

Mantenimiento industrial. Termografía

1. [Introducción](#)
2. [Termografía](#)
3. [Cámaras termográficas](#)
4. [Factores que inciden en un análisis termográfico](#)
5. [Aplicaciones de la Termografía](#)
6. [Normativa asociada a Termografía](#)
7. [La Termografía en el mantenimiento industrial preventivo](#)
8. [Conclusión](#)
9. [Bibliografía](#)
10. [Anexos](#)

Introducción

Las tecnologías para Mantenimiento Predictivo se constituyen en las herramientas esenciales para el desarrollo de la gestión del Ingeniero de Mantenimiento en toda organización productiva.

Por intermedio de ellas se abren otras ventanas de información del desempeño de los equipos, que complementan a la información que perciben nuestros sentidos y a las herramientas administrativas que se vienen aplicando en la actualidad.

La forma en que estas herramientas se apliquen, pueden hacer la diferencia entre una Organización Productiva y otra que no lo es, y esa diferencia hoy cuando existe una globalización de mercados puede ser nuestro éxito o nuestro fracaso.

Cualquier Organización por pequeña que sea debe tener como horizonte fundamental la productividad, sea que se acojan al uso de las herramientas administrativas actuales que se plantean en Mantenimiento Preventivo, en el Mantenimiento Productivo Total o en la productividad total. Es la aptitud de eliminar la necesidad de mantenimiento en nuestras instalaciones y mejorar la rentabilidad de nuestros procesos.

La Termografía Infrarroja juega un rol cada vez más importante en las actividades de Mantenimiento. Esta técnica de producir imágenes a partir de la radiación térmica invisible que emiten los objetos, es un medio que permite identificar, sin contacto alguno, componentes eléctricos y mecánicos más calientes que su operación normal indicando áreas de fallas inminentes o áreas con excesiva pérdida de calor, que usualmente son síntomas de fallas.

El uso de Termografía Infrarroja, permite la reducción de los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de fallas imprevistas o no programadas en equipos e instalaciones.

Los beneficios de la reducción de costos a partir de esta tecnología, incluyen ahorros de energía, protección de equipos costosos, velocidad de inspección, diagnóstico y chequeo post-reparación, además de incrementar el tiempo de producción maximizando la disponibilidad de equipos.

Termografía

Es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión, se puede convertir la energía radiada en información sobre temperatura, expresada en grados centígrados (°C) y Fahrenheit (°F).

La Termografía es la manera más segura, confiable y rápida de detectar cualquier tipo de fallo a través la temperatura del objeto o sistema. Todos los objetos eléctricos, electrónicos o mecánicos sufren alteraciones en su temperatura debido principalmente a malos funcionamientos, falsos contactos, altas fricciones, rozamientos etc.

Esta pérdida de calor no puede ser apreciada a simple vista por el ojo humano. Pero los equipos termográficos, pueden captarlo perfectamente.

Lo mejor de esta técnica es que lo representa de una manera visual, rápida, sin el contacto físico que puede resultar peligroso y sin interferir con las labores habituales de su empresa.

Temperatura

La **temperatura** es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío. Por lo general, un objeto más "caliente" tendrá una temperatura mayor, y si fuere frío tendrá una temperatura menor.

Físicamente es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como "energía sensible", que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que es mayor la energía sensible de un sistema, se observa que está más "caliente"; es decir, que su temperatura es mayor.

En el caso de un sólido, los movimientos en cuestión resultan ser las vibraciones de las partículas en sus sitios dentro del sólido. En el caso de un gas ideal monoatómico se trata de los movimientos traslacionales de sus partículas (para los gases multiatómicos los movimientos rotacional y vibracional deben tomarse en cuenta también).

Dicho lo anterior, se puede definir la temperatura como la cuantificación de la actividad molecular de la materia.

Radiación infrarroja

La **radiación infrarroja**, **radiación térmica** o radiación **IR** es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Consecuentemente, tiene menor frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. Su rango de longitudes de onda va desde unos 0,7 hasta los 300 micrómetros.¹ La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 Kelvin, es decir, -273,15 grados Celsius (cero absoluto).

El descubridor de los rayos infrarrojos fue Sir Frederick William Herschel nacido en Hanover, Alemania 1738.

Él fue muy conocido tanto como músico y como astrónomo. En el año 1757 emigró hacia Inglaterra donde con su hija Carolina construyeron un Telescopio

Su más famoso descubrimiento fue el del planeta Urano en el año 1781. En el año de 1800, Señor William Herschel hizo otro descubrimiento muy importante.

Se interesó en verificar cuanto calor pasaba por filtros de diferentes colores al ser observados al sol. Se dio cuenta que esos filtros de diferentes colores dejaban pasar diferente nivel de calor. Continuando con ese experimento Herschel hizo pasar luz del sol por un prisma de vidrio y con esto se formó un espectro (el "arco iris" que se forma cuando se divide a la luz en sus colores). Haciendo controles de temperatura en los distintos colores de ese espectro verificó que más allá de rojo fuera de las radiaciones visibles la temperatura era más elevada. Él encontró que esta radiación invisible por encima del rojo se comporta de la misma manera desde el punto de vista de la reflexión, refracción, absorción y transmisión que la luz visible.

Era la primera vez que alguien demostraba que había otra forma de iluminación o radiación que era invisible al ojo humano. Esta radiación inicialmente la denominó **Rayos caloríficos y luego Infrarrojos** (infra: quiere decir abajo) Es decir por debajo del nivel de energía del rojo.

