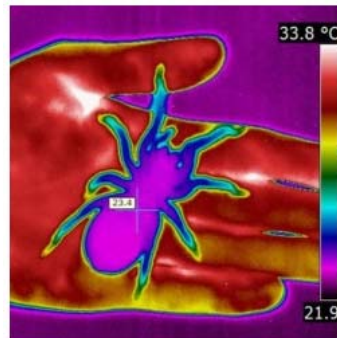




# Mantenimiento

## Termografía Infrarroja

**2013 UTN**

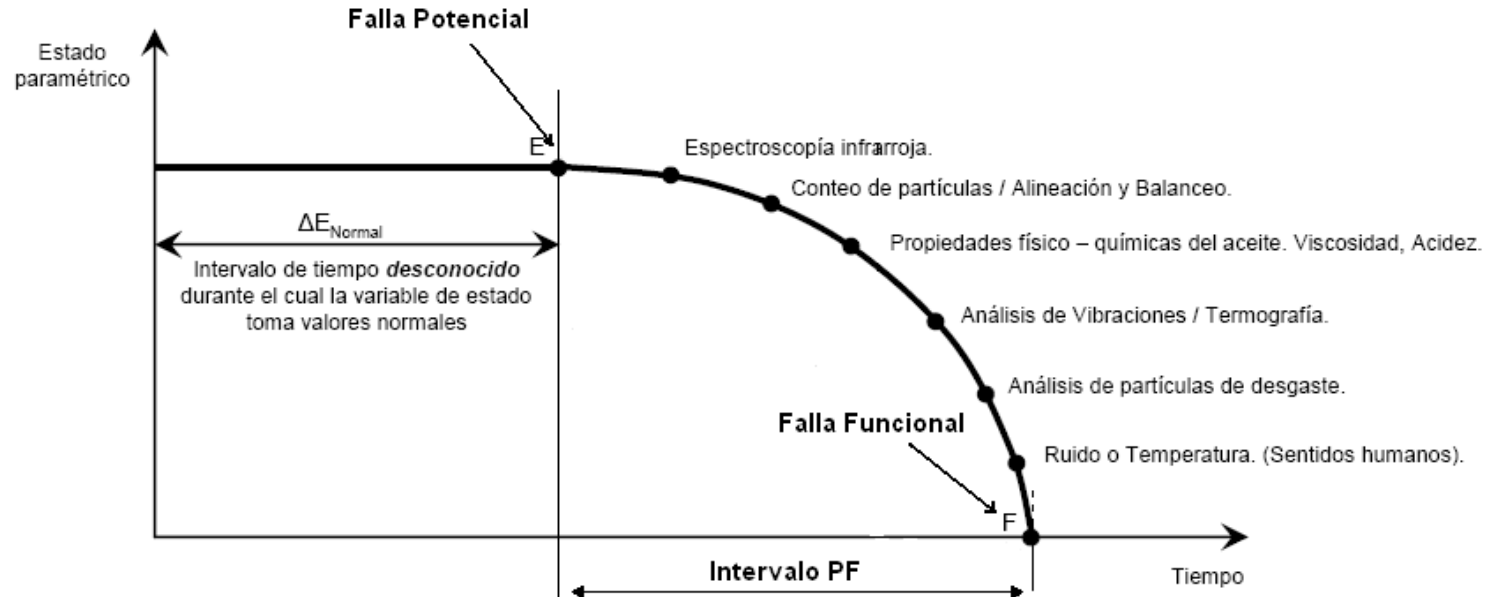




# INTRODUCCION

Una de las técnicas ( Vibraciones, Rayos, Tintas Penetrantes, Análisis de Aceite etc. ) más utilizadas en el monitoreo térmico de equipos industriales es la termografía infrarroja. Considerada una técnica de monitoreo de condición.

La técnica consiste en detectar la aparición de la fallas potenciales que se manifiestan por temperatura.





# INTRODUCCION

Junto a otras como el análisis de lubricantes, el análisis de vibraciones, ultrasonido, tintas penetrantes, partículas magnéticas, emisión acústica, tensiones residuales, etc. tiene como característica fundamental que no se hace necesario sacar de servicio el equipo sobre el cual se lleva a cabo el trabajo. El equipo a inspeccionar debe estar en condiciones normales de funcionamiento

**mantenimiento predictivo  
basado en condición**



# INTRODUCCION

## mantenimiento predictivo

Esta forma de monitoreo nos permite básicamente dos cosas:

- en primer lugar detectar los fallos potenciales del equipo de forma de poder trabajar dentro del intervalo PF ya sea evitando o prologando la aparición del fallo funcional.
- La realización de la inspección no implica contacto físico alguno.



