



# Vibro

# Thermography

Magazine Industrial

**Junio 2023**

*Vibraciones*

*Caso de Estudio*

**RESONANCIA**

*Mitos de*

**LUBRICACIÓN**



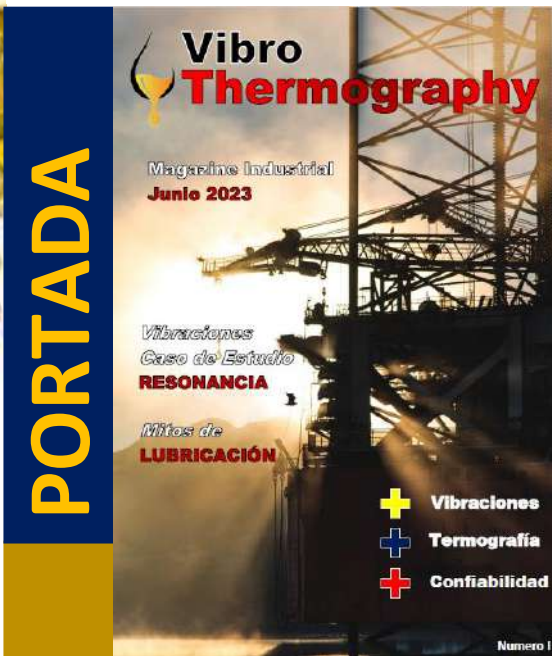
**Vibraciones**



**Termografía**



**Confiabilidad**



**PORTADA**

## **Vibro Thermography**

### **EDITORIAL**

Ing. Guillermo Valecillo

### **DIAGRAMACION Y DISEÑO**

Lic. Bárbara Luque

### **MERCADEO**

Lic. María Elena Ruiz

### **INVESTIGACIÓN**

Ing. Federico Valecillo

## **EN ESTA EDICIÓN.....**

**3**

### **EDITORIAL**

Un nuevo comienzo

**4**

### **RODAMIENTO**

Dando el ajuste correcto a los rodamientos

**11**

### **VIBRACIONES**

Caso de estudio Resonancia

**16**

### **LUBRICACIÓN**

5 Mitos Sobre Lubricación

# **Vibro Thermography**

## **UNETE A NUESTRA COMUNIDAD**

¡Suscríbete a tu revista de vibraciones y termografía industrial y recíbela **GRATIS!!!**

Envía un email con tus datos (nombre, país de donde resides, profesión)

[magazine@vibrothermography.com](mailto:magazine@vibrothermography.com)

[www.vibrothermography.com](http://www.vibrothermography.com)

## **Editorial**

### **Un nuevo comienzo...**

Con gran emoción y alegría, pero sobretodo con mucha responsabilidad redacto esta editorial, correspondiente al número I del magazine **VIBRO THERMOGRAPHY**. Este magazine nace de la experiencia que durante estos últimos diez (10) años he adquirido en diversas industrias, en este recorrido he ganado un gran conocimiento técnico y académico en lo referente al mundo del mantenimiento industrial, el cual me gustaría difundir a la gran comunidad de personas involucradas en este loco y apasionante mundo del mantenimiento industrial. Esta acumulación de conocimiento procede de la experiencia laboral en campo, así como la constante formación académica.

**VIBRO THERMOGRAPHY** es un magazine industrial con contenidos explicados de manera sencilla y amena, para el entendimiento de toda nuestra comunidad lectora, cuyo principal fin es la de enriquecer y actualizar conocimientos a los lectores en distintos tópicos referentes a la industria y de esta manera sean más eficientes y efectivos en sus puestos laborales, por consiguiente, tengan un desarrollo técnico mayor.

**VIBROTHERMOGRAPHY**, se enfoca en las grandes ramas de soporte del mantenimiento industrial, las cuales se pueden resumir en vibraciones mecánicas, termografía, lubricación, ultrasonido, motores eléctricos y confiabilidad.

La **MISIÓN** de **VIBROTHERMOGRAPHY** es entregar valor a nuestros lectores por medio de la entrega directa de conocimiento sobre la industria, principalmente en las áreas de vibraciones mecánicas, termografía, lubricación, ultrasonido y confiabilidad.

La **VISIÓN** de **VIBROTHERMOGRAPHY** es ser un referente, para ingenieros, técnicos y estudiantes en la búsqueda de conocimiento en mantenimiento industrial.