Características de la radiación infrarroja

El nombre de infrarrojo significa por debajo del rojo pues su comienzo se encuentra adyacente al color rojo del espectro visible.

Los infrarrojos se pueden categorizar en:

- infrarrojo cercano (0,7-1,1 μm)
- infrarrojo medio (1,1-15 μm)
- infrarrojo lejano (15-100 μm)

La materia, por su caracterización energética emite radiación. En general, la longitud de onda donde un cuerpo emite el máximo de radiación es inversamente proporcional a la temperatura de éste (Ley de Wien). De esta forma la mayoría de los objetos a temperaturas cotidianas tienen su máximo de emisión en el infrarrojo. Los seres vivos, en especial los mamíferos, emiten una gran proporción de radiación en la parte del espectro infrarrojo.

Espectro electromagnético

Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio. Se cree que el límite para la longitud de onda más pequeña posible es la longitud de Planck mientras que el límite máximo sería el tamaño del Universo aunque formalmente el espectro electromagnético es infinito y continuo.

En el anexo 1 se puede observar la distribución de las ondas dentro del espectro electromagnético y la sección del espectro electromagnético correspondiente a los rayos infrarrojos (IR), los rayos de luz. Visible por el ojo humano y los rayos ultravioleta (UV).

Rayos infrarrojos (IR)

La energía infrarroja es irradiada por todo ser viviente y objeto inanimado en una cantidad proporcional a su temperatura, sin embargo, es invisible al ojo humano.

La energía infrarroja (que quiere decir debajo de rojo, o fuera del espectro visible en su extremo rojo) es una radiación con un rango de longitud de onda aproximadamente entre 0.75 y 100 Mm.

A todas las temperaturas superiores al cero absoluto cada objeto emite energía de su superficie a diferentes longitudes de onda e intensidades. La longitud de onda emitida y la intensidad de emisión, dependen de la temperatura y la emisividad de la superficie.

Emisividad

La capacidad que tienen los cuerpos de emitir, eficientemente la radiación absorbida en ellos, se define como emisividad. La emisividad es una propiedad de la superficie de los cuerpos y parte del principio del cuerpo negro.

Se establece que los cuerpos negros tienen un factor de emisividad igual a la unidad. Los cuerpos reales, en cambio, poseen un factor de emisividad inferior a la unidad, puesto que su eficiencia de emisión de radiación es menor a la ideal del cuerpo negro. La intensidad de esa energía emitida depende de la emisividad y la temperatura del objeto.

Cámaras termográficas

Las cámaras termográficas poseen una matriz de sensores, que captan las señales infrarrojas que emite el objeto que se desea analizar, a cada una le asignan un color. La composición de todos los colores da como resultado una imagen, donde cada uno representa una zona con una imagen determinada y cada color representa un rango de temperatura expresada en grados centígrados (°C) o Fahrenheit (°F).

Las cámaras de imágenes infrarrojas son similares en sus lentes, típicamente hechos de germanio o cuarzo, enfocan la radiación sobre un detector sensible a longitudes de onda infrarroja. El detector responde produciendo pequeñas señales eléctricas que cuando se amplifican, producen una imagen electrónica correspondiente a la localización e intensidad de la radiación infrarroja total que éste ve.

Las cámaras infrarrojas poseen una serie de características, pero entre las más importantes se podrían destacar que deben tener:

- Apertura de termómetro a diferentes escalas.
- Escala de medición de temperatura en $^{\circ}\text{C}$ y $^{\circ}\text{F}$
- Control de emisividad y tablas de emisividad para diferentes materiales
- Lentes de 35 y 50 mm o dependiente del campo de aplicación en que se use
- Baterías recargables con duración de carga por lo menos 8 hrs.

Los sistemas infrarrojos permiten manejar las imágenes termográficas obtenidas de una rutina de inspección, en un sistema de información, grabando directamente a un disquete o tarjeta para un posterior análisis de tendencias.

Las cámaras termográficas nos dan un termograma, una representación en una paleta de colores de las diferencias de radiación de los objetos. Como la radiación infrarroja es un parámetro directamente relacionado con la temperatura, una inspección termográfica permite observar las diferencias de temperatura de los materiales y puede ser usada en todas aquellas aplicaciones en las que detectar diferencias de temperatura nos pueda dar alguna información.

Generalmente, cuando se habla de equipos emisores de infrarrojo, se distinguen cuatro tipos en función de la longitud de onda que utilicen:

1. Emisores de infrarrojo de onda corta.
2. Emisores de infrarrojo de onda media rápida
3. Emisores de infrarrojo de onda media
4. Emisores de infrarrojo de onda larga

De cara a la aplicación de una u otra longitud de onda dentro de la radiación infrarroja, la elección se debe básicamente al espesor del material que se vaya a irradiar. Si se trata de un material con un espesor de pocos milímetros, lo más aconsejable es utilizar emisores de infrarrojo de onda corta, mientras que si el material presenta un espesor mayor la mejor opción es pasar a los emisores de infrarrojo de onda media o incluso larga. Otro aspecto que se tiene en cuenta a la hora de usar emisores de infrarrojo es la inercia térmica. Los emisores de onda corta prácticamente no tienen inercia térmica, es decir, en el momento en que se conectan a la corriente eléctrica ya están en sus condiciones óptimas de trabajo. Por

otro lado, los emisores de onda media y sobre todo los de onda larga tienen mucha inercia térmica y pueden llegar a tardar hasta 4 minutos para poder ser usados de forma eficaz.