# PRINCIPIO FISICO

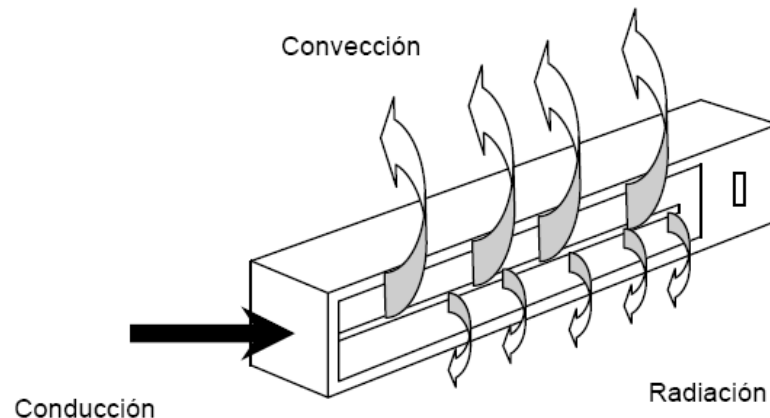
## Transmisión del Calor

***conducción***

**convección**

***radiación***

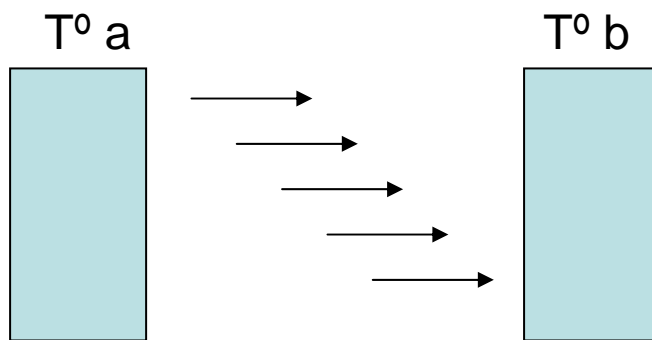
Tiene la particularidad que puede transmitirse aún en el vacío, sin transporte de materia. La energía se transporta por ondas electromagnéticas que se transforman en agitación térmica al ser absorbidas por los cuerpos.





# PRINCIPIO FISICO

Supongamos dos cuerpos a temperaturas absolutas  $T_a$  y  $T_b$  diferentes, **emiten** energía y el de menor temperatura se calienta a expensas del otro. La energía emitida se denomina **energía radiante** y a la emisión continua de dicha energía se la llama **radiación**.



La energía radiante se transporta en forma de ondas electromagnéticas, análogas a la de la luz. Por lo tanto, su velocidad de transmisión es la de la luz (300.000 Km/seg para el vacío).



# PRINCIPIO FISICO

Las ondas de radiación ( análogas a la luz ) se trasladan a vel de 300.000 km/s.

Longitud de Onda :

$$\lambda = c_0 \cdot T$$

$$f = 1/T$$

Velocidad de  
Propagación de la  
Luz en el Vacío

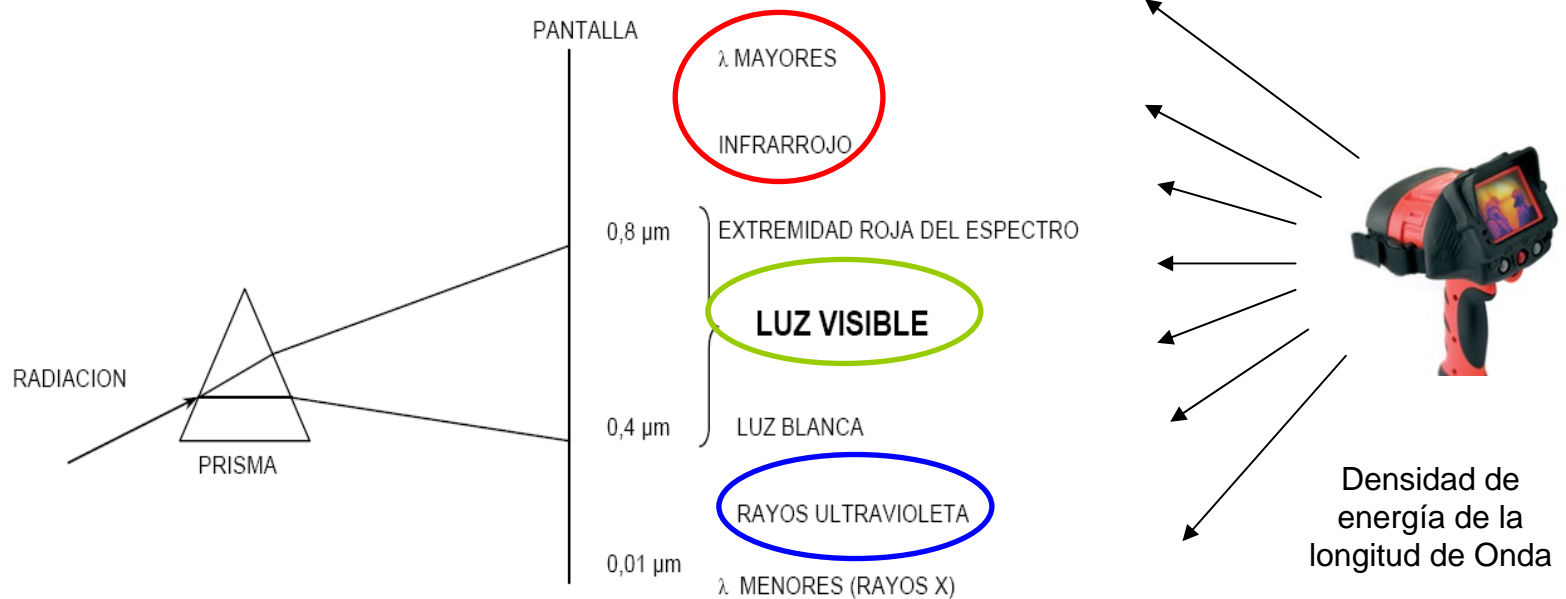
La frecuencia de la radiación electromagnética (f) no varía con el medio de propagación, pero sí cambia la velocidad de propagación y la longitud de onda.

Por lo que la Longitud de Onda de la radiación es perfectamente determinable



# PRINCIPIO FISICO

Si por ejemplo, hacemos incidir sobre un prisma un haz, la radiación emitida se descompondrá en un conjunto de radiaciones monocromáticas denominado espectro.



