



# Vibro Thermography

Magazine Industrial  
Septiembre 2024

Numero VI

## *Vibraciones*

Un enemigo silencioso, el Fluting

## *Lubricación*

Envases de muestreo de aceite

## *Termografía*

Aplicación de la termografía en la veterinaria

 Vibraciones

 Termografía

 Confiabilidad

PORTADA



EN ESTA EDICIÓN.....

EDITORIAL

03

El impacto de las vibraciones en la eficiencia operacional

VIBRACIÓN

04

Un enemigo silencioso, el Fluting

LUBRICACIÓN

10

Envases de muestreo de aceite

TERMOGRAFÍA

15

Aplicación de termografía en la veterinaria

MOTOR ELECTRICO

19

05 Tips para el mantenimiento de motores eléctrico AC

Vibro Thermography

EDITORIAL

Ing. Guillermo Valecillo

DIAGRAMACION Y DISEÑO

Lic. Bárbara Luque

MERCADEO

Lic. María Elena Ruiz

INVESTIGACIÓN

Ing. Federico Valecillo

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 y/o estudio) [magazine@vibrothermography.com](mailto:magazine@vibrothermography.com)

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

# La Confiabilidad de los Registros de Mantenimiento

En un entorno empresarial cada vez más competitivo, donde la eficiencia y eficacia son fundamentales para el éxito, la importancia de mantener registros de mantenimiento confiables no puede ser subestimada. Los registros de mantenimiento no son simplemente datos archivados y/o documentos administrativos; son el reflejo de la salud operativa de una empresa y un componente esencial para la toma de decisiones estratégicas, basada en análisis estadísticos.

La confiabilidad de estos registros se traduce directamente en la capacidad de una empresa para operar de manera efectiva y segura, en resumen, de operar teniendo rentabilidad al largo plazo. Cabe destacar que, en un contexto regulatorio cada vez más estricto, contar con registros de mantenimiento confiables es crucial para cumplir con las normativas y estándares de seguridad de cada organización. Pero más allá de los aspectos financieros y regulatorios, los registros de mantenimiento también fomentan una cultura de responsabilidad y transparencia dentro de la organización pues permiten a los equipos de trabajo evaluar y mejorar continuamente los procesos de mantenimiento, identificar áreas de mejora y compartir conocimientos entre departamentos

Una forma de poder llevar CONFIABILIDAD en los registros es estandarizar la documentación de la organización basándose en un estándar internacional como la ISO 9001, el cual trata este asunto de manera muy estricta. La era digital ha facilitado la gestión de estos registros mediante sistemas de mantenimiento asistidos por ordenador (CMMS) y otras herramientas tecnológicas. Sin embargo, la tecnología por sí sola no garantiza la confiabilidad de los registros, se debe realizar auditorías a estos sistemas, así como a los usuarios para garantizar que los registros son CONFIABLES.

En conclusión, los registros de mantenimiento son la piedra angular de una operación empresarial exitosa, como dijo un anónimo;

*“Si entra información basura, sale información basura”.*



**Atte.**

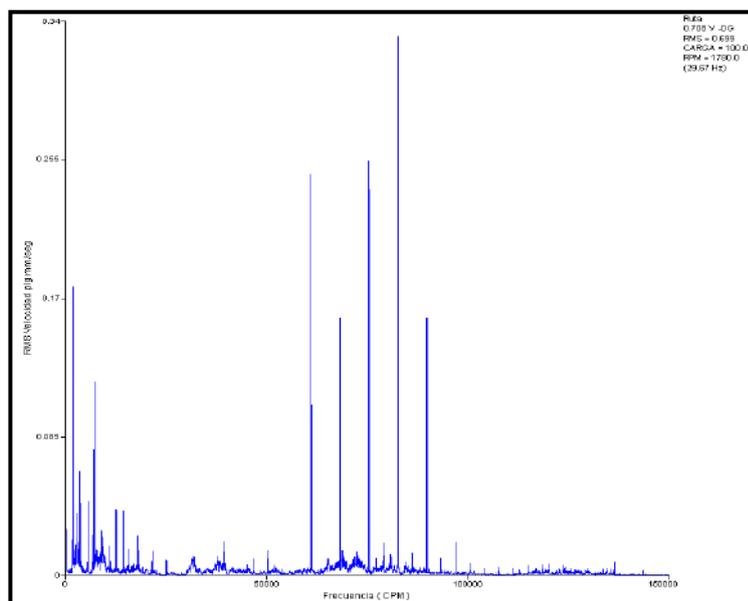
**Ing. Guillermo Valecillo**



## Un enemigo silencioso, el Fluting

La ISO 15243:2017 presenta los modos de falla de los rodamientos, en este Estándar Internacional se presentan seis (06) modos de falla, en este artículo nos centraremos en el modo de falla “5.4 Erosión Eléctrica”, el cual se presenta por dos mecanismos, “5.4.2 Erosión por exceso de corriente” y “5.4.3 Erosión por fuga de corriente”.

El fenómeno de deterioro de rodamiento por Erosión Eléctrica, también es conocido como FLUTING y es un proceso de degradación de rodamiento que se da principalmente en motores eléctricos que trabajan con variadores de frecuencia.



# *Modos de falla de rodamientos según ISO 15243:2017*

## 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

## Fluting

El Fluting es el deterioro que ocurre en un rodamiento cuando circula una corriente eléctrica. La corriente parasita circula desde el anillo interno del rodamiento hasta el anillo externo, causando estrías (ver figura 1 y 2).