En el anexo 2 se muestran algunas cámaras termográficas usadas en las diferentes aplicaciones.

Factores que inciden en un análisis termográfico

Carga: El efecto del calentamiento cuando se presenta una falla, incrementa en términos generales con el valor de la carga elevada al cuadrado. Se ha demostrado que el exceso de temperatura en un componente, aumenta linealmente con el efecto desarrollado. Esto es para inspecciones eléctricas.

Ejemplo.

Se encontró un sobre-calentamiento de 10°C (Falla pronunciada) en una conexión cuando el circuito se encontraba cargado a un 40 %, al incrementarse la corriente de carga a un 60 %, la temperatura del componente aumentaría así:

$$[60/40]^2 = 2.25 \text{ veces}$$

$$2.25 * 10^\circ\text{C} = 22.5^\circ\text{C}$$

lo cual sería una Falla Severa.

Atenuación Atmosférica: La atmósfera no es completamente transparente a la radiación infrarroja, información que puede ser atenuada al pasar a través de ella y la cual también puede emitir radiación. Para ello existen unos factores de corrección que dependerán de una serie de parámetros, tales como la distancia al objeto, humedad relativa (H₂O), temperatura del aire en grados Centígrados, Fahrenheit o Kelvin dependiendo del tipo de equipo.

Emisividad: Como no todos los cuerpos cuando aumentan su temperatura pueden radiar energía de la misma forma, esta dependerá del tipo de material. Muchos elementos tienen buena capacidad de reflexión como son las superficies de material brillante, y se pueden reflejar brillos que seguramente se mostrarían como puntos calientes. Un cuerpo con diferentes emisividades puede lucir como si estuviese sobre-calentado en varios puntos, a este efecto debe tenerse cuidado porque mientras la emisividad sea menor la reflectividad aumenta, a menudo es muy obvio donde el objeto a sido pulido o limpiado últimamente, estos brillos también pueden ser producidos por el sol, bombillos u otros elementos calientes que se encuentren en los alrededores, a estos engañosos puntos se les mira desde diferentes ángulos y alturas con el equipo para certificar si son producidos por algún reflejo.

Velocidad Del Viento: El efecto refrigerante producido por la velocidad del viento, es uno de los factores a tener en cuenta en un análisis termográfico.

Un sobrecalentamiento medido con una velocidad del viento de 5 m/s será aproximadamente dos veces tan alta como a 1 m/s. No es recomendable realizar inspecciones termográficas a más de 8 m/s de velocidad del viento.

Campos magnéticos: Las corrientes eléctricas pesadas causan fuertes campos magnéticos, los cuales pueden causar una distorsión considerable en la imagen térmica.

Lluvia: La lluvia tiene un efecto enfriante superficialmente en un equipo. Las mediciones termográficas se pueden realizar con resultados satisfactorios durante una caída de lluvia ligera, las lluvias pesadas disminuyen la calidad de la imagen considerablemente y las mediciones no son posibles.

Aplicaciones de la Termografía

La medida de temperatura es fundamental en multitud de procesos. Algunos de los Campos de aplicación son:

Predicción y prevención

- Eléctrico: Producción, distribución, transporte, cuadros.
- Mecánico: Motores, Tuberías, etc.
- Edificios y estructuras: Aislamientos, Filtraciones, exfoliación.

Control de calidad

- Electrónica: Diseño, verificación, Diagnóstico, etc.
- Montajes mecánicos: Mal funcionamiento, fallos, análisis.

Control y procesos

- Industria del automóvil.
- Metalurgia.

- Industrias del Plásticos.
- Petroquímicas.

Ensayos no destructivos

- Cavidades e inclusiones en sólidos.
- Delaminación.
- Detección de corrosión
- Mezclas y aleaciones.

Visión nocturna

- Seguridad.
- Búsqueda y rescate.

Veterinaria

- Fracturas.
- Lesiones musculares.

Investigación y desarrollo

- Estudio de flujos de calor.
- Estudios biológicos.
- Evaluación de nuevos productos.

Electromedicina

- Dermatología.
- Sistema circulatorio.
- Oncología.
- Medicina deportiva.

En el presente trabajo se enfocará las aplicaciones en las áreas de instalaciones eléctricas y mecánicas.

Aplicaciones en instalaciones eléctricas

Las aplicaciones eléctricas representan el principal uso de las facilidades y utilidades que ofrecen los equipos de Termografía Infrarroja.

En los sistemas eléctricos una inspección infrarroja permite identificar los problemas causados por las relaciones corriente/resistencia, las fallas son causadas usualmente por conexiones sueltas o deterioradas, corto circuitos, sobrecargas, cargas desbalanceadas, componentes que se han instalado inapropiadamente o falla del componente en sí. A continuación se describen las causas más comunes de falla:

Alta Resistencia Eléctrica. Es la causa más común de exceso de temperatura en equipos eléctricos y líneas de potencia. De acuerdo con la ley de Ohm, la potencia disipada del elemento (y el calentamiento resultante) es igual al cuadrado de la corriente multiplicado por la resistencia ($P=I^2R$). Cuando la corriente de línea se mantiene constante y la resistencia es mayor que la nominal, se disipa una potencia adicional y ocurre un incremento anormal de temperatura, significando costos y peligro. Cuando se tiene un punto con alta resistencia, el calor generado se transfiere al conductor adyacente y al aire. Una imagen termográfica de este punto mostrara el área caliente en la conexión y una disminución gradual de la temperatura a medida que aumenta la distancia desde la conexión.

