



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

***Aplicación de los END:  
Análisis de pérdidas energéticas  
mediante termografía infrarroja del  
edificio e instalaciones de la  
Biblioteca de la UPCT.***

**Titulación:** ITI Esp. Mecánica.  
**Intensificación:**  
**Alumno/a:** José Bilotta Hellín  
**Director/a/s:** Federico López Cerón de Lara

Cartagena, 11 de Junio de 2013



## ÍNDICE

1. Objeto del Proyecto.
2. Justificación.
3. Introducción.
4. La termografía a través del tiempo.
5. Principios de la Termografía infrarroja (TIR).
  - 5.1. La termografía como técnica de Ensayo No Destructivo (END).
  - 5.2. Tipos de termografía: activa y pasiva.
  - 5.3. Conceptos básicos. Calor y temperatura.
    - 5.3.1. Transmisión de calor: modos de transferencia de calor en condiciones estacionarias y transitorias.
      - 5.3.1.1. Conducción.
      - 5.3.1.2. Convección.
      - 5.3.1.3. Radiación.
6. Caracterización de la Imagen termográfica.
  - 6.1. La medición termográfica.
  - 6.2. Principio de funcionamiento de la cámara termográfica y sus características.
    - 6.2.1. Los sensores infrarrojos.
    - 6.2.2. Análisis de la medición en termografía.
    - 6.2.3. Características de la cámara termográfica.
      - 6.2.3.1. Sensibilidad térmica o NETD.
      - 6.2.3.2. Resolución espacial.
      - 6.2.3.3. Precisión.
      - 6.2.3.4. Frecuencia de la imagen.
  - 6.3. La observación del sistema mediante termografía.
  - 6.4. Las ventanas infrarrojas.
  - 6.5. Efectividad del uso de la termografía como método de END mediante el uso y tratamiento de las imágenes obtenidas.
    - 6.5.1. Evaluación de la imagen térmica.
      - 6.5.1.1. Gradiente de temperatura.
      - 6.5.1.2. Datos de temperatura.
      - 6.5.1.3. Las paletas de colores.
      - 6.5.1.4. La isoterma.
      - 6.5.1.5. Ajuste térmico.
      - 6.5.1.6. Perfil de temperatura.
      - 6.5.1.7. Vídeo.
      - 6.5.1.8. Fusión térmica y picture in picture.
      - 6.5.1.9. Reflejos.
7. Puntos a tener en cuenta en el uso de la cámara termográfica.
  - 7.1. Herramientas habituales.
  - 7.2. Elaboración de un informe termográfico.



8. Aplicaciones de la termografía infrarroja.
9. Aplicación práctica en END.
10. Bibliografía.
11. Anexos.
  - 11.1. Análisis predictivo mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de los talleres del Dpto. de Materiales y Fabricación en campus Alfonso XIII en la UPCT.



## 1. Objeto del Proyecto.

El objeto es realizar un Estudio Predictivo de una de las instalaciones de la UPCT mediante Termografía Infrarroja, una técnica de Ensayo No Destructivo. El edificio seleccionado es el correspondiente a los talleres de soldadura y construcción ubicados en el Campus Alfonso XIII.

La finalidad del presente proyecto consiste en realizar una inspección, evaluando el estado tanto de la envolvente del edificio como de sus instalaciones identificando los puntos críticos y deficiencias para, con posterioridad, poder valorar sus estado de usabilidad y aconsejar posibles mejoras viables que permitan aumentar la usabilidad y reducir el consumo de energía del edificio sin modificar el confort térmico de los usuarios, de forma que dé lugar a un beneficio económico, energético y medioambiental.

## 2. Justificación.

La termografía infrarroja es una técnica de Ensayos no Destructivos poco conocida y escasamente aplicada sobre todo por la infinidad de campos de aplicación.

Esta técnica se caracteriza por que nos permite realizar un medida actual, en tiempo real, (la medición se visualiza directamente sobre una pantalla); no es invasiva, la medida se realiza sin contacto directo; es, asimismo, bidimensional, ya que la medida se puede realizar en dos o más puntos en un mismo objeto y en el mismo instante y, finalmente, es multidisciplinar dado que las imágenes no solo nos muestran temperatura sino, además patrones térmicos, comportamientos, anomalías, etc...

Estas características diferenciadoras hacen que la termografía haya extendido su campo de aplicación en áreas tan distintas como la medicina, veterinaria, electricidad, edificación, procesos industriales, sistemas de seguridad e intrusión, la navegación,....

La que aquí interesa es la relativa a la edificación y mantenimiento, siendo una de las más complejas pues en ella intervienen numerosos factores y áreas de conocimiento como las propiedades de los materiales (aislantes o no, acabados,..), la electricidad (cuadros eléctricos de BT, centros de transformación, placas electrónicas,..), la calefacción o el aire acondicionado, redes de tuberías y otras canalizaciones. Además, pequeñas variaciones de temperatura pueden acarrear grandes fallos en el sistema global del edificio.

En el caso de un Estudio Predictivo, la termografía infrarroja es una herramienta de diagnóstico fundamental. Su empleo en auditorías energéticas de edificios e instalaciones es cada vez más frecuente. Esta técnica permite al técnico

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



detectar y evaluar las deficiencias con gran facilidad y le sirve de soporte para la emisión de los correspondientes informes evaluando las posibles mejoras a acometer.

### 3. Introducción.

La termografía es una de las muchas y variadas técnicas que se usan para ver lo que no se ve, como su nombre indica, la termografía se vale de la distribución de temperatura superficial para evaluar la estructura o comportamiento de lo que está bajo la superficie.

La termografía nos proporciona una medida en tiempo real, es decir, se puede medir mientras se visualiza el objeto en la pantalla de la cámara. Si el objeto cambia, la cámara muestra el cambio inmediatamente, sin inercias ni actualizaciones.

No es invasiva, se mide sin contacto directo. Así nos mantiene alejados del peligro, algo muy importante a la hora de realizar inspecciones termográficas para el mantenimiento eléctrico. Además al no ser invasiva no se afecta al cuerpo que se quiere medir. El termógrafo tan solo observa la radiación saliente del objeto mientras éste está en marcha.

Es bidimensional, es decir, se puede medir la temperatura en dos o más puntos de un mismo objeto en el mismo instante. Ya se sabe que una imagen dice más que mil palabras y, se van a componer imágenes de temperatura.

Es multidisciplinar, las imágenes no solo hablan de temperatura, hablan de patrones térmicos, comportamientos, anomalías, etc.

Estas características diferenciadoras hacen que la termografía haya extendido su campo de aplicación a áreas tan distintas como la medicina y la veterinaria, la electricidad, la edificación, los procesos industriales, los sistemas de seguridad y anti-intrusión, la navegación o la automoción y un largo etcétera.

### 4. La termografía a través del tiempo.

A través de la historia, la humanidad se ha interesado tanto por el calor como la temperatura. Desde las primeras gentes que vivían en cavernas, que descubrieron en el fuego una manera de tener luz, calor y de mantener alejados a depredadores; pasando por un posterior interés por realizar elementos de metal y cristal de una gran calidad que dependía de la habilidad de los artesanos para saber el momento adecuado en el que la relación entre temperatura y radiación emitida era el adecuado y en el que los elementos debían ser manufacturados. En la actualidad aún nos preocupamos tanto por el calor como por la temperatura, le damos mucha importancia a las predicciones meteorológicas y a las escalas de temperatura, que nos proporcionan información acerca del confort de nuestro medio ambiente. Además las



consideraciones térmicas son de interés en un amplio espectro de industrias y aplicaciones.

Desde una perspectiva más cuantitativa, el primer paso dado hacia la obtención de una medida precisa de la temperatura, fue llevada a cabo por Galileo en 1593, cuando diseñó el primer termómetro de cristal, un bulbo de cristal relleno de un fluido conectado a un tubo muy fino parcialmente lleno (artefactos como este aún son usados para la medición de temperaturas de entre  $-180$  a  $650^{\circ}\text{C}$ ). Una expansión diferencial del líquido con respecto al bulbo de cristal debido a un incremento de temperatura, hace que el líquido se eleve en el interior del tubo fino, indicando una temperatura en una escala grabada en el tubo. Distintos líquidos tales como mercurio, alcohol y tolueno son usados normalmente. Sin embargo en los tiempos de Galileo el compendio físico que estaba detrás de la temperatura no fue del todo comprendido.

Varios siglos después, en 1800, el descubrimiento del espectro infrarrojo se produjo de manera accidental durante la investigación de un nuevo material óptico, por parte de Sir William Herschel. Mientras investigaba tratando de encontrar un material para reducir el brillo de la imagen del sol en los telescopios y poder así realizar observaciones solares. Durante las pruebas de diferentes cristales de colores que proporcionaban similares reducciones del brillo, descubrió que algunas de las muestras dejaban pasar muy poco calor solar, mientras que otras dejaban pasar tanto calor que podrían producir daños oculares tras unos pocos segundos de observación.

De esta manera Herschel, con el fin de descubrir un material que proporcionase la reducción deseada de brillo y al mismo tiempo la máxima posible de calor, realizó un experimento usando un prisma para separar un rayo de sol en los diferentes colores del espectro desde el azul al rojo (experimento realizado ya por Isaac Newton). Al principio oscureció el bulbo de un termómetro de mercurio con tinta y, utilizándolo como detector de radiación, procedió a probar el efecto calorífico de los distintos colores formados. Otros termómetros, colocados fuera del alcance de los rayos del sol, servían como control.

A medida que el termómetro oscurecido se movía lentamente por los colores del espectro, las lecturas de las temperaturas mostraban un incremento fijo desde el extremo violeta hasta el rojo. Esto no era especialmente sorprendente, ya que el investigador italiano Landriani había observado exactamente el mismo efecto en un experimento similar realizado en 1777. No obstante, fue Herschel quien se dio cuenta de que debía haber un punto en el que el efecto calorífico llegase al máximo y que las medidas confinadas a la parte visible del espectro no mostraban este punto.

Al mover el termómetro en la región oscura, más allá del extremo rojo del espectro, Herschel confirmó que el calor seguía aumentando. El punto máximo,



cuando lo encontró, estaba mucho más allá del extremo rojo, dentro de la región que hoy conocemos como «longitudes de onda infrarrojas».

Herschel fue así consciente de la similitud de la luz y el calor, e hizo referencia a la propia radiación como «calor oscuro» o simplemente «los rayos invisibles», cuando reveló su descubrimiento, denominó a esta nueva región del espectro electromagnético «espectro termométrico». Como sabemos ahora luz y calor son ambas formas de radiación electromagnética de diferente amplitud y frecuencia de onda. Además Herschel con este experimento demostró que era posible medir de una manera cuantitativa la temperatura en esta nueva parte del espectro electromagnético descubierta usando un termómetro de mercurio.

Diferentes investigadores, intentando confirmar la validez del trabajo de Herschel, utilizaron diferentes tipos de cristal de forma indiscriminada, obteniendo diferentes transparencias en los infrarrojos. En sus experimentos posteriores, Herschel fue el primero en descubrir que la transmisión de la radiación infrarroja es diferente de un material a otro. También observó la transparencia limitada del cristal a la radiación térmica recién descubierta, y llegó a la conclusión de que las lentes utilizadas para los infrarrojos debían ser forzosamente elementos reflectantes (espejos curvos y lisos). Afortunadamente, en 1830 se descubrió que esto no era cierto, cuando el investigador italiano Melloni realizó su gran descubrimiento: la sal de roca (NaCl), que estaba disponible en cristales naturales lo suficientemente grandes para hacer lentes y prismas, es considerablemente transparente a los infrarrojos. Consecuentemente la sal de roca se convirtió en el principal material óptico para los infrarrojos, y continuó siéndolo durante los 100 años siguientes, hasta que se dominó el arte de la creación de cristal sintético en los años 30.

En 1829 Nobili inventó el termopar facilitando medidas más precisas de temperatura que las facilitada por los termómetros (el termómetro de Herschel podía medir una temperatura de hasta 0,2 °C y los modelos posteriores podían hacerlo hasta 0,05 °C). El termopar es un sensor de contacto formado por la unión de dos metales distintos, cuando uno de los metales es sometido a una temperatura diferente de la que está sometido el otro metal se crea una diferencia de potencial proporcional a la diferencia de temperatura entre los dos metales, este comportamiento estaba basado en el efecto termoeléctrico descubierto por Seebeck en 1821, y conocido como efecto Seebeck. En 1833 Melloni construyó la primera termopila al conectar varios termopares en serie. Este nuevo dispositivo era al menos 40 veces más sensible a la radiación calorífica que el mejor termómetro del momento y era capaz de detectar el calor de una persona a una distancia de 10 metros.

En 1840 el hijo de Herschel, John, realizó la captura de la primera imagen infrarroja mediante un evaporógrafo, artefacto que se basa en la diferente evaporación de una fina capa de aceite al exponerla a un patrón de calor enfocado

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



hacia ella, la imagen térmica puede verse gracias a la luz reflejada en los lugares en los que los efectos de interferencia de la capa de aceite hacen que la imagen sea visible para el ojo humano. Asimismo John consiguió obtener un registro primitivo de la imagen térmica en papel y al que llamó *termografía*.

Las mejoras en la sensibilidad de los detectores de infrarrojos fueron sucediéndose lentamente. En 1880 Longley, inventó el bolómetro que más tarde fue perfeccionado por Abbot. Un bolómetro consiste en una delgada tira de platino oscurecido conectada a uno de los brazos de un puente de Wheatstone sobre la que se enfocaba la radiación infrarroja y a la que respondía un galvanómetro sensible. En teoría, este instrumento era capaz de detectar el calor de una vaca a una distancia de 400 metros.

En 1900, la teoría de la radiación de Max Planck, arrojó mayor luz sobre el experimento de Herschel. La longitud de onda de la radiación máxima  $\lambda_m$ , dada por la ley de Stefan con la ecuación:

$$\lambda_m = \frac{2898}{T}$$

Con T expresada en K, y  $\lambda_m$  en  $\mu\text{m}$ .

Para el sol, que posee una temperatura superficial de aproximadamente 6000K, obtenemos un valor de  $\lambda_m$  de 0.5 $\mu\text{m}$ , que se corresponde con la banda amarilla del espectro electromagnético, justo en la mitad de la banda en la que son sensibles nuestros ojos (aproximadamente entre 0.4-0.75  $\lambda_m$ ). El experimento de Herschel, arrojó su máximo valor en la banda amarilla.

Posteriormente el progreso y desarrollo en el campo infrarrojo y en las tecnologías termales fue acelerándose. Así durante la Primera Guerra Mundial, en 1917 se obtuvo el primer detector fotoconductor. A diferencia de los detectores térmicos, que eran sensibles a un incremento directo de su temperatura al recibir radiación, en los detectores fotoconductores se obtiene una señal eléctrica directamente de la incidencia de los fotones provenientes de la radiación incidente, haciéndolos más sensibles y rápidos.

Entre los años 1940 y 1945, durante la Segunda Guerra Mundial se crearon muchas patentes de dispositivos para detectar personas, artillería, aviones, barcos e incluso icebergs. Estos programas incluían sistemas experimentales para la detección de intrusión enemiga, sensores de temperatura remotos, comunicaciones seguras y «torpedos aéreos» guiados.

El periodo posterior a la guerra fue muy fructífero en investigaciones y desarrollos, dadas las maravillas mostradas por los dispositivos creados durante la





guerra en el campo de los infrarrojos. Aunque bastantes de las derivaciones de dichos desarrollos encontraron aplicación en otras áreas, se estimó que el 80% de del mercado de los infrarrojos era todavía para usos militares. No obstante, bastantes tecnologías infrarrojas desarrolladas durante los periodos bélicos, pasaron a ser aplicadas en el ambiente civil, siendo el caso de numerosos detectores y de los inhibidores de frecuencia. Sirva también de ejemplo el primer detector cuántico (de sulfato de plomo, PbS), que fue descubierto durante ese periodo, los detectores cuánticos no dependen del calentamiento de su superficie para poder producir una señal de salida relacionada con la temperatura, además son más rápidos que detectores térmicos como los bolómetros o termopilas.

Durante la década de los 60 y 70 fue cuando las primeras cámaras infrarrojas comerciales estuvieron disponibles. Las primeras cámaras infrarrojas usaban una tecnología de tubo piroeléctrico, un detector similar al vidicón de las cámaras de televisión pero con una placa transmisora de infrarrojos y un material piroeléctrico. Las imágenes se producen al escanear el objetivo con un haz de electrones. Otras cámaras primigenias poseían solo un detector y la generación de imagen era posible al rotar un sistema electro-óptico formado por prismas y espejos. Algunos modelos poseían un cuerpo negro en su interior situado de tal manera que entraba dentro del campo de visión del detector, teniendo así este una fuente calibrada de radiación infrarroja durante la reconstitución de la imagen, lo que permitía calibrar directamente la señal de salida, por esta razón este tipo de cámaras era muchas veces usado como un escáner radiométrico.