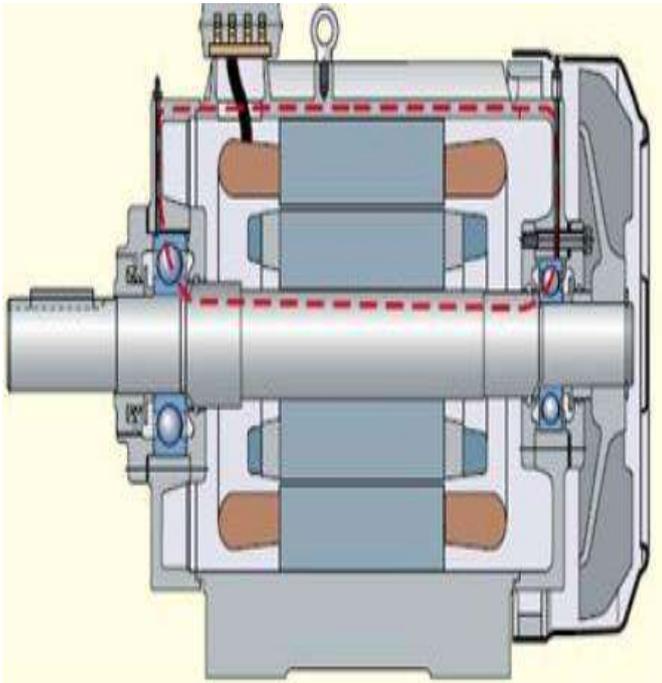


Figura 1 - Circulación de corriente parasita del eje al rodamiento / Fuente: SKF

Esta corriente parasita pudiera ser producida por diferentes factores, sin embargo, la causa más frecuente se atribuye a las corrientes parasitas producida por los variadores de frecuencia que viajan hasta el motor eléctrico. Este fenómeno también es conocido como erosión eléctrica.

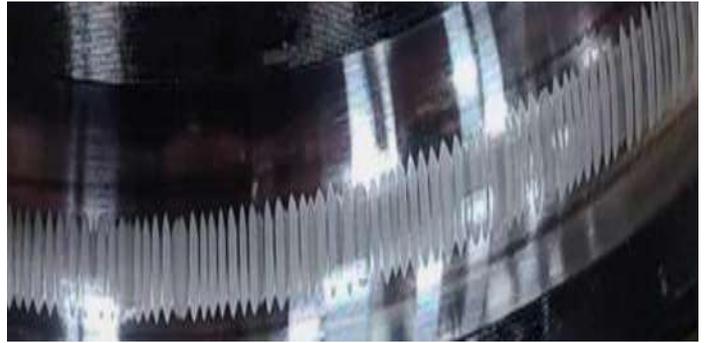


Figura 2 – Rodamiento deterioro por Fluting

## Detección

La detección de este fenómeno es posible mediante varios métodos, pero uno de los más prácticos y comunes en la industria, es por medio del análisis de vibraciones.

Sabiendo que este fenómeno ataca a los rodamientos de los motores eléctricos con variadores de frecuencia, el analista de vibración debe poner atención a las frecuencias de falla de los rodamientos tales como BPFO, BPFI, BSF, FTF, pues la aparición de estas indica, deterioro del rodamiento. Para el caso de deterioro por **FLUTING**, normalmente la primera frecuencia de falla en aparecer es el BPFO, pues en el anillo externo del rodamiento, se están comenzando a generar las estrías por descargas eléctricas. Esta falla puede encontrarse en el espectro de vibraciones, con la presencia de la frecuencia del BPFO y sus armónicos a baja frecuencias y/o como picos a altas frecuencias espaciadas al BPFO.

## Prevención del Fluting

Las principales formas de prevenir el deterioro de rodamiento de motores eléctricos que operan por medio de variadores de frecuencia son:

1- Usar un rodamiento aislado. En su mayoría estos rodamientos son de cerámica. Los motores que son diseñados para trabajar bajo las condiciones de variadores de frecuencia suelen traer de fabrica rodamientos aislados, sin embargo, luego de algún mantenimiento donde realizan el cambio de los mismos, se colocan rodamiento no aislados, por eso lo importante de conocer los rodamientos de nuestros equipos.

2- Instalar un filtro en el variador de frecuencia. En ocasiones los variadores de frecuencia cuentan con unos filtros que evitan que esos voltajes/corriente parasitas lleguen al motor eléctrico, sin embargo, se debe revisar si los filtros están configurados correctamente y estén operativos.

3- Colocar un anillo de baja resistencia eléctrica en el eje del motor o en su defecto colocar una escobilla. En estos casos se debe tener presente que tanto el anillo como el carbón de la escobilla tiende a desgastarse por ende el usuario debe realizar inspecciones periódicas para conocer la condición del elemento de desgaste (carbones).



*Fig. 3 – Carbón de baja resistencia eléctrica desgastado. El carbón es colocado en el eje del motor lado acople para evitar que se de Fluting en el rodamiento.*

4- Aplicar un tipo de grasa con alta resistencia eléctrica. Esta es una de las formas de evitar el FLUTING que actualmente se usa poco en la industria, sin embargo, está tomando cada vez más relevancia por el desarrollo de materiales más avanzados para la aplicación.

## Caso real de FLUTING

En un ingenio azucarero, realizando una medición de vibraciones de un motor eléctrico de 500 HP, se observó durante la medición de vibraciones, picos de amplitud en alta frecuencia que eran armónicos del BPFO del rodamiento. Al verificar la condición de arranque del equipo se conoce que este trabaja con un variador de frecuencia.

Dado el espectro de vibración observado in situ y condición de arranque (variador de frecuencia), se presume un posible Fluting. Al realizar una inspección minuciosa sobre el motor, se encuentra que el carbón de descarga instalado en el rodamiento lado acople, estaba totalmente desgastado (ver figura 5), lo que permitió el Fluting en el rodamiento.

En el espectro de vibración mostrado, se observa que el rodamiento se encontraba en una etapa 2 de deterioro, es decir, defecto ligero del rodamiento comienza a excitar las frecuencias naturales de los componentes, teniendo presencia de BPFO y armónicos en el espectro.