Corto Circuito. Cuando ocurre un corto en una línea de potencia, la duración es usualmente breve, con resultados inmediatos y desastrosos. Sin embargo, un corto circuito dentro de un componente de operación se puede detectar y diagnosticar usando la Termografía Infrarroja ya que la sección en corto causara excesivo flujo de corriente generando calentamiento.

Circuito Abierto. Un elemento operando en condiciones de temperatura inferior a la normal, puede ser una indicación de que el circuito se encuentra abierto. Este tipo de falla es común en capacitores de circuitos integrados, resistores, fuentes de suministro de potencia, etc.

Corrientes Inductivas. Las corrientes inductivas pueden causar excesivo calentamiento dentro del elemento o componente ferroso que están dentro del campo magnético de un equipo de gran capacidad como por ejemplo un generador principal.

Tierras Energizadas. Las tierras energizadas son un fenómeno común en las instalaciones de una planta. Cuando esto ocurre, usualmente se genera alta temperatura, por lo que no es difícil identificarla termográficamente.

Las siguientes clases de equipos deben incluirse dentro de un programa de monitoreo y mantenimiento basado en la condición:

Subestaciones Eléctricas. Transformadores de potencia y monitoreo, seccionadores, interruptores, trampas de onda, barrajes, aisladores, banco de baterías, tableros de control de los equipos, etc.

Líneas de Transmisión. Puntos de conexión entre los aisladores y la línea, conexiones de tierra de las estructuras, etc.

Redes de Distribución. Puntos de conexión entre los aisladores y la línea, conexiones de tierra de las estructuras, transformadores de potencia, cortacircuitos, pararrayos, empalmes primarios y secundarios (puentes), etc.

Plantas de Manufactura. Centro de control de motores, subestación eléctrica, motores eléctricos, etc.

Equipos de Comunicaciones. Centros de control, subestación eléctrica, etc.

Criterios de análisis para sistemas eléctricos.

Para evaluar la severidad de una falla, se usa el Criterio Delta de Temperatura. En este criterio, se determina la diferencia de temperaturas entre el punto que presenta la falla y un punto de referencia. Esta referencia presenta típicamente la temperatura ambiente o es un equipo que esta trabajando a las mismas condiciones del equipo comparado. En el criterio Delta de Temperatura existen normas o estándares usados por Termógrafos para evaluar y/o clasificar la diferencia de temperatura resultante:

1. Los criterios establecidos por la Internacional Electric Testing Association Inc. - NETA MTS-1989 -, los cuales proporciona rangos muy estrictos para la clasificación de temperaturas.
2. Las normas establecidas por las Fuerzas Militares de los Estados Unidos para equipos eléctricos - MIL-STD-2194(SH) -, basados contrariamente a la anterior, en rangos muy amplios de temperaturas.

Los criterios proporcionados por el Infrasppection Institute, en los que la clasificación de fallas ha resultado ser la más confiable para el uso de muchos de los termógrafos

Los criterios para determinar la criticidad de la falla según la experiencia están dados en las siguientes tablas. Aunque estos parámetros son generalmente ajustados de acuerdo a las necesidades de las empresas.

Alto Voltaje.

Equipos de distribución y transmisión (Voltaje mayor de 480 V).

| EXCESO DE TEMPERATURA (sobre la referencia o ambiente) | CRITICIDAD DE LA FALLA SEGÚN EXCESO DE TEMP. | OBSERVACIONES |
|---|---|---|
| 0 a 10 °C | INCIPIENTE | Los correctivos deben ser efectuados en el próximo programa de mantenimiento. |
| 10 a 20 °C | PRONUNCIADA | El equipo debe colocarse en observación y los correctivos deben ser efectuados cuando el programa lo permita. |
| 20 a 40 °C | SEVERA | Los correctivos deben ser efectuados lo pronto como sea posible. |
| Mayor de 40 °C | CRITICA | Los correctivos deben ser efectuados inmediatamente. |

Bajo Voltaje.

Equipos distribución y control (Voltaje menor o igual a 480 V).

| EXCESO DE TEMPERATURA (sobre la referencia o ambiente) | CRITICIDAD DE LA FALLA SEGÚN EXCESO DE TEMP. | OBSERVACIONES |
|---|---|---|
| 0 a 10 °C | INCIPIENTE | Los correctivos deben ser efectuados en el próximo programa de mantenimiento. |
| 10 a 20 °C | PRONUNCIADA | El equipo debe colocarse en observación y los correctivos deben ser efectuados cuando el programa lo permita. |
| 20 a 30 °C | SEVERA | Los correctivos deben ser efectuados lo pronto como sea posible. |
| Mayor de 30 °C | CRITICA | Los correctivos deben ser efectuados inmediatamente. |

Observación: La decisión final para determinar las prioridades y ordenes de mantenimiento deberá ser determinadas por el grado de exceso de temperatura y por la criticidad del equipo/proceso involucrado.

Pasos para realizar una Inspección Termográfica a una Instalación Eléctrica

1. Seleccionar e identificar la instalación a inspeccionar: Se debe tener un programa anual de inspecciones termográficas donde se incluye todo el sistema eléctrico y donde se establezca el número de

inspecciones por instalación de esta manera podrá programarse y planificarse el itinerario de inspección con antelación.

2. Movilización a sitio y acceso a la instalación: En este paso se debe tomar en cuenta aspectos de seguridad tales como, utilización de cascos de seguridad dieléctricos, botas antiofídicas.