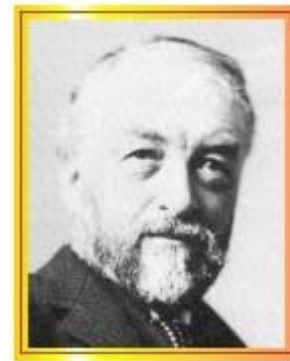
La energía que transporta cada radiación puede determinarse haciéndola incidir sobre un elemento especial (bolómetro, etc) capaz de identificar cada radiación y medir la cantidad de energía emitida y siendo que la temperatura es proporcional a la cantidad de esta energía térmica, estaremos entonces en condiciones de determinar el espectro de temperaturas del cuerpo.





# PRINCIPIO FISICO

- Un **bolómetro** es un instrumento que mide la cantidad total de radiación electromagnética que viene de un objeto en todas las longitudes de onda.
- El bolómetro fue inventado por el astrónomo americano Samuel P. Langley alrededor del año 1880. Con él estudió la radiación infrarroja del Sol.





# ESPECTRO

(f)		(λ)
Hz	ONDAS DE RADIO	~ Km
$10^9$ Hz	VHF	1 m
	UHF	0,5 m
$3 \cdot 10^{11}$ Hz	MICROONDAS (RADAR)	$10^{-3}$ m
	Infrarrojo Lejano IR-C	$3 \cdot 10^{-5}$ m
	Infrarrojo Medio IR-B	$3 \cdot 10^{-6}$ m
$4 \cdot 10^{14}$ Hz	Infrarrojo Próximo IR-A	$7,4 \cdot 10^{-7}$ m ( $\cong 7.400 \text{ Å}$ )
$8 \cdot 10^{14}$ Hz	<b>ESPECTRO VISIBLE</b>	$3,6 \cdot 10^{-7}$ m ( $\cong 3.600 \text{ Å}$ )
$3 \cdot 10^{17}$ Hz	ESPECTRO ULTRAVIOLETA	$6 \cdot 10^{-10}$ m
$5 \cdot 10^{19}$ Hz	RAYOS X	$6 \cdot 10^{-12}$ m
$3 \cdot 10^{22}$ Hz	RADIACION GAMMA	$10^{-14}$ m

## El Infrarrojo (IR)

La banda del infrarrojo se subdivide en 3 regiones, cuyos límites son:

Tipo de onda	Radiación	Longitud de onda
Onda corta	IR-A	0,76 a $2 \mu\text{m}$
Onda media	IR-B	2 a $4 \mu\text{m}$
Onda larga	IR-C	4 a $10 \mu\text{m}$