## Conclusiones / Recomendaciones

Gracias a la evaluación oportuna del espectro de vibración en campo y la inspección visual del equipo se pudo diagnosticar de manera efectiva la condición del rodamiento. Con el diagnóstico generado, la jefatura de mantenimiento pudo programar con anticipación el cambio de rodamientos del motor eléctrico e instalación del carbón de descarga de corriente parasitas y evitar grandes pérdidas por falla del motor.

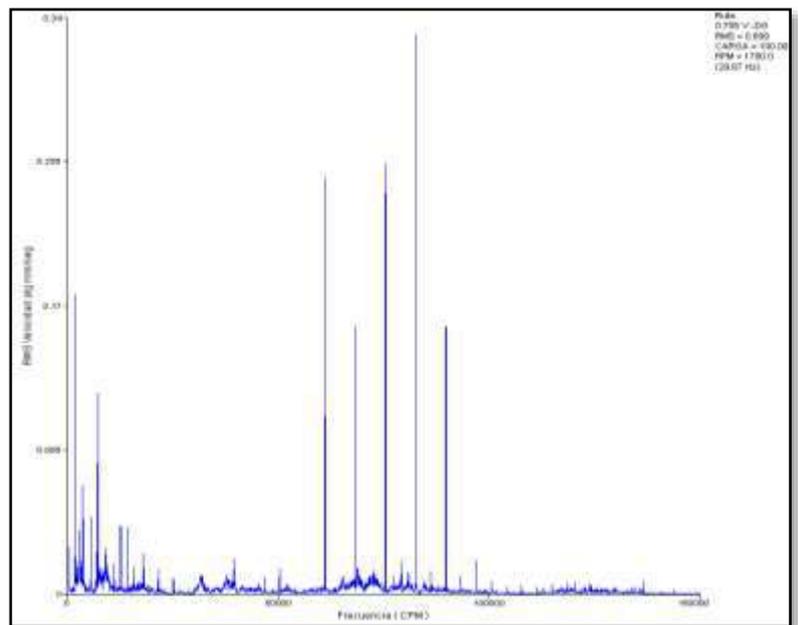


Figura 4 – Espectro de vibración



Fig. 5 – Carbón de baja resistencia eléctrica desgastado.



# **Vibro** **Thermography**

## **Lubricación Industrial Nivel I** **MLA I y MLT I**

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

*Logra tu certificación  
internacional  
MLA I y MLT I  
ISO 18436-4*



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

## ***Envases de muestreo de aceite***

El muestreo de aceite industrial es un proceso crucial para asegurar la precisión y condición real del análisis de aceite, por esto el técnico de lubricación debe cumplir con un procedimiento donde la limpieza juega un rol muy importante. El técnico de lubricación debe utilizar una bomba de vacío (conocido como vampiro) único para cada tipo de aceite e identificado con código de colores, esto para evitar que se de contaminación cruzada, además, debe asegurarse que los envases donde se tomen las muestras de aceites estén limpias y almacenadas de manera adecuada para garantizar la ISO 3722.



*Fig. 1 - Se debe tener un mayor nivel de limpieza a la hora de tomar las muestras de aceites para evitar contaminación de la muestra tomada y tener un análisis de aceite incorrecto.*

Los recipientes de muestreos vienen en distintas presentaciones de volumen principalmente 100, 150, 200 y 1000 ml. Los materiales principales con que se fabrican estos envases son plástico y vidrio.



*Fig. 2 – La ISO 3722 establece distintos niveles de limpieza.*

## *Tipos de Envases de Muestreo*

### **1- Frascos de Vidrio**

**Ventajas:** Los frascos de vidrio son inertes a la mayoría de los aceites y no reaccionan químicamente con el contenido. Baja afectación de la luz solar.

**Desventajas:** Pueden ser frágiles y pesados, lo que puede ser inconveniente en ciertos entornos de trabajo.

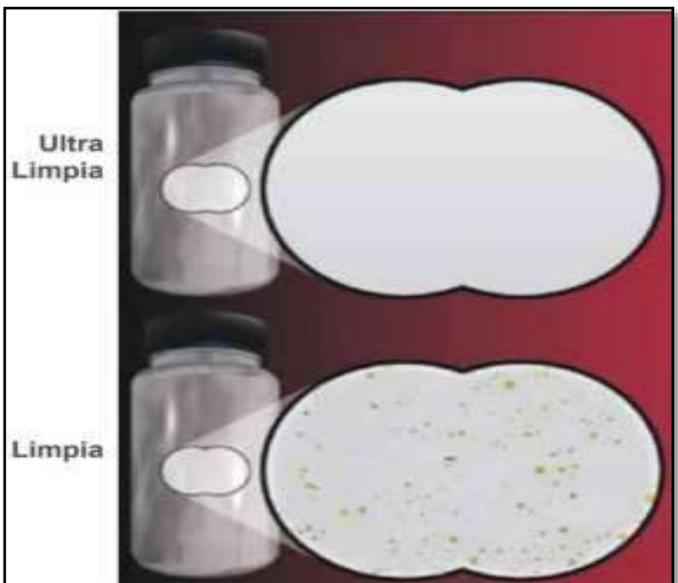
### **2- Envases de Plástico**

**Ventajas:** Los envases de plástico son ligeros y menos propensos a romperse en comparación con el vidrio. Están disponibles en una variedad de tamaños y tipos de plástico, como polietileno o polipropileno.

**Desventajas:** Algunos plásticos pueden interactuar con el aceite, especialmente si se almacenan por períodos prolongados. La exposición a la luz solar puede afectar a la muestra de aceite.