Desde la editorial, os quiero dar gracias a todos aquellos que nos han alentado a crear este Magazine he invito a quienes quieran recibir de manera trimestral este magazine, que se suscriban enviando un correo electrónico a [magazine@vibrothermography.com](mailto:magazine@vibrothermography.com), Espero sea de su agrado este número I de **VIBRO THERMOGRAPHY** y lo disfruten leyendo, así como nosotros disfrutamos elaborarlo, gracias por leernos.

**Atte. Ing. Guillermo Valecillo**





### ***Dando el ajuste correcto a los rodamientos cilíndricos***

Los rodamientos son los componentes que soportan las cargas dinámicas y estáticas de toda máquina rotativa, por esta razón son de vital importancia, ya que es un elemento fundamental en cualquier máquina. Por todo lo anteriormente mencionado se debe entender que los rodamientos son elementos de precisión y deben ser tratados como tal en todas las fases de vida, las cuales se resumen en almacenamiento, manipulación, montaje y mantenimiento.

La norma ISO 15243 -2017 indica seis (06) modos de falla para los rodamientos, uno de ellos es la corrosión, la cual se divide en dos secciones; corrosión por humedad y corrosión por fricción.

La corrosión por fricción se puede dar por estas situaciones, corrosión por rozamiento y falso Brinell. En este artículo nos centraremos en indicar como evitar la corrosión por rozamiento en los rodamientos, la cual se da al tener ajustes de tolerancias inadecuadas tanto en el eje como en el alojamiento donde está instalado el rodamiento.



# Modos de falla de rodamientos según ISO 15243

## 5.1 Fatiga

5.1.2 Fatiga iniciada en la subsuperficie

5.1.3 Fatiga iniciada en la Superficie

## 5.2 Desgaste

5.2.2 Desgaste Abrasivo

5.2.3 Desgaste Adhesivo

## 5.3 Corrosión

5.3.2 Corrosión por humedad

5.3.3 Corrosión por fricción

5.3.3.2 Corrosión por contacto

5.3.3.3 Vibrocorrosión

## 5.4 Erosión eléctrica

5.4.2 Erosión por exceso de corriente

5.4.3 Erosión por fuga de corriente

## 5.5 Deformación plástica

5.5.2 Deformación por sobrecarga

5.5.3 Indentaciones por contaminantes

## 5.6 Fractura y agrietamiento

5.6.3 Fractura forzada

5.6.3 Fractura por fatiga

5.6.4 Agrietamiento térmico

Para dar un ajuste adecuado al rodamiento, se debe conocer inicialmente el código del rodamiento a instalar. Para esta explicación tomemos como ejemplo un motor eléctrico de 200HP que gira a 1780 rpm, trabaja a una temperatura promedio de 60°C y posee rodamientos rígidos de bolas cuyos códigos son; 6315 lado carga y 6315 lado libre. Como primera actividad determinamos las medidas geométricas de cada rodamiento, utilizando un manual de rodamiento.

Determinada las dimensiones geométricas de cada rodamiento, se debe revisar la norma ISO 286 para tolerancia de ejes cilíndricos.

