

## **IT-PRS-01** - Procedimiento para inspección de equipos con termografía infrarroja



**Índice**

	Página
<b>PRESENTACIÓN</b>	
I. Objetivo .....	2
II. Alcance .....	2
III. Normas aplicables .....	2
IV. Introducción .....	4
V. Inspecciones termográficas .....	5
VI. Procedimiento para toma de termogramas .....	7

## **1.0 Objetivo:**

Describir los pasos a seguir en estudios, auditorías y/o inspecciones con termografía infrarroja realizadas a instalaciones, equipos mecánicos, eléctricos y de refractario de nuestros Clientes.

## **2.0 Alcance:**

Analistas Termógrafos Nivel II

## **3.0 Normas aplicables**

- iNETA, Standard for maintenance testing specifications for electrical power equipment and systems.
- ISO 18434-1, Condition monitoring and diagnostics of machines. Thermography.
- ISO 1843.6-7, Condition monitoring and diagnostics of machines. Requirements for qualification and assessment of personnel – Thermography.
- NFPA 70B, Prácticas recomendadas para el mantenimiento de equipos eléctricos.
- NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización).
- NOM-001-STPS-2012, Condiciones de seguridad en centros de trabajo
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios.
- NOM-005-STPS-1998, Manejo de sustancias químicas peligrosas.
- NOM-009-ENER-2014, Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales.
- NOM-022-STPS-2015, Electricidad estática en centros de trabajo.
- NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas.
- NMX-J-549, Pararrayos y Sistemas de Puesta a Tierra.

## **4.0 Introducción**

### **La termografía infrarroja**

La termografía infrarroja es una técnica no destructiva y sin contacto, está basada en la radiación infrarroja que los cuerpos emiten o reflejan, todo cuerpo que tenga una temperatura por encima del cero absoluto ( $0^{\circ}\text{K}$ ), irradiará luz infrarroja, esta energía se emite en forma de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz de forma de radiación o por cualquier otro medio de conducción y está en relación directa con su temperatura; es decir cuánto más caliente está el objeto, mayor cantidad de radiación infrarroja emite y menor longitud de onda menor temperatura (Franck P. Incropera, 1999). En general, la emisión se hace en longitudes onda mayor a las que el ojo humano es capaz de percibir.

Por medio de esta técnica se puede obtener una imagen térmica llamada termograma, en la cual se obtiene la distribución térmica de todos los componentes de un sistema y establece la temperatura presente en cada punto de la superficie del objeto, ya sea, estacionario o en movimiento de forma instantánea y a una distancia segura, lo cual es de gran importancia cuando existen altas temperaturas, gases venenosos, corriente eléctrica, entre otras situaciones, que son de alto riesgo en el sitio donde se realiza la medición. Otra cualidad de esta técnica, es que las inspecciones pueden realizarse sin pérdida o reducción de la productividad porque se realizan en pleno funcionamiento del sistema. La aplicación de la técnica de termografía infrarroja se puede aplicar mediante dos diferentes métodos, técnica activa y la técnica pasiva.

### **Técnica activa**

La termografía activa necesita de una estimulación externa (fuente de radiación infrarroja externa) que incida en el objeto de estudio y que produzca en él un flujo de calor, estas estimulaciones sirven como perturbaciones de flujo de calor sobre la superficie del objeto, de manera que, un defecto interno puede alterar ese flujo, provocando una distribución anómala de la temperatura, generando patrones de temperatura en la superficie, los cuales se pueden medir y estudiar para establecer el estado del objeto.

### **Técnica pasiva**

La termografía pasiva no necesita de una estimulación externa para inspeccionar un objeto, el propio objeto a estudiar por su funcionamiento, o por la interacción con su entorno, genera o elimina calor, produciendo patrones de temperatura que se pueden medir, de esta manera un defecto se podría determinar con una distribución anormal de temperaturas.

### **Termograma**

Es una imagen térmica, producto de la captura de emisiones naturales de radiación, por medio de un equipo que integra una combinación de, sistemas de video, termómetros ópticos por radiación infrarroja y complejos algoritmos; en esta imagen térmica se puede observar la diferenciación de colores del cuerpo estudiado, con el fin de determinar y leer en forma precisa las temperaturas de la imagen.