*ISO 3722 define 3 categorías de limpieza de recipientes para la colección de muestras de aceite*

- ✓ **Limpio** - Estos envases contienen menos de 100 partículas mayores a 10 micrones por mililitro de fluido. Estas son las más comunes y económicas
- ✓ **Superlimpio** - Estos envases contienen menos de 10 partículas mayores a 10 micrones por mililitro de fluido
- ✓ **Ultralimpio** - Estos envases contienen menos de 1 partícula mayor a 10 micrones por mililitro de fluido



Definiciones de limpieza de botellas (ISO 3722)	
Nivel de limpieza	Cantidad de partículas mayores a 10 µm/ml
Limpia	100 Partículas
Súper limpia	10 Partículas
Ultra limpia	1 Partícula

## Envases de Muestreo de Aceite

	USE	VOLUME	MATERIAL	ISO CLEANLINESS*	COST
	General oil sampling, visual analysis	3 and 4 ounces (100 to 120 milliliters)	PET (transparent)	Superclean	\$
	General oil sampling	3 and 4 ounces (100 to 120 milliliters)	HDPE (opaque)	Clean to superclean	\$
	Hydraulic fluid	4 and 8 ounces (100 to 200 milliliters)	HDPE/PET (transparent or opaque)	Clean to superclean	\$\$
	Hydraulic fluid, visual analysis	4 and 8 ounces (100 to 200 milliliters)	Glass (transparent)	Ultraclean	\$\$\$

*Características generales de los envases de aceite. Los envases con mayor nivel de limpieza tienen un mayor valor \$\$\$*

\* Cleanliness levels shown are of typical availability and will depend on the bottle distributor.

### RECIPIENTE DE TECNOLOGÍA AVANZADA

Existen algunos recipientes de tecnología avanzada como el UCVD (Ultra Clean Vacuum Device).

- ✓ Las botellas son enviadas con un vacío predeterminado.
- ✓ Certificada «Ultralimpia».
- ✓ No requiere bomba de vacío.
- ✓ No se destapa en el campo.
- ✓ Utilizado mayormente para muestreo de aceites sensibles a la humedad como el aceite dieléctrico de los transformadores eléctricos, ya que es un aceite que ante el ingreso de 1 ppm de agua puede generar la caída de hasta 10kV de la rigidez dieléctrica del aceite lo que puede dar un resultado no preciso de la condición del mismo.



## Código de Limpieza ISO 4406

La norma ISO 4406 establece un código de limpieza para aceites, dicho código se utiliza para describir el nivel de contaminación presente en el lubricante, lo que permite conocer de manera sencilla la condición del fluido.

El código de limpieza según ISO 4406 se compone de tres números separados por guiones. Cada número representa una clase de tamaño de partícula y su respectiva concentración (rango de cantidad de partículas).

- ✓ El primer número indica el número de partículas mayores o iguales a 4 micrómetros por mililitro de fluido.
- ✓ El segundo número indica el número de partículas mayores o iguales a 6 micrómetros por mililitro de fluido.
- ✓ El tercer número indica el número de partículas mayores o iguales a 14 micrómetros por mililitro de fluido.

### Ejemplo:

Si el código de limpieza de un fluido es 18/16/14, significa:

Hay entre 1.300 y 2.500 partículas de tamaño igual o mayor a 4 micrómetros por mililitro.

Hay entre 320 y 640 partículas de tamaño igual o mayor a 6 micrómetros por mililitro.

Hay entre 80 y 160 partículas de tamaño igual o mayor a 14 micrómetros por mililitro.

ISO 4406		
Range Number	Number of particles per ml	
	More than	Up to add including
24	80,000	160,000
23	40,000	80,000
22	20,000	40,000
21	10,000	20,000
20	5,000	10,000
19	2,500	5,000
18	1,300	2,500
17	640	1,300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2.5	5
8	1.3	2.5
7	.64	1.3
6	.32	.64

El código de limpieza ISO 4406 es una herramienta importante para evaluar y comunicar la calidad de los aceites lubricantes, facilitando el mantenimiento preventivo y la gestión de la contaminación en equipos industriales. La siguiente tabla, indica los códigos de limpieza del aceite para distintas aplicaciones a diferentes presiones.

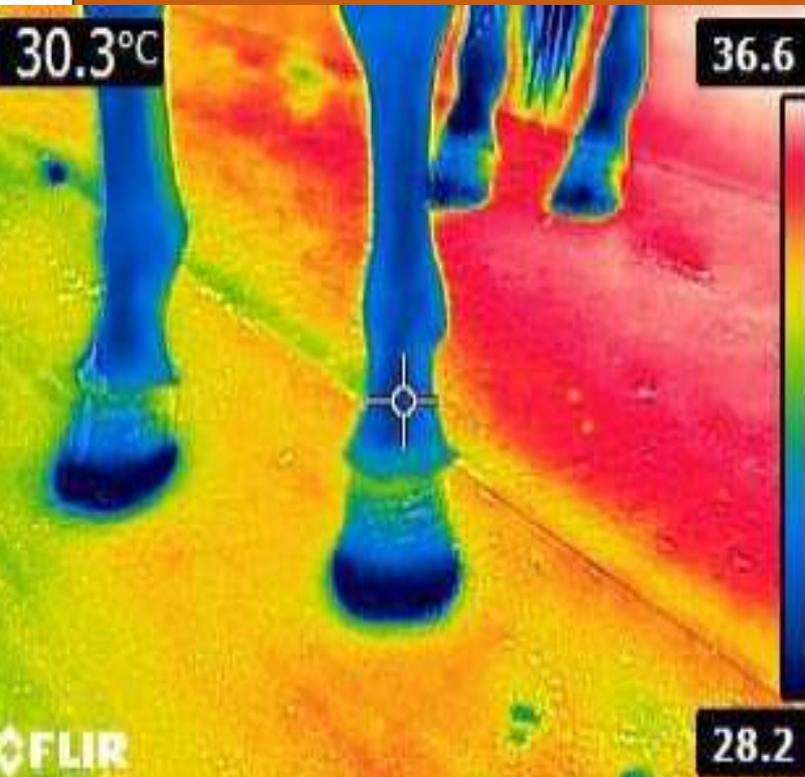
Presión de Operación	<1500 psi	1500-2500 psi	>2500 psi
Servo válvulas	16/14/12	15/13/11	14/12/10
Válvulas proporcionales	17/15/12	16/14/12	15/13/11
Bombas de volumen variable	17/16/13	17/15/12	16/14/12
Válvulas de cartucho	18/16/14	17/16/13	17/15/12
Bomba de pistones	18/16/14	17/16/13	17/15/12
Bomba de paletas	19/17/14	18/16/14	17/16/13
Válvulas de control de presión/flujo	19/17/14	18/16/14	17/16/13
Válvulas solenoide	19/17/14	18/16/14	18/16/14
Bomba de engranes	19/17/14	18/16/14	18/16/14