Posteriormente se desarrolló un detector conocido como SPRITE (Signal Procesing In The Element) que permitió evitar algunas de las desventajas de los escáneres radiométricos. Una de las mejoras era la de integrar la señal en el propio plano focal reduciendo el ruido y el tiempo de procesado. Con el desarrollo del primer conjunto de cámaras con matriz de plano focal (FPA) en los primeros años 80, la tecnología infrarroja vivió una pequeña revolución. El sensor FPA de este tipo de cámaras es similar al sensor CCD de las cámaras normales de video pero es sensible a los infrarrojos. Una cámara del tipo FPA es consiste básicamente en un chip que (la matriz de plano focal) que aglutina un conjunto de detectores y una electrónica asociada, formada por amplificadores y convertidores analógico-digital. Como este tipo de cámaras no requieren el uso de mecanismos de escaneo para la formación de las imágenes, estas cámaras pueden ofrecer bastantes ventajas tales como una mayor resolución espacial, menor ruido y una estructura más resistente. Más allá de lo anterior la posibilidad de tener una salida digital directa desde la cámara suprime la necesidad de tener señales compatibles con la señal de televisión ordinaria haciendo además posible la captura de procesos termales rápidos.



A finales de los 70 y principios de los 80, al tener disponible una mayor capacidad de fabricación de circuitos integrados, fue posible crear mayores matrices de sensores bidimensionales sin refrigeración, basadas en los efectos piroeléctricos de las termopilas y microbolómetros.

Volviendo al tema de los END una de las más tempranas aplicaciones de los infrarrojos, data de 1935, cuando Nichols empleo un radiómetro para verificar la uniformidad a la cual eran recalentadas unas planchas de acero en una laminadora de acero. Como se había quedado demostrada la efectividad de la tecnología infrarroja para END, su aplicación se extendió ampliamente. Otras investigaciones iniciales lidiaron con análisis de la distribución de temperaturas en pastillas de frenado, la inspección de uniones soldadas de recipientes de hojalata y la detección de componentes recalentados en placas de circuitos. La disponibilidad de cámaras provenientes de la desclasificación de tecnologías militares en los años 60 indujo una floreciente aplicación de esta tecnología a los END.

## 5. Principios de la Termografía infrarroja (TIR).

### 5.1. La termografía como técnica de Ensayo No Destructivo (END).

La TIR es una técnica de ensayo no destructivo (END) sin contacto que obtiene la temperatura de la superficie de un cuerpo a través de la captación de la radiación infrarroja que ésta emite. El mapa térmico de la superficie obtenido es llamado termograma. Cuando el flujo de calor en un material es alterado por la presencia de anomalías o defectos provoca contrastes de temperatura en su superficie. El uso de la TIR como método no destructivo de inspección está basado en la obtención y el análisis de las imágenes de esos patrones térmicos.

La TIR se basa en el uso de sensores infrarrojos de onda media (MWIR de  $\sim 3$  a  $5\mu\text{m}$ ) o de onda larga (LWIR de  $\sim 7$  a  $14\mu\text{m}$ ). Este procedimiento puede realizarse de una manera pasiva o activa.

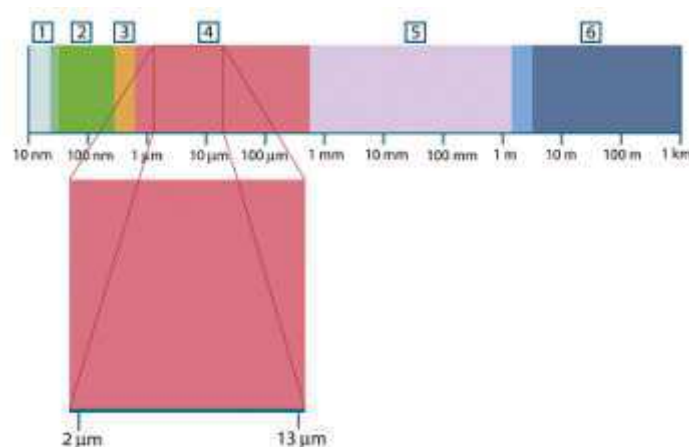


Figura. Longitudes de onda del espectro infrarrojo.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



## 5.2. Tipos de termografía: activa y pasiva.

La **termografía pasiva** se refiere a aquellos casos en los que no se usa ninguna estimulación para el calentamiento o enfriamiento externo para provocar un flujo de calor en el cuerpo inspeccionado. El objeto estudiado produce un patrón de temperaturas típico por el hecho de estar involucrado en un proceso (industrial) que produce calor. Unos pocos grados de diferencia respecto a la temperatura normal de trabajo (referencia) del objeto muestra un comportamiento inusual. La TIR es capaz de capturar esta información de temperatura en tiempo real desde una distancia segura sin ninguna interacción con el objeto.

La primera ley de la termodinámica establece el principio de la conservación de la energía, y mantiene que una importante cantidad de calor es liberado por cualquier proceso consumiendo energía a causa de la ley de la entropía. De este modo la temperatura es un parámetro esencial a medir, para poder evaluar la operación adecuada. En **termografía pasiva**, perfiles de temperatura anómalos indican un problema potencial, la clave está en la diferencia de temperaturas con respecto a una referencia dada, a menudo llamada el valor de  $\Delta T$  o de punto caliente. Un  $\Delta T$  de unos pocos grados ( $>5^{\circ}\text{C}$ ) es normalmente sospechoso mientras que un valor mayor muestra fuertes evidencias de un comportamiento anormal. Generalmente, la termografía pasiva es bastante cualitativa ya que el objetivo es simplemente señalar las anomalías. Sin embargo algunas investigaciones proporcionan medidas cuantitativas si se hace uso del modelado termal, de este modo esas medidas de temperaturas superficiales (isotermas) pueden estar relacionadas con comportamientos específicos o defectos superficiales. Por ejemplo tal modelado nos ayuda a entender el calentamiento de una aguja durante la operación de cosido de alta velocidad en la industria textil, haciendo posible la optimización de la operación de cosido mediante el rediseño y refrigeración de la aguja, con significantes beneficios económicos y de calidad, debido a los millones de productos que se cosen diariamente.

La TIR pasiva se usa, por ejemplo, para la monitorización del producto en procesos de fabricación, monitorización de procesos de soldadura o comprobación de la eficiencia de los discos de freno de automóviles. También puede ser usada en mantenimiento predictivo, como en rodamientos, turbinas y compresores, instalaciones eléctricas, tuberías enterradas o fugas de gas. Existen otras muchas aplicaciones no industriales como son las de tipo medicinal en detección de cáncer de pecho o desordenes vasculares, detección de fuegos, detección de objetivos (militar) o localización de pérdidas de calor y humedades en edificios.

En **termografía activa** es necesario aportar energía al sistema objeto del estudio, para obtener diferencias de temperatura significantes que atestigüen la



presencia de anomalías superficiales. El análisis de los datos obtenidos del sistema objeto del estudio proporciona información cualitativa.

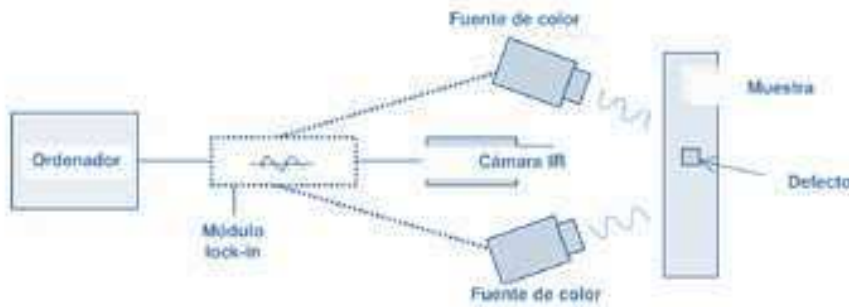


Figura. Configuración típica de TIR activa (módulo Lock-in solo para la técnica de TIR lock-in).

### Tipos de termografía activa.

#### **Termografía Pulsada.**

La *Termografía Pulsada* es uno de los métodos más comunes de estimulación termal usados en termografía para END. Una razón para ello es la rapidez de la inspección, en la cual se usa un pequeño pulso de estimulación térmico con una duración de entre unos cuantos milisegundos para un material de alta conductividad (un metal) a unos segundos para materiales de baja conductividad (plásticos). Básicamente la *Termografía Pulsada* consiste en calentar brevemente el sistema objeto de estudio para obtener la curva de decaimiento. Cualitativamente el fenómeno tiene lugar de la siguiente manera: la temperatura del material cambia rápidamente después del pulso térmico inicial, debido a que el frente térmico se propaga mediante difusión bajo la superficie y debido también a las pérdidas por radiación y convección. La presencia de un defecto superficial modifica la tasa de difusión de modo que cuando se observa la temperatura superficial, una temperatura diferente en lo que concierne al área circundante sana aparece sobre un defecto bajo la superficie una vez que el frente térmico lo ha alcanzado. La profundidad de detección está limitada debido a que la termografía para END es una técnica superficial, pero a menudo anomalías, tales como grietas, comienzan cercanas a la superficie.

#### **Termografía de Pulso Largo.**

El sistema objeto de estudio es calentado continuamente a baja potencia y se monitoriza el incremento de temperatura de la superficie. Aplicaciones de este tipo de termografía activa son, por ejemplo, la evaluación de espesores de recubrimientos y de uniones de recubrimiento a sustrato en estructuras compuestas y también la detección de corrosión oculta en el fuselaje de aviones.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



## Termografía Lock-In.

La *termografía lock-in* está basada en la generación de ondas de calor dentro del espécimen inspeccionado (por ejemplo, depositando periódicamente calor en el cuerpo por medio de una lámpara modulada) y monitorizando de forma sincronizada el campo de temperaturas oscilante obtenido mediante un ordenador o un amplificador lock-in. Por transformación de Fourier se obtienen las imágenes de fase y amplitud de la temperatura. Las imágenes de fase están menos afectadas por no homogeneidades del calentamiento y de la emisividad, y son más sensibles en profundidad que otras técnicas de termografía. Sin embargo, requiere como mínimo la observación de un ciclo de modulación y cada ensayo es realizado para una frecuencia estudiando una profundidad cada vez, lo que aumenta el tiempo de inspección.

La *termografía lock-in* es usada, por ejemplo, en inspecciones de componentes estructurales, detección de remaches sueltos, investigación de estructuras de absorción de radar y detección de grietas, descolados, etc.

Una alternativa es la utilización de un transductor piezoeléctrico como fuente de estimulación, que sería el caso de la denominada *termografía lock-in ultrasónica*. Estas dos últimas técnicas están dirigidas a la detección rápida de grietas en materiales metálicos, laminados y cerámicos, corrosión en planchas metálicas remachadas o delaminaciones en laminados. Otra variación es la *termografía lock-in termoinductiva* que excita corrientes de Eddy en materiales conductores mediante una bobina de inducción y la resistencia de los materiales genera un calentamiento local. La mayor densidad de corriente en las grietas provoca una temperatura mayor que es detectada por la cámara termográfica. Esta técnica ha sido probada en detección de grietas longitudinales en barras y tochos de acero aparecidas durante su moldeo en caliente y en álabes de compresores.

## Vibrotermografía.

En este tipo de técnica termográfica en lugar de realizar un calentamiento mediante lámparas de luz modulada se usa una vibración mecánica inducida externamente como excitación, y debido a la conversión directa de la energía mecánica en energía térmica, se libera calor precisamente en las zonas donde existen defectos como grietas y delaminaciones.

## Procesamiento de datos

Además de la elección de la técnica más adecuada, un procesamiento de los datos adquiridos es, esencial para optimizar la localización y visualización de defectos. El procesamiento adecuado puede, por ejemplo, reducir el ruido, reflexiones parásitas o anisotropía de calentamiento que pueden enmascarar y evitar la localización de algunos defectos. Incluso este procesamiento de datos puede permitir obtener

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



medidas de otros parámetros aparte de las temperaturas absolutas de la superficie, como por ejemplo profundidad a la que se encuentra el defecto, difusividad térmica, coeficiente de calor transmitido, medidas de flujo térmico o análisis tensional.

Siendo las principales ventajas de las técnicas de TIR: que ésta es un método de inspección rápido y sin contacto que sirve para localizar defectos por debajo de la superficie, la interpretación de termogramas es muy sencilla (imágenes) y la radiación infrarroja no es nociva (al contrario que los rayos-x). Además puede ser aplicado a un amplio rango de materiales (tanto metálicos como compuestos) y áreas relativamente amplias pueden ser inspeccionadas en un único ensayo.

No obstante, su principal desventaja es que resulta efectiva únicamente en la detección de defectos poco profundos. También resulta complicado producir un calentamiento uniforme al aplicar las técnicas activas y pueden existir variaciones de emisividad en diferentes partes del cuerpo estudiado.

### 5.3. CONCEPTOS BÁSICOS. CALOR Y TEMPERATURA.

El calor y la temperatura son conceptos que tienen una clara relación entre ellos pero son diferentes.

**Calor:** es una forma de energía (energía térmica) que se transfiere entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo, las cuales, se encuentran a distintas temperaturas. En termodinámica generalmente el término calor significa simplemente transferencia de calor y dicho flujo de energía siempre tiene lugar desde el cuerpo que está a mayor temperatura hacia el cuerpo que está a menor temperatura, teniendo lugar dicha transferencia hasta que ambos cuerpos se encuentren en equilibrio térmico.

El calor se genera por transformación de la energía, bien de un proceso de combustión, por movimiento, rozamiento, etc. Ese calor se mide en Julios (J) al igual que la energía y el trabajo.

**Temperatura:** es una magnitud de un sistema termodinámico y referida a la energía interna asociada a las partículas del sistema y su movimiento. Se mide en Kelvin (K) o en grados Celsius (°C).

La cantidad de energía calorífica de un objeto está relacionada con la energía cinética total de las moléculas que componen ese objeto, es decir, con el movimiento de las moléculas del objeto. Dichas moléculas están siempre en movimiento, en mayor o menor medida, de ellas las más calientes se moverán más rápido y chocando unas con otras, mientras que las más frías lo harán más despacio.

De este modo la temperatura dada de un objeto corresponde a un determinado nivel de movimiento de las moléculas de dicho objeto.

*Proyecto: Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.*

*Autor: José Bilotta Hellín.*

*Director: Federico López-Cerón de Lara.*



De la temperatura se puede decir que es una medida relativa que permite comparar unos cuerpos con otros, sin embargo el calor es una magnitud cuantificable y medible.

Este parámetro ayuda a definir el estado en que se encuentra un objeto. La energía es una medida absoluta, la temperatura es relativa, dice cómo se encuentra un objeto en relación a otro y es la consecuencia de la energía que posee el objeto. Además dirá la facilidad que tendrá el objeto para ceder ese calor a otros objetos.

Existen varias escalas de temperatura, divididas en dos grupos: las absolutas y las relativas, siendo las de mayor uso la Kelvin (absoluta) y la Celsius y Fahrenheit (relativas). Pudiendo pasar de una a otra de manera sencilla.

$$T(^{\circ}C) = \frac{5}{9} \cdot [T(^{\circ}F) - 32]$$

$$T(^{\circ}F) = \frac{9}{5} \cdot [T(^{\circ}C)] + 32$$

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$$

$$T(^{\circ}C) = T(K) - 273,15$$

$$T(K) = (5/9) \cdot [T(^{\circ}F) + 459,67]$$

$$T(^{\circ}F) = (9/5) \cdot [T(K)] - 459,67$$

A su vez los cuerpos tendrán una capacidad térmica determinada, es decir, una capacidad para absorber o almacenar calor. Esta propiedad es muy útil, ya que se pueden localizar diferentes materiales o defectos gracias a la distinta capacidad térmica de los materiales.

A modo de recordatorio y de manera genérica, se exponen dos importantes Leyes de la Termodinámica relacionadas con el comportamiento del calor.

- **Primera Ley de la Termodinámica o Ley de la Conservación de la Energía:** la suma de la energía total contenida en un sistema cerrado permanecerá constante. Esto es también conocido como el principio de conservación de la energía (la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma).
- **Segunda Ley de la Termodinámica:** dictamina que si bien la materia y la energía no se pueden crear ni destruir, sí que se transforman, y establece el sentido en el que se produce dicha transformación. Debido a esta ley también se tiene que el flujo espontáneo de calor siempre es unidireccional, desde los cuerpos de mayor temperatura hacia los de menor temperatura, hasta lograr un equilibrio térmico.



Figura. Transferencia de calor entre dos sistemas.

Además cuando entre dos objetos próximos existe una diferencia de temperatura, la transferencia de calor no puede ser detenida; solo puede hacerse más lenta.