La norma ISO 18434-1 define un termograma como: mapa térmico o imagen de un blanco donde los tonos grises o tonalidades de color representan la distribución de infrarrojos energía térmica radiante sobre la superficie del blanco.

### **Mantenimiento Predictivo**

Mantenimiento Predictivo es conocer el estado general de una máquina cuando está en función mediante el uso de tecnologías, las más utilizadas en la industria son: análisis de vibraciones, ultrasonido y termografía infrarroja. Esta última se emplea en la inspección de sistemas eléctricos y mecánicos, ya que pueden indicar el estado de funcionamiento de estos equipos.

Respecto a los trabajos de supervisión y mantenimiento la termografía ofrece mayor seguridad debido a que nos permite medir temperaturas a distancia, conservando exactitud y sin tener contacto físico con los objetos a estudiar.

Este documento, describe un procedimiento para realizar la inspección de equipos eléctricos y mecánicos en general. Se explica a detalle la configuración de los parámetros

de medición, esto comprende la determinación de: el grado de emisividad de los cuerpos, la temperatura reflejada, distancia de medición, humedad relativa, temperatura atmosférica y compensación de ventana.

Para realizar las pruebas se considera una cámara de infrarrojos de la serie P de FLIR. Por último, se muestran las características para generar reportes de termografía, se utilizó Inspect Trend, software específicamente diseñado por Logos Computer Inc. ® para análisis basados en estudios termográficos. Este procedimiento está basado en la norma ISO 18434-1:2008. "Condición de vigilancia y diagnóstico de máquinas-termografía, Parte 1: Procedimientos generales".

## 5.0 Inspecciones termográficas

### ¿Cómo funciona una cámara termográfica?

Cuando se hace una inspección termográfica y se pone la cámara delante del objeto a estudiar, ésta absorbe energía infrarroja que luego es procesada con el fin de obtener una imagen térmica donde se pueda leer la temperatura real.

La lectura de temperatura que se observa en la pantalla de la cámara se calcula teniendo en cuenta una serie de parámetros que están presentes en el ambiente donde se realiza la inspección termográfica.

### Desarrollo

La inspección termográfica es un análisis instrumental para definir y precisar las condiciones específicas de un equipo y sus partes, a través del comportamiento de las temperaturas de operación. Esta es una prueba no destructiva que mediante la implementación de un programa mensual, trimestral, semestral o anual de inspecciones, minimiza la probabilidad de fallas.

El informe resultante de una inspección termográfica incluye la descripción de los equipos o elementos que están operando en condiciones anormales de temperatura, una imagen digital y térmica de su ubicación, en la que se incluye el cuadro de temperaturas de referencia, la clasificación del tipo de falla si aplica, las recomendaciones a seguir para eliminarla, y adicionalmente si se tiene el historial se entregarán las curvas de tendencia.

Un programa de inspección termográfica tiene por objetivo reducir el riesgo de paradas no programadas, aumentar la productividad, mejorar la seguridad, clasificar y definir tendencias de los historiales sobrecalentamientos en equipos críticos (Infrared Training Center, 2009).

Usualmente una falla tiene un tiempo de deterioro lento, debido a esfuerzos a los que es sometido el material y a las curvas de carga no uniformes que se deben llevar a cabo en un proceso. Esto permite clasificar e identificar los componentes deficientes, por medio de una comparación de las temperaturas de operación del equipo, frente a la temperatura del medio ambiente o de un equipo similar en las mismas condiciones de trabajo.

Los sistemas candidatos para una inspección termográfica son los sistemas eléctricos, mecánicos, electrónicos y térmicos (Infraspection Institute, 2008). Para realizar una inspección termográfica exitosa, es necesario seguir una metodología de manera general.

## 6.0 Procedimiento para la toma de termogramas

### Paso 1. EPP (Equipo de Protección Personal) y Seguridad Industrial

La seguridad del personal de nuestros Clientes, termógrafas e instalaciones no es negociable. Por lo que es OBLIGATORIO asistir a las inducciones de seguridad que imparten nuestros usuarios para conocer las rutas de evacuación y procedimientos en caso de siniestro.