# **Vibro** **Thermography**

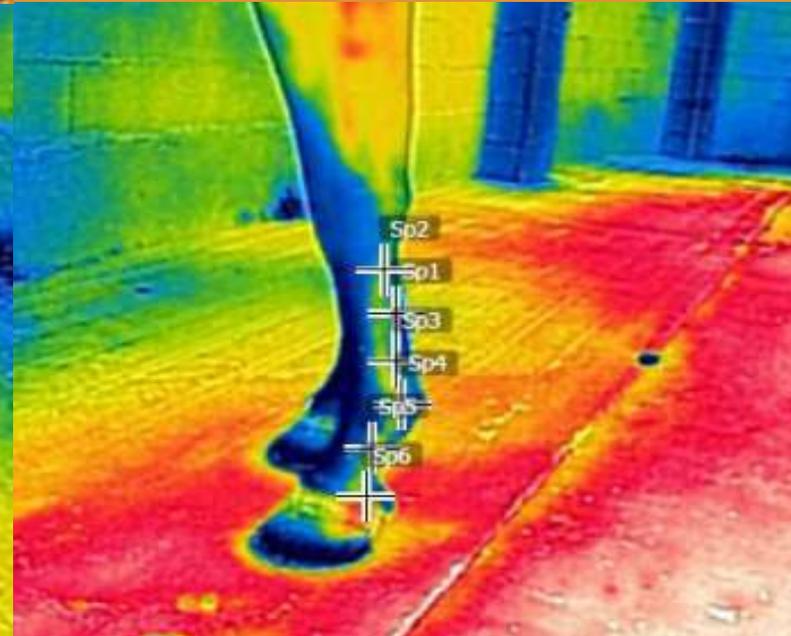
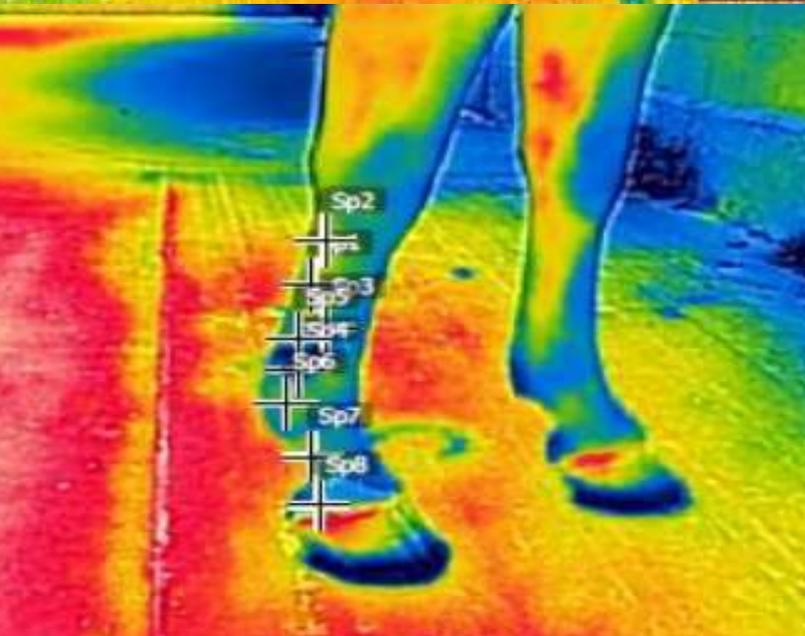
*Capacítate en nuestro  
próximo curso:*

***Diagnóstico de fallas de  
motores eléctricos***

***Para mayor información  
[capacitacion@vibrothermography.com](mailto:capacitacion@vibrothermography.com)  
Curso de Lubricación, Motores Eléctricos,  
Vibración, Termografía, Confiabilidad***



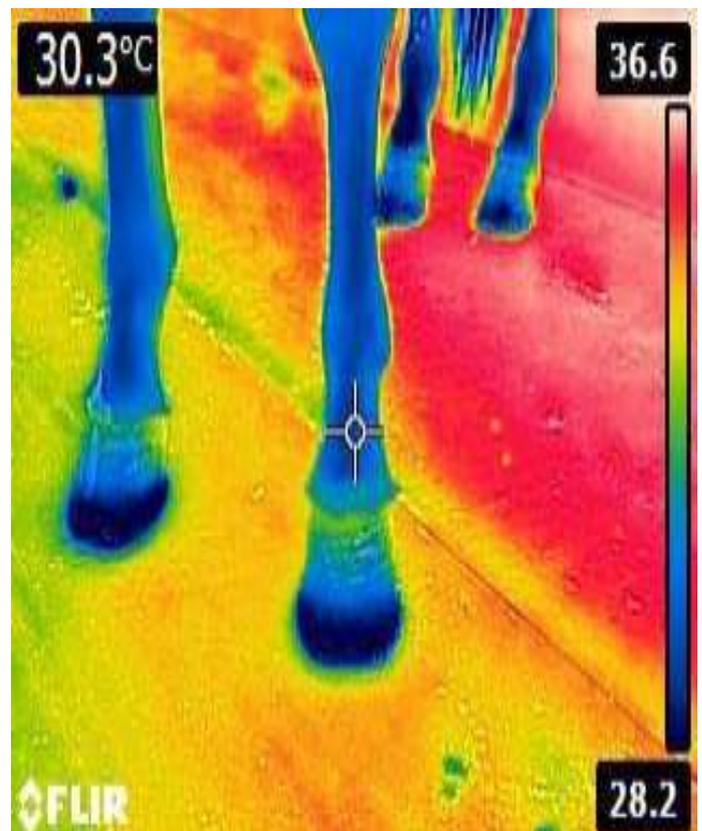
# *Aplicación de la termografía en la veterinaria*



