

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria.....	iv
Resumen	v
Índice general	vi
Índice de figuras	x
Índice de gráficos.....	xii
Índice de tablas	xiii
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Solución propuesta	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Resultados esperados	4
1.6. Metodología.....	4
Capítulo 2. Marco teórico	5
2.1. Introducción a las vibraciones mecánicas	6
2.1.1. Frecuencia.....	6
2.1.2. Amplitud.....	8
2.1.3. Fase.....	8
2.1.4. Desplazamiento vibratorio.....	8
2.1.5. Velocidad vibratoria	9
2.1.6. Aceleración vibratoria	9

2.1.7.	Vibración global o total	10
2.2.	Introducción al desbalance racional entre ejes de maquinas y respuesta vibratoria del desbalanceo.....	13
2.2.1.	Introducción al concepto de desbalance	13
2.2.2.	Tipos de desbalance.....	15
2.2.3.	Consecuencias negativas del desbalance	16
2.2.4.	Vibraciones típicas del desbalance	16
2.2.5.	Transformada rápida de fourier o fft (fast fourier transform)	18
2.2.6.	Respuesta vibratoria del desbalance	19
2.2.7.	Espectro vibratorio del desbalance	19
2.2.8.	Forma de onda del desbalance.....	20
2.2.9.	Relación de fases	21
2.3.	Norma iso 2372: vibraciones mecánicas de maquinas con velocidades de operación de 10 a 200 rev/s. Bases para especificar estándares de evaluación.....	22
2.3.1.	Clasificación de la maquinaria	23
2.3.2.	Calidad de la vibración.....	24
2.4.	Componentes del banco de ensayo de vibraciones y principios de la adquisición de datos	25
	Generalidades	25
2.4.1.	Características del motor eléctrico	27
2.4.2.	Características del acoplamiento flexible.....	27
2.4.3.	Características de rodamientos en soporte.....	28
2.4.4.	Características del variador de frecuencia	28
Capítulo 3.	Registros de vibracion debido al desbalance y evaluacion de la severidad vibratoria global	29
3.	Adquisición de datos	30

3.1.	Introducción al análisis espectral de vibraciones	30
3.2.	Medición inicial y registro de los niveles de vibración global.....	30
3.2.1.	Puntos y direcciones de medición	30
3.2.2.	Parametrización de puntos previo a la toma de registros	32
3.2.3.	Condiciones de operación.....	34
3.3.	Evaluación de la severidad vibratoria	35
3.3.1.	Evaluación de la severidad vibratoria de 4 gr a 1450 rpm.	35
3.3.2.	Evaluación de la severidad vibratoria de 8 gr a 1450 rpm.	35
3.3.3.	Evaluación de la severidad vibratoria de 10 gr a 1450 rpm.	36
3.4.	Análisis de las mediciones y sus espectros	36
3.4.1.	Análisis espectral de las mediciones	37
3.4.2.	Diagnóstico de la condición actual del banco de ensayos	43
Capítulo 4.	Procedimiento de desbalance utilizado en el banco de ensayos.....	48
4.1.	Pasos previos antes de efectuar el desbalance	49
4.1.1.	Determinación del método a utilizar para desbalancear.....	49
4.1.2.	Obtener información del equipo desbalanceado.....	49
4.1.3.	Efectuar una inspección visual preliminar del sistema.....	49
4.1.4.	Crear el desbalance	50
4.1.5.	Desbalanceo aplicado	50
4.1.6.	Evaluación de valores obtenidos	57
4.1.7.	Corrección de desbalanceo	61
5.1.	Conclusión.....	69
5.2.	Recomendaciones	71
	Referencias	73
	Anexo 6.1: extracto norma 2372.....	75

Anexo 6.2: comentarios a los estandares norma iso 2372 e iso 3945	77
Anexo 6.3: terminos fundamentales de balanceo	80
Anexo 6.4: configuracion banco de pruebas	81
Anexo 6.5: espectro de referencia para soldaduras mecánicas	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Movimiento vibratorio de un cojinete. Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias	6
Fig. 2.2 Onda de vibración armónica Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias	7
Fig. 2.3 Desfase de onda. Fuente: Monitoreo de la condición en la nube POWER-MI [5]	8
Fig. 2.4 Espectro vibratorio global de varias fuentes Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias	10
Fig. 2.5 Valores de medida de la vibración. Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias.	12
Fig. 2.6 Disco desbalanceado. Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias.	14
Fig. 2.7 Desbalanceo par. Fuente: MetAs & Metrólogos Asociados Desbalanceo Mecánico. .	15
Fig. 2.8 Desbalanceo dinámico. Fuente: MetAs & Metrólogos Asociados Desbalanceo Mecánico	16
Fig. 2.9 Modelo espectral de Velocidad. Fuente: Categorías de patologías clasificadas en vibraciones de maquinaria rotativa, Universidad Gran Mariscal de Ayacucho	17
Fig. 2.10 Esquema de análisis espectral. Fuente: Diagnostico de fallas incipientes mediante la variación angular instantánea- Javier Antonio Sánchez Moreti	18
Fig. 2.11 Espectro de dos lados FFT. Fuente:[10]	19
Fig. 2.12 Ejemplo grafico espectral de desbalance. Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias.	20
Fig. 2.13 Forma de onda del desbalance. Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias.	21
Fig. 2.14 Banco de pruebas Machinery Fault Simulator. Fuente: J. Pérez, 2017.....	26
Fig. 4.1 Montaje de peso (4gr). Fuente: Propia	50
Fig. 4.2 Espectro de 4 gr en M1A. Fuente: Propia	50
Fig. 4.3 Espectro de 4 gr en M2A. Fuente: Propia	51
Fig. 4.4 Espectro de 4 gr en D1A. Fuente: Propia.....	51
Fig. 4.5 Espectro de 4 gr en D2A. Fuente: Propia.....	52