### 5.3.1. TRANSMISIÓN DE CALOR: MODOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN CONDICIONES ESTACIONARIAS Y TRANSITORIAS.

Los modos son los diferentes tipos de procesos de transferencia de calor. Existen tres tipos:

- **Conducción** de calor: transferencia de energía térmica entre dos sistemas por contacto directo de sus partículas sin flujo neto de materia y que tiende a igualar la temperatura dentro de un cuerpo y entre diferentes cuerpos en contacto.
- **Convección** de calor: se produce por medio de un fluido en movimiento, que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.
- **Radiación** de calor: es la transmisión de calor por emisión y absorción de radiación térmica. En ausencia de un medio, existe una transferencia neta de calor por radiación entre dos superficies a diferentes temperaturas, debido a que todas las superficies con temperatura finita emiten energía en forma de ondas electromagnéticas.

Cualquiera de estos tres modos puede suceder en condiciones estacionarias o no estacionarias, siendo así un proceso estable o inestable. Durante una transferencia en condiciones estacionarias, la velocidad de la transferencia de calor será constante y no cambiará de sentido. En la realidad no existen unas condiciones totalmente estacionarias y por consiguiente tal flujo de calor estable ideal, en la práctica los flujos son inestables presentando ciertas fluctuaciones. La transmisión de calor siempre va a depender de una de estas dos situaciones, si bien siempre se pueden suponer condiciones estacionarias para un determinado instante de nuestro estudio.

Un proceso estacionario se da cuando hay condiciones estables, sin cambios de temperatura y con un flujo de calor constante. En cambio, un proceso no estacionario o transitorio es aquel en el que existen cambios de temperatura y de flujo de calor, cosa que concuerda mucho más con la realidad y con cualquiera de nuestros sistemas objeto de estudio.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.





### 5.3.1.1. Conducción.

Como se ha comentado anteriormente la transferencia de calor mediante conducción tiene lugar cuando moléculas de diferentes objetos o cuerpos se acercan y entran en contacto, el cuerpo que tiene mayor temperatura tendrá mayor movimiento en sus moléculas y transmitirá parte de esa energía, mediante choques entre ellas, a las moléculas del cuerpo, a menor temperatura, que se mueven más despacio.

Aunque este método de transmisión de calor es muy característico de los sólidos, también tiene lugar en fluidos.

La conducción térmica está determinada por la ley de Fourier que establece que la tasa de transferencia de calor por conducción en una dirección dada, es proporcional al área normal a la dirección del flujo de calor y al gradiente de temperatura en esa dirección. Para un flujo unidimensional de calor se tiene:

$$\frac{dQ_x}{dt} = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

Donde:

$\frac{dQ_x}{dt}$  : tasa de flujo de calor que atraviesa el área  $A$  en la dirección  $x$ .

$k$  : constante de proporcionalidad denominada conductividad térmica.

$T$  : la temperatura.

$t$  : el tiempo.

Para un flujo tridimensional en un medio isótropo, la ley de Fourier expresa que el flujo de calor viene dado por:

$$q = -k\nabla T, \quad \frac{dQ_s}{dt} = \oint_S q \cdot dS$$

La conductividad térmica  $k$ , es la capacidad de un material para transferir calor. Y se expresa en  $W/(m \cdot K)$  en el Sistema Internacional, aunque también se expresa como  $kcal/(h \cdot m \cdot ^\circ C)$ , con la equivalencia:  $1 W/(m \cdot K) = 0,86 kcal/(h \cdot m \cdot ^\circ C)$ .

A mayor conductividad, mayor facilidad para conducir el calor. Así, se puede hablar de materiales conductores (metales) y de materiales aislantes (plásticos) que presentan oposición al paso del calor, dicha oposición se denomina resistencia térmica y es la inversa a la conductividad ( $1/k$ ). Un buen material aislante tendrá una baja conductividad térmica y por tanto, una elevada resistencia térmica.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



La siguiente tabla muestra algunos valores de k para diferentes materiales.

Material	Emisividad	Condiciones (°C)
Acero brillante	0.18	20
Acero galvanizado	0.28	20
Bronce pulido	0.1	50
Latón brillante	0.03	200
Cobre	0.07	20
Aluminio brillante	0.04-0.06	50-100
Acero Oxidado	0.85	200-600
Aluminio Oxidado	0.20-0.30	50-100
Latón Oxidado	0.61	200-600
Hierro pulido	0.21	200
Titanio pulido	0.40	200
Tungsteno	0.05	200
Zinc pulido	0.04-0.05	400
Zinc oxidado	0.50-0.60	1000-2000
Arcilla	0.91	70
Cemento	0.90	25
Barniz blanco	0.8-0.95	40-100
Barniz térmico	0.92	100
Asfalto	0.90	50
Papel	0.70-0.90	20
Caucho	0.95	20
Hielo	0.98	0
Arena	0.60	25
Marmol pulido	0.93	20

Tabla. Listado de valores de emisividad de diferentes materiales.

### 5.3.1.2. Convección.

En la transmisión de calor por convección se considera que el calor fluirá a través de un medio cuyas moléculas o partículas presentan movimiento relativo, es decir un **medio fluido**. La convección puede ser **natural** o **forzada**.

#### Convección natural.

Es debida al gradiente térmico, y se puede justificar: por la diferencia de densidad o de peso específico que aparece debido a las diferentes temperaturas. Esta situación origina que el fluido más frío circule hacia abajo y el más caliente hacia arriba, creándose con ello una corriente ascendente. Además en adición actuará la fuerza de gravedad, si nos encontramos en la Tierra, pero en el caso que el sistema se encuentre en el espacio exterior y ésta no entre en juego, la convección natural también tiene lugar, debido a que las partículas de fluido tienen movimientos relativos continuos, que aumentan al aumentar sus estados térmicos. Este movimiento

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



transporta la energía calorífica en forma de energía cinética mientras se desplaza la partícula y va colisionando con el resto de los millones que encuentra en su camino, realizando a su vez éstas lo mismo, verificándose una convección a nivel molecular de flujo muy turbulento.

### **Convección forzada.**

Tiene lugar cuando para hacer circular el fluido se usan medios mecánicos tales como un ventilador, bomba o agitador.

### **Ley de Newton.**

Newton estudió el mecanismo de convección en forma comparativa observando la circulación de fluidos en un sistema de tubos cilíndricos concéntricos donde el fluido circula a contracorriente.

El estudio se realiza por comparación: la transmisión de calor se realiza en regímenes de circulación tanto laminar como turbulento. En estas condiciones, Newton midió cantidad de calor transferido  $\Delta Q$ , el gradiente de temperaturas  $\nabla t$  y como consecuencia obtuvo experimentalmente una resistencia al flujo de calor proporcional al gradiente  $\nabla t$  e inversamente proporcional al calor  $\Delta Q$ .

$$R \sim \Delta t / \Delta Q$$

### **La constante de convección "h".**

Para las aplicaciones prácticas se utiliza la constante "h", llamada también coeficiente de película.

Es de muy difícil determinación, ya que depende de las siguientes variables:

- velocidad de circulación
- densidad de fluido
- calor específico de las sustancias
- diámetro de los tubos
- viscosidad del fluido
- conductividad

Con todos estos parámetros se plantea la solución mediante el análisis adimensional de Buckingham.



### Ecuación general de convección.

Para cada sistema de convección existirá una constante "h", de tal forma que la ecuación de Newton se plantea similar a la de Fourier:

$$\left. \frac{dQ}{d\tau} \right|_A = hA(t - \vartheta)$$

Esta ecuación representa el flujo de calor que se manifiesta en un sistema a régimen permanente, en donde t es la temperatura de un fluido estanco o un cuerpo en cualquier estado de agregación, y  $\vartheta$  es la temperatura del fluido convectivo.

### Consecuencias de la evaporación y la condensación.

Es conocido que existe un intercambio de energía asociada a fenómenos de evaporación y condensación. Durante la evaporación de un líquido sobre una superficie, se produce un enfriamiento de ésta, dado que el líquido al pasar a estado gaseoso absorbe energía en forma de calor de la superficie, enfriándose ésta en consecuencia. De forma inversa, si un vapor se condensa, éste cede calor al ambiente o al recipiente que lo contiene.

Ambos fenómenos tienen una gran relevancia, ya que según el proceso que se esté llevando a cabo, la imagen cambiará completamente.

#### 5.3.1.3. Radiación.

Una forma de radiación electromagnética es la radiación térmica. A consecuencia de su temperatura todos los cuerpos emiten este tipo de radiación, cumpliéndose, además, que a mayor temperatura, mayor emisión de radiación térmica.

Según el tipo de material del cuerpo que se esté considerando, éste emitirá mayor o menor radiación térmica. En consecuencia algunos materiales son mejores emisores de radiación térmica que otros.

La radiación térmica se propaga a través de los gases, pero lo hace más difícilmente o incluso ésta queda bloqueada, si se realiza a través de líquidos y sólidos.

La transmisión de calor por radiación se efectúa por emisión y absorción de radiación térmica. Como dicha energía se transfiere a la velocidad de la luz, la termografía resulta extremadamente útil detectando la radiación de forma continua. Como todos los cuerpos emiten y absorben radiación térmica al mismo tiempo, el calor neto transmitido será la diferencia entre lo que se ha absorbido y lo que se ha emitido.



### Intercambio de energía por radiación. Tipos de radiación.

Resulta fundamental conocer los procesos de intercambio de energía por radiación que se dan en el cuerpo objeto de estudio. Por ejemplo un objeto al aire libre, recibirá una radiación concreta, absorberá parte de esa radiación y su superficie se calentará, reflejará otra parte y el resto la transmitirá al su interior.

Cumpléndose en cualquier caso que, que toda la energía que entra es igual a toda la energía que saldrá.

TIPO DE RADIACIÓN	SÍMBOLO	PROPIEDAD ASOCIADA
Absorbida	$\alpha$	Absortividad
Emitida	$\epsilon$	Emisividad
Reflejada	$\rho$	Reflectividad
Transmitida	$\tau$	Transmisividad

Tabla. Tipos de radiaciones.

### Radiación incidente.

Cualquier radiación que incida sobre la superficie de un cuerpo y que provenga de una fuente externa a él se la denomina **radiación incidente**.

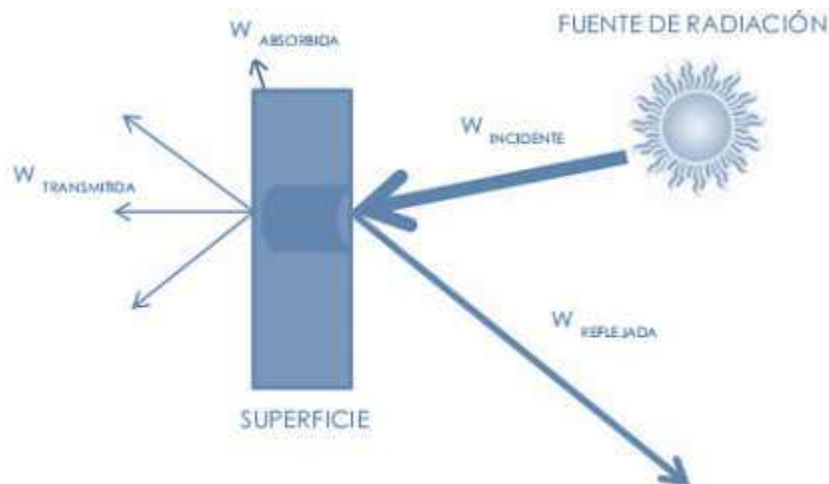


Figura. Radiación incidente.

Si de una o varias fuentes de radiación, se emite una determinada cantidad de radiación, y ésta llega a la superficie de un cuerpo, una parte de esa energía es absorbida por el cuerpo ( $W\alpha$ ), otra parte es reflejada por el cuerpo ( $W\rho$ ) no teniendo efecto alguno sobre el cuerpo, mientras que otra parte de la energía es transmitida por el cuerpo ( $W\tau$ ) y tampoco lo afecta. Cumpléndose:

$$W \text{ incidente} = W\alpha + W\rho + W\tau$$

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



La proporción en que la radiación incidente se reparta entre estas variables dependerá de la absorptividad, reflectividad y transmisividad propias del cuerpo. Es decir:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

### Radiación saliente.

Cualquier radiación que abandona la superficie de un cuerpo, sea cual sea su fuente original, se denomina **radiación saliente**.

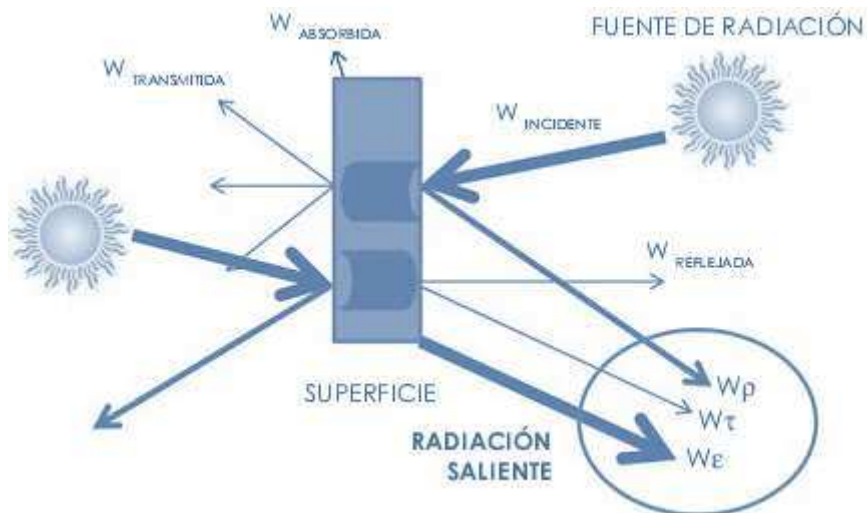


Figura. Radiación incidente y saliente.

Será ésta *radiación saliente*, formada por tres tipos diferentes de radiación, la que se puede captar mediante una cámara termográfica.

De los tres tipos de radiación que conforman dicha *radiación saliente* la que posee mayor interés en termografía es la debida a la *emisividad* ( $\epsilon$ ); siendo ésta la capacidad que tiene un determinado cuerpo para emitir su propia energía en forma de radiación. Se debe recalcar que la radiación debida a la emisividad  $W_{\epsilon}$  es emitida por el cuerpo en forma de ondas esféricas, es decir, se emite en todas direcciones.

Tanto la temperatura a la que está el cuerpo, como su emisividad característica influyen directamente en la cantidad de radiación que es emitida por éste. Cumpliéndose que, tanto mayor sea la temperatura como la emisividad propia del cuerpo, éste emitirá una mayor cantidad de radiación. Además se verifica que si dos cuerpos están a la misma temperatura, emitirá mayor radiación aquel que posea una mayor emisividad siendo captados así, ambos cuerpos, de manera diferente por una cámara termográfica. De este modo la potencia de radiación de un cuerpo viene determinada por estos dos factores, temperatura y emisividad.



Otras dos componentes de la radiación saliente son: la radiación reflejada de otras fuentes, y la transmitida a través del objeto y proveniente también de otras fuentes. Aunque éstas no dependen de la temperatura del cuerpo considerado, sino de las emisividades de las otras fuentes de transmisión y reflexión, también dependerán de la reflectividad y transmisividad del cuerpo.

En resumen, la radiación saliente de un cuerpo estará compuesta por la radiación reflejada de fuentes que inciden directamente sobre el cuerpo, la radiación emitida por el propio cuerpo, y la transmitida indirectamente de fuentes cercanas al cuerpo.

Es decir:

$$W_{\text{saliente}} = W_{\epsilon} + W_{\rho} + W_{\tau}$$

Así un cuerpo concreto, tendrá la propiedad de emitir radiación, reflejarla o transmitirla, verificando:

$$\epsilon + \rho + \tau = 1$$

Se puede deducir que en un cuerpo dado, va a emitir toda la radiación que absorba siendo la emisividad igual a la absorptividad,  $\epsilon = \alpha$ . Siendo esto una propiedad de cada cuerpo.

Para comprender mejor el concepto de emisividad se necesita atender primero al concepto de cuerpo negro, y cuerpo real.

### **Cuerpo negro. Cuerpo gris.**

Se entiende como un cuerpo negro a aquél que tiene la capacidad de absorber toda la radiación térmica que incida sobre él. El cuerpo negro no existe en la realidad, se trata de un objeto ideal en el cual las capacidades de absorción y emisión de radiación no tienen pérdidas.

Dichos cuerpos negros, debido a estas características, son fabricados y usados para la calibración de las cámaras termográficas.



*Figura. Simulador de cuerpos negros.*

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Desgraciadamente los cuerpos reales nunca se comportan como cuerpos negros ideales. En su lugar, la radiación emitida a una frecuencia dada es una fracción de la emisión ideal. De esta forma la emisividad ( $\epsilon$ ) de un material nos especifica cuál es la fracción de radiación de cuerpo negro que es capaz de emitir el cuerpo real.