## Aplicación de la termografía en la veterinaria

La termografía es una ciencia cuyas aplicaciones son un abanico diverso de campos de estudios, ya que la termografía se enfoca en medir la radiación de un cuerpo y dado que todo cuerpo por encima del 0 absoluto, es decir, 0 Kelvin (-273,15 °C) emite radiación, se puede entender el universo de aplicaciones, En el campo de la salud, específicamente la veterinaria todo animal puede ser estudiado por termografía.

En el campo de la veterinaria, los avances son muy interesantes, pues por medio de evaluaciones termográficas, se pueden observar la temperatura que presentan los cuerpos de los animales y con esta evaluación los médicos veterinarios se apoyan para diagnosticar la salud de los animales evaluados. Facultades de veterinaria y centros científicos en todo el mundo, tienen años de investigación en los patrones, perfiles, rangos de temperatura entre otros parámetros con la finalidad de conocer con certeza la condición de la salud de los animales de estudios.



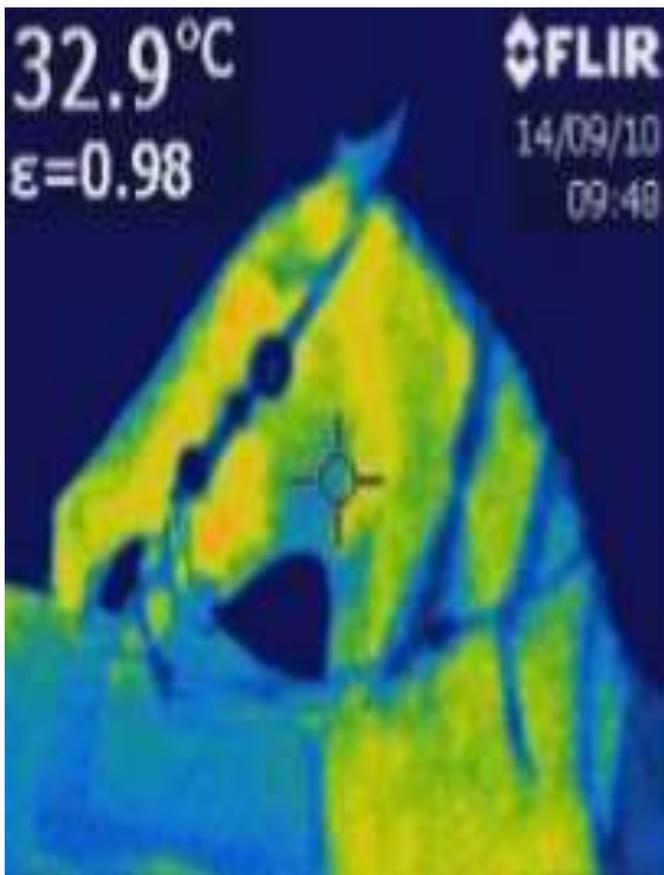
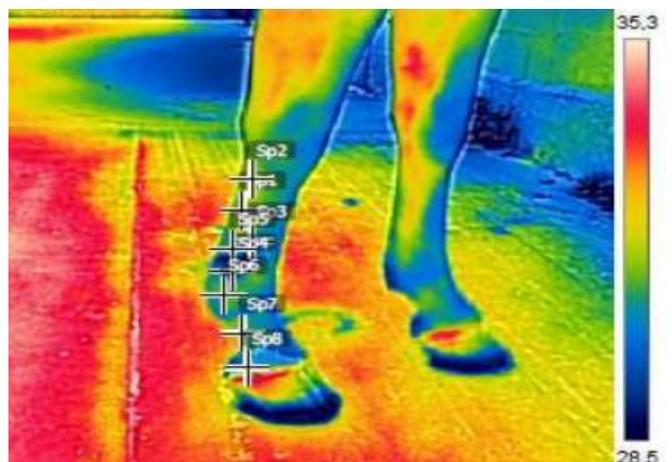
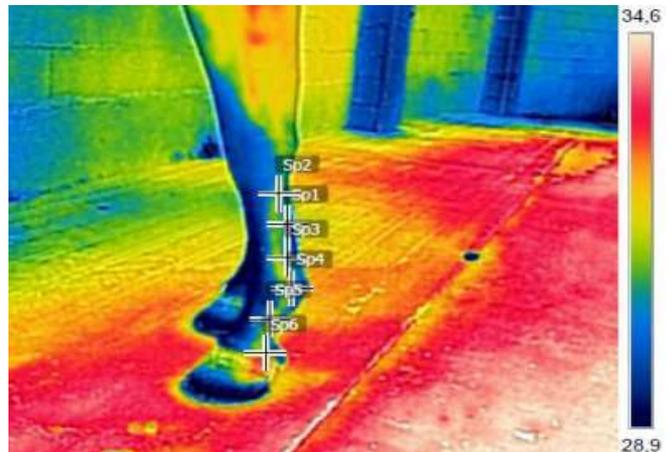
Termograma en las patas de un caballo con la finalidad de evaluar la salud del equino.