3. Preparación y conexión del equipo: Se refiere a la puesta a punto del equipo, se deben verificar los valores de emisividad utilizados, calibración del equipo y muy importante el ajuste entre conexiones de la cámara y el sistema de suministro de carga en caso que sea necesario.

4. Verificar que la instalación está en operación: El inspector antes de comenzar cualquier actividad dentro de la instalación debe preguntarse ¿La unidad esta en operación? ya que este tipo de inspección sólo se puede realizar con la subestación en operación.

– Porcentaje de carga de trabajo en el momento.

– Carga máxima de operación de la estación.

Estos datos son de vital importancia para la evaluación y análisis de los resultados de la inspección.

5. Realizar barrido general de la instalación: Al comienzo de la inspección, se debe realizar un barrido por los diferentes componentes de la estación, haciendo énfasis en grapas de su unión, bushing, seccionadores, salidas de transformadores y por último se debe tomar un termograma global de todo el conjunto de equipos que conforman la instalación, si se detecta algún punto caliente se realizar medición de temperatura en la zona afectada para determinar algún grado de sobrecalentamiento se deben realizar medidas comparativas con elementos de igual función, esto permitirá determinar el grado de sobrecalentamiento presente y permitirá fácilmente indicar cuál es la acción

6. Tomar termograma y fotografía a color: El termograma es el que permitirá indicarle al mantenedor la existencia de falla y su magnitud, la fotografía a color permitirá y facilitará la ubicación geográfica de la falla, esto ayudará al personal a detectar rápidamente el lugar donde ésta se encuentra con toda facilidad, eliminando tiempo perdido en la localización de fallas.

7. Emitir reporte: Se debe plasmar en un reporte todos los resultados obtenidos identificando claramente cuáles son los puntos con problemas y dando claramente la localización exacta, además demarcar en la fotografía a color con un círculo las zonas afectadas. En caso de tratarse de una reparación inmediata se deberá introducir recomendación con orden de prioridad esta acción al sistema de mantenimiento para realizar un seguimiento continuo a dicha acción y asegurar de esta manera su corrección.

8. Archivar Esta información es útil para estudios estadísticos, análisis y comportamiento del índice de fallas por lo que se recomienda archivar copia de todos los reportes emitidos.

Aplicaciones en instalaciones mecánicas.

La Termografía Infrarroja tiene varias aplicaciones importantes que han surgido del monitoreo de la condición por temperatura y del análisis de problemas durante la operación de un sistema mecánico.

En algunas instalaciones mecánicas tales como sistemas de aislamiento térmico y/o revestimiento refractario, lo mas importante es identificar y cuantificar la extensión de una falla en el revestimiento; desde este punto de vista, se puede prever la condición de los equipos tales como calderas, hornos o calentadores de proceso, vasijas en unidades de ruptura catalítica, reactores y líneas de proceso, mientras se monitorea periódicamente por Termografía Infrarroja.

En otras instalaciones mecánicas tales como los sistemas de intercambio de calor, es mas importante evaluar que circunstancias o elementos pueden llegar a causar una perdida de eficiencia en la función básica del sistema; la Termografía Infrarroja puede suministrar el patrón térmico exterior de un intercambiador de calor, que facilita el análisis de un problema de este tipo.

En los equipos rotativos tales como motores eléctricos, turbinas, reductores de velocidad, bombas centrifugas o reciprocantes, compresores centrífugos o reciprocantes, ventiladores, etc, la Termografía Infrarroja puede ayudar a identificar el sitio de una falla cuando el exceso de calor de la misma se exterioriza. El exceso de calor se puede originar por varias circunstancias, por ejemplo:

Por la fricción que ocurre en el interior de un rodamiento o cojinete cuando este se encuentra defectuoso, cuando presenta desgaste natural

1. cuando soporta una carga con desalineamiento, cuando se encuentra con lubricación inadecuada, o cuando es maltratado.
2. Se puede generar exceso de calor por fricción sobre las pistas de una polea cuando existe tensionamiento inadecuado o desigual en las correas, cuando existe desalineamiento en este tipo de acoplamientos, cuando existen diferencias importantes entre la potencia suministrada y la requerida entre el motor y el equipo conducido.
3. Se puede generar exceso de calor al interior de un acople mecánico directo entre el equipo motor y el equipo conducido, cuando existe desalineamiento.

4. También se puede generar exceso de calor al interior de las válvulas de admisión y descarga de un equipo reciprocante, cuando existe recirculación del flujo a través de las mismas.

Se puede evaluar la condición de los sistemas de transporte de fluidos en operación; estos se encuentran compuestos en su mayoría por elementos como tuberías, válvulas de bloqueo, válvulas de regulación de flujo, válvulas tipo cheque, válvulas de seguridad y en algunos sistemas por trampas de vapor. Una inspección infrarroja ayuda a identificar los sitios de discontinuidades o distribuciones anormales de temperaturas que indiquen fallas como taponamientos en el fluido trasegado, compuertas en mal estado, áreas de sello deficientes en los diferentes tipos de válvulas, y en general, permite establecer el estado mecánico de cada uno de los elementos, mientras exista un gradiente de temperatura en el fluido que de un contraste térmico adecuado con los alrededores y además el aislamiento exterior en caso de haberlo, lo permita.

En tanques y ductos aislados, donde se almacenan o transportan productos que deban mantenerse a temperaturas diferentes a la ambiental, la Termografía Infrarroja permite la localización de puntos de intercambio de calor y constatar las condiciones generales del aislamiento térmico, lo que se refleja directamente en la eficiencia del proceso. Para determinar los niveles en tanques de almacenamiento o transferencia, es suficiente la observación de la diferencia de temperaturas establecida arriba y abajo del nivel del líquido. El nivel será fácilmente visible si el tanque estuviese calentado por el sol o si el producto almacenado tiene una temperatura diferente a la del medio ambiente.