### 6315

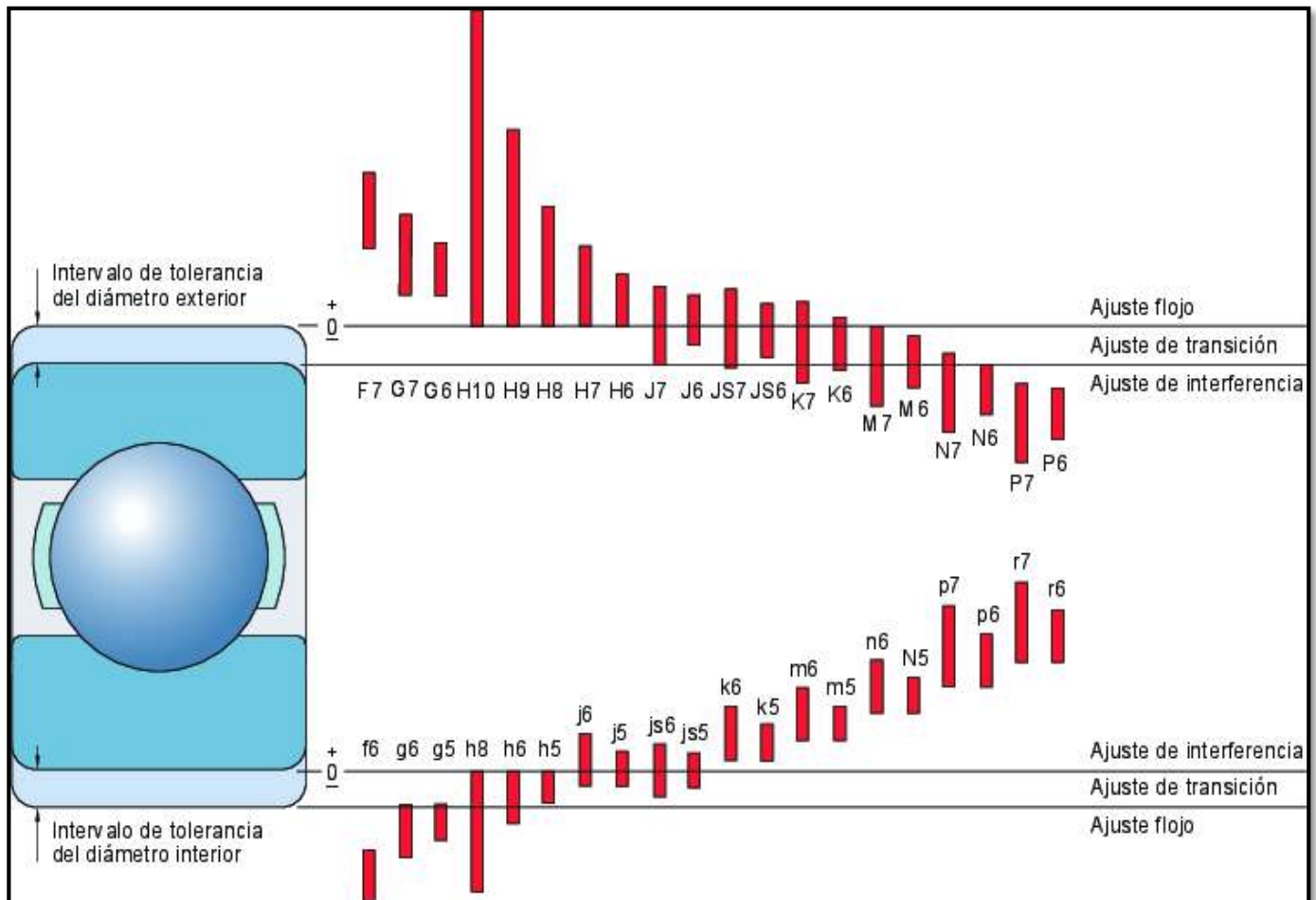
D= 160 mm  
d= 75 mm  
B= 37 mm

### 6315

D= 160 mm  
d= 75 mm  
B= 37 mm

La letra D, d y B, hacen referencia a Diámetro exterior, diámetro interior y espesor, respectivamente en el rodamiento.

La norma ISO 286 establece las letras minúsculas para definir la tolerancia del eje y las letras mayúscula para el alojamiento.



En base a la norma ISO 286, se debe definir una letra minúscula para la tolerancia del eje y una letra mayúscula para el ajuste del alojamiento.

Definido el tipo de máquina, carga, dimensiones del rodamiento, utilizamos la siguiente tabla del fabricante NSK, para determinar el ajuste del eje.

Condiciones de Carga		Ejemplos	Diámetro del Eje (mm)			Tolerancia del Eje	Observaciones
			Rodamientos a Bolas	Rodamientos de Rodillos Cilíndricos y Rod. de Rodillos Cónicos	Rodamientos de Rodillos Esféricos		
Rodamientos Radiales con Agujero Interior Cilíndrico							
Carga Rotatoria en Aro Exterior	Fácil Desplazamiento Axial del Aro Interior sobre el Eje es Deseable	Ruedas sobre Ejes Estacionarios	Todos los Diámetros de Eje			g6	Use g5 y h5 donde se requiera precisión. En caso de Rodamientos grandes, se puede usar f6 para permitir fácil desplazamiento axial.
	Fácil Desplazamiento Axial del Aro Interior sobre el Eje es Innecesario.	Poleas de Tensión Levas				h6	
Carga Rotatoria en Aro Interior o Dirección de Carga Indeterminada	Carga Ligera (< 0.06 C <sub>r</sub> (!)) Carga Variable	Aparatos Eléctricos Bombas, Ventiladores, Vehículos de Transporte, Maquinaria de Precisión, Maquinaria-Herramienta.	< 18	—	—	js5	Se puede usar k6 y m6 para rodamientos de una hilera de rodillos cónicos y rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular, en lugar de k5 y m5.
			18~100	< 40	—	js6(j6)	
			100~200	40~140	—	k6	
	Carga Normal (0.06 to 0.13 C <sub>r</sub> (!))	Aplicaciones Generales de Rodamientos, Motores Medios y Grandes, Bombas, Turbinas, Rodamientos Principales de Motores Engranajes, Maquinaria para la Madera.	< 18	—	—	js5~6(i5~6)	
			418~100	< 40	< 40	5 k5~6	
			100~140	40~100	40~65	m5~6	
			140~200	100~140	65~100	m6	
			200~280	140~200	100~140	n6	
			—	200~400	140~280	p6	
			—	—	280~500	r6	
—	—	más de 500	r7				
Cargas Pesadas (> 0.13 C <sub>r</sub> (!)) Cargas de Choque	Cajas de Ejes de Ferrocarril, Vehículos Industriales, Motores de Tracción, Equipos de Construcción, Machacadoras.	—	50~140	50~100	n6	Es necesario un juego interno mayor de lo normal en el rodamiento.	
		—	140~200	100~140	p6		
		—	200	140~200	r6		
Solo Cargas de Choque			Todos los Diámetros de Eje			js6(j6)	—