Se deberá portar en cada momento el EPP mínimo requerido (zapato dieléctrico, ropa de algodón, googles, tapones auditivos, casco), adicional el que cada ubicación requiera.

Es responsabilidad de nuestro Cliente trabajar dentro del espacio restringido. Debido a que nuestros estudios son considerados de NO-CONTACTO, se deberán tomar los termogramas dentro del límite de este espacio. Para asegurar esta tarea, se solicitará a nuestro Cliente nos supervise para no rebasar la zona de seguridad. Como límite de seguridad, tomaremos 1 metro de distancia para instalaciones eléctricas de no más de 500V.

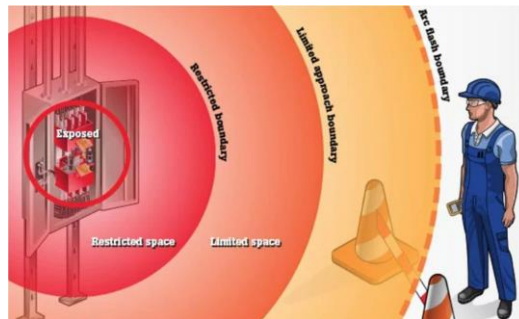


Figura 1. Equipo de Protección Personal

### Paso 2. Definir el listado de equipos a inspeccionar

Es de vital importancia establecer un listado de equipos a ser auditados, inspeccionados o revisados. En una reunión inicial con el personal técnico y responsable de Planta se definirán las áreas, equipos e instalaciones a ser revisadas, se trazará una ruta que ayude a eficientizar tiempos, así como el equipo de trabajo encargado de acompañar en todo momento a nuestra analista termógrafa para la ubicación en sitio de equipos y apertura de los mismos en caso de ser necesarios.



### **Paso 3      Descubrir equipo para el análisis térmico y toma de termogramas**

Para efectuar un análisis térmico de un equipo y su toma posterior de termogramas, el personal técnico responsable de Planta deberá informar si sus instalaciones cuentan con mirillas para inspección con cámara termográfica infrarroja en equipos eléctricos.

En caso de que los equipos eléctricos del Cliente no cuenten con mirillas, se solicitará al personal de Planta se abran las puertas de tableros de baja tensión, se retiren las tapas de conexión eléctricas de los motores, se retiren guardas de rodamientos, etcétera.



Figura 2. Mirillas para toma de termogramas en equipo eléctrico

Nota 1: Se deberá verificar que el personal de Planta asignado cuente con el equipo de seguridad mínimo requerido para esta actividad descrito en el Punto 1. No se permite la apertura de tableros y/o equipos eléctricos mayores a 5 kV.

Nota 2: Personal de Planta deberá asegurarse que durante esta actividad no se vea interrumpida la operación normal de Planta derivada de algún mecanismo de vigilancia de apertura de puertas, pérdida de presión o similar.

Nota 3: En zonas clasificadas de nuestros Clientes, se permitirá el estudio siempre y cuando se cuente con un análisis de riesgo local.

## Paso 4 Calibración local de la cámara termográfica

Todos los equipos termográficos utilizados en ETIC S.A. de C.V son de marca FLIR y cuentan con certificado de calibración trazable hacia el CENAM (Centro Nacional de Metrología).

Cómo buena práctica, se recomienda la revisión de los parámetros de medición de la cámara termográfica a utilizar, para lograr el objetivo de la revisión se seguirán los siguientes pasos:

### 1. Ajuste del coeficiente de Emisividad:

El primer parámetro a revisar es el coeficiente de Emisividad. Para esto, nos dirigimos a la sección de parámetros de medición. Para elegir el coeficiente de emisividad, realizaremos:

a. Colocar una tira de cinta de cuerpo negro de 3 cm, sobre la superficie de cuerpo a medir.

b. Se recomienda que el coeficiente de emisividad inicial tenga un valor 1.

c. Tomar dos termogramas con la cámara termográfica del cuerpo a medir, la primera lectura se efectuará con la cinta de cuerpo negro ya colocada previamente, posteriormente se tomara la segunda lectura, en este caso se efectuara en una parte del cuerpo sin cinta de cuerpo negro. En cada lectura realizada se registrará la temperatura mostrada en cada termograma.

d. Comparar las temperaturas de las dos lecturas tomadas, si estas dos tienen el mismo valor, el coeficiente de emisividad es el adecuado, en el caso contrario, se deberá cambiar el coeficiente de emisividad y repetir el paso 3 hasta que las temperaturas tengan el mismo valor.

