	12
2.3.1.2 Norma comercial DLI	13
2.3.1.3 Norma ISO 10816	14
2.4 Problemas Vibracionales.....	15
2.4.1 Desbalanceo.....	15
2.4.1.1 Desbalanceo estático	15

2.4.1.2	Balanceo dinámico.....	16
2.4.1.3	Rotor colgante.....	17
2.4.2	Desalineación	17
2.4.2.1	Desalineación angular.....	17
2.4.2.2	Desalineación paralela.....	18
2.4.2.3	Desalineación entre chumaceras.....	18
2.4.3	Soltura estructural.....	19
2.4.4	Rotor o eje pandeado	20
2.4.5	Fallas en bandas y poleas.....	20
2.4.5.1	Distención.....	20
2.4.5.2	Desalineación en poleas.....	21
2.4.5.3	Excentricidad de poleas.....	22
2.4.5.4	Resonancia de bandas.....	22
2.4.6	Flujo de líquidos.....	22
2.4.6.1	Frecuencia de aspas.....	23
2.4.6.2	Cavitación.....	23
2.4.7	Fallas en rodamientos.....	24
2.4.7.1	Falla en la pista interna.....	24
2.4.7.2	Falla en la pista externa.....	25
2.4.7.3	Falla en los elementos rodantes.....	25
2.4.7.4	Deterioro de la jaula.....	26

3. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS

EQUIPOS 27

3.1 Estado actual de los equipos..... 27

3.2 Mantenimiento empleado en los equipos..... 33

3.3	Planificación actual de materiales, repuestos y herramientas para llevar el mantenimiento.....	33
3.4	Documentación existente.....	33
4.	EQUIPO DE DIAGNÓSTICO VIBRACIONAL.....	34
4.1	Sensor de medición.....	34
4.2	Colector de datos.....	34
4.3	Software de análisis vibracional.....	35
5	ANÁLISIS VIBRACIONAL DE LOS EQUIPOS.....	36
5.1	Categorización de la maquinaria o equipo.....	36
5.1.1	Aspectos selectivos.....	36
5.1.2	Parámetros directivos.....	38
5.1.3	Políticas de mantenimiento acorde con la categoría de la máquina.....	41
5.2	Diseño de fichas técnicas de medición.....	41
5.3	Determinación de los puntos de medición.....	46
5.4	Configuración de la ruta de medición.....	49
5.5	Recopilación de datos.....	54
5.6	Cargado de datos al software vibracional.....	55
5.7	Análisis de los resultados obtenidos en el diagnóstico vibracional..	55
5.7.1	Espectros del compresor.....	55
5.7.1.1	Espectros del punto 1.....	56
5.7.1.2	Espectros del punto 2.....	57
5.7.2	Espectros del compresor 2.....	59
5.7.2.1	Espectros del punto 1.....	59
5.7.2.2	Espectros del punto 2.....	61

5.7.3	Espectros del compresor 3.....	63
5.7.3.1	Espectros del punto 1.....	63
5.7.3.2	Espectros del punto 2.....	66
5.7.4	Espectro del enfriador.....	67
5.7.4.1	Espectros del punto 1.....	67
5.7.4.2	Espectros del punto 2.....	69
5.7.5	Espectros de Homogenizadora.....	71
5.7.5.1	Espectros del punto 1.....	71
5.7.5.2	Espectros del punto 2.....	72
5.7.6	Espectros de la centrífuga.....	73
5.7.6.1	Espectros del punto 1.....	73
5.7.6.2	Espectros del punto 2.....	73
5.8	Recomendación de correcciones	75
5.8.1	Recomendación del compresor 1.....	75
5.8.2	Recomendación del compresor 2.....	76
5.8.3	Recomendación del compresor 3.....	77
5.8.4	Recomendación del enfriador.....	77
5.8.5	Recomendación de la homogenizadora.....	77
5.8.6	Recomendación de la centrífuga.....	78
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
6.1	Conclusiones.....	79
6.2	Recomendaciones.....	80

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
BIBLIOGRAFÍA
LINKOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Sistema vibratorio masa-resorte.....	9
2 Movimiento armónico simple.....	10
3 Vibración compuesta.....	10
4 Frecuencia natural y resonancias.....	11
5 Norma DLI.....	14
6 Norma ISO 10816.....	15
7 Desbalanceo estático.....	16
8 Desbalanceo dinámico.....	16
9 Rotor colgante.....	17
10 Desalineación angular.....	18
11 Desalineación paralela.....	18
12 Desalineación entre chumaceras.....	19
13 Soltura estructural.....	19
14 Rotor o eje pandeado.....	20
15 Distención.....	21
16 Desalineación en poleas.....	21
17 Excentricidad de poleas.....	22
18 Resonancia de bandas.....	22
19 Frecuencias de aspas.....	23
20 Cavitación.....	24
21 Falla en la pista interna.....	24
22 Falla en la pista externa.....	25
23 Falla en los elementos rodantes.....	25
24 Deterioro de la jaula.....	26
25 Equipo de medición detector II.....	35
26 Compresor 1.....	46
27 Compresor 2.....	46
28 Compresor 3.....	47
29 Centrífuga.....	47
30 Enfriador.....	48
31 Homogenizadora.....	48

32	Prolac.....	49
33	Configuración del área de envasado, pasteurización y homogenización	49
34	Configuración compresor 1.....	50
35	Configuración compresor 2.....	50
36	Configuración compresor 3.....	51
37	Configuración enfriador.....	51
38	Configuración homogenizadora.....	52
39	Configuración centrífuga.....	52
40	Punto COM12R.....	54
41	Cargado de mediciones de las máquinas del área de envasado...	55
42	Espectro COM11R.....	55
43	Espectro COM11T.....	56
44	Espectro COM11A.....	56
45	Espectro COM12R.....	57
46	Espectro COM12T.....	58
47	Espectro COM12A.....	58
48	Espectro COM21R.....	59
49	Espectro COM21T.....	60
50	Espectro COM21A.....	60
51	Espectro COM22R.....	61
52	Espectro COM22T.....	62
53	Espectro COM22A.....	62
54	Espectro COM31R.....	63
55	Espectro COM31T.....	64
56	Espectro COM31A.....	64
57	Espectro COM32R.....	65
58	Espectro COM32T.....	66
59	Espectro COM32A.....	66
60	Espectro AIAC1R.....	67
61	Espectro AIAC1T.....	68
62	Espectro AIAC1A.....	68
63	Espectro AIAC2R.....	69
64	Espectro AIAC 2A.....	70
65	Espectro HOMO1A.....	71

66 Espectro HOMO1T.....	71
67 Espectro HOMO2R.....	72
68 Espectro CENT1R.....	73
69 Espectro CENT1T.....	74

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A

Mediciones en la dirección axial

ANEXO B

Mediciones en la dirección radial

ANEXO C

Mediciones en la dirección tangencial

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Niveles aceptables de vibraciones.....	12
2 Norma iso 2372.....	13
3 Norma comercial dli.....	13
4 Estado técnico del compresor 1.....	27
5 Estado técnico del compresor 2.....	28
6 Estado técnico del compresor 3.....	29
7 Estado técnico del enfriador.....	30
8 Estado técnico de la homogenizadora.....	31
9 Estado técnico de la centrífuga.....	32
10 Intercambiabilidad.....	36
11 Importancia productiva.....	37
12 Régimen de operación.....	37
13 Nivel de utilización.....	37
14 Parámetro principal de la máquina.....	38
15 Manteniabilidad.....	38
16 Conservabilidad.....	38
17 Automatización.....	39
18 Valor de la máquina.....	39
19 Facilidad de aprovisionamiento.....	39
20 Seguridad operacional.....	40
21 Resultado de la categorización de la máquina.....	40
22 Compresor 1.....	42
23 Compresor 2.....	42
24 Compresor 3.....	43
25 Centrífuga.....	44
26 Enfriador.....	44
27 Homogenizadora.....	45

LISTA DE ABREVIACIONES

TPM	Mantenimiento productivo total.
HB	Método de medición de dureza Brinell.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
FTT	Transformada rápida de Fourier.
DLI	Sistema experto de vibración.
VL	Ventilador de limpieza.
VC	Ventilador ciclón.
DT	Despuntador de trigo.
MT	Motor transmisión.
BM	Banco molino.
MH	Mezclador de harina.
TMPH	Tonelada métrica por hora.
VDC	Voltaje de corriente directa.
ADC	Amperaje de corriente directa.
HP	Caballo de fuerza (horse power).
°C	Grados celsius.
kW	Kilovatios.
Hz	Hertz.
CPM	Ciclos por minuto
TDF	Transformada discreta de Fourier
RPM	Revoluciones por minuto
FN	Frecuencia natural
BPF	Frecuencia de paso de aspas
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
VdB	Decibeles de velocidad
ISO 2372	Norma de análisis vibracional que se aplica a máquinas que operan en rangos de 600 a 1200 rpm.
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.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis trata de la “Determinación de fallas mediante análisis vibracional en los equipos críticos del área de envasado, pasteurización y homogenización de la empresa Prolac.”, en este trabajo se puede apreciar cómo se presenta la energía de vibración en maquinaria rotativa, sus principales problemas, gestión actual de mantenimiento así como los inconvenientes que se manifiestan cuando alguna de estas máquinas se paran y cuanto repercuten en la producción

Prolac tuvo la necesidad de hacer un estudio de diagnóstico vibracional en los equipos fundamentales o críticos que poseen en esta entidad, específicamente en las tres áreas críticas que son: envasado, homogenización y pasteurización, enfocado en su mayoría a motores de alta potencia y maquinaria rotativa para el tratamiento de leche en los lácteos.

Al estructurar bien los procedimientos y rutas de mantenimiento se realizó el análisis de cada uno de los equipos para conocer su estado mediante una técnica de mantenimiento predictivo como es el diagnóstico vibracional.

También se detalla cuales son los factores que dieron como consecuencia los problemas. Con los resultados se procedió a diagnosticar y recomendar acciones que debe ejecutar el personal de mantenimiento, de tal forma que el trabajo sirva como guía práctica enfocada a evitar los daños imprevistos.

FAILURE DETERMINATION BY VIBRATION ANALYSIS ON CRITICAL EQUIPMENT IN THE AREA OF PACKAGING, PASTEURIZATION AND HOMOGENIZATION OF THE PROLAC COMPANY.

ABSTRACT

The present study titled “Failure Determination by vibration analysis on critical equipment in the area of packaging, pasteurization and homogenization of the Prolac Company” presents how energy is demonstrated in rotating machinery vibration. The main problems are the ongoing maintenance management and the problems that are associated with machine halt and re-initialization which affect production. Prolac had the need for a study of diagnostic vibration in key and critical equipment, specifically in three critical areas: packaging, homogenization and pasteurization. The study focused on high powered engines and a machine press for dairy milk treatment. In the structuring of the procedures and maintenance routine, a vibration diagnostic was used as a predictive maintenance technique to observe machine status on all machines. In addition, the factors which caused the problems were also detailed. The observed results led to diagnosis and recommend actions that were performed by the maintenance staff. The study served as a practical guide aimed at avoiding incidentals damage.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Sin dudas, el desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado sensiblemente la actualidad industrial mundial. En los últimos años, la industria mecánica se ha visto bajo la influencia determinante de medios tecnológicos, exigiendo mayor preparación en el personal, no sólo desde el punto de vista de la operación de la maquinaria, sino desde el punto de vista del mantenimiento industrial.

El mantenimiento predictivo mediante análisis vibracional es una técnica para pronosticar futuras de fallas de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base de un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

El mantenimiento predictivo tiene como objetivo obtener resultados en su gestión utilizando una política adecuada para lograr la operación continua y segura de los equipos críticos de la empresa ya que los mismos son los más importantes en el proceso productivo.

El Análisis vibracional se basa en predecir la falla antes de que se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitoreo de parámetros físicos.

El Análisis vibracional es una técnica efectiva ya que las señales vibratorias que se generan llevan gran cantidad de información sobre el estado de los equipos, lo que

junto al monitoreo de otros parámetros específicos de cada máquina, constituyen lo óptimo del Mantenimiento predictivo en las máquinas rotodinámicas.

1.2 Justificación

En vista de que los últimos años en la industria la mano del hombre ha sido reemplazada por la maquinaria y equipos con nuevas y avanzadas tecnología, se pone énfasis en el estudio y aplicación del análisis vibracional en los equipos de la empresa PROLAC mediante el uso de herramientas automatizadas.

Para evitar paradas prematuras tanto en los equipos como en la producción la Empresa “PROLAC”, se ve en la necesidad de realizar un análisis vibracional en los equipos del área de Envasado, Pasteurización y Homogenización para que de esta forma se pueda determinar con exactitud las diferentes fallas que se presentan en los equipos y en función de ello para tomar las medidas correctivas necesarias hasta alcanzar la mínima pérdida de producción por tiempo improductivo.

Además se pretende orientar a la empresa en el uso de nuevos métodos de diagnóstico, de manera que el mismo sea una herramienta de trabajo que permita introducir gradualmente técnicas eficaces de mantenimiento en la corrección de sus diversas fallas, debido a que estos nunca han sido utilizados.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Determinar las fallas mediante análisis vibracional en los equipos críticos del área de Envasado. Pasteurización y homogenización de la empresa “PROLAC”

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Determinar los equipos críticos.
- Determinar los puntos de medición.
- Realizar las mediciones respectivas.
- Realizar el análisis de vibraciones.
- Determinar los problemas en los equipos.

CÁPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Criticidad de Equipos [1]

2.1.1 *Mantenimiento Productivo Total (TPM).* Este tipo de mantenimiento comenzó a efectuarse en Japón a partir de 1980 y es aquel que elimina la separación entre producción y mantenimiento.

El mantenimiento productivo total señala que política de mantenimiento se debe realizar en los equipo según la categoría que tiene cada uno de ellos.

La categorización de la maquinaria o equipos se determina tomando en consideración 4 aspectos selectivos y 7 parámetros directivos.

Las categorías pueden ser:

- Categoría A.
- Categoría B.
- Categoría C.

ASPECTOS SELECTIVOS

1. Intercambiabilidad:

Categoría	Características
A	Irreemplazable
B	Reemplazable
C	Intercambiable

2. Importancia productiva:

Categoría	Características
A	Imprescindible
B	Limitante
C	Convencional

3. Régimen de operación:

Categoría	Características
A	Proceso continuo
B	Proceso seriado
C	Proceso alternado

4. Nivel de utilización:

Categoría	Características
A	Muy utilizada
B	Media utilizada
C	Poca utilizada

PARÁMETROS DIRECTIVOS

1. Parámetro principal de la máquina:

Categoría	Características
A	Alta
B	Media
C	Baja

2. Mantenibilidad:

Categoría	Características
A	Máquina de alta complejidad

- B Máquina de media complejidad
- C Máquina de simple complejidad

3. Conservabilidad:

Categoría	Características
A	Máquina con condiciones especiales
B	Máquina protegida
C	Máquina normal en condiciones severas

4. Automatización:

Categoría	Características
A	Automática
B	Semiautomática
C	Máquina totalmente mecánica

5. Valor de la máquina:

Categoría	Características
A	Alto valor
B	Media valor
C	Bajo valor

6. Facilidad de aprovisionamiento:

Categoría	Características
A	Mala
B	Regular
C	Buena

7. Seguridad operacional:

Categoría	Características
A	Máquina peligrosa
B	Máquina con peligrosidad media
C	Máquina poco peligrosa

POLÍTICA DE MANTENIMIENTO ACORDE CON LA CATEGORÍA DE LA MÁQUINA.

I. PARA LA CATEGORÍA A:

Lograr la máxima disponibilidad de la maquinaria o equipos, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- Mantenimiento predictivo: gran utilización de técnicas de ultrasonido vibraciones, análisis de aceite, termografía, etc., sin escatimar costos.
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

II. PARA LA CATEGORÍA B:

Reducir los costos de mantenimiento sin que ello perjudique la disponibilidad de la maquinaria o equipos, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- Mantenimiento predictivo: usarlo solamente en caso necesario
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

III. PARA LA CATEGORÍA C:

Determinar los costos de mantenimiento a lo menor posible, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- Mantenimiento predictivo: casi cero.
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

2.2 Análisis vibracional[2]

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.

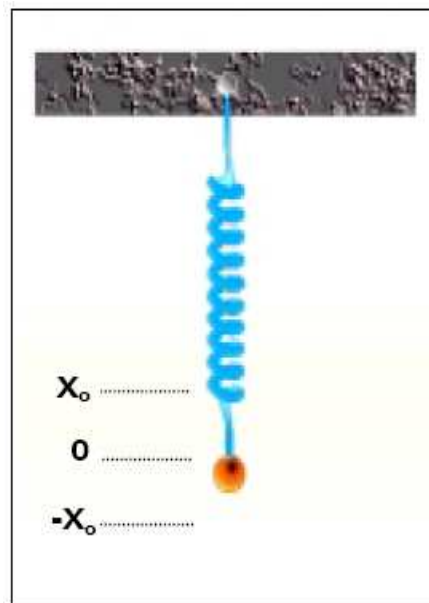
El hecho más significativo y de interés para evaluar el estado de un equipo sometido a una o varias actividades que dan lugar a vibraciones, es que procesos mecánicos diferentes de una máquina relacionados con aspectos a controlar, por

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.

2.2.1 Vibración simple [3]. 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: Imagínese una masa suspendida de un resorte como el de la figura.

Figura 1: Sistema vibratorio masa – resorte



Si esta masa es soltada desde una distancia X_o , en condiciones ideales, se efectuará un movimiento armónico simple que tendrá una amplitud X_o . 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 halamos el papel con velocidad constante hacia el lado izquierdo se formará una gráfica parecida a la figura 2.

Figura 2: Movimiento armónico simple

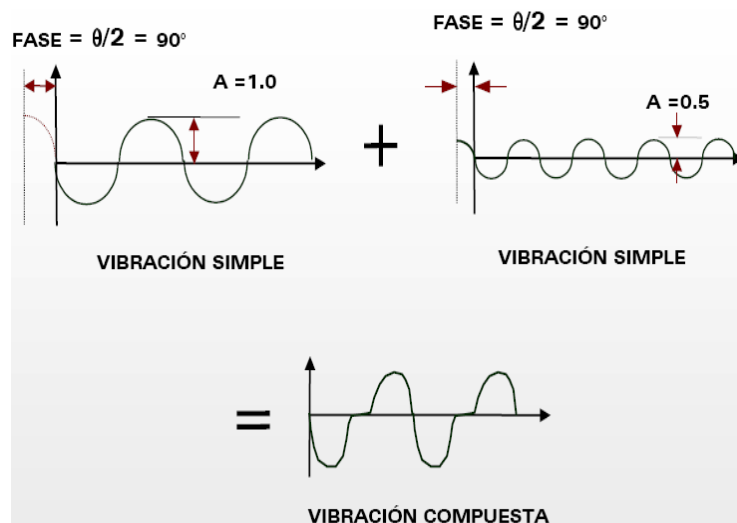


El tiempo que tarda la masa para ir y regresar al punto X_0 siempre es constante. Este tiempo recibe el nombre de **período de oscilación** (medido en segundos o milisegundos) y significa que el resorte completó un ciclo.

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

2.2.2 Vibración compuesta [3]. 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 3: Vibración compuesta



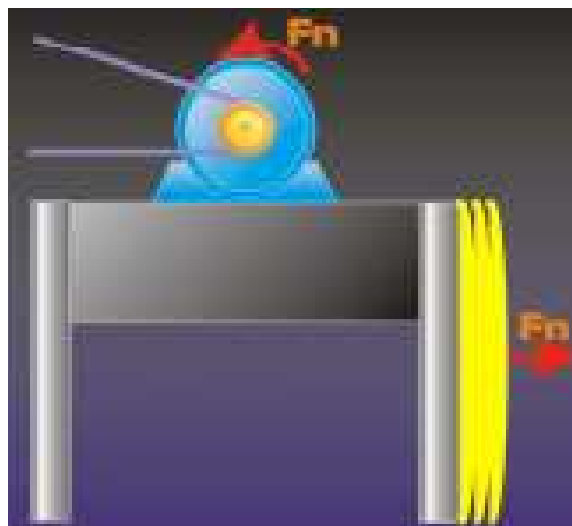
2.2.3 Frecuencia natural y resonancia. La frecuencia natural presenta un carácter muy diferente a las anteriormente nombradas, debido a que depende de las características estructurales de la máquina, tales como su masa, su rigidez y su amortiguación, incluyendo los soportes y tuberías adjuntas a ella. 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 4: Frecuencia natural y resonancias



2.3 Rangos vibracionales[4]

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 1: 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 m/s

2.3.1 Normas para la medición y evaluación de los niveles de vibración [4]. 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.

2.3.1.1 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. Específica 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: Norma iso 2372

Nivel, 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

2.3.1.2 Normas comerciales DLI. La tabla indicada se puede aplicar a un gran número

de máquinas rotativas con una confianza razonable.

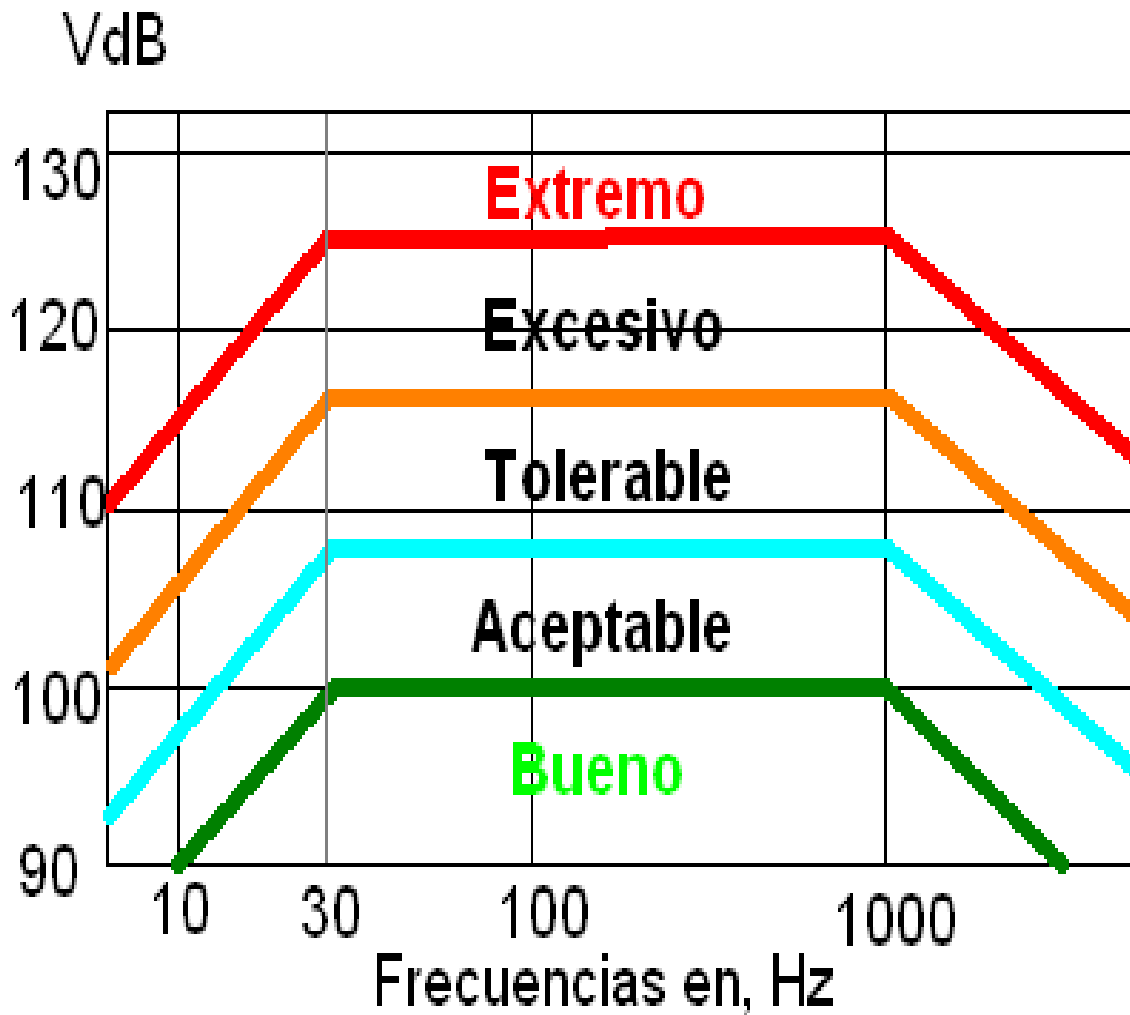
Es una destilación de datos de un rango importante de maquinaria industrial, y se considera que está más al día y más útil que las normas mencionadas.

Tabla 3: Norma comercial dli

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

La misma información se encuentra en forma gráfica.