En nuestro caso la carga es rotatoria en el aro interior (1), la máquina es un motor eléctrico (2), con rodamientos rígidos de bolas (3). Luego pasamos al diámetro del eje (4), en nuestro caso de estudio ambos rodamientos son 6315 cuyo diámetro interior es 75mm. Definido tipo de carga (1), máquina (2), tipo de rodamiento (3) y diámetro (4), la tabla nos indica que se debe dar un ajuste k5 o k6 (5) al eje.

Para el ajuste del eje debe ser k5, ya que el fabricante NSK recomienda k6 para rodamiento de una hilera de rodillos cónicos y rodamientos de una hilera de contacto angular. Por consiguiente, el ajuste en el eje para ambos rodamientos será:

$\varnothing 75 \text{ mm } k6$

$\varnothing 75 \text{ mm } + 15\mu\text{m}$   
 $+ 2\mu\text{m}$



**NOTA: Los números en la tabla indica, la ruta de seguimiento para realizar la selección del ajuste del rodamiento.**

Una vez determinado, el ajuste que debe tener el eje, se procede a determinar la tolerancia para el alojamiento.

Para la determinación de la tolerancia del alojamiento se busca una tolerancia en la norma ISO 286 con letra mayúscula.

Condiciones de Carga		Ejemplos	Tolerancias de los agujeros interiores de los alojamientos	Desplazamiento Axial del Aro Exterior	Observaciones	
Alojamientos Sólidos	Carga Rotatoria en Aro Exterior	Cargas Pesadas sobre el Rodamiento en Alojamiento de Sección Fina, Cargas de Choque Pesadas.	Cubos Rueda Automóvil (Rodamientos de Rodillos) Ruedas de Grúas Móviles	P7	Imposible	-
		Cargas Pesadas y Normales	Cubos Rueda Automóvil (Rodamientos de Bolas) Crisas	N7		
		Carga Variables y Ligeras	Rodillos Transporte Levas Poleas Tensoras	M7		
Alojamientos Sólidos	Dirección de Carga Indeterminada	Cargas Pesadas de Choque	Motores de Tracción	K7	Generalmente Imposible	Si no se requiere desplazamiento axial del aro exterior
		Cargas Pesadas y Normales	Bombas Rodamiento Principal de Eje de Cigüeñal Motores Grandes y Medios			
Alojamiento Sólido o Partido	Carga Rotatoria en Aro Interior	Cargas Ligeras y Normales		JS7(J7)	Posible	El desplazamiento axial del aro exterior es necesario
		Cargas de Todo Tipo	Volantes, Generadores de Rodamientos Cajas de Ejes de Ferrocarril	H7	Desplazamiento Fácil	-
		Cargas Normales y Ligeras	Soportes de Fundición	H8		
Altos incrementos de Temperatura en Aro Interior a través del eje.	Secadoras de Papel	G7				
Alojamiento Sólido	Dirección de Carga Indeterminada	Es deseable un funcionamiento preciso bajo cargas normales y ligeras.	Rodamiento a bolas trasero de cabezal de rectificadora. Rodamientos libres de alta velocidad de compresores centrífugos.	JS6(J6)	Posible	Para cargas pesadas se usa interferencia de ajuste más apretada que K. Cuando se requiere alta precisión, se deben usar tolerancias muy estrictas para el ajuste.
			Rodamiento a bolas frontal de cabezal de rectificadora. Rodamientos fijos de alta velocidad de compresores centrífugos.	K6	Generalmente Imposible	
			Rodamiento de Rodillos Cilíndricos para Cabezal Principal de Máquina-Herramienta	M6 ó N6	Imposible	
Alojamiento Sólido	Carga Rotatoria en Aro Interior	Se desea alta rigidez y funcionamiento preciso bajo cargas variables.	Electrodomésticos	H6	Fácilmente Posible	-
		Se requiere un nivel de ruido mínimo				