Una inspección termográfica de un sistema cualquiera no asegura una operación mas apropiada de dicho sistema. Se requiere de otras pruebas y de un mantenimiento apropiado para asegurar un desempeño adecuado de dicho sistema.

En general, del tipo de instalación mecánica depende el uso o la aplicación mas practica que se le de a la Termografía Infrarroja; cada clase de instalación tiene sus propios tipos de fallas mas comunes, y en la búsqueda de su solución, se crean los procedimientos de inspección termográfica y los criterios de análisis.

Pasos para realizar una Inspección Termográfica

1. Selección de la instalación a inspeccionar: Se debe tener un programa anual de inspecciones termográficas por instalaciones donde deben estar claramente identificado el alcance y tipos de equipos que serán inspeccionados.
2. Preparación y conexión del equipo: Se refiere a la puesta a punto del equipo, se debe verificar el correcto ajuste entre conexiones de la cámara, el sistema suministro de carga y el sistema de grabación de imágenes térmicas.
3. Identificación de parámetros operacionales: En muy importante conocer las características operacionales de los equipos a inspeccionar en cuanto a valores de temperatura y presión de operación así como también características internas de diseño del equipo. Esto redundará en una evaluación clara y precisa de los resultados obtenidos durante la inspección.
4. Calibración del equipo: Es fundamental conocer la influencia de la emisividad en la inspección termográfica, cuando se selecciona el valor correcto se puede estar 100% seguro de los resultados obtenidos. Este valor es función del material a inspeccionar y debe ser introducido al equipo, para ello el equipo trae incorporado una tabla con diferentes materiales y su valor de emisividad por lo que la única limitante es conocer que tipo de material se inspecciona.
5. Verificar que el equipo está en operación: el inspector antes de comenzar cualquier actividad dentro de la instalación, ya que este tipo de inspección sólo puede ser realizada con el equipo en operación. Deberá tomarse la siguiente información:
 - Rango de temperaturas normales de operación del equipo.
 - Tipo de fluido manejado.
 - Rango de presiones normales de operación.Estos datos son de vital importancia para la evaluación y análisis de los resultados de la inspección.
6. Aplicación del ensayo: Se refiere al comienzo de la inspección, se debe realizar un barrido por toda la superficie del equipo a inspeccionar haciendo énfasis en las zonas inferiores o criticas de los equipos,
7. Análisis de resultados: Verificar el resultado de los análisis y tomar la termografía.
8. Emitir el reporte: Se debe plasmar en un reporte todos los resultados obtenidos, identificando claramente cuáles son los daños y problemas detectados, dar claramente la localización de los mismos y recomendaciones que amerite el caso, además deberán demarcarse en una fotografía a color la extensión de los daños.
9. Archivar: Esta información es muy útil para estudios estadísticos, análisis y

comportamiento del índice de fallas por lo que el uso y manejo de esta información como herramienta fundamental para la aplicación del mantenimiento predictivo es de suma importancia por lo que es recomendable archivar copia de todos los reportes emitidos.

Normativa asociada a Termografía

Normas ISO referentes a los trabajos y certificaciones en termografía infrarroja.

ISO 18434-1:2008 Condición de vigilancia y diagnóstico de máquinas - Termografía - Parte 1:

Procedimientos generales

Esta proporciona una introducción a la aplicación de **termografía** infrarroja (IRT) a condición de la maquinaria de vigilancia y diagnóstico, donde la “maquinaria” máquina incluye auxiliares tales como válvulas, el fluido eléctrico y máquinas, aparatos y maquinaria relacionados con el intercambiador de calor equipo. Además, IR solicitudes relativas a la evaluación del desempeño de las máquinas se dirigen.

Introduce la terminología de IRT en lo que respecta a la condición de supervisión y diagnóstico de máquinas, se describen los tipos de procedimientos IRT y sus méritos; se dan orientaciones sobre el establecimiento de criterios de evaluación de la gravedad de las anomalías señaladas por IRT; esboza los métodos y requisitos para llevar a cabo IRT de máquinas, incluidas las recomendaciones sobre seguridad; proporciona información sobre la interpretación de los datos y criterios de evaluación y requisitos de presentación de informes; establece procedimientos para determinar la compensación de temperatura aparente refleja, emisividad, y atenuar los medios de comunicación. Y también abarca los procedimientos de ensayo para determinar la compensación de temperatura aparente refleja, emisividad, y atenuar los medios de comunicación cuando se mide la temperatura de la superficie de un objetivo cuantitativo con una cámara IRT.

ISO 18436-1:2004 Condición de vigilancia y diagnóstico de máquinas - Requisitos de formación y certificación del personal - Parte 1: Requisitos para organismos de certificación y el proceso de certificación

Esta define los requisitos para los organismos que operan sistemas de certificación para el personal que realice la maquinaria condición de vigilancia, identificar las fallas de máquinas, y recomendar medidas correctivas. Los procedimientos para la certificación de la condición de supervisión y diagnóstico de personal se especifican.