De este modo nos resulta conveniente suponer que existe un valor de emisividad ( $\epsilon$ ) constante para todas las longitudes de onda, este valor será siempre menor que 1 ya que  $\epsilon=1$  es la emisividad de un cuerpo negro. Esta aproximación se denomina aproximación de **cuerpo gris**. La Ley de Kirchhoff de la radiación térmica nos indica que en equilibrio termodinámico, la emisividad es igual a la absortividad, de manera que este objeto, que no es capaz de absorber toda la radiación incidente, también emite menos energía que un cuerpo negro ideal.

El resto de cuerpos, son los denominados Cuerpos Reales y la mayoría de ellos son opacos al infrarrojo, es decir,  $\tau=0$ , de manera que todo queda más simplificado:

$$\epsilon + \rho = 1$$

## 6. Caracterización de la Imagen termográfica.

### 6.1. La medición termográfica.

Existen dos problemas inherentes al ensayo termográfico:

- la naturaleza física de la medición realizada por la cámara.
- la complejidad del objeto observado o sistema, ante la existencia de transferencias de calor entre este sistema y el medioambiente que lo rodea, junto con la existencia de otras posibles fuentes de calor. Pudiendo estar una parte de estas transferencias de calor bajo el control del operador (termografía activa) o totalmente ser independientes a él (termografía pasiva).

De este modo, se puede decir que un ensayo termográfico es un suceso entre tres actores que se interfieren:

- a) el sistema observado.
- b) el operador, y su sistema para realizar la termografía ya sea un ensayo pasivo o activo (cámara, lámparas, sincronizador, etc.).
- c) el medioambiente.

Estas interrelaciones expuestas aparecen en la figura 1, de la que se puede extraer el hecho de que la naturaleza de dichas relaciones es térmica, al implicar todos los modos de transferencias de calor (conducción, convección y radiación) y la existencia de fuentes de calor de diferentes naturalezas.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.





Figura. Fenómenos físicos y actores que intervienen en el ensayo termográfico.

Así pues es del todo imposible hacer un diagnóstico de calidad en base a un ensayo termográfico sin tener:

- un mínimo de conocimientos en Transferencia de calor.
- buena información acerca de la cámara y sus características metrológicas.
- conocimiento acerca de la naturaleza del sistema observado y su entorno (estructura, propiedades, materiales...),

## 6.2. Principio de funcionamiento de la cámara termográfica y sus características.

### 6.2.1. Los sensores infrarrojos.

La práctica totalidad de las cámaras termográficas posee un conjunto de sensores denominado FPA (Focal Plane Array, es decir conjunto de plano focal). El número de sensores que posea la cámara determinará el número de píxeles que compondrán las imágenes que se puedan obtener con la cámara y por consiguiente el tamaño de dichas imágenes.

Existen dos tipos de sensores: los sensores cuánticos, generalmente refrigerados, y los microbolómetros, sensores no refrigerados.

Los **sensores cuánticos** son fotorreceptores acoplados a una base llamada ROIC (Read-Out Integrated Circuit) que realiza la conversión de la información recibida por dichos fotorreceptores en una señal eléctrica capaz de ser interpretada por los píxeles. Este tipo de funcionamiento se denomina hibridación de la óptica con su electrónica, permitiendo una tasa de actualización elevada (de centenares de Hz).

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Los **sensores de tipo microbolométrico** son termómetros cuyo funcionamiento es de tal manera que cuando un fotón llega al sensor y es detectado por éste, el sensor sufre un cambio en su temperatura, lo cual también provoca un cambio en la conductividad del material del que está formado el sensor, controlándose este cambio mediante la variación de una intensidad de corriente de referencia que circula por el dispositivo. El receptor debe ser eléctricamente conductivo y estar aislado térmicamente del ROIC. Al basarse su funcionamiento en un efecto fotoconductor la tasa de actualización se limita habitualmente a 25 Hz.

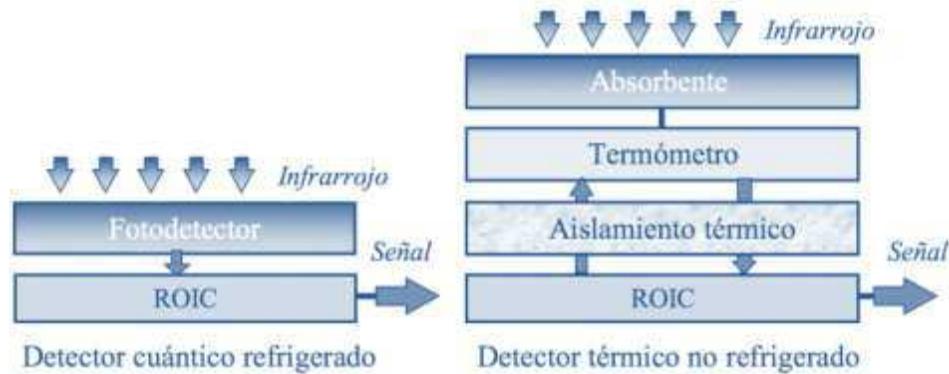


Figura. Tipos de sensores infrarrojos.

### 6.2.2. Análisis de la medición en termografía.

Independientemente del tipo de sensor, la cámara termográfica genera una señal acorde a la radiación térmica recibida, la cual depende de la temperatura superficial del cuerpo, si se considera el sistema observado totalmente aislado del medioambiente y si suponemos el cuerpo opaco. Como se ha dicho anteriormente considerando el caso más general, esta dependencia puede ser una función que dependa de la longitud de onda, de la temperatura y de la dirección con la cual se enfoca, pero ya hemos dicho que habitualmente se considera que se puede definir una emisividad media independiente de la longitud de onda. En este caso, se realiza una calibración previa con un cuerpo negro y se aplica la emisividad idónea. Si estamos ante un sistema tridimensional, además hay que tener en cuenta la influencia del ángulo bajo el cual, la cámara apunta al sistema.

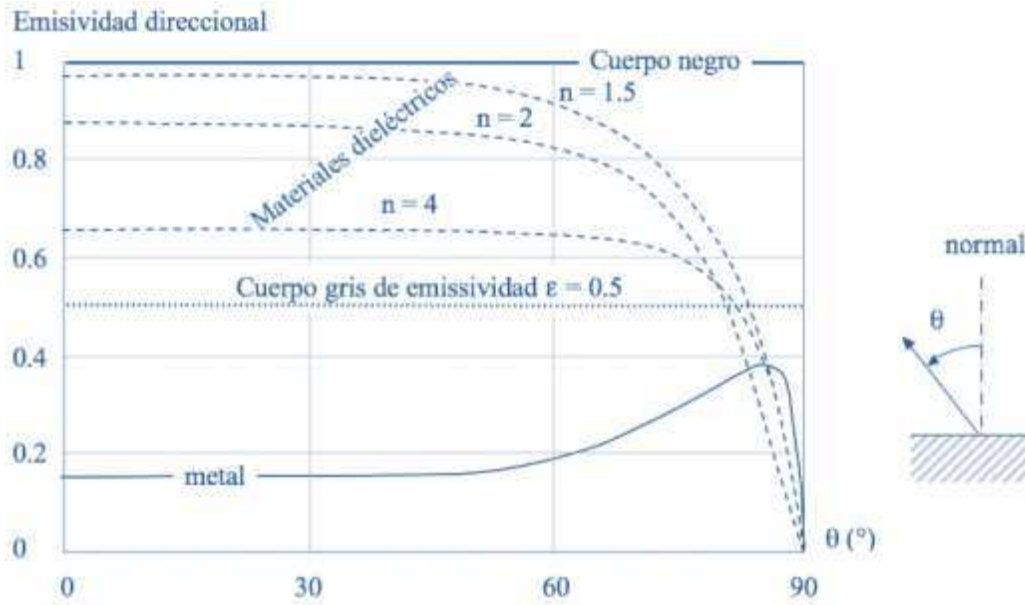


Figura. Funciones características de emisión de cuerpo negro, de cuerpo gris y de dos tipos de materiales (dieléctricos y metálicos).

Uno de los inconvenientes de este método de medición es que el sistema observado no puede ser considerado como el único objeto responsable del flujo de fotones que es captado por los sensores de la cámara. Lo que en realidad está captando la cámara es un balance de todos los flujos de energía (figura 4), habiendo fotones emitidos por todos los objetos presentes durante el ensayo. Esto incluye al operador y a la atmósfera ya que ésta puede ser no totalmente transparente, en definitiva tiene influencia sobre el ensayo todo aquello que constituye el medioambiente.

Al usar una calibración realizada con el cuerpo negro y teniendo en cuenta la emisividad del objeto presenta errores que pueden llegar a ser importantes, en según qué casos. La temperatura deducida siguiendo este método ( $T'_o$ ), es una función de las temperaturas del objeto termografiado ( $T_o$ ), del medioambiente supuesto isoterma ( $T_{amb}$ ), de la atmósfera ( $T_{atm}$ ), de la emisividad del objeto ( $\epsilon_o$ ), y de la transmisión de la atmósfera ( $\tau_{atm}$ ).

Las condiciones para que la medición realizada este influenciada únicamente por la temperatura del objeto observado es cuando la emisividad del objeto ( $\epsilon_o$ ) y la transmisión de la atmósfera ( $\tau_{atm}$ ) son de valor la unidad,  $\epsilon_o=1$  y  $\tau_{atm}=1$ . Razón por la cual se usa siempre que sea posible un revestimiento de emisividad unitaria. El problema de la transmisión de la atmósfera (cuando  $\tau_{atm} < 1$ ) se da sobre todo al usar una cámara de ondas cortas ( $\sim 3 - 5.5 \mu$ ) o cuando la medición se realiza desde una larga distancia. La medición simple ocurre también cuando la temperatura del objeto observado es mucho más alta que la del medioambiente. En este caso, y con



una emisividad no demasiado baja, el flujo reflejado por el objeto puede considerarse casi insignificante.

Aunque estas condiciones valen para mediciones absolutas de temperatura, en la mayoría de las aplicaciones de tipo END, no es necesaria una medición absoluta de la temperatura, sino que el objetivo buscado es una medición relativa entre dos estados (caso de la termografía activa). Pudiéndose considerar de este modo la temperatura del medioambiente constante, haciendo así que la variación del flujo recibido por la cámara sea únicamente debida a la variación de temperatura del objeto termografiado, independientemente de su emisividad.

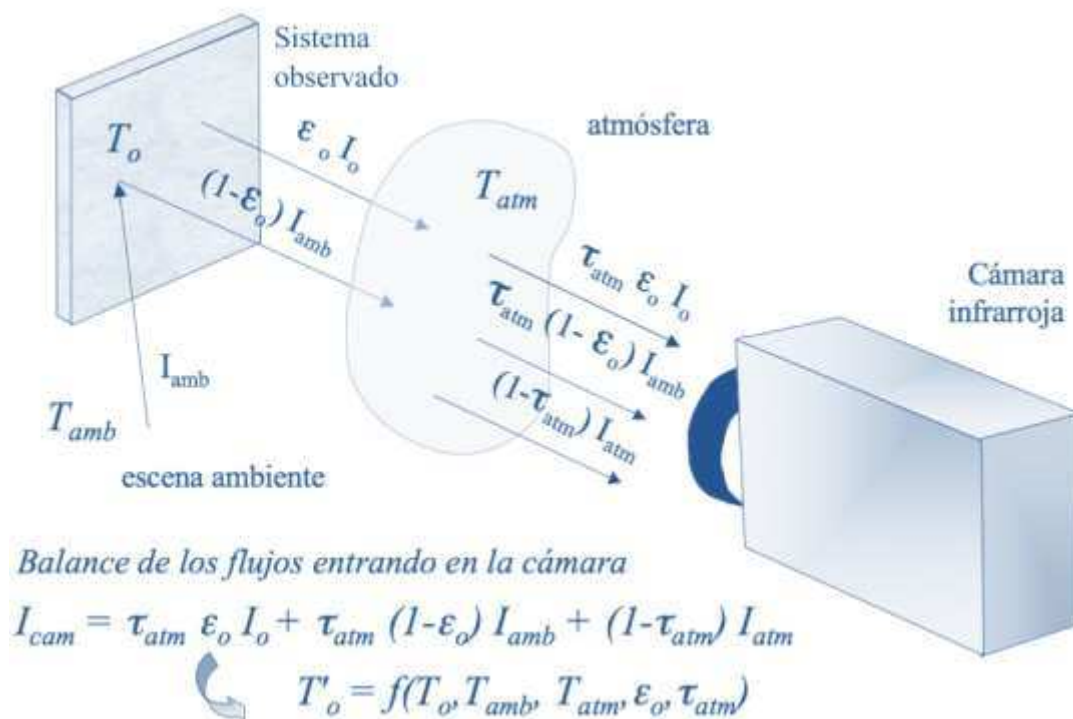


Figura. Balance de la energía recibida por la cámara infrarroja en el caso más general. Suponiendo que todos los objetos que conforman el medioambiente son isotermos ( $T_{amb}$ ) y que la atmósfera no es totalmente transparente y tiene una temperatura diferente de los otros cuerpos alrededor del objeto termografiado.

Como realmente es la imagen térmica lo que se va a analizar, sobre lo que se trabajará y sobre lo que se emitirá un posible diagnóstico, antes de tomarla y guardarla, hay que asegurarse de que estará correctamente tomada, según lo expuesto anteriormente, y teniendo en cuenta las condiciones ambientales, el ajuste del campo, el encuadre y el enfoque

Una termografía es una imagen de intensidad de radiación térmica captada, no de la distribución de temperaturas captadas por nuestro equipo. Y como ya hemos

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



visto, diferencias en intensidades de radiación no se traducen en diferencias de temperatura. Dándose el caso de que un mismo cuerpo objeto de estudio puede estar a la misma temperatura, pero con distintas emisividades. Por tanto, cámara nos mostrará una imagen térmica con una diferencia de contraste reflejado en la paleta de colores que puede hacer pensar que un mismo objeto tiene diferentes temperaturas. Cuando lo que en realidad ocurre es que la radiación saliente en la zona reflejada es mayor, tiene más intensidad, pero no más temperatura.

Queda claro entonces que lo que en realidad nos muestra la imagen térmica no son datos reales de temperatura, sino que siempre muestra lo que se denomina **temperatura aparente** que es la temperatura leída, sin corregir, en la cámara termográfica. Ésta nos mostrará toda la radiación incidente en nuestra cámara, independientemente de la fuente de la que procede la radiación infrarroja.

Existen dos métodos de análisis de las imágenes térmicas, los análisis cualitativos y los cuantitativos. Pudiéndose realizar, de este modo dos tipos básicos de análisis de una misma imagen infrarroja, en función del interés, el grado de exactitud que necesite o de lo que se quiera mostrar en un informe.

Tenemos así el **análisis cualitativo**, análisis que casi siempre se hace de forma innata, aunque se pretenda realizar otro tipo de análisis, ya que, en este tipo de estudio, una vez nos es mostrada la imagen térmica obtenida ésta es analizada, para poner de manifiesto anomalías de distinta magnitud, localizarlas y evaluar el nivel de gravedad se intentará buscar cualquier anomalía o deficiencia en el cuerpo objeto de estudio. Este tipo de análisis se basa en la temperatura aparente, sin compensación.

En el **análisis cuantitativo**, se determina la temperatura o temperaturas de las zonas de la imagen térmica que son de relevancia para, estudiarlas, obtener conclusiones sobre las singularidades detectadas y las posibles soluciones a adoptar. Este tipo de análisis se realiza con temperaturas reales, compensando los parámetros de objeto, tales como emisividad y temperatura aparente reflejada.

De los resultados obtenidos se podrán sacar distintas conclusiones y saber si es relevante o no, si hay que actuar o no, en función de los criterios de clasificación de fallos antes mencionados, propios o publicados por algún organismo o asociación relevante.

Conjuntamente al uso de la cámara hay que disponer y usar datos de referencia, que permitan conocer temperaturas normales de uso y así poder diferenciar cuando una temperatura es elevada o baja para un componente dado.



## Compensación de la imagen térmica

Aunque siempre se debe realizar la compensación de la imagen térmica en el lugar y momento de la toma de imágenes, hay ocasiones en las que esto no es posible o se realiza de manera errónea. Pero gracias a los modernos sistemas de los que se dispone en la actualidad la compensación de la imagen térmica se puede realizar posteriori mediante un software de tratamiento de imágenes.

Cualquiera que sea el modelo de cámara del que se disponga, actualmente todas las cámaras infrarrojas permiten modificar los *parámetros de objeto* tales como: emisividad, temperatura exterior, temperatura aparente reflejada, humedad relativa y distancia al objeto. Lo que nos permite pasar de temperatura aparente a temperatura real.