### 2. Temperatura reflejada

El segundo parámetro es la temperatura reflejada, para poder revisar el ajuste de este parámetro utilizaremos:

a. Colocar un trozo de papel aluminio de 3 cm<sup>2</sup> sobre la superficie del cuerpo a medir, verificando que la cara brillante del papel este adherida a la superficie.

- b. La temperatura reflejada inicial que se recomienda es la del medio en el que se encuentra el cuerpo a medir.
- c. Tomar dos termogramas con la cámara termográfica del cuerpo a medir, la primera lectura se efectuará con el papel aluminio ya colocada previamente, posteriormente se tomará la segunda lectura, en este caso se efectuará en una parte del cuerpo sin el papel aluminio. En cada lectura realizada se registrará la temperatura mostrada en cada termograma.
- d. Comparar las temperaturas de las dos lecturas tomadas, si estas dos tienen el mismo valor, la temperatura reflejada es la adecuada, en el caso contrario, se deberá cambiar la temperatura reflejada y repetir el paso 3 hasta que las temperaturas tengan el mismo valor.

### 3. Temperatura reflejada

La distancia seleccionada será la longitud entre la cámara termográfica y el cuerpo a medir.

### 4. Compensación de ventana

Para este parámetro se deberá tomar la temperatura del medio ambiente, en caso de que en la superficie haya un reflejo, se deberá ajustar la temperatura agregando la temperatura del cuerpo reflejado.

Nota: Los valores por defecto ajustados en nuestros equipos son:

Emisividad	0.95
Temperatura reflejada	+20 °C
Distancia	1 metro
Humedad relativa	50%
Temperatura atmosférica	+20 °C
Temperatura de ventana	+20 °C

## Paso 5 Análisis térmico y toma de termogramas

Cada ubicación de nuestros Clientes tiene un archivo único creado para ser utilizado en el software Inspectrend®. Si el estudio se realiza por primera vez en alguna ubicación, se creará en sitio una base de datos con base a los equipos definidos previamente por nuestro Cliente.

Esta base de datos se construye en sitio con los nombres personalizados que asigna nuestro Cliente a sus instalaciones, maquinaria y/o equipo. Cada base de datos es única y podrá ser reutilizada en posteriores inspecciones para tener un “expediente” por equipo.

Todas las instalaciones, maquinaria y/o equipo definidos por nuestro Cliente DEBEN ser inspeccionadas y registradas según el siguiente código definido en Inspectrend®:

### Equipment Test Status Key

TBT	= To Be Tested
NT/NL	= Not Tested/No Load
NT/TC	= Not Tested/Time Constraint
NT/UR	= Not Tested/Under Repair
NT/LO	= Not Tested/Locked Out
NT/NA	= Not Tested/Not Available
NT/TC	= Not Tested/Time Constraint
NT/NS	= Not Tested/Not Specified
NSFI	= Not Selected for this insp.

Figura 3. Código de revisión a equipo

Nota: El inventario global de equipos se describe en la sección de reporte “Current Inspection Inventory Status”

## Paso 6 Baseline de equipos

Se solicitará a nuestro usuario se asigne una prioridad de operación para cada equipo. Se asignará un código único, recomendando que a los equipos críticos para operación (CTO) se realice un termograma histórico en cada inspección con objeto de conocer el comportamiento a través del tiempo de los equipos seleccionados.

### Operation Priority Key

CTO	= Critical to operation
ETO	= Essential to operation
NON	= Non-essential to operation
UNC	= Un-Classified

Figura 4. Código de prioridad operativa

## Paso 7 Anomalías térmicas y desviaciones

Los problemas identificados durante cada inspección (anomalías térmicas), se documentan en campo con la ayuda de una tablet industrial en donde se tiene instalado el software Inspectrend y previamente se ha cargado el archivo correspondiente a la ubicación de nuestro Cliente.