ISO / FDIS 18436-7:2008 Condición de vigilancia y diagnóstico de máquinas - Requisitos para la calificación y evaluación de personal - Parte 7: Comportamiento térmico

Se especifican los requisitos para la calificación y evaluación de personal que realizan las máquinas condición de supervisión y diagnóstico mediante termografía infrarroja. Un certificado o declaración de conformidad con la norma ISO 18436-7:2008 proporcionará el reconocimiento de las calificaciones y competencias de las personas para realizar las mediciones térmicas y análisis de condición para las máquinas portátiles de vigilancia usando los equipos de imágenes térmicas. Este procedimiento no podrá aplicarse a equipos especializados u otras situaciones concretas. ISO 18436-7:2008 especifica un período de tres categorías de clasificación programa.

ISO 9712:2005 Prueba no destructiva – Calificación y certificación del personal.

ISO 9712:2005 especifica la calificación y certificación del personal que participa en ensayos no destructivos (END). Se aplica a la competencia en uno o varios de los siguientes métodos: las pruebas de emisiones acústicas; pruebas de corrientes de Foucault; infrarrojos termográficos pruebas; pruebas de fugas (pruebas de presión hidráulica excluidos); pruebas de partículas magnéticas; penetrantes ensayos, pruebas radiográficas; cepa pruebas; pruebas de ultrasonidos; Pruebas visuales (visual directo sin ayuda visual y pruebas de ensayos llevados a cabo durante la aplicación de otro método END se excluyen).

ISO / DIS 18436-8 Condición de vigilancia y diagnóstico de máquinas - Requisitos de formación y certificación del personal - Parte 8: Comportamiento térmico.

ISO 18436-8 recomienda que los candidatos han probado percepción de colores con los criterios de la prueba del test de Ishihara, donde se podrá exigir a los empleadores para determinar si el incumplimiento de los requisitos de esta prueba afectará a la capacidad del candidato para llevar a cabo análisis sobre IRT datos usando paletas de colores. No superar el Test de Ishihara podrá exigir al candidato a utilizar una paleta monocroma.

La Termografía en el mantenimiento industrial preventivo

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados

mediante la monitorización de temperatura con sistema de **Termovisión por Infrarrojos**. La implementación de programas de **inspecciones termográficas** en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc es posible minimizar el riesgo de un falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante **termografía infrarroja** debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos: ensayos radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, etc.

Ventajas del mantenimiento preventivo por termovisión

- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.
- Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

Conclusión

Es importante considerar que la productividad de una industria aumentará en la medida que las fallas en las máquinas disminuyan de una forma sustentable en el tiempo. Para lograr lo anterior, resulta indispensable contar con la estrategia de mantenimiento más apropiada y con personal capacitado tanto en el uso de las técnicas de análisis y diagnóstico de fallas implementadas como también con conocimiento suficiente sobre las características de diseño y funcionamiento de las máquinas.

Una de las técnicas utilizadas hoy en día, es el análisis termografico aplicado al mantenimiento predictivo y preventivo de instalaciones eléctricas y mecánicas con el fin de llegar a un diagnóstico acertado. Diagnosticado y solucionado los problemas, la vida de las máquinas y su producción aumentará y por tanto, los costos de mantenimiento disminuirán.

Bibliografía

Rosaler, Robert C. (2002). Manual del Ingeniero de Planta. Mac-Graw-Hill/Interamericana de Editores, S.A. de C.V.

Bittel, L./Ramsey, J. (1992). Enciclopedia del MANAGEMENT. Ediciones Centrum Técnicas y Científicas. Barcelona, España.

www.solomantenimiento.com

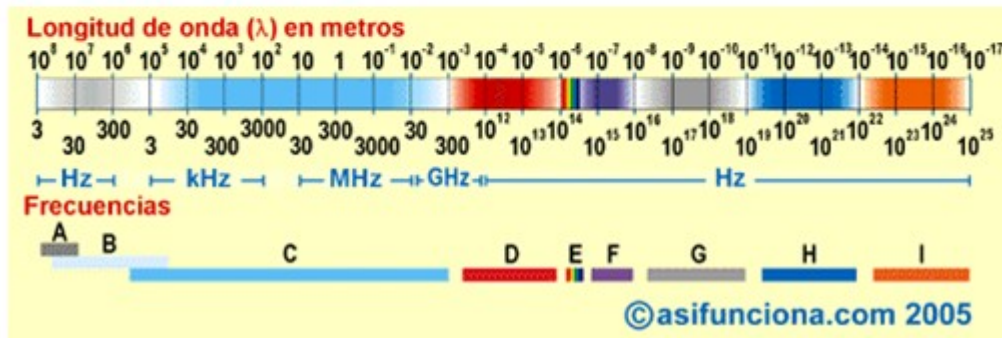
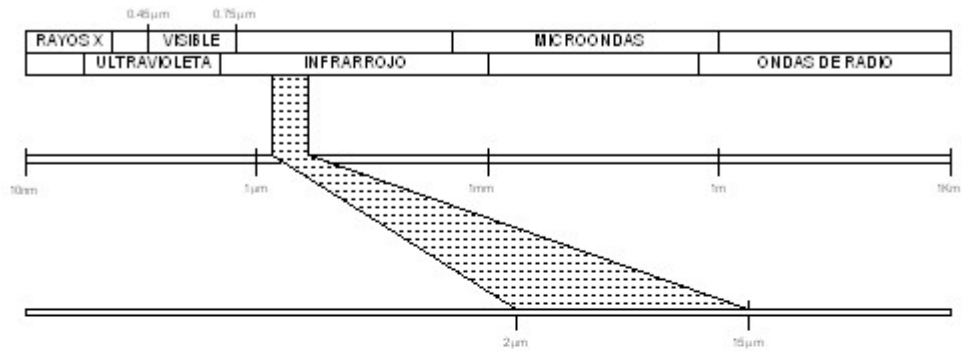
www.mantenimientomundial.com

www.wikipedia.com

AGEMA INFRARED SYSTEM. "Demographic Inspection of Electrical Installations".