Llegados a este punto es conveniente, exponer los efectos de la emisividad sobre la imagen térmica mostrada:

Cuando estamos ante un cuerpo con una alta emisividad, la temperatura aparente del cuerpo, es decir la que es captada por la cámara termográfica será muy cercana a su temperatura real; por lo que lo que la cámara nos mostrará se puede calificar como de “realidad”. Por el contrario si el cuerpo que se está observando es un objeto de baja emisividad, la temperatura aparente del cuerpo captada por la cámara termográfica será cercana a las temperaturas aparentes del resto de los cuerpos del entorno del objeto y la realidad que se nos muestra seguramente no nos permita obtener ninguna magnitud.

Un truco sencillo para medir sin compensar, consiste cubrir una parte de la superficie del cuerpo que estemos observando con algún material cuya emisividad sea conocida, alta y constante. Este material se calentará a la temperatura del objeto pudiéndose, entonces realizar mediciones de temperatura sobre este material. Un buen material para ello es la cinta aislante negra ( $\epsilon = 0,95$ ).

### 6.2.3. Características de la cámara termográfica.

Las principales características de una cámara termográfica son: su sensibilidad térmica, su resolución espacial, su precisión y la frecuencia con la que es mostrada la imagen. Así pues se procede a su examen, bajo la perspectiva de su aplicación en END.

#### 6.2.3.1. Sensibilidad térmica o NETD.

La sensibilidad térmica, llamada NETD (Noise Equivalent Temperature Difference, o ruido equivalente a la menor temperatura detectable), es muy importante para aplicaciones de END. Efectivamente, cuanto más bajo es el NETD



mejor se puede detectar un contraste térmico significativo observable por encima del ruido del sistema.

El NETD de las cámaras termográficas es variable sobre todo dependiendo del tipo de sensores de los que éstas dispongan, así pues, si dichos sensores son del tipo bolométrico, el NETD es del orden de 50 - 100 mK y en aquellas que posean sensores cuánticos refrigerados el NETD será inferior a 20 mK. Es por ello que es altamente recomendable el uso de cámaras provistas de sensores cuánticos refrigerados cuando el ensayo requiera una gran sensibilidad.

Hay que destacar que la sensibilidad especificada por los fabricantes de cámaras termográficas se obtiene únicamente con el tiempo de integración máximo. Radicando el problema en que ese tiempo de integración no se puede usar en todos los casos. Cuando el sistema observado sufre variaciones importantes de temperatura se hace necesaria la aplicación de un tiempo más breve.

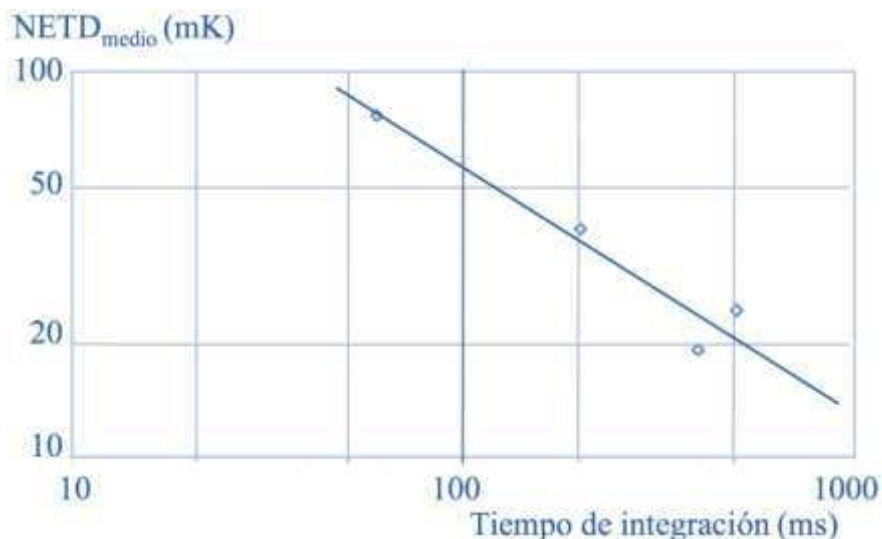


Figura. Variación del NETD con el tiempo de integración.

### 6.2.3.2. Resolución espacial.

A la resolución espacial de la cámara se la denomina IFOV (Instantaneous Field of View, o Campo de visión instantáneo) y se expresa en miliradianes. Dicho campo de visión, es el área abarcada por un sensor remoto en un determinado momento. Depende del tamaño del sensor y del objetivo de la cámara. En END, cuando el ensayo implica la detección de defectos de tamaño reducido, ésta característica es significativa.

### 6.2.3.3. Precisión.

La precisión de la cámara termográfica nos indica la proximidad de distintas medidas entre sí, y lo alejadas que pueden estar de la medición real. Es función

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



exclusiva de los errores accidentales cometidos durante la medición. La mayoría de las cámaras actuales alcanzan precisiones de  $\pm 2^\circ\text{C}$  o  $\pm 2\%$  para los rangos más extendidos. El conocimiento de la precisión con la que cuenta la cámara es crucial, más si cabe cuando se procede a END por termografía pasiva.

#### 6.2.3.4. Frecuencia de la imagen.

Las imágenes en tiempo real tienen tasas de actualización de hasta centenares de Hz. Siendo este el caso de las cámaras con matriz de sensores cuánticos refrigerados. Asimismo muchas cámaras actuales brindan la posibilidad de reducir el tamaño de las imágenes (windowing) además de permitir un aumento de la tasa de actualización, alcanzando varios millares de Hz. Cuando el sistema observado es un buen conductor del calor esta característica es importante, lo que conlleva tiempos característicos muy breves.

### 6.3. La observación del sistema mediante termografía.

El uso de la termografía en el ámbito de END permite realizar diagnósticos adecuados, siempre que el operador posea un amplio conocimiento del sistema observado, del comportamiento térmico del sistema y de las interacciones del dicho sistema con su entorno. El diagnóstico puede basarse en simulaciones realizadas mediante el modelado del sistema observado. Según sea la complejidad del sistema el modelo aplicado puede ser analítico o numérico.

La influencia de la geometría y de la conductividad térmica del sistema sobre la complejidad del modelo, puede observarse en la siguiente figura. Por ello es recomendable, siempre que sea posible, limitarse a modelos unidimensionales, que nos conduzcan a una identificación de parámetros y posteriores soluciones analíticas sencillas y aplicables a cada uno de los píxeles del campo observado.

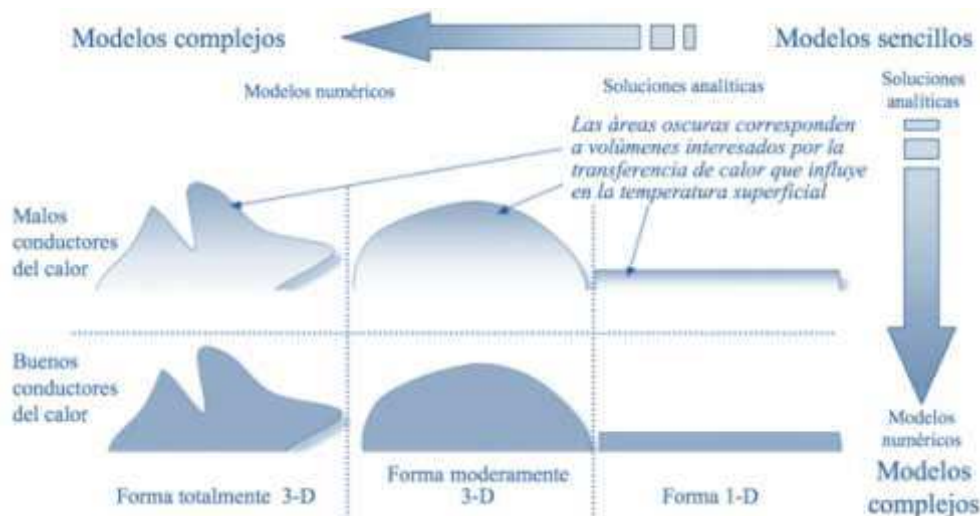


Figura. Tipos posibles de modelos teóricos del sistema objeto del estudio.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.





Queda claro, con todo esto, que la aplicación de la termografía infrarroja como método de END es más sencilla cuando el sistema objeto del estudio es un mal conductor del calor.

Además de las influencias citadas anteriormente, la complejidad del modelo está influenciada por la conductividad térmica. En la siguiente figura se muestra esto último, haciendo hincapié en los diversos fenómenos térmicos que deben ser tenidos en cuenta y la interacción del sistema con su entorno.



Figura. Contorno de volumen a considerar para el modelado teórico según la naturaleza y la forma del sistema termografiado. Sistema constituido por buenos conductores de calor (a). Sistema constituido por malos conductores de calor (b).

De una manera general se puede afirmar que la termografía es una técnica ciertamente bien adaptada como método de END para sistemas que sean malos conductores del calor. En este caso está especialmente indicado el uso de un modelo unidimensional analítico, que cubra un volumen poco extendido del sistema objeto del estudio.

#### 6.4. VENTANAS INFRARROJAS.

Una ventana infrarroja es, una ventana, que se usa para separar un ambiente a una presión o temperatura determinada, de otro a una presión o temperatura diferentes. La característica principal es que permiten el paso de energía entre los dos ambientes en una longitud de onda electromagnética específica.

Estas ventanas son fabricadas con cristales especiales, transparentes a la radiación infrarroja, en diferente porcentaje según la longitud de onda.

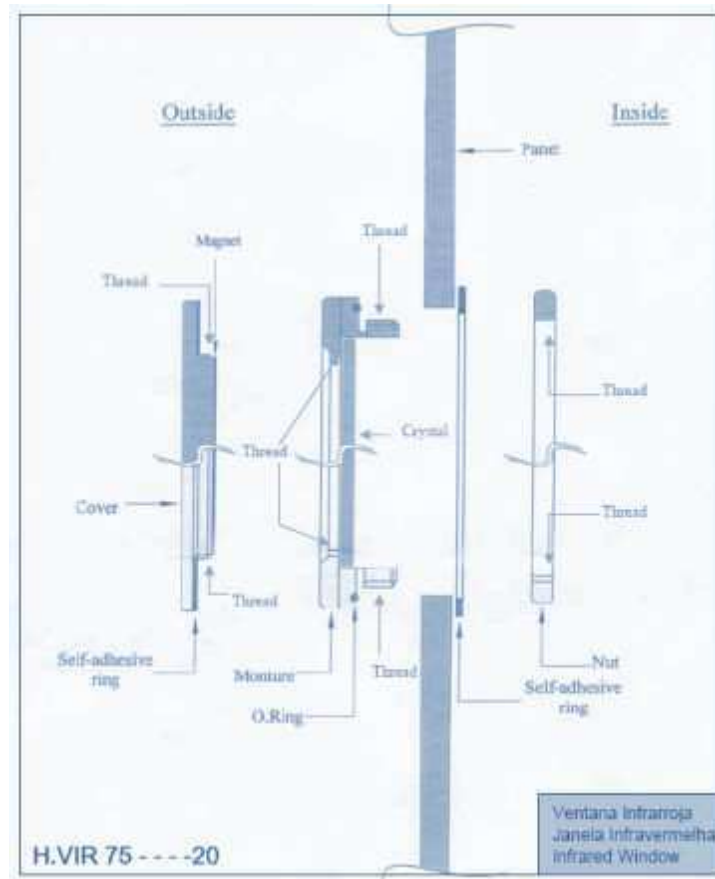


Figura. Esquema de las partes que integran una ventana infrarroja.

Normalmente se instalan en equipos en los cuales es necesario obtener información térmica de su interior (calderas, cajas de conexiones o de transformadores, conductos de barras, hornos, tableros de mandos, etc.); equipos herméticos que a su vez por razones de seguridad no es posible abrir y realizar mediciones en su interior.

La transmisión de la energía de un ambiente a otro, depende del material, espesor, pureza, tratamiento y terminación superficial y temperatura de la ventana en el momento de uso. Por lo tanto todas las ventanas infrarrojas no transmiten la misma intensidad de la radiación.

Como podemos observar en las figuras siguientes algunas ventanas infrarrojas son meras carcasas con un centro abierto, una óptica y una cubierta de protección. Dependiendo de los requerimientos del equipo donde va a ser instalada y las necesidades de cara a la toma de datos se eligen las características de la ventana, prestando especial atención a la banda en la cual son sensibles los instrumentos con los que se van a realizar las mediciones.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Figura. Ejemplo de ventana infrarroja.

### 6.5. Efectividad del uso de la termografía como método de END mediante el uso y tratamiento de las imágenes obtenidas.

La efectividad de la termografía aplicada a END puede ser mejorada mediante el tratamiento posterior de las imágenes. Esto tiene una influencia sobre las características de las cámaras, el NETD en particular, del cual depende la efectividad de detección de defectos.

#### 6.5.1. Evaluación de la imagen térmica

Hasta el momento se ha mostrado como interpretar la imagen térmica pero no hay que olvidar que lo que se tiene es una imagen radiométrica y, que para obtener la mejor información posible de ella, se puede operar sobre ella de diferentes modos.

Si bien es cierto que una vez tomada la imagen, no se pueden modificar el encuadre, el enfoque, ni el campo, hay otras herramientas que permiten modificar la imagen y resaltar mejor algunas características con el fin de mejorar su interpretación.

A continuación se exponen algunas utilidades que están disponibles tanto en la cámara infrarroja como en el software que se usa para el analizado de las imágenes.

##### 6.5.1.1. Gradiente de temperatura.

Como es sabido todo gradiente comporta una variación a lo largo del tiempo o el espacio. Para nuestro caso particular, en termografía, se puede observar una variación gradual de temperatura del cuerpo con la distancia o la superficie en la que se podrá ver el sentido del flujo de calor mediante el cambio de los colores que aparecen en la escala, si es que aún se ha de recurrir a ella, lo que puede pasar si aún no se está muy habituado a trabajar con imágenes térmicas.



Figura. Imagen infrarroja de distribución de calor en la cara de una persona.

En la imagen anterior se nos muestran la refrigeración producida por la respiración en la cara de una persona poniendo de manifiesto un gradiente de calor desde las mejillas hasta el centro de la nariz.

La existencia de un gradiente de temperatura en la mayoría de las ocasiones muestra importantes deficiencias, siendo el patrón más típico que se puede encontrar en la localización de problemas eléctricos, de humedades, puentes térmicos, etc. Su análisis e interpretación resulta fundamental para la inspección de la imagen termográfica.

#### 6.5.1.2. Datos de temperatura.

Una de las ventajas de este tipo de cámaras es que se puede disponer sobre la imagen tantos puntos de medida se deseen, obteniendo así los primeros datos numéricos del análisis. Dado que la pantalla de la cámara es pequeña se recomienda no disponer un gran número de ellos con el fin de no llenar la imagen de información, más aún si se está realizando una inspección. Siendo más que suficientes uno o dos puntos para obtener toda la información necesaria del problema. No obstante, posteriormente y mediante software, se podrá adicionar de una manera más rápida tantos puntos como sea necesario o se deseen.

La herramienta área ayuda a cuantificar rápidamente la temperatura máxima, mínima y la media del área seleccionada. Cuando se seleccione un área, lo importante es hacerlo con exactitud evitando incluir zonas de medida que no sean de interés, ya que éstas adulterarán considerablemente los datos falseando la medida que se desea obtener.

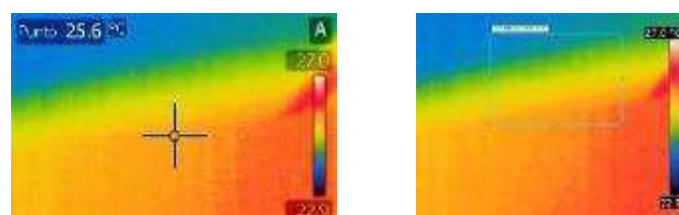


Figura. Herramientas puntero y área.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.

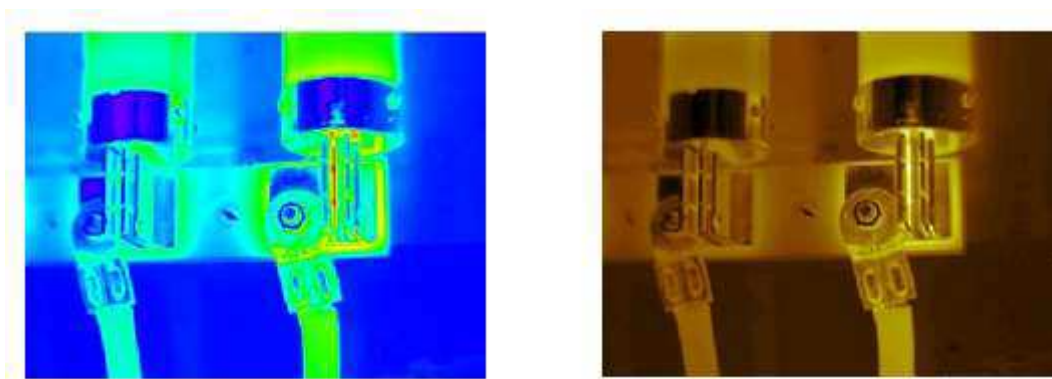


### 6.5.1.3. Paletas de colores.

Aunque se puede pensar que el uso de diferentes paletas de color en la imagen termográfica es puramente estético, en verdad su papel es más importante, ya que cuando se realiza una asignación de color a los datos de temperatura que forman la termografía, la imagen obtenida se puede percibir de una manera totalmente diferente.