Cada desviación documentada se cataloga en las secciones eléctrica o mecánica (I/C Electrical, I/C Mechanical) de acuerdo a los estándares internacionales, tomando como base la siguiente tabla:

Clasificación por diferencial de temperatura		Anomalías Documentados	Acción Recomendada
<b>Críticos</b>	Mayores a 16°C	<b>69</b>	<b>Discrepancia mayor, reparar inmediatamente</b>
<b>Serios</b>	De 9°C a 15°C	<b>33</b>	<b>Monitoreo hasta que se pueda realizar medidas correctivas</b>
<b>Importantes</b>	De 4°C a 8°C	<b>18</b>	<b>Indica posible deficiencia, reparar según lo permita el tiempo</b>
<b>Menores</b>	De 1°C a 3°C	<b>01</b>	<b>Posible deficiencia, requiere de investigación</b>
<b>Normal</b>	0°	---	

Figura 5. Diferencial de Temperatura, basado en la comparación entre componentes similares bajo similar carga (ANSI-NETA) International Electric Testing Association Inc-Approved American National Standards

Adicionalmente, nuestras especialistas documentarán desviaciones “visuales” ( I/C Visual), que indican si existe algún elemento que pueda causar un riesgo a sus instalaciones o personal; tales como, falta de guardas a equipos mecánicos rotativos, áreas eléctricas con material combustible, tableros con materiales ajenos o faltos de mantenimiento evidente, etcétera.

## Paso 8 Reporte final

Al finalizar el recorrido de inspección en las instalaciones, maquinaria y/o equipo seleccionados, se concentrará y sincronizará el archivo de fotos digitales tomadas para hacer correspondencia con los termogramas recopilados de los equipos críticos; o bien, que presenten alguna anomalía.

Se redactará una recomendación en cada uno de los problemas eléctricos, mecánicos y desviaciones detectadas. En este punto es importante contactar a nuestra área técnica para realizar recomendaciones puntuales en caso de ser necesario.

Cada reporte entregado al final del último día de inspección deberá contar con la siguiente información:

- a. Portada: Datos de nuestro Cliente, ubicación, fecha de servicio y nombre de termografa.
- b. Hoja de entrega: Hoja personalizada dirigida a personal responsable del estudio.
- c. Resumen ejecutivo: Concentrado de los datos más importantes del estudio, describiendo el total de problemas encontrados durante la inspección.
- d. Gráfica comparativa de estudios: Este gráfico ayudará a conocer las tendencias de los problemas detectados entre la última inspección y la actual.
- e. Sección de Problemas: Descripción puntual de cada problema, desviación o anomalía térmica detectada. Cada hoja contendrá una imagen digital, un termograma, una gráfica de tendencia, datos particulares del equipo y recomendaciones.
- f. Ordenes de Trabajo: Se generarán de manera automática una orden por cada problema detectado para que nuestro Cliente la use en el seguimiento de reparación.
- g. Listados de Problemas: Concentrado de problemas separados por área, temperatura u orden alfabético para su pronta ubicación.
- h. Baseline: Reporte de equipo seleccionado por nuestro Cliente para ser documentado en el reporte con una imagen digital, un termograma, una gráfica de comportamiento histórico y datos particulares del equipo. En esta sección NO pueden existir problemas, nuestros Clientes lo utilizan como monitoreo de equipo crítico para operación.
- i. Inventario de equipos: Sección en donde se encuentra el total de equipos de nuestro Cliente que han sido seleccionados para su estudio, con información particular de cada uno de ellos.

## **Paso 9 Entrega de informe y calificación de servicio**

Como parte de nuestro proceso de mejora continua y para conocer la calificación que amerita nuestro servicio, entregamos a nuestro Cliente junto con nuestro informe final en formato electrónico PDF un formato con los datos generales de la inspección realizada y solicitamos nos ayude a evaluar los servicios ofrecidos durante nuestra estancia en sus instalaciones. Cada oficio lo revisamos de manera general para aplicar planes de acción de corto y mediano plazo con objeto de mejorar los servicios profesionales que ofertamos.