MEDINA, Robinson. Trabajo especial de grado. "Procedimiento para la evaluación de refractario y tuberías de hogares de calderas mediante la Técnica de Termografía Infrarrojo".

Anexos



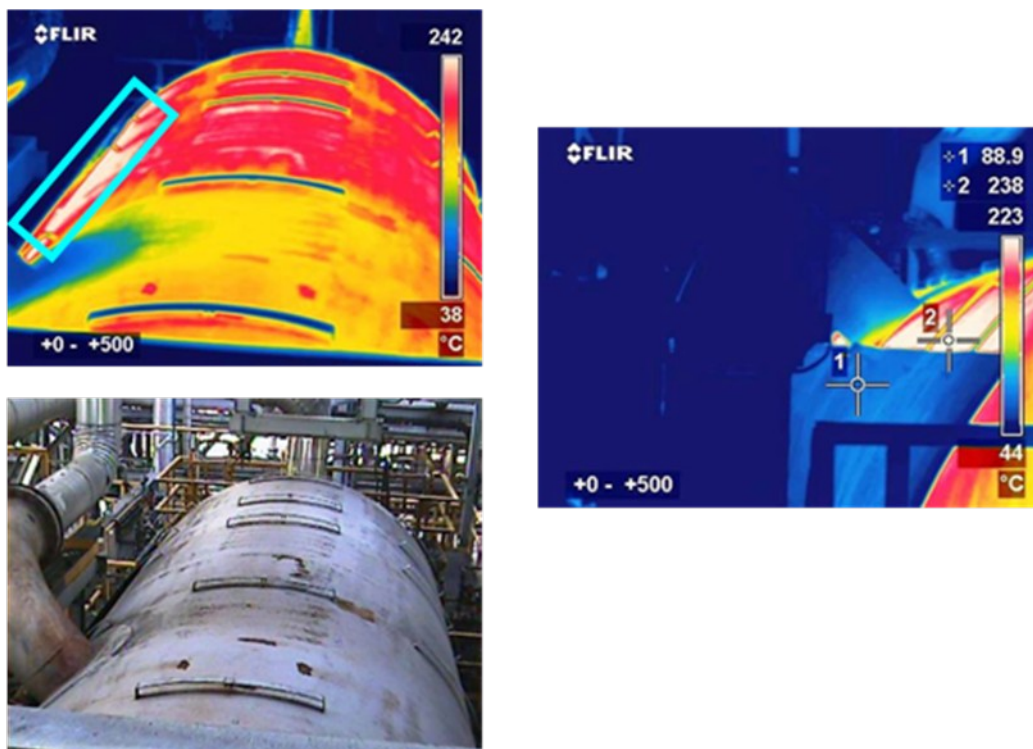
- A.- Frecuencia de la corriente eléctrica alterna industrial y doméstica.
- B.- Frecuencias audibles por el oído humano.
- C.- Espectro radioeléctrico (incluye las microondas).
- D.- Rayos infrarrojos.
- E.- Espectro de luz visible por el ojo humano.
- F.- Rayos ultravioletas.
- G.- Rayos-X.
- H.- Rayos Gamma.
- I.- Rayos Cósmicos.



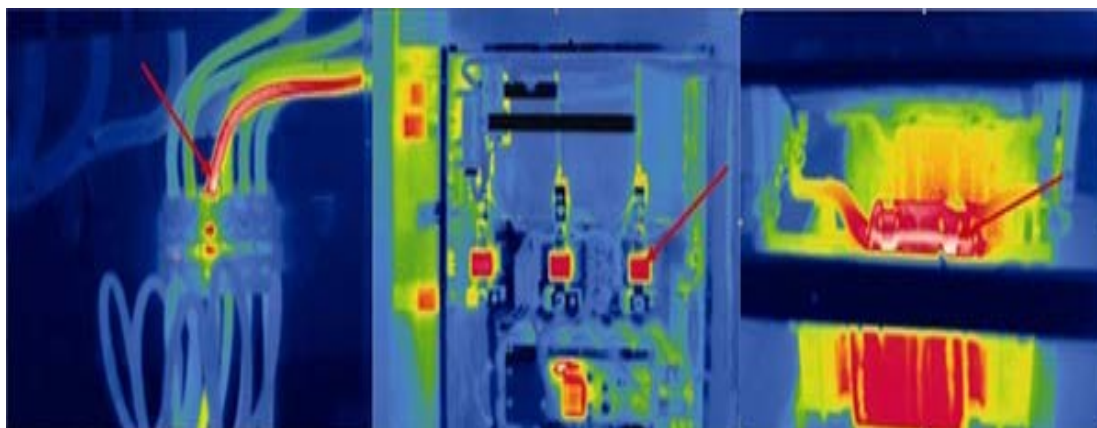
Anexo 1. Espectro electromagnético



Anexo 2. Cámaras termograficas



Anexo 3. Imagen termográfica de reactor térmico



Anexo 4. Imagen termográfica de conexiones eléctrica.

Autor:

Joseph Castillo

josephven88@hotmail.com

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO
"SANTIAGO MARIÑO"
SEDE BARCELONA - PUERTO LA CRUZ
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Barcelona, Julio, 2010