Evidentemente el uso de paletas que no ofrezcan una secuencia con sentido, puede llevar a engaño si no se acompaña a éstas con una escala de temperaturas graduadas.

En la siguiente figura se muestran dos imágenes, a la izquierda se ha usado una paleta llamada espectral o arco iris ampliamente usada en diversos campos (astronomía, medicina, cartografía, simulación en dinámica de fluidos, etc.) ya que los colores mostrados siguen el orden que les corresponde según su longitud de onda; a la derecha con una paleta de las llamadas perceptivas, se muestra la misma imagen.



*Figura. Aplicación de diferentes paletas a una imagen termográfica.*

Como puede observarse la imagen de la izquierda de la figura anterior puede inducir a error debido a que la transición entre colores no es inequívoca, por el contrario en la de la derecha, se percibe de una manera más directa las zonas que poseen mayor temperatura.

Todo esto es debido a la facilidad con la que luminancia se percibe, cosa que, por el contrario, no ocurre con los colores, aún y cuando éstos se representen en su ordenación física, como en el caso de la paleta arcoíris.

La paleta de color elegida debe ser capaz de facilitar la percepción en cuanto a variaciones de temperatura se refiere, debiéndose elegir la paleta que mejor se adapte, al estudio que pretenda llevar a cabo sobre la imagen termográfica.

En general, es aconsejable dejar el uso de las paletas no perceptivas para simple diferenciación de zonas específicas de la imagen y por el contrario utilizar

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



degradados de color simple con variaciones de luminancia uniforme para la representación de grupos de datos que guarden un orden particular, como es el caso de las termografías.

#### 6.5.1.4. Isoterma.

Es una de las herramientas más importantes y que mejor se deben manejar. Al aplicar esta herramienta cambiarán algunos colores de la escala de la imagen, por otro fijo y de elevado contraste, para así demarcar un intervalo con igual temperatura aparente.

Los límites de la isoterma se podrán ampliar o reducir de arriba abajo, ensanchar o estrechar, siempre dentro del intervalo de temperaturas mostradas en la imagen.

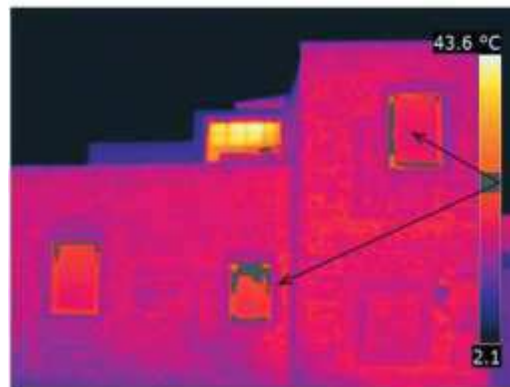


Figura. Aplicación de la herramienta: isoterma.

#### 6.5.1.5. Ajuste térmico.

Es otra de las herramientas más importantes. Permite el ajuste de la escala de colores al objeto sobre el que se está midiendo, aumentando el contraste y eliminando zonas que no son de interés.

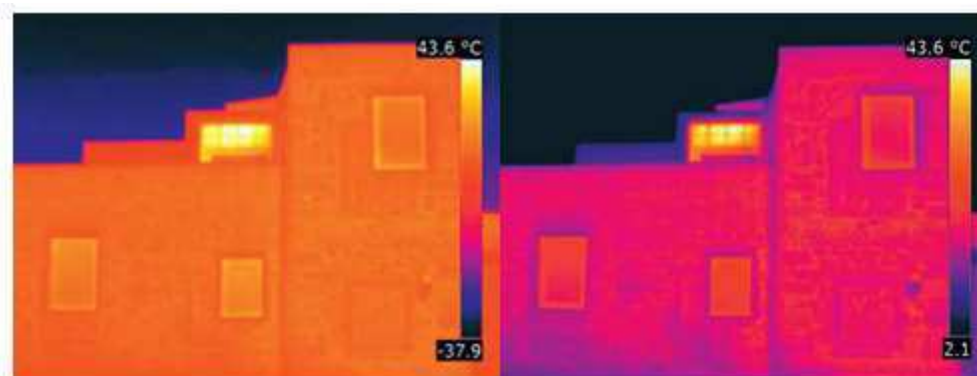


Figura. Uso de la herramienta: Ajuste térmico.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



#### 6.5.1.6. Perfiles de temperatura.

Esta herramienta nos muestra, a lo largo de una línea recta trazada sobre la imagen, la evolución de la temperatura. Siendo el resultado una gráfica, con la temperatura en el eje vertical y la distancia en el eje horizontal.

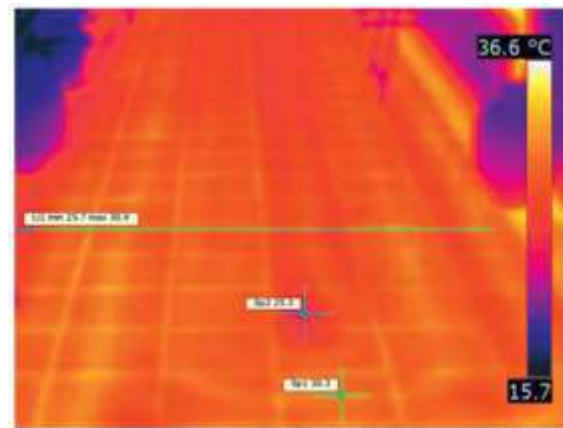


Figura. Uso de la herramienta: Perfil de temperatura.

#### 6.5.1.7. Modo vídeo IR.

Actualmente casi todas las cámaras termográficas permiten realizar vídeos termográficos, sean éstos radiométricos o no. El que sea o no radiométrico quiere decir que si el video es radiométrico se podrá realizar un análisis cuantitativo de la información obtenida, mientras que si no lo es, con el vídeo termográfico que se obtendrá sólo se podrá realizar un análisis cualitativo.

De una forma más correcta el video radiométrico IR está formado por secuencias de imágenes infrarrojas con valores de medida en cada pixel en video digital para visualizar y analizar valores de medida. Mientras que el video IR lo forman secuencias de imágenes infrarrojas en formato de video digital estándar para visualizar imágenes.

Si se está analizando un sistema eléctrico y se está interesado en ver los picos de consumo en el arranque de determinados equipos ésta herramienta resulta bastante útil. También resulta útil cuando se quiere ver la inercia térmica de un edificio ya que permite ver la evolución térmica de éste.

#### 6.5.1.8. Fusión térmica.

Ésta opción, nos permite incluir imagen térmica en la imagen real con el acertado fin de facilitar la identificación del objeto bajo estudio, ya que en ocasiones si no se realizara de este modo resultaría del todo imposible identificar el elemento termografiado, solamente mediante la imagen termográfica de éste.

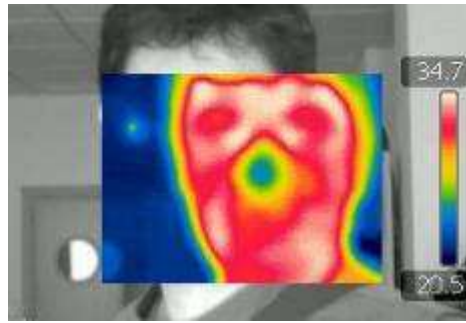


Figura. Uso de la herramienta fusión.

#### 6.5.1.9. Reflejos.

Hay que tener en cuenta que no sólo se refleja la luz visible, si no que la radiación infrarroja también, pudiendo confundir al operador, ya que el objeto de medida estará siempre influenciado por distintas superficies con carácter reflectante y que incidirán sobre nuestra cámara y que pueden ser interpretadas como fuentes de radiación térmica. Evitar esta situación resulta fundamental ya que dichos reflejos desvirtúan la imagen captada.

En algunas ocasiones se verá claramente que el reflejo es producido por una superficie que se comporta como un espejo térmico. Otras veces, la mayoría de hecho, será el reflejo del propio operario sobre el objeto que se está inspeccionando, el causante de la citada anomalía. En éste último caso esto se puede descubrir fácilmente, si al moverse el operario el posible punto caliente se mueve, o si al cambiar el ángulo de enfoque de la cámara el reflejo desaparece, comprobándose así que será su propio reflejo.

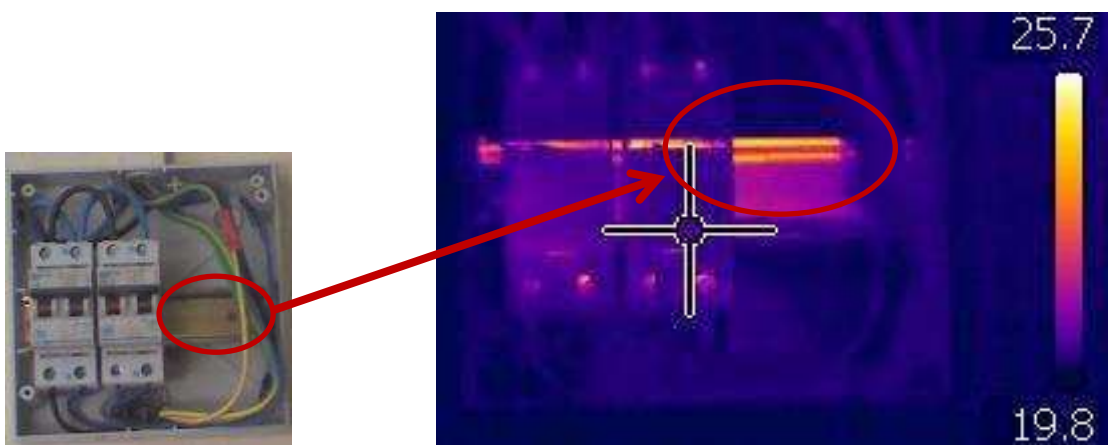


Figura. Efectos de los reflejos.





## 7. Puntos a tener en cuenta en el uso de la cámara termográfica.

- Se debe saber manejar conceptos de: transferencia de calor, materiales y sus propiedades, la atmósfera y su influencia además de distintas variables que afectan al trabajo.
- Adicionalmente al punto anterior se debe recibir formación reglada realizando un curso que capacite como Termógrafo. Debiendo estar el centro de formación o profesional independiente que imparte dicha formación capacitado por alguna entidad de reconocido prestigio.
- Adecuar la cámara a su uso, ya que no todas las cámaras termográficas son adecuadas para cualquier tarea. Existen dos tipos de cámaras, de onda larga y de onda corta, en función de las necesidades, se optará por un equipo y otro.
- Hay que tener en cuenta la resolución que es capaz de mostrar la cámara y óptica que la acompaña. La calidad de las imágenes obtenidas dependerá del diseño del detector, el número de píxeles que genera la imagen, lo adecuado de su óptica, su fabricación y montaje.
- La selección de un rango apropiado de temperatura resulta esencial para poder extraer la máxima información posible de la imagen térmica.
- El modo de toma de la imagen es sumamente importante una buena posición respecto al objeto, un correcto ángulo de toma de la imagen, evitar los reflejos, un adecuado enfoque, etc., deviene en la obtención de una imagen correcta que resulta fundamental para el posterior diagnóstico.
- El identificar de un modo correcto los elementos termografiados y no olvidar tomar las imágenes visuales de los mismos, es fundamental a la hora de poder referenciar las imágenes obtenidas. Especialmente si la inspección incluye elementos con gran parecido entre sí.
- Una vez obtenida la imagen térmica, hay que analizarla como un todo prestando atención tanto a los puntos calientes como a los fríos, ya que las singularidades pueden no mostrarse mediante una temperatura alta además hay que tener en cuenta que los colores no siempre identifican la deficiencia.
- Cuando se proceda a la elaboración del informe hay que hacerlo con tiempo y de forma correcta, incluyendo toda la información obtenida de las imágenes



analizadas, dejando claro el alcance de dicho informe e intentando no retrasar demasiado su elaboración.

- La termografía es una técnica en constante evolución por lo que se debe estar en continuo aprendizaje y reciclaje. Abarcando no tanto la formación, como equipos y software con el fin de cometer el menor número de errores posible.

### 7.1. Herramientas habituales.

Además de la cámara termográfica, es recomendable la adquisición de las siguientes herramientas:

- Baterías adicionales y cargadores para el coche y red.
- Bolsa de plástico. Para proteger la cámara de fenómenos adversos
- Cinta aislante negra. Ayudará a convertir objetos de baja emisividad en alta.
- Equipos de medida: multímetro, higrómetro, termómetros de contacto, sondas de temperatura, anemómetros, etc.
- Juego de destornilladores y llaves para abrir cuadros eléctricos con cierres estándar.
- Mochila con distintos alojamientos para la cámara y herramientas.
- Papel de plata. Ayudará a calcular la temperatura aparente reflejada o a apantallar objetos que reflejen radiación sobre lo que estamos midiendo.
- Smartphone. Dan la posibilidad de realizar informes in situ.
- Tarjeta de memoria de gran capacidad para contener las imágenes.
- Trípode: para mejorar la estabilidad de la cámara.



*Figura. Equipo y herramientas habituales.*



## 7.2. Elaboración de un informe termográfico.

Como ya hemos indicado anteriormente cuando se proceda a la elaboración del informe hay que hacerlo con tiempo y de forma correcta, incluyendo toda la información obtenida de las imágenes analizadas, dejando claro el alcance de dicho informe e intentando no retrasar demasiado su elaboración.

Además para la elaboración del informe termográfico posterior a la inspección termográfica, se deben contemplar los siguientes puntos:

- Fecha lugar y hora de la inspección.
- Empresa, responsable de la inspección y su capacitación profesional.
- Alcance de la inspección, incluyendo, si es necesario, lo que no incluye para no dar lugar a equívocos.
- Procedimiento de análisis y método, ya sea cualitativo o cuantitativo.
- Listado de las inspecciones: equipos, maquinas, edificios, etc.,
- Equipo usado y fecha de la última calibración.
- Datos obtenidos.
- Resultados, conclusiones recomendaciones y posibles mejoras.

## 8. APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA.

Como hemos visto es posible por tanto detectar, comparar y determinar variaciones de temperatura, que pueden indicar posibles deficiencias o fallos que están empezando a generarse y que pueden producir en el corto o mediano plazo una parada de planta y/o un siniestro afectando personas e instalaciones.

El uso de esta tecnología en conjunto con los métodos tradicionales, permite la reducción de los tiempos de parada, minimizando puestas en fuera de servicio imprevistas o no programadas, ya que su uso beneficia la planificación del mantenimiento y las reparaciones. Adicionalmente, redundan en la reducción de costos debido a ahorros de energía, protección de los equipos, velocidad de inspección y diagnóstico, verificación rápida y sencilla de la reparación, etc.

La medida de temperatura es fundamental en multitud de procesos. Siendo algunos de los campos de aplicación:

### Aplicaciones en electricidad.

El objetivo principal es detectar componentes defectuosos fundamentándose en el incremento de la temperatura como consecuencia de un aumento inusual de su resistencia óhmica. Las causas que originan estos defectos pueden ser:

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



- Armónicos.
- Degradación de los materiales aislantes.
- Desequilibrio de fases.
- Estado de bobinados de motores/generadores.
- Estado de conexiones, bornes y aisladores.
- Estado de Fusibles, seccionadores e interruptores.
- Estudio de escobillas en motores/generadores DC.
- Estudio e histórico de transformadores.
- Inducciones magnéticas.
- Suciedad en conexiones y/o en contactos.

De modo que el uso de la termografía previene todo tipo de problemas, tales como cortocircuitos o fallos en la alimentación a otros sistemas; problemas que si no se detectan a tiempo podrían derivar en otros riesgos como incendios, o daños personales.