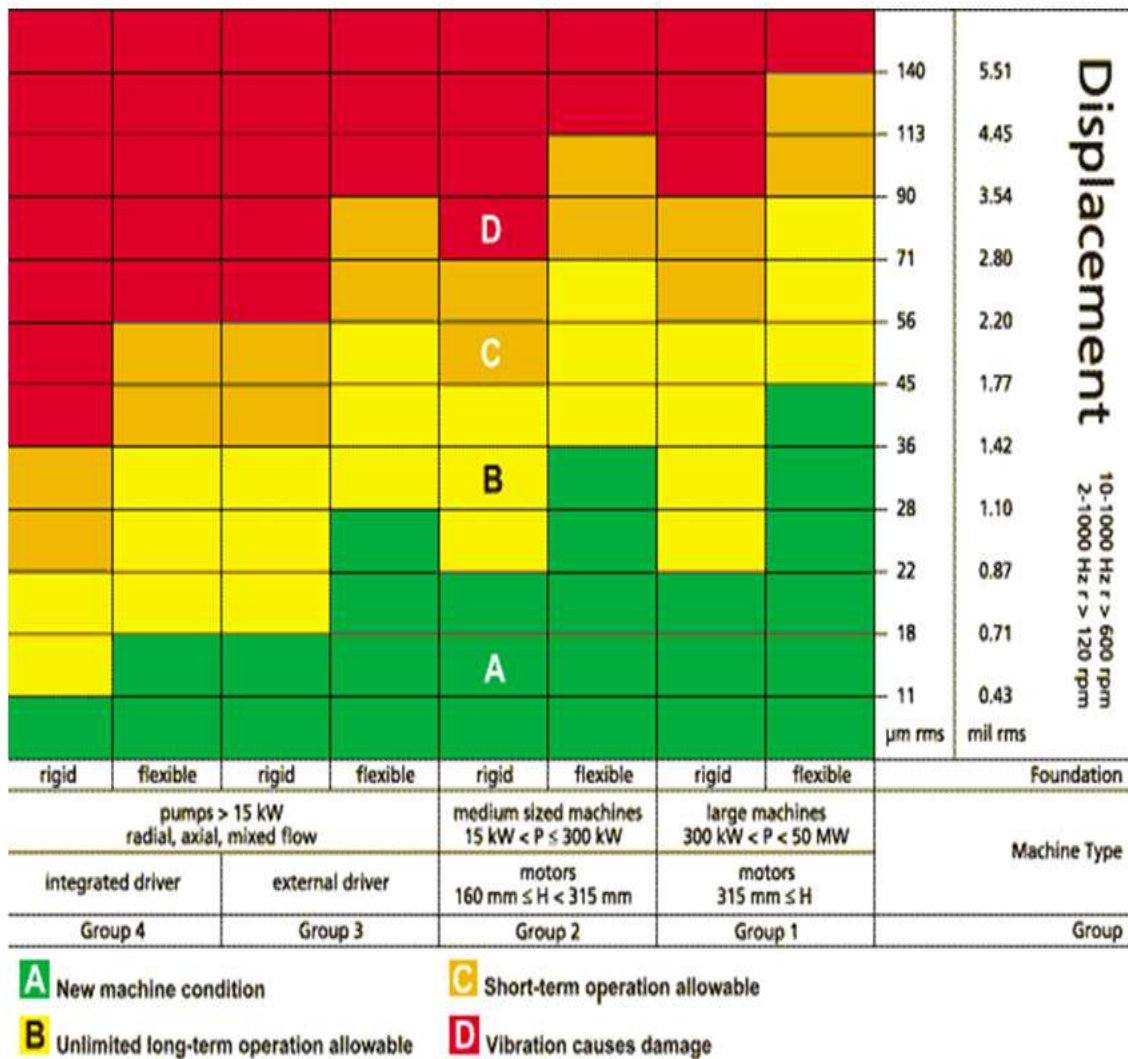
Figura 5: Norma DLI



2.3.1.3 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 6: Norma ISO 10816

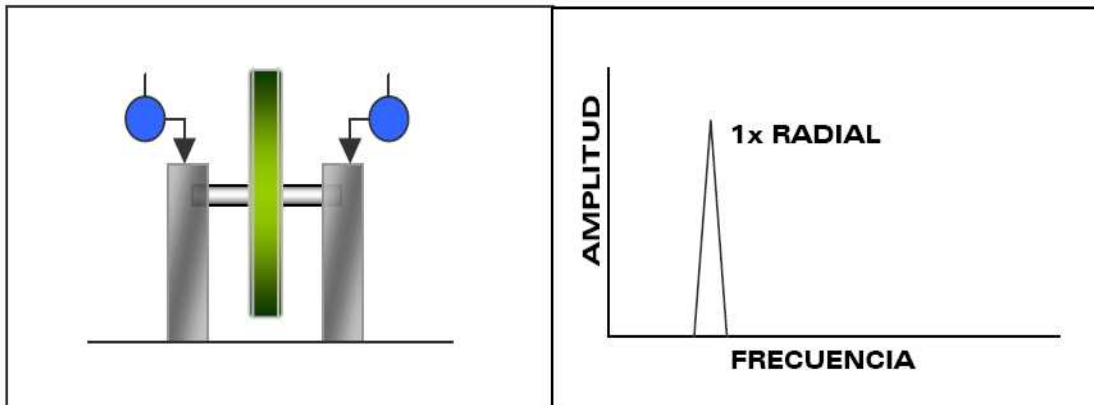


2.4 Problemas vibratorios [5]

2.4.1 Desbalanceo. Existen tres tipos de desalineación angular, paralela y entre chumaceras.

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.

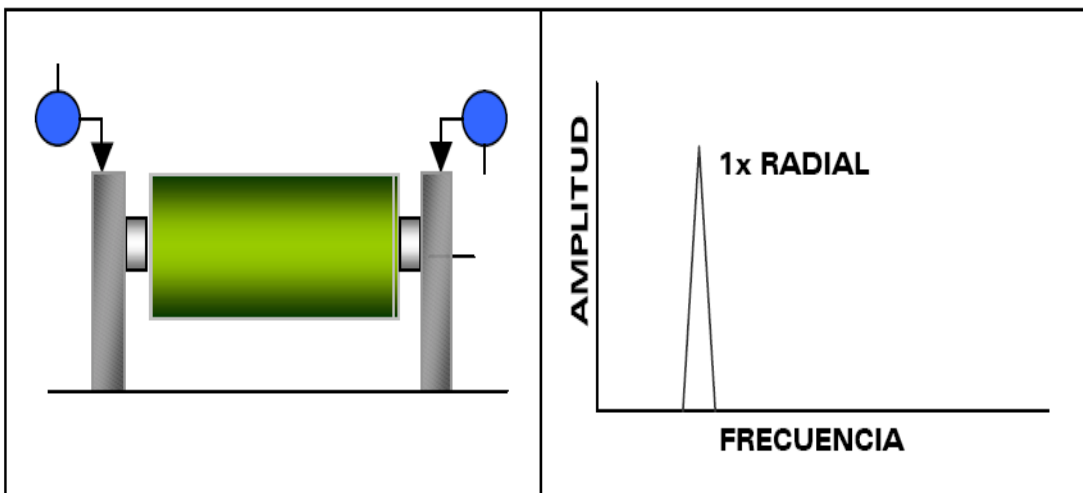
Figura 7: Desbalanceo estático



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.

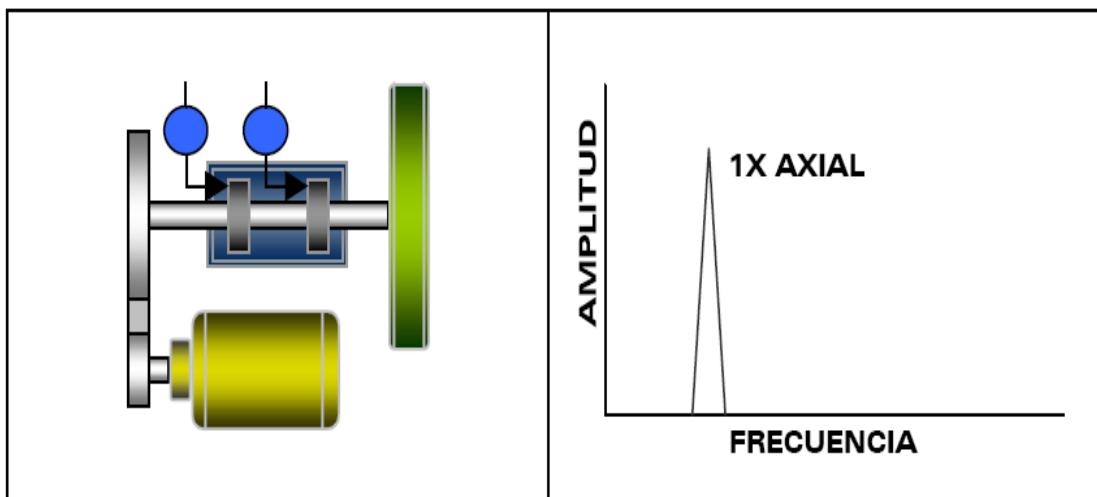
Figura 8: Desbalanceo dinámico



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.

Figura9: Rotor colgante

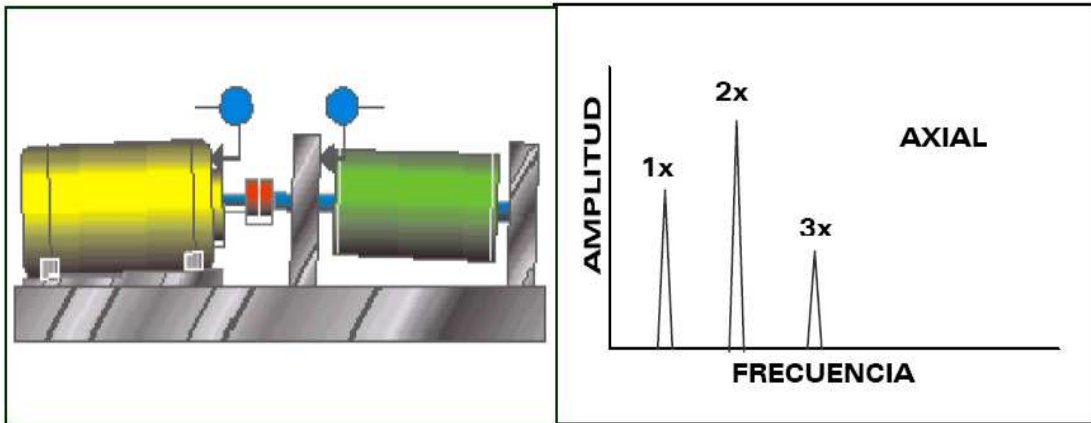


2.4.2 Desalineación.- Existen dos tipos de desalineación la angular, paralela y entre chumacera.

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.

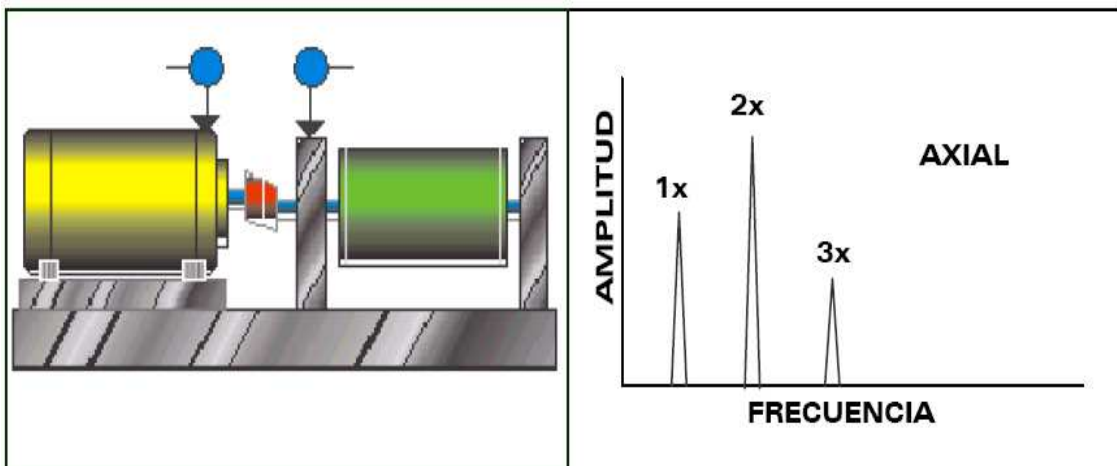
También se presenta 3X RPM. Estos síntomas también indican problemas en el acople.

Figura 10: 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° a través del acople. Cuando aumenta la severidad, genera picos en armónicos superiores (4X, 8X).

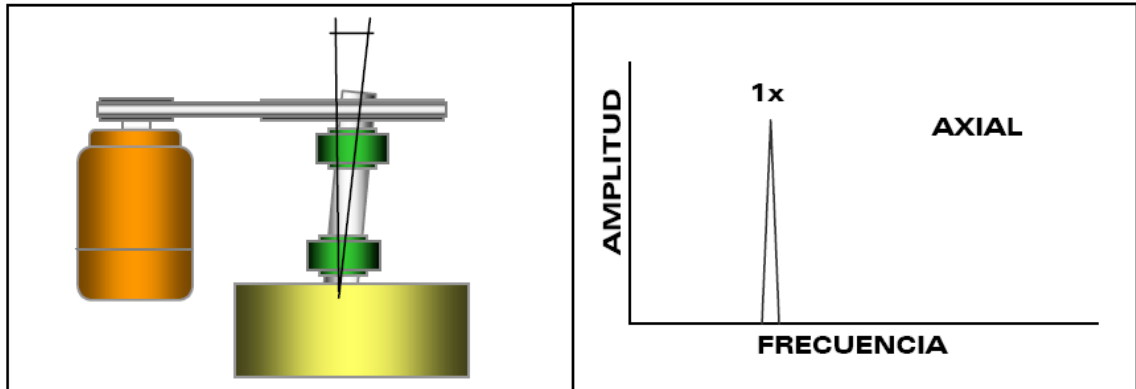
Figura 11: Desalineación paralela



2.4.2.3 Desalineación entre chumacera. 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.

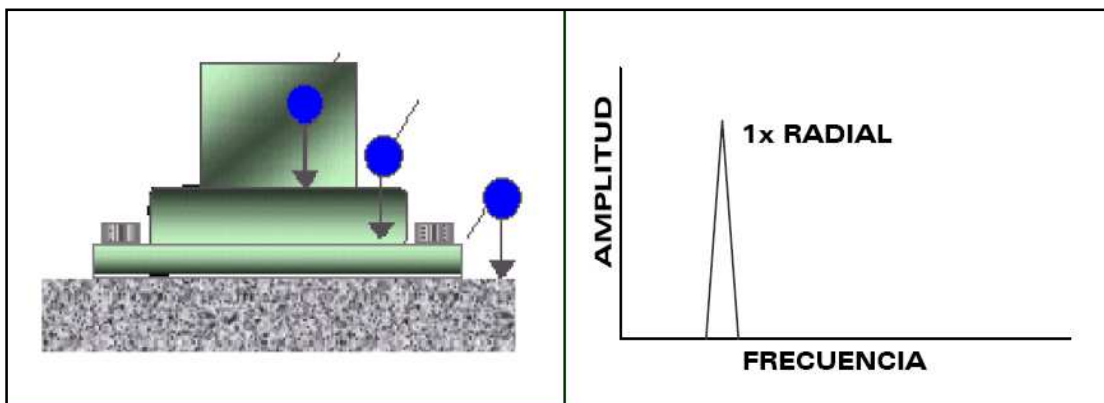
Figura 12: Desalineación entre chumaceras



2.4.3 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.

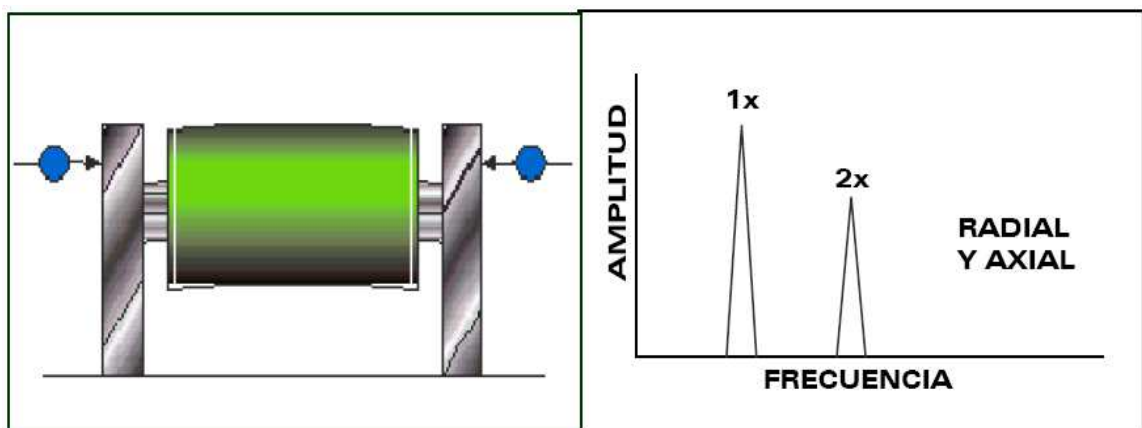
Figura 13: Soltura estructural



2.4.4 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 14: Rotor o eje pandeado



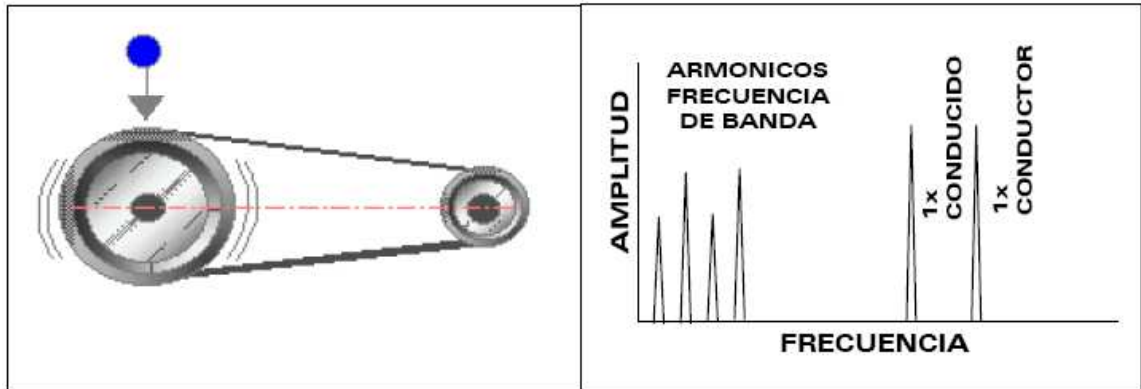
2.4.5 Fallas en bandas y poleas. Existen cuatro tipos de fallas en bandas y poleas como distensión, desalineación en poleas, excentricidad de poleas y resonancia de bandas.

2.4.5.1 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 15: Distensión

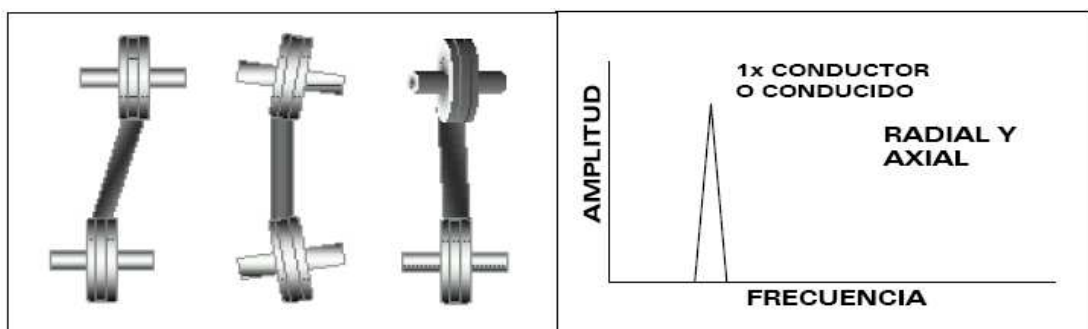


2.4.5.2 *Desalineación en poleas.* Puede ocurrir porque los ejes de las poleas no están alineados o porque las poleas no están paralelas. También pueden ocurrir ambos casos simultáneamente.

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 16: Desalineación en poleas



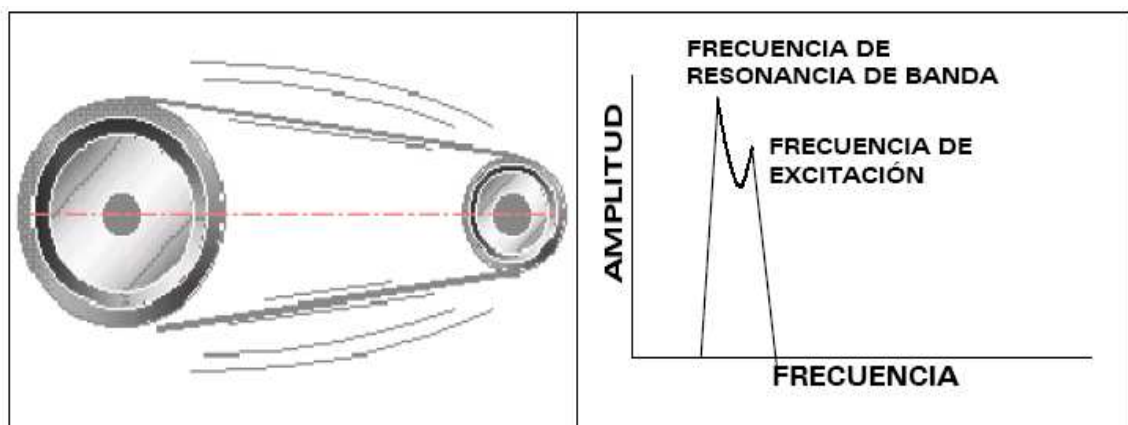
2.4.5.3 *Excentricidad de poleas.* Ocurre cuando el centro de rotación no coincide con el centro geométrico en una polea. Produce alta vibración a 1x RPM de la polea excéntrica. Su amplitud está por encima de las amplitudes de las frecuencias de las bandas. Aunque es posible balancear poleas gracias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

Figura 17: Excentricidad de poleas



2.4.5.4 *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 18: Resonancia de bandas

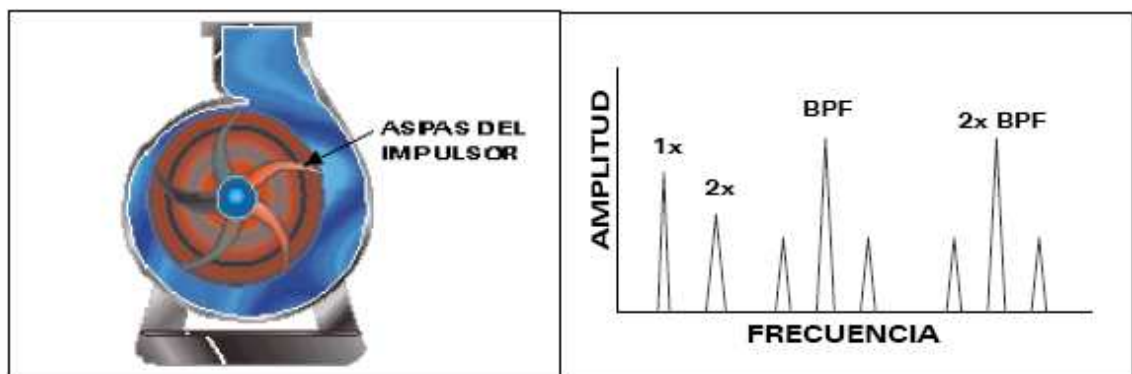


2.4.6 *Flujo de líquidos.* Podemos encontrar algunos tipos de flujo de líquidos como frecuencia de aspas, cavitación,

2.4.6.1 *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 19: Frecuencia de aspas

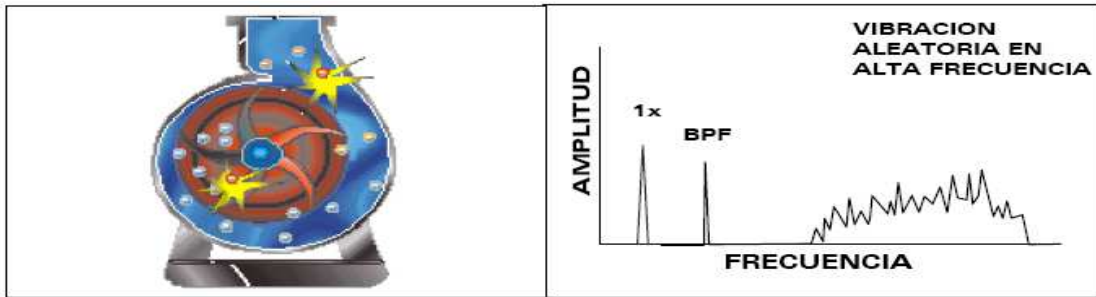


2.4.6.2 *Cavitación.* Es la entrada de aire o vaporización de un fluido dentro de la bomba. Ocurre cuando la presión de fluido es menor que la presión de vapor a esta temperatura. La cavitación causará erosión a las partes internas de la bomba.