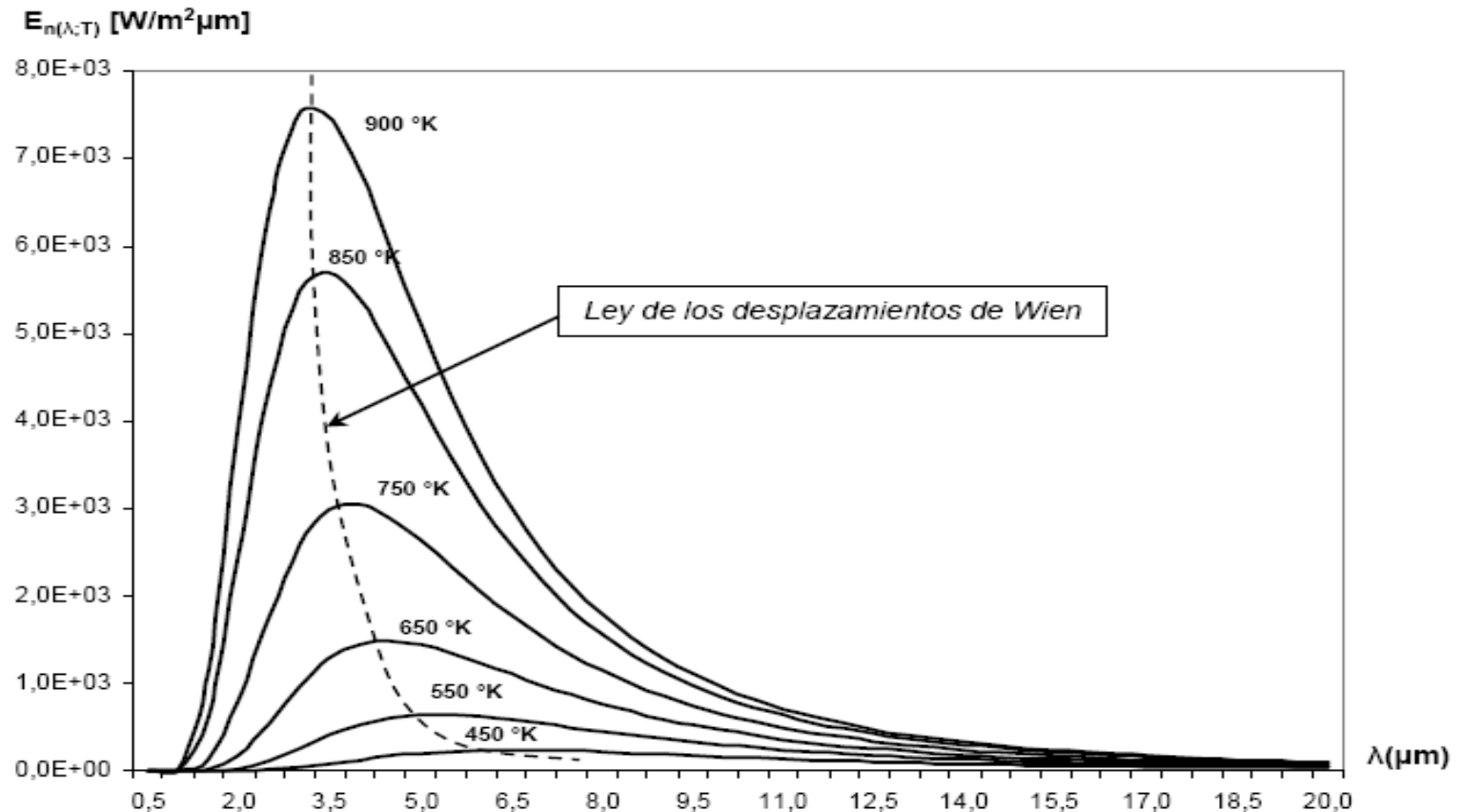
**ZONA VISIBLE**

$$1 \text{ micrón} = 10^{-6} \text{ m} = 10000 \text{ Å} = 1000 \text{ nm}$$

# Leyes de la Radiación

## Ley de Stefan-Boltzmann

Un cuerpo que es capaz de emitir el máximo de energía radiante se lo denomina “cuerpo negro”. Para un cuerpo negro la distribución espectral de energía depende únicamente de la temperatura absoluta  $T$ .



# Leyes de la Radiación

$E$  = emitancia espectral radiante ( $\text{W.cm}^{-2}.\mu^{-1}$ )

$$E = C_n \times T^4$$

cuerpo gris debemos introducir otro factor, la “emisividad espectral”.

En la que se relaciona la energía radiante emitida con la temperatura y donde,  $C_n$ : coeficiente de radiación del cuerpo negro =  $5,669 \times 10^{-8}$  ( $\text{Joule/m}^2.\text{S}^{\circ}\text{K}^4$ ) ó constante de Stefan-Boltzmann

Se define la emisividad  $\epsilon_\lambda$  como la relación entre la emitancia espectral radiante de un objeto, y la de un cuerpo negro a la misma temperatura y longitud de onda.

$$\epsilon_\lambda = E_\lambda (\text{objeto}) / E_\lambda (\text{cuerpo negro})$$



# Leyes de la Radiación

## Ley de Stefan-Boltzmann para un cuerpo gris :

Por lo tanto, la expresión de Stefan-Boltzmann para un cuerpo gris queda:

$$E = \varepsilon \cdot C_n \cdot T^4$$

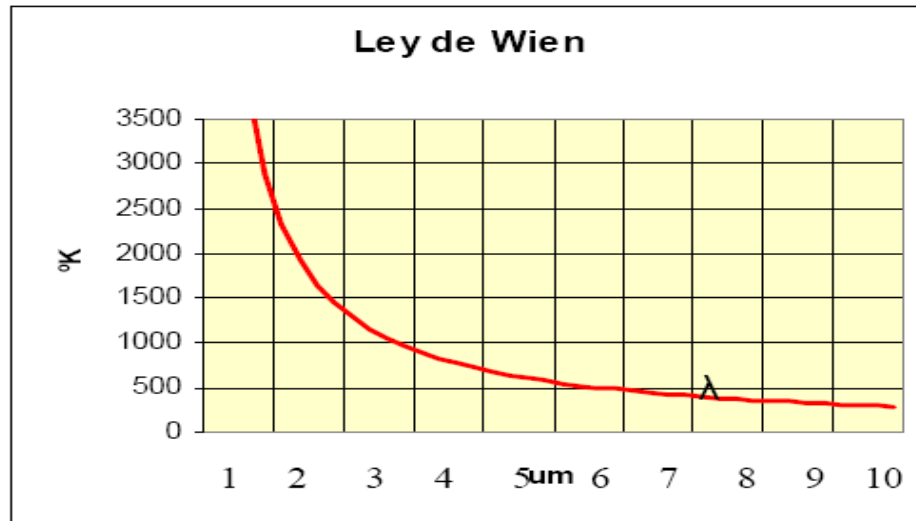
$$(0 < \varepsilon < 1)$$

Superficie	Temperatura °C	Emisividad
Chapa comercial Aluminio	100	0,09
Placa de bronce	22	0,06
Cobre comercial	22	0,07
Chapa de acero	900-1040	0,55-0,60
Oxido de hierro	500-1200	0,85-0,89
Zinc puro comercial	260	0,05
Ladrillo refractario	1000	0,75
Grafito	250-510	0,98
Vidrio pirex	260-538	0,95-0,85
Pintura de aluminio	100	0,52
Cuarzo	21	0,91
Goma lisa	23	0,94
Suelo seco	20	0,92
Suelo saturado con agua	20	0,95
Agua destilada	20	0,96
Agua hielo	10	0,96
Agua nieve	10	0,85
Piel humana	32	0,98
Papel	20	0,93

# Leyes de la Radiación

## Ley del desplazamiento de Wien

Define la longitud de onda cresta de la radiación en función de la temperatura de la superficie radiante.



Radiación

IR-A

IR-B

IR-C

Temperaturas (°K)

1.450 – 3.800

724 – 1.450

290 – 724

Si tomamos un hierro cuando se calienta, no sufre cambio en su coloración hasta los 530 °C aprox., pero a partir de allí comienza a colorearse (rojo, naranja, amarillo, etc. hasta ponerse blanco pues emite en todo el espectro visible) a medida que la temperatura se incrementa. A medida que esto ocurre, los puntos de máxima emisión de energía corresponden a longitudes de onda cada vez menores, lo que implica ir del extremo rojo al extremo violeta del espectro de luz visible.



# Sistemas Infrarrojos

Permiten un análisis cuantitativo y cualitativo de la imagen, pudiéndose calcular la temperatura en cualquier punto; también se pueden trazar perfiles de temperatura, histogramas para cálculo de pérdidas de energía, valores estadísticos, magnificación de áreas de interés sobre la imagen, etc.





# Elementos Sistemas Infrarrojos

- **Receptor óptico:** Compuesto por lente, filtros y diafragmas.
- **Mecanismo de Barrido:** Formado por prismas y/o espejos fijos y/o rotantes.
- **Detector infrarrojo:** Que incluye la refrigeración del mismo.
- **Microprocesador y electrónica de control:** Para salida digital/video.

Alguno de los detectores más utilizados son:

- Antimoniuro de Indio (InSb)
- Mercurio-Cadmio-Telurio (HgCdTe)
- Seleniuro de Plomo (PbSe)
- Sulfato de Plomo (PbS)
- Indio-Galio-Arsenio (InGaAs)
- Galio-Arsenio (GaAs)







# Ventajas y Desventajas

Ventajas	Desventajas
✓ No es necesario sacar de servicio los equipos porque el análisis se hace a una distancia de seguridad, reduciendo significativamente los cortes no programados. (Mant. Predictivo)	✓ Los reflejos de los rayos solares pueden enmascarar o confundir defectos.
✓ Permite prácticamente una medición on-line porque los sensores utilizados presentan un tipo de respuesta pequeño a la radiación térmica (microsegundos)	✓ Si el fallo interno de un elemento no se manifiesta externamente por aumento de la temperatura, será imposible detectarlo.
✓ Ideal para situaciones extremas.	✓ Solo es posible medir temperaturas superficiales.
✓ Posibilidad de medir objetos en movimiento.	
✓ Reduce los riesgos para el personal que esta en contacto con los equipos.	
✓ Permite la identificación precisa del elemento defectuoso, a diferencia de la pirometría Que. es la medida de la temperatura de un punto.	
✓ Al reducirse el mantenimiento preventivo, también se reducen los Inventarios de Repuestos.	



# Recomendaciones para rutinas

1. Determinar cuáles son ***los puntos a inspeccionar***, como ***la ruta que seguiremos***.
2. En segundo lugar, debemos contar con la mayor información posible en cuanto a los componentes que tendremos bajo análisis
3. Una vez recolectada la información en el campo (lo más precisa y repetible posible), será tarea del analista ***cotejar estos valores con los que se tienen almacenados***, pues es responsabilidad de éste, ***identificar, analizar y diagnosticar las posibles consecuencias*** que sobre los componentes puedan ocurrir.



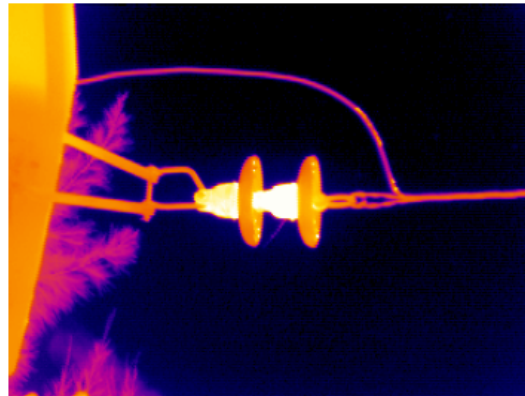
# Aplicaciones

- **Eléctrica/Electromecánica**
- **Mecánica**
- **Materiales Refractarios/Aislantes**
- **Procesos Industriales/Sistemas de Vapor**
- **Infraestructuras / Construcciones / Edificios**



# Sistemas Eléctrico

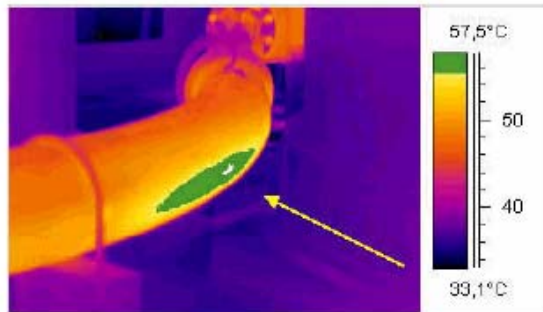
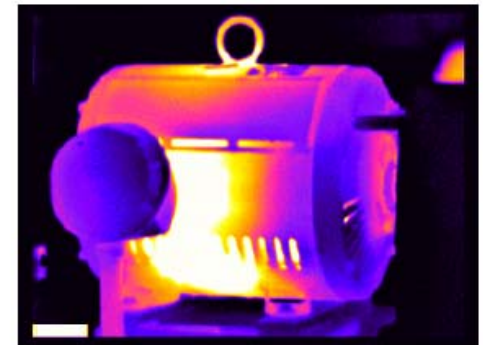
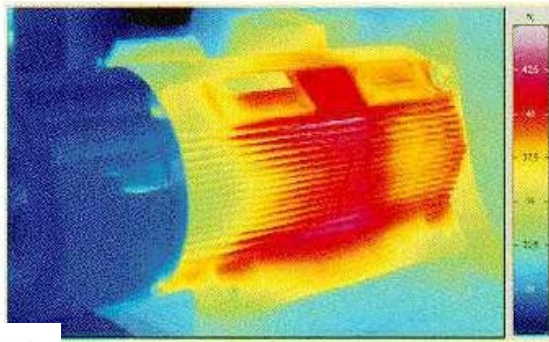
- Conexiones
- Fusibles
- Seccionadores, Llaves, Interruptores, Conductores
- Cables y empalmes
- Conductos de Barras
- Tableros, Centro de control de motores (CCM)
- Motores eléctricos, Escobillas, Generadores
- Transformadores de potencia, corriente o tensión
- Subestaciones, Líneas de baja, media o alta tensión



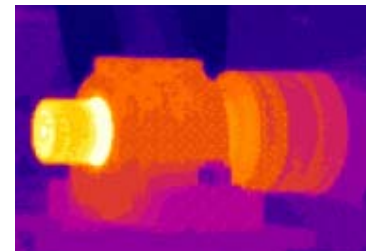


# Sistemas Mecánicos

- Instalaciones Mecánicas varias
- Reductores, sistemas de transmisión, transportadores
- Rodamientos, poleas, acoplamientos, engranajes, correas
- Análisis de múltiples de escape en motores de combustión interna
- Motores eléctricos, bombas, ventiladores, compresores, soplantes
- Maquinas rotativas, motores de combustión interna

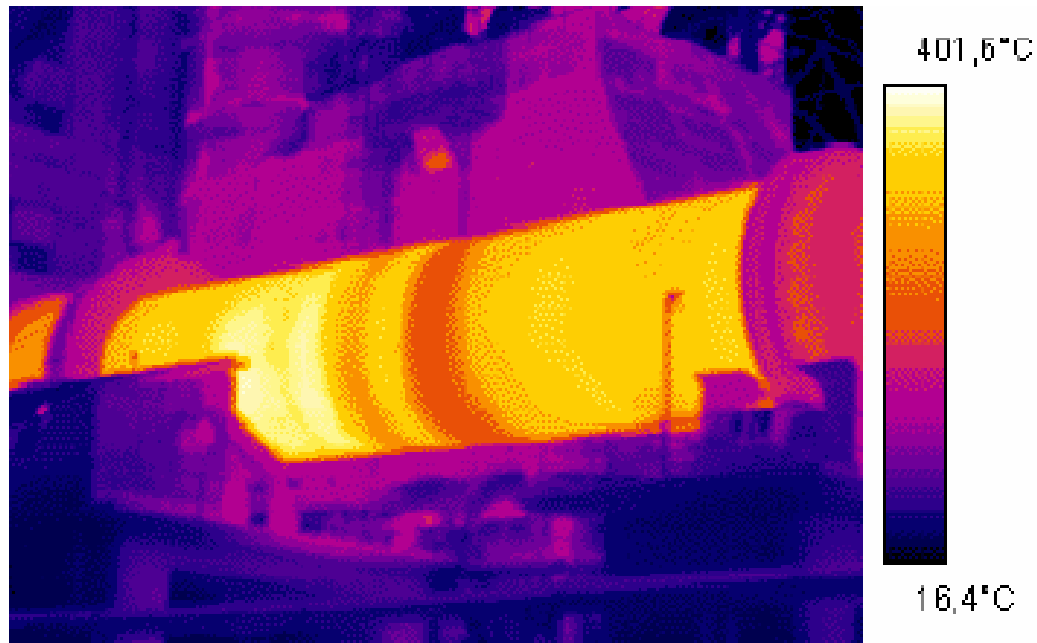


Label	Value
ISO01	57,5°C





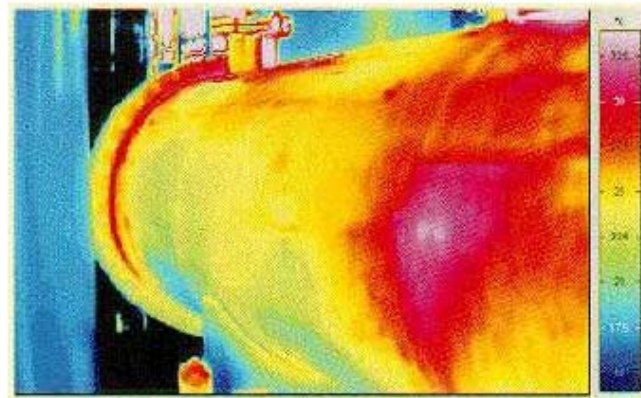
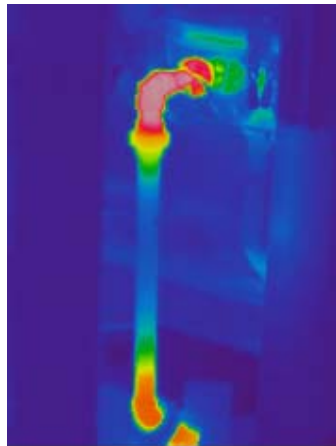
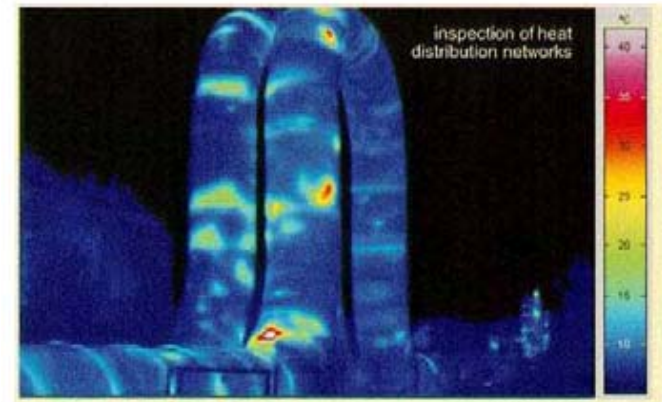
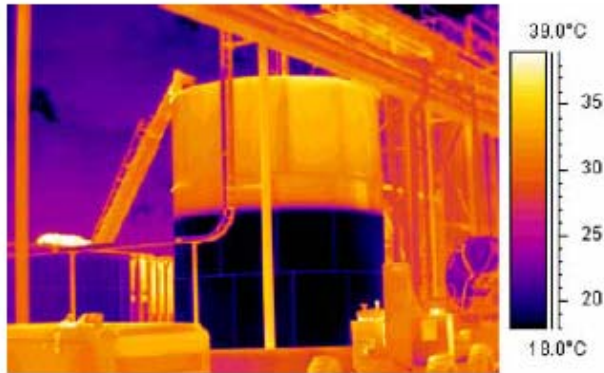
# Material Refractario o Aislante