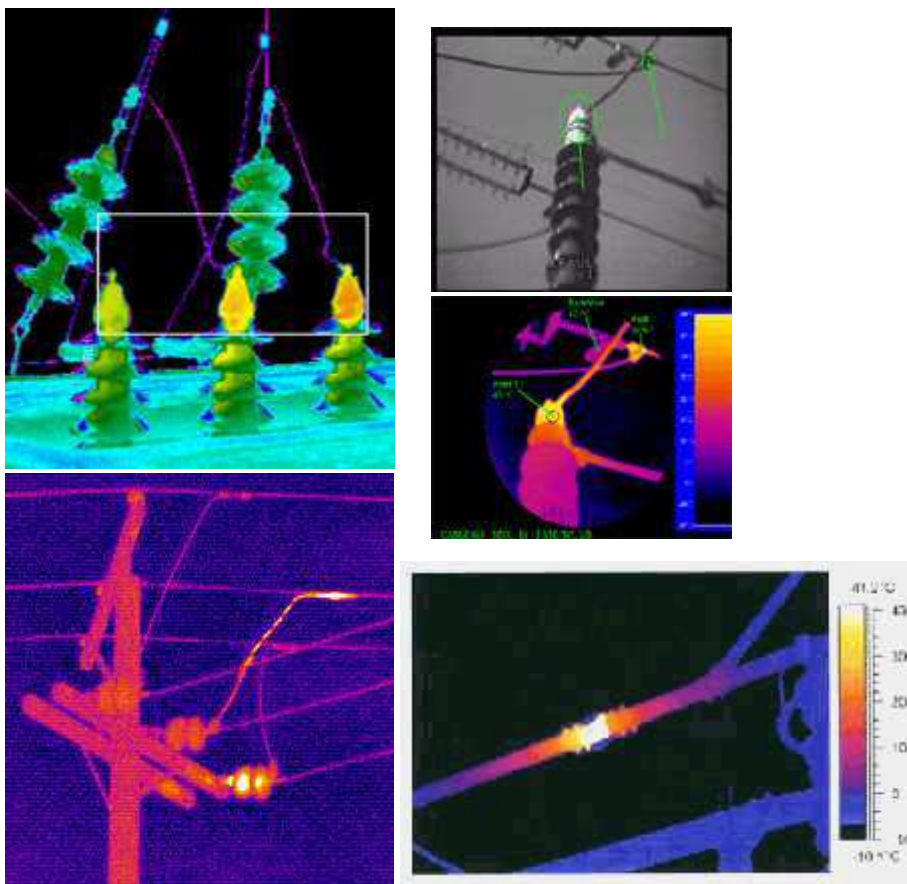


Figura. Observación de líneas de alta tensión.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



## Aplicaciones en Electrónica.

Merced a la termografía resulta posible estudiar el comportamiento térmico de placas de circuito impresas y componentes electrónicos, no solo de manera puntual sino de manera gráfica, ayudando a la obtención de toda la información necesaria para el cálculo de componentes, sistemas de refrigeración etc... necesarios para el correcto diseño de este tipo de circuitos. Algunas de las aplicaciones más importantes en este campo son:

### ❖ *Comprobación de patrones de cableado.*

En circuitos electrónicos los patrones de cableado para componentes han de ser de máxima precisión posible. El ancho de estos patrones es del orden de micras, y cuando se produce un fallo, es muy difícil detectar la causa del problema. Las cámaras termográficas captan la radiación infrarroja del objeto, y pueden detectar agujeros sin ningún problema ya que no influye la iluminación exterior, que si afecta a las cámaras de visión normal.

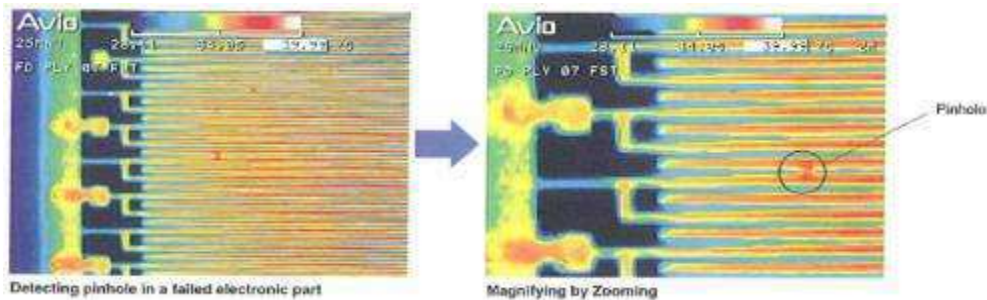


Figura. Fallo en el patrón de cableado de un circuito electrónico.

### ❖ *Medición de la temperatura en estado estacionario:*

Analizar los datos de distribución de temperatura en estado estacionario ayuda a diseñar sistemas de disipación térmica, reguladores o refrigeradores.

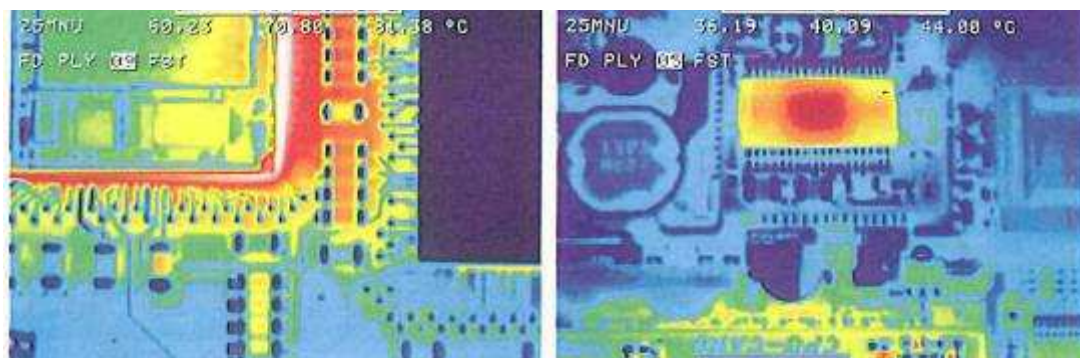


Imagen. Temperatura de Distribución en una placa electrónica.

### ❖ *Cambios de Temperatura justo después de encendido.*

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Al suministrar alimentación a una placa se observa el incremento de temperatura.

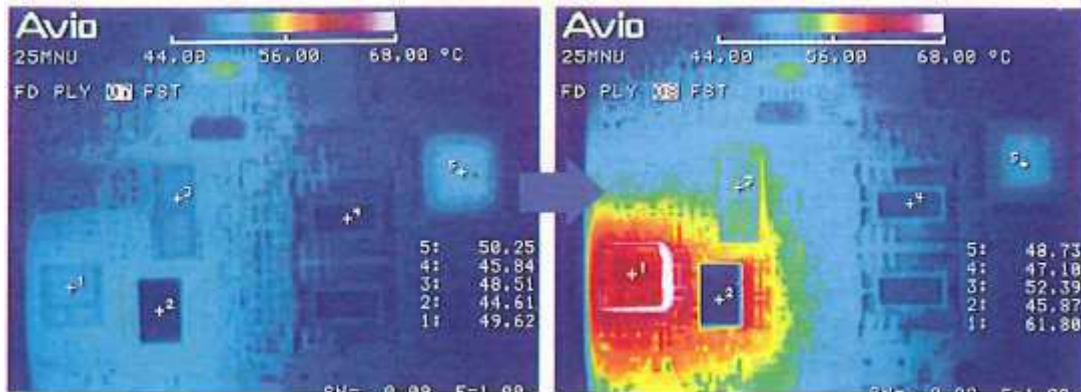


Imagen. Cambio de temperatura de la placa de circuito impreso después de suministrar energía

Algunas del resto de las aplicaciones más comunes son:

- Cálculo de refrigeradores y radiadores.
- Dimensionado de componentes.
- Estudio de componentes.
- Estudio de placas electrónicas.
- Estudios comparativos de carga.
- Investigación y Desarrollo de nuevos sistemas

#### Aplicaciones en mecánica y maquinaria.

Su uso reduce los costes de mantenimiento, al poder detectar las fricciones, malas alineaciones, rozamientos, etc. que provocan una reducción en la vida útil de las máquinas y sistemas de transmisión. Esta técnica puede prevenir a tiempo problemas más serios, tales como gripajes, o deformación de materiales. Se recomienda su uso en:

- Estado de los lubricantes.
- Estudio de cojinetes.
- Estudio de motores y generadores.
- Estudio de rodamientos y poleas.
- Malos alineamientos.
- Sistemas de transmisión y cajas de cambios.
- Soldaduras. - Otros.

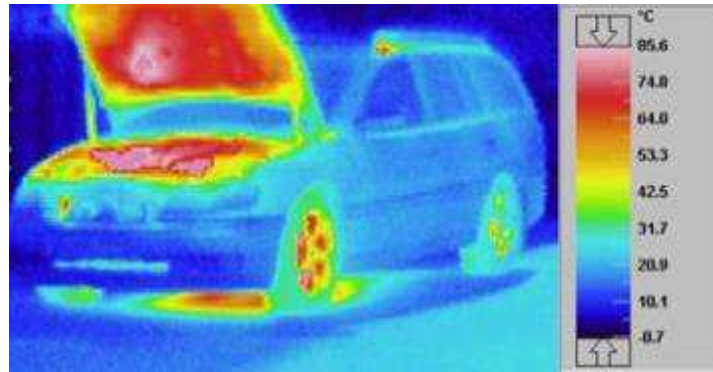


Imagen. Observación del motor y frenos de un automóvil.

### Aplicaciones en instalaciones industriales.

El uso de esta técnica proveerá de información que ayudará a reducir y detectar, problemas de mantenimiento y eliminará sorpresas no deseadas. Puede detectar anomalías en procesos industriales como son la corrosión, grietas, erosiones, estrechamientos, fugas, bloqueos, etc.

- Estado y estudio de válvulas.
- Detección de tuberías subterráneas.
- Nivel de líquido de tanques (y sólido).
- Estudio de refractarios.
- Estudio de pérdidas térmicas.
- Fugas de vapor.
- Pérdidas de vacío.
- Fugas complejas de instalaciones de agua.

### Aplicaciones en control de calidad en la producción.

En cadenas de montaje o fabricación de componentes.



Imagen. Línea de producción.

### Aplicación en control de plagas.

Resulta útil en la búsqueda de nidos y colonias de insectos, que a simple vista éstos no se ven, por estar bajo alguna superficie.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



*Imagen. Nido de insectos en una edificación.*

### **Aplicación en edificación.**

Dado que en este apartado, intervienen numerosos factores, su aplicación resulta tan enorme como indicada para detectar problemas de:

- Análisis energético de los cerramientos de un edificio por evaluación de las pérdidas energéticas.
- Comprobación mediante la localización de pérdidas energéticas de posibles fallos en la construcción (puentes térmicos, fallos de aislamiento de fachadas, materiales aislantes defectuosos, ejecución cajones de ventanas...).
- Detección de defectos en soldaduras o en juntas.
- Detección de fugas de aire en carpintería. Verificación de sellados.
- Detección de fugas en tejados de cubierta.
- Ensayo "in situ" de hermeticidad de puertas y ventanas comprobándose los puntos de fuga de calor a través de dichos cerramientos.
- Ensayo de localización de puntos de propagación de moho mediante el estudio de puentes térmicos.
- Ensayos en instalaciones de fontanería, climatización y calefacción.
- Estado de secado de una superficie.
- Estado del aislamiento en redes de tuberías.
- Estudios de confort térmico.
- Identificación de grietas.
- Identificación y localización de humedades.
- Localización de fugas y correcto funcionamiento en suelos radiantes.
- Verificación de las células en paneles solares.
- Verificación del correcto funcionamiento de instalaciones y sistemas de climatización.

**Proyecto:** *Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.*

**Autor:** *José Bilotta Hellín.*

**Director:** *Federico López-Cerón de Lara.*



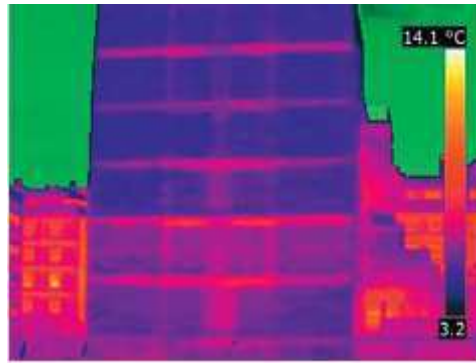


Imagen. Puentes térmicos en un edificio.

### Aplicación en obras artísticas.

Su uso se está extendiendo y uniendo al de los rayos X, ayudando a la restauración de obras de arte.

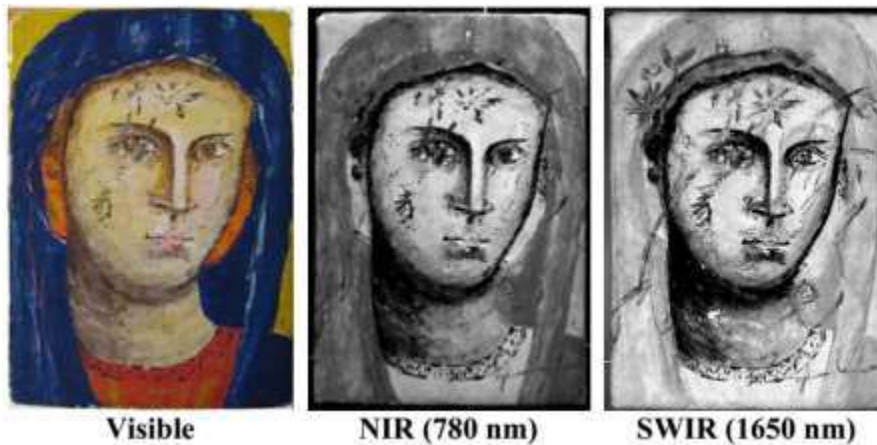


Imagen. Revelación de imágenes ocultas bajo pinturas.

### Aplicación en obra civil:

Igualmente que en edificación, esta técnica resulta de gran valor, a la hora de realizar un control de calidad sobre cualquier obra o instalación.

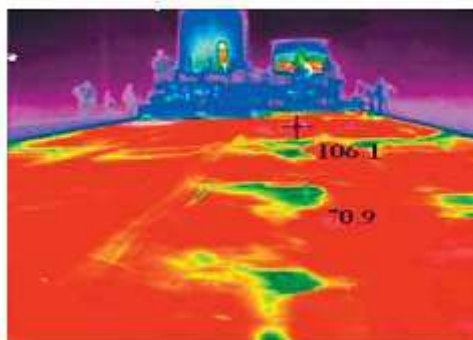


Imagen. Zonas frías en la capa de mezcla bituminosa.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



### Aplicación en vigilancia.

Control de emisiones, vigilancia de tráfico, prevención de incendios, control de espacios, etc.



*Imagen. Vista aérea de una población.*

### 8. Aplicación práctica en END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

La evaluación no destructiva comprende, además del proceso de inspección utilizando varias técnicas no destructivas para localizar y medir uno o varios defectos en un elemento estructural o mecánico; todo un análisis con el que se da una interpretación desde el punto de vista estructural o mecánico del comportamiento del elemento en cuestión, considerando la localización y características del defecto identificado y las condiciones de carga a las que está sometido. Todo ello con objeto de calcular la vida útil, o remanente en las condiciones presentes y futuras de operación y establecer un criterio objetivo de la salud del elemento en particular.

Esta técnica, la termografía infrarroja, resulta enormemente adecuada para su aplicación como método de Ensayo No Destructivo, debido a sus características, explicadas con anterioridad.

Como ya hemos indicado en el caso de la revisión de instalaciones, la termografía infrarroja es una herramienta de diagnóstico fundamental. Siendo su empleo en auditorías energéticas de edificios, instalaciones, etc., cada vez más frecuente. Ya que ésta permite al técnico detectar y evaluar deficiencias con gran facilidad y sirviendo de base para redacción de informes técnicos que reflejen la situación en la que se encuentran las instalaciones.

Es por ello, que se ha decidido su aplicación en la realización de un estudio predictivo de parte del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT en el campus Alfonso XIII, en concreto de los talleres que el Dpto. de Materiales y Fabricación dispone en este lugar.

Dado su carácter más que relevante, dicho estudio predictivo se incluye en el presente proyecto como un anexo.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



## 9. Bibliografía

Artículos, libros y manuales consultados:

- Aplicaciones de la tecnología infrarroja. Rodrigo Larenas Torrealba. Revista de Marina. Armada de Chile. Nº2 1999.
- Comparison of Thermal Imaging Systems Used in Thermography as a Non Destructive Testing Method for Composite Parts. Nathalie Gerlach, Haute Ecole Rennequin Sualem, Liège, Belgium.
- Detección lock-in intermodulada. Gustavo Rubín Linares, José A. Dávila Pintle, José Soto Manríquez. “Segundo congreso nacional de electrónica”. Puebla, México. Septiembre de 2002...
- Errores en los programas de inspección con termografía. 5º Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad. Septiembre 2009.
- Guía Básica a la Termografía. Land Instruments International. 2004.
- Guía de la termografía infrarroja: Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. 2011.
- Guía sobre termografía para aplicaciones en edificios y energía renovable. FLIR. 2011.
- Imágenes por radiación infrarroja y termografía. Natalia Sánchez y Juliana Velásquez Gómez. Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) e Instituto de Ciencias de la Salud (CES).
- Infrared Detectors. Antoni Rogalski. Ed. CRC Press. 2011
- Infrared Thermography by Raghu V.Prakash. Ed. InTech. 2012.
- Infrared Thermography Errors and Uncertainties. Waldemar Minkina and Sebastian Dudzik. Ed Wiley. 2009.
- Infrared vision applications for the nondestructive testing of materials. Clemente IBARRA-CASTANEDO, Abdelhakim BENDADA, Xavier P.V. MALDAGUE. 5th Pan American Conference for NDT. 2011, Cancún, México.
- La paleta espectral (arco iris). Revista digital de InfoVis.net nº 192. 2008.
- Métodos innovadores de inspección de estructuras de materiales compuestos. D. Balageas. Ed. V Amigò et al., Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, pp1065-1080, 2005.
- Termografía, guía de bolsillo. Testo AG. 2008.
- Theory and practice of infrared technology for Nondestructive Testing. Xavier P. V. Maldague. Wiley. 2001.