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.

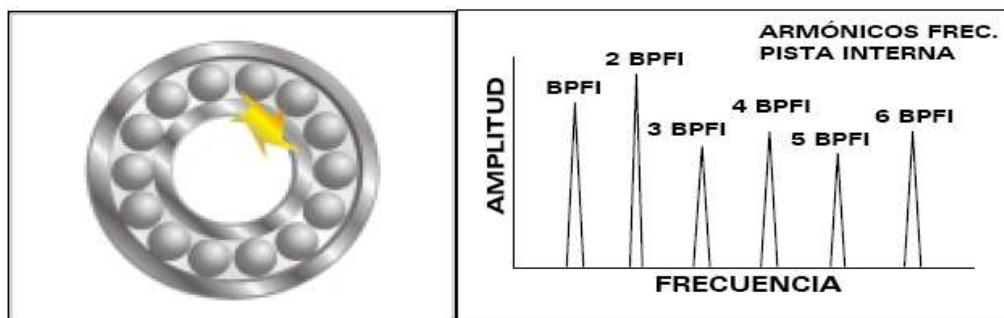
Figura 20: Cavitación



2.4.7 Fallas en rodamiento. Existen algunos tipos de problemas en fallas de rodamientos como son: fallas en la pista interna, falla en la pista externa, falla en los elementos rodantes, deterioro de la jaula.

2.4.7.1 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.

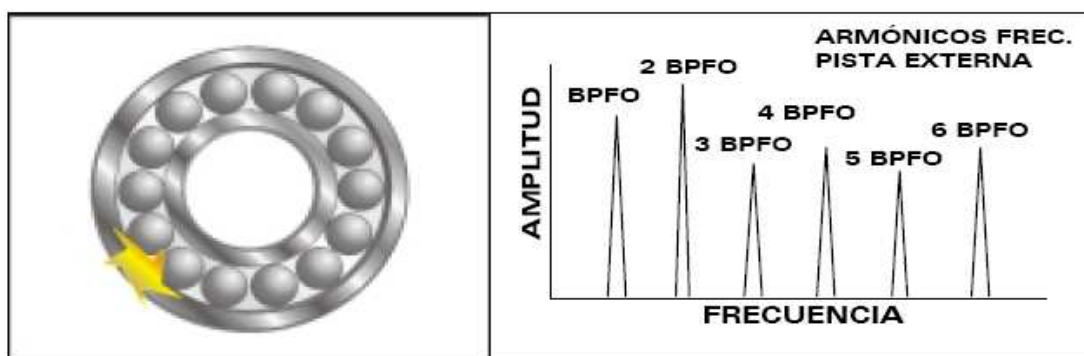
Figura 21: Falla en la pista interna



2.4.7.2 *Falla en la pista externa.* Agrietamiento del material en la pista externa, producido por errores de ensamble, sobreesfuerzos, corrosión, partículas externas o lubricación deficiente.

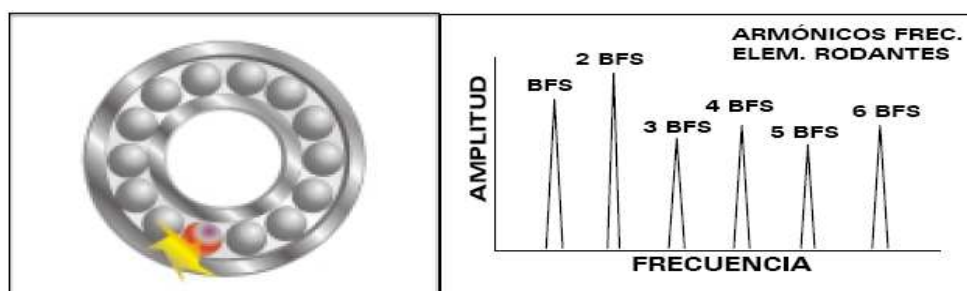
Se produce una serie de armónicos siendo los picos predominantes 1X y 2X RPS la frecuencia de falla de la pista externa, en dirección radial.

Figura 22: Falla en la pista externa



2.4.7.3 *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 23: Falla en los elementos rodantes

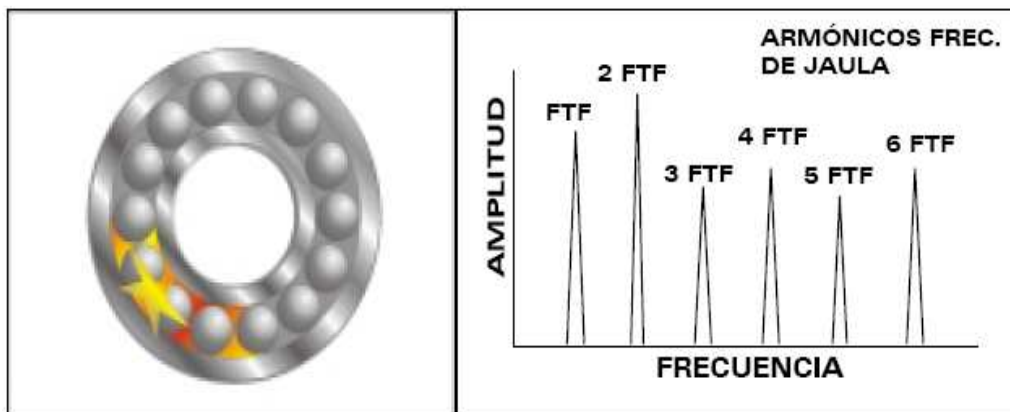


2.4.7.4 *Deterioro de la jaula.* Deformación de la jaula, caja o cubierta que mantiene en su posición a los elementos rodantes.

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 24: Deterioro de la jaula



CÁPITULO III

3. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS

3.1 Estado actual de los equipos.

Tabla 4: Estado técnico del compresor 1

COMPRESOR 1				
MARCA: ELECTRICAL MOTORS		MODELO: ADP		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: COM1		SIGNIFICADO: CO: AREA DE ENVASADO COM1: COMPRESOR 1 01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:	REPUESTOS:		
Si: ___ No: <u>X</u>	Si: _____ No: <u>X</u>	Si: <u>X</u>	No: _____	
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				

Tabla 5: Estado técnico del compresor 2

COMPRESOR 2				
MARCA: BADDOR		MODELO: 39B01W12		
CÓDIGO: M2513T		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: COM2		SIGNIFICADO: CO: ÁREA DE ENVASADO P1: PRECLARIFICADOR 02: N° 1		
MANUALES: Si: ___ No: <u>X</u>	PLANOS: Si: _____ No: <u>X</u>	REPUESTOS: Si: <u>X</u> No: _____		
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				

En estas tablas corresponde a la determinación del estado técnico actual de la máquina.

La empresa “PROLAC” trabaja con un programa de mantenimiento preventivo programado, el cual consta de tareas de mantenimiento como revisiones, inspecciones, reparaciones, lubricaciones, cambios; esto lo realizan con frecuencias

que ellos creen conveniente. El área de mantenimiento desde hace un año comenzó a llevar un registro de máquinas, en el cual llevan todas las tareas realizadas en las máquinas y los fallos imprevistos que en estos sucedan. Trabajan con órdenes de trabajo sencillas para el cumplimiento de las tareas a realizarse en las maquinarias o equipos de una forma sistemática y organizada del programa de mantenimiento.

Tabla 6: Estado técnico del compresor 3

COMPRESOR 3			
MARCA: SIEMENS		MODELO:	
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:	
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: COM3		SIGNIFICADO:	CO: ÁREA ENVASADO COM3: COMPRESOR 3 03: N° 1
MANUALES: Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	PLANOS: Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	REPUESTOS: Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estado del anclaje ➤ Estado de la carcasa ➤ Funcionamiento de los mecanismos ➤ Funcionamiento del sistema de medición y control ➤ Estado de las redes eléctricas ➤ Nivel de ruido y vibración ➤ Lubricación 			<ul style="list-style-type: none"> X
			<ul style="list-style-type: none"> X X X X X
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO			

Tabla 7: Estado técnico del enfriador

ENFRIADOR			
MARCA: LINCOLN		MODELO: V3950810476	
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:	
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: AIAC		SIGNIFICADO:AI: ÁREA DE REFRIGERACIÓN AIAC: AIRE ACONDICIONADOR 01: N° 1	
MANUALES: Si: ___ No: __X__	PLANOS: Si: _____ No: __X__	REPUESTOS: Si: __X___ No: _____	
ESTADO TÉCNICO		Malo	Regular
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estado del anclaje ➤ Estado de la carcasa ➤ Funcionamiento de los mecanismos ➤ Funcionamiento del sistema de medición y control ➤ Estado de las redes eléctricas ➤ Nivel de ruido y vibración ➤ Lubricación 			 X X X X X X
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR			

PROLAC 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.

Tabla 8: Estado técnico de la homogenizadora

HOMOGENIZADORA				
MARCA: ITA		MODELO:		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CLT301		SIGNIFICADO:	CL: ÁREA	
		CLARIFICACIÓN		
		T3: TANQUE DE AGUAS LODOSAS		
		01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:	REPUESTOS:		
Si: ___ No: <u>X</u>	Si: _____ No: <u>X</u>	Si: <u>X</u> No: _____		
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	X
➤ Nivel de ruido y vibración			X	
➤ Lubricación			X	
CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO REGULAR				

Al realizar un análisis de los equipos de la empresa Prolac con instrumentos, bitácora y una inspección visual podemos llegar a una conclusión que las máquinas están en buen y regular estado.

Tabla 9: Estado técnico de centrífuga

CENTRÍFUGA				
MARCA: SOMER		MODELO: 52789366001		
CÓDIGO:		SIGNIFICADO:		
CÓDIGO DE ACTIVO FIJO: CENT		SIGNIFICADO: CL: ÁREA DE LA CENTRÍFUGA CENT: CENTRÍFUGA 01: N° 1		
MANUALES:	PLANOS:	REPUESTOS:		
Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	Si: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input 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 BUENO				

En esta máquina podemos observar que mediante el análisis que se realizó podemos observar que se encuentra en un estado bueno.

3.2 Mantenimiento empleado en los equipos.

La extractora “PROLAC” implemento en este año un programa de mantenimiento preventivo programado, el cual consta de tareas de mantenimiento como revisiones, inspecciones, reparaciones, lubricaciones, cambios y alineación en algunos casos; esto lo realizan con frecuencias que ellos creen conveniente. En este año también realizaron un registro de maquinas, en el cual llevan todas las tareas realizadas en las maquinas y los fallos imprevistos que en estos sucedan. Trabajan con órdenes de trabajo sencillas para el cumplimiento de las tareas a realizarse en las maquinarias o equipos de una forma sistemática y organizada del programa de mantenimiento.

Prolac 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.

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

PROLAC cuenta con la infraestructura adecuada en cada caso, herramientas, repuestos, y materiales que son garantizados en el espacio adecuado de Planta Física (Talleres) y de Almacenamiento respectivamente. Además cuenta con un stock de repuestos, el cual la mayor parte son los que se consideran consumibles en la Planta. En muchas ocasiones la mano de obra es suficiente para realizar los trabajos de mantenimiento por lo que no opta por tercerizar personal para que realice diferentes trabajos en la empresa.

3.4 Documentación existente.

Actualmente la fábrica posee el programa de mantenimiento de este año, órdenes de trabajos sencillos y el registro de máquinas solo desde este año. No tiene registros o fichas de mantenimiento predictivo, en la mayor parte de equipos no se tienen manuales; por lo que se hace necesario elaborar un plan predictivo.

CÁPITULO IV

4. EQUIPO DE DIAGNÓSTICO VIBRACIONAL.

4.1 Sensor de Medición.

Este 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. Además, el Detector II mide temperaturas usando el sensor o pirómetro.

4.2 Colector de Datos.

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

Cuando finalizamos una ronda de medición, los valores característicos medidos son grabados, estos los transferimos a una computadora dónde son evaluados y analizados gráficamente.

La configuración la creamos usando el Trendline 2 y transferido al Detector II antes de la medición. Para medir, el sensor de vibración lo fijamos a un punto de la medición predeterminado con la ayuda de un pegado de imán. Si éste no puede ser fijado por el pegado magnético debido al material, tenemos que pegarlo al punto de medición con la ayuda de un súper glue duro. La configuración del punto de la medición lo seleccionamos en el Detector II y se empieza la medición para luego transportar las señales obtenidas y ser evaluadas.

4.3 Software de Análisis Vibracional

Figura 25: Equipo de medición detector II



El software Trendline 2 es el programa del servidor para el Detector II. El propio Detector se diseñó para grabar los datos que fueron medidos. 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 del sistema y evalúa, analiza y almacena los datos medidos al sistema. Además, este controla los datos que se intercambian entre el Detector y el computador.

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 y las rutas de medición.

CÁPITULO V

5 ANALISIS VIBRACIONAL DE LOS EQUIPOS

5.1 Categorización de la maquinaria o equipo

La categorización se realizó tomando en consideración 4 aspectos selectivos y 7 parámetros directivos.

Las categorías pueden ser:

- Categoría A
- Categoría B
- Categoría C

5.1.1 Aspectos Selectivos

Tabla 10: Intercambiabilidad

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Irreemplazable	Centrífuga Homogenizadora Compresor 3 Enfriador
B	Reemplazable	Compresor 2 Compresor 1
C	Intercambiable	

Tabla 11: Importancia productiva

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Imprescindible	Centrífuga Homogenizadora Enfriador Compresor 3
B	Limitante	Compresor 2 Compresor 1
C	Convencional	

Tabla 12: Régimen de operación

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Proceso continuo	Centrífuga Homogenizadora Compresor 3 Compresor 2 Compresor 1 Enfriador
B	Proceso seriado	
C	Proceso alternado	

Tabla 13: Nivel de utilización

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Muy utilizada	Centrífuga Homogenizadora Compresor 3 Compresor 2 Compresor 1 Enfriador
B	Media utilizada	
C	Poco utilizada	

5.1.2 Parámetros Directivos

Tabla 14: Parámetro principal de la máquina

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Alta	
B	Media	Centrífuga Homogenizadora Compresor 3 Compresor 2 Compresor 1 Enfriador
C	Baja	

Tabla 15: Manteniabilidad

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Máquina de alta complejidad	Compresor 3
B	Máquina de media complejidad	Centrífuga Homogenizadora Compresor 2 Compresor 1 Enfriador
C	Máquina de simple complejidad	

Tabla 16: Conservabilidad

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Máquina con condiciones especiales	Centrífuga Homogenizadora Compresor 3 Enfriador

B	Máquina protegida	Compresor 2 Compresor 1
C	Máquina en condiciones severas	

Tabla 17: Automatización

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Automática	
B	Semiautomática	Centrífuga Homogenizadora Compresor 3 Compresor 2 Compresor 1 Enfriador
C	Máquina totalmente mecánica	

Tabla 18: Valor de la máquina

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Alto valor	Centrífuga Compresor 3 Homogenizadora Enfriador
B	Medio valor	Compresor 2 Compresor 1
C	Bajo valor	

Tabla 19: Facilidad de aprovisionamiento

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Mala	
B	Regular	

C	Buena	Centrífuga Homogenizadora Compresor 3 Compresor 2 Compresor 1 Enfriador
----------	-------	--

Tabla 20: Seguridad operacional

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS
A	Máquina peligrosa	
B	Máquina con peligrosidad media	Centrífuga Homogenizadora
C	Máquina poco peligrosa	Compresor 3 Compresor 2 Compresor 1 Enfriador

A continuación se resumen el resultado de la categorización:

Tabla 21: Resultado de la categorización de las máquinas

CATEGORÍA	EQUIPOS
A	Centrífuga Compresor 3 Enfriador Homogenizadora
B	Compresor 2 Compresor 1
C	

5.1.3 *Política de mantenimiento acorde con la categoría de las máquinas.* Se establecen para las siguientes categorías como categoría A, categoría B y categoría C.

PARA LA CATEGORÍA A:

Lograr la máxima disponibilidad de la maquinaria o equipos, para lo cual se recomienda realizar los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento predictivo: gran utilización de técnicas de ultrasonido vibraciones, análisis de aceite, termografía, etc., sin escatimar costos.
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

PARA LA CATEGORÍA B:

Reducir los costos de mantenimiento sin que ello perjudique la disponibilidad de la maquinaria o equipos, para lo cual se recomienda realizar los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento predictivo: usarlo solamente en caso necesario
- Mantenimiento preventivo: emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo: en el caso de reparaciones imprevistas.

Hemos podido anotar los tipos de mantenimiento que se debe realizar para los deferentes tipos de categorías que se nos presenta mediante el análisis a las respectivas maquinas a analizar.

5.2 Diseño de fichas técnicas de medición.

Tabla 22: Compresor 1


COMPRESOR 1
MOTOR
Marca: ELECTRICAL MOTORS
Modelo: ADP
Potencia: 10 HP
r.p.m.: 1750