En el caso del mundo equino, la termografía una de las aplicaciones para detección de enfermedades en el animal es el diagnóstico de evaluación de la cojera de un caballo ya que, diferencias de 1°C o más entre dos regiones simétricas pueden indicar inflamación, por esta razón lo importante en saber encontrar asimetrías térmicas en los termogramas.

## Termografía en la evaluación de Equinos

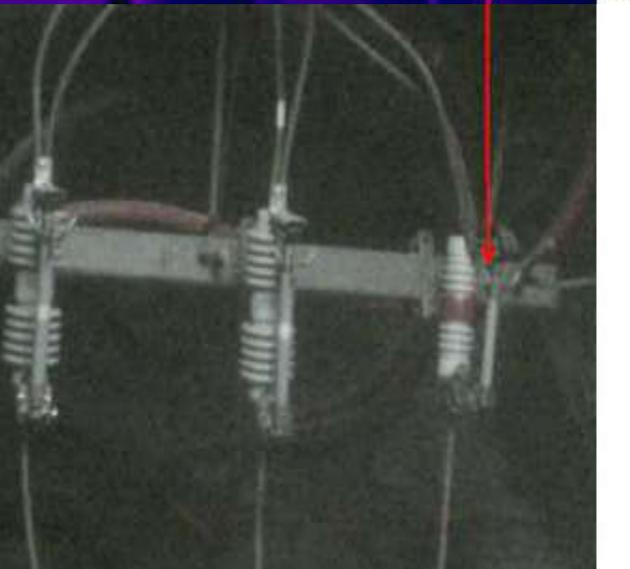
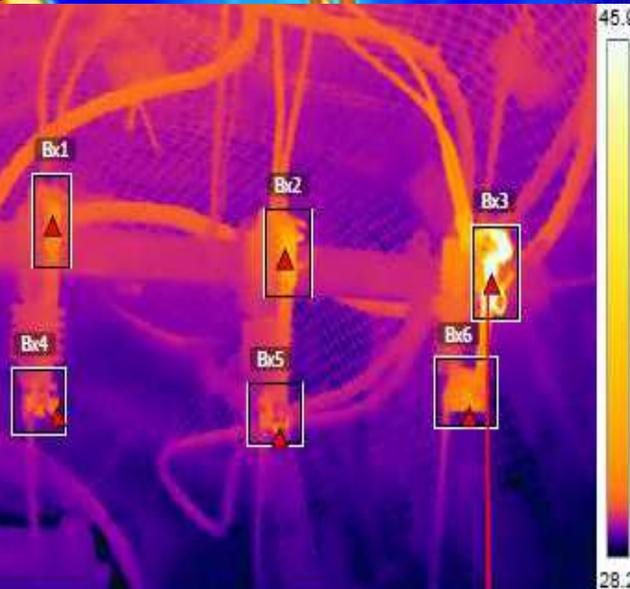
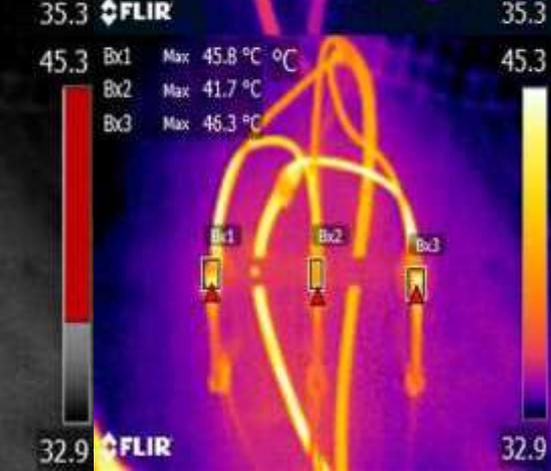
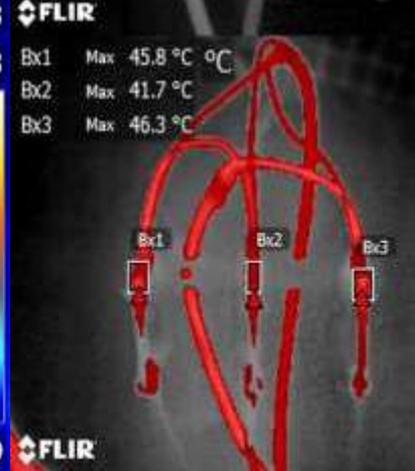
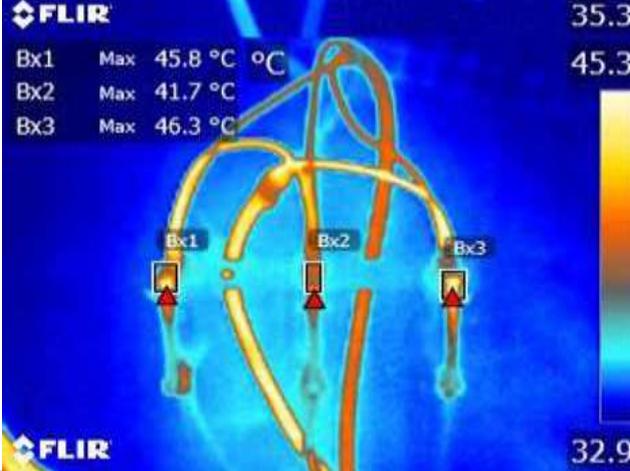
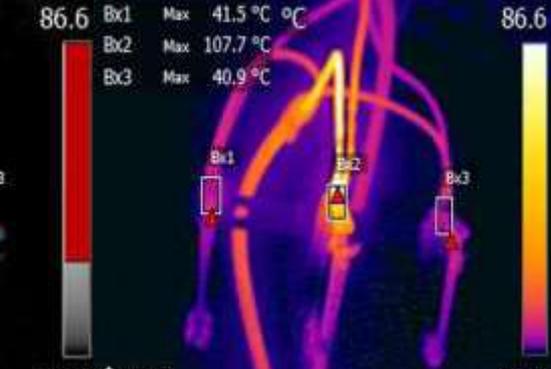
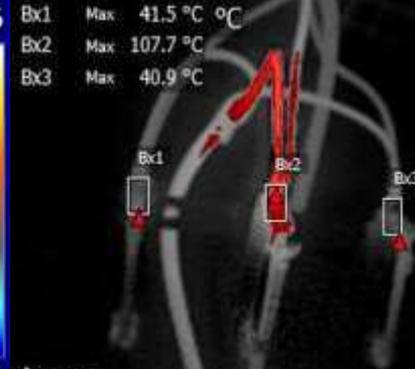
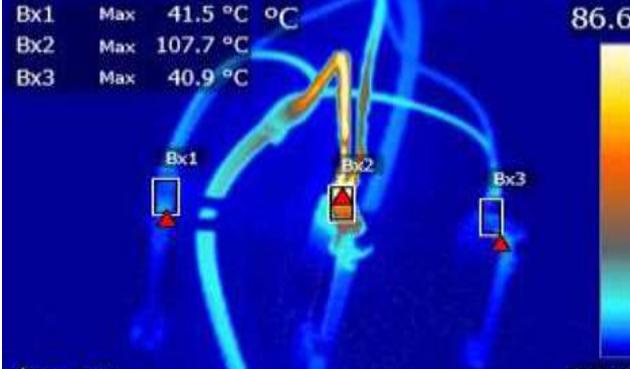
La termografía en los Equinos nos ayuda a identificar áreas con cambios en el flujo sanguíneo superficial. Ambos lados del cuerpo del animal deben tener el mismo patrón de temperatura o simetría térmica, por lo que cuando se obtienen áreas con diferencias térmicas, estas pueden ser anormales o patológicas.