En el caso del ajuste del alojamiento se sobreentiende que no haya giro del anillo exterior del rodamiento, pero debe haber un ligero desplazamiento axial. Básicamente los fabricantes de motores eléctricos dejan un alojamiento con un ajuste, imposible o generalmente imposible (1) y el otro alojamiento con un ajuste más holgado.

Permitir la posibilidad de un posible desplazamiento axial, es con la finalidad de soportar condiciones de dilatación térmica del eje, esfuerzos axiales, etc. Aplicando un procedimiento similar al caso de la determinación de la tolerancia del eje y dejando ajuste fijo al rodamiento lado carga y ajuste móvil al rodamiento lado libre. Se tiene un ajuste K7 lado fijo y J7 lado móvil.



Determinada la tolerancia para eje y alojamiento, los valores quedarían definidos de la siguiente manera:

## EJE

$\varnothing 75 \text{ mm } k5$  (Rodamiento lado carga)

$\varnothing 75 \text{ mm } k5$  (Rodamiento lado libre)

$\varnothing 75 \text{ mm }^{+15\mu\text{m}}_{+2\mu\text{m}}$

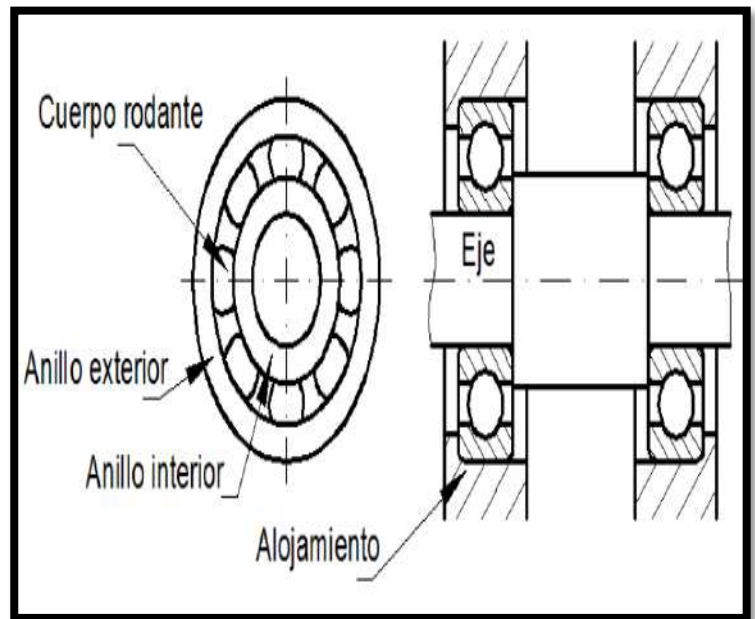
## ALOJAMIENTO

$\varnothing 160 \text{ mm } K7$  (Rodamiento lado carga)

$\varnothing 160 \text{ mm}^{-28\mu\text{m}}_{+12\mu\text{m}}$

$\varnothing 160 \text{ mm } J7$  (Rodamiento lado libre)

$\varnothing 160 \text{ mm}^{-14\mu\text{m}}_{+26\mu\text{m}}$



El ajuste que se le da al rodamiento lado móvil, es conocido como un ajuste de transición ya que es lo suficientemente apretado para evitar que el anillo exterior gire y lo suficientemente holgado para que pueda haber un desplazamiento axial.



Si deseas conocer más sobre rodamientos, lubricación, confiabilidad entre otros tópicos relevantes del mantenimiento industrial **CAPACITATE** con nuestros expertos, en Vibro Thermography. Envía un correo solicitado información: [capacitacion@vibrothermography.com](mailto:capacitacion@vibrothermography.com)

Rodamientos deteriorados por insuficiente ajuste

Modo de falla: Corrosión por rozamiento

Mecanismo de falla: Fricción

Causa física: Ajuste inadecuado

Causa humana: Desconocimiento del procedimiento de montaje de rodamiento

Causa latente: Falta de procedimiento de montaje de rodamiento inadecuado



# **Vibro** **Thermography**

---

**Inscríbete en nuestra  
próxima capacitación:**

**Lubricación Industrial Nivel I  
Basada en Confiabilidad**

*Actualiza tus conocimientos  
e implementa un programa de  
lubricación de clase mundial  
basado en Confiabilidad.*



[www.vibrothermography.com](http://www.vibrothermography.com)

A black and white photograph of the Tacoma Narrows Bridge, showing its suspension cables and the bridge deck. The bridge is set against a background of a forested hillside. The text is overlaid on the image.

# ***VIBRACIONES MECÁNICAS***

## ***RESONANCIA***

**Puente Tacoma Narrow – La mañana del 07 de noviembre de 1940 el puente se derrumbó porque los vientos de velocidad moderada produjeron un aleteo aeroelástico que coincidía con la frecuencia natural del puente.**

## **VIBRACIONES MECÁNICAS**

### **RESONANCIA**

En vibraciones mecánica, la resonancia es el resultado de un sistema a responder con mayor amplitud de vibración cuando la frecuencia de funcionamiento coincide con la frecuencia natural de vibración de dicho sistema. Este fenómeno puede causar vibraciones violentas y excesivas que conlleva a fallas prematuras y en algunos casos catastrófica de los equipos.

En la industria, en ciertas ocasiones donde se ejecuta alguna modificación en un equipo (tal como, un cambio y/o sustitución de partes, alteración en tuberías, modificaciones en la estructura o cimentación, etc.) y se ha apreciado como la vibración aumentó significativamente después del cambio, una posible causa raíz, es que el equipo este entrando en resonancia. Dado que al generar cualquier modificación la frecuencia natural del sistema cambiará y será crítico si esta coincide con la frecuencia de trabajo del equipo, pues el mismo, generará resonancia por lo cual se elevará la vibración.

En algunos casos, la vibración se elevará en una sola dirección en otros casos se eleva en múltiples direcciones. Una de las técnicas más comunes y de alta confiabilidad para diagnosticar correctamente una resonancia, es la prueba de impacto.

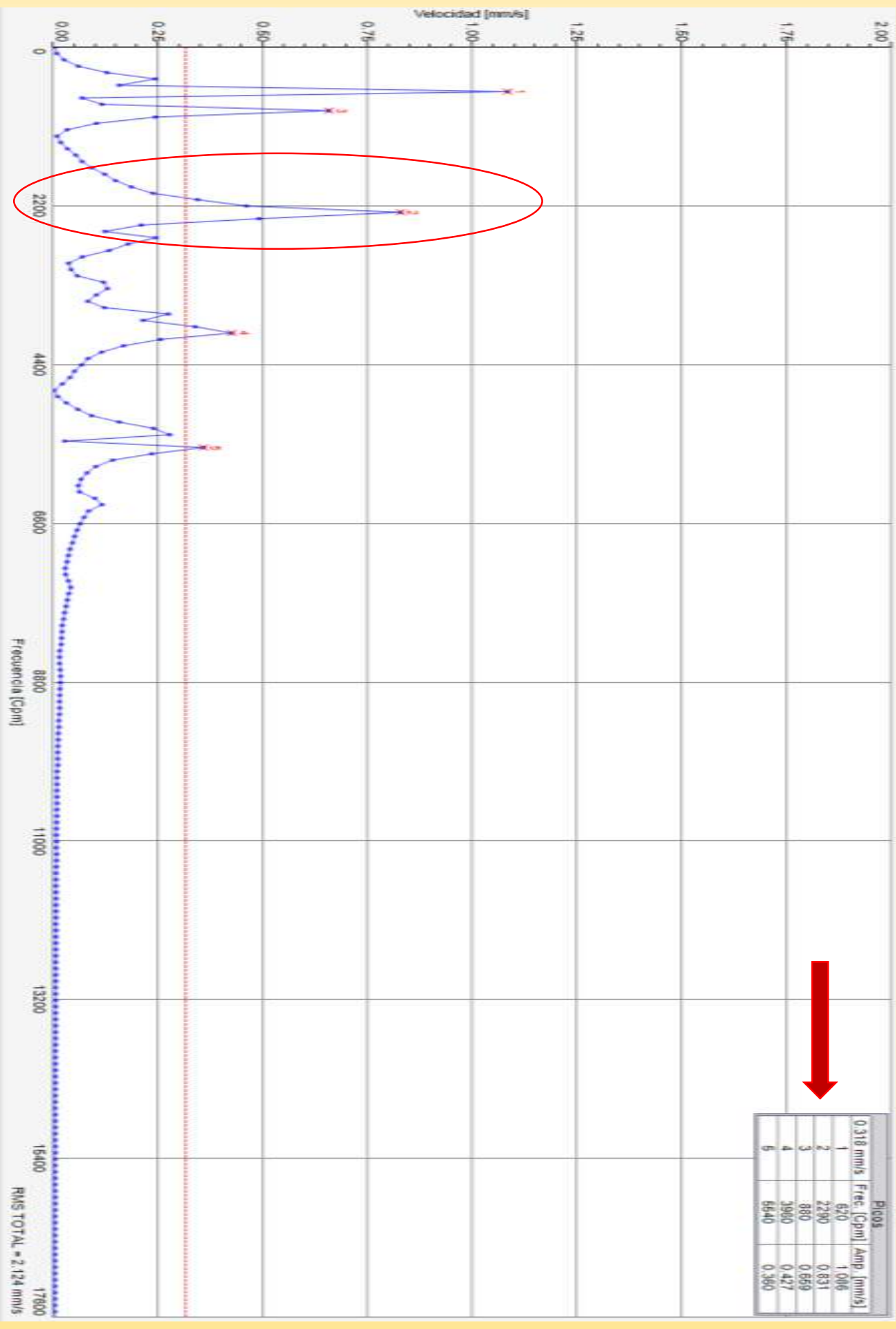
#### ***Un Caso Real de la Industria.....***