Horno de Cemento



# Sistemas Industriales

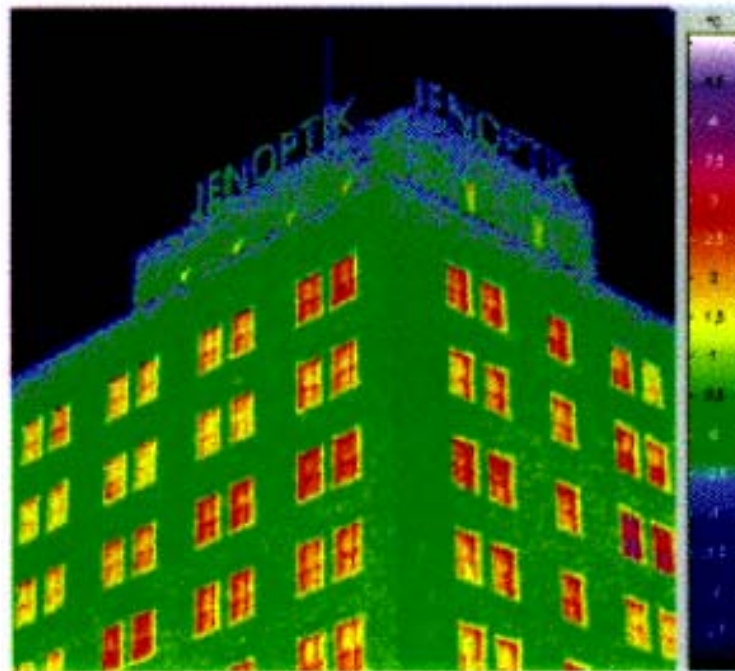






# Sistemas Industriales

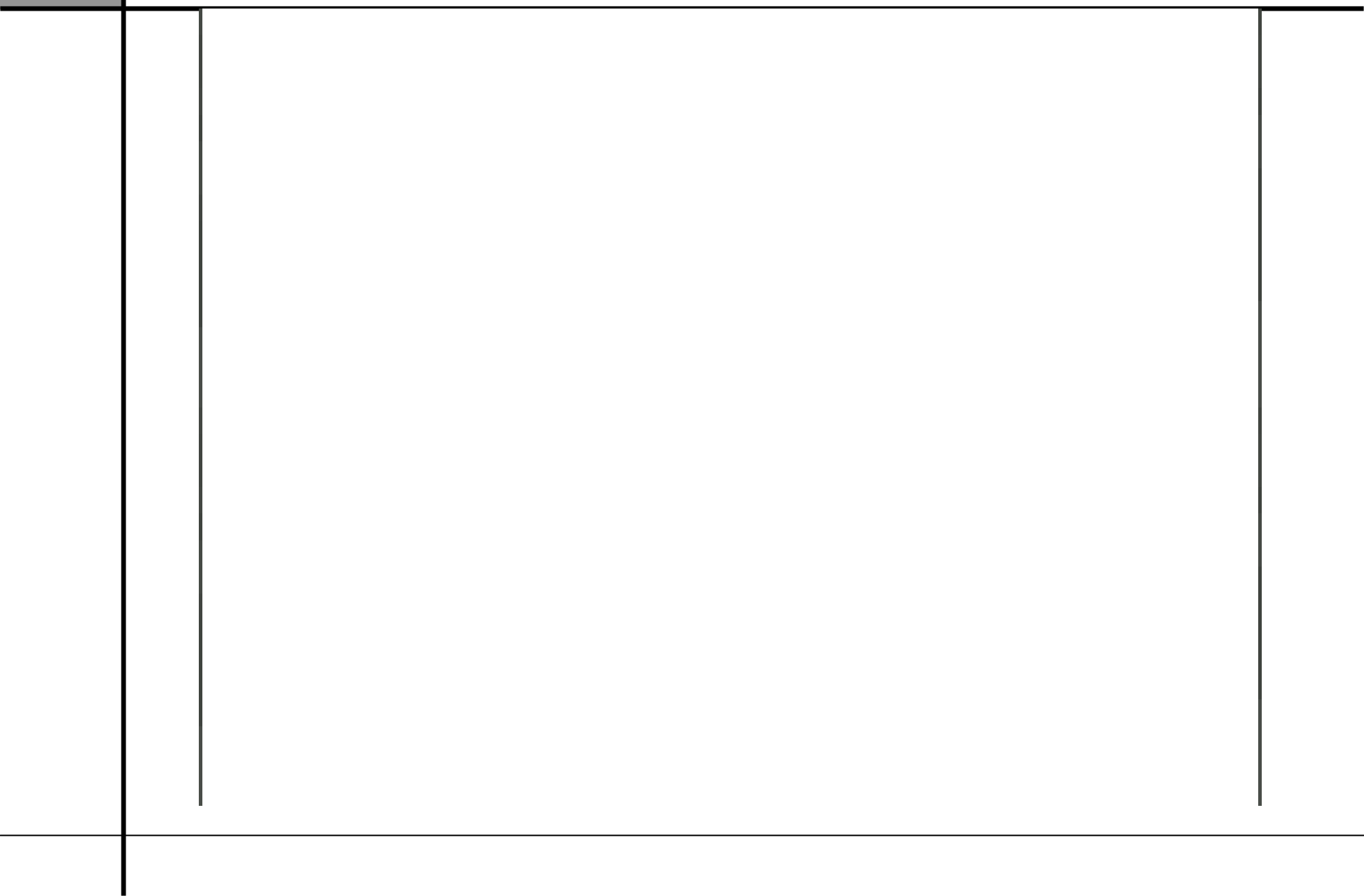
- Análisis de las condiciones de aislación en edificios, viviendas y galpones
- Localización de humedad interna y externa
- Localización del ingreso de aire hacia el interior en edificios
- Localización de pérdidas de aire en edificios
- Localización de posible presencia de fisuras en paredes y techos
- Ubicación de perdidas de cañerías empotradas
- Evaluación de puentes y carreteras





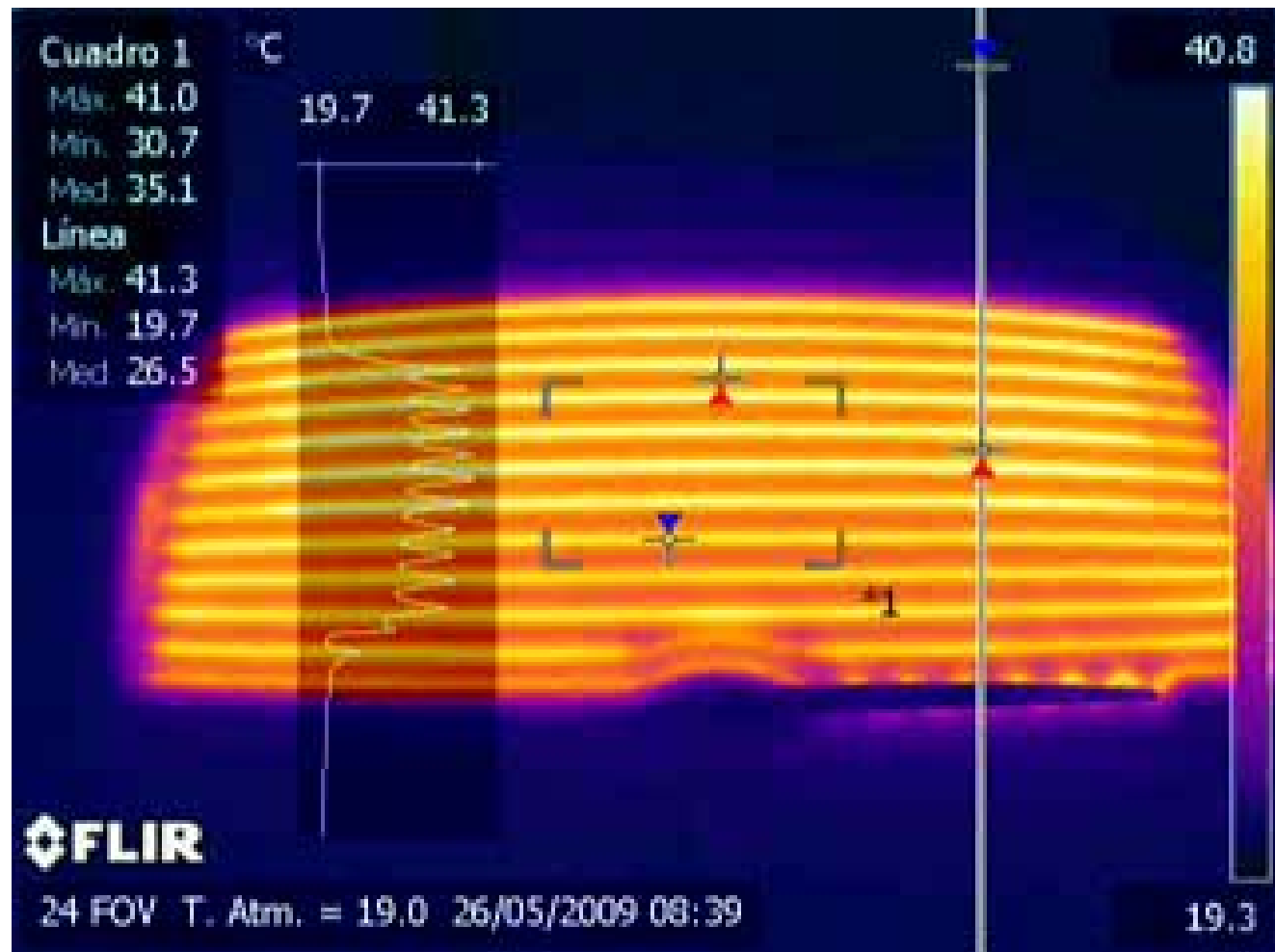


# Toma de Imágenes





# Video Luneta Térmica





# Video de Termografía en Caldera





# Video Búsqueda de Pérdidas en Edificio





**FIN**