Estos cambios en la temperatura pueden indicar procesos inflamatorios, daños neurológicos y/o falta de irrigación. Cuando las imágenes térmicas obtenidas de caballos se combinan con el conocimiento profundo del médico veterinario, la termografía se convierte en una herramienta de diagnóstico muy útil.



En referencia a los equinos una de las mayores aplicaciones de la termografía es para evaluar inflamación en articulaciones, tendones, músculos, así como condición de las patas. La intención de este artículo es, mostrar de manera general uno de los muchos e interesantes campos de aplicación de la termografía, cuya única finalidad es despertar el interés del lector por conocer más del fascinante y amplio mundo de la termografía.

**Nota: La termografía en la veterinaria es una herramienta más de diagnóstico y que nunca debe de usarse por sí sola, pues debe complementarse con otras evaluaciones del especialista, tales como examen radiográfico, ecográfico, entre otros. Termogramas de Judith Martínez Giménez.**



# Vibro Thermography

Termografía Infrarroja Nivel I  
Basada en Confiabilidad

*Actualiza tus conocimientos  
y aumenta la Confiabilidad  
de tu organización al  
implementar un programa de  
termografía basado en  
Confiabilidad.*

*Capacitación Basada en ISO  
18436-7*

## **5 Tips para el mantenimiento de motores AC**

Los motores eléctricos AC, son los de mayor uso y aplicación tienen en el ámbito industrial, según la EASA cerca del 70% del consumo eléctrico en USA es por motores eléctricos.

### **TIPs 1** **Monitorear Vibraciones**

El motor eléctrico al estar en movimiento se provocan ruidos y vibraciones que pueden afectar el funcionamiento de la máquina, es necesario revisar que estas vibraciones sean normales. Por esta razón dentro de todo plan de mantenimiento de motores eléctricos AC, se debe llevar un monitoreo de vibraciones, con la finalidad de conocer la condición del equipo. La frecuencia de monitoreo dependerá de, la criticidad del equipo, así como las horas de funcionamiento.

### **TIPs 2** **Inspección Visual**

Las inspecciones visuales de los activos de una organización es una práctica recomendada, en el caso de los motores sirve para poder identificar algún desvío del equipo, tal como sobrecalentamiento, ruido anormal, corrosión, fuga de lubricante, exceso de polvo o barro, para esto es necesario que el inspector tenga un check list, para realizar esta inspección de manera estandarizada.

### **TIPs 3** **Limpieza**

Una de las cosas más importantes para el correcto funcionamiento del motor es la temperatura, mientras más calor hay, más riesgo de que se ocasione un problema, muchas veces el polvo y otros contaminantes funcionan como aislantes que generan el aumento de la temperatura en el motor, y por lo tanto un deterioro prematuro del equipo, específicamente rodamiento y material aislante del bobinado, son los más afectados. Por este motivo es necesario mantener limpio el estator del motor.

### **TIPs 4** **Lubricación**

Cerca del 75% de las fallas de los rodamientos es por problemas de lubricación, por esta razón el departamento debe garantizar el cumplimiento de las 6C.

- 1C – Lubricante correcto
- 2C- Tiempo (frecuencia) correcto
- 3C- Cantidad de lubricante correcta
- 4C- Método correcto
- 5C- Condición correcta
- 6C- Técnico correcto

### **TIPs 5** **Curva del aislamiento eléctrico**

La medición del aislamiento eléctrico es una práctica común dentro de los programas de mantenimiento de motores eléctricos, pero a veces se deja de lado la curva de aislamiento eléctrico (tiempo vs aislamiento), siendo esta muy importante ya que indica la salud del material aislante del bobinado, ya que se puede tomar valores absolutos como aislamiento, IP, DAR “buenos”, pero la curva no es de un aislamiento sano. Tener la curva de aislamiento eléctrico es vital para los motores de alta criticidad.



**Vibro**

**Thermography**

**Capacítate con nosotros**

**Vibraciones**

**Termografía**

**Lubricación**

**Confiabilidad**

**Motores eléctricos**

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