Se solicitó realizar un análisis de vibraciones a un ventilador de una caldera, el cliente nos informa que ejecutaron un cambio de equipo, dado que el motor falló (tuvo un cortocircuito por bajo aislamiento). También se informa que el equipo trabaja con un variador de frecuencia dentro del rango de 25 Hz – 60 HZ (1500-3600 RPM), y que en ciertas ocasiones presenta una alta vibración.

Al llegar a las instalaciones del cliente se ubica el ventilador y se procede a entrevistar al operador, este informa que el modo de falla del ventilador es una elevada vibración en algunos momentos de la operación.

Se decidió realizar una prueba de impacto (medición de frecuencia natural del equipo), con el analizador de vibraciones obteniendo el siguiente resultado (ver figura 1).

***NOTA: La prueba de impacto para determinar las frecuencias naturales de un sistema pueden realizarse tanto con el equipo en marcha como con el equipo fuera de servicio.***



**Figura 1 – Espectro de la frecuencia natural del equipo / Fuente: El Autor**

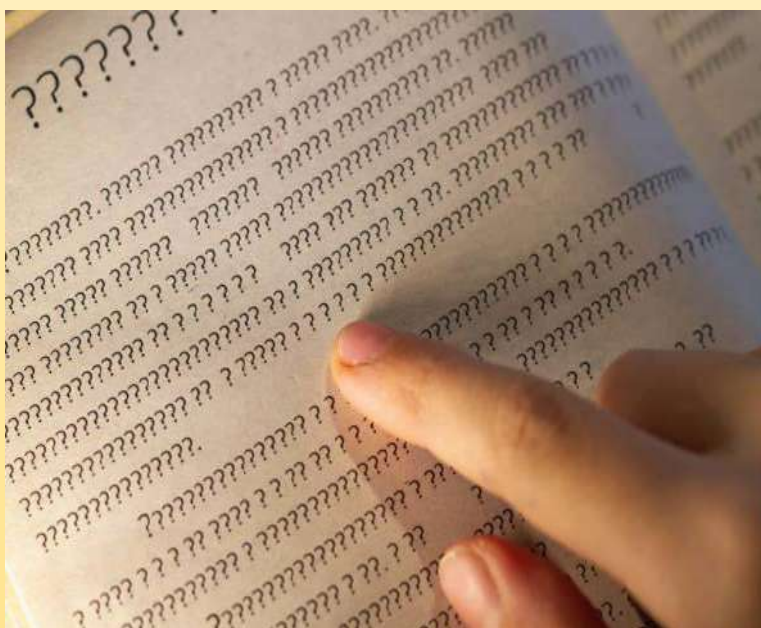
## Resonancia...