Frecuencia: 60 Hz

Tabla 23: Compresor 2


COMPRESOR 2
MOTOR
Marca: BADDOR
Modelo: 39B01W12
Potencia: 15 HP
r.p.m.: 1760

Frecuencia: 60 Hz

Tabla 24: Compresor 3


COMPRESOR 3
MOTOR
Marca: Siemens
Modelo:
Potencia: 20 HP
r.p.m.: 3550

Frecuencia: 60 Hz

Tabla 25: Centrífuga

CENTRÍFUGA
MOTOR
Marca: SOMER
Modelo:52789366001
Potencia:
r.p.m.: 1750

Frecuencia : 60 Hz

Tabla 26: Enfriador



ENFRIADOR
MOTOR
Marca: LINCOLN
Modelo: V3950810476
Potencia: 40 HP
r.p.m.: 1765

Frecuencia: 60 Hz

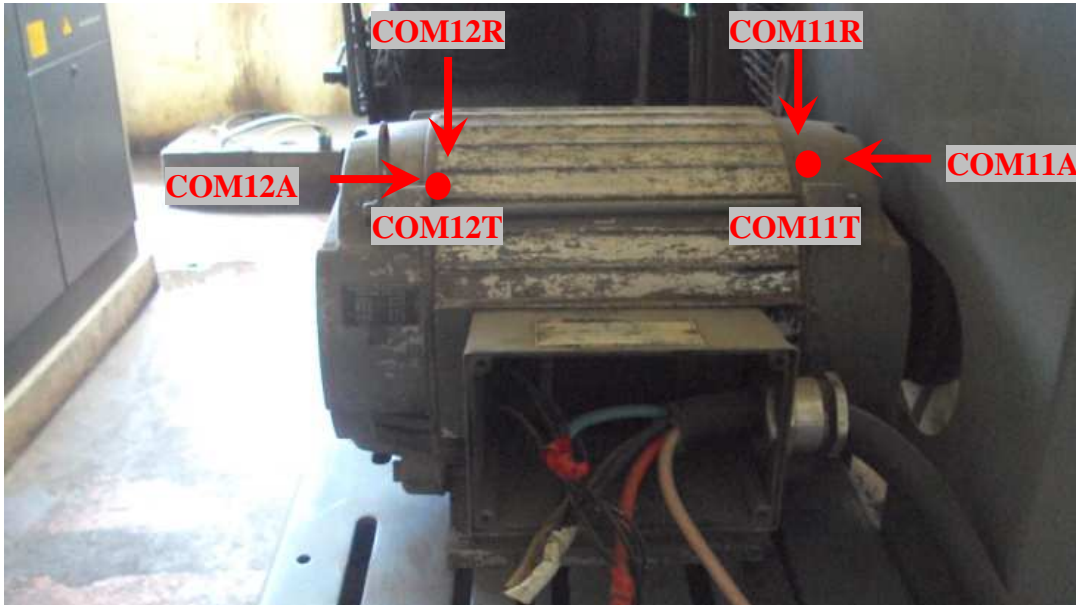
Tabla 27: Homogenizadora

HOMOGENIZADORA
MOTOR
Marca: ITA
Modelo:
Potencia: 15 HP
r.p.m.: 1800

Frecuencia: 60 Hz

5.3 Determinación de los Puntos de Medición

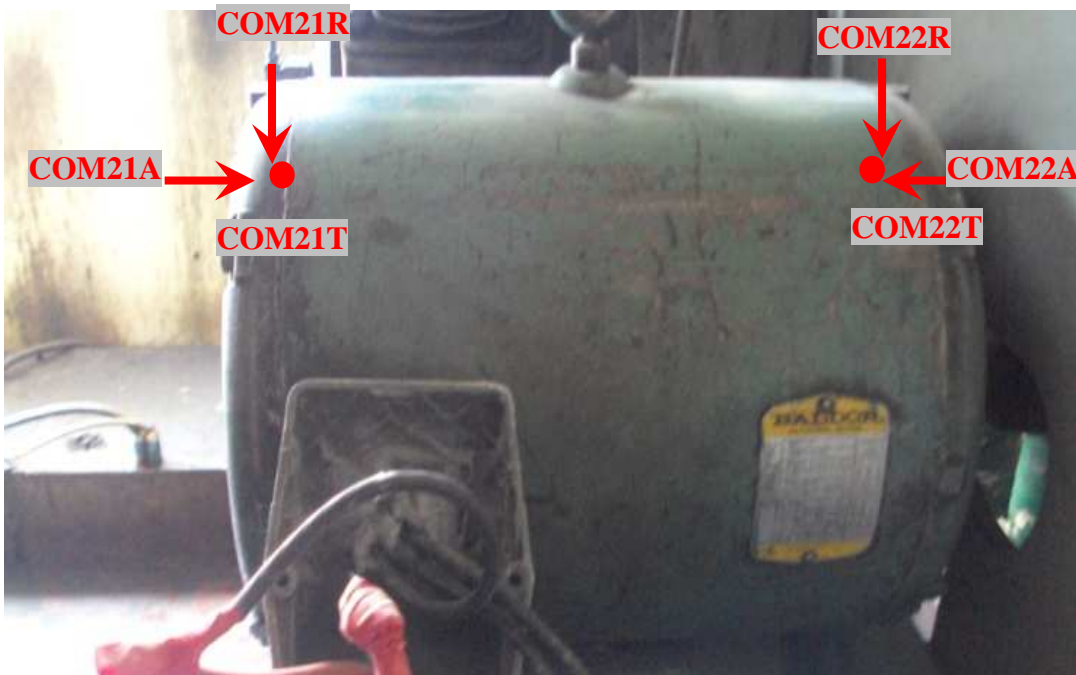
COMPRESOR 1

Figura 26: Compresor 1



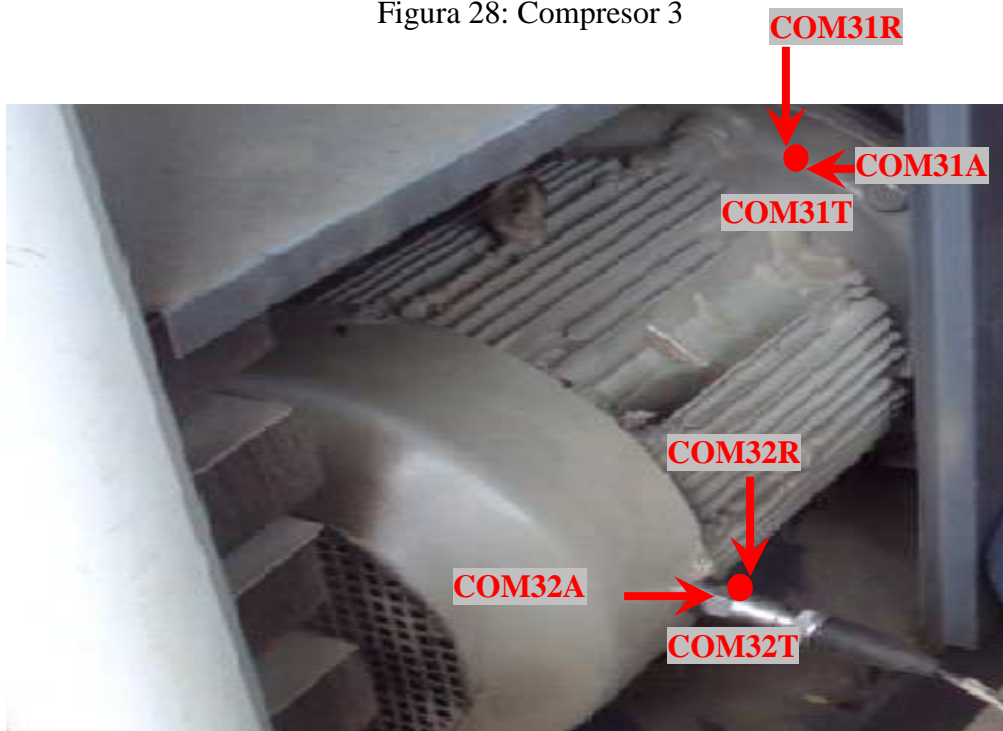
COMPRESOR 2

Figura 27: Compresor 2



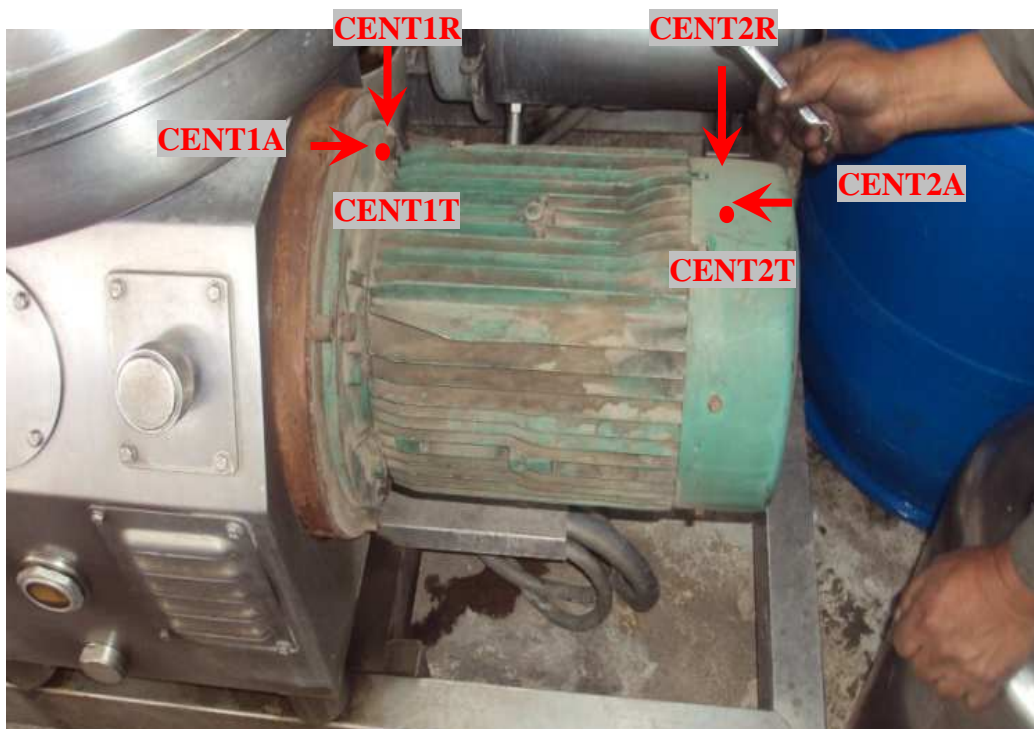
COMPRESOR 3

Figura 28: Compresor 3



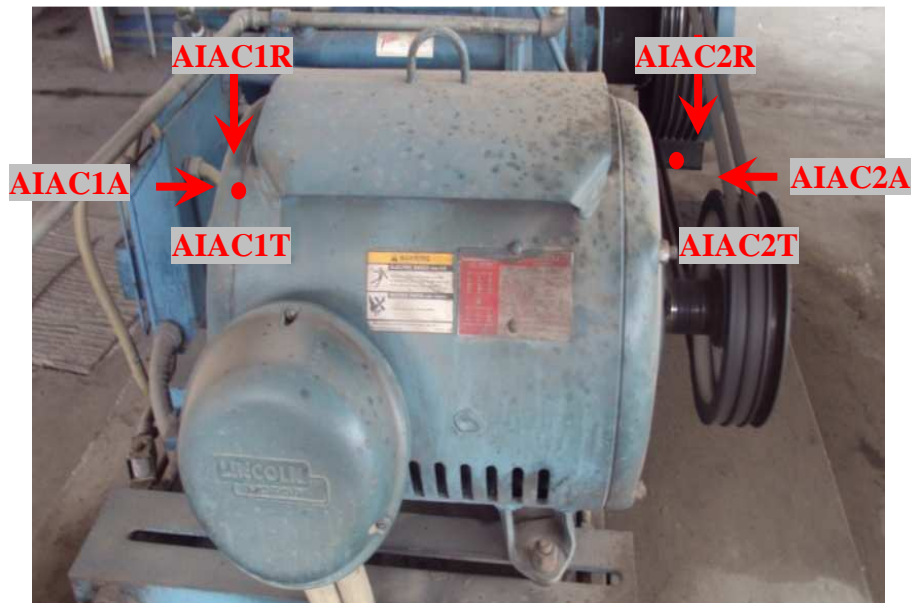
CENTRÍFUGA

Figura 29: Centrífuga



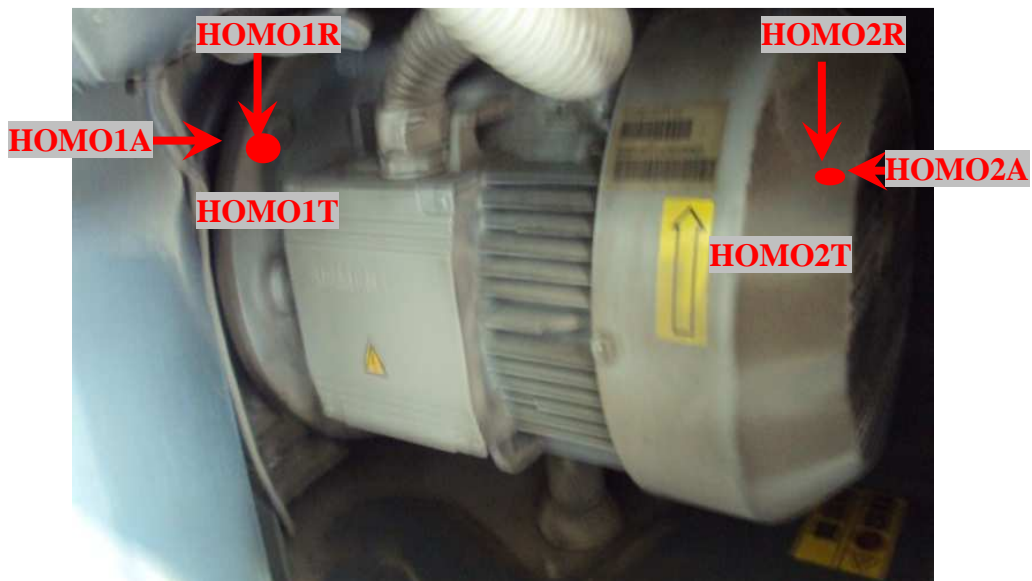
ENFRIADOR

Figura 30: Enfriador



HOMOGENIZADORA

Figura 31: Homogenizadora

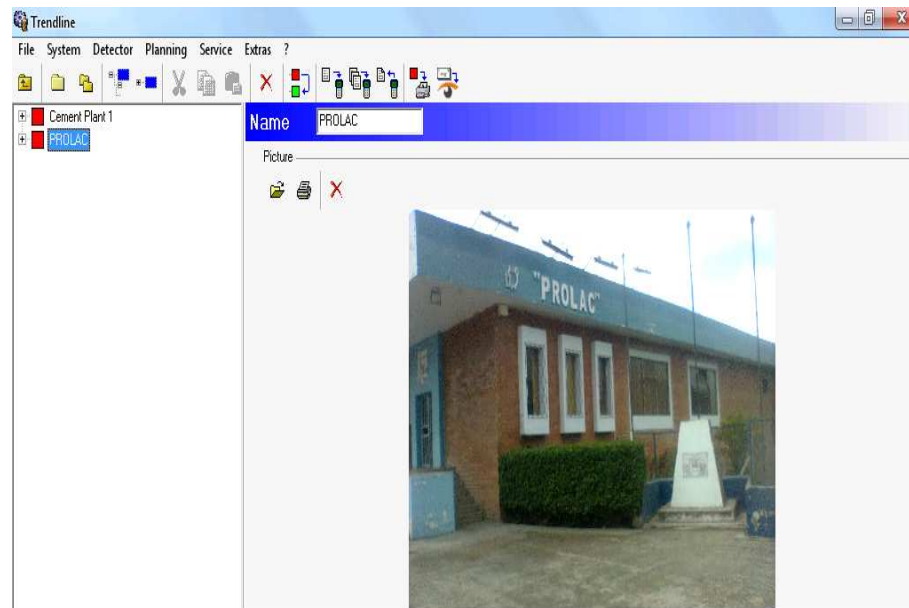


5.4 Configuración de la ruta de medición

Para la configuración de las rutas de medición seguimos los siguientes pasos:

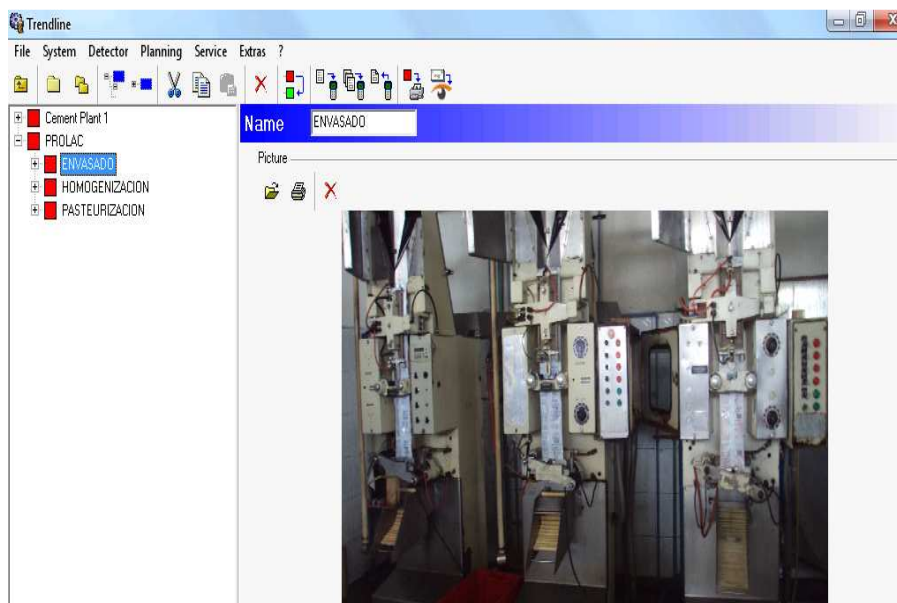
- Damos clic en la carpeta para poder crear y establecer códigos para nuestras máquinas, en esta pantalla nos da la posibilidad de cambiar nombres de acuerdo a los requerimientos de la empresa en este caso es PROLAC.

Figura 32: Prolac



- Después se crea un sub ítem, que en este caso es el área de ENVASADO, HOMOGENIZACIÓN Y PASTEURIZACIÓN donde vamos a tomar las mediciones en los diferentes equipos.

Figura 33: Configuración del área de Envasado, Pasteurización y Homogenización



- Señalando el área de Envasado volvemos a dar un clic para crear un nuevo sub ítem donde van cada uno de los equipos que se va a medir.

Figura 34: Configuración Compresor 1

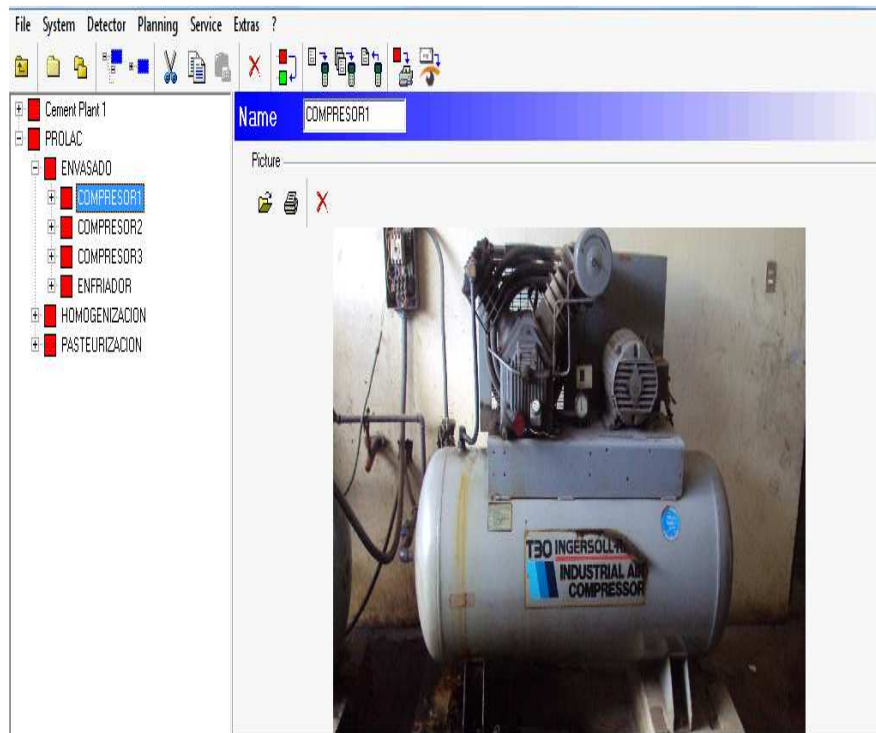


Figura 35: Configuración Compresor 2

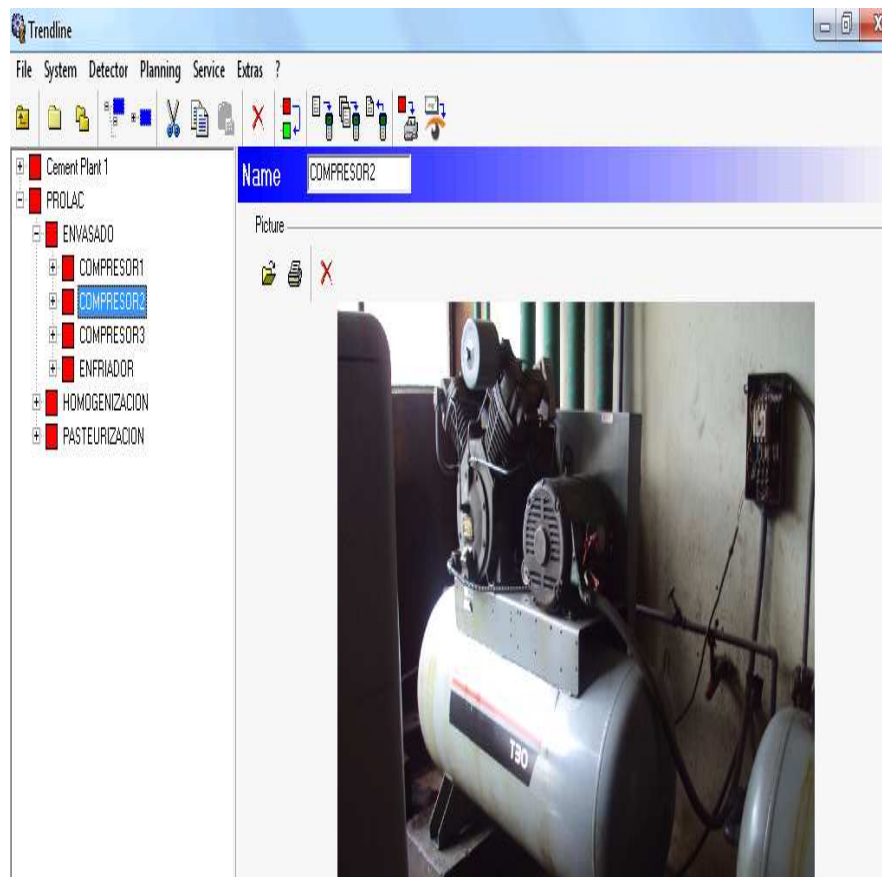


Figura 36: Configuración Compresor 3

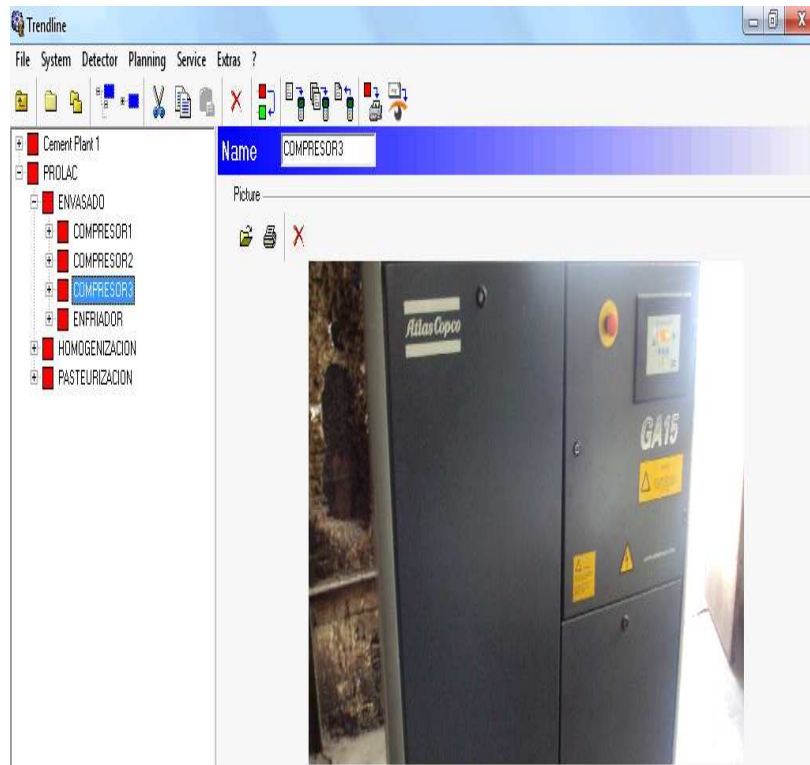


Figura 37: Configuración Enfriador

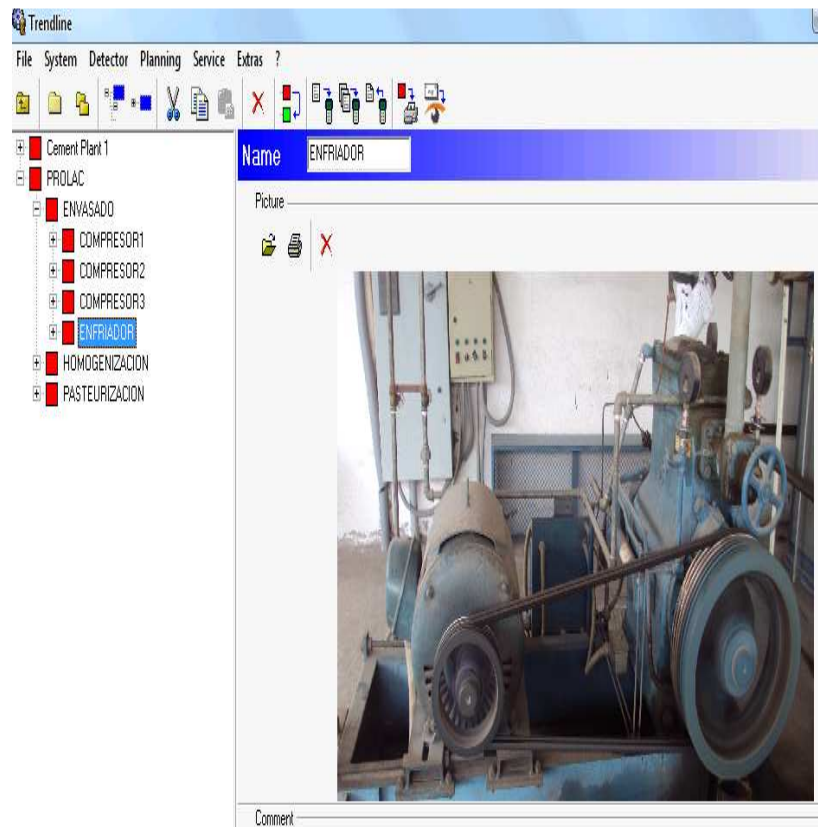


Figura 38: Configuración Homogenizadora

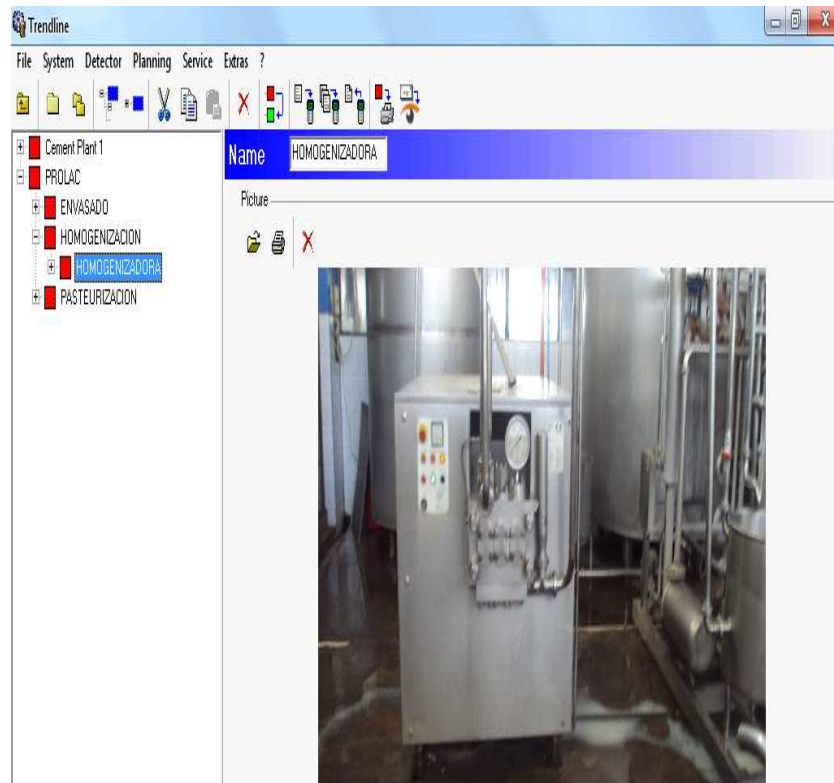
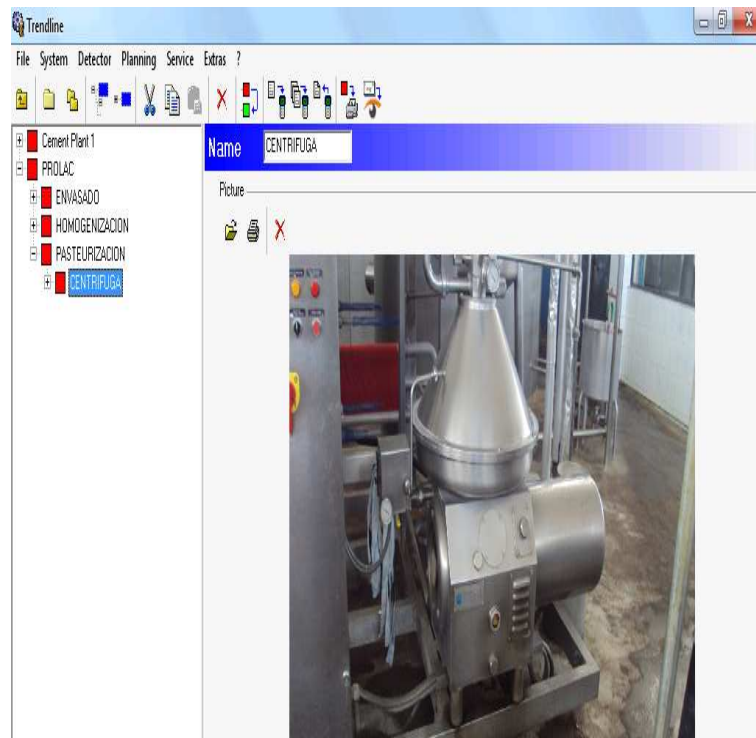


Figura 39: Configuración Centrífuga



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
- Def TP 1000 Hz
- Temp

5.5 Recopilación de Datos

La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, con la finalidad de buscar información que será útil a una investigación en común.

Las mediciones se realizaron en los puntos indicados anteriormente en los equipos, en el sentido radial, tangencial y axial, como se muestra a continuación:

En el **ANEXO 1** se muestra los gráficos restantes de la recopilación de datos en los equipos.

Figura 40: Punto COM12R

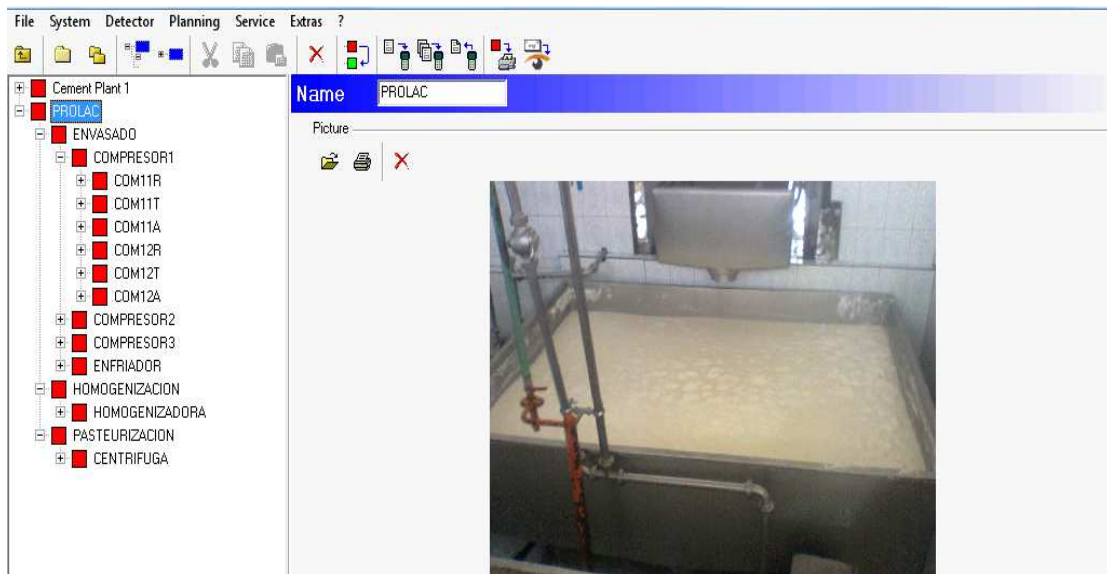


5.6 Cargado de datos al Software Vibracional.

Luego de realizar la recopilación de datos de las rutas de medición que ingresamos en el Detector II, procedemos a enviar las mediciones al software Trendline 2, para luego revisar los espectros de las máquinas en que existen problemas.

Para obtener unos buenos resultados se debe realizar correctamente las rutas con sus respectivas direcciones, y al momento de utilizar el acelerómetro ver que se adhiera al metal de los equipos a medir sin que exista un juego entre las 2 partes ya que vamos a obtener mediciones erróneas que no nos van a servir para la interpretación de los espectros.

Figura 41: Cargado de mediciones de máquinas del las Áreas de Envasado, Homogenización, Pasteurización.



5.7 Análisis de los resultados obtenidos en el Diagnostico Vibracional.

5.7.1 *Espectros del Compresor.* Se procede a realizar las respectivas mediciones en las tres direcciones radial, axial y tangencial.

5.7.1.1 *Espectros del Punto 1*

Figura 42: Espectro COM11R

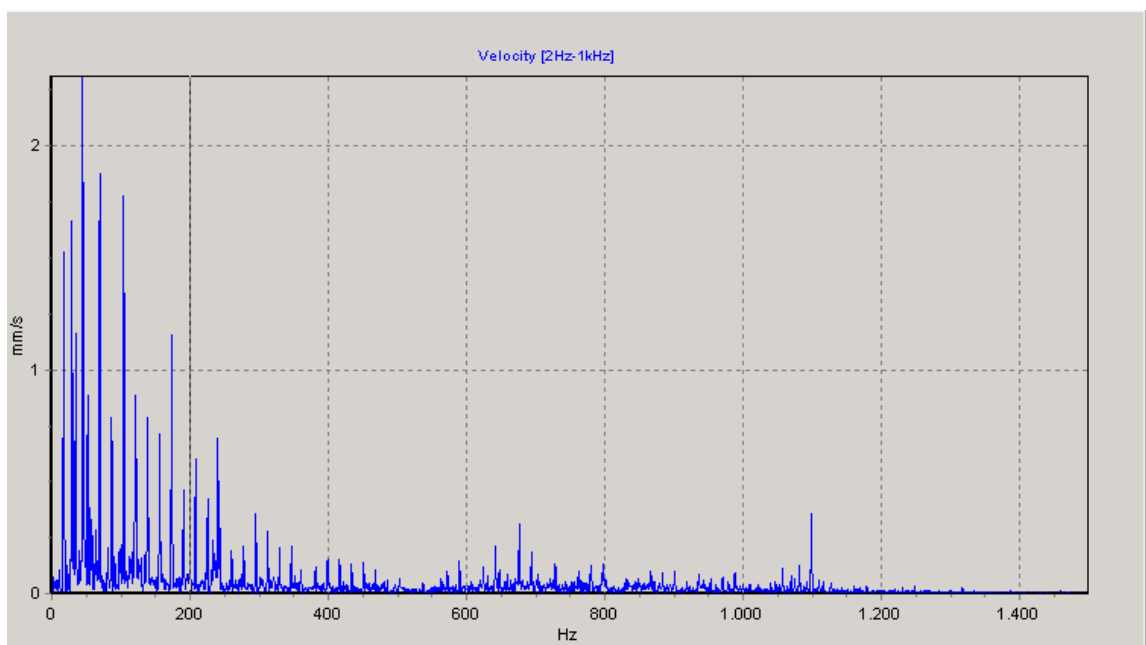


Figura 43: Espectro COM11T

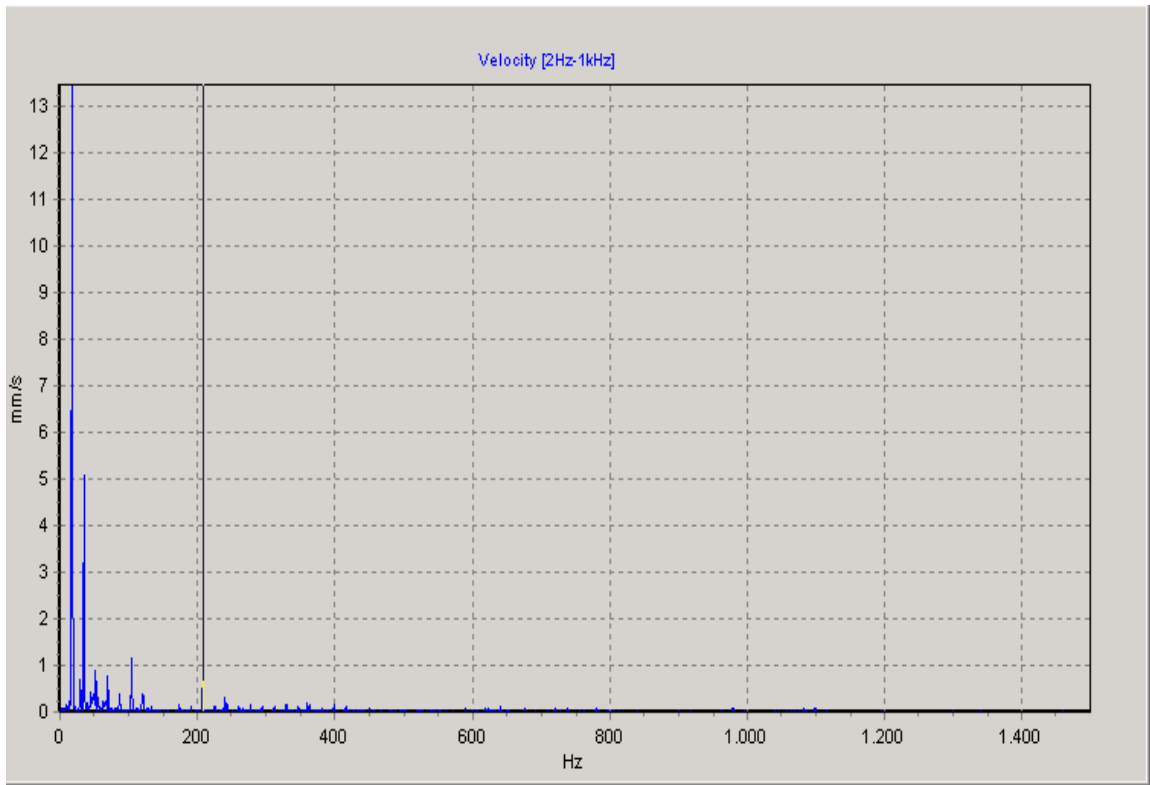
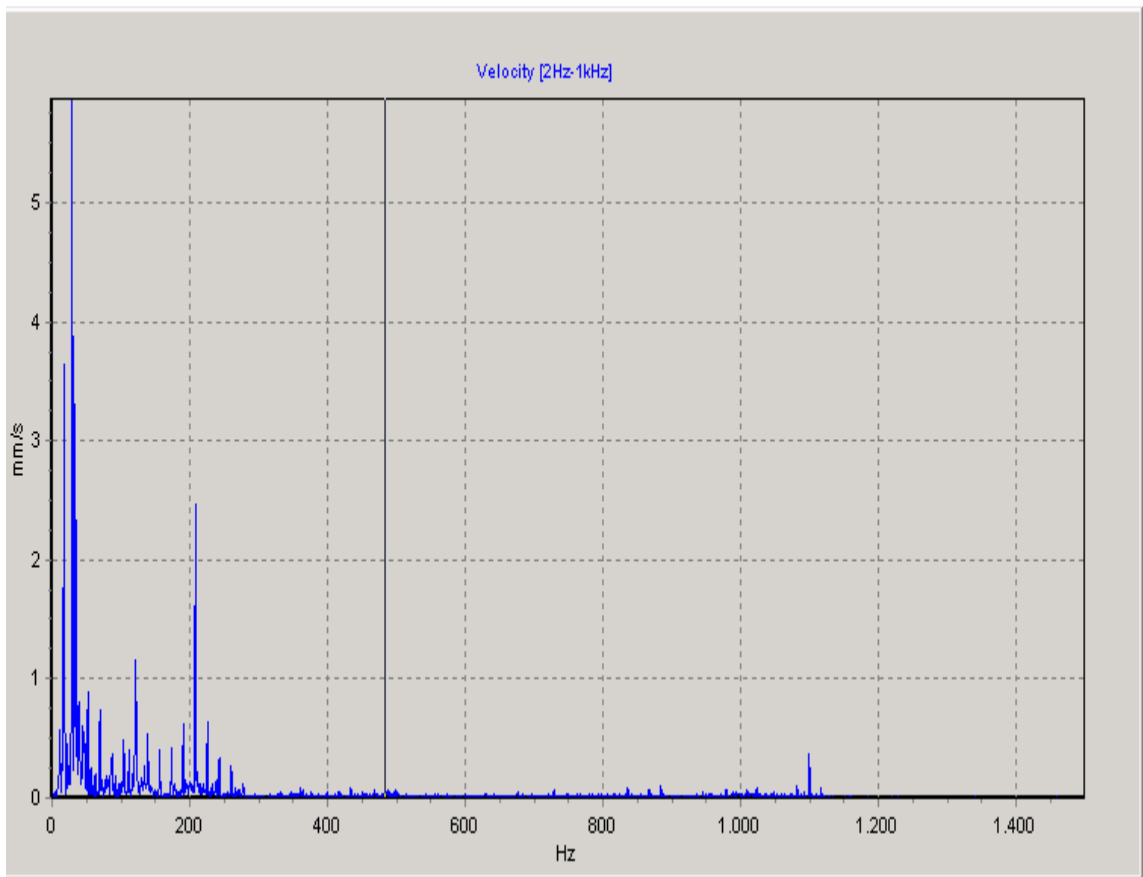


Figura 44: Espectro COM11A



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 11,72 mm/s, un pico elevado en 1XR de 3.87 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 6.52 mm/s, 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 en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

5.7.1.2 Espectros del Punto 2

Figura 45: Espectro COM12R

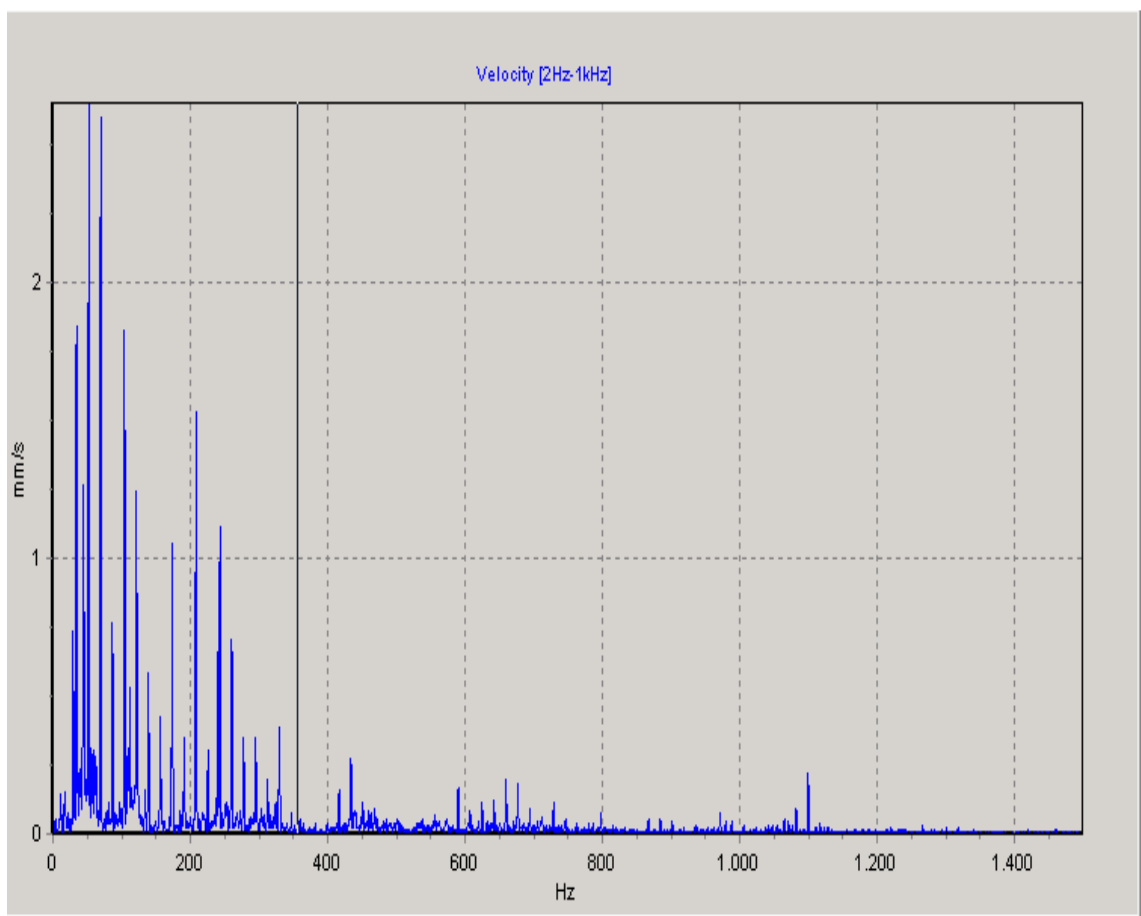


Figura 46: Espectro COM12T

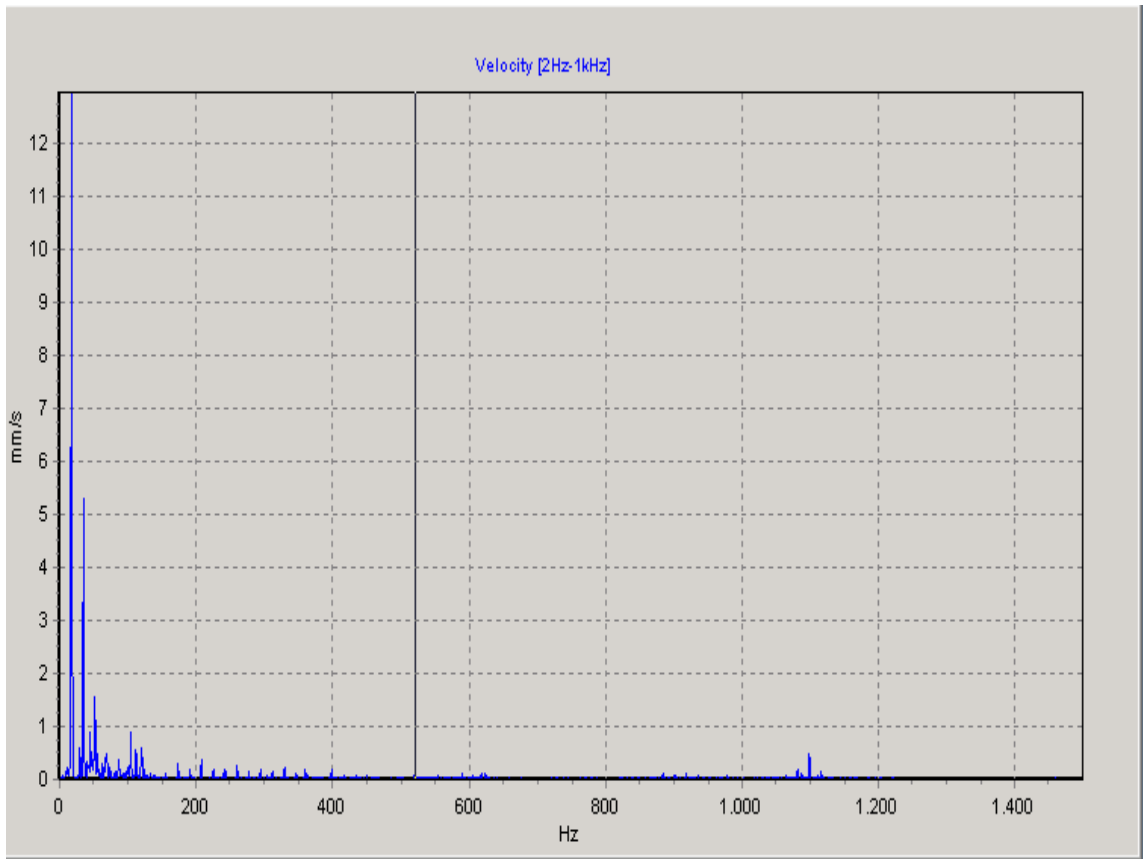
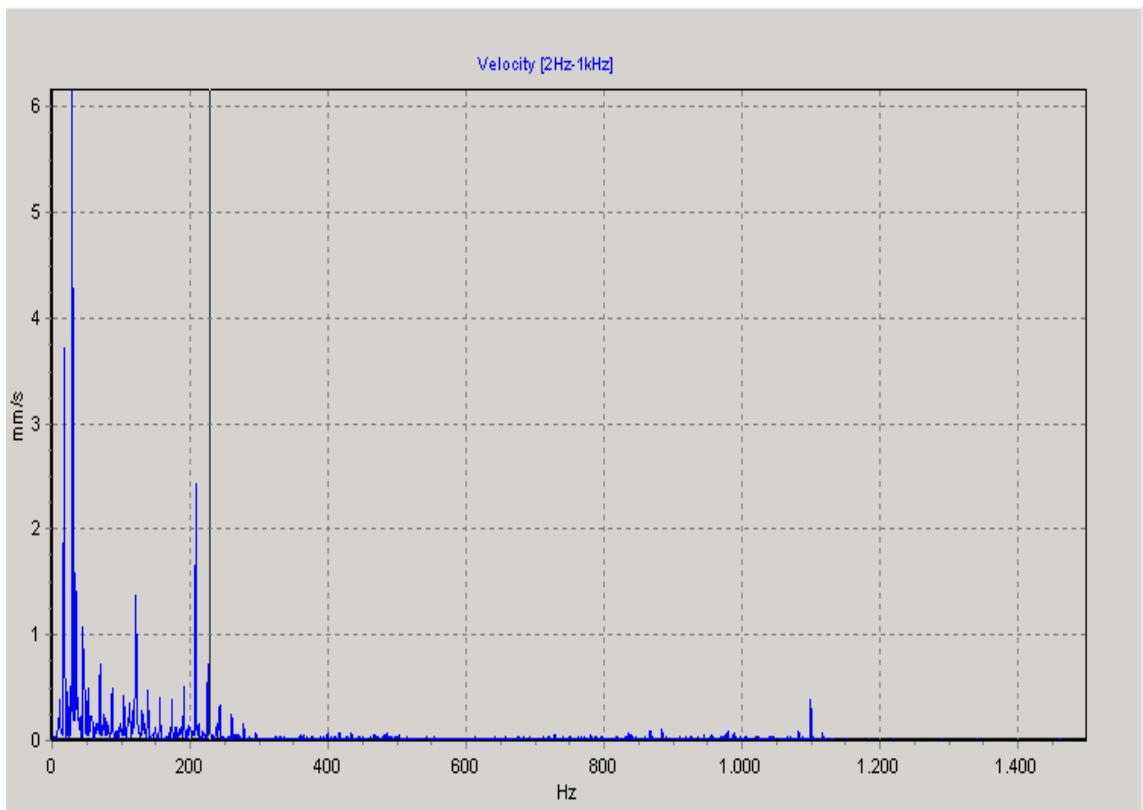


Figura 47: Espectro COM12A



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 11.49 mm/s, un pico elevado en 1XR de 4.51 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 6.33 mm/s, 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 en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

5.7.2 Espectros del Compresor 2

5.7.2.1 Espectros del Punto 1

Figura 48: Espectro COM21R

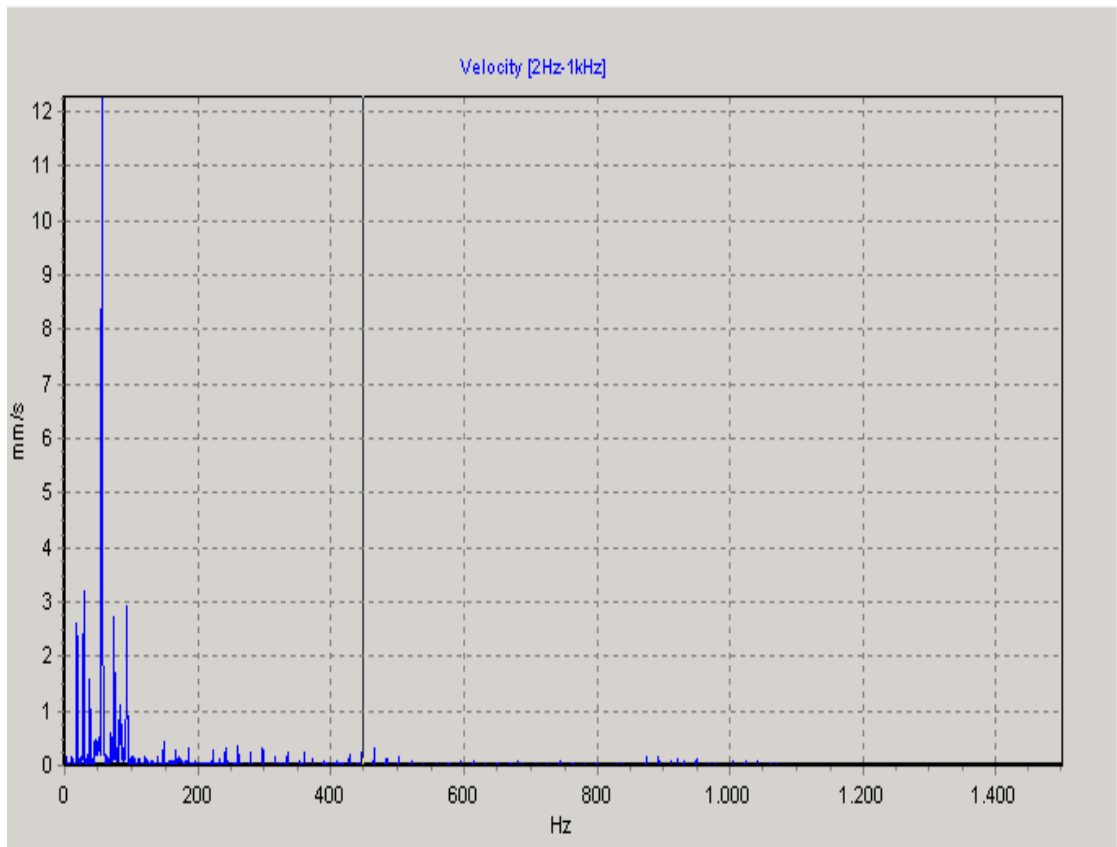


Figura 49: Espectro COM21T

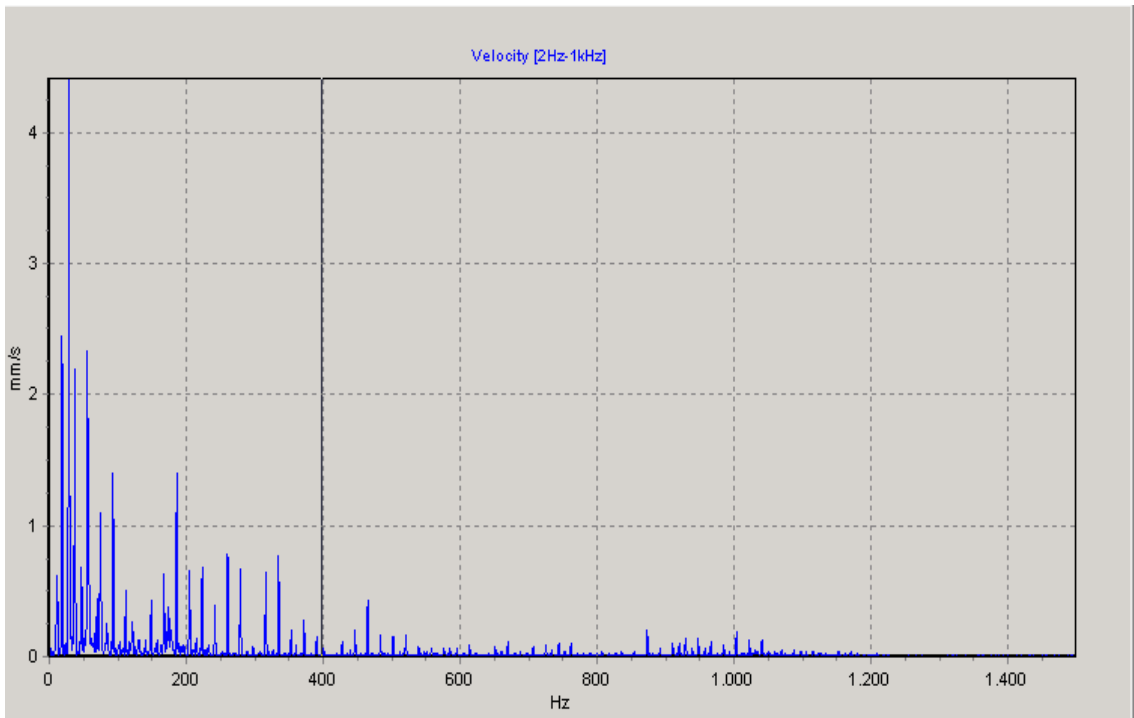
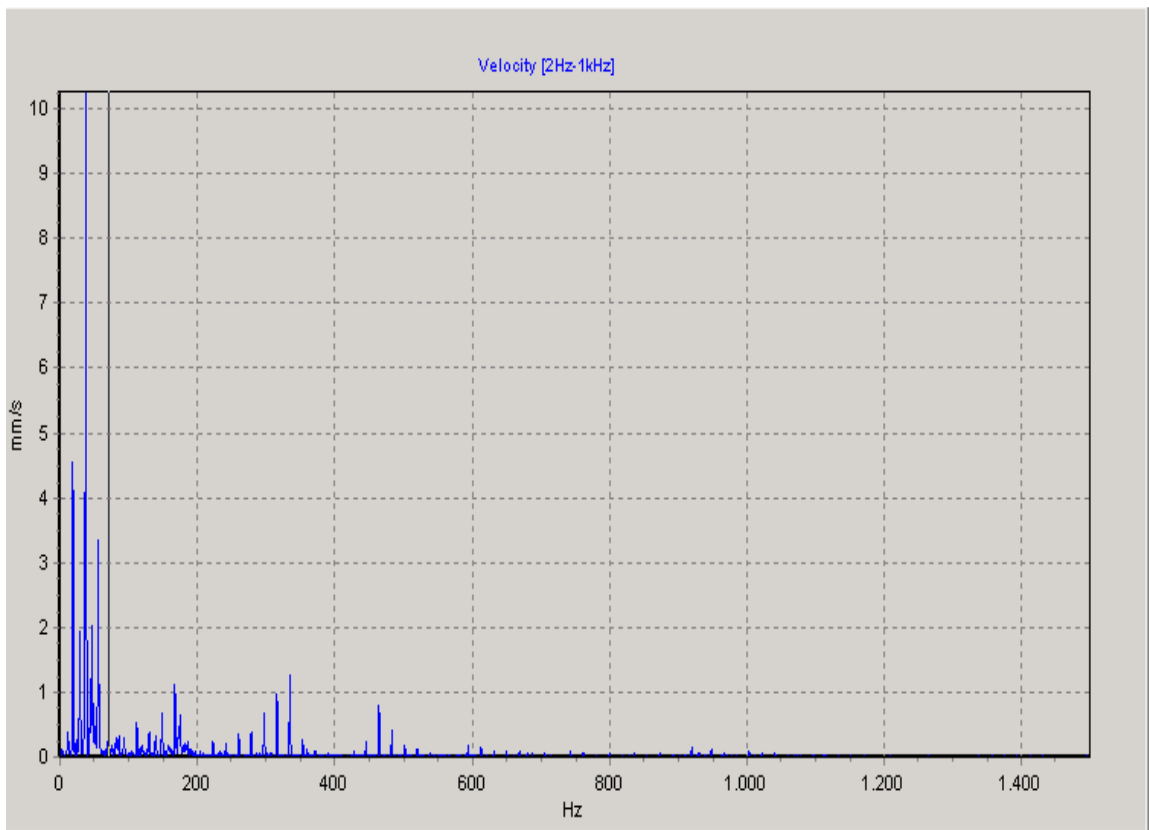


Figura 50: Espectro COM21A



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 9,50 mm/s, un pico elevado en 1XR de 10,10 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 5,09 mm/s, 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 en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

5.7.2.2 Espectros del Punto 2

Figura 51: Espectro COM22R

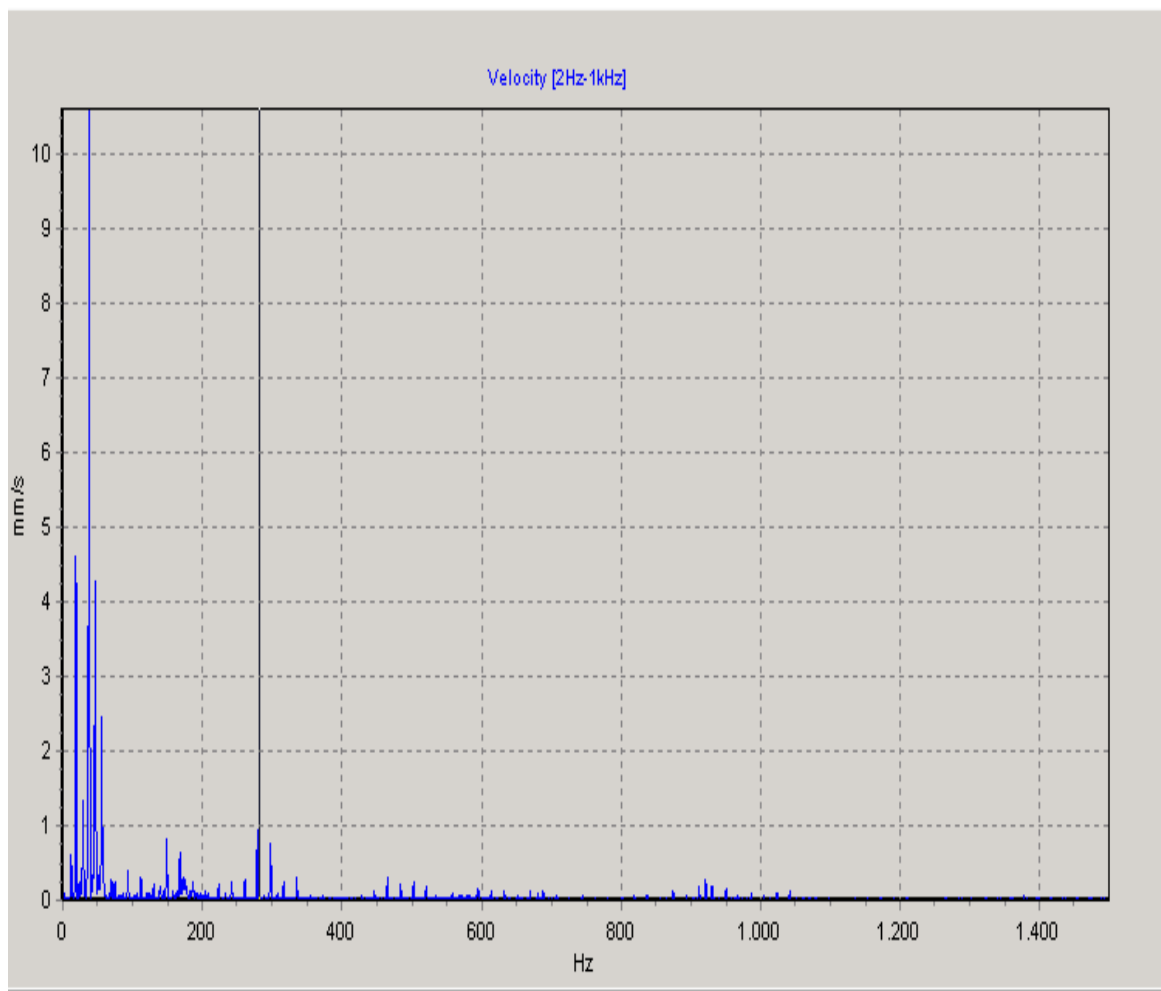


Figura 52: Espectro COM22T

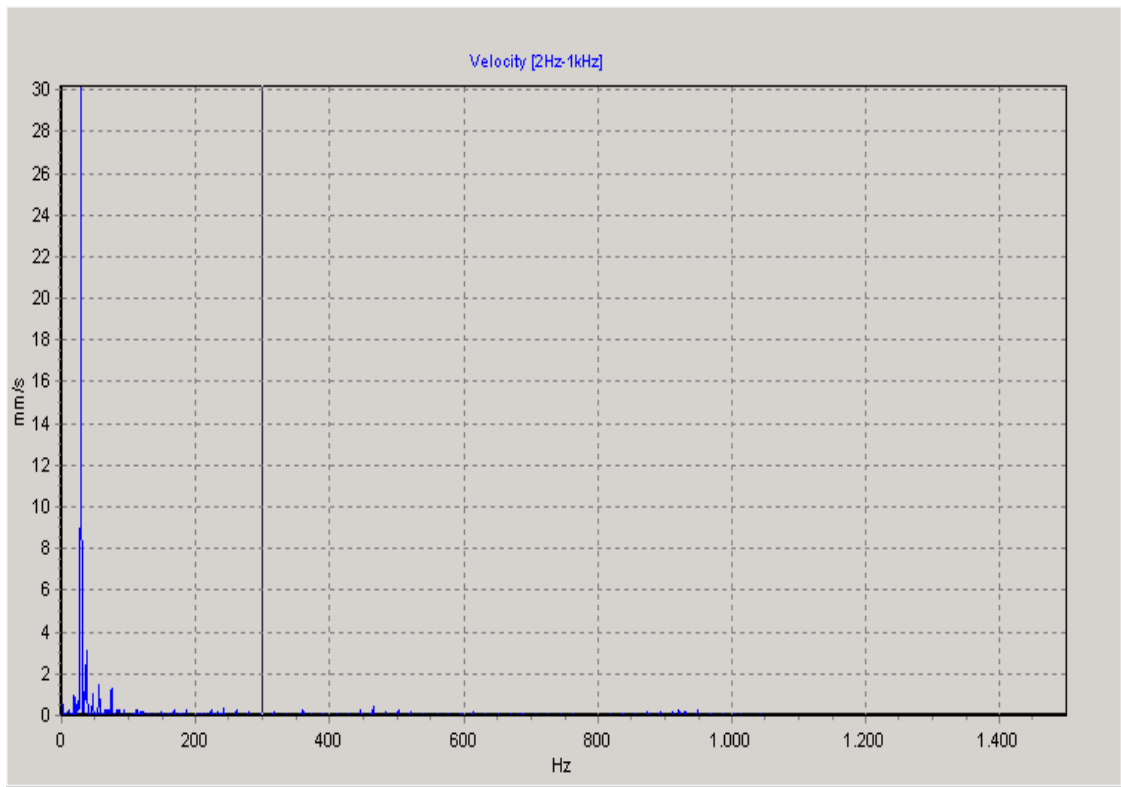
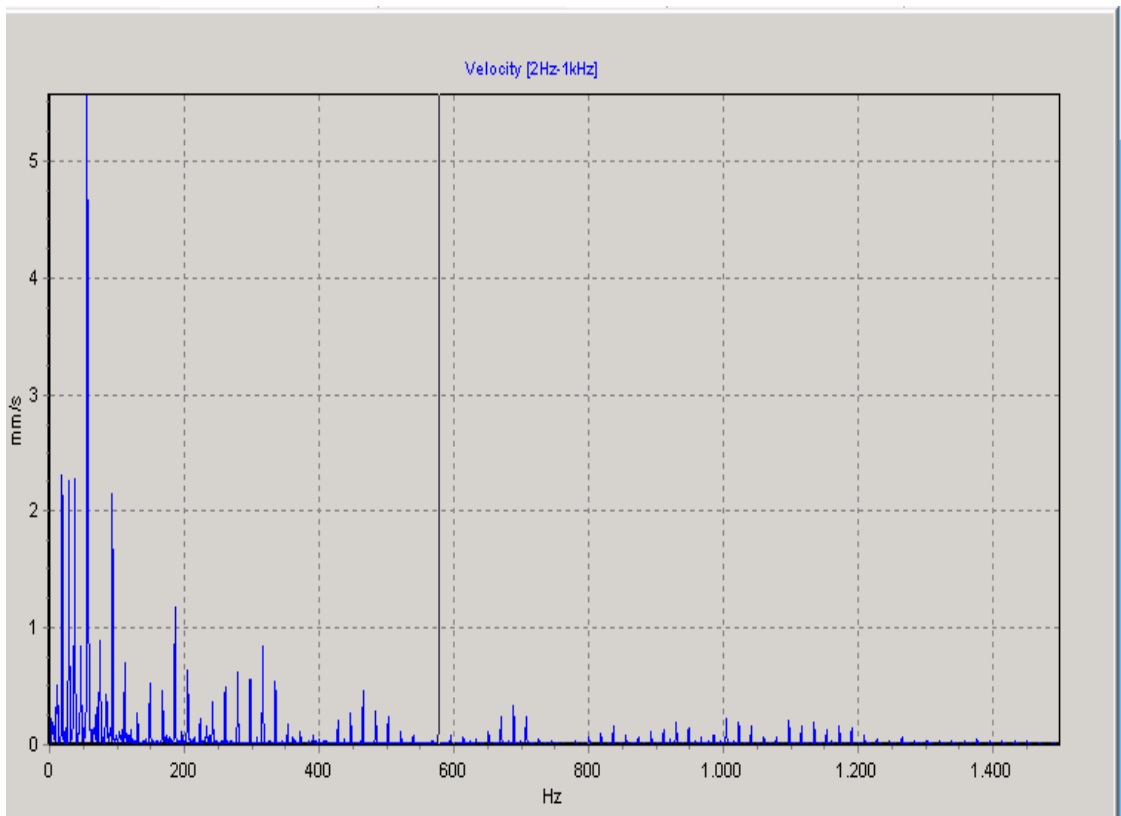


Figura 53: Espectro COM22A



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 9,78 mm/s, un pico elevado en 1XR de 22.78 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 5,74 mm/s, 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 en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

5.7.3 Espectros del Compresor 3

5.7.3.1 Espectros del Punto 1

Figura 54: Espectro COM31R

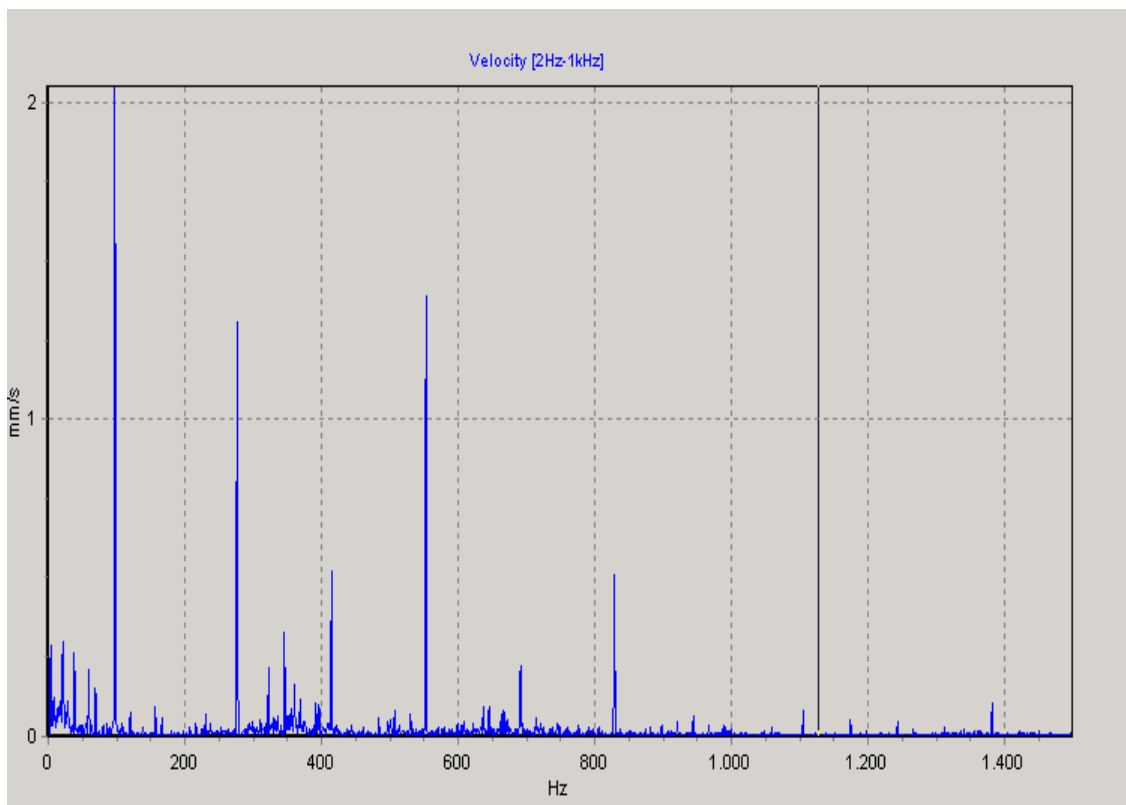


Figura 55: Espectro COM31T

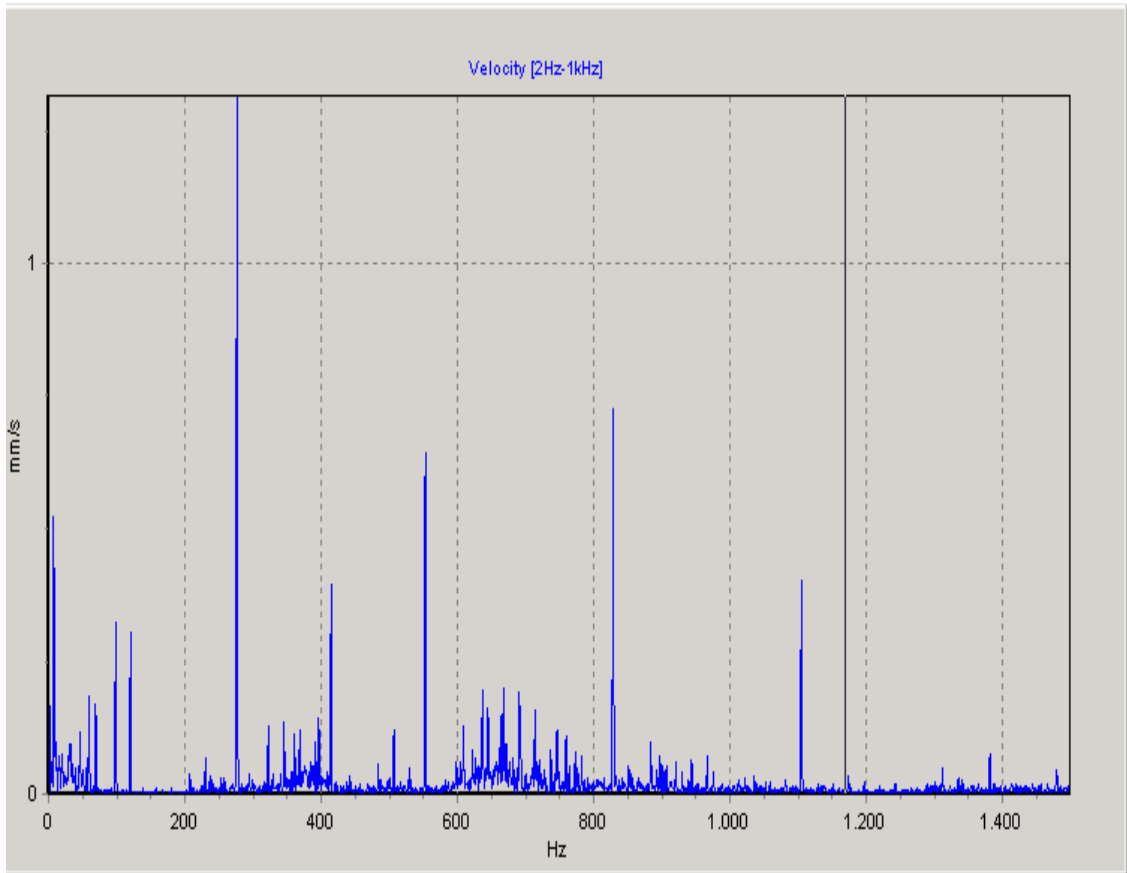
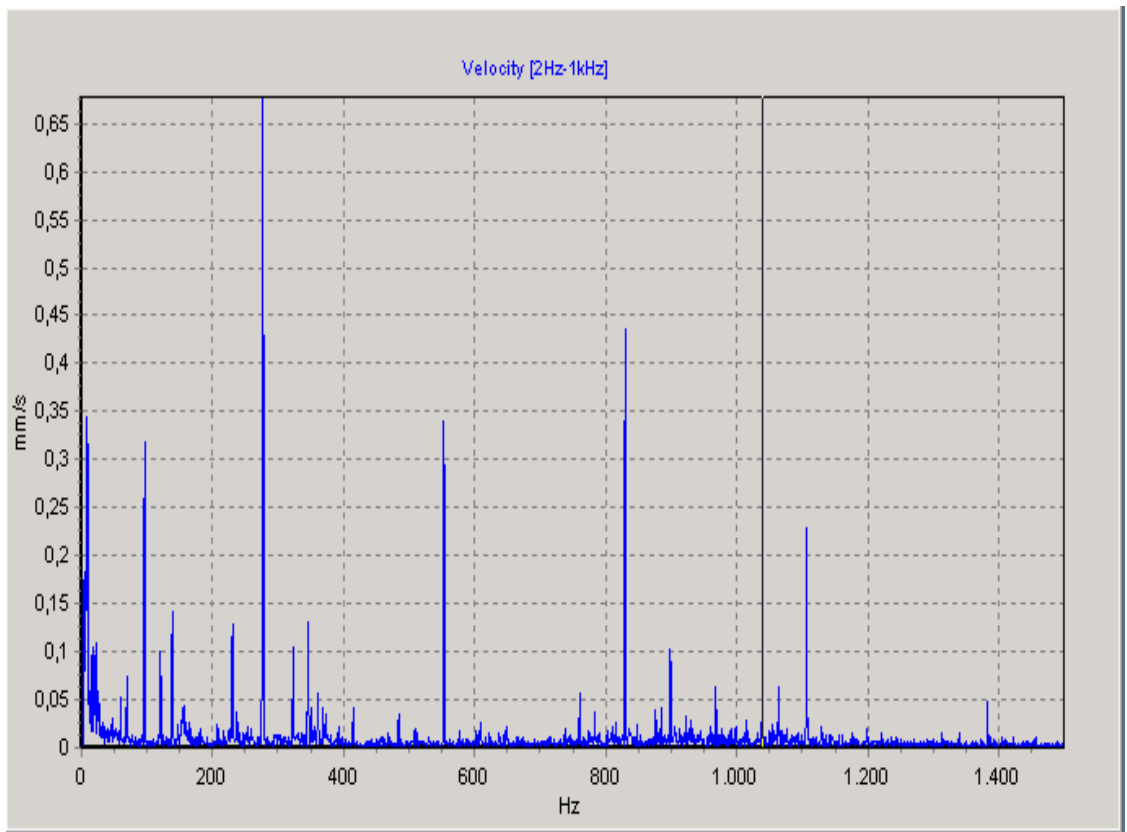


Figura 56: Espectro COM31A



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 1.43 mm/s, un pico elevado en 1XR de 2.04 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 0.68 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

5.7.3.2 Espectro Del Punto 2

Figura 57: Espectro COM32R

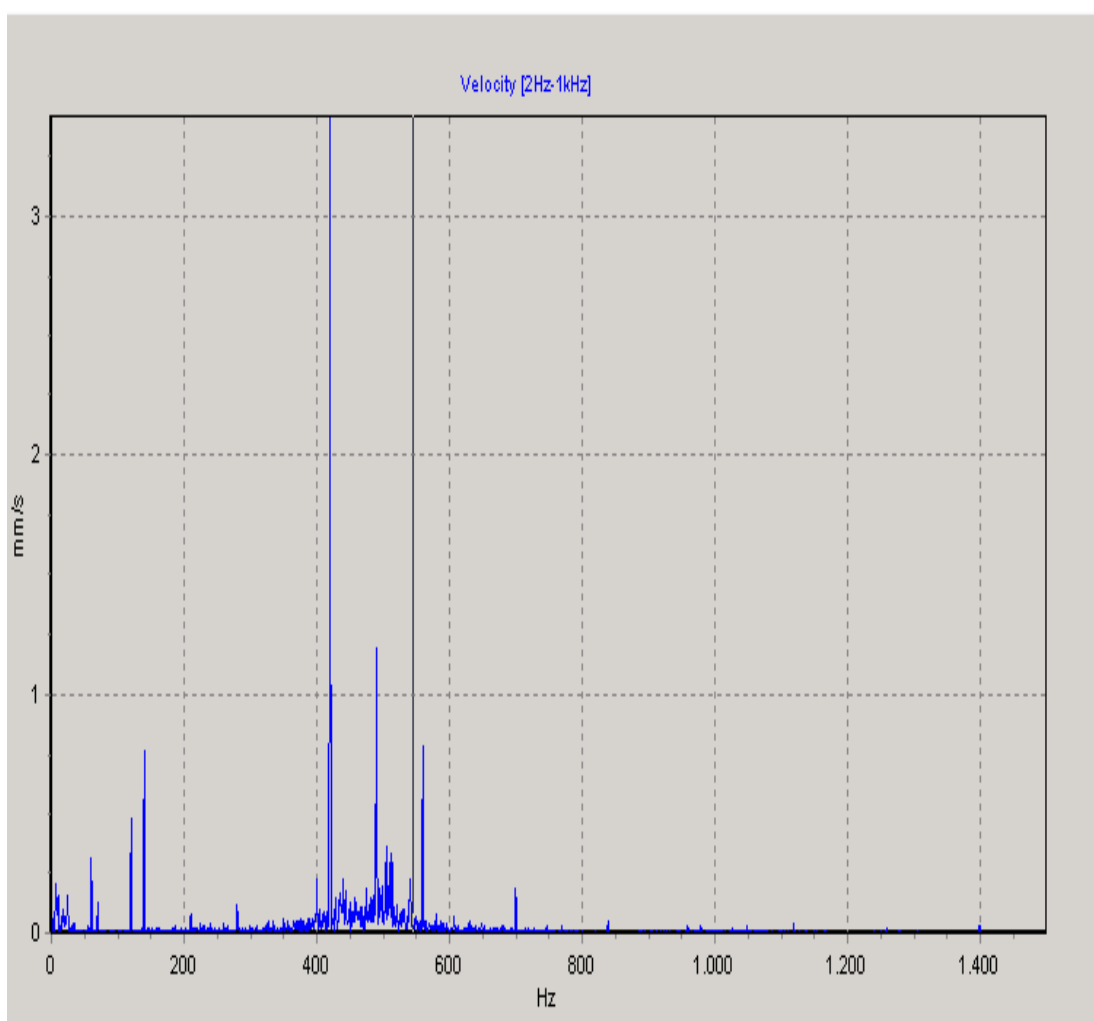


Figura 58: Espectro COM32T

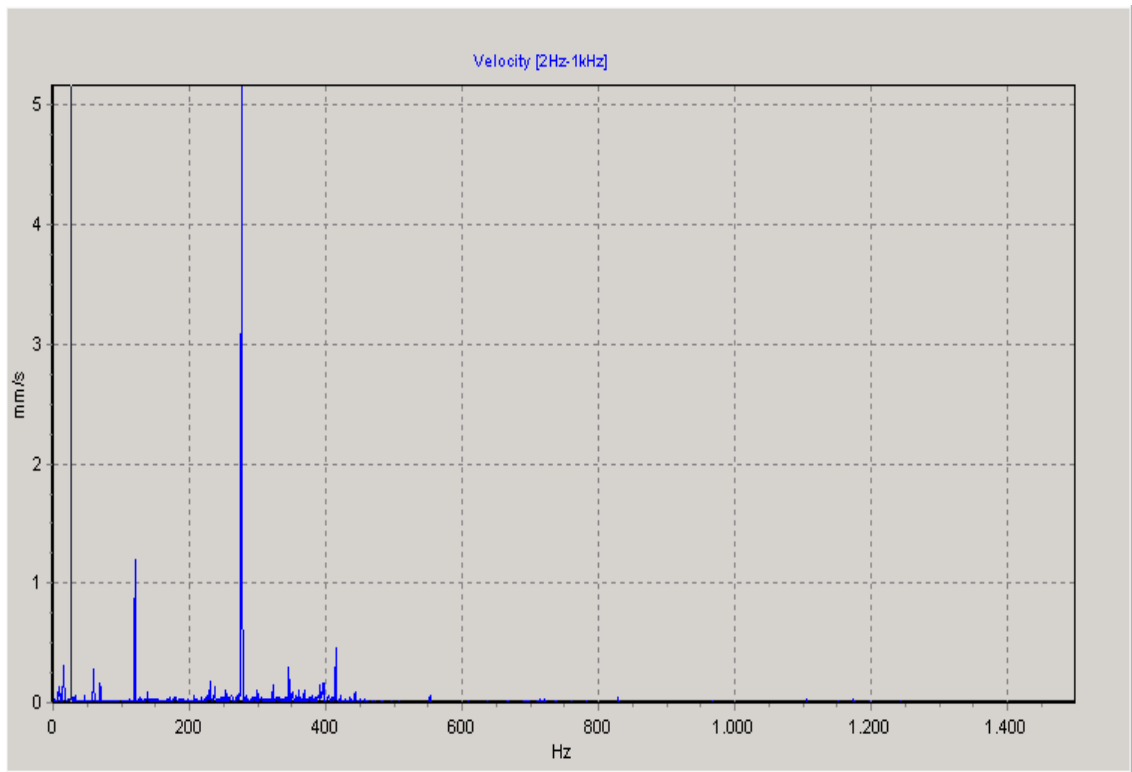
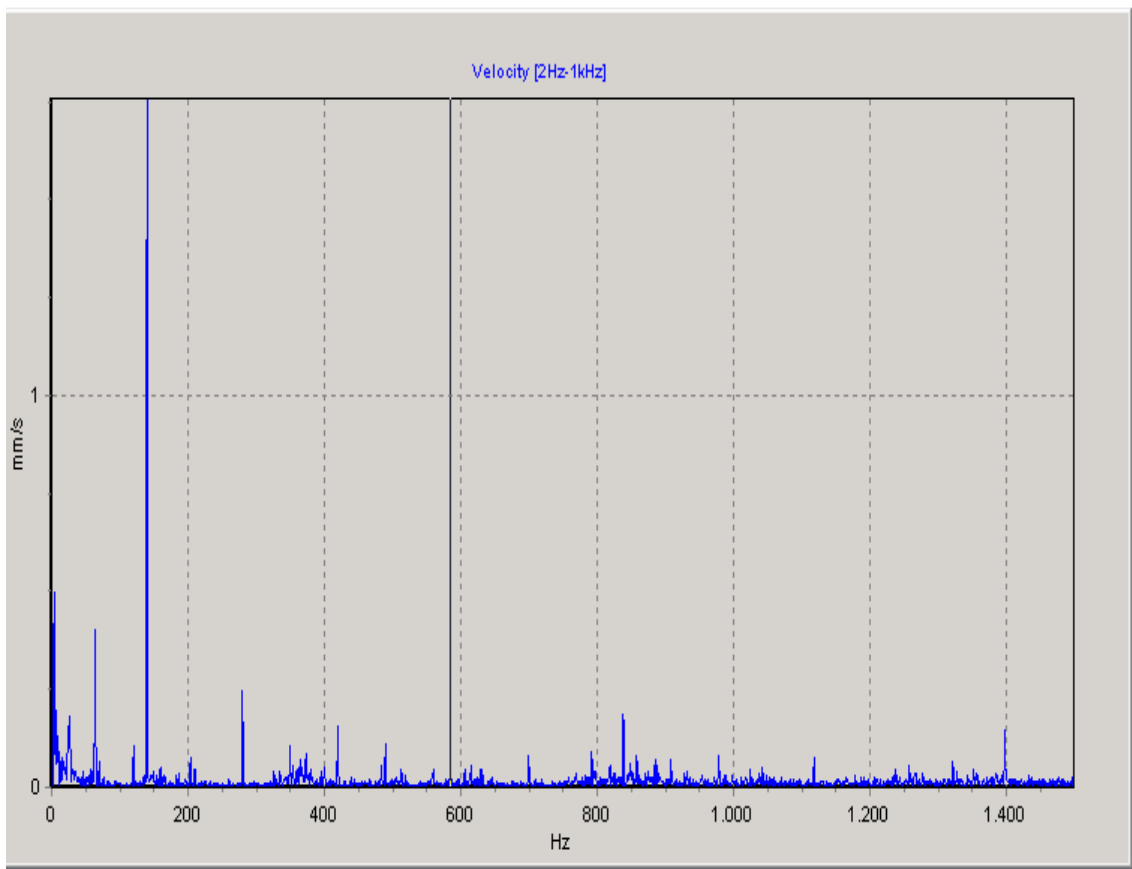


Figura 59: Espectro COM32A



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 4.48 mm/s, un pico elevado en 1XR de 2.78 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 1,27 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

5.7.4 Espectros del Enfriador

5.7.4.1 Espectros Del Punto 1

Figura 60: Espectro AIAC1R

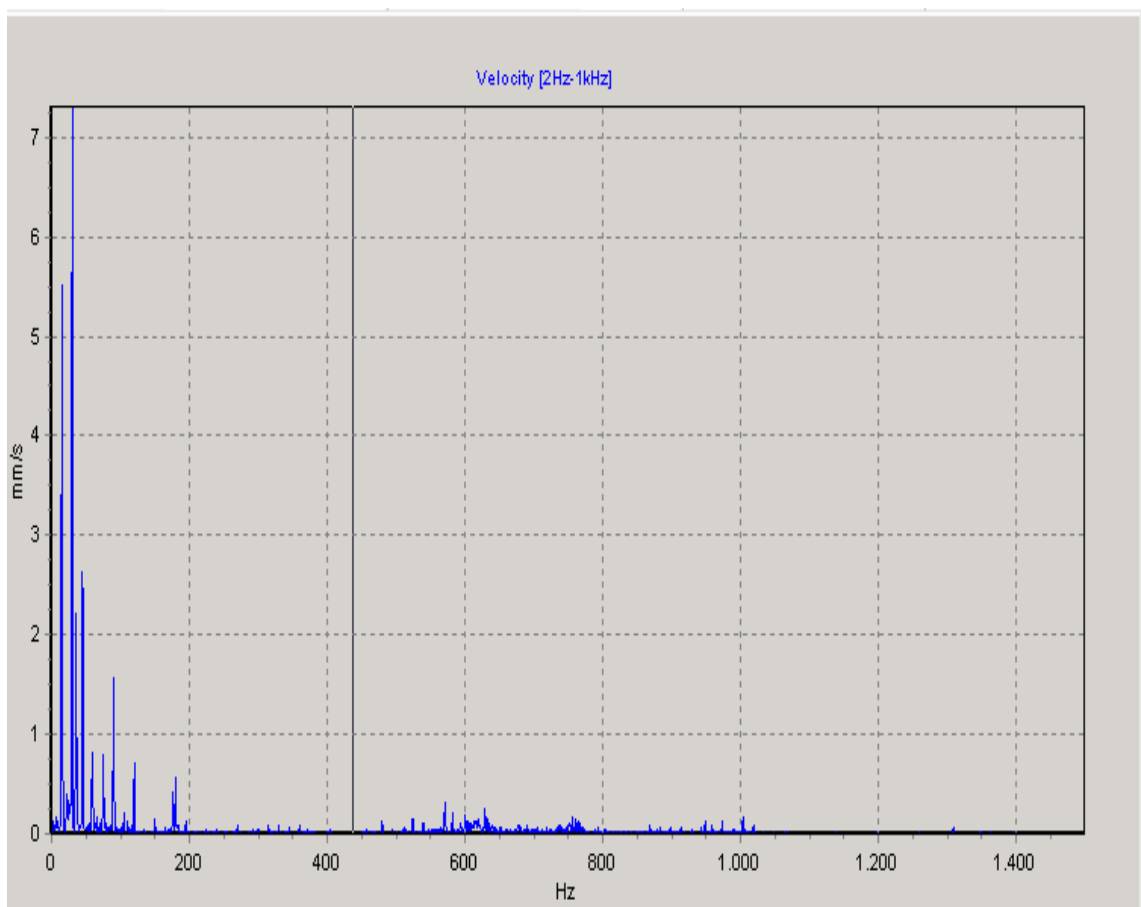


Figura 61: Espectro AIAC1T

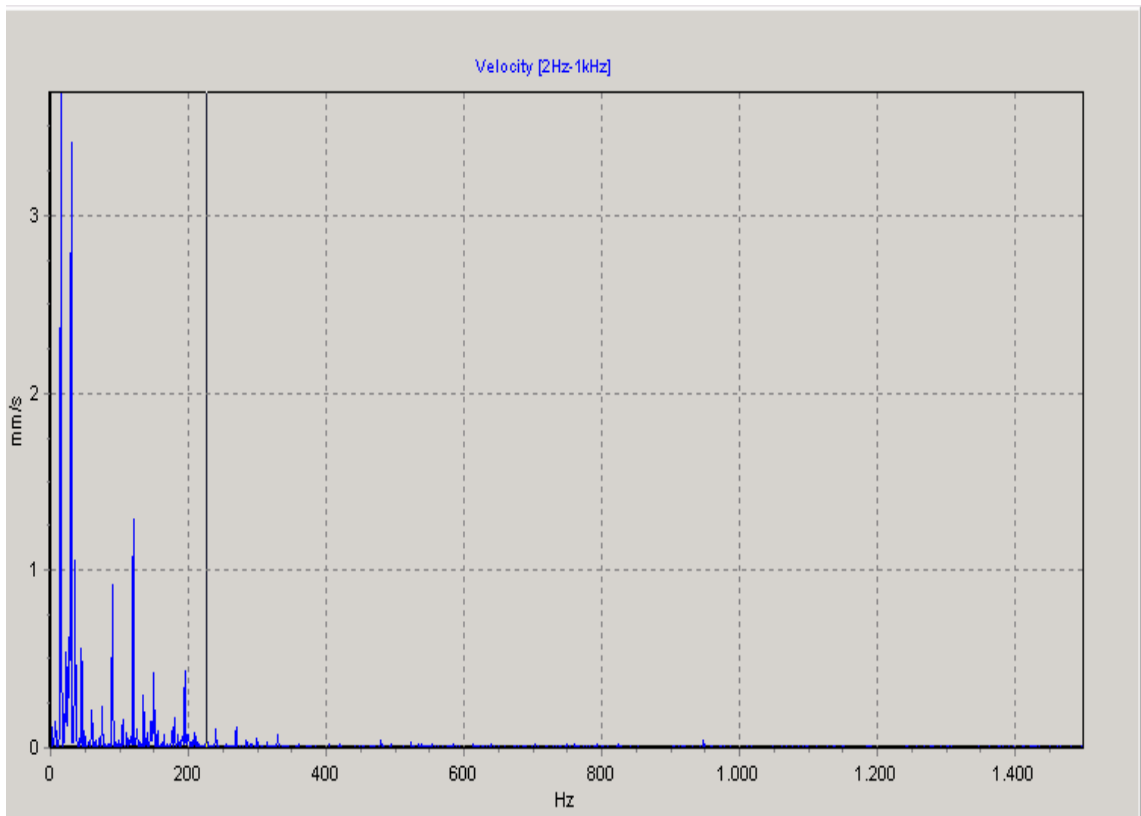
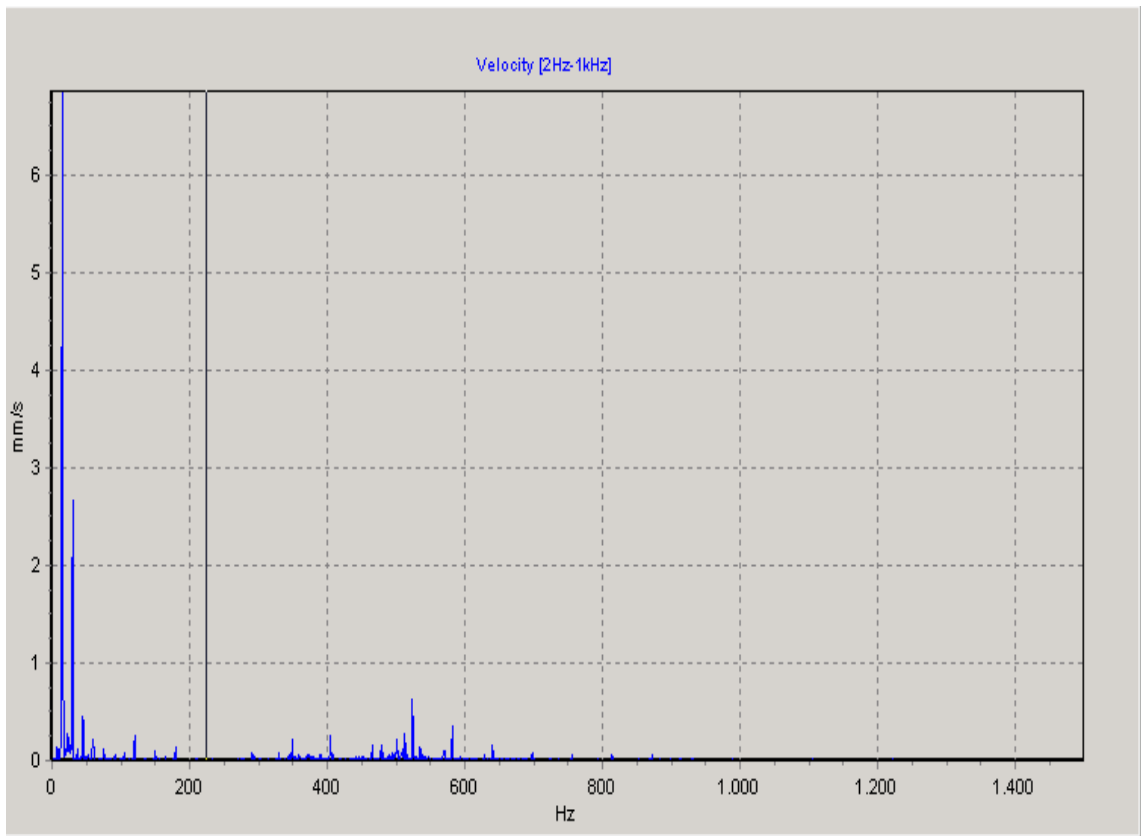


Figura 62: Espectro AIAC1A



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 4.34 mm/s, un pico elevado en 1XR de 7,86 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 6.18 mm/s, 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 en la dirección radial y en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Combinada** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

5.7.4.2 Espectros del Punto 2

Figura 63: Espectro AIAC2R

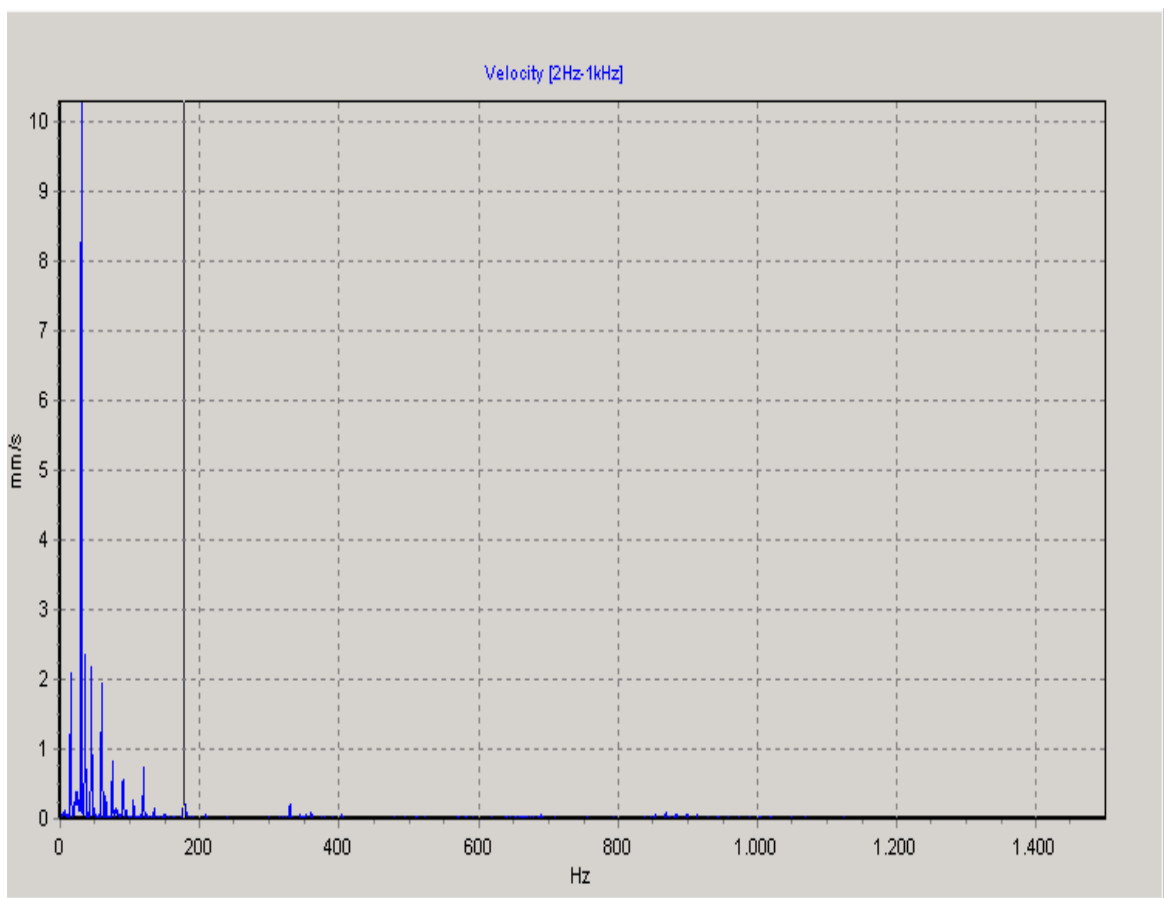
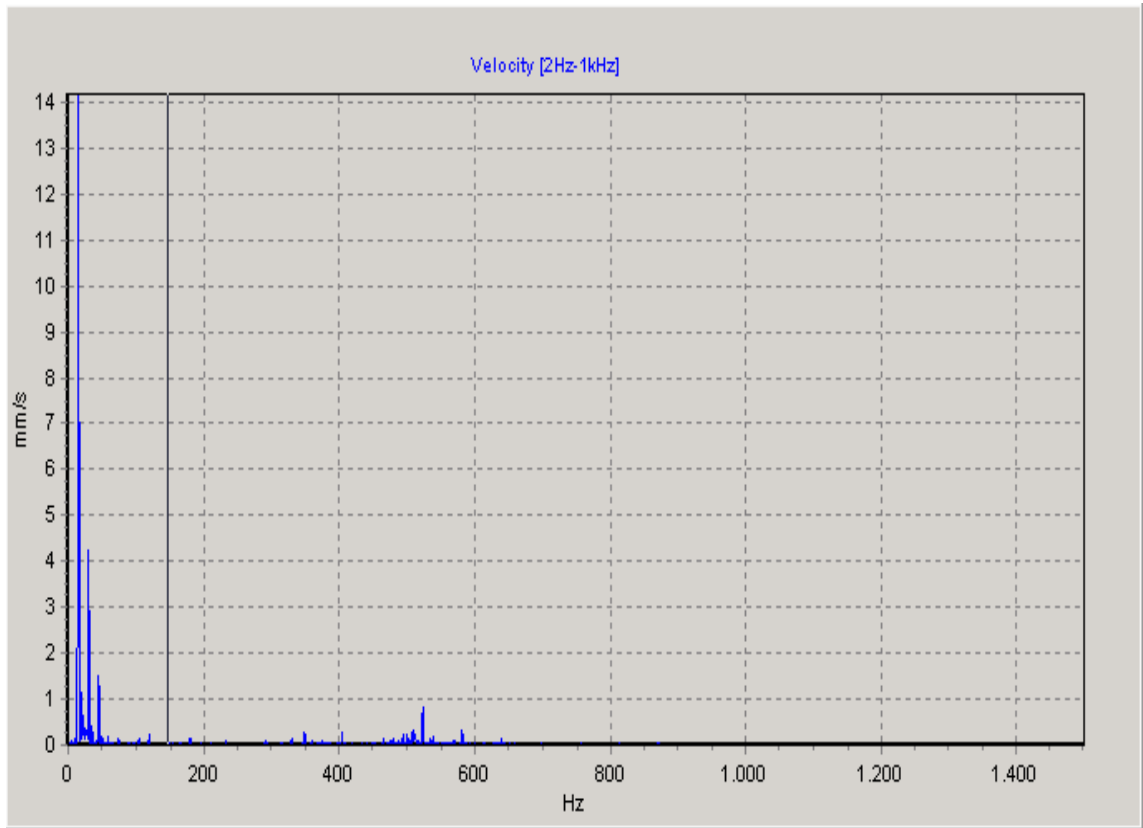


Figura 64: Espectro AIAC2A



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos, un pico elevado en 1XR de 8,36 mm/s y la existencia de un pico en 1XA de 12,30 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico, en la dirección tangencial no se presenta el espectro debido que este presenta valores admisibles, todo esto según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

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

5.7.5 Espectros de Homogenizadora

5.7.5.1 Espectros del Punto 1

Figura 65: Espectro HOMO1A

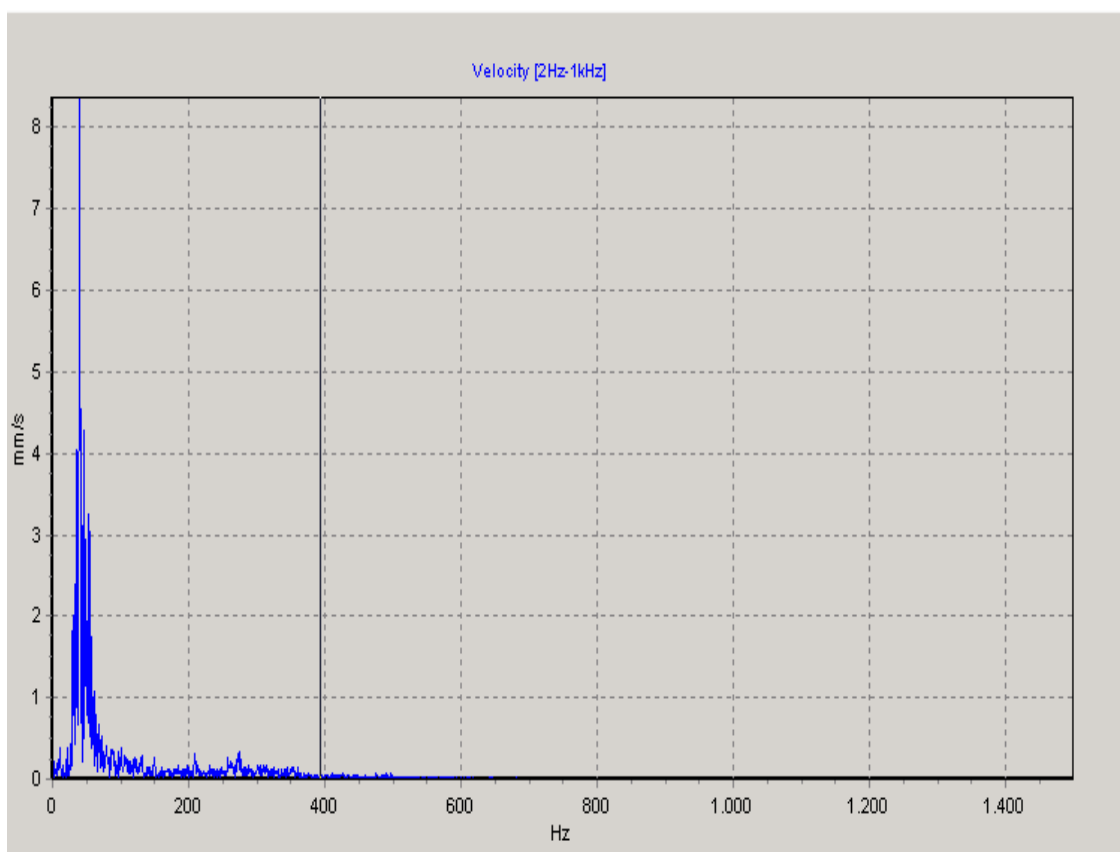
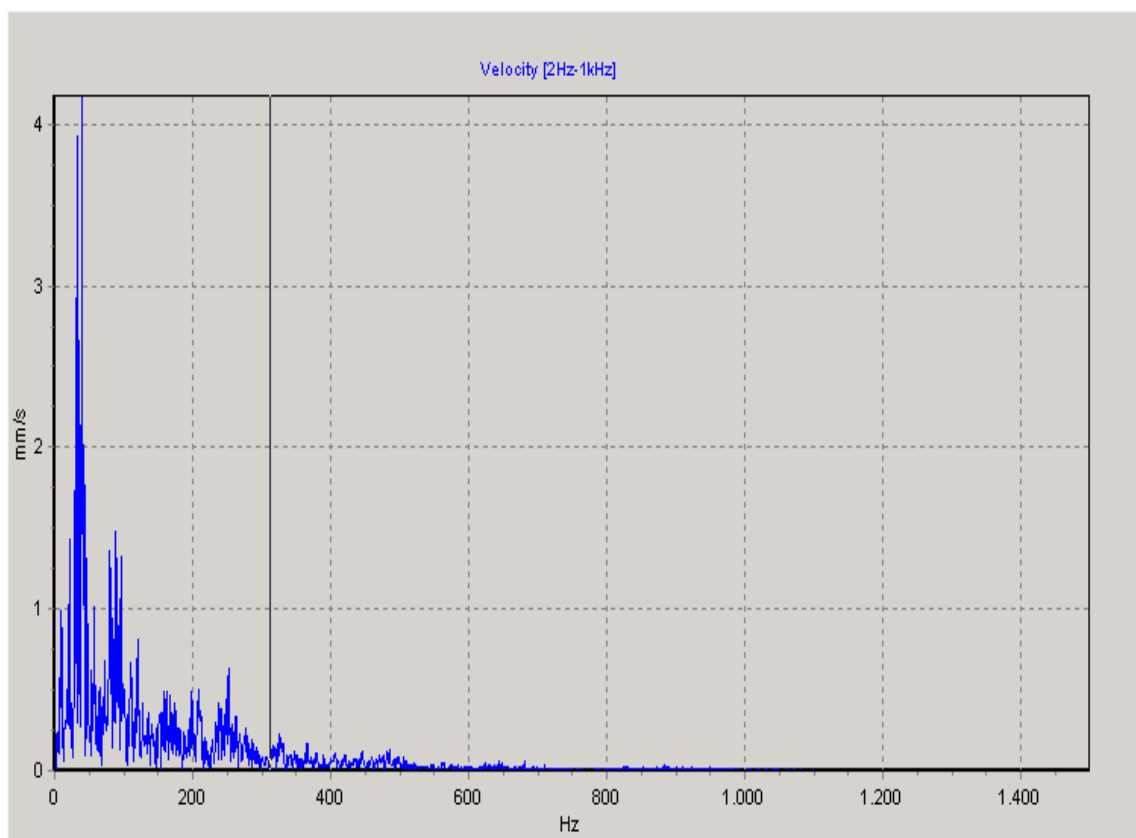


Figura 66: Espectro HOMO1T



ANÁLISIS

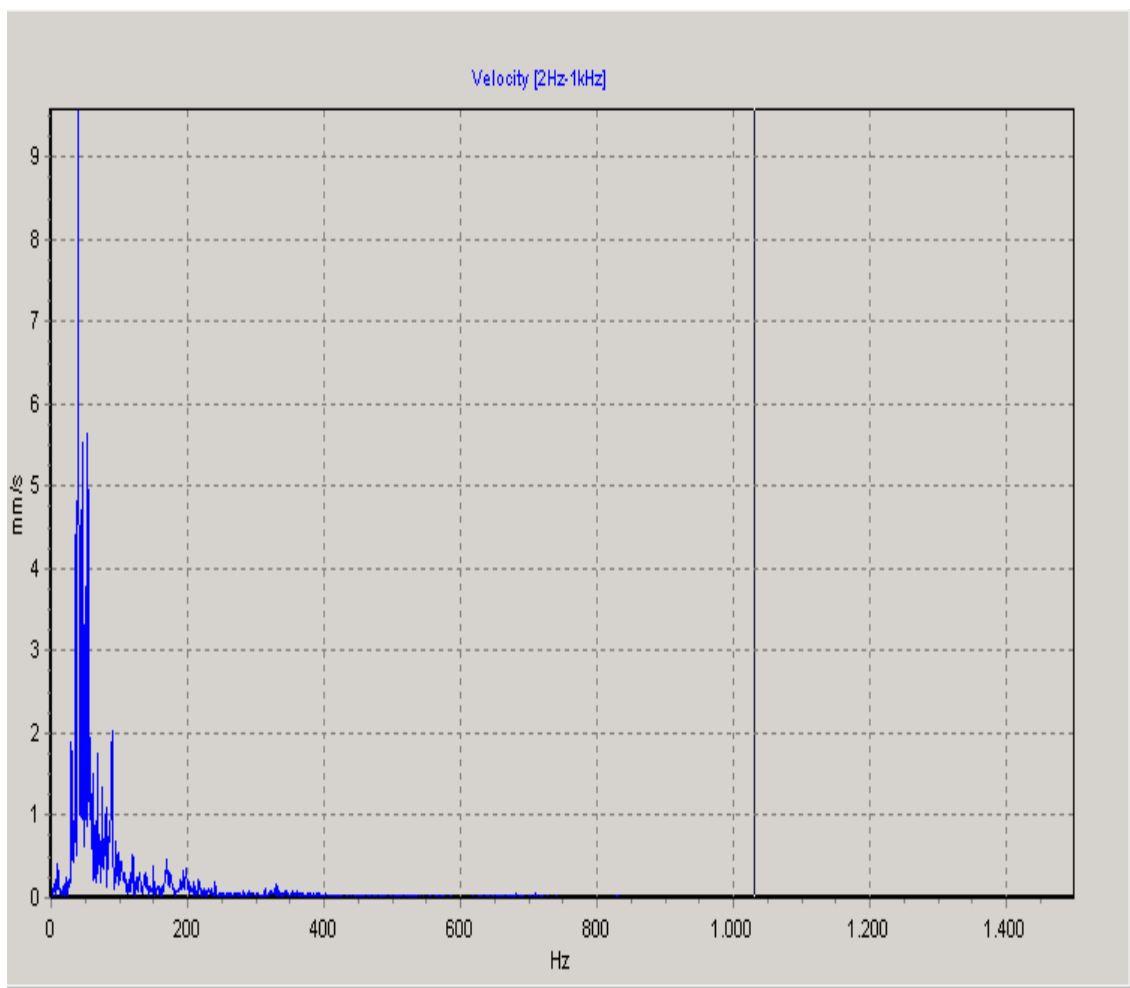
Como se puede observar en los espectros tenemos picos elevados en 1XT de 6,93 mm/s, la existencia de un pico en 1XA de 10,15 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X en la dirección axial, nos muestra un **problema de Desalineación Angular** y el pico elevado en 1X en la dirección tangencial nos indica un **problema de Flexibilidad Transversal**.

5.7.5.2 Espectros del Punto 2

Figura 67: Espectro HOMO2R



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos, un pico elevado en 1XR de 13,08 mm/s, el mismo que no es admisible y nos indica un nivel de alarma crítico, en la dirección axial y tangencial no se presenta el espectro debido que este presento valores admisibles, todo esto según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X en la dirección radial y, nos muestra un problema de **pie cojo**.

5.7.6 Espectros de la Centrífuga

5.7.6.1 Espectros del Punto 1

Figura 68: Espectro CENT1R

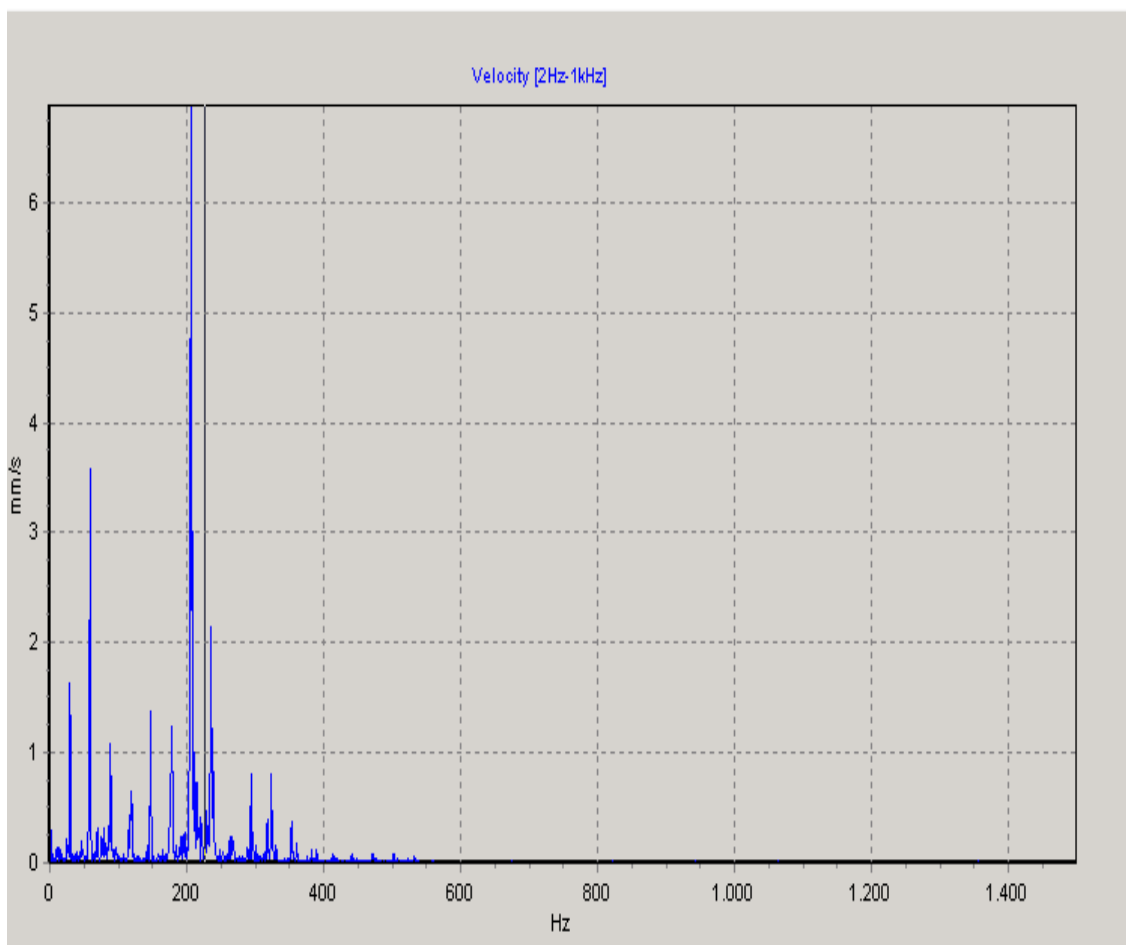
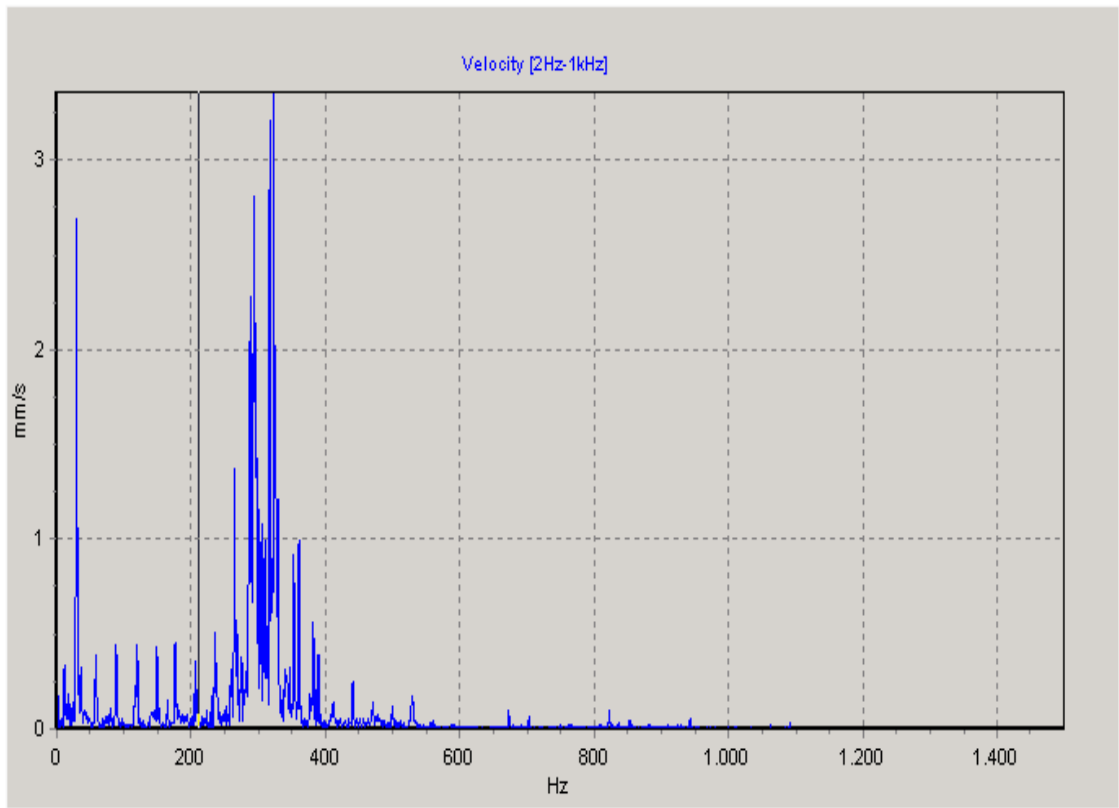


Figura 69: Espectro CENT1T



ANÁLISIS

Como se puede observar en los espectros tenemos, un pico elevado en 1XR de 6,94 mm/s y la existencia de un pico en 1XT de 6,83 mm/s, los mismos que no son admisibles y nos indican un nivel de alarma crítico, en la dirección axial no se presenta el espectro debido que este presenta valores admisibles, todo esto según la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

Los picos elevados en 1X en la dirección radial y en 1X en la dirección tangencial nos indican un **problema de Holgura Mecánica**

5.7.6.2 Espectros del Punto 2.

ANÁLISIS

Los valores son admisibles en las direcciones radial, tangencial y axial según la norma ISO 10816, en estos no sale los espectros debido a que el software fue configurado para que muestre solo los espectros con nivel inadmisibles o nivel de alarma crítica de acuerdo a la norma ISO 10816.

DIAGNÓSTICO

No tenemos ningún tipo de problema, debido a que los valores son admisibles.

5.8 Recomendación de Correcciones

5.8.1 *Recomendación del compresor 1.* Para la **flexibilidad transversal** se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos.
- Anclaje incorrecto.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.

Para la **desalineación combinada** se recomienda realizar lo siguiente:

- Revisar si existe juego en los componentes.
- Revisar si el eje se encuentra pandeado
- Revisar la posición relativa de los componentes ya que ésta se altera después del montaje.
- Alineación del equipo.

5.8.2 *Recomendación del compresor 2.* Para la **desalineación combinada** se recomienda realizar lo siguiente:

- Revisar si existe juego en los componentes.
- Revisar si el eje se encuentra pandeado
- Revisar la posición relativa de los componentes ya que esta se altera después del montaje.

- Alineación del equipo.

Para la **flexibilidad transversal** se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos.
- Anclaje incorrecto.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.

5.8.3 *Recomendación del compresor 3.* Se recomienda realizar el monitoreo adecuado en el equipo, para mantener los resultados actuales.

5.8.4 *Recomendación del enfriador.* Para la **flexibilidad transversal** se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos.
- Anclaje incorrecto.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.

Para la **desalineación combinada** se recomienda realizar lo siguiente:

- Revisar si existe juego en los componentes.
- Revisar si el eje se encuentra pandeado
- Revisar la posición relativa de los componentes ya que esta se altera después del montaje.
- Alineación del equipo.

5.8.5 *Recomendación de la homogenizadora.* Para la **flexibilidad transversal** se recomienda revisar si existe:

- Pernos flojos.
- Anclaje incorrecto.
- Cuarteaduras en la estructura de montaje.

Para la **desalineación angular** se recomienda realizar lo siguiente:

- Inspeccionar el montaje de los rodamientos.
- Revisar si existe juego en los componentes.
- Revisar si el eje se encuentra pandeado
- Revisar la posición relativa de los componentes ya que ésta se altera después del montaje.
- Alineación del equipo.

Para el **pie cojo** se recomienda realizar lo siguiente:

- Pernos flojos
- Mala cimentación

5.8.6 *Recomendación de la centrífuga.* Para la **holgura mecánica** se recomienda realizar lo siguiente:

- Se debe dar atención a las especificaciones de huelgo y tiro recomendado por el fabricante.
- Comunicar al Taller que estos valores sean respetados como condición del trabajo
- Inspeccionar toda la estructura del anclaje de la máquina, considerando el ajuste al torque apropiado.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se determinó de acuerdo a los aspectos selectivos y parámetros directivos, que las máquinas críticas en el área de pasteurizadora, envasado y homogenización, la centrífuga, compresor 3, enfriador y la homogenizadora en las mismas que de acuerdo a la política de mantenimiento es necesario realizar el Mantenimiento Predictivo para lograr la máxima disponibilidad en éstos.0
- Se determinó que al analizar el estado técnico de los equipos que debido al control de mantenimiento que la empresa está realizando, las máquinas del área de envasado, homogenizadora y pasteurizadora se encuentran en estado regular y bueno.
- Se efectuó el análisis Vibracional en las máquinas de las áreas antes mencionadas que nos permitió conocer el estado real en que se encuentran los equipos, en algunos puntos de medición no se observó los espectros debido a que en el momento en que creamos las rutas de medición para el colector, se configuró el software para que solo muestre los espectros que se encuentran en nivel inadmisibles o nivel de alarma crítica según la Norma ISO 10816 se observó los espectros, se determinó que en varias máquinas existen diferentes problemas como desalineación angular, desalineación combinada y flexibilidad transversal, pie cojo

6.2 *Recomendaciones*

- Realizar la categorización de todas las máquinas y equipos de Prolac, para establecer que equipos son críticos y así implementar un plan de mantenimiento predictivo
- Seguir con el control de mantenimiento adecuado en los equipos de Prolac para que los mismos cumplan con el rendimiento requerido.
- Corregir todos los problemas encontrados en los equipos, en especial la desalineación que es la falla frecuente en el área de Envasado.
- Tomar muy en cuenta en cualquier actividad que se desenvuelvan el personal de mantenimiento, la importancia que amerita las máquinas críticas en el proceso de fabricación de lácteos.
- Difundir entre todos los técnicos el mantenimiento Predictivo la importancia de implementar las diferentes técnicas predictivas y fundamentalmente el Análisis de Vibración.
- Se destaca en esta experiencia lo positivo que resulta el uso de la herramienta “**Análisis de Vibraciones**” como complemento necesario para el analista a la hora de determinar un diagnóstico certero.
- Llevar de una forma práctica y adecuada toda la información necesaria con retroalimentaciones de todos los equipos en una base de datos, o soportes magnéticos como por ejemplo historial de los equipos, fichas de características técnicas, reparaciones realizadas, planos de instalaciones, velocidades de funcionamiento, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1] PEREZ M, Criticidad de los equipos. Página 39.

- [2] BRUEL & KJAER Análisis Vibracional simple. Página 4.

- [3] MOROCHO, M. Análisis Vibracional compuesta. Página 17.

- [4] SCHENCK C. Rangos vibratoriales. Página 10.

- [5] GLENN W, Problemas vibratoriales. Página 52.

- [6] GLENN, W. Vibraciones Mecánicas. Alemania. Página 31.

- [7] GLENN, W. Vibraciones Mecánicas. Alemania. Página 83.

- [8] GLENN, W. Vibraciones Mecánicas. Página 90.

- [9] MOROCHO M, Manejo y Aplicación de un Sistema de Mantenimiento Predictivo. Página 4.

BIBLIOGRAFÍA

SCHENCK C, Diagnostico de máquinas, equilibrado en el sitio, USA 1991.

GLENN W, Vibraciones Mecánicas. Primera edición. DLI Engineering Corp
Alemania; 2003.

BRUEL & KJAER, La medida de las vibraciones. Segunda edición.
Dinamarca; 2003.

ALVARES R, Curso de vibraciones mecánicas, Quito 2004.

CUATRECASAS L, Total productive maintenance, Barcelona 2003.

SKF, Condition Motoring, Quito 2002.

LENZENA E, Curso superior de mantenimiento industrial, México 2001.

PÉREZ M, Mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicación e impacto, México 2003.

CURSO DE ANALISIS DE VIBRACIONES I Ing. Alberto Reyna Otayza.

CURSO DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES I Dictado por Ing. Cesar Ortiz, auspiciado por
Ivan Bhoman, Riobamba 2005.

MOROCHO M, Diagnóstico Vibroacústico. Primera edición. Riobamba – Ecuador.
Documento; 2003.

LINKOGRAFÍA

Administración del Mantenimiento.

<http://www.mantenimiento.com>

2009 – 05 – 24

Evaluación de Maquinaria.

<http://www.solomantenimiento.com>

2009 – 07 – 30

Fundamentos de Vibraciones.

<http://www.point-sorce.com>

2009 – 09 – 10

Índices de Mantenimiento.

<http://www.mantenimientomundial.com>

2009 – 10 – 18

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

<http://www.isdefe.com>

2010 – 01 – 26

Técnicas de Evaluación de Maquinaria.

<http://www.guemisa.com>

2010 – 03 – 11