Fig. 4.6 Espectro de 8 gr en M1A. Fuente: Propia.....	52
Fig. 4.7 Espectro de 8 gr en M2A. Fuente: Propia.....	53
Fig. 4.8 Espectro de 8 gr en D1A. Fuente: Propia.....	53
Fig. 4.9 Espectro de 8 gr en D2A. Fuente: Propia.....	54
Fig. 4.10 Espectro de 10 gr en M1A. Fuente: Propia.....	54
Fig. 4.11 Espectro de 10 gr en M2A. Fuente: Propia.....	55
Fig. 4.12 Espectro de 10 gr en D1A. Fuente: Propia.....	55
Fig. 4.13 Espectro de 10 gr en D2A. Fuente: Propia.....	56
Fig. 4.14 Tendencia valor Global RMS M1-M2 Horizontal. Fuente: Propia.....	57
Fig. 4.15 Tendencia valor Global RMS M1-M2 Vertical. Fuente: Propia.....	58
Fig. 4.16 Tendencia valor Global RMS M1-M2 Axial. Fuente: Propia.....	58
Fig. 4.17 Tendencia valor Global RMS D1-D2 Horizontal. Fuente: Propia.....	59
Fig. 4.18 Tendencia valor Global RMS D1-D2 Vertical. Fuente: Propia.....	59
Fig. 4.19 Tendencia valor Global RMS D1-D2 Axial. Fuente: Propia.....	60
Fig. 4.20 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en M1H.....	61
Fig. 4.21 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en M1V.....	62
Fig. 4.22 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en M1A.....	62
Fig. 4.23 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en M2H.....	63
Fig. 4.24 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en M2V.....	63
Fig. 4.25 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en M2A.....	64
Fig. 4.26 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en D1H.....	64
Fig. 4.27 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en D1V.....	65
Fig. 4.28 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en D1A.....	65
Fig. 4.29 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en D2H.....	66
Fig. 4.30 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en D2V.....	66
Fig. 4.31 Comparación condición final vs condición inicial del equipo en D2A.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Tabla 1 Clasificación de espectros vibratorios en función de la frecuencia y periodo. Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias.....	11
Tabla 2 Rangos de severidad vibratoria para maquinas normales. ISO 2372 e ISO 39454. Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias	23
Tabla 3 Características técnicas Motor eléctrico. Fuente: Pérez, J. 2017	27
Tabla 4 Características técnicas acoplamiento flexible. Fuente: Pérez, J. 2017	27
Tabla 5 Características técnicas rodamientos en descansos. Fuente: Pérez, J. 2017.....	28
Tabla 6 Características técnicas variador de frecuencia. Fuente: Pérez, J. 2017	28
Tabla 7 Rangos de evaluación de severidad vibratoria para maquinas bajo 15 KW.....	34
Tabla 8 Promedio de valor Global mm/s RMS. Fuente: Propia.....	56
Tabla 9 Variación de la vibración respecto a la condición inicial del equipo. Fuente: Propia..	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de espectros vibratorios en función de la frecuencia y periodo. Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias.....	11
Tabla 2 Rangos de severidad vibratoria para maquinas normales. ISO 2372 e ISO 39454. Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias	23
Tabla 3 Características técnicas Motor eléctrico. Fuente: Pérez, J. 2017	27
Tabla 4 Características técnicas acoplamiento flexible. Fuente: Pérez, J. 2017	27
Tabla 5 Características técnicas rodamientos en descansos. Fuente: Pérez, J. 2017.....	28
Tabla 6 Características técnicas variador de frecuencia. Fuente: Pérez, J. 2017	28
Tabla 7 Rangos de evaluación de severidad vibratoria para maquinas bajo 15 KW.....	34
Tabla 8 Promedio de valor Global mm/s RMS. Fuente: Propia.....	56
Tabla 9 Variación de la vibración respecto a la condición inicial del equipo. Fuente: Propia..	60