### Un Caso Real de la Industria

En la figura 1, se observa una velocidad crítica a 2290 CPM (38,17 Hz) con una amplitud de 0,83 mm/s, lo que indica que la frecuencia natural está dentro del rango de trabajo del equipo. Se procedió a tomar los valores de vibraciones a distintos intervalos de velocidad de giro. La tabla 1, indica los valores de vibraciones a distintas velocidades de giro.

En la tabla 1, se observa que los niveles de vibración se mantienen aceptables cuando la frecuencia de operación es menor a 36Hz y mayor a 40 Hz. Dentro del rango (35-40Hz) de frecuencia se observa una alta amplitud de vibración, por lo cual no se debería operar el equipo dentro de ese rango de frecuencia, pues entraría en resonancia generando un alto nivel de vibración.

Tabla 1 - Niveles de Vibración - Frecuencia		
Vibración mm/s	RPM	HZ
1.35	1500	25.00
1.22	1680	28.00
2.31	1920	32.00
7.51	2160	36.00
8.64	2400	40.00
1.18	2700	45.00
1.15	3000	50.00
1.14	3300	55.00



### Aprendizaje

En esta oportunidad la causa de la alta vibración fue encontrada gracias a los comentarios oportunos del operador de la máquina, razón por la cual queda en evidencia lo vital que es conocer el historial de un equipo a la hora de intervenir sobre él. Se programó a trabajar con el motor evitando el rango de frecuencia entre 35-40Hz, para evitar caer en resonancia, mientras culminaban la reparación del equipo original.

# **Vibro** **Thermography**

*Capacítate en nuestro  
próximo curso:*

*Lubricación de  
maquinaria Nivel I  
basado en Confiabilidad*

*Para mayor información  
[capacitacion@vibrothermography.com](mailto:capacitacion@vibrothermography.com)  
Próximamente curso de Motores Eléctricos*

## 5 MITOS SOBRE LUBRICACIÓN

Dentro del mundo de la lubricación industrial y automotriz se han generado una gran cantidad de mitos sobre esta rama de la tribología. Es un deber de VibroThermography derribar estos mitos que generan desinformación.

En primer lugar, debemos entender que es la lubricación, la cual se puede definir de manera simple como “El proceso de separar dos superficies en movimiento relativo (una con respecto a la otra) por medio de una sustancia sólida, líquida o gaseosa. Al haber una separación se da una disminución considerable de la fricción entre dichas superficie”.

### MITO 1

#### **El Aceite y el agua no se mezclan**

**Realidad:** El agua puede estar presente en el aceite de tres (03) formas. Estas son disueltas en el aceite, libre (se decanta en la zona más baja de los reservorios) y en emulsión. La emulsión es la mezcla directa del agua y el aceite, esta última es la forma más crítica en la que se puede tener agua en el aceite, pero también la de más fácil identificación, pues por medio de una inspección visual se puede fácilmente identificar dado que el aceite emulsionado presenta un color lechoso (blancuzco).

### MITO 2

#### **El Aceite debe cambiarse una vez se torna negro**

**Realidad:** No necesariamente. El aceite se oscurece de forma natural, los aditivos detergentes y dispersantes mantienen los contaminantes (hollín principalmente) en suspensión y evitan que adhieran a las piezas del motor, esto hace que el aceite se oscurezca rápidamente.

### MITO 3

#### **Debo añadir aditivos a mi aceite para mejorar su rendimiento**

**Realidad:** No, los fabricantes aplican el paquete de aditivos que requiere cada aceite. La responsabilidad del usuario está en verificar si el aceite que va a dar uso es el adecuado para la aplicación donde usará el aceite.

### MITO 4

#### **Puedo mezclar grasa solo evaluando compatibilidad del espesante**

**Realidad:** No, en la web se puede encontrar tablas de “COMPATIBILIDAD DE GRASAS”, pero estas en su mayoría solo hacen mención del espesante, sin embargo, se debe evaluar el aceite y aditivos de las grasas para conocer si son compatibles.

### MITO 5

#### **La grasa de un color “X” es mejor que la del color “Y”**

**Realidad:** No, el color no da valor significativo a las propiedades físico-químicas de una grasa, no se debe elegir usar una grasa por su color, sino por el desempeño y sus propiedades físico-químicas.





**Vibro**

**Thermography**

**Capacítate con nosotros**

**Vibraciones**

**Termografía**

**Lubricación**

**Confiabilidad**

**Motores eléctricos**

[www.vibrothermography.com](http://www.vibrothermography.com)