Páginas Web consultadas:

- <http://es.wikipedia.org>
- <http://irimaging.com>
- <http://girta.ens-cachan.fr/>
- <http://thermosense.org/>
- <http://www.aaende.org.ar>
- <http://www.aend.org>
- <http://www.aetir.com/>
- <http://www.camarastermograficas.es>
- <http://www.flir.com/es/>
- <http://www.fluke.com>
- <http://www.interempresas.net>
- <http://www.irapps.com/>
- <http://www.irtraining.eu/>
- <http://www.landinst.es>
- <http://www.ndt.net>
- <http://www.slideshare.net>
- <http://www.termografia.com>
- <http://www.termografia.com.mx>
- <http://www.termografics.com/>
- <http://www.testo.es>



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
Escuela Superior de Ingeniería Industrial



## 10. ANEXOS.

### 10.1. Análisis predictivo mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de los talleres del Dpto. de Materiales y Fabricación en campus Alfonso XIII en la UPCT.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

## ***ANEXOS.***

***Análisis de pérdidas energéticas y deficiencias mediante termografía infrarroja del edificio de la Biblioteca de la UPCT e instalaciones de los talleres del Dpto. de Materiales y Fabricación en campus Alfonso XIII.***



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
Escuela Superior de Ingeniería Industrial



# **ANÁLISIS DE PÉRDIDAS**

## **ENERGÉTICAS Y DEFICIENCIAS**

### **MEDIANTE TERMOGRAFÍA INFRARROJA**

**Edificio de la Biblioteca de la UPCT e instalaciones de los talleres del Dpto. de Materiales y Fabricación en campus Alfonso XIII.**



***Ingeniería Técnica Industrial, Esp. Mecánica***

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



## ÍNDICE

Introducción.

Captación 1-7: Envoltente exterior. Fachada principal.

Captación 8 y 9: Envoltente exterior. Fachada lateral.

Captación 10 y 11: Envoltente exterior. Fachada trasera.

Captación 12: Envoltente interior. Ventanales de fachada principal.

Captación 13-17: Envoltente interior. Ventanales de cubierta.

Captación 18-26: Envoltente interior. Sala de Metrotécnica.

Captación 27 y 28: Envoltente interior. Sala de Pañol.

Captación 29: Envoltente interior. Almacén.

Captación 30: Envoltente interior. Despacho 1.

Captación 31: Envoltente interior. Despacho 2.

Captación 32: Envoltente interior. Despacho 3.

Captación 33-35: Instalaciones. Electricidad: Cuadro general.

Captación 36: Instalaciones. Electricidad: Cuadro de compresor.

Captación 37: Instalaciones. Electricidad: Cuadro de Prensas.

Captación 38-40: Instalaciones. Electricidad: Cuadros Zona de soldeo en planta baja.

Captación 41: Instalaciones. Electricidad: Registro cableado a zona de soldeo 1ª planta.

Captación 42-46: Instalaciones. ACS.

Captación 47 y 48: Instalaciones. Aire Acondicionado: Sala de Metrotécnica.

Captación 49: Instalaciones. Aire Acondicionado: Despacho 2.

Captación 50 y 51: Instalaciones. Aire Acondicionado: Despacho 3.

Captación 52-55: Maquinaria. Equipos de soldadura.

Captación 56-58: Maquinaria. Compresor.

Captación 59: Maquinaria. Equipo auxiliar de compresor.

Captación 60-62: Maquinaria. Prensa.

Captación 63-65: Maquinaria. Sierra.

Captación 66 y 67: Maquinaria. Taladro.

Captación 68: Maquinaria. Amoladora.

Informe de síntesis.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.





### **Objeto del Informe:**

La finalidad de éste informe es identificar los puntos críticos de las diversas instalaciones y equipos que existen en el edificio objeto de estudio.

El presente documento contempla las capturas termográficas realizadas los días 24 y 25 de Abril de 2013 en el edificio e instalaciones de los talleres del Dpto. de Materiales y Fabricación en campus Alfonso XIII.

Los elementos revisados mediante termografías para comprobar su estado son los siguientes:

Envolvente exterior.

- Fachadas.

Envolvente interior.

- Ventanales de fachada principal
- Ventanales de cubierta.
- Sala de Metrotécnia.
- Sala de Pañol.
- Almacén.
- Despachos.
- Electricidad.

Instalaciones:

- ACS.
- Climatización.

Maquinaria y herramientas.

- Equipos de soldadura.
- Compresor.
- Prensa.
- Sierra.
- Taladro.
- Amoladora.

La captura de imágenes termográficas se realizó con las instalaciones en carga y diversa maquinaria funcionando durante como mínimo 1 hora.

### **INTRODUCCIÓN**

La captación de imágenes se ha realizado mediante la cámara termográfica FLIR T400.

En el presente informe se muestran las imágenes conjuntamente tanto termográficas como del espectro visible, señalando la relevancia y urgencia de cada una de las

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.





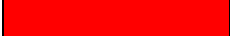


actuaciones. El sistema de evaluación empleado es el comparativo, entre un punto en condiciones normales y un punto crítico o caliente, considerándose nomenclatura siguiente:

$T_{PC}$  = Temperatura de Punto Crítico o Caliente ( $^{\circ}C$ )






$T_{CN}$  = Temperatura equivalente en Condiciones Normales de trabajo ( $^{\circ}C$ )

Adicionalmente se tiene en cuenta el rendimiento nominal en el momento del análisis y la temperatura máxima de trabajo para llegar a las conclusiones siguientes, aunque no definitivas:

$T_{PC} - T_{CN} \leq 10^{\circ}C$	→		Relevancia <b>Normal</b>
$10^{\circ}C < T_{PC} - T_{CN} \leq 20^{\circ}C$	→		Relevancia <b>Leve</b>
$20^{\circ}C < T_{PC} - T_{CN} \leq 40^{\circ}C$	→		Relevancia <b>Grave</b>
$40^{\circ}C < T_{PC} - T_{CN} \leq 70^{\circ}C$	→		Relevancia <b>Crítica</b>
$T_{PC} - T_{CN} > 70^{\circ}C$	→		Relevancia <b>Muy Crítica</b>

Como cada material tiene una emisividad diferente, resulta siempre necesario comparar temperaturas de elementos formados por el mismo material. Aunque la cámara realiza una corrección automática en base a factores que puedan afectar (como la temperatura ambiente, la temperatura reflejada, la humedad relativa y la distancia) existe un margen de error que se puede cuantificar entorno a +/-2%.

Tras la valoración de todos los aspectos enumerados se llega a una conclusión de la actuación que se tiene que llevar a cabo y listándose de menor a mayor urgencia:

	<b>Próximo predictivo</b>	No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.
	<b>Realizar seguimiento</b>	Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente o crítico usando la metodología y el personal más adecuado.
	<b>Lo antes posible</b>	Actuar lo antes posible teniendo en cuenta la dinámica de cada empresa y sus turnos de trabajo, se aprovechará el paro más inmediato para corregir el problema.
	<b>Urgente</b>	Estudiar la posibilidad de parar el proceso para corregir el problema.
	<b>Muy urgente</b>	Interrumpir el proceso inmediatamente para corregir el problema.

Para los casos de “Urgente” y “Muy urgente” se avisará inmediatamente a su evaluación y previamente a la redacción del informe con el objeto de que, estas deficiencias, se puedan remediar con la mayor celeridad y evitar daños mayores.

En el presente informe sólo se muestran las termografías que tienen una relevancia leve, grave, crítica o muy crítica. Adicionalmente se muestran termografías con una relevancia normal, pero que se ha decidido incluir dado su carácter informativo. El resto de las instalaciones revisadas están, a la fecha del estudio, en condiciones normales de funcionamiento y por eso no se han incluido en el presente informe.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



## ENVOLVENTE DEL EDIFICIO.

### ENVOLVENTE EXTERIOR: FACHADAS.

#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:01:20
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	19,0 °C
Distancia al objeto	15,0 m

Designación: Fachada Principal.  
Ubicación: Paseo Alfonso XIII.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara FLIR T400 Western

Fecha de imagen 25/04/2013 16:08:53

Emisividad 0,95

Temperatura reflejada 17,0 °C

Distancia al objeto 15,0 m

Designación: Fachada Principal.

Ubicación: Paseo Alfonso XIII.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Normal.

Sp1 20.0°C



**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta. Se observa una mayor temperatura en la zona de la puerta de entrada, fruto del material del que esta hecha (metal) que facilita una mayor transmisión de calor.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Mejoras:**

Se recomienda forrar la puerta de entrada con algún material aislante así como de asegurar la estanqueidad del cerramiento de esta para evitar la filtración de corrientes y humedad.

*Proyecto: Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.*

*Autor: José Bilotta Hellín.*

*Director: Federico López-Cerón de Lara.*



Se recomienda la eliminación de la vegetación existente en la unión entre la fachada del edificio y el suelo, a fin de evitar filtración de humedades y posibles desperfectos en la fachada.

**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara FLIR T400 Western

Fecha de imagen 25/04/2013 15:56:16

Emisividad 0,95

Temperatura reflejada 19,0 °C

Distancia al objeto 3,0 m

Designación: Fachada Principal.

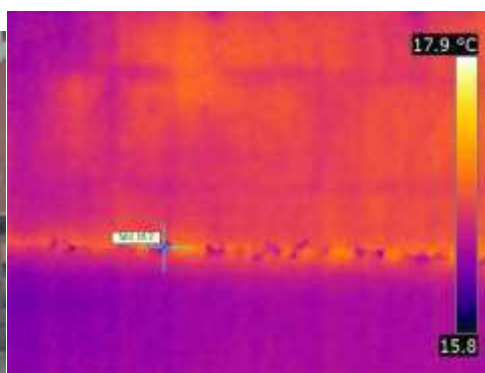
Ubicación: Paseo Alfonso XIII.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Normal.

Sp1 16.2°C



**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta. Se observa una menor temperatura en la zona de unión entre la fachada y el suelo, debido a la existencia de vegetación.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Mejoras:**

Se recomienda la eliminación de la vegetación existente en la unión entre la fachada del edificio y el suelo, a fin de evitar filtración de humedades y posibles desperfectos en la fachada.

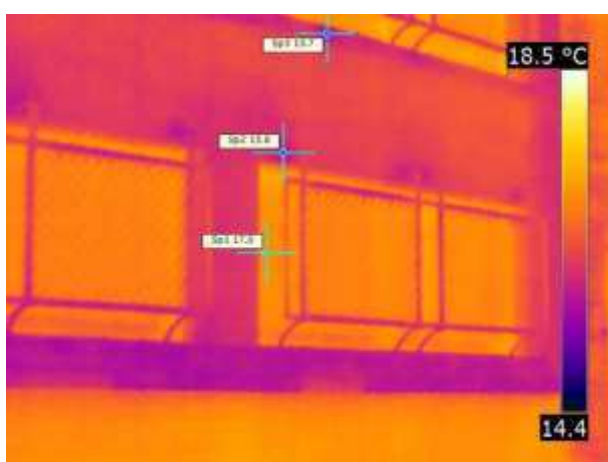
**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



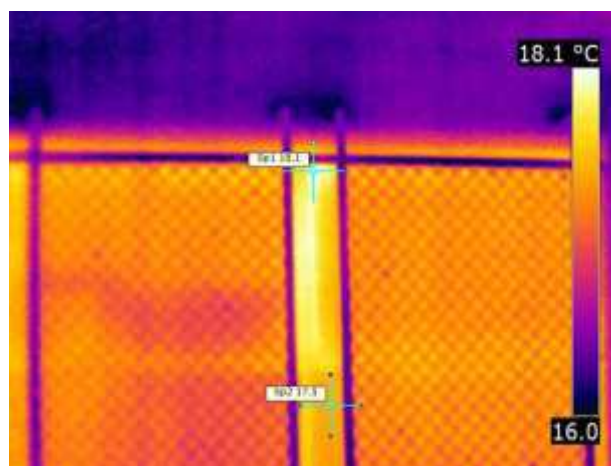
Designación: Fachada Principal: Ventanas.  
Ubicación: Paseo Alfonso XIII.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 15:55:52
Nombre de imagen	IR_2111.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	19,0 °C
Distancia al objeto	3,0 m

Sp1 <sub>1</sub>	17.0°C
Sp2 <sub>1</sub>	15.8°C
Sp3 <sub>1</sub>	15.7°C



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 15:57:32
Nombre de imagen	IR_2116.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	19,0 °C
Distancia al objeto	3,0 m

Sp1 <sub>2</sub>	18.1°C
Sp2 <sub>2</sub>	17.5°C

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa una mayor temperatura en la zona de los ventanales, debido a menor aislamiento que estos producen, respecto a los muros de fabricación.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Se observa una menor temperatura en el empotramiento del enrejado de los ventanales, debido al material empleado en rellenar las oquedades.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Mejoras:**

Se recomienda el cambio de los ventanales existentes de vidrio simple por unos de doble cristal y RPT a fin de mejorar el aislamiento y estanqueidad para evitar la pérdida excesiva de calor.

Se recomienda la aplicación de algún tipo de revestimiento aislante para fachadas en la zona de empotramiento del enrejado de los ventanales a fin de mejorar el aislamiento.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara FLIR T400 Western

Fecha de imagen 25/04/2013 16:08:53

Emisividad 0,95

Temperatura reflejada 17,0 °C

Distancia al objeto 15,0 m

Designación: Fachada Lateral.

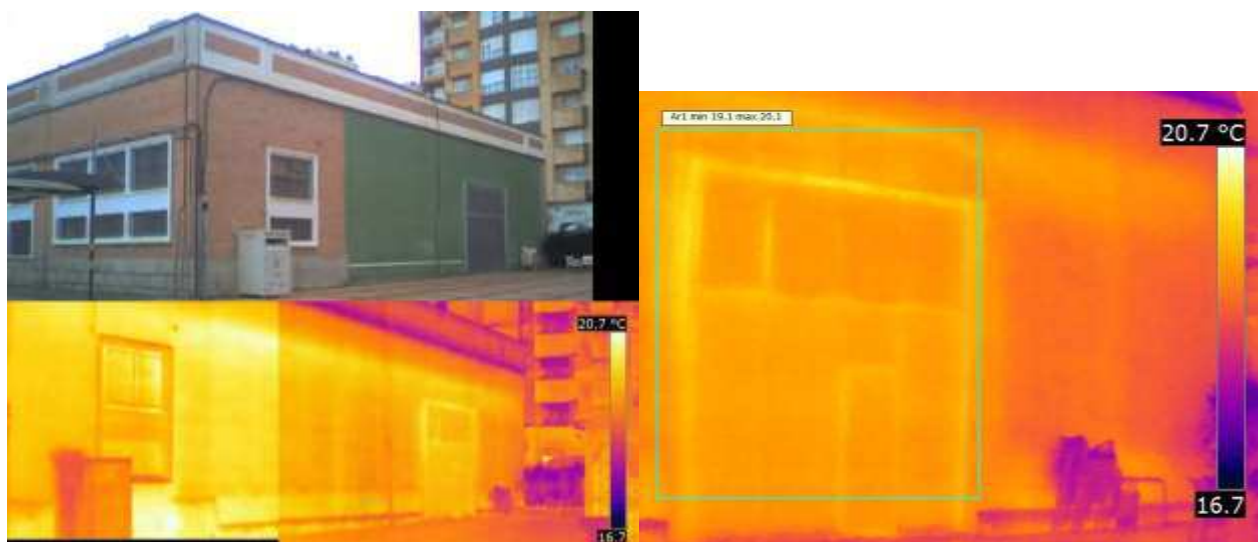
Ubicación: Paseo Alfonso XIII.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Normal.

Ar1	
Tmax	20.1°C
Tmin	19.1°C
Tmed	19.6°C



#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta. Se observa una mayