



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento

**PROPUESTA DE DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE MONITOREO DE CONDICIONES
UTILIZANDO ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN UN MOTOR DE 112 KW Y 1785 RPM SEGÚN
NORMA DIN ISO10816-1**

Ing. Raymond Steven García Pérez

Asesorado por el Mtro. Ing. Wellington Emilio Vásquez Santos

Guatemala, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE MONITOREO DE CONDICIONES
UTILIZANDO ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN UN MOTOR DE 112 KW Y 1785 RPM SEGÚN
NORMA DIN ISO10816-1**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. RAYMOND STEVEN GARCÍA PÉREZ
ASESORADO POR EL MTRO. ING. WELLINGTON EMILIO VÁSQUEZ
SANTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ LA DEFENSA DE TESIS

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Victor Elí Chen Urizar
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE MONITOREO DE CONDICIONES
UTILIZANDO ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN UN MOTOR DE 112 KW Y 1785 RPM SEGÚN
NORMA DIN ISO10816-1**

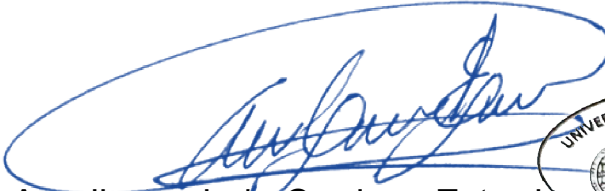
Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 23 de mayo de 2020.

Ing. Raymond Steven García Pérez

LNG.DECANATO.OI.732.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE MONITOREO DE CONDICIONES UTILIZANDO ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN UN MOTOR DE 112 KW Y 1785 RPM SEGÚN NORMA DIN ISO10816-1**, presentado por: **Raymond Steven García Pérez**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, noviembre de 2022

LNG.EEP.OI.732.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“PROPUESTA DE DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE MONITOREO DE CONDICIONES UTILIZANDO ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN UN MOTOR DE 112 KW Y 1785 RPM SEGÚN NORMA DIN ISO10816-1”

presentado por **Raymond Steven García Pérez** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala 21 de septiembre 2021.

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **Trabajo de Graduación** titulado: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE MONITOREO DE CONDICIONES UTILIZANDO ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN UN MOTOR DE 112 KW Y 1785 RPM SEGÚN NORMA DIN ISO10816-1”** del estudiante **Ing. Raymond Steven García Pérez** quien se identifica con número de carné **201020448** del programa de **Maestría en Ingeniería de Mantenimiento**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

Mtra. Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinadora
Maestría en Ingeniería de Mantenimiento
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, noviembre 2021

**Ingeniero Mtro.
Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12**

Distinguido Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor de trabajo de graduación del estudiante Raymond Steven García Pérez, carné número 2010 20448, cuyo título es **'PROPUESTA DE DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE MONITOREO DE CONDICIONES UTILIZANDO ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN UN MOTOR DE 112 KW Y 1785 RPM SEGÚN NORMA DIN ISO10816-1'**, para optar al grado académico de Maestro en Ingeniería de Mantenimiento, he procedido a la revisión del mismo.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante García Pérez, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



Ing. Wellington Emilio Vásquez Santos
Mtro. Ingeniería de Mantenimiento
Asesor

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por bendecirme y brindarme todas las herramientas para culminar con éxito esta meta, a Él sea la gloria.
Mis padres	Rodolfo García y Verena Pérez, por su apoyo incondicional. Su amor será siempre mi inspiración.
Mis hermanos	Emmanuel y Kristel García, por ser mi motivación e inspiración.
Mi novia	Gabriela Grijalva, por incitar en mí la búsqueda de la excelencia.
Mi asesor	Mtro. Ing. Wellington Vásquez, por su apoyo incondicional en la realización de esta meta.
Mis amigos	Los ingenieros Humberto Palencia, Jorge Avilés y Roberto Marroquín por su apoyo y compañía para realizar esta meta.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de graduación de manera exitosa.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios y brindarme educación superior de calidad.

**Escuela de estudios de
posgrado de ingeniería**

Por las experiencias de aprendizaje y de vida que marcaron esta etapa.

Mtro. Ing. Carlos Alegre

Por ser una importante influencia en la realización de esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Mantenimiento	1
1.1.1. Mantenimiento correctivo.....	2
1.1.2. Mantenimiento preventivo.....	3
1.1.3. Mantenimiento predictivo	4
1.2. Análisis de vibraciones	5
1.2.1. Las vibraciones.....	5
1.2.2. Las máquinas y las vibraciones	6
1.2.3. Vibración simple	6
1.2.4. Vibración compuesta	10
1.2.5. Vibración aleatoria	11
1.2.6. Golpeteo intermitente	12
1.2.7. Transformada de Fourier	13
1.2.8. Causas de las vibraciones mecánicas.....	14
1.2.8.1. Desbalanceo.....	15
1.2.8.2. Desalineación	15

	1.2.8.3.	Excentricidad	16
	1.2.8.4.	Holgura.....	17
	1.2.8.5.	Resonancia	18
	1.2.8.6.	Problemas estructurales.....	18
	1.2.8.7.	Engranajes	19
	1.2.8.8.	Problemas en cojinetes	20
1.3.		Instrumentación para medir vibraciones	22
	1.3.1.	Dispositivos de medición	23
	1.3.1.1.	Acelerómetros	23
	1.3.1.2.	Transductor de velocidad	24
	1.3.1.3.	Sonda de desplazamiento	25
	1.3.2.	Instrumentos para el monitoreo de análisis de vibraciones	25
	1.3.2.1.	Medidores manuales	26
	1.3.2.2.	Colector de datos portátil.....	26
1.4.		Motores eléctricos	27
	1.4.1.	Puntos de inspección de vibraciones	29
	1.4.2.	Fallos detectables con análisis de vibraciones.....	30
	1.4.2.1.	Desbalanceo	30
	1.4.2.2.	Desalineación.....	31
	1.4.2.3.	Excentricidad.....	31
	1.4.2.4.	Holgura.....	31
	1.4.2.5.	Resonancia	32
	1.4.2.6.	Problemas estructurales.....	32
	1.4.2.7.	Problemas eléctricos	32
	1.4.2.8.	Problemas en cojinetes	33
1.5.		Norma ISO 10816-1	33
	1.5.1.	Clasificación de acuerdo al tipo de máquina	35
	1.5.2.	Clasificación según la flexibilidad del soporte	36

2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
2.1.	Descripción del equipo.....	39
2.2.	Historial de mantenimiento del motor.....	41
2.3.	Componentes para la automatización del monitoreo del motor.....	44
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	47
3.1.	Eficiencia global del equipo	47
3.1.1.	Disponibilidad	48
3.1.2.	Eficiencia	50
4.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	55
4.1.	Propuesta de automatización para el monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.....	55
4.1.1.	Transductor de vibraciones VKV021	55
4.1.2.	PLC SIMATIC S7-1200.....	58
4.1.3.	Torreta BANNER TL50	59
4.1.4.	Cableado y conectores	60
4.1.5.	SIMATIC HMI TP700	61
4.1.6.	Gabinete EB 1754.500	62
4.1.7.	Bornera DOK 1,5 – 2717016	63
4.1.8.	Alarmas según norma ISO 10816-1	66
4.2.	Análisis externo.....	68
4.3.	Análisis interno.....	69
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES.....	75
	REFERENCIAS	77
	APÉNDICES	83
	ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Sistema masa resorte	7
2.	Onda senoidal	8
3.	Variables de onda	9
4.	Variables de amplitud en vibraciones.....	9
5.	Ejemplificación desfase.....	10
6.	Vibración compuesta.....	11
7.	Vibraciones aleatorias	12
8.	Golpeteo intermitente	12
9.	Análisis de señales.....	14
10.	Espectro de desbalanceo.....	15
11.	Espectro de desalineación	16
12.	Espectro de excentricidad	17
13.	Espectro de holgura	18
14.	Espectro de problema estructural	19
15.	Espectro de desgaste en dientes de engranaje	20
16.	Espectro de falla en pista interna de cojinetes	21
17.	Espectro de falla en pista externa de cojinetes	21
18.	Espectro de falla de elementos rodantes	22
19.	Acelerómetro.....	24
20.	Transductor de velocidad.....	24
21.	Esta sonda tiene muy buena aceptación en la industria debido a su simplicidad y confiabilidad de operación y debido a que se pueden instalar en campos accidentadosSonda de desplazamiento.....	25

22.	Medidor manual	26
23.	Colector de datos portátil	27
24.	Motor seccionado transversalmente	28
25.	Puntos de colocación del transductor	29
26.	Severidad de vibración según norma ISO 10816.....	37
27.	Placa de datos del motor	40
28.	Motor electico Baldor	41
29.	Gráfico de Pareto 2017 - 2019.....	43
30.	Disponibilidad 2017 - 2019	50
31.	Eficiencia 2017- 2019	52
32.	Eficiencia global del equipo 2017 - 2019	54
33.	VKV021.....	56
34.	Figura acotada del transductor	56
35.	Partes del transductor.....	57
36.	SIMATIC S7-1200.....	58
37.	Plano PLC SIMATIC S7-1200.....	59
38.	BANNER TL50.....	60
39.	Cable para sensores.....	61
40.	Conector M12	61
41.	HMI TP700.....	62
42.	EB 1754.500	63
43.	DOK 1,5 – 2717016	64
44.	Diagrama de bloques automatización de monitoreo de condiciones	65
45.	Gabinete de control.....	66
46.	Alarmas de vibraciones.....	67

TABLAS

I.	Partes estándar de la norma ISO 10816	34
II.	División de las máquinas en grupos.....	35
III.	Identificación de activo	39
IV.	Información de activo	40
V.	Historial de fallos.....	42
VI.	Análisis de fallos	43
VII.	Disponibilidad.....	48
VIII.	Eficiencia.....	51
IX.	Eficiencia global del equipo.....	53

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura del eje de una máquina
A	Amperio
CPM	Ciclos por minuto
DC	<i>Direct Current</i>
°	Grados
Hz	Hertz
HMI	<i>Human machine interfaz</i>
KHz	Kilohertzio
KW	Kilovatio
MW	Megavatio
m	Metro
m/s ²	Metros sobre segundo al cuadrado
mm	Milímetro
mm/s	Milímetro sobre segundo
mV/mm	Mili voltio sobre milímetro
Nm	Newton por metro
PLC	<i>Programmable logic controller</i>
%	Porcentaje
Q	Quetzales
RPM	Revoluciones por minuto
RMS	<i>Root mean square</i>
V	Voltio

GLOSARIO

Amplitud	Medida de la variación máxima del desplazamiento u otra magnitud física que varía periódica o cuasi periódicamente en el tiempo. Es la distancia entre el punto más alejado de una onda y el punto de equilibrio o medio.
Análisis espectral	Interpretación que se le hace a un espectro para determinar el estado físico de lo que pasa en una máquina.
Anomalía	Cambio o desviación respecto de lo que es normal, regular, natural o previsible.
Averías	Daño, rotura o fallo que impide o perjudica el funcionamiento del mecanismo de una máquina, una red de distribución u otra cosa.
Bobina	Componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.
Calibración	Operación que, bajo condiciones específicas, establece una relación entre los valores y las incertidumbres de medida provistas por estándares e

indicaciones correspondientes con las incertidumbres de medida asociadas.

Cojinetes

Pieza o su conjunto sobre la que se soporta y gira el árbol transmisor de momento giratorio de una máquina.

Compilar

Traducción de un programa que ha sido escrito en un lenguaje de programación a un lenguaje común, usualmente lenguaje de máquina, aunque también puede ser traducido a un código intermedio o a un texto.

Confiabilidad

Grado en que una prueba, un experimento o un instrumento de medición entrega los mismos resultados cada vez.

Defecto

Imperfección o falta que tiene alguien o algo en alguna parte o de una cualidad o característica.

Desalineación

Problemas más frecuentes de vibraciones en máquinas rotativas y se debe a la dificultad que presenta la alineación de dos rotores con sus respectivos apoyos.

Desbalanceo

Condición de una parte rotativa, donde el centro de masa no está situado en el centro de rotación.

Desfase	Diferencia de fase entre dos sitios, dos instantes o dos ondas.
Desgaste	Erosión de material sufrida por una superficie sólida por acción de otra superficie.
Deterioro	Empeoramiento del estado, calidad o valor de un equipo.
Diagnóstico	Examen de un hecho o de una situación para realizar un análisis o para buscar una solución a sus problemas o dificultades.
<i>Driver</i>	Controlador de dispositivo o manejador de dispositivo, es el elemento software utilizado en diversos sistemas operativos.
Efectividad	Equilibrio entre eficacia y eficiencia, es decir, se es efectivo si se es eficaz y eficiente.
Eficacia	Capacidad para obrar o para conseguir un resultado determinado.
Eficiencia	Capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles.
Engranaje	Mecanismo formado por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y el menor

piñón. Utilizado para transmitir potencia mecánica de un componente a otro.

Fiabilidad Probabilidad de que un equipo o sistema funcione o desarrolle una cierta función, bajo condiciones fijadas y durante un período determinado.

Firma de vibración Patrón característico de vibración que la máquina genera, mientras está en operación.

Hardware Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.

Incipiente Que empieza a manifestarse.

Mantenibilidad Propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla.

Monitoreo Proceso mediante el cual se reúne, observa, estudia y emplea información para luego poder realizar un seguimiento de un programa o hecho particular.

Optimización Buscar la mejor manera de realizar una actividad.

Paliativo	Que sirve para atenuar o suavizar los efectos de una cosa negativa, como un dolor, un sufrimiento o un castigo.
Piezoeléctrico	Conjunto de fenómenos eléctricos que se manifiestan en algunos cuerpos sometidos a presión u otra acción mecánica.
Rodamientos	Cojinete, elemento que sirve como apoyo a un eje y sobre el cual esta gira.
Sensores	Dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctricos, capaces de cuantificar y manipular.
Señal	Toda información de magnitud física variable que se convierte a magnitud eléctrica mediante un transductor.
Software	Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

RESUMEN

Debido a la poca o nula monitorización de condiciones del equipo y a que se presentaban fallos que aumentaban el tiempo de reparación de la máquina surgió la necesidad de realizar una propuesta de diseño de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones en un motor eléctrico de 112 KW y 1,785 RPM.

Para determinar los fallos que provocaban mayor tiempo de paro se compilo la información del historial de mantenimiento del equipo comprendido entre enero del 2017 a diciembre del 2019 con el que se realizó un análisis del estado de operación del motor para la realización de la propuesta de monitorización de condiciones.

Con la realización del análisis del estado de operación del motor se precisó el transductor de vibraciones a utilizar para la realización de la propuesta de monitoreo de condiciones el cual tiene la capacidad de detectar el fallo que provoca mayor tiempo de reparación sin omitir aquellos que representan menor tiempo de reparación.

Se determinaron las características del motor eléctrico que proporcionaron la información para definir las alarmas según la división especificada por la norma ISO 10816-1 y los componentes de automatización que se utilizaron para la realización de la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones es una técnica de mantenimiento predictivo que facilita la detección de fallos en una etapa temprana en equipo rotativo, para esta propuesta el equipo es un motor eléctrico de marca Baldor de 112 KW y 1,785 RPM ya que, al estar acoplado a la trituradora de neumáticos, es el equipo más crítico dentro del proceso de producción de la recicladora.

Al ser el análisis de vibraciones una técnica de mantenimiento no invasiva es oportuno que se ejecute el monitoreo de condiciones de manera automatizada ya que puede realizarse la inspección mientras el equipo se encuentra en funcionamiento.

Debido a que no se cuenta con un sistema automatizado de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones para la adquisición de datos no se realizan las mediciones de vibraciones o se realizan esporádicamente, lo cual afecta la confiabilidad de las firmas de vibración obtenidas, lo que causa que no se origine la información necesaria para generar tendencias y a su vez alarmas que definan el estado en que se encuentran los elementos que componen el motor eléctrico.

Es conveniente monitorear de manera continua las vibraciones del motor eléctrico para sostener la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de la máquina trituradora de neumáticos, evitando paros no programados que detengan la producción de granulado de caucho.

- Pregunta central

¿Cómo puede monitorearse en forma automatizada la operación de un motor de 112 KW y 1,785 RPM según norma DIN ISO10816-1 mediante análisis de vibraciones?

- Preguntas de investigación

- ¿Qué componentes serán seleccionados para automatizar el monitoreo de condiciones del motor eléctrico?
- ¿Qué transductor se deberá utilizar para captar las variaciones de vibración en el motor eléctrico según el análisis de fallas del equipo y a la vez cumplir con la norma ISO10816-1?
- ¿Qué variaciones en el espectro de vibración determinan información indispensable para generar alarmas que cumplan con la norma ISO10816-1?

OBJETIVOS

General

Realizar una propuesta de diseño de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones en un motor de 112 KW y 1,785 RPM según norma DIN ISO10816-1.

Específicos

- Definir los componentes que serán seleccionados para automatizar el monitoreo de condiciones del motor eléctrico.
- Identificar el transductor que se utilizará para captar las variaciones de vibración en el motor eléctrico con base al análisis de fallas del equipo.
- Determinar las variaciones en el espectro de vibración que proporcionan información para generar alarmas que cumplan con la norma ISO10816-1 Evaluación de vibraciones mecánicas, de la máquina por medio de mediciones en las partes no-rotativas.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

Para la realización la propuesta de diseño de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones en un motor eléctrico este se compilar en el historial de mantenimiento de la máquina comprendido en el período de tiempo en el que se planteó la investigación con el que se definió a través de un diagrama de Pareto el fallo más recurrente y de mayor tiempo de reparación.

A través de un análisis de fallos se calculó la eficiencia global del equipo en el que se observó el fallo que provocó una disminución considerable en este indicador reafirmando los resultados obtenidos en el diagrama de Pareto. Con los resultados obtenidos se definió el tipo de transductor de vibraciones a utilizar para la realización de la propuesta de monitoreo de condiciones del motor eléctrico.

Definido el tipo de transductor de vibraciones a utilizar para la propuesta se seleccionó uno que cumpla con la norma ISO 10816-1 que posee la capacidad de monitorear los cambios en el espectro de vibraciones que detecten los fallos que se presentan en la máquina. Se definieron los componentes que se seleccionaron como conjunto para realizar el diseño de automatización de monitoreo de condiciones del motor.

Los componentes que se seleccionaron para la realización de la propuesta son transductor de vibraciones, PLC, HMI, torreta de alarma, conectores, cables, borneras y gabinete, estos componentes se seleccionaron debido a que son específicos para el mantenimiento basado en monitoreo de condiciones por sus características y compatibilidad.

El PLC se encargará de recibir las señales emitidas por el motor eléctrico para ser monitoreado a través del transductor de vibraciones, esta información será presentada en el HMI que es el puente de comunicación entre los usuarios del sistema y la máquina, las interconexiones de comunicación se realizarán mediante los cables, conectores y borneras. Como señal visual del estado en el que opera la máquina para el personal encargado del equipo se utilizará la torreta de alarma que proporcionará una luz de color correspondiente a la norma ISO 10816-1. Para mantener al personal seguro al igual que a los elementos seleccionado para la propuesta se utilizará un gabinete para resguardo de estos.

Seleccionados los componentes se precisaron las características del motor eléctrico como la potencia y la altura a la que se encuentra el eje según lo define la norma ISO 10816-1 para seleccionar el grupo al que pertenece la máquina a monitorear para generar en base a ello las alarmas que se utilizaron para definir el estado de operación de equipo en tiempo real.

INTRODUCCIÓN

El análisis de vibraciones es una de las herramientas de mantenimiento predictivo más utilizadas para monitorear condiciones de maquinaria rotativa con el objetivo de verificar el estado de los componentes que conforman los equipos, se planteó una propuesta de adquisición de datos utilizando esta herramienta en una empresa recicladora de neumáticos.

El trabajo de investigación fue un emprendimiento debido a que en la empresa no se cuenta con un diseño de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

El enfoque de la propuesta de diseño de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones fue mixto ya que utilizo la medición de variables para el control de la eficiencia global del equipo y la generación de alarmas que permitan la intervención oportuna del motor para el reacondicionamiento.

Para realizar la propuesta de diseño de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones se llevaron a cabo cuatro fases.

En el capítulo I se realizó el marco teórico, donde se definió el concepto de vibración y el por qué esta afecta de forma negativa al motor eléctrico. Se proporcionarán los conceptos básicos de vibración en máquinas y la teoría que sustenta el uso de esta tecnología como herramienta para el monitoreo de condiciones.

En el capítulo II se realizó el desarrollo de la investigación, en donde se describió el equipo, se adquirió información importante para conocer las características del motor, se obtuvo el historial de mantenimiento de la máquina para realizar un análisis de fallas y un diagrama de Pareto para conocer el estado en el que se encuentra operando el motor eléctrico en el que se realizó la propuesta de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

En el capítulo III se presentaron los resultados, en donde se obtuvo la eficiencia global del equipo a través de la realización del cálculo de la disponibilidad y eficiencia del motor eléctrico para conocer el fallo que provocó el mayor tiempo de paro para enfocar en este la propuesta de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones

En el capítulo IV se realizó la propuesta de solución, en donde se seleccionó el conjunto de elementos y se dieron a conocer las alarmas según la norma ISO 10816-1 para la realización de la propuesta de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones en el motor eléctrico.

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se recopilará información relacionada a la propuesta que se llevará a cabo.

1.1. Mantenimiento

El mantenimiento puede ser considerado como una agrupación de actividades con las que se pretende mantener en un estado de funcionamiento óptimo un sistema a un mínimo costo (Cruz, 2011). Se puede definir el mantenimiento como aquellas acciones que previenen, corrigen y evalúan el estado de una máquina.

El mantenimiento se define como una serie de técnicas que previenen desperfecto, evalúan el estado de equipos, lubrican y reacondicionan de manera eficaz máquinas contribuyendo de esa manera a las empresas (Valdes y San Martín, 2009). El mantenimiento industrial pretende conservar un estado de capacidad, calidad, rendimiento y economía, dispuesto por las empresas.

El mantenimiento industrial puede clasificarse según las estrategias aplicadas en:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

1.1.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se define como “estrategia con la cual se permite a la máquina funcionar hasta la falla y sólo hasta ese momento se decide realizar la reparación o reemplazo de ella” (Estupiñan y Saavedra, 2003, p. 2).

Se puede deducir entonces que no hay una estrategia de mantenimiento como tal, solo se efectúa el reacondicionamiento de los equipos, lo cual aumenta la probabilidad de que se suscite un accidente debido a que no se conoce el estado en que operan las máquinas.

Por su parte Valdes y San Martín (2009) proponen que el mantenimiento correctivo es el que está destinado a corregir las imperfecciones que se puedan presentar en un equipo.

Esta estrategia de mantenimiento puede clasificarse en:

- Mantenimiento correctivo planificado: se planea un paro con antelación que permita se tengan los recursos necesarios como lo es la documentación, personal y repuestos para realizar la reparación del equipo.
- Mantenimiento correctivo no planificado: se realiza de manera urgente debido a una emergencia que puede darse por un fallo imprevisto que debe ser reparado con rapidez o debido a una condición que afecta la satisfacción con la que se realiza un proceso.

La estrategia de mantenimiento correctivo puede utilizarse en ciertas aplicaciones, obteniendo de estas ventajas y desventajas (Cruz, 2011).

Puede ser aplicado cuando el costo total de incurrir en un paro es mucho menor que utilizar estrategias preventivas y cuando los paros no afectan de forma directa a la producción.

Una de las ventajas es que se explota al máximo el tiempo de vida de los equipos y que no es necesario contar con personal que cuente con una elevada capacidad de análisis de fallos.

Entre las desventajas se puede mencionar la necesidad de poseer un *stock* de repuestos amplio debido a que algunos elementos de máquina son difíciles de obtener, los fallos pueden darse de manera imprevisto lo cual altera el programa de producción y se tiene muy poco tiempo para el reacondicionamiento de máquinas por lo que el mantenimiento puede ser de baja calidad.

1.1.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo puede definirse como las intervenciones realizadas constantemente de manera programada para verificar, corregir o sustituir elementos de máquinas, aunque estén funcionando de manera satisfactoria (Estupiñan y Saavedra, 2003).

El mantenimiento preventivo se describe como las actividades controladas por el tiempo y confiabilidad de elementos de máquinas que minimiza la ocurrencia de fallos y conservan un determinado nivel de disponibilidad de los equipos (Valdes y San Martín, 2009).

El mantenimiento preventivo según Cruz (2011) es aplicable cuando se conoce la relación duración-fallo de un elemento de máquina, como pueden ser las piezas mecánicas o electromecánicas sujetas a desgaste. Se considera como

ventaja al aplicar mantenimiento preventivo la disminución de paros imprevistos debido a la constante rotación de piezas gracias al estudio de tendencias en la probabilidad de fallo. Por otra parte, considera como desventaja el poco aprovechamiento de la vida útil de los elementos de máquina y el alto costo de mantener un *stock* de repuestos considerable.

1.1.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en el estudio de variables físicas como la temperatura, vibración, presión, entre otras, que indican el estado de operatividad de los equipos ayudado para esto de tecnología sofisticada que requiere de personal que cuente con conocimientos analísticos y técnicos avanzados (Valdes y San Martín, 2009).

El mantenimiento predictivo puede definirse como aquellas actividades que pueden llevarse a cabo sin necesidad de que se efectúe un paro en la máquina para obtener datos a través de mediciones que establezcan las condiciones en que trabaja una máquina y como un fallo al ser monitoreado evoluciona en el tiempo con la finalidad de proponer el momento correcto de su intervención para ser reparado (Estupiñan y Saavedra, 2003).

El mantenimiento predictivo consiste en ensayos no destructivos destinados a verificar el estado de los componentes de una máquina para la detección de averías de manera que puedan programarse las reparaciones de las mismas sin que se vea afectada la productividad de la empresa (Olarte , Botero y Cañon, 2010).

Los ensayos no destructivos más utilizados son: el análisis por ultrasonidos, la termografía, el análisis de aceite y el análisis de vibraciones en el cual se centrará esta investigación.

1.2. Análisis de vibraciones

La vibración mecánica es el parámetro más utilizado universalmente para monitorear la condición de la máquina, debido a que a través de ellas se pueden detectar la mayoría de los problemas que ellas presentan. Para Olarte , Botero y Cañon (2010) esta técnica de mantenimiento predictivo se basa en el estudio del comportamiento de las vibraciones de una máquina.

Las máquinas en su actividad normal generan algún tipo de vibración, al existir un fallo esta vibración cambia, al analizar dicha vibración de manera continua se podrá identificar el tipo de falla y donde ocurre para facilitar el diagnóstico y la reparación del equipo (Olarte , Botero y Cañon, 2010).

1.2.1. Las vibraciones

Una vibración puede definirse como un movimiento oscilatorio de magnitud mínima. “Todos los cuerpos presentan una señal de vibración en la cual plasman cada una de sus características.” (A-MAQ, 2005, p. 10). Cada máquina posee su propia señal de vibración y en ella se representa la información de cada uno de sus elementos.

1.2.2. Las máquinas y las vibraciones

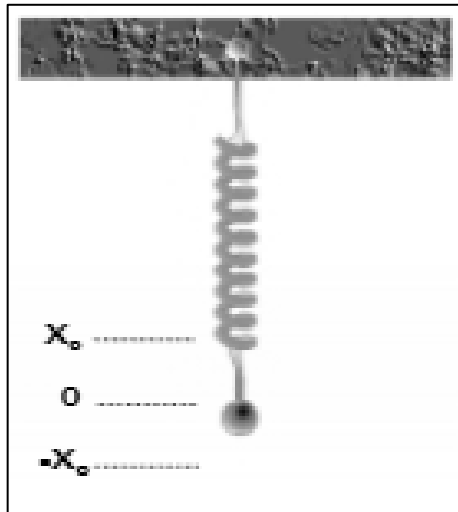
Una máquina ideal no produciría vibraciones, ya que toda la energía se emplearía en el trabajo a realizar (Catellanos y Sánchez, 2005). En la realidad las máquinas generan vibraciones debido a la transmisión de fuerzas a través de los diferentes mecanismos que la componen. A medida que las máquinas se desgastan generan cambios perceptibles en sus propiedades dinámicas.

Los cambios en el estado o condición de una máquina a menudo producen cambios en la vibración de la máquina, incluso las máquinas que se encuentran en óptimas condiciones de operación generan vibraciones debido a que no puede establecer un balanceo y alineamiento perfecto aunado a que la propia máquina genera vibraciones como parte de su trabajo.

1.2.3. Vibración simple

Las ondas senoidales son el fundamento de las señales de vibración en función del tiempo, estas son consideradas como oscilaciones puras. La figura 1 muestra una oscilación pura en la que un sistema masa resorte en la posición O neutral, es soltada desde una posición $-X_o$ hasta llegar a una posición X_o mostrando un movimiento armónico simple que tendrá una amplitud X_o .

Figura 1. **Sistema masa resorte**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

Si al sistema masa resorte de la figura 1 se le agrega un lápiz pegado a la masa y se coloca detrás del mismo un pliego papel que se mueve a velocidad constante hacia la izquierda este podrá marcar su posición describiendo una amplitud X_0 y una onda senoidal como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Onda senoidal

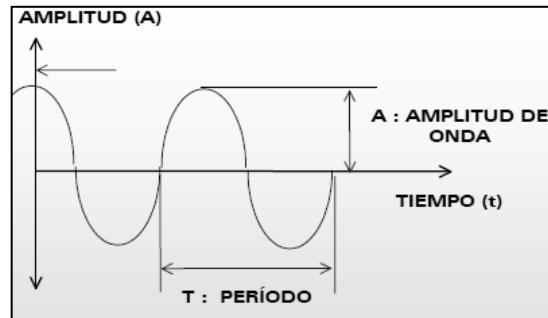


Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

El período de oscilación del sistema masa resorte se puede definir como el tiempo que tarda la masa en ir y regresar a la posición X_0 y se puede determinar que se complementó un ciclo.

Se puede describir la frecuencia como el número de veces que se repite un fenómeno por unidad de tiempo medido generalmente en Hz o CPM, estas variables se ejemplifican en la figura 3.

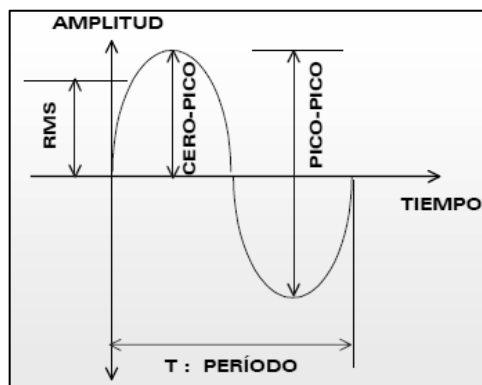
Figura 3. **Variables de onda**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

En las vibraciones se suele medir la amplitud en distintas variables, las más comunes son valores pico-pico cuando se evalúa desplazamiento, para velocidad y aceleración se utiliza cero-pico y RMS, las cuales se ejemplifican en la figura 4.

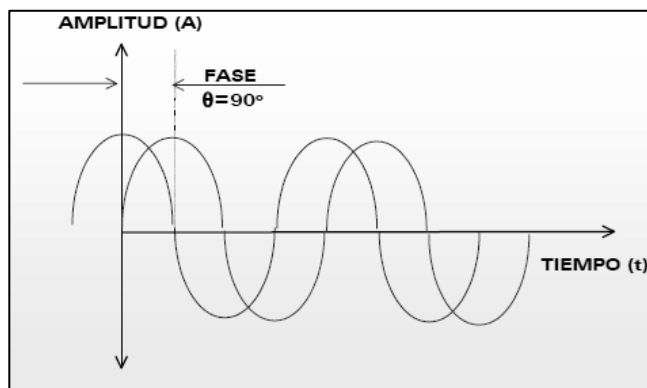
Figura 4. **Variables de amplitud en vibraciones**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

A la medida de tiempo entre dos señales se le llama fase la cual podría ser relativa o absoluta esta es medida generalmente en grados. La figura 5 ejemplifica dos señales senoidales desfasadas 90° que poseen igual amplitud y período.

Figura 5. **Ejemplificación desfase**

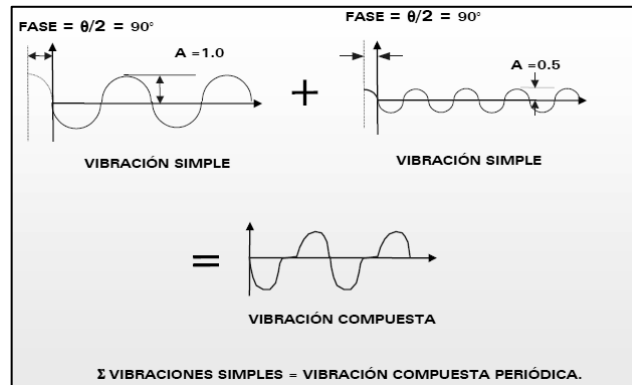


Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

1.2.4. Vibración compuesta

Las señales senoidales producidas por todos los elementos de la máquina acompañado de los golpeteos y vibraciones aleatorias son denominado señal compuesta, para su estudio estas se sumarán y presentarán una señal como la que se puede apreciar en la figura 6.

Figura 6. Vibración compuesta

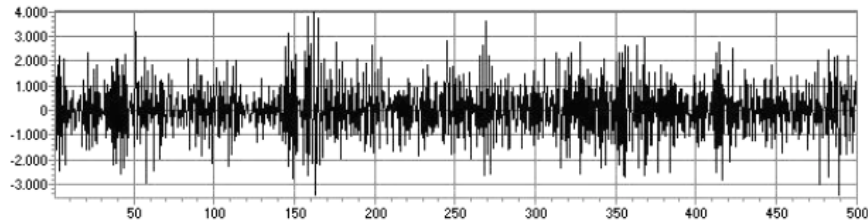


Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

1.2.5. Vibración aleatoria

Son aquellas vibraciones en las que se dificulta encontrar en que momento inicia o termina un ciclo o son señales inconsistentes que no responden a un patrón repetitivo.” Estas vibraciones están asociadas generalmente a turbulencia en *blowers* y bombas, a problemas de lubricación y contacto metal-metal en elementos rodantes o a cavitación en bombas” (A-MAQ, 2005, p. 13), en la figura 7 se presenta un gráfico en forma de onda que ejemplifica el fenómeno.

Figura 7. **Vibraciones aleatorias**

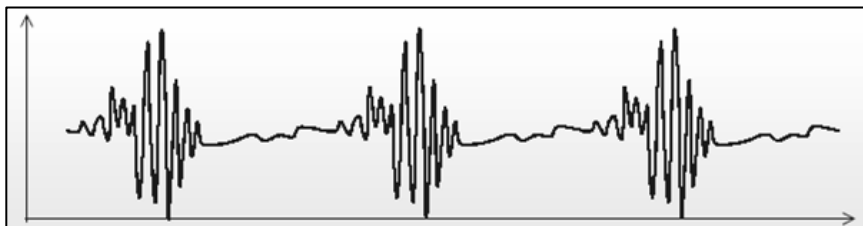


Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

1.2.6. **Golpeteo intermitente**

A diferencia de las vibraciones aleatorias los golpeteos intermitentes proporcionan señales repetitivas ya que son continuos, este tipo de señales se desvanece debido a la amortiguación del medio y debe ser medida en el espectro y no en el dominio del tiempo. “Estas se encuentran más comúnmente en los engranajes, en el paso de las aspas de un impulsor o ventilador” (A-MAQ, 2005, p. 13), en la figura 8 se ejemplifica este fenómeno.

Figura 8. **Golpeteo intermitente**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

1.2.7. Transformada de Fourier

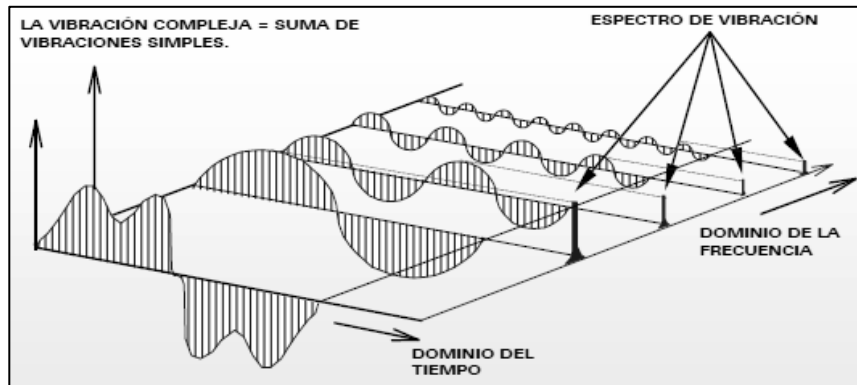
El realizar diagnósticos con las señales obtenidas en el dominio del tiempo se hace imposible debido a que estas se encuentran saturadas de información muy compleja de cada componente de la máquina, lo que complica distinguir un posible comportamiento característico para el análisis de equipos.

Debido a esto el matemático francés Jean Baptiste Fourier propone representar estas señales complejas en el dominio del tiempo a través de series en curvas senoidales con valores de amplitud y frecuencia específica. A la gráfica amplitud contra frecuencia que representa esta señal se le denomina espectro.

Un analizador de espectros de vibración que trabaja con la transformada rápida de Fourier obtiene todas las señales senoidales complejas emitidas por los elementos de máquina y a través del cálculo de series las representa de manera individual en una gráfica en el dominio de la frecuencia, los espectros son considerados la herramienta más efectiva para el análisis de maquinaria.

En la figura 9 se observa un gráfico en tres dimensiones en el que se presenta una vibración compleja en el eje X del dominio del tiempo, detrás de esta se presentan las vibraciones simples que dieron lugar a la misma. En el eje Z del dominio de frecuencias se presenta el espectro generado a través de la transformada rápida de Fourier de cada vibración simple. En el eje Y se presenta la amplitud de las señales emitidas por las vibraciones simples.

Figura 9. **Análisis de señales**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

Los espectros de vibraciones presentan cierto comportamiento dependiendo de la falla que ocurra en la máquina a continuación se detallan las más comunes.

1.2.8. Causas de las vibraciones mecánicas

Las principales causas de vibraciones en máquinas son:

- Desbalanceo
- Desalineación
- Excentricidad
- Holgura
- Resonancia
- Problemas estructurales
- Engranajes

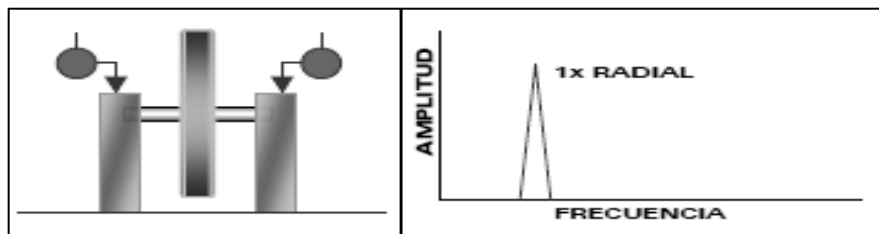
- Problemas en cojinetes

1.2.8.1. Desbalanceo

El desbalanceo es una de las causas con mayor posibilidad de que exista una vibración en la maquinaria, representando un 40 % aproximadamente de los casos (Estrada, 2008). Es uno de los fallos más comunes encontrados en los equipos mecánicos, no precisamente debe existir desbalanceo mecánico real ya que todas las formas de fallos generan algún tipo de desbalanceo.

La figura 10 muestra el espectro de vibraciones común en el dominio de la frecuencia de un fallo por desbalanceo en el cual se observa un pico de amplitud dominante en el 1X de la máquina medido en dirección radial.

Figura 10. **Espectro de desbalanceo**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

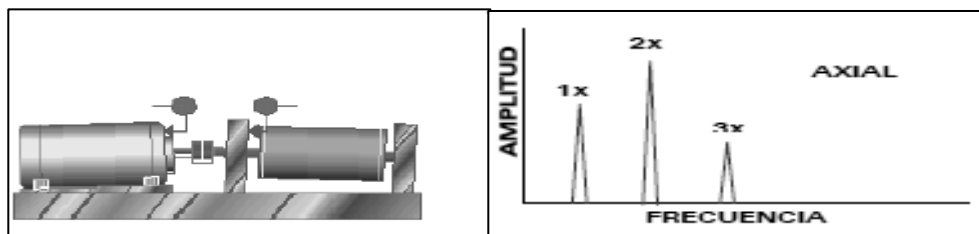
1.2.8.2. Desalineación

“La desalineación es uno de los problemas causantes y frecuentes de vibraciones en las máquinas industriales” (Estrada, 2008, p. 3), debido a la

dificultad que conlleva el alinear dos ejes con sus respectivos apoyos, por ello este defecto se presenta de manera continua en los conjuntos de máquinas.

La figura 11 muestra el espectro de vibraciones común en el dominio de la frecuencia de un fallo por desalineación en el cual se observa un pico de amplitud dominante en el 2X de la máquina acompañado de un 1X y 3X de amplitud elevada medido en dirección axial.

Figura 11. **Espectro de desalineación**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

1.2.8.3. Excentricidad

La excentricidad es una falla que se presenta cuando el centro de rotación no coincide con el centro geométrico de una polea o un engranaje, por su comportamiento puede ser confundido fácilmente con una falla por desbalanceo.

La figura 12 muestra el espectro de vibraciones común en el dominio de la frecuencia de un fallo por excentricidad en el cual se observa un pico de amplitud dominante en el 1X ya se dé un motor o ventilador medido en dirección radial medio en posiciones en ángulo de 90 ° con respecto al eje.

Figura 12. **Espectro de excentricidad**



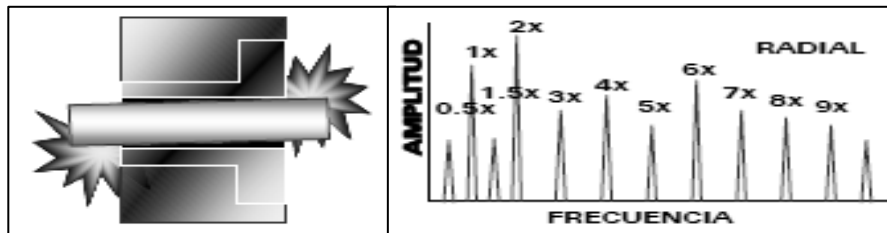
Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

1.2.8.4. Holgura

La holgura es una falla que se provoca debido a tolerancias de manufactura inadecuadas, estas pueden darse debido a aflojamiento de piezas, desprendimiento de material debido a excesiva fricción entre piezas móviles o un mal procedimiento al instalar chavetas en ejes.

La figura 13 muestra el espectro de vibraciones común en el dominio de la frecuencia de un fallo por holgura en el cual se observan armónicos de la 1X de la máquina en especial los que se observan en 0.5X, 1.5X y sus múltiplos, medidos en dirección radial.

Figura 13. **Espectro de holgura**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

1.2.8.5. Resonancia

La resonancia puede definirse como la excitación por agentes externos de la frecuencia natural del sistema compuesto por las características de la máquina como lo son la masa, rigidez y amortiguación, lo que provoca un aumento en la amplitud de la vibración que puede ser catastrófica con el paso del tiempo.

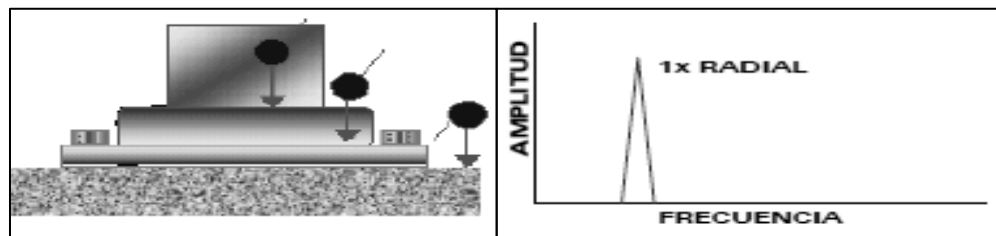
Cuando una resonancia es detectada se debe identificar el agente externo que la produce para posteriormente si es posible aislarlo o intentar modificar su velocidad de operación para corregir el fallo.

1.2.8.6. Problemas estructurales

Los fallos por holgura estructural se presentan comúnmente cuando existe algún tipo de ablandamiento en la estructura de la máquina, cuando los soportes de la máquina se encuentran desplazados, por holgura en los pernos de soporte debido al desajuste o por el deterioro de los mismos.

La figura 14 muestra el espectro de vibraciones común en el dominio de la frecuencia de un fallo por problemas estructurales en el cual se observa un pico de mayor amplitud a 1X de la máquina medido en dirección radial en los soportes de la misma.

Figura 14. **Espectro de problema estructural**

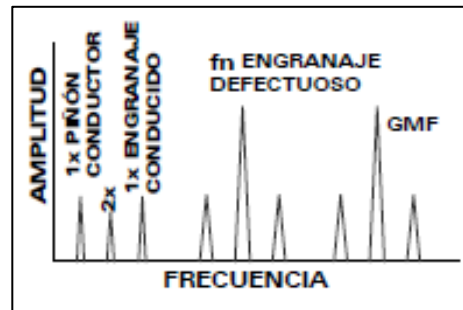


Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

1.2.8.7. **Engranajes**

Las máquinas industriales se ayudan de los engranajes para la transmisión de potencia a otro elemento de máquina Estrada (2008) define que “los engranajes y las cajas de engranajes usan marcas únicas de vibración que identifican tanto su funcionamiento normal como anormal” (p. 3). Es difícil de establecer el espectro de vibración que proporcione información relevante sobre el funcionamiento de engranajes, pero es una valiosa herramienta de monitoreo. La figura 15 muestra el espectro de vibraciones común en el dominio de la frecuencia de un fallo por desgaste de dientes de engranajes en el cual se observan bandas laterales en la amplitud producida por la frecuencia natural de vibración del engrane afectado y por la frecuencia de engranaje GMF.

Figura 15. **Espectro de desgaste en dientes de engranaje**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

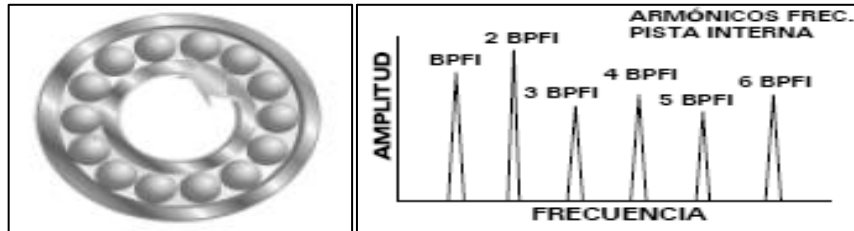
1.2.8.8. Problemas en cojinetes

Los cojinetes son elementos importantes de máquina, el fallo de estos provoca problemas severos, por ellos se hace necesario su monitoreo Estrada (2008) indica que los fallos más comunes en cojinetes se dan por “error en montaje, lubricación inadecuada, defectos internos en la fabricación, corriente eléctrica, desalineación y rodamiento no preparado para la carga que soporta” (p. 3).

Los cojinetes pueden presentar distintos fallos ya sea en la pista interna, en la pista externa o en los elementos rodantes a continuación se detallarán los espectros de vibración que presentan estos fallos.

La figura 16 muestra el espectro de vibraciones común en el dominio de la frecuencia de un fallo en la pista interna del cojinete en el cual se observa una serie de armónicos que presentan picos predominantes en la amplitud a 1X y 2X la frecuencia de falla de la pista interna BFI medida en dirección radial.

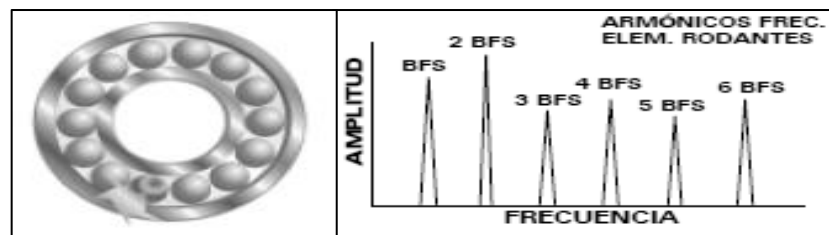
Figura 16. **Espectro de falla en pista interna de cojinetes**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

La figura 17 muestra el espectro de vibraciones común en el dominio de la frecuencia de un fallo en la pista externa del cojinete en el cual se observa una serie de armónicos que presentan picos predominantes en la amplitud a 1X y 2X la frecuencia de falla de la pista externa medida BFS en dirección radial.

Figura 17. **Espectro de falla en pista externa de cojinetes**

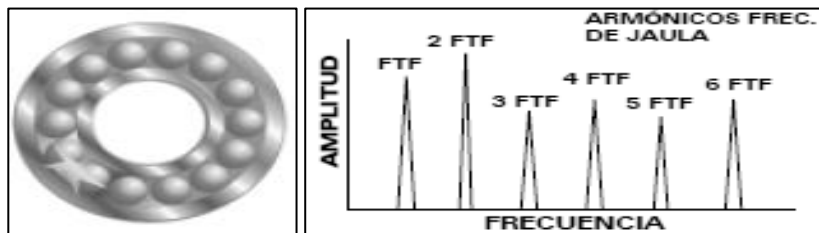


Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

La figura 18 muestra el espectro de vibraciones común en el dominio de la frecuencia de un fallo en los elementos rodantes del cojinete en el cual se observa

una serie de armónicos que presentan picos predominantes en la amplitud a 1X y 2X la frecuencia de falla de los elementos rodantes FTF medida en dirección radial.

Figura 18. **Espectro de falla de elementos rodantes**



Fuente: A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Consultado el 13 de septiembre de 2020. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.

1.3. **Instrumentación para medir vibraciones**

La monitorización del estado de los elementos de máquina requiere de datos confiables por lo que se hace indispensable seleccionar el dispositivo correcto para la recolección de datos ya que de ellos depende el que una máquina sea detenida para ser reacondicionada.

Entre los dispositivos que pueden seleccionarse para la adquisición de datos se encuentran los acelerómetros, velocímetros y transductores de desplazamiento, estos se utilizan para tomar datos del movimiento absoluto de la superficie vibrante.

1.3.1. Dispositivos de medición

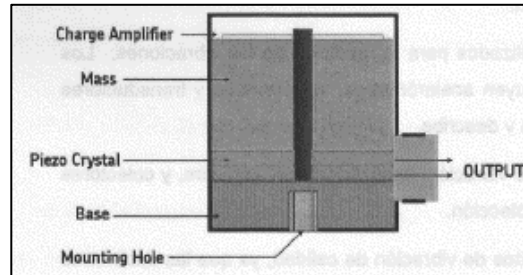
Los transductores, censan y convierten el movimiento mecánico en una señal eléctrica a escala. Los transductores deberán colocarse en un lugar estratégico en la máquina a analizar para que se realice el monitoreo de condiciones de los elementos que la componen.

1.3.1.1. Acelerómetros

Son dispositivo que transforman la aceleración de gravedad, en una señal eléctrica analógica proporcional a la fuerza aplicada en el sistema Pernia-Márquez (2004) afirma que “los acelerómetros son dispositivos para medir aceleración y vibración” (p. 12).

Los acelerómetros son los transductores más utilizados para la medición de vibraciones, debido a su relativa simplicidad, robustez y confiabilidad. En la figura 19, se puede observar la típica configuración de un acelerómetro, una masa de unos pocos gramos se sostiene por un cristal piezoeléctrico, estos debido a sus características si son comprimidos generan una carga eléctrica que es amplificada en una señal más utilizable.

Figura 19. **Acelerómetro**

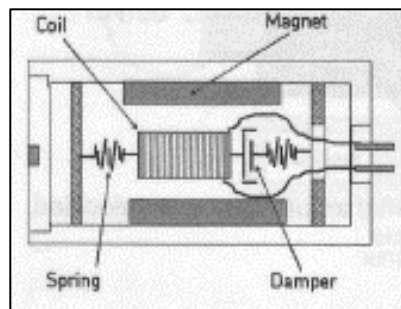


Fuente: SKF. (2011). *Análisis de vibraciones nivel: 1*. Consultado el 22 de septiembre de 2020.
Recuperado de <https://skf-la.com/cursos/analisis-de-vibraciones-nivel-1/>.

1.3.1.2. **Transductor de velocidad**

Los transductores de velocidad son considerados tecnología obsoleta. La composición de un transductor de velocidad se puede visualizar en la figura 20. Se observa que está compuesto por una bobina que rodea un elemento magnético que se encuentra en suspensión. El transductor percibe la tensión que se genera por acción de la bobina y el imán por el movimiento relativo de ambos.

Figura 20. **Transductor de velocidad**

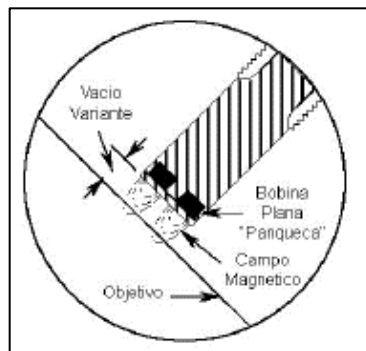


Fuente: SKF. (2011). *Análisis de vibraciones nivel: 1*. Consultado el 22 de septiembre de 2020.
Recuperado de <https://skf-la.com/cursos/analisis-de-vibraciones-nivel-1/>.

1.3.1.3. Sonda de desplazamiento

De acuerdo con Pernia-Márquez (2004) “son dispositivos de desplazamiento sin contacto, que miden directamente la posición de un eje giratorio con respecto a un punto fijo” (p. 9). Los cambios que se dan en la posición del eje proporcionan una indicación directa de la vibración. En la figura 21 se observa que esta sonda esta provista de una bobina encapsulada en su punta la cual al ser excitada con una señal de alta frecuencia genera un campo electromagnético.

Figura 21. **Esta sonda tiene muy buena aceptación en la industria debido a su simplicidad y confiabilidad de operación y debido a que se pueden instalar en campos accidentados**Sonda de desplazamiento



Fuente: Pernia-Márquez, D. (2004). *Introducción a la medición de vibración*.

1.3.2. Instrumentos para el monitoreo de análisis de vibraciones

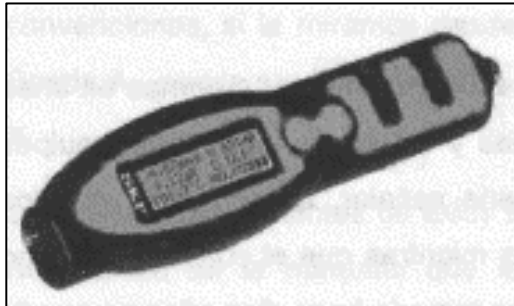
Existen distintos instrumentos para monitorear vibraciones en equipo, entre los que podemos encontrar:

- Medidores manuales
- Colectores de datos portátiles

1.3.2.1. Medidores manuales

Este tipo de medidores son simples, realizan mediciones globales de vibración que proporcionan las condiciones en las que se encuentra operando la máquina, la información obtenida no será lo suficientemente detallada. Estos equipos nos ayudaran a detectar un fallo que deberá ser analizado por un especialista con equipo más sofisticado. En la figura 22 se observa un medidor manual de vibraciones.

Figura 22. **Medidor manual**



Fuente: SKF. (2011). *Análisis de vibraciones nivel: 1*. Consultado el 22 de septiembre de 2020.
Recuperado de <https://skf-la.com/cursos/analisis-de-vibraciones-nivel-1/>.

1.3.2.2. Colector de datos portátil

Estos instrumentos poseen un software que permite la interacción entre el dispositivo, las instalaciones de almacenamiento y procesamiento de datos, pueden ser utilizados para adquirir gráficos de vibraciones a través de una sonda

o transductor que se conecta a la máquina a través de cableado. En la figura 23 se observa un colector de datos portátil

Figura 23. **Colector de datos portátil**



Fuente: SKF. (2011). *Análisis de vibraciones nivel: 1*. Consultado el 22 de septiembre de 2020.
Recuperado de <https://skf-la.com/cursos/analisis-de-vibraciones-nivel-1/>.

1.4. Motores eléctricos

Los motores eléctricos pueden considerarse como máquinas electromecánicas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica, pudiendo dividirse en dos grupos, de corriente alterna y de corriente directa. El motor de corriente alterna pueden dividirse a su vez en motores monofásicos o polifásicos.

Los motores polifásicos pueden clasificarse como síncronos o de inducción, estos últimos a su vez pueden dividirse por el tipo de rotor que utilizan siendo este devanado o de jaula de ardilla. Los motores inducidos con rotor de jaula de ardilla son los de mayor aplicación en las industrias debido a su simplicidad, confiabilidad y bajo nivel mantenimiento.

Entre las partes principales que componen un motor eléctrico inducido de jaula de ardilla podemos encontrar:

- Rotor
- Estator
- Carcasa
- Cuna de cojinetes
- Cojinetes
- Caja de conexiones
- Ventilador de refrigeración
- Anclajes

En la figura 24, se observa un motor eléctrico de inducción de jaula de ardilla con un corte en su sección transversal.

Figura 24. **Motor seccionado transversalmente**



Fuente: ABB. (2019). *Catalogo Baldor Electric*.

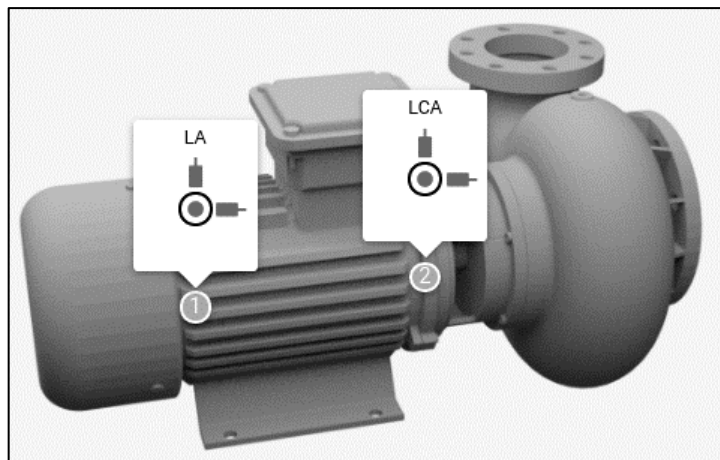
1.4.1. Puntos de inspección de vibraciones

En los motores eléctricos es recomendable que los puntos de inspección coincidan con la línea central de los cojinetes, colocando el transductor sobre la carcasa sólida del motor en las posiciones horizontal, vertical y axial de cada cojinete.

Los puntos de inspección deberán ser marcados en el motor eléctrico, para que los datos sean tomados en la misma ubicación, de esta manera obtendremos datos confiables, teniendo en cuenta que estos puntos deben de ser seleccionados garantizando que sean los más seguros para el equipo y el personal, evitando zonas calientes o elementos rotativos del motor eléctrico.

En la figura 25, se presentan los puntos en la carcasa dura del motor eléctrico donde se debe de colocar el transductor en las posiciones sugeridas anteriormente.

Figura 25. Puntos de colocación del transductor



Fuente: Power-mi. (2018). *Análisis de vibraciones*.

1.4.2. Fallos detectables con análisis de vibraciones

Algunos de los fallos típicos que se pueden detectar con monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones en los motores eléctricos son los siguientes:

- Desbalanceo
- Desalineación
- Excentricidad
- Holguras
- Resonancia
- Problemas estructurales
- Problemas eléctricos
- Problemas en cojinetes

1.4.2.1. Desbalanceo

El desbalanceo en motores eléctricos generalmente se presenta por alguno de los siguientes motivos.

- Chavetas fuera de especificación
- Deformación del rotor
- Desgaste del ventilador de refrigeración
- Desgaste de acoplamiento
- Montaje inadecuado del ventilador de refrigeración
- Balanceo inadecuado

1.4.2.2. Desalineación

La desalineación en motores eléctricos generalmente se presenta por alguno de los siguientes motivos.

- Alineación inadecuada
- Dilatación térmica
- Desgaste en acoples
- Desviaciones en las bases del motor
- Fatiga en los soportes

1.4.2.3. Excentricidad

La excentricidad en motores eléctricos generalmente se presenta por alguno de los siguientes motivos.

- Desmedido desgaste en cunas de cojinetes
- Desgaste en cojinetes
- Mala alineación entre cunas de cojinetes
- Deformación del rotor
- Excentricidad en poleas

1.4.2.4. Holgura

La holgura en motores eléctricos generalmente se presenta por alguno de los siguientes motivos.

- Desgaste en cunas de cojinetes
- Ajuste inadecuado de las partes del motor eléctrico

1.4.2.5. Resonancia

Los problemas de resonancia en motores eléctricos generalmente se presentan por alguno de los siguientes motivos.

- En motores de velocidad variable operar próxima a una velocidad critica.
- Operar próximo a la frecuencia natural del sistema
- Cambios de rigidez en el sistema

1.4.2.6. Problemas estructurales

Los problemas estructurales en motores eléctricos generalmente se presentan por alguno de los siguientes motivos.

- Pernos de anclaje en mal estado o deficientes
- Pernos de anclaje desajustados
- Bases de motor fatigadas por oxidación

1.4.2.7. Problemas eléctricos

Los problemas eléctricos en motores eléctricos generalmente se presentan por alguno de los siguientes motivos.

- Barras de rotor separadas o rotas
- Sobrecarga
- Defectos en aislamiento
- Abuso en el arranque y parada del motor
- Problemas en variadores de frecuencias
- Energía eléctrica suministrada de baja calidad

1.4.2.8. Problemas en cojinetes

Los problemas de cojinetes en motores eléctricos generalmente se presentan por alguno de los siguientes motivos.

- Exceso de lubricación
- Falta de lubricación
- Lubricante de mala calidad
- Lubricante inadecuado de acuerdo a la aplicación
- Operar con vibración excesiva
- Mal montaje
- Precarga en cojinete inadecuada
- Desgaste en cunas de cojinetes

1.5. Norma ISO 10816-1

Esta norma establece las condiciones y procedimientos para la medición y evaluación de la vibración, utilizando mediciones realizadas sobre partes no rotativas de las máquinas. El criterio general de evaluación se basa tanto en la monitorización operacional como en las pruebas de validación que han sido establecidas fundamentalmente con objetivo de garantizar el funcionamiento confiable de la máquina a largo plazo.

La norma ISO 10816 contiene un estándar que consta de cinco partes que se describen en la tabla I.

Tabla I. **Partes estándar de la norma ISO 10816**

Categoría	Característica
Parte I	Indicaciones generales.
Parte II	Turbina de vapor y generadores que superen los 50MW. Con velocidades típicas de trabajo de 1,500, 1,800, 3,000 y 3,600 CPM.
Parte III	Maquinaria industrial con potencia nominal por encima de 15 KW y velocidades entre 120 y 15,000 CPM.
Parte IV	Conjuntos movidos por turbinas de gas excluyendo las empleadas en aeronáutica.
Parte V	Conjuntos de máquinas de planta de hidrogenación y bombeo.

Fuente: Norma ISO 10816-1. (1995). *Evaluación de vibraciones mecánicas, de la máquina por medio de mediciones en las partes no-rotativas.*

Los criterios de vibración de este estándar se aplican a un conjunto de máquinas con potencias superiores a 15 KW. y velocidades de entre 120 y 15,000 CPM. Los criterios son solo aplicables para vibraciones producidas por la propia máquina y no para vibraciones que son transmitidas a la máquina desde fuentes externas. El valor eficaz, RMS, de la velocidad de la vibración se utiliza para determinar la condición de la máquina, este valor se puede determinar con casi todos los instrumentos convencionales para la medición de la vibración.

Las mediciones deben realizarse cuando el rotor y los descansos principales han alcanzado sus temperaturas estacionarias de trabajo y con la máquina funcionando con condiciones nominales y específicas.

La severidad de la vibración se agrupa conforme a parámetros, algunos son:

- Tipo de máquina
- Potencia o altura del eje

- Flexibilidad del soporte

1.5.1. Clasificación de acuerdo al tipo de máquina

Las significativas diferencias en el diseño, tipos de descanso y estructuras de la máquina, requieren una división en grupos, las máquinas de estos grupos pueden tener eje horizontal, vertical o inclinado y además pueden estar montados en soportes rígidos o flexibles. En la tabla II se describe cada grupo.

Tabla II. División de las máquinas en grupos

Clasificación	Características
Grupo I	Máquinas rotativas grandes con potencia superior a 300 KW, máquinas eléctricas con altura de eje mayor o iguales a 315 mm ($H \geq 315$ mm).
Grupo II	Máquinas rotativas medianas con potencia entre 15 y 300 KW, máquinas eléctricas con altura de eje mayor o igual a 160 mm y menor o igual a 315 mm ($160 \leq H \leq 315$ mm).
Grupo III	Bombas con impulsor de múltiples alabes y con motor separado; flujo centrífugo, axial o mixto, con potencia superior a 15 KW.
Grupo IV	Bombas con impulsor de múltiples alabes y con motor integrado; flujo centrífugo, axial o mixtos, con potencia superior a 15 KW.

Fuente: Norma ISO 10816-1. (1995). *Evaluación de vibraciones mecánicas, de la máquina por medio de mediciones en las partes no-rotativas.*

La altura H del eje de una máquina está definida como la distancia medida entre la línea del centro del eje y el plano de la base de la máquina.

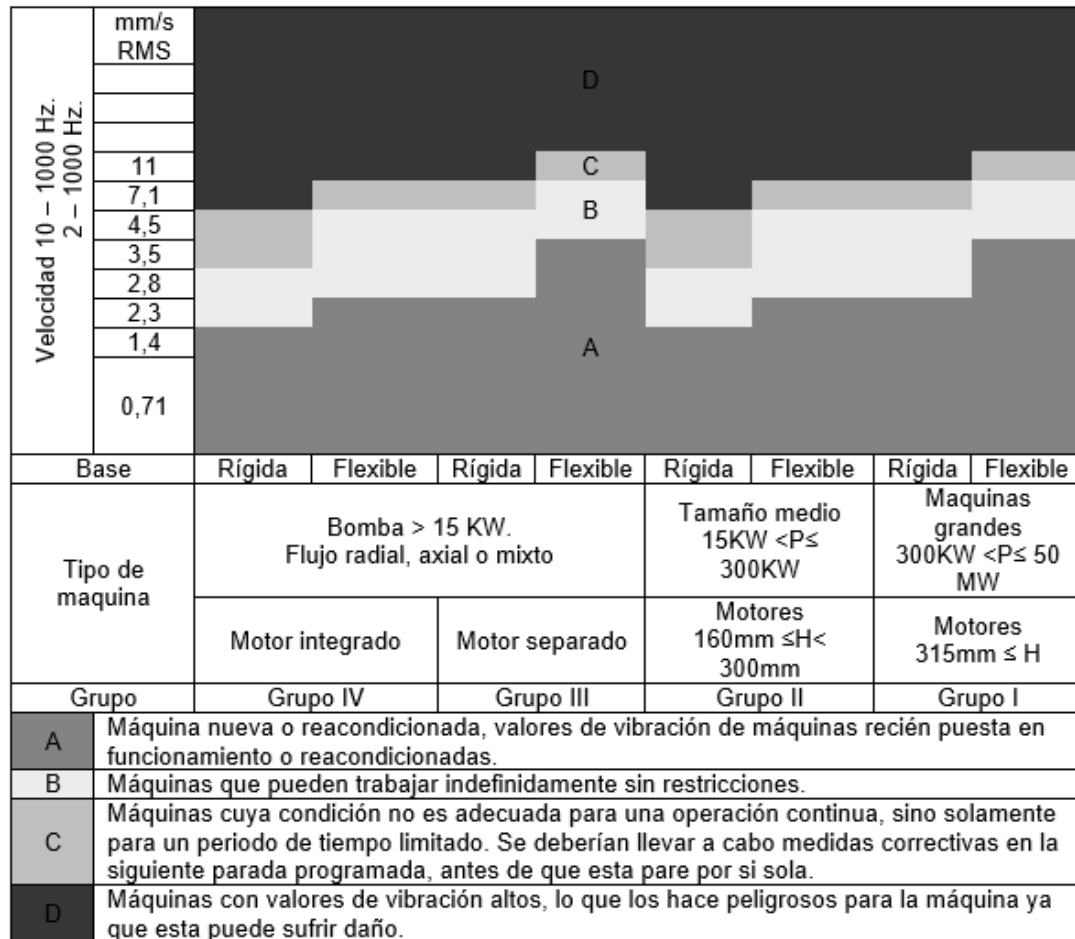
La altura H del eje de una máquina sin soportes o de una máquina con pies levantados o cualquier máquina vertical, se debe tomar como la altura del eje de una máquina horizontal en el mismo marco básico. Cuando el soporte es desconocido, la mitad del diámetro de la máquina puede ser utilizado.

1.5.2. Clasificación según la flexibilidad del soporte

Si la primera frecuencia natural del sistema máquina-soporte en la dirección de la medición es mayor que su frecuencia principal de excitación en al menos un 25 %, entonces, el sistema soporte puede ser considerado rígido en esa dirección. Todos los otros sistemas soporte pueden ser considerados flexibles. En algunos casos el sistema máquina-soporte puede ser considerado rígido en una dirección de medición y flexible en la otra.

Sí la primera frecuencia natural en la dirección vertical es mayor que la frecuencia principal de excitación y la frecuencia natural horizontal es considerablemente menor, tal sistema sería considerado rígido en el plano vertical y flexible en el plano horizontal. En estos casos, la vibración debe ser evaluada de acuerdo con la clasificación del soporte que corresponda en la dirección de la medición. La figura 26 muestra la severidad de vibración según norma ISO 10816.

Figura 26. Severidad de vibración según norma ISO 10816



Fuente: Norma ISO 10816-1. (1995). *Evaluación de vibraciones mecánicas, de la máquina por medio de mediciones en las partes no-rotativas.*

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

En las secciones siguientes se describirá el equipo en el que se realizó la propuesta de monitoreo de condiciones, se presentarán los datos que contribuirán a realizar un análisis de los fallos de mayor incidencia para poder utilizar esta información como referencia para definir los componentes a utilizar para realizar la automatización del proceso de toma de datos para su monitoreo utilizando análisis de vibraciones.

2.1. Descripción del equipo

La propuesta de diseño se realizó en un motor eléctrico de inducción con rotor de jaula de ardilla. Un motor eléctrico es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica bajo el principio de inducción electromagnética. Se seleccionó un motor de jaula de ardilla debido a que son máquinas relativamente simples y confiables. El motor eléctrico en el que se realizó la propuesta cuenta con un registro de activo el cual se presenta en la tabla III.

Tabla III. Identificación de activo

Identificación de la máquina	Motor eléctrico Baldor		
Descripción de la máquina	Motor molino de la trituradora		
Código de la máquina	MTN01	Orientación	Horizontal
Aplicación	Transmisión de potencia	Montaje	Rígido
Horas que trabaja al día	12 h.	Importancia del proceso	Alta

Fuente: elaboración propia.

En la figura 27, se muestra la placa de datos del activo la cual nos presenta las características con las que cuenta el motor eléctrico en el que se realizó la propuesta.

Figura 27. Placa de datos del motor

CAT NO	CECP4406T-4	SPEC NO.	A44-5421-1778
HP	150	AMPS	169
VOLTS	460	DESIGN	B
FRAME	445TC	RPM	1785
HZ	60	AMB	40
SF	1.15	PH	3
D.E. BRG. DATA	6318	O.D.E. BRG. DATA	6318
D.E. BRG.	90BC03J30X	TYPE	P
O.D.E. BRG.	90BC03J30X	ENCL	TEFC
3/4 LOAD EFF.	96.1	POWER FACTOR	86
MAX CORR KVAR	30.0	NEMA NOM EFFICIENCY	95.8
TEMP CODE	T3	GUARANTEED EFFICIENCY	95
CHP HZ	60-90	CT HZ	15-60
VT HZ	0-60		
INVERTER-TEMP-CODE	T3		
SER.NO.		MOTOR WEIGHT	

Fuente: ABB. (2019). *Paquete de información de producto*.

Con la información que se obtuvo de la placa de datos se seleccionaron las características más representativas para el monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones y se presentan en la tabla IV.

Tabla IV. Información de activo

Identificación de la máquina	Motor eléctrico Baldor		
Fabricante	Baldor	KW/HP	112 / 150
Modelo	CECP4406T-4	Armazón	445TC
Voltaje nominal	460 V. AC	Corriente nominal	169 A.
Cuchillas de ventilador	Si	Acoplamiento	Rígido
Alimentación	60Hz	RPM de salida medidas	1785

Fuente: elaboración propia.

En la figura 28, se observa el motor eléctrico en el que se realizó la propuesta de diseño de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

Figura 28. **Motor electico Baldor**



Fuente: ABB. (2018). *Catalogo Baldor Electric.*

2.2. Historial de mantenimiento del motor

El motor eléctrico Baldar forma parte de la trituradora de neumáticos desde enero del año 2017, debido a que no cuenta con monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones el historial se obtiene al fallo del equipo, implementando de esta forma únicamente mantenimiento correctivo no programado.

El incurrir únicamente en mantenimiento correctivo no programado hace que no exista una garantía del tiempo que puede llevar la corrección de un fallo, lo cual se expone en el apéndice 1 que contiene el historial de mantenimiento del motor eléctrico desde enero del año 2017 hasta diciembre del año 2019. A

continuación, la tabla V, presenta un resumen con los datos más relevantes del apéndice 1.

Tabla V. **Historial de fallos**

No. de fallas	Año/semana	T. paro (h)	Causas
1	2017 / 5	13.67	Cojinetes de motor
1	2017 / 8	4.35	Por accionamiento de stop
1	2017 / 13	3.95	Disparo de motor
1	2017 / 15	9.77	Falla a tierra en motor
1	2017 / 23	12.38	Cojinetes de motor
1	2017 / 24	3.72	Disparo de motor
1	2017 / 31	1.85	Lubricación
1	2017 / 34	3.69	Disparo de motor
1	2017 / 35	3.75	Disparo de motor
1	2017 / 51	13.28	Cojinetes de motor
1	2018 / 5	8.83	Falla a tierra en motor
1	2018 / 19	4.13	Por accionamiento de stop
1	2018 / 20	12.62	Cojinetes de motor
1	2018 / 24	7.25	Paro de motor
1	2018 / 27	3.72	Disparo de motor
2	2018 / 45	15.75	Lubricación / Cojinetes de motor
2	2018 / 46	6.57	Disparo de motor / Estructural
1	2018 / 51	3.95	Por accionamiento de stop
2	2019 / 8	24.31	Cojinetes de motor / Falla a tierra en motor
1	2019 / 18	1.77	Lubricación
1	2019 / 19	12.42	Cojinetes de motor
1	2019 / 34	2.65	Estructural
1	2019 / 48	12.22	Cojinetes de motor

Fuente: elaboración propia.

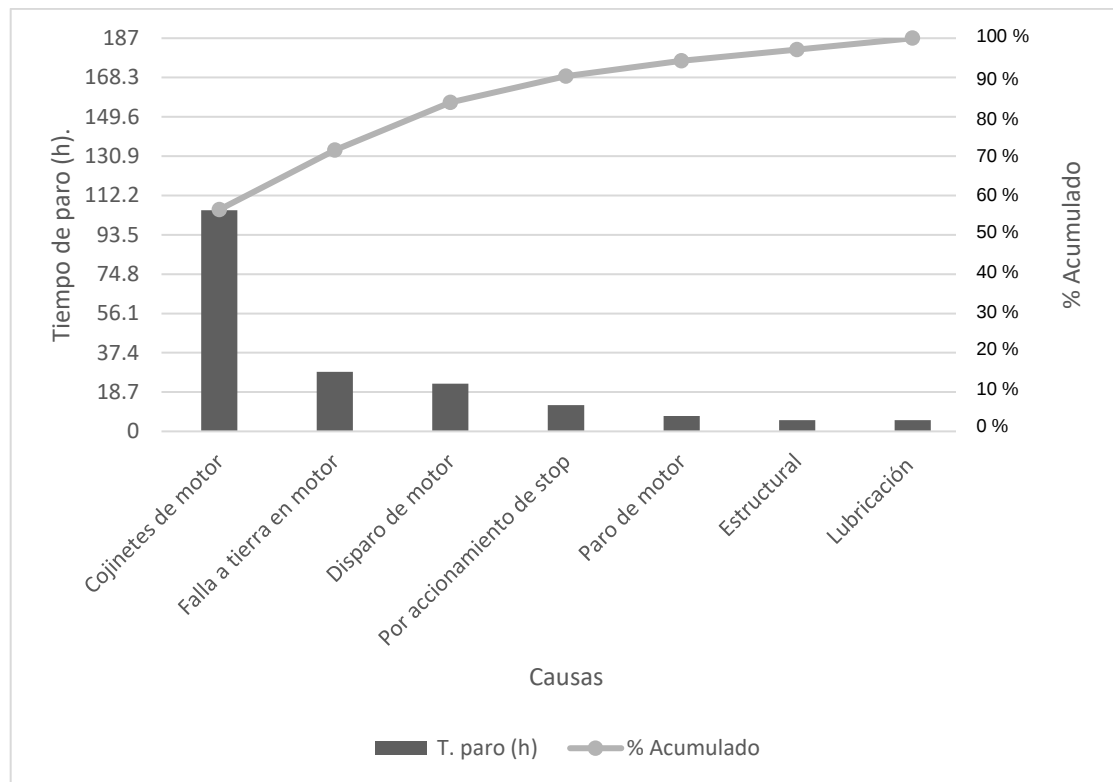
Con el historial de mantenimiento que se obtuvo de la tabla IV, se realizó un análisis del equipo tomando como referencia las causas y el tiempo de paro con la finalidad de obtener un gráfico de Pareto que permita asignar un orden de prioridades para enfocar en dicha causa la propuesta de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones en el motor eléctrico. En la tabla VI se proporcionan los datos necesarios para crear el gráfico de Pareto.

Tabla VI. **Análisis de fallos**

Causas	T. paro (h)	%	% Acumulado
Cojinetes de motor	105.24	56 %	56 %
Falla a tierra en motor	28.28	16 %	72 %
Disparo de motor	22.68	12 %	84 %
Por accionamiento de stop	12.43	6 %	90 %
Paro de motor	7.25	4 %	94 %
Estructural	5.37	3 %	97 %
Lubricación	5.35	3 %	100 %
Total general	186.6	100 %	

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Gráfico de Pareto 2017 - 2019**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 29, se observa que la causa más significativa de fallo se produce en los cojinetes del motor siendo esta nuestra prioridad a corregir.

Con los datos obtenidos del análisis de fallas se evidencio que el fallo más recurrente y de mayor tiempo de paro es el de cojinetes, debido a la falta de monitoreo de vibraciones del motor eléctrico.

Con base en estos datos se seleccionaron los componentes para la propuesta de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

2.3. Componentes para la automatización del monitoreo del motor

A continuación, enlistan y se detallan los componentes que se utilizaron para realizar la propuesta con base en que el fallo a monitorear es el de cojinetes del motor eléctrico.

- Transductor de vibraciones
- PLC
- Torreta de alarma
- Cable
- HMI
- Gabinete
- Bornera

Para llevar a cabo la propuesta de automatización es necesario que se seleccione un transductor de vibraciones, con el análisis de indicadores se observó que el monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones debe enfocarse en las fallas de cojinetes por lo que se debe adquirir un transductor

que posea la capacidad de percibir cambios en la vibración del equipo referente a este fallo y que cumpla con la norma ISO 10816-1.

Acompañado del transductor se debe seleccionar un PLC, que es una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para el control de un proceso, por esto se debe optar por un equipo diseñado específicamente para la aplicación de mantenimiento, que facilite la combinación de los distintos elementos a utilizar creando un sistema de monitoreo de condiciones eficiente.

Para que exista una interacción entre el operador y el proceso a automatizar se debe utilizar un HMI, que es un panel de instrumentos utilizado para controlar el monitoreo de condiciones, ya que mostrara en tiempo real las variables de vibraciones del motor eléctrico.

Se debe contar con una señal visual dirigida hacia los operadores y personal de la planta del estado en el que se encuentra operando el motor eléctrico, para ello se ha seleccionado para la propuesta una torreta de alarma la cual podría ser controlada por el PLC o proveniente de la señal del transductor de vibraciones.

Para realizar las distintas conexiones entre elementos se utilizará cable, en los PLC se utilizan los cables eléctricos para la transmisión de datos a través de un filtrado de frecuencias, para lo que se hace necesario separar la información digital de la señal eléctrica que sirve para sustentar los elementos eléctricos del equipo.

Para evitar la realización de empalmes en las conexiones eléctricas se plantea utilizar borneras que son conectores eléctricos en los que un cable o una

de serie de cables puede aprisionarse contra una pieza metálica mediante el uso de elementos de sujeción.

Para efectuar la instalación del PLC y los distintos elementos que componen las conexiones destinadas para el monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones en el motor eléctrico se recomienda utilizar un gabinete que resguarde tanto el equipo como a operarios y personal de la planta.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos para determinar el estado en el que se encuentra operando el motor eléctrico sin monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones para ello debemos evaluar la eficiencia global del equipo.

3.1. Eficiencia global del equipo

Para determinar la eficiencia global del motor eléctrico se realizó un análisis de datos, para este cálculo se utilizó la ecuación 1 que se expresa a continuación.

$$OEE = D \times E \times C [1]$$

Donde:

OEE = eficiencia global del equipo

D = disponibilidad

E = eficiencia

C = calidad, siendo esta para el caso evaluado de 100 %

Por lo cual se necesitó obtener la disponibilidad y la eficiencia del motor eléctrico. Estos indicadores se obtuvieron a partir de los datos tabulados en el apéndice 1.

3.1.1. Disponibilidad

Para realizar el cálculo de la disponibilidad del equipo se debe utilizar la ecuación 2.

$$D = \frac{Pe - Ti}{Pe} [2]$$

Donde:

D = disponibilidad en %

Pe = período evaluado, siendo este de 64 horas a la semana para el motor eléctrico

Ti = tiempo indisponible, siendo este el tiempo de paro

En la tabla VII, se presenta la disponibilidad del motor eléctrico por ocasión de fallo en años semana entre el período de enero del año 2017 hasta diciembre del año 2019.

Tabla VII. Disponibilidad

Año/semana	T. de paro (h)	Disponibilidad
2017 / 5	13.67	79 %
2017 / 8	4.35	93 %
2017 / 13	3.95	94 %
2017 / 15	9.77	85 %
2017 / 23	12.38	81 %
2017 / 24	3.72	94 %

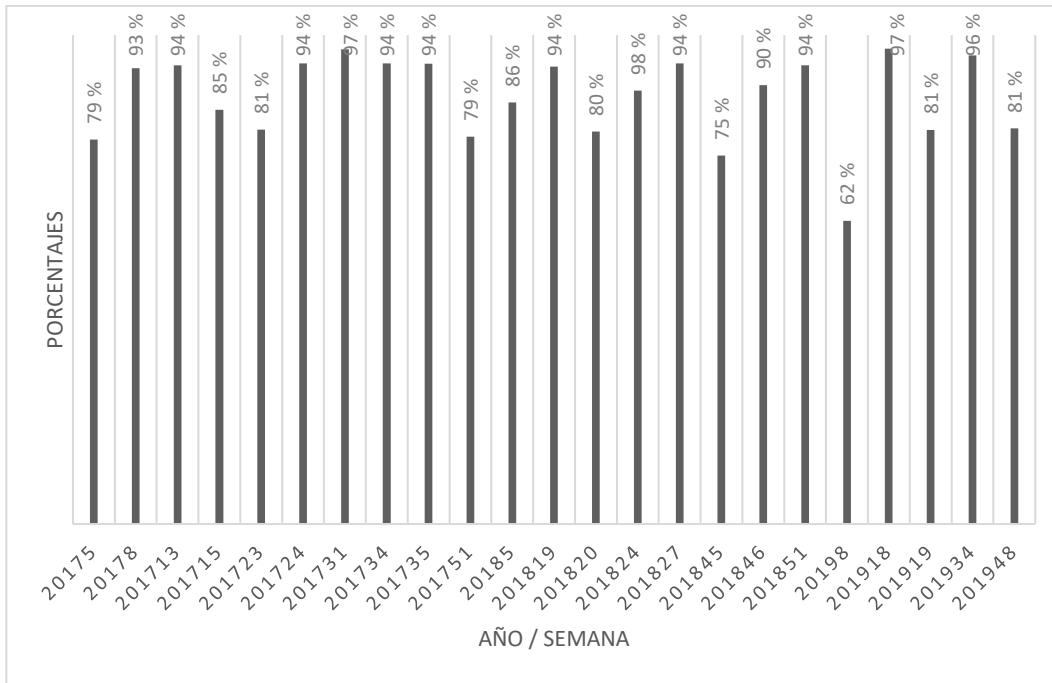
Continuación tabla VII.

Año/semana	T. de paro (h)	Disponibilidad
2017 / 31	1.85	97 %
2017 / 34	3.69	94 %
2017 / 35	3.75	94 %
2017 / 51	13.28	79 %
2018 / 5	8.83	86 %
2018 / 19	4.13	94 %
2018 / 20	12.62	80 %
2018 / 24	7.25	89 %
2018 / 27	3.72	94 %
2018 / 45	15.75	75 %
2018 / 46	6.57	90 %
2018 / 51	3.95	94 %
2019 / 8	24.31	62 %
2019 / 18	1.77	97 %
2019 / 19	12.42	81 %
2019 / 34	2.65	96 %
2019 / 48	12.22	81 %

Fuente elaboración propia.

En la figura 30, se observa un gráfico de barras que ilustra los datos obtenidos en la tabla VI, en la que se evidencia que la disponibilidad más baja se presenta en la fecha en que tiene ocasión un fallo de cojinetes en el motor eléctrico.

Figura 30. Disponibilidad 2017 - 2019



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Eficiencia

Para realizar el cálculo de la eficiencia del equipo se debe utilizar la ecuación 3.

$$E = \frac{Pr}{Cp} [3]$$

Donde:

E = eficiencia en %

Pr = producción real, siendo esta el acumulado en la semana en la que ocurrió un fallo

Cp = capacidad productiva, siendo esta de 128 toneladas por semana

En la tabla VIII, se presenta la eficiencia del motor eléctrico por ocasión de fallo en años semana entre el período de enero del año 2017 hasta diciembre del año 2019.

Tabla VIII. **Eficiencia**

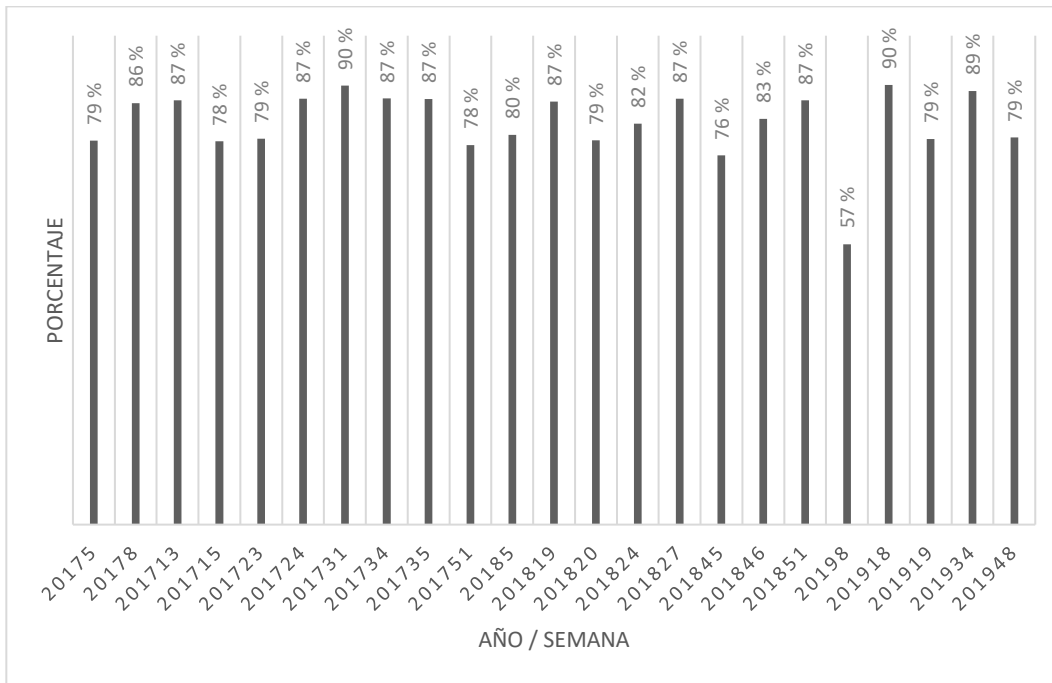
Año/ semana	Toneladas / semana	Eficiencia
2017 / 5	100.51	79 %
2017 / 8	110.35	86 %
2017 / 13	111.09	87 %
2017 / 15	100.32	78 %
2017 / 23	101.04	79 %
2017 / 24	111.518	87 %
2017 / 31	114.97	90 %
2017 / 34	111.57	87 %
2017 / 35	111.46	87 %
2017 / 51	99.38	78 %
2018 / 5	102.06	80 %
2018 / 19	110.75	87 %
2018 / 20	100.6	79 %
2018 / 24	104.98	82 %
2018 / 27	111.51	87 %
2018 / 45	96.66	76 %
2018 / 46	106.24	83 %
2018 / 51	111.09	87 %
2019 / 8	73.42	57 %
2019 / 18	115.12	90 %
2019 / 19	100.97	79 %
2019 / 34	113.49	89 %
2019 / 48	101.34	79 %

Fuente: elaboración propia.

En la figura 31, se observa un gráfico de barras que ilustra los datos obtenidos en la tabla VII, en la que se evidencia que la eficiencia más baja se

presenta en la fecha en que tiene ocasión un fallo de cojinetes en el motor eléctrico.

Figura 31. Eficiencia 2017- 2019



Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos de la disponibilidad y la eficiencia se procedió a calcular con la ecuación 1, la eficiencia global del equipo, en el período entre las fechas de enero de 2017 a diciembre del 2019 los cuales se observan en la tabla IX.

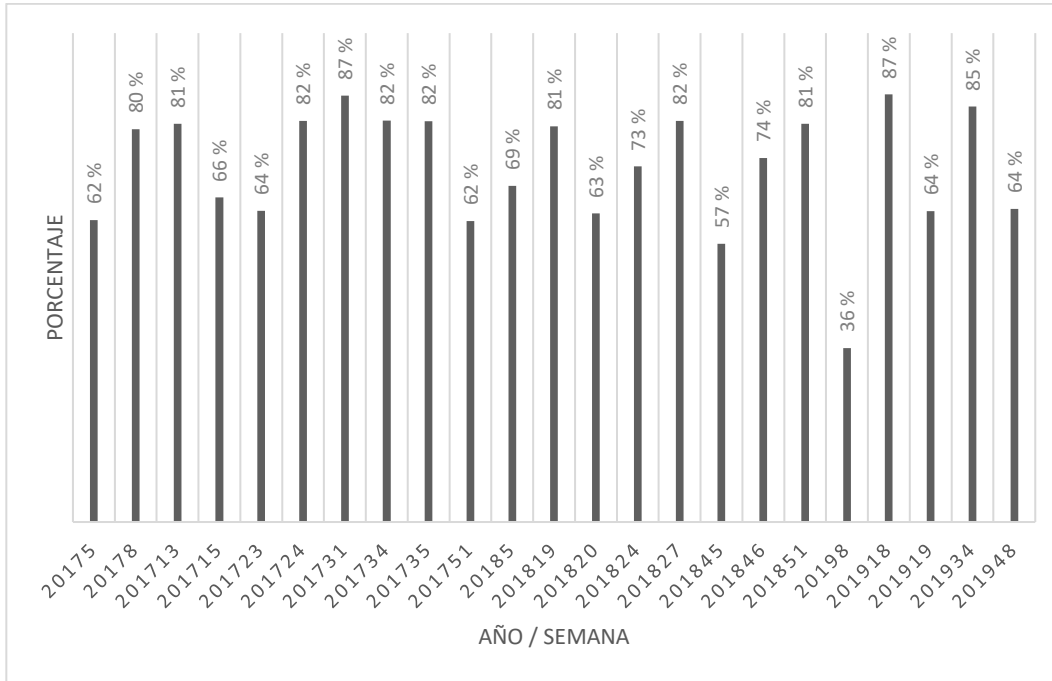
Tabla IX. Eficiencia global del equipo

Año /semana	Disponibilidad	Eficiencia	Calidad	Eficiencia global del equipo
2017 / 5	79 %	79 %	100 %	62 %
2017 / 8	93 %	86 %	100 %	80 %
2017 / 13	94 %	87 %	100 %	81 %
2017 / 15	85 %	78 %	100 %	66 %
2017 / 23	81 %	79 %	100 %	64 %
2017 / 24	94 %	87 %	100 %	82 %
2017 / 31	97 %	90 %	100 %	87 %
2017 / 34	94 %	87 %	100 %	82 %
2017 / 35	94 %	87 %	100 %	82 %
2017 / 51	79 %	78 %	100 %	62 %
2018 / 5	86 %	80 %	100 %	69 %
2018 / 19	94 %	87 %	100 %	81 %
2018 / 20	80 %	79 %	100 %	63 %
2018 / 24	89 %	82 %	100 %	73 %
2018 / 27	94 %	87 %	100 %	82 %
2018 / 45	75 %	76 %	100 %	57 %
2018 / 46	90 %	83 %	100 %	74 %
2018 / 51	94 %	87 %	100 %	81 %
2019 / 8	62 %	57 %	100 %	36 %
2019 / 18	97 %	90 %	100 %	87 %
2019 / 19	81 %	79 %	100 %	64 %
2019 / 34	96 %	89 %	100 %	85 %
2019 / 48	81 %	79 %	100 %	64 %

Fuente: elaboración propia.

En la figura 32, se observa un gráfico de barras que ilustra los datos obtenidos en la tabla IX, en la que se evidencia que la eficiencia global del equipo es más baja en la fecha en que tiene ocasión un fallo de cojinetes en el motor eléctrico.

Figura 32. Eficiencia global del equipo 2017 - 2019



Fuente: elaboración propia.

4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Con el cálculo de la eficiencia global del equipo se confirmó lo expuesto en el diagrama de Pareto del capítulo 2, que indicaba que el fallo más contraproducente es el de cojinetes del motor eléctrico, por lo que a continuación se detalla la propuesta de solución.

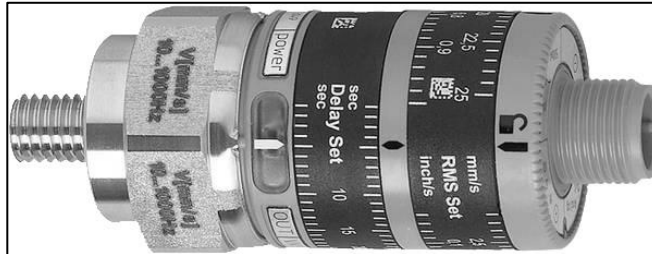
4.1. Propuesta de automatización para el monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones

Con los elementos definidos para el monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibración del capítulo 2, se exponen los elementos seleccionados para la propuesta de automatización.

4.1.1. Transductor de vibraciones VKV021

Se seleccionó este transductor de vibraciones debido a que cumple con la norma ISO 10816-1 y a que tiene la capacidad de afinar la señal del transductor a través de sus anillos de ajuste proporcionando lecturas adaptadas a las características de motor eléctrico. En la figura 33 se puede observar el transductor para la propuesta de monitoreo de las vibraciones en el motor eléctrico.

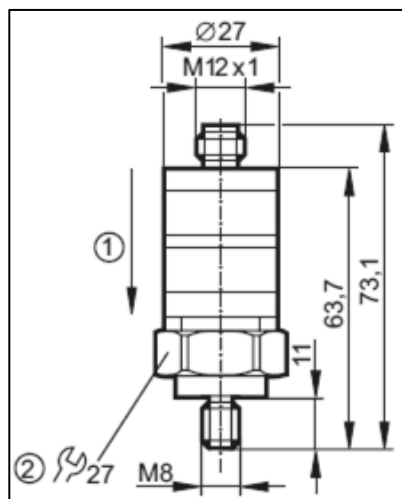
Figura 33. VKV021



Fuente: IFM. (2014). *Instrucciones de uso detector de vibraciones*.

En la figura 34 se muestra una figura acotada del traductor de vibraciones medido en mm. En el que se observa en el numeral 1, el eje de medición y en el numeral 2 el par de apriete para montar el transductor que para este caso es de 15Nm. El montaje del transductor debe realizarse en un soporte macizo, para garantizar la correcta dirección de la señal de vibración.

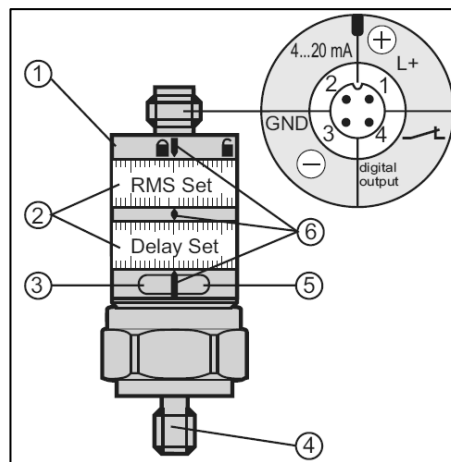
Figura 34. Figura acotada del transductor



Fuente: (2014). IFM. *Instrucciones de uso detector de vibraciones*.

En la figura 35 se presentan las partes del transductor de vibraciones en el que se observa en el numeral 1, el anillo de bloque, en el 2 el anillo de ajuste, en el 3 un led de color verde que indica que se está suministrando de manera correcta la tensión, en el 4 la conexión al proceso, en el 5 un led de color amarillo que indica que se han sobrepasado tanto el umbral de conmutación como el tiempo de retardo y en el número 6 las marcas de ajuste del transductor.

Figura 35. **Partes del transductor**



Fuente: IFM. (2014). *Instrucciones de uso detector de vibraciones*.

El transductor de vibraciones no requiere de mantenimiento, al momento de inhabilitar, el equipo debe eliminarse respetando el medio ambiente según las normas vigentes de la región, no es posible realizar reparaciones en el equipo.

La hoja de datos del equipo se presenta en el anexo 1 en la que se encontraran más características del equipo seleccionado para la propuesta de monitoreo de condiciones del motor eléctrico utilizando análisis de vibraciones.

4.1.2. PLC SIMATIC S7-1200

Se seleccionó este PLC debido a que puede adecuarse al transductor de vibraciones seleccionado y capacidad de instalar a futuro más transductores para monitorear distintas variables, facilitando el monitoreo continuo de los componentes mecánicos del motor eléctrico durante su funcionamiento previniendo fallos y detectándolos en una etapa temprana, formando un sistema de monitoreo permanente de la máquina.

En la figura 36 se observa el PLC SIMATIC S7-1200 de la marca SIEMENS que se seleccionó para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

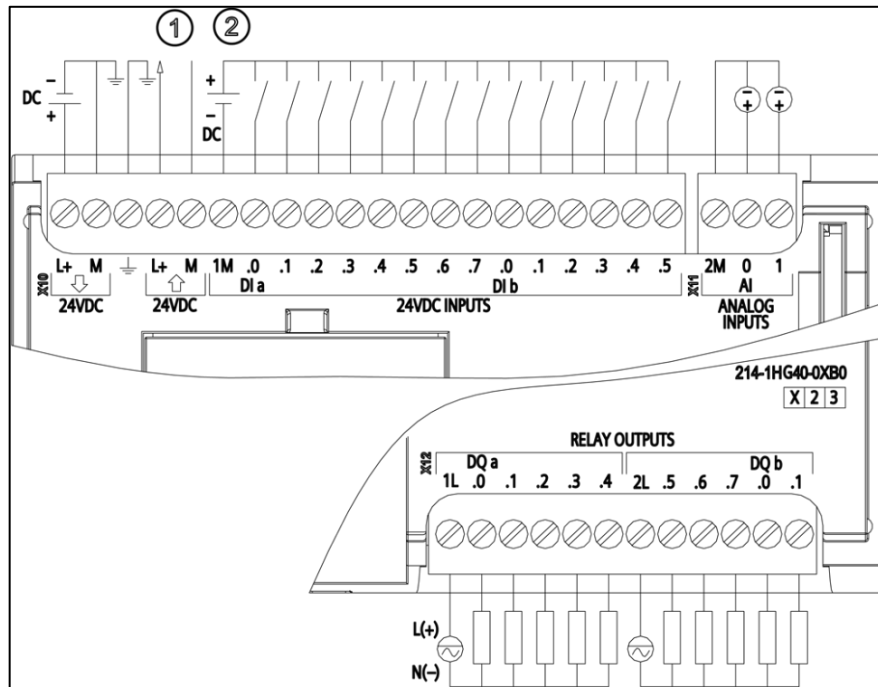
Figura 36. **SIMATIC S7-1200**



Fuente: SIEMENS. (2016). *Information for simatic S7-1200*.

En la figura 37 se presenta el plano del PLC SIMATIC S7-1200 de la marca SIEMENS que se seleccionó para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

Figura 37. **Plano PLC SIMATIC S7-1200**



Fuente: SIEMENS. (2016). *CPU 1212C DC/DC/DC*.

La hoja de datos del PLC se presenta en el anexo 2 en la que se encontraran más características del equipo seleccionado para la propuesta de monitoreo de condiciones del motor eléctrico utilizando análisis de vibraciones.

4.1.3. **Torreta BANNER TL50**

Se selección este dispositivo led ya que tiene la capacidad de integrarse a un sistema de monitoreo de condiciones automatizado de forma simple que puede brindar distintos colores según se programen las alarmas de indicación y de instalación sencilla directamente sobre la máquina a monitorear.

En la figura 38 se observa la torreta TL50 de la marca BANNER que se seleccionó para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

Figura 38. **BANNER TL50**



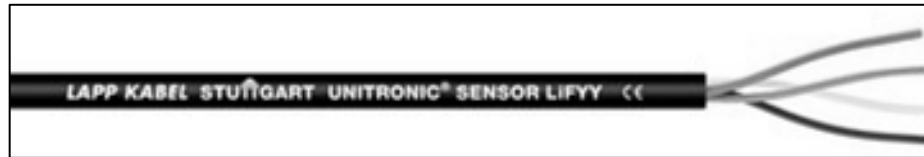
Fuente: BANNER. (2019). TL50 *Tower Light Datasheet*.

La hoja de datos de la torreta de alarma se presenta en el anexo 3 en la que se encontraran más características del equipo seleccionado para la propuesta de monitoreo de condiciones del motor eléctrico utilizando análisis de vibraciones.

4.1.4. Cableado y conectores

Para realizar las conexiones entre los elementos seleccionados para la automatización de monitoreo de condiciones en el motor eléctrico se utilizará cable para sensores de 4 hilos y conectores M12 ya que son compatibles entre sí y se observan en la figura 39 y 40 respectivamente.

Figura 39. **Cable para sensores**



Fuente: LAPP. (2020). *Ficha técnica cable para sensor.*

Figura 40. **Conector M12**



Fuente: LAPP. (2020). *Ficha técnica conector M12.*

La hoja de datos del cable se presenta en el anexo 4 y la hoja de datos del conector en el anexo 5, en la que se encontraran más características de estos elementos seleccionados para la propuesta de monitoreo de condiciones del motor eléctrico utilizando análisis de vibraciones.

4.1.5. SIMATIC HMI TP700

Se ha seleccionado este HMI debido a que posee una pantalla táctil de fácil lectura por su tamaño de 7 pulgadas y resolución de imagen de 800 pixel x 400 pixel en ella se observara en tiempo real el comportamiento del espectro de

vibración y se seleccionó por su compatibilidad con el PLC ya que ambos pertenecen a la marca SIEMENS.

En la figura 41 se observa el SIMATIC HMI TP700 de la marca SIEMENS que se seleccionó para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

Figura 41. **HMI TP700**



Fuente: SIEMENS. (2015). *Hoja de datos 6AV2124-0GC01-0AX0*.

La hoja de datos del SIMATIC HMI TP700 se presenta en el anexo 6 en la que se encontraran más características del equipo seleccionado para la propuesta de monitoreo de condiciones del motor eléctrico utilizando análisis de vibraciones.

4.1.6. Gabinete EB 1754.500

Se seleccionó este gabinete para la propuesta de automatización de monitoreo de condiciones debido a su construcción de acero al carbono que lo

hace resistente a ambiente adversos, y a sus dimensiones que se detallan en la hoja de datos del equipo en el anexo 7, que lo hacen ideal para resguardar los elementos que se seleccionaron para la propuesta.

En la figura 42 se observa el gabinete EB 1754.500 de la marca Rittal que se seleccionó para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

Figura 42. **EB 1754.500**



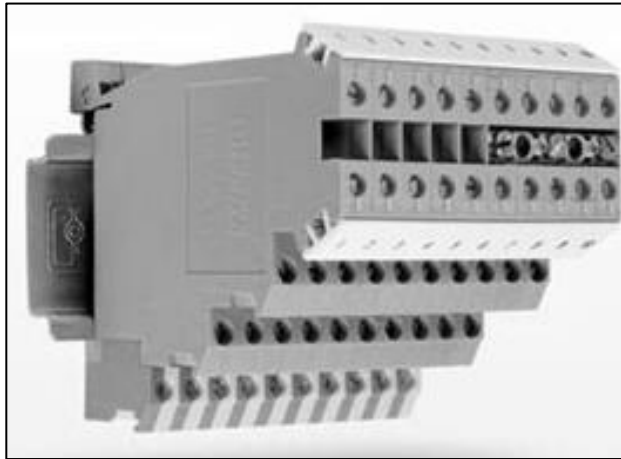
Fuente: RITTAL. (2020). *E-Box EB-EB1553.500*.

4.1.7. Bornera DOK 1,5 – 2717016

Se seleccionó esta bornera para la propuesta de automatización de monitoreo de condiciones debido a que en ella pueden conectarse sensores de 4 hilos lo cual lo hace compatible con el sistema de automatización además de poseer unas dimensiones compactas que se detallan en la hoja de datos en el anexo 8.

En la figura 43 se observa la bornera DOK 1,5 -2717016 de la marca *Phoenix Contact* que se seleccionó para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

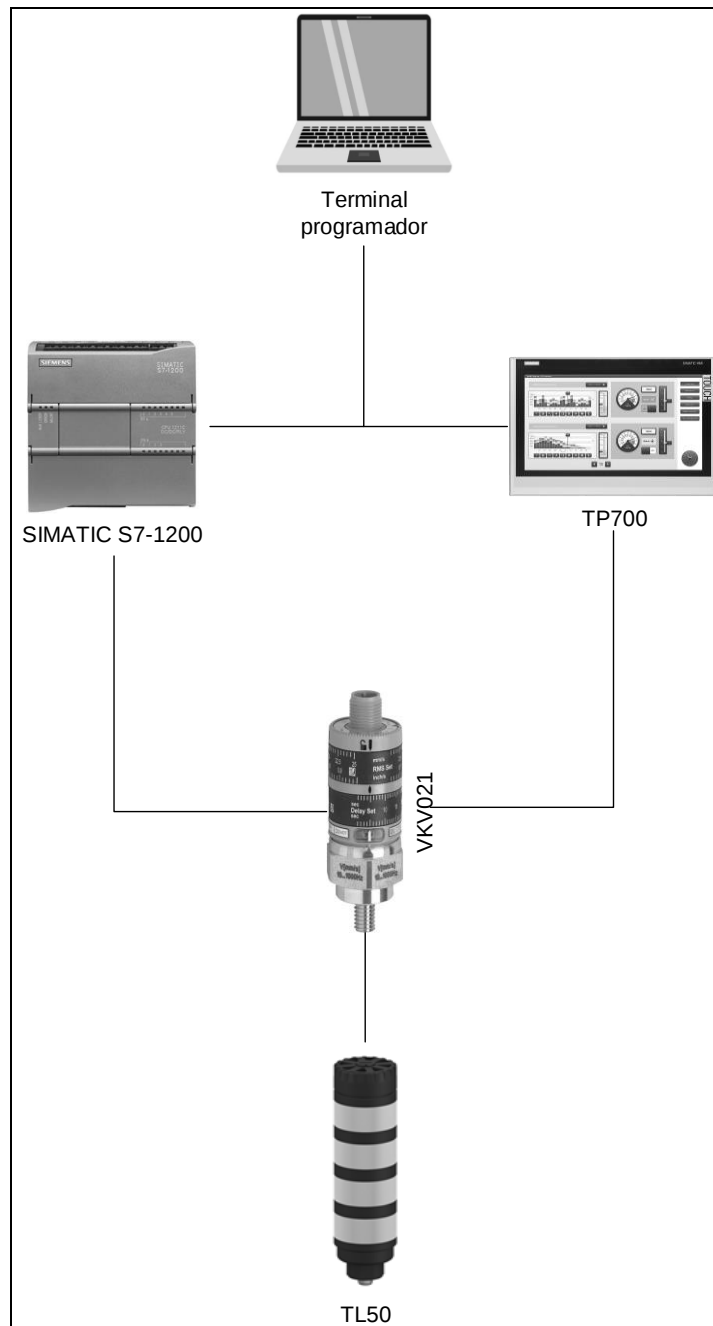
Figura 43. **DOK 1,5 – 2717016**



Fuente: Phoenix Contact. (2019). *Sensor/actuator terminal block - DOK 1,5 – 2717016*.

En la figura 44 se ilustra un diagrama de bloques con los elementos que componen el sistema a proponer para la automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

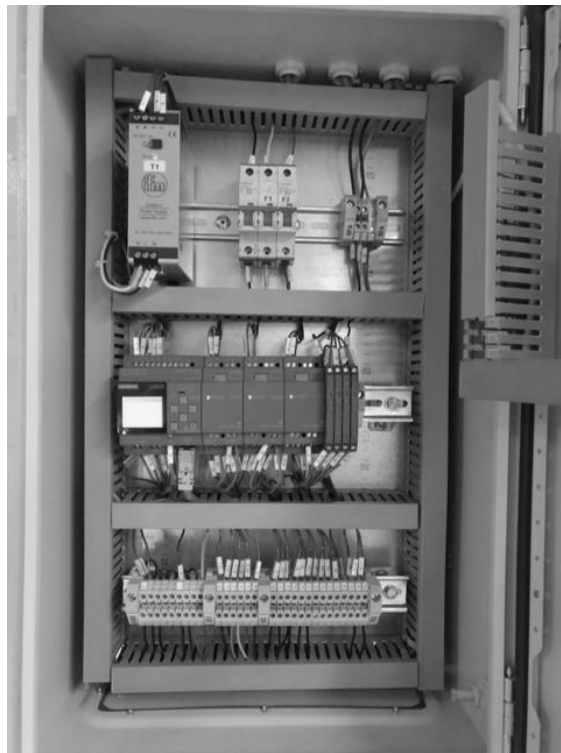
Figura 44. **Diagrama de bloques automatización de monitoreo de condiciones**



Fuente: elaboración propia.

La figura 45 muestra una ejemplificación de las conexiones entre elementos seleccionados dentro del gabinete de control para un sistema de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

Figura 45. **Gabinete de control**



Fuente: [fotografía del Ing. Raymod García]. (Planta GRANESA, Escuintla). Colección particular, Guatemala 2019.

4.1.8. Alarmas según norma ISO 10816-1

Se propuso la norma ISO10816-1 ya que determina las alarmas según el grupo al que pertenece y al tipo de sistema máquina-soporte que presenta el equipo que puede ser rígido o flexible los cuales pueden presentarse en una misma máquina según lo detallado en secciones anteriores.

El motor eléctrico que se desea monitorear, por sus características pertenece al grupo II de la norma, ya que cuenta con una potencia de 112 KW y altura de 290 mm. En la figura 46, se presenta la tabla a utilizar para las alarmas.

Se pretende que la torreta seleccionada como alerta visual responda al código de colores según la norma para lo cual emitirá una señal color rojo cuando esta se encuentre en el intervalo de la sección D, color naranja en el intervalo de la sección C, color amarillo el intervalo de la sección B y color verde en el intervalo de la sección A.

Figura 46. Alarmas de vibraciones

Velocidad 10 – 1000 Hz. 2 – 1000 Hz.	mm/s RMS	D C B A	
	11		
	7,1		
	4,5		
	3,5		
	2,8		
	2,3		
	1,4		
	0,71		
	Base		
Tipo de maquina		Tamaño medio 15KW <P≤ 300KW	
		Motores 160mm ≤H< 300mm	
Grupo		Grupo II	
A	Máquina nueva o reacondicionada, valores de vibración de máquinas recién puesta en funcionamiento o reacondicionadas.		
B	Máquinas que pueden trabajar indefinidamente sin restricciones.		
C	Máquinas cuya condición no es adecuada para una operación continua, sino solamente para un periodo de tiempo limitado. Se deberían llevar a cabo medidas correctivas en la siguiente parada programada, antes de que esta pare por si sola.		
D	Máquinas con valores de vibración altos, lo que los hace peligrosos para la máquina ya que esta puede sufrir daño.		

Fuente: ISO. Norma ISO 10816-1. (1995). *Evaluación de vibraciones mecánicas, de la máquina por medio de mediciones en las partes no-rotativas.*

4.2. Análisis externo

La variable que se estudiara en el espectro de vibración para determinar el funcionamiento de los componentes del motor eléctrico utilizando análisis de vibraciones es la velocidad medida en mm/s o RMS, según lo propuesto por Moreno, Becerra y Rendón (2015) quienes afirman que con la finalidad de detectar fallas se debe realizar un estudio de la variable de mayor relevancia en el espectro de vibración. El valor de la velocidad medida en el espectro de vibración será comparado contra la norma ISO 10816-1 que indicará la alarma correspondiente.

Debido a que no se cuenta con una propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones solo se practica mantenimiento correctivo no programado al producirse un fallos de los elementos en el motor eléctrico por lo que se incumple con lo propuesto por Olarte, Botero y Cañón (2010), que indican que al aplicar mantenimiento predictivo en las máquinas se podrá pronosticar si se requiere de una reparación o cambio de pieza con el objetivo de programar una actividad de reacondicionamiento.

Al proponer análisis de vibraciones como herramienta de monitoreo de condiciones para el motor eléctrico según Torres y Batista (2010) se estará utilizando una de las técnicas más utilizadas y efectivas en el mantenimiento predictivo de máquinas rotativas para determinar el estado en el que se encuentran sus componentes internos.

Con la automatización del monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones se detectará el funcionamiento irregular de los componentes internos del motor eléctrico en tiempo real produciendo datos confiables para su posterior análisis para realizar tendencias que ayudaran a detectar problemas cuando los

valores de vibración se modifiquen. Según Royo, Rabanaque y Torres (2000) la detección utilizando análisis de vibraciones consiste en encontrar un problema a través de un seguimiento constante y riguroso del nivel de vibraciones.

La eficiencia global es inconstante y en ocasiones de bajo nivel ya que se ve afectada por aquellos fallos en el motor eléctrico que producen mayor indisponibilidad y menor eficiencia, según Penkova (2007) al utilizar técnicas como el análisis de vibraciones en maquinaria rotativa se detectará un fallo antes de que suceda consiguiendo un nivel de eficiencia global constante y elevado con el que se podrían proponer metodologías como RCM y TPM.

4.3. Análisis interno

Para el desarrollo de la propuesta de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones se realizó una base de datos en la que se presentan los fallos que ocurrieron en la máquina, entre enero de 2017 y diciembre de 2019.

Las variables que se consideraron más importantes para la posterior realización del análisis de fallos fueron el tiempo de paro medido en horas, la causa y el motivo del fallo lo que proporcionaba validez externa para la propuesta ya que se tabularon en la base de datos tanto los fallos mecánicos, como los eléctricos y los provocados por sobrecarga del equipo.

Al analizar la tabla de datos se observó que el fallo que presentaba mayor tiempo para reparar era causado por fallas en los cojinetes del motor eléctrico debido al nulo monitoreo de condiciones lo que hizo que se priorizara proponer un transductor que permitiera la correcta monitorización de este elemento de máquina en particular.

Al enfocar el análisis de fallos en particular en los ocasionados por los cojinetes se sesgó la muestra lo que afecta la validez interna para el caso de la propuesta de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones en un motor eléctrico de 112 KW y 1785 RPM según norma DIN ISO 10816-1.

CONCLUSIONES

1. Los componentes que se seleccionaron para la realización de la propuesta de monitoreo condiciones utilizando análisis de vibraciones en un motor eléctrico fueron, PLC el cual debe estar orientado al mantenimiento de equipo utilizando monitoreo de condiciones, HMI seleccionado por su compatibilidad con el PLC, para realizar las conexiones entre los componentes se seleccionó cable de 2 pares para sensores y conectores, para evitar la realización de empalmes se escogió borneras que proporcionarán un encastre seguro para la comunicación entre los elementos, se seleccionó el transductor de vibraciones debido a que proporcionará la curva de vibraciones más completa para monitorear el fallo de cojinetes del motor eléctrico, para proporcionar una señal visual del estado en que está trabajando el motor se seleccionó una torreta que proporcionara una señal visual con código de colores según norma DIN ISO10816-1 y para resguardar tanto a los operarios de la máquina como de los componentes que se seleccionaron para la propuesta se hace necesario el utilizar un gabinete.
2. El análisis de fallos realizado durante el período de investigación muestra que el tiempo total de paro se distribuye en porcentajes de la siguiente forma; por fallas en los cojinetes del motor 56 %, por fallas a tierra 15 %, por disparo del motor 12 %, por accionamiento del stop 7 %, por paro del motor 4 %, estructural 3 % y por lubricación 3 %. El análisis de fallos muestra que los porcentajes de disponibilidad, eficiencia y eficiencia global del equipo son más bajos en las fechas en las que ocurre un fallo en los cojinetes del motor eléctrico siendo este la prioridad a monitorear, debido

a este comportamiento se seleccionó el transductor de vibraciones VKV021 de la marca Ifm, ya que cumple con la norma DIN ISO 10816-1, además posee la capacidad de ajustar su receptibilidad a través de anillos regulables que permitirá un mejor monitoreo del estado de los cojinetes del motor más eficiente para una correcta intervención de reacondicionamiento.

3. Las variaciones en amplitud en el dominio de la frecuencia en el espectro de vibración medido en mm/s o RMS proporcionan la información para generar las alarmas del funcionamiento de los cojinetes del motor eléctrico. La norma DIN ISO 10816-1 proporciona los intervalos de vibración del funcionamiento de la máquina medido en mm/s o RMS, clasificando de acuerdo al tipo de máquina en grupos según las características de potencia y altura. La propuesta se realizó en un motor de 112 KW y una altura de 290 mm. medida entre la línea del centro del eje y el plano de la base de la máquina como estipula la norma. El motor debido a las características antes mencionadas pertenece al grupo II de la norma DIN ISO10816-1 por lo que obtendrá sus alarmas de los intervalos pertenecientes a este grupo. Las alarmas a su vez se clasifican en A, B, C, D según la severidad de vibraciones encontradas en el equipo las cuales responden a un código de colores que se utilizara para que la torreta proporciona una señal visual del estado de operación del equipo en tiempo real.

4. Se realizó el diseño de una propuesta para monitorear condiciones utilizando análisis de vibración en un motor eléctrico a través de componentes que se definieron por análisis de fallos en el equipo comprendido durante el período de investigación en el que se observó que el fallo que tomaba más tiempo de reparación era el ocasionado por los cojinetes del motor eléctrico bajo esta premisa se seleccionó un traductor de vibraciones que tuviera la capacidad de percibir las variaciones de vibración que permitieran monitorear este fallo en específico siendo este un transductor de velocidad VKV021 de la marca Ifm, que permitirá monitorear este y otros fallos de menor tiempo de reparación de la máquina.

RECOMENDACIONES

1. Para definir que componentes son los más convenientes al diseñar una propuesta de automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones es necesario realizar un análisis de fallos para determina el problema más recurrente para enfocarse en la corrección del mismo, apoyarse en las hojas de datos y manuales de los componentes a seleccionar para verificar la compatibilidad entre ellos. Para reducir la población de búsqueda se debe utilizar componentes y marcas especializadas en automatización de procesos de mantenimiento industrial utilizando monitoreo de condiciones. Seleccionar componentes con capacidad de monitorear más variables en el futuro que acompañen el monitoreo de vibraciones del equipo como los son las variables de velocidad y temperatura, con rango de medición ajustable o con un mayor rango de medición para obtener datos más confiables.
2. Para recopilar la información del historial de fallos es imperativo un formato de órdenes de trabajo para el control de los mantenimientos realizados en la máquina. Realizar un plan de lubricación de la máquina enfocado en los componentes móviles como los cojinetes y que sea supervisado para su cumplimiento. Identificar qué características del equipo a monitorear son claves para la selección del transductor de vibraciones a través de análisis de fallas con variable como disponibilidad eficiencia y eficiencia global del equipo. Determinar qué elementos críticos componen el equipo para seleccionar un transductor de vibraciones adecuado para monitorear el estado de operación de la máquina en tiempo real.

3. Para determinar las variaciones de vibración que proporcionan información vital para determinar el estado de operación de la máquina utilizar un transductor de velocidad ya que proporciona la curva más plana en el espectro de vibración en el dominio de la frecuencia lo que facilita identificar picos de amplitud variable. Identificar según las características del equipo a monitorear en que grupo de clasificación de la norma DIN ISO 10816-1 se encuentra para generar las alarmas de correcta intervención para reacondicionamiento. Respaldar las alarmas generadas por la norma con capturas de imagen de los espectros de vibración para generar tendencias de comportamiento para la identificación de fallos comunes.
4. Identificar qué características en el equipo a monitorear son importantes para la realización de la propuesta a través de hojas de datos o los manuales de usuario de los mismos. Determinar a través de un análisis de fallos que incluya la medición de variables como disponibilidad, eficiencia y eficiencia global del equipo para definir el fallo a corregir y monitorear para seleccionar la norma de mantenimiento adecuada. Establecer que componentes son los más adecuadas para monitorear la variable de estudio según lo determinado en el análisis de fallos. Seleccionar componentes semejantes entre sí para una conexión eficiente.

REFERENCIAS

1. ABB. (2019). *Catalogo Baldor Electric*. Estados Unidos: Baldor Electric Company.
2. ABB. (2019). *Paquete de información de producto*. Estados Unidos : Baldor Electric Company.
3. A-MAQ. (2005). *Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico*. Medellín, Colombia: A-MAQ. Recuperado de https://mantenimientoplanificado.com/art%c3%adculos%20PREDICTIVO_archivos/CURSO%20A%20MAQ.COM.pdf.
4. BANNER. (2019). *TL50 Tower Light Datasheet*. Estados Unidos: Banner Engineering Corp.
5. BINDT. (2003). *Vibration Analysis Pocket Guide*. Londres: The british Institute of Non-Destructive Testing.
6. Catellanos, M. y Sánchez, M. (2005). *Programa de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos críticos de la industria azucarera*. (Tesis de maestría). Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, El Salvador.
7. Cruz, A. (2011). *Implementación del mantenimiento predictivo en la empresa AGR-RACKEND*. (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de Tula Tepeji, México. Recuperado de

<https://docplayer.es/6832481-Implementacion-del-mantenimiento-predictivo-en-la-empresa-agr-rackend.html>.

8. Eshleman, R. (1999). *Basic machinery vibrations: An introduction to machine testing, analysis, and monitoring*. Illinois, Estados Unidos: VIPress.
9. Estrada, J. (18 de mayo, 20018). Análisis de vibración. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.logicbus.com.mx/analisis-vibraciones.php>.
10. Estupiñan, E. y Saavedra, P. (2003). *Alcances de la implementación de nuevas técnicas de análisis en los programas de mantenimiento predictivo-proactivo en la industria*. (Tesis de maestría). Universidad de Tarapacá, Chile.
11. Grawford, A. (1992). *Simplified Handbook of Vibration Analysis*. New York, Estados Unidos: Dover Publications; Reprint edición.
12. Gutiérrez, D. y Serna, E. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de vibraciones en un equipo rotativo de buencafé liofilizado de Colombia*. (Tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
13. IFM. (2014). *Instrucciones de uso detector de vibraciones*. México: IFM.
14. IFM. (2016). *Vibration Monitor VKV021*. México: IFM.

15. ISO 10816-1. (1995). *Evaluación de vibraciones mecánicas, de la máquina por medio de mediciones en las partes no-rotativas*. Estados Unidos: ISO.
16. Lapp. (2020). *Ficha técnica cable para sensor*. España: Lapp Group.
17. Lapp. (2020). *Ficha técnica conector M12*. España: Lapp Group.
18. Moreno-García, Becerra-Vargas, & Rendón-Echeverri. (Enero de 2015). Diseño de un sistema de análisis temporal y espectral para detectar fallas por vibración. *Revista Ingeniería*, 24(38), 41-51. Recuperado de <http://www.redalyc.org>.
19. Olarte, W., Botero, M. y Cañon, B. (Agosto de 2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia et Technica*, XVI(45). 223-226. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249041.pdf>.
20. Olarte, W., Botero, M. y Cañon, B. (Agosto de 2010). Análisis de vibraciones una herramienta clave en el mantenimiento predictivo. *Scientia Et Technica*, XVI(45), 219-222. Recuperado de <http://www.redalyc.org>.
21. Penkova, M. (Octubre de 2007). Mantenimineto y análisis de vibraciones. *Ciencia y Sociedad*, XXXII(4), 668-678. Recuperado de <http://www.redalyc.org>.
22. Pernia-Márquez, D. (2004). *Introducción a la medición de vibraciones*. (Tesis de maestría). Universidad de los Andes, Venezuela.

23. Phoenix Contact. (2019). *Sensor/actuator terminal block - DOK 1,5 – 2717016*. España: Phoenix Contact.

24. Power-mi. (2018). *Análisis de vibraciones* . España: Power-mi.

25. Reeve, C. (1999). *The Vibration Monitoring Handbook*. Chipping Norton, Inglaterra: Coxmoor Publishing Company.

26. Rittal. (2020). *E-Box EB-EB 1553.500*. España: Rittal - The System.

27. Robert, C. y Eisenmann, Jr. (1997). *Machinery Malfunction Diagnosis and Correction: Vibration Analysis and Troubleshooting for Process Industries*. Texas, Estados Unidos: Prentice Hall.

28. Royo, A., Rabanaque, G. y Torres, F. (Noviembre de 2000). Análisis de vibraciones e interpretación de datos. *DIDYF Universidad de Zaragoza*, 1(12), 1-14. Recuperado de <http://www.todosensores.es/articulos/vibraciones.pdf>.

29. Ruiz, A. (2012). *Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de petróleo*. (Tesis de maestría). Universidad Industrial de Santander, Colombia. Recuperado de https://www.academia.edu/7426280/Modelo_de_implementacion_de_mantenimiento_predictivo_en_las_facilidades_de_produccion_de_petroleo.

30. Siemens. (2015). *Hoja de datos 6AV2124-0GC01-0AX0*. España: Siemens AG.

31. Siemens. (2015). *Hoja de datos 6ES7214-1AG40-0XB0*. España: Siemens AG.
32. Siemens. (2016). *Infomration for simatic S7-1200*. España: Siemens AG.
33. Siemens. (2016). *SIEMENS. CPU 1212C DC/DC/DC*. España: Siemens AG.
34. SKF. (4 de noviembre, 2011). Análisis de vibraciones nivel: 1. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://skf-la.com/cursos/analisis-de-vibraciones-nivel-1/>.
35. Taylor, J. (2003). *The Vibration Analysis Handbook*. Estados Unidos: Vibration Consultant.
36. Torres, R., y Batista, C. (Abril de 2010). Análisis vibrodinámico de motores eléctricos. *Ingeniería mecánica*, 13(1), 9-18.
37. Valdes, J., y San Martín, E. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo aplicado a los equipos de la empresa REMAPLAST*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Cartagena, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/802/275-%20TTG%20-%20DISE%C3%91O%20DE%20UN%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO-PREDICTIVO%20APLICADO%20A%20LOS%20EQUIPOS%20DE%20LA%20EMPRESA%20REMAPLAST.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

38. Williams, J. (1994). *Condition-based Maintenance and Machine Diagnostics*. Estados Unidos: Chapman & Hall.

APÉNDICES

Apéndice 1. Historial de mantenimiento

Horas día	Horas semana	Horas mes	Produ. Prom. en T/h.	Produ. Prom. Semana en T/h.	No. De Falla	Inicio de paro	Fin de paro	T. paro (h)	Código	Problema	Causa	Motivo	Producción en Toneladas / semana	Horas extra	Semana	Año	Año/semana
12	64	256	2	128													
1	30/01/2017	30/01/2017	13.67		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Alta Temperatura	100.5	4	5	2017	20172
1	05/02/2017	05/02/2017	13.67		MTN01	Motor				Por desconexión de stop		Sobrecarga	111.1		6	2017	20173
1	27/03/2017	27/03/2017	9.77		MTN01	Motor				Disparo de motor		Falla a tierra	100.3		13	2017	201713
1	14/04/2017	14/04/2017	9.77		MTN01	Motor				Falla a tierra en motor		Alta Temperatura	100.3	3	15	2017	201715
1	16/05/2017	16/05/2017	13.28		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Falla a tierra	111.5		23	2017	201723
1	16/05/2017	16/05/2017	13.28		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Vibración	111.5		23	2017	201723
1	31/07/2017	31/07/2017	1.65		MTN01	Motor				Lubricación			115.0		31	2017	201731
1	24/08/2017	24/08/2017	3.69		MTN01	Motor				Disparo de motor		Sobrecarga	111.6		34	2017	201734
1	31/08/2017	31/08/2017	3.78		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Sobrecarga	103.5		35	2017	201735
1	02/09/2018	02/09/2018	1.78		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Alta Temperatura	102.1	3	25	2017	201725
1	02/02/2018	02/02/2018	8.83		MTN01	Motor				Falla a tierra en motor		Falla a tierra	102.1		5	2018	20185
1	08/05/2018	08/05/2018	4.13		MTN01	Motor				Por accionamiento de stop		Stop local	110.8		19	2018	201819
1	08/05/2018	08/05/2018	4.13		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Alta Temperatura	105.0	3	19	2018	201819
1	14/05/2018	14/05/2018	7.55		MTN01	Motor				Por desconexión de stop		Falla a tierra	105.0		20	2018	201820
1	09/07/2018	09/07/2018	3.72		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Sobrecarga	111.5	4	27	2018	201827
1	05/11/2018	05/11/2018	14.62		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Alta Temperatura	98.7		45	2018	201845
1	05/11/2018	05/11/2018	14.62		MTN01	Motor				Lubricación		Sobrecarga	98.7		45	2018	201845
1	14/11/2018	14/11/2018	1.65		MTN01	Motor				Disparo de motor		Sobrecarga	106.2		46	2018	201846
1	14/11/2018	14/11/2018	2.72		MTN01	Motor				Estructural		Desaguste Mecánico	0.9		46	2018	201846
1	21/12/2018	21/12/2018	3.95		MTN01	Motor				Por accionamiento de stop		Stop local	111.1		51	2018	201851
1	02/01/2019	02/01/2019	1.68		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Alta Temperatura	111.1	3	8	2018	201808
1	22/02/2019	22/02/2019	9.68		MTN01	Motor				Falla a tierra en motor		Falla a tierra	0.0		8	2019	20198
1	02/05/2019	02/05/2019	1.77		MTN01	Motor				Lubricación		Vibración	115.1		18	2019	201918
1	10/05/2019	10/05/2019	12.42		MTN01	Motor				Cojinete de motor		Alta Temperatura	101.0	3	19	2019	201919
1	29/11/2019	29/11/2019	12.42		MTN01	Motor				Desconexión de stop		Desconexión de stop	101.3	3	48	2019	201948

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Tabla costo por paro no programado 2017- 2019**

Producción en ventas semana		Horas semana producción	
Q. 30,000.00		64	
Año / semana	Suma de T. paro (h)	Costo de parada	
2017 / 5	13.67	Q	8,148.22
2017 / 8	4.35	Q	2,187.76
2017 / 13	3.95	Q	1,973.36
2017 / 15	9.77	Q	5,404.76
2017 / 23	12.38	Q	7,194.89
2017 / 24	3.72	Q	1,851.36
2017 / 31	1.85	Q	893.00
2017 / 34	3.69	Q	1,835.52
2017 / 35	3.75	Q	1,867.22
2017 / 51	13.28	Q	7,854.89
2018 / 5	8.83	Q	4,801.52
2018 / 19	4.13	Q	2,069.48
2018 / 20	12.62	Q	7,368.63
2018 / 24	7.25	Q	3,832.60
2018 / 27	3.72	Q	1,851.36
2018 / 45	15.75	Q	9,792.75
2018 / 46	6.57	Q	3,432.00
2018 / 51	3.95	Q	1,973.36
2019 / 8	24.31	Q	18,374.91
2019 / 18	1.77	Q	853.29
2019 / 19	12.42	Q	7,223.73
2019 / 34	2.65	Q	1,295.84
2019 / 48	12.22	Q	7,079.95
Total general	186.6	Q	109,160.39

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Tabla costos fallo en cojinetes de motor 2017-2019**

Producción en ventas semana		Horas semana producción	
Q	30,000.00	64	
Año / semana		Suma de T. paro (h)	Costo de parada
2017 / 5		13.67	Q 8,148.22
2017 / 23		12.38	Q 7,194.89
2017 / 51		13.28	Q 7,854.89
2018 / 20		12.62	Q 7,368.63
2018 / 45		15.75	Q 9,792.75
2019 / 8		24.31	Q 18,374.91
2019 / 19		12.42	Q 7,223.73
2019 / 48		12.22	Q 7,079.95
Total general		116.65	Q 73,037.96

Promedio tiempo paro	Promedio costo de paro
15	Q 9,129.75

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Costos de elementos para automatización de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones**

Cantidad	Elemento	Marca	Precio	
1	VKV 021 transductor de vibraciones	lfm	Q	2,281.09
1	PLC Simatic S7-1200	Siemens	Q	2,358.28
1	HMI Simatic TP-700	Siemens	Q	8,445.54
1	Banner TL50	Banner	Q	473.58
2	Conector M12 hembra	Lapp	Q	320.00
30 m.	Cable blindado 2 pares	Lapp	Q	840.00
1 caja	Bornera DOK 1,5 – 2717016	Phoenix contact	Q	884.02
1	Gabinete 380x300x155 mm.	Rittal	Q	1,000.43
Total			Q	16,602.94

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Cálculo de retorno de la inversión para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones**

Datos mantenimiento programado cambio de cojinetes				
Tiempo paro promedio	Promedio costo de paro		Producción en ventas semana	
8	Q	4285.71	Q	25,714.29

Para realizar el cálculo del período de retorno de la inversión utilizando monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones por fallo en cojinetes se debe utilizar la ecuación 4.

$$PR = \frac{It}{Gp} [4]$$

Continuación apéndice 5.

Donde:

PR = período de retorno en semanas, de la inversión realizada para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

It = inversión total, que serán los costos de la compra de los elementos para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

Gp = ganancias promedio, que serán las ventas de producción por semana.

$$PR = \frac{16,602.94}{25,714.29}$$

$$PR = 0.64 \text{ semanas}$$

Para realizar el cálculo del retorno de la inversión utilizando monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones por fallo en cojinetes se debe utilizar la ecuación 5.

$$ROI = \frac{Gp - It}{Gp} \times 100 [5]$$

Donde:

RI = retorno de inversión, para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

Gp = ganancias promedio, que serán las ventas de producción por semana.

It = inversión total, que serán los costos de la compra de los elementos para la propuesta de monitoreo de condiciones utilizando análisis de vibraciones.

Continuación apéndice 5.

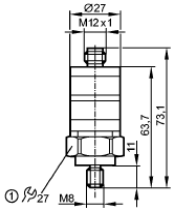
$$RI = \frac{25,714.29 - 16,602.94}{16,602.94} \times 100$$

$$ROI = 54.88 \%$$

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de datos VKV021

efector800	
VKV021	
VIBRATION MONITOR	Diagnostic systems
 1: tightening torque 15 Nm M8 standard thread, 1.25 mm pitch	
 	
Product characteristics	
Vibration monitor	
VKV	
Connection via M12 connector	
Vibration monitor to DIN ISO 10816	
Measuring range RMS: 0...25 mm/s	
Switching output NC DC PNP and analogue output 4...20 mA	
Application	
Application	Vibration monitor Vrms to DIN ISO 10816
Electrical data	
Operating voltage [V]	18...32 DC
Current consumption [mA]	< 50
Protection class	III
Inputs / outputs	
Circuit	1 x normally closed DC PNP / 1 x analogue 4...20mA
Inputs / outputs total	2
Outputs	
Digital	
Output function	1 x normally closed DC PNP
Max. current load per output [mA]	500
Voltage drop [V]	< 2
Short-circuit protection	pulsed
Overload protection	yes
analogue	
current output [mA]	4...20
Max. load [Ω]	< 500
Measuring / setting range	
Delay [s]	1...60
Measuring range [mm/s]	0...25 RMS
Frequency range [Hz]	10...1000
Accuracy / deviations	
Accuracy [% of the final value]	< ± 3
Switch point accuracy	< ±4

Continuación anexo 1.

efector800®		ifm	
VKV021		Diagnostic systems	
VIBRATION MONITOR			
Repeatability	< 0.5 %		
Linearity	0.25 %		
Software / programming			
Switch point setting	Setting ring		
Switching delay	Setting ring		
Environment			
Ambient temperature	[°C]	-25...80, for UL applications: max. 80 °C	
Protection	IP 67		
Tests / approvals			
EMC	EN 61000-4-2 ESD: 4 kV CD / 8 kV AD EN 61000-4-3 HF radiated: 10 V/m EN 61000-4-4 Burst: 2 kV EN 61000-4-6 HF conducted: 10 V		
Shock resistance	400 g		
MTTF	[Years]	510	
Mechanical data			
Type of sensor	Microelectromechanical system (MEMS)		
Number of measurement axes	1		
Housing materials	PBT (Pocan); PC (Makrolon); FPM (Viton); stainless steel 316L / 1.4404		
Type of mounting	M8 x 1.25		
Weight	[kg]	0.116	
Displays / operating elements			
Display	Operation LED green Switching status LED yellow		
Electrical connection			
Connection	M12 connector		
Wiring 1: L+ 2: 4...20 mA 3: GND 4: digital output (normally closed)			
Remarks			
Pack quantity	[piece]	1	

ifm electronic gmbh • Friedrichstraße 1 • 45128 Essen — We reserve the right to make technical alterations without prior notice. — GB — VKV021 — 08.04.2016

Fuente: IFM. (2016). *Vibration Monitor VKV021*.

Anexo 2. Hoja de datos SIMATIC S7-1200

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7214-1AG40-0XB0


SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, DC/DC/DC, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACION: DC 20,4 - 28,8 V DC, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 100KB

Información general	
Versión de firmware	V4.1
Ingeniería con	
• Paquete de programación	STEP 7 V13 SP1 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Tensión de carga L+	
• Valor nominal (DC)	24 V
• Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
• Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	500 mA; Solo CPU
Consumo máx.	1 500 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	L+ menos 4 V DC mín.
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Pérdidas	

Continuación anexo 2.

Memoria	
Memoria de trabajo	
• integrado	100 kbyte
• Ampliable	No
Memoria de carga	
• integrado	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
• existente	Sí; Libre de mantenimiento
• sin pila	Sí
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones a bits, típ.	0,085 µs; /instrucción
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs; /instrucción
para aritmética de coma flotante, típ.	2,3 µs; /instrucción
CPU-bloques	
Nº de bloques (total)	DBs, FCs, FBs, contadore y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo
OB	
• Cantidad, máx.	Limitada únicamente por la memoria de trabajo para código
Áreas de datos y su remanencia	
Área de datos remanentes total (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx.	10 kbyte
Marcas	
• Cantidad, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas
Datos locales	
• por cada prioridad, máx.	16 kbyte
Imagen del proceso	
• Entradas, configurables	1 kbyte
• Salidas, configurables	1 kbyte
Configuración del hardware	
Nº de módulos por sistema, máx.	3 Communication Module, 1 Signal Board, 8 Signal Module
Hora	
Reloj	
• Reloj por hardware (reloj tiempo real)	Sí
• Desviación diaria, máx.	60 s/mes @ 25 °C
• Duración del respaldo	480 h; típicamente
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	14; integrado

Continuación anexo 2.

• De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)
Canales integrados (DI)	14
de tipo M	Sí
Número de entradas atacables simultáneamente	
Todas las posiciones de montaje	
— hasta 40 °C, máx.	14
Tensión de entrada	
• Valor nominal (DC)	24 V
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
• para señal "1"	15 VDC at 2.5 mA
Retardo de entrada (a tensión nominal de entrada)	
para entradas estándar	
— parametrizable	0,2 ms, 0,4 ms, 0,8 ms, 1,6 ms, 3,2 ms, 6,4 ms y 12,8 ms, elegible en grupos de 4
— en transición "0" a "1", máx.	0,2 ms
— en transición "0" a "1", máx.	12,8 ms
para entradas de alarmas	
— parametrizable	Sí
para contadores/funciones tecnológicas:	
— parametrizable	Monofásica: 3 @ 100 kHz y 3 @ 30 kHz, Diferencial: 3 @ 80 kHz y 3 @ 30 kHz
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	500 m; 50 m para funciones tecnológicas
• No apantallado, máx.	300 m; Para funciones tecnológicas: No
Salidas digitales	
Número de salidas	10
• De ellas, salidas rápidas	4; Salida de tren de impulsos 100 kHz
Canales integrados (DO)	10
Limitación de la sobretensión inductiva de corte a	L+ (-48 V)
Poder de corte de las salidas	
• Con carga resistiva, máx.	0,5 A
• con carga tipo lámpara, máx.	5 W
Tensión de salida	
• para señal "0", máx.	0,1 V; con carga de 10 kOhm
• para señal "1", mín.	20 V
Intensidad de salida	
• para señal "1" valor nominal	0,5 A
• para señal "0" Intensidad residual, máx.	0,1 mA
Retardo a la salida con carga resistiva	
• "0" a "1", máx.	1 µs
• "1" a "0", máx.	5 µs

Continuación anexo 2.

Frecuencia de conmutación	
• de las salidas de impulsos, con carga óhmica, máx.	100 kHz
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	500 m
• No apantallado, máx.	150 m
Entradas analógicas	
Nº de entradas analógicas	2
Canales integrados (AI)	2; 0 a 10 V
Rangos de entrada	
• Tensión	Sí
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
• 0 a +10 V	Sí
• Resistencia de entrada (0 a 10 V)	≥100 kohmios
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	100 m; trenzado y apantallado
Formación de valores analógicos	
Tiempo de integración y conversión/resolución por canal	
• Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	10 bit
• Tiempo de integración parametrizable	Sí
• Tiempo de conversión (por canal)	625 µs
Sensor	
Sensores compatibles	
• Sensor a 2 hilos	Sí
1. Interfaz	
Tipo de interfaz	PROFINET
Norma física	Ethernet
con aislamiento galvánico	Sí
Detección automática de la velocidad de transferencia	Sí
Autonegociación	Sí
Autocrossing	Sí
Funcionalidad	
• PROFINET IO-Device	Sí; también con funcionalidad de IO-Device simultánea
• PROFINET IO-Controller	Sí
PROFINET IO-Controller	
• Velocidad de transferencia, máx.	100 Mbit/s
• Nº de IO Devices que se pueden conectar en total, máx.	16
PROFINET IO-Device	

Continuación anexo 2.

Servicios	
— Shared Device	Sí
— N° de IO Controller con Shared Device, máx.	2
Funciones de comunicación	
Comunicación S7	
• Soporta servidor iPAR	Sí
• como servidor	Sí
• Como cliente	Sí
Comunicación IE abierta	
• TCP/IP	Sí
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Sí
• UDP	Sí
servidores web	
• Soporta servidor iPAR	Sí
• Páginas web definidas por el usuario	Sí
N° de conexiones	
• Total	16; dinámica
Funciones de test y puesta en marcha	
Estado/forzado	
• Estado/Forzado de variables	Sí
• Variables	Entradas/salidas, marcas, DB, E/S de periferia, tiempos, contadores
Forzado permanente	
• Forzado permanente	Sí
Búfer de diagnóstico	
• existente	Sí
Traces	
• Número de Traces configurables	2; por cada Trace son posible 512 kbytes datos
Funciones integradas	
N° de contadores	6
Frecuencia de contaje (contadores), máx.	100 kHz
Frecuencímetro	Sí
Posicionamiento en lazo abierto	Sí
Número de ejes de posicionamiento con regulación de posición, máx.	8
Número de ejes de posicionamiento mediante interfaz impulsos/sentido	4
Regulador PID	Sí
N° de entradas de alarma	4
N° de salidas de impulsos	4
Frecuencia límite (impulsos)	100 kHz

Continuación anexo 2.

Aislamiento galvánico	
Aislamiento galvánico módulos de E digitales	
• Aislamiento galvánico módulos de E digitales	500 V AC durante 1 minuto
• entre los canales, en grupos de	1
Aislamiento galvánico módulos de S digitales	
• Aislamiento galvánico módulos de S digitales	Sí
• entre los canales	No
• entre los canales, en grupos de	1
CEM	
Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática	
• Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática IEC 61000-4-2	Sí
— Tensión de ensayo con descarga en aire	8 kV
— Tensión de ensayo para descarga por contacto	6 kV
Inmunidad a perturbaciones conducidas	
• Inmunidad a perturbaciones en cables de alimentación según IEC 61000-4-4	Sí
• Inmunidad a perturbaciones por cables de señales IEC 61000-4-4	Sí
Inmunidad a perturbaciones por tensiones de choque (sobretensión transitoria)	
• por los cables de alimentación según IEC 61000-4-5	Sí
Inmunidad a perturbaciones conducidas, inducidas mediante campos de alta frecuencia	
• Inmunidad a campos electromagnéticos radiados a frecuencias radioeléctricas según IEC 61000-4-6	Sí
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite A, para aplicación en la industria	Sí; Grupo 1
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí; Si se garantiza mediante medidas oportunas que se cumplen los valores límite de la clase B según EN 55011
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación UL	Sí
cULus	Sí
Homologación FM	Sí
RCM (anterior C-TICK)	Sí
Homologaciones navales	

Continuación anexo 2.

• Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Caída libre	
• Altura de caída máx. (en el embalaje)	0,3 m; Cinco veces, en embalaje de envío
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C
• máx.	60 °C; N.º de entradas o salidas conectadas al mismo tiempo: 7 o 5 (sin puntos contiguos) con 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical, 14 o 10 con 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical
• Montaje horizontal, mín.	-20 °C
• Montaje horizontal, máx.	60 °C
• Montaje vertical, mín.	-20 °C
• Montaje vertical, máx.	50 °C
Temperatura de almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Presión atmosférica según IEC 60068-2-13	
• Almacenamiento/transporte, mín.	660 hPa
• Almacenamiento/transporte, máx.	1 080 hPa
• Altitud de servicio permitida	-1000 a 2000 m
Humedad relativa del aire	
• Rango permitido (sin condensación) a 25 °C	95 %
Vibraciones	
• Vibraciones	Montaje en pared 2 g; perfil DIN, 1 g
• En servicio, según DIN IEC 60068-2-6	Sí
Ensayo de choques	
• ensayado según DIN IEC 60068-2-27	Sí; IEC 68, parte 2-27; semisinusoide: fuerza de choque 15 g (valor de cresta), duración 11 ms
Concentraciones de sustancias contaminantes	
— SO2 con HR < 60% sin condensación	SO2: < 0,5 ppm; H2S: < 0,1 ppm; HR < 60% sin condensación
programación	
Lenguaje de programación	
— KOP	Sí
— FUP	Sí
— SCL	Sí
Vigilancia de tiempo de ciclo	
• configurable	Sí
Dimensiones	
Ancho	110 mm
Alto	100 mm
Profundidad	75 mm

Continuación anexo 2.

Pesos	
Peso, aprox.	415 g
Última modificación:	11.04.2015

Fuente: Siemens. (2015). *Hoja de datos 6ES7214-1AG40-0XB0*.

Anexo 3. Hoja de datos torreta BANNER TL50

TL50 Tower Light with IO-Link®



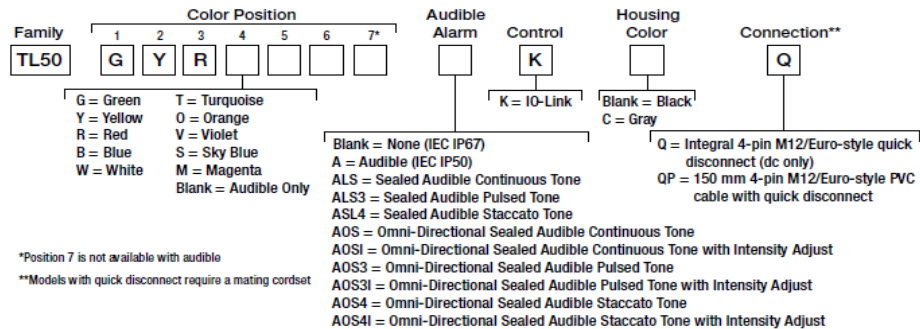
Datasheet

Multi-Color General-Purpose or Audible Indicators



- Rugged, cost-effective, and easy-to-install multi-segment indicators
- Illuminated segments provide easy-to-see operator guidance and indication of equipment status
- Up to seven stacked colors available
- Available in black or light gray housing
- Audible models available with standards, sealed, or omni-directional audible element
- Compact devices are completely self-contained, no controller needed
- 12 V dc to 30 V dc operation with IO-Link control
- No assembly required

Models



Example models include: TL50WBGYRKQ or TL50GYRAOSIKQ. The first color listed is the bottom color, going up in successive order.

IO-Link Process Data Out (Master to Device)

IO-Link® is a point-to-point communication link between a master device and a sensor and/or light. It can be used to automatically parameterize sensors or lights and to transmit process data. For the latest IO-LINK protocol and specifications, please visit www.io-link.com.

For the latest IODD files, please refer to the Banner Engineering Corp website at: www.bannerengineering.com.

Process Data Out is transmitted cyclically to the IO-Link device from the IO-Link master. These values written to the TL50 are used to perform one of the following functions:

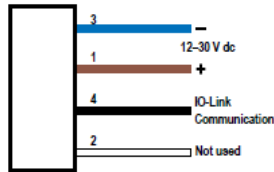
- Tower light and audible segments turn off = 00
- Tower light and audible segments turn on = 01
- Tower light segment flashes; audible segment turns on = 10

Process Data Out															
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Segment 7				Segment 6			Segment 5		Segment 4		Segment 3		Segment 2		Segment 1
Example:				On			Flashing		Flashing		Off		Flashing		On



Continuación anexo 3.

Wiring Diagram



Key

- 1 = Brown
- 2 = White
- 3 = Blue
- 4 = Black

Specifications

Supply Voltage and Current

12 V dc to 30 V dc

Indicators—maximum current per LED color:

- 160 mA at 12 V dc
- 70 mA at 24 V dc
- 55 mA at 30 V dc

Standard Audible Alarm: 50 mA maximum current

Sealed Audible Alarm: 60 mA maximum current

Omni-Directional Sealed Audible: 70 mA maximum current

Supply Protection Circuitry

Protected against reverse polarity and transient voltages

Input Response Time

Indicator On/Off: 10 milliseconds maximum

Audible Alarm

Standard Audible Alarm: 2.7 kHz $\pm$ 500 Hz oscillation frequency; maximum intensity 92 dB at 1 m (3.3 ft) (typical)

Sealed Audible Alarm: 2.9 kHz $\pm$ 250 Hz oscillation frequency; maximum intensity 94 dB at 1 m (3.3 ft) (typical)

Omni-Directional Sealed Audible Alarm: 2.1 kHz $\pm$ 250 Hz oscillation frequency; maximum intensity 99 dB at 1 m (3.3 ft) (typical)

Omni-Directional Sealed Audible Alarm with Intensity Adjustment: 2.1 kHz $\pm$ 250 Hz oscillation frequency; maximum intensity 95 dB at 1 m (3.3 ft) (typical)

Typical Reduction in Sound Intensity with Audible Adjustment (maximum to minimum)

- Standard Audible: 30 dB
- Sealed Audible: 20 dB
- Omni-Directional Sealed Audible: 12 dB

Audible Adjustment

Standard Audible Alarm: Unscrew the cover (up to 1.5 turns maximum) to adjust the audible intensity. (Do not exceed 1.5 turns or the cover may detach during operation.) For maximum intensity, rotate the center plug 180° counterclockwise to remove it.

Sealed Audible Alarm and Omni-Directional Sealed Audible Alarm with Intensity Adjustment: Rotate the front cover until the desired intensity is reached.

Connections

Integral 4-pin M12/Euro-style quick disconnect (dc only), or 150 mm (6 in) PVC cable with a 4-pin M12/Euro-style quick disconnect, depending on model

Models with a quick disconnect require a mating cordset

Construction

Bases and Covers: ABS

Light Segment: Polycarbonate

Vibration and Mechanical Shock

Meets IEC 60068-2-6 requirements (Vibration: 10 Hz to 55 Hz, 1.0 mm amplitude, 5 minutes sweep, 30 minutes dwell)

Meets IEC 60068-2-27 requirements (Shock: 30G 11 ms duration, half sine wave)

Operating Conditions

Non-Audible: -40 °C to +50 °C (-40 °F to +122 °F)

Standard and Audible Sealed: -20 °C to +50 °C (-4 °F to +122 °F)

95% at +50 °C maximum relative humidity (non-condensing)

Environmental Rating

UL Type 4X Indoor and UL Type 13

Non-Audible and Sealed Audible: IEC IP67

Standard Audible: IEC IP50

Indicators

LEDs are independently selected; 1 to 7 segments depending on model (lights and audible alarms are counted as segments)

Indicator Characteristics

Color	Dominant Wavelength or Color Temperature (CCT)	Color Coordinates ¹		Typical Lumen Output (lm)
		x	y	
Green	528 nm	—	—	31
Red	625 nm	—	—	13
Yellow	590 nm	—	—	32
Blue	470 nm	—	—	8
Orange	608 nm	—	—	9.5
White	6000 K	—	—	36
Turquoise	—	0.19	0.37	22
Violet	—	0.20	0.08	4
Magenta	—	0.35	0.15	4.5
Sky Blue	—	0.19	0.26	16

Required Overcurrent Protection



WARNING: Electrical connections must be made by qualified personnel in accordance with local and national electrical codes and regulations.

Overcurrent protection is required to be provided by end product application per the supplied table.

Overcurrent protection may be provided with external fusing or via Current Limiting, Class 2 Power Supply.

Supply wiring leads < 24 AWG shall not be spliced.

For additional product support, go to www.bannerengineering.com.

Supply Wiring (AWG)	Required Overcurrent Protection (Amps)
20	5.0
22	3.0
24	2.0
26	1.0
28	0.8
30	0.5

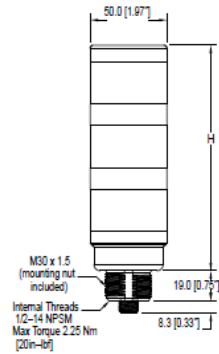
Certifications



¹ Refer to the CIE 1930 (x,y) Chromaticity Diagram, to show equivalent color with indicated color coordinates.

Continuación anexo 3.

Dimensions



# of Colors	Tower Height (H)			
	Non-Audible	Standard Audible*	Sealed Audible	Omni-Directional Sealed Audible
1	61.2 mm (2.4 in)	92.0 mm (3.6 in)	115.1 mm (4.5 in)	129.1 mm (5.1 in)
2	101.9 mm (4.0 in)	132.7 mm (5.2 in)	155.8 mm (6.1 in)	169.8 mm (6.7 in)
3	142.6 mm (5.6 in)	173.4 mm (6.8 in)	196.5 mm (7.7 in)	210.5 mm (8.3 in)
4	183.3 mm (7.2 in)	214.1 mm (8.4 in)	237.2 mm (9.3 in)	251.2 mm (9.9 in)
5	224.0 mm (8.8 in)	254.8 mm (10.0 in)	277.9 mm (10.9 in)	291.1 mm (11.5 in)
6	264.7 mm (10.4 in)	298.5 mm (11.8 in)	318.6 mm (12.5 in)	332.6 mm (13.1 in)
7	305.4 mm (12.0 in)	-	-	-

* Tower height (H) with top unscrewed approximately 3.5 mm (0.18 in) to allow sound to escape

All measurements are listed in millimeters [inches], unless noted otherwise.

Accessories

Cordsets

4-Pin Threaded M12/Euro-Style Cordsets—Double Ended				
Model	Length	Style	Dimensions	Pinout
MQDEC-401SS	0.31 m (1 ft)	Male Straight/ Female Straight		Female Male 1 = Brown 2 = White 3 = Blue 4 = Black
MQDEC-403SS	0.91 m (3 ft)			
MQDEC-406SS	1.83 m (6 ft)			
MQDEC-412SS	3.66 m (12 ft)			
MQDEC-420SS	6.10 m (20 ft)			
MQDEC-430SS	9.14 m (30 ft)			
MQDEC-450SS	15.2 m (50 ft)			

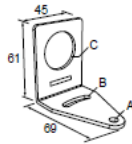
Continuación anexo 3.

Mounting Brackets

All measurements are listed in millimeters [inches], unless noted otherwise.

SMB30A

- Right-angle bracket with curved slot for versatile orientation
- Clearance for M6 (¼ in) hardware
- Mounting hole for 30 mm sensor
- 12-ga. stainless steel

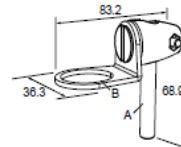


Hole center spacing: A to B=40

Hole size: A=ø 6.3, B= 27.1 x 6.3, C=ø 30.5

SMB30FA

- Swivel bracket with tilt and pan movement for precise adjustment
- Mounting hole for 30 mm sensor
- 12-ga. 304 stainless steel
- Easy sensor mounting to extrude rail T-slot
- Metric and inch size bolt available

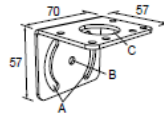


Bolt thread: SMB30FA, A= 3/8 - 16 x 2 in; SMB30FAM10, A= M10 - 1.5 x 50

Hole size: B= ø 30.1

SMB30MM

- 12-ga. stainless steel bracket with curved mounting slots for versatile orientation
- Clearance for M6 (¼ in) hardware
- Mounting hole for 30 mm sensor

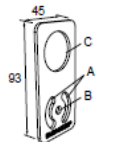


Hole center spacing: A = 51, A to B = 25.4

Hole size: A = 42.6 x 7, B = ø 6.4, C = ø 30.1

SMBAMS30P

- Flat SMBAMS series bracket
- 30 mm hole for mounting sensors
- Articulation slots for 90°+ rotation
- 12-ga. 300 series stainless steel

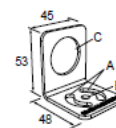


Hole center spacing: A=26.0, A to B=13.0

Hole size: A=26.8 x 7.0, B=ø 6.5, C=ø 31.0

SMBAMS30RA

- Right-angle SMBAMS series bracket
- 30 mm hole for mounting sensors
- Articulation slots for 90°+ rotation
- 12-ga. (2.6 mm) cold-rolled steel

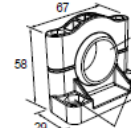


Hole center spacing: A=26.0, A to B=13.0

Hole size: A=26.8 x 7.0, B=ø 6.5, C=ø 31.0

SMB30SC

- Swivel bracket with 30 mm mounting hole for sensor
- Black reinforced thermoplastic polyester
- Stainless steel mounting and swivel locking hardware included

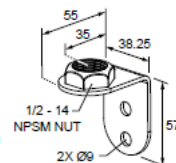


Hole center spacing: A=ø 50.8

Hole size: A=ø 7.0, B=ø 30.0

LMBE12RA35

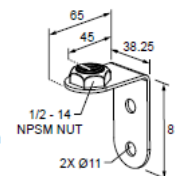
- Direct mounting of stand-off pipe, with common bracket type
- Zinc-plated steel
- 1/2-14 NPSM nut
- Mounting distance from the wall to the center of the 1/2-14 NPSM nut is 35 mm



Hole center spacing: 20.0

LMBE12RA45

- Direct mounting of stand-off pipe, with common bracket type
- Zinc-plated steel
- 1/2-14 NPSM nut
- Mounting distance from the wall to the center of the 1/2-14 NPSM nut is 45 mm



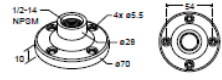
Hole center spacing: 35.0

LMB Sealed Right-Angle Bracket

Model	Description	Construction	
LMB30RA	Direct-Mount Models: Bracket kit with base, 30 mm adapter, set screw, fasteners, O-rings, and gaskets.	Black polycarbonate	
LMB30RAC		Gray polycarbonate	
LMBE12RA	Pipe-Mount Models: Bracket kit with base, ½-14 pipe adapter, set screw, fasteners, O-rings, and gaskets. For use with stand-off pipe (listed and sold separately).	Black polycarbonate	
LMBE12RAC		Gray polycarbonate	

Continuación anexo 3.

Pipe Mounting Flange

Pipe Mounting Flange			
Model	Features	Construction	
SA-F12	- Elevated-use stand-off pipes (½ in, NPSM/DN15) - M5 mounting hardware and nitrile gasket included	Die-cast zinc base with black paint	
SA-F12-3	- Elevated-use stand-off pipes (½ in, NPSM/DN15) - M4 mounting hardware and nitrile blend gasket included	Black Polycarbonate	

Elevated Mount System

Model			Features	Components
SA-M30TE12 - Black Acetal			- Streamlined black acetal or white UHMW stand-off pipe adapter/cover - Connects between 30 mm light base and ½ in. NPSM/DN15 pipe - Mounting hardware included	
SA-M30TE12C - White UHMW				
Polished 304 Stainless Steel	Black Anodized Aluminum	Clear Anodized Aluminum	- Elevated-use stand-off pipe (½ in. NPSM/DN15) - Polished 304 stainless steel, black anodized aluminum, or clear anodized aluminum surface ½ in. NPT thread at both ends - Compatible with most industrial environments	
SOP-E12-150SS 150 mm (6 in) long	SOP-E12-150A 150 mm (6 in) long	SOP-E12-150AC 150 mm (6 in) long		
SOP-E12-300SS 300 mm (12 in) long	SOP-E12-300A 300 mm (12 in) long	SOP-E12-300AC 300 mm (12 in) long		
SOP-E12-900SS 900 mm (36 in) long	SOP-E12-900A 900 mm (36 in) long	SOP-E12-900AC 900 mm (36 in) long		
SA-E12M30 - Black Acetal			- Streamlined black acetal or white UHMW mounting base adapter/cover - Connects between ½ in. NPSM/DN15 pipe and 30 mm (1-3/16 in) drilled hole - Mounting hardware included	
SA-E12M30C - White UHMW				

Banner Engineering Corp. Limited Warranty

Banner Engineering Corp. warrants its products to be free from defects in material and workmanship for one year following the date of shipment. Banner Engineering Corp. will repair or replace, free of charge, any product of its manufacture which, at the time it is returned to the factory, is found to have been defective during the warranty period. This warranty does not cover damage or liability for misuse, abuse, or the improper application or installation of the Banner product.

THIS LIMITED WARRANTY IS EXCLUSIVE AND IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES WHETHER EXPRESS OR IMPLIED (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE), AND WHETHER ARISING UNDER COURSE OF PERFORMANCE, COURSE OF DEALING OR TRADE USAGE.

This Warranty is exclusive and limited to repair or, at the discretion of Banner Engineering Corp., replacement. IN NO EVENT SHALL BANNER ENGINEERING CORP. BE LIABLE TO BUYER OR ANY OTHER PERSON OR ENTITY FOR ANY EXTRA COSTS, EXPENSES, LOSSES, LOSS OF PROFITS, OR ANY INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL OR SPECIAL DAMAGES RESULTING FROM ANY PRODUCT DEFECT OR FROM THE USE OR INABILITY TO USE THE PRODUCT, WHETHER ARISING IN CONTRACT OR WARRANTY, STATUTE, TORT, STRICT LIABILITY, NEGLIGENCE, OR OTHERWISE.

Banner Engineering Corp. reserves the right to change, modify or improve the design of the product without assuming any obligations or liabilities relating to any product previously manufactured by Banner Engineering Corp. Any misuse, abuse, or improper application or installation of this product or use of the product for personal protection applications when the product is identified as not intended for such purposes will void the product warranty. Any modifications to this product without prior express approval by Banner Engineering Corp will void the product warranties. All specifications published in this document are subject to change. Banner reserves the right to modify product specifications or update documentation at any time. Specifications and product information in English supersede that which is provided in any other language. For the most recent version of any documentation, refer to: www.bannerengineering.com.

For patent information, see www.bannerengineering.com/patents.



© Banner Engineering Corp. All rights reserved

Fuente: BANNER. (2019). *TL50 Tower Light Datasheet*.

Anexo 4. Hoja de datos cableado



INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO

UNITRONIC® SENSOR

Cable flexible para cableado de sensores/actuadores

Cables para cableado de sensores/actuadores para conectar con conectores M8 y M12.

Info

Fácil preparación de la instalación

Reconocido por UL (LifYY A)



Componentes complementarios de automatización de Lapp



Ahorro de espacio



Resistente a radiación UV

Beneficios

Cableado muy sencillo (trazas, mangueras, armarios de distribución)

Fácil de aislar y pelar

Ahorro de espacio gracias a las dimensiones compactas

Ámbito de uso

Tecnología de automatización

Cableado sensor/actuador

Características de producto

Color del conductor conforme a DIN EN 50044

Versión en negro: resistente a la radiación UV

Para mayor esfuerzo mecánico (LifY11Y/Desina®)

Normas de referencia / Aprobaciones

Reconocido por UL (LifYY A)

Última actualización (06.07.2020)

©2020 Lapp Group - Reservado el derecho a realizar cambios técnicos

Product Management <http://lappespana.lappgroup.com>

Puede encontrar los datos técnicos actualizados en la ficha técnica correspondiente.

PN 0456 / 02_03.16

Continuación anexo 4.



INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO

UNITRONIC® SENSOR

Composición de producto

Conductores trenzados superfinos de hilos de cobre desnudo (clase 6)
Aislamiento de PVC
Código de colores:
3 pines: marrón, azul, negro
4 pines: marrón, blanco, azul, negro
5 pines: marrón, blanco, azul, negro, gris
DESINA® 4x0,34: marrón, blanco, azul, negro
Cubierta exterior: PVC o PUR
Color de cubierta: negro (RAL 9005)
DESINA® amarillo (RAL 1021)

Datos técnicos

Clasificación ETIM 5:	ETIM 5.0 Class-ID: EC001578 Descripción de clase ETIM 5.0: cable flexible
Clasificación ETIM 6:	ETIM 6.0 Class-ID: EC001578 ETIM 6.0 Class-Description: cable flexible
Tensión de cresta de trabajo:	(no apto para alimentación) 300 V
Formación del conductor:	Hilo extrafino, conforme a VDE 0295 Clase 6 / IEC 60228 Clase 6
Radio de curvatura mínimo:	Móvil: 15 veces el diámetro exterior Instalación fija: 8 x diámetro exterior
Rango de temperaturas:	PVC/PVC: Instalación fija: -30 °C a +80 °C Uso flexible: -10 °C a +80 °C

Nota

Todos los valores de los productos mostrados son valores nominales a menos que se especifique lo contrario. Otros valores, como por ejemplo tolerancias, pueden obtenerse bajo solicitud.
Base de precios del cobre: 150 EUR/100 kg. Consulte el apéndice del catálogo T17 para obtener información sobre la definición y el cálculo de los recargos relacionados con el cobre.
Encuentre las longitudes estándar en www.lappgroup.es/longitudeseestandar
Las fotografías e imágenes no son a escala ni deben considerarse representaciones fieles de los respectivos productos.
Precios netos sin IVA ni recargos. Venta a clientes profesionales.

Continuación anexo 4.

Última actualización (06.07.2020)
 ©2020 Lapp Group - Reservado el derecho a realizar cambios técnicos
 Product Management <http://lappspana.lappgroup.com>
 Puede encontrar los datos técnicos actualizados en la ficha técnica correspondiente.
 PN 0456 / 02_03_16

Referencia	Denominación	Dimensión en mm²	Diámetro exterior (mm)	Conductor / material de la cubierta	Color	UL	Índice de cobre (kg/km)
UNITRONIC® SENSOR PVC							
7038898	LIFY	3x0,25	3,8	PVC/PVC	negro	-	7,5
7038899	LIFY	4x0,25	4,2	PVC/PVC	negro	-	10,2
7038900	LIFY	3x0,34	4,1	PVC/PVC	negro	-	9,8
7038901	LIFY	4x0,34	4,4	PVC/PVC	negro	-	13
7038902	LIFY	5x0,34	4,8	PVC/PVC	negro	-	16
UNITRONIC® SENSOR PVC UL							
7038903	LIFY A	3x0,25	4,3	PVC/PVC	negro	si	7,5
7038904	LIFY A	4x0,25	4,6	PVC/PVC	negro	si	10,2
7038905	LIFY A	3x0,34	4,4	PVC/PVC	negro	si	9,8
7038906	LIFY A	4x0,34	4,8	PVC/PVC	negro	si	13
7038907	LIFY A	5x0,34	5,2	PVC/PVC	negro	si	16
UNITRONIC® SENSOR PVC/PUR							
7038861	LIFY11Y	4x0,34	4,8	PVC/PUR	negro	-	13,1
7038862	LIFY11Y	5x0,25	4,9	PVC/PUR	negro	-	12
0040434	DESINA	4x0,34	5,2	PVC/PUR	amarillo	-	13,5

 **UNITRONIC® SENSOR**

INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO

Continuación anexo 4.



UNITRONIC® SENSOR

INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO



Última actualización (06.07.2020)
©2020 Lapp Group - Reservado el derecho a realizar cambios técnicos
Product Management <http://lappespana.lappgroup.com>
Puede encontrar los datos técnicos actualizados en la ficha técnica correspondiente.
PN 0456 / 02_03.16

Lapp. (2020). *Ficha técnica cable para sensor.*

Anexo 5. Hoja de datos conector M12



INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO

EPIC® SENSOR M12

Conector M12 de montaje en campo

Conectores de montaje en campo M12 con conexión por tornillo o fast-connect para la conexión de sensores y actuadores con cable cortados a medida



Componentes complementarios de automatización de Lapp



Ingeniería de planta



Ahorro en tiempo de instalación



Impermeable

Beneficios

Para la creación de diferentes longitudes de cable conectorizadas
No es necesaria una herramienta especial para la conectorización
Confección sencilla in situ mediante técnica de conexión rápida IDC
Montaje sencillo con conexión fiable de tornillo

Características de producto

Versiones de 4 y 5 polos
Versiones apantallada y sin apantallar
Conexión atornillada o por desplazamiento de aislante (IDC)
Libre de PWIS

Datos técnicos

Clasificación ETIM 5:

ETIM 5.0 Class-ID: EC002062
Descripción de clase ETIM 5.0: conector de sensor-actuador

Clasificación ETIM 6:

ETIM 6.0 Class-ID: EC002062
ETIM 6.0 Class-Description: conector para sensores / actuadores

Material:

Contacto: CuZn
Superficie de contacto: CuSnZn

Grado de protección::

IP 65/IP 67 (IDC)

Última actualización (07.07.2020)

©2020 Lapp Group - Reservado el derecho a realizar cambios técnicos

Product Management <http://lappespana.lappgroup.com>

Puede encontrar los datos técnicos actualizados en la ficha técnica correspondiente.

PN 0456 / 02_03.16

Continuación anexo 5.



INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO

EPIC® SENSOR M12

Temperatura ambiente (en uso):	IP 67 (tornillo) Macho/Hembra: -25°C a +80°C (IDC) -40°C a +85°C (tornillo)
Codificación:	A-standard
Corriente nominal en A:	4 A 2 A (8-pin)

Nota

Las fotografías e imágenes no son a escala ni deben considerarse representaciones fieles de los respectivos productos.
Precios netos sin IVA ni recargos. Venta a clientes profesionales.

Última actualización (07.07.2020)
©2020 Lapp Group - Reservado el derecho a realizar cambios técnicos
Product Management <http://lappespana.lappgroup.com>
Puede encontrar los datos técnicos actualizados en la ficha técnica correspondiente.
PN 0456 / 02_03.16

Continuación anexo 5.

Última actualización (07.07.2020)
 ©2020 Lapp Group - Reservado el derecho a realizar cambios técnicos
 Product Management <http://lappspana.lappgroup.com>
 Puede encontrar los datos técnicos actualizados en la ficha técnica correspondiente.
 PN 0456 / 02_03_16

Referencia	Denominación	Número de polos	Tipo de conexión	Sección transversal en mm²	Diámetro de cable en mm	Tensión nominal UN(V)	Unid. de embalaje
macho, recto							
22260132	AB-C4-M12MS-F0,34	4	IDC	0.14 - 0.34	3.5 - 6	125	1
22260134	AB-C4-M12MS-F0,75	4	IDC	0.34 - 0.75	4 - 8	250	1
22260649	AB-C4-M12MS-PG7	4	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	250	1
22260995	AB-C4-M12MS-PG9	4	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	250	1
22260129	AB-C5-M12MS-PG7	5	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	60	1
22260651	AB-C5-M12MS-PG9	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1
22260996	AB-C5-M12MS-PG9-SKINTOP®	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1
macho, recto, apantallado							
22260135	AB-C5-M12MS-PG9-SH	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1
22260825	AB-C8-M12MS-PG9-SH	8	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	30	1
macho, acodado							
22260647	AB-C4-M12MA-PG7	4	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	250	1
22260130	AB-C5-M12MA-PG7	5	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	60	1
22260648	AB-C5-M12MA-PG9	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1
22262023	AB-C5-M12MA-PG9-SKINTOP®	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1
macho, acodado, apantallado							
22262108	AB-C5-M12MA-PG7-SH	5	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	60	1
hembra, recto							
22260131	AB-C4-M12FS-F0,34	4	IDC	0.14 - 0.34	3.5 - 6	125	1
22260133	AB-C4-M12FS-F0,75	4	IDC	0.34 - 0.75	4 - 8	250	1
22260640	AB-C4-M12FS-PG7	4	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	250	1
22260641	AB-C4-M12FS-PG9	4	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	250	1
22260127	AB-C5-M12FS-PG7	5	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	60	1
22260644	AB-C5-M12FS-PG9	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1
22260997	AB-C5-M12FS-PG9-SKINTOP®	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1
hembra, recto, apantallado							
22260136	AB-C5-M12FS-PG9-SH	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1



EPIC® SENSOR M12

INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO

Continuación anexo 5.



EPIC® SENSOR M12

INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO

Referencia	Denominación	Número de polos	Tipo de conexión	Sección transversal en mm²	Diámetro de cable en mm	Tensión nominal UN(V)	Unid. de embalaje
22260826	AB-C8-M12FS-PG9-SH	8	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	30	1
Hembra, acodado							
22260636	AB-C4-M12FA-PG7	4	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	250	1
22260128	AB-C5-M12FA-PG7	5	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	60	1
22260638	AB-C5-M12FA-PG9	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1
22262024	AB-C5-M12FA-PG9-SKINTOP®	5	atornillado	0.25 - 0.75	6 - 8	60	1
Hembra acodado, apantallado							
22262109	AB-C5-M12FA-PG7-SH	5	atornillado	0.25 - 0.75	4 - 6	60	1

Última actualización (07.07.2020)
 ©2020 Lapp Group - Reservado el derecho a realizar cambios técnicos
 Product Management <http://lappspana.lappgroup.com>
 Puede encontrar los datos técnicos actualizados en la ficha técnica correspondiente.
 PN 0456 / 02_03_16

Continuación anexo 5.



INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO

EPIC® SENSOR M12



Última actualización (07.07.2020)
©2020 Lapp Group - Reservado el derecho a realizar cambios técnicos
Product Management <http://lappespana.lappgroup.com>
Puede encontrar los datos técnicos actualizados en la ficha técnica correspondiente.
PN 0456 / 02_03.16

Fuente: Lapp. (2020). *Ficha técnica conector M12.*

Anexo 6. Hoja de datos SIMATIC HMI TP700

SIEMENS

Hoja de datos

6AV2124-0GC01-0AX0



SIMATIC HMI TP700 COMFORT, COMFORT PANEL, OPERACION TACTIL, DISPLAY TFT WIDESCREEN DE 7", 16M DE COLORES, INTERFAZ PROFINET, INTERFAZ MPI/PROFIBUS DP, 12 MB DE MEMORIA DE CONFIG., WINDOWS CE 6.0, CONFIGURABLE CON WINCC V11 O SUPERIOR

Nombre del producto	
Display	
Tipo de display	TFT
Diagonal de pantalla	7 in
Achura del display	152,4 mm
Altura del display	91,4 mm
Nº de colores	16 777 216
Resolución (píxeles)	
• Resolución de imagen horizontal	800
• Resolución de imagen vertical	480
Retroiluminación	
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	80 000 h
• Retroiluminación variable	Sí; 0-100 %
Elementos de mando	
Teclado	
• Teclas de función	
— Nº de teclas de función	0
• Teclas con LED	No
• Teclas del sistema	No
• Teclado numérico/alfanumérico	
— Teclado numérico	Sí; Teclado en pantalla
— Teclado alfanumérico	Sí; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
• Como pantalla táctil	Sí

Continuación anexo 6.

Ampliaciones para conducción de proceso	
• LEDs directos DP (LEDs como periferia de salida S7) — F1...Fx • Teclas directas (teclas como periferia de entrada S7) — F1...Fx • Teclas directas (botones táctiles como periferia de entrada S7)	0 0 32
Diseño/montaje	
Montaje vertical (formato retrato) posible	Sí
Montaje horizontal (formato apaisado) posible	Sí
Posición de montaje	vertical
Máx. ángulo de inclinación permitido sin ventilación externa	35°
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	DC
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	0,5 A
Intensidad transitoria de cierre A²s	0,5 A²s
Potencia	
Consumo, típ.	12 W
Procesador	
Tipo de procesador	X86
Memoria	
Flash	Sí
RAM	Sí
Memoria de usuario	12 Mbyte
Tipo de salida	
Info LED	No
LED "Power"	No
"LED Error"	No
Acústica	
• Zumbador • Altavoz	No Sí
Hora	
Reloj	

Continuación anexo 6.

• Reloj por hardware (reloj tiempo real)	Sí
• Reloj por software	No
• Respaldo	Sí; Duración del búfer típica: 6 semanas
• Sincronizable	Sí
Interfaces	
Nº de interfaces RS 485	1; RS 422/485 combinada
N.º de interfaces USB	2; USB 2.0
N.º de interfaces USB mini-B	1; 5 polos
Nº de interfaces 20 mA (TTY)	0
N.º de interfaces RS 232	0
Nº de interfaces RS 422	1
Nº de interfaces paralelas	0
N.º de otras interfaces	0
Número de slot para tarjetas SD	2
Con interfaces a SW	No
Industrial Ethernet	
• N.º de interfaces Industrial Ethernet	2
• LED de estado Industrial Ethernet	2
• Nº de puertos del switch integrado	2
Informes (logs)	
PROFINET	Sí
PROFINET IO	Sí
IRT	Sí; WinCC V12 o superior
MRP	Sí; WinCC V12 o superior
PROFIBUS	Sí
MPI	Sí
Protocolos (Ethernet)	
• TCP/IP	Sí
• DHCP	Sí
• SNMP	Sí
• DCP	Sí
• LLDP	Sí
Propiedades WEB	
• HTTP	Sí
• HTTPS	No
• HTML	Sí
• XML	No
• CSS	Sí
• Active X	No
• JavaScript	Sí
• Java VM	No

Continuación anexo 6.

Otros protocolos	
• CAN	No
• MODBUS	Sí
• Soporta protocolo para EtherNet/IP	Sí
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite A, para aplicación en la industria	Sí
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	No
Grado de protección y clase de protección	
IP (frontal)	IP65
Envoltorio tipo 4 en el frente	Sí
Enclosure Type 4x en el frente	Sí
IP (lado posterior)	IP20
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación KC	Sí
cULus	Sí
RCM (anterior C-TICK)	Sí
Homologaciones navales	
• Germanischer Lloyd (GL)	Sí
• American Bureau of Shipping (ABS)	Sí
• Bureau Veritas (BV)	Sí
• Det Norske Veritas (DNV)	Sí
• Lloyds Register of Shipping (LRS)	Sí
• Nippon Kaiji Kyokai (Class NK)	Sí
• Polski Rejestr Statkow (PRS)	No
Uso en atmósfera potencialmente explosiva	
• ATEX zona 2	Sí
• ATEX zona 22	Sí
• IECEx, zona 2	Sí
• IECEx, zona 22	Sí
• cULus Class I zona 1	No
• cULus Class I zona 2, división 2	Sí
• FM Class I división 2	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• En servicio (montaje vertical)	
— En posición de montaje vertical, mínima	0 °C
— En posición de montaje vertical, máxima	50 °C; (55°C; ver ID de artículo: 64847814)

Continuación anexo 6.

• En servicio (máx. ángulo de inclinación)	
— Con ángulo máx. de inclinación, mínima	0 °C
— Con ángulo máx. de inclinación, máxima	40 °C
• En servicio (montaje vertical, formato retrato)	
— En posición de montaje vertical, mínima	0 °C
— En posición de montaje vertical, máxima	40 °C
• En servicio (máx. ángulo de inclinación, formato retrato)	
— Con ángulo máx. de inclinación, mínima	0 °C
— Con ángulo máx. de inclinación, máxima	35 °C
Temperatura de almacenaje/transporte	
• mín.	-20 °C
• máx.	60 °C
Humedad relativa del aire	
• En servicio máx.	90 %
Sistemas operativos	
Sistema operativo preinstalado	
• Windows CE	Sí
propietarios	No
Configuración	
Ventana de avisos	Sí
Sistema de alarmas (con búfer y confirmación)	Sí
Representación de valores de proceso (salida)	Sí
Especificación de valores de proceso (entrada) posible	Sí
Administración de recetas	Sí
Software de configuración	
• STEP 7 Basic (TIA Portal)	No
• STEP 7 Professional (TIA Portal)	No
• WinCC flexible Compact	No
• WinCC flexible Standard	No
• WinCC flexible Advanced	No
• WinCC Basic (TIA Portal)	No
• WinCC Comfort (TIA Portal)	Sí; V11 o superior
• WinCC Advanced (TIA Portal)	Sí; V11 o superior
• WinCC Professional (TIA Portal)	Sí; V11 o superior
Idiomas	
Idiomas online	
• Número de idiomas online/runtime	32
Idiomas	
• Idiomas por proyecto	32

Continuación anexo 6.

• Idiomas	
— D	Sí
— GB	Sí
— F	Sí
— I	Sí
— E	Sí
— CHN "tradicional"	Sí
— CHN "simplificado"	Sí
— DK	Sí
— FIN	Sí
— GR	Sí
— J	Sí
— KP/ROK	Sí
— NL	Sí
— N	Sí
— PL	Sí
— P	Sí
— RUS	Sí
— S	Sí
— CZ	Sí
— SK	Sí
— TR	Sí
— H	Sí
Funcionalidad bajo WinCC (TIA Portal)	
Librerías	Sí
Aplicaciones/opciones	
• Internet Explorer	Sí
• Pocket Word	Sí
• Pocket Excel	Sí
• PDF Viewer	Sí
• Media Player	Sí
• SIMATIC WinCC Sm@rtServer	Sí
• SIMATIC WinCC Audit	Sí
Nº de scripts Visual Basic	Sí
Planificador de tareas	
• controlada por tiempo	Sí
• controlada por tarea	Sí
Sistema de ayuda	
• Nº de caracteres por texto informati	70
Sistema de alarmas (avisos)	
• Nº de clases de avisos	32

Continuación anexo 6.

• Método de numeración de avisos S7	Sí
• Avisos del sistema HMI	Sí
• Avisos del sistema de otros (SIMATIC S7, Sinumerik, Simotion, ...)	Sí
• Valores de caracteres por aviso	80
• Valores de proceso por aviso	8
• Grupos de confirmación	Sí
• Indicador de avisos	Sí
• Búfer de avisos	
— N° de entradas	1 024
— Búfer circular	Sí
— remanente	Sí
— Libre de mantenimiento	Sí
Administración de recetas	
• Número de recetas	300
• Registros por receta	500
• Entradas por registro	1 000
• Tamaño de la memoria de recetas interna	2 Mbyte
• Memoria de recetas ampliable	Sí
Variables	
• N° de variables por equipo	2 048
• N° de variables por sinóptico	400
• Valores límite	Sí
• Multiplexar	Sí
• Estructuras	Sí
• Matrices	Sí
Imágenes	
• Número de imágenes configurables	500
• Ventana permanente/platilla	Sí
• Imagen global	Sí
• Imagen inicial configurable	Sí
• Selección de imagen vía PLC	Sí
• N° de imagen en el PLC	Sí
Objetos gráficos	
• Número de objetos por imagen	400
• Campos de texto	Sí
• Campos de E/S	Sí
• Campos de E/S gráficos (lista de gráficos)	Sí
• Campos de E/S simbólicos (lista de textos)	Sí
• Campos de fecha/hora	Sí
• Interruptores	Sí

Continuación anexo 6.

• Botones	Sí
• Visor de gráficos	Sí
• Iconos	Sí
• Objetos geométricos	Sí
Objetos gráficos complejos	
• Número de objetos complejos por imagen	20
• Visor de avisos	Sí
• Visor de curvas	Sí
• Visor de usuarios	Sí
• Estado/forzado	Sí
• Visor Sm@rtClient	Sí
• Visor de recetas	Sí
• Visor de curvas f(x)	Sí
• Visor de diagnóstico del sistema	Sí
• Media Player	Sí
• Barras	Sí
• Deslizadores	Sí
• Instrumentos de aguja	Sí
• Reloj analógico/digital	Sí
Listas	
• N° de listas de textos por proyecto	500
• N° de entradas por lista de textos	500
• N° de listas gráficas por proyecto	500
• N° de entradas por lista gráfica	500
Registro histórico	
• N° de archivos históricos por equipo	50
• N° de entradas por archivo histórico	20 000
• Archivo (registro histórico) de avisos	Sí
• Archivo de valor de proceso	Sí
• Métodos de archivado	
— Archivo secuencial	Sí
— Archivo cíclico	Sí
• Ubicación	
— Tarjeta de memoria	Sí
— Memoria USB	Sí
— Ethernet	Sí
• Formato de archivo de datos	
— CSV	Sí
— TXT	Sí
— RDB	Sí
Seguridad	

Continuación anexo 6.

• Número de grupos de usuarios	50
• Número de derechos de usuario	32
• Número de usuarios	50
• Exportación/importación de contraseñas	Sí
• SIMATIC Logon	Sí
Listado por impresora	
• Avisos	Sí
• Informe (informe de turno)	Sí
• Copia de pantalla	Sí
• Impresión en archivo	Sí; pdf, html
Juegos de caracteres	
• Teclado	
— USA (inglés)	Sí
• Juegos de caracteres	
— Tahoma	Sí
— Arial	Sí
— Courier New	Sí
— WinCC flexible-Standard	Sí
— ideogramas	Sí
• Tamaño de carácter escalable	Sí
• Juegos de caracteres cargables adicionalmente	Sí
Transferencia (carga/descarga)	
• MPI / PROFIBUS DP	Sí
• USB	Sí
• Ethernet	Sí
• Mediante medio de memoria externo	No
Acoplamiento al proceso	
• S7-1200	Sí
• S7-1500	Sí
• S7-200	Sí
• S7- 300/400	Sí
• LOGO!	Sí
• Win AC	Sí
• SINUMERIK	Sí; con Paquete de opciones SINUMERIK
• SIMOTION	Sí
• Allen Bradley (EtherNet/IP)	Sí
• Allen Bradley (DF1)	Sí
• Mitsubishi (MC TCP/IP)	Sí
• Mitsubishi (FX)	Sí
• OMRON (FINS TCP)	No

Continuación anexo 6.

• OMRON (LINK/Multilink)	Sí
• Modicon (Modbus TCP/IP)	Sí
• Modicon (Modbus)	Sí
• OPC UA Client	Sí
• OPC UA Server	Sí
Herramientas/auxiliares para configuración	
• Imagen para limpieza	Sí
• Calibrar la pantalla táctil	Sí
• Backup/Restore	Sí
• Backup/Restore automáticos	Sí
• Simulación	Sí
• Conmutación de dispositivo	Sí
• Transferencia de deltas	Sí
Periferia/Opciones	
Periféricos	
• Impresora	Sí
• MultiMediaCard	Sí
• Tarjeta SD	Sí
• Memoria USB	Sí
• Cámara en red	Sí
Elementos mecánicos/material	
Tipo de caja (frente)	
• plástico	No
• aluminio	Sí
• Acero inoxidable	No
Dimensiones	
Ancho del frente de la caja	214 mm
Alto del frente de la caja	158 mm
Recorte para montaje, ancho	197 mm
Recorte para montaje, alto	141 mm
Profundidad de montaje	63 mm
Pesos	
sin embalaje	1,4 kg
con embalaje	1,6 kg
Última modificación:	11.02.2015

Anexo 7. Hoja de datos EB1754.500

– Product description

Material:	Housing and door: Carbon steel, all-round foamed-in PU seal
Surface finish:	Housing and door: Dipcoat primed, powder-coated on the outside, textured paint Mounting plate: Zinc-plated
Color:	RAL 7035
Protection category IP to IEC 60 529:	IP 66
Protection category NEMA:	NEMA 4
Supply includes:	Housing with hinged door 180° hinge Cam lock with 3 mm double-bit insert Mounting plate
Dimensions:	Height: 350 mm (14 ") Width: 300 mm (12 ") Depth: 155 mm (6.1 ")
Material thickness::	Housing: 1.5 mm (0.06 ") Door: 1.5 mm (0.06 ")
Door catch:	right
Packaging unit:	1 pc(s).
Weight/packaging unit:	5.8 kg (12.8 lb.)
EAN:	37464

Fuente: Rittal. (2020). *E-Box EB-EB 1553.500*.

Anexo 8. Hoja de datos Bornera

Generalidades

Número de pisos	3
Número de conexiones	4
Sección nominal	2,5 mm ²
Color	Gris
Aislamiento	PA
Clase de combustibilidad según UL 94	V2
Tensión transitoria de dimensionamiento	4 KV
Grado de polución	3
Categoría de sobretensiones	III
Grupo material aislante	I
Potencia disipada máxima con condición nominal	0,77 W (al conectar varios pisos se reproduce el valor)
Temperatura ambiente (servicio)	-60 °C ... 85 °C
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-25 °C ... 55 °C (Durante poco tiempo, no más de 24 h, de -60 a +70 °C)
Humedad de aire admisible (almacenamiento / transporte)	30 % ... 70 %
Temperatura ambiente (montaje)	-5 °C ... 70 °C
Temperatura ambiente (accionamiento)	-5 °C ... 70 °C
Conexión según norma	IEC 60947-7-1/IEC 60947-7-2
Corriente nominal I_N	24 A
Corriente de carga máxima	26 A (con una sección del conductor de 2,5 mm ²)
Tensión nominal U_N	250 V
Pared lateral abierta	No
Valor nominal ensayo de tensión transitoria	4,8 kV
Ensayo de flexión velocidad de rotación	10 r.p.m.
Ensayo de flexión revoluciones	135
Result. prueba tracción	Prueba aprobada
Prueba de tracción sección del conductor	0,2 mm ²

Continuación anexo 8.

Fuerza de tracción Valor nominal	10 N
Prueba de tracción sección del conductor	2,5 mm ²
Fuerza de tracción Valor nominal	50 N
Prueba de tracción sección del conductor	4 mm ²
Fuerza de tracción Valor nominal	60 N
Asiento fijo sobre superficie de fijación	NS 32/NS 35
Valor nominal	1 N
Resultado de la comprobación de caída de tensión	Prueba aprobada
Exigencia Caída de tensión	≤ 3,2 mV
Ensayo de envejecimiento para bornes de carril sin tornillos ciclos de temperatura	192
Comprobación de características térmicas (llama de aguja) tiempo de acción	30 s
Especificación de ensayo, oscilaciones, ruido de banda ancha	DIN EN 50155 (VDE 0115-200):2018-05
Espectro de ensayo	Prueba de durabilidad categoría 2, en el bogie
Frecuencia de ensayo	f ₁ = 5 Hz hasta f ₂ = 250 Hz
Nivel ASD	6,12 (m/s ²) ² /Hz
Aceleración	3,12 g
Duración de ensayo por eje	5 h
Direcciones de ensayo	Ejes X, Y Z
Tipo de choque	Semisinusoide
Aceleración	30g
Duración del choque	18 ms
Número de choques por dirección	3
Direcciones de ensayo	Ejes X, Y Z (pos. y neg.)

Continuación anexo 8.

Dimensiones

Anchura	6,2 mm
Longitud	61,5 mm
Altura NS 35/7,5	54,5 mm
Altura NS 35/15	62 mm

Datos de conexión

Tipo de conexión	Conexión por tornillo
Sección de conductor rígido mín.	0,2 mm ²
Sección de conductor rígido máx.	4 mm ²
Sección de conductor flexible mín.	0,2 mm ²
Sección de conductor flexible máx.	2,5 mm ²
Sección de conductor AWG mín.	24
Sección de conductor AWG máx.	12
Sección de conductor flexible con puntera, sin manguito de plástico mín.	0,25 mm ²
Sección de conductor flexible con puntera, sin manguito de plástico máx.	2,5 mm ²
Sección de conductor flexible con puntera, con manguito de plástico mín.	0,25 mm ²
Sección de conductor flexible con puntera, con manguito de plástico máx.	2,5 mm ²
Sección con peine puenteador rígido máx.	4 mm ²
Sección con peine puenteador flexible máx.	2,5 mm ²
2 conductores con la misma sección, rígidos mín.	0,2 mm ²
2 conductores con la misma sección, rígidos máx.	1 mm ²
2 conductores con la misma sección, flexibles mín.	0,2 mm ²
2 conductores con la misma sección, flexibles máx.	1 mm ²
2 conductores con la misma sección flexibles con puntera sin manguito de plástico mín.	0,25 mm ²
2 conductores con la misma sección flexibles con puntera sin manguito de plástico máx.	1 mm ²

Continuación anexo 8.

2 conductores con la misma sección flexibles con puntera TWIN con manguito de plástico mín.	0,5 mm ²
2 conductores con la misma sección flexibles con puntera TWIN con manguito de plástico máx.	1 mm ²
Sección con peine puenteador rígido máx.	4 mm ²
Sección con peine puenteador flexible máx.	2,5 mm ²
Longitud a desaislar	8 mm
Calibre macho	A3
Rosca de tornillo	M3
Par de apriete mín.	0,5 Nm
Par de apriete máx.	0,6 Nm

Normas y especificaciones

Conexión según norma	CSA
	IEC 60947-7-1/IEC 60947-7-2
Clase de combustibilidad según UL 94	V2

Environmental Product Compliance

REACH SVHC	Lead 7439-92-1
China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto (EFUP): 50 años
	Encontrará información sobre las sustancias peligrosas en la declaración del fabricante en la pestaña "Descargas"

Clasificaciones

eCl@ss

eCl@ss 10.0.1	27141128
eCl@ss 4.0	27141100
eCl@ss 4.1	27141100
eCl@ss 5.0	27141100
eCl@ss 5.1	27141100
eCl@ss 6.0	27141100

Continuación anexo 8.

eCl@ss 7.0	27141128
eCl@ss 8.0	27141128
eCl@ss 9.0	27141128

ETIM

ETIM 2.0	EC000900
ETIM 3.0	EC000900
ETIM 4.0	EC000900
ETIM 5.0	EC000900
ETIM 6.0	EC000900
ETIM 7.0	EC000900

UNSPSC

UNSPSC 6.01	30211811
UNSPSC 7.0901	39121410
UNSPSC 11	39121410
UNSPSC 12.01	39121410
UNSPSC 13.2	39121410
UNSPSC 18.0	39121410
UNSPSC 19.0	39121410
UNSPSC 20.0	39121410
UNSPSC 21.0	39121410

Fuente: Phoenix Contact. (2019). *Sensor/actuator terminal block - DOK 1,5 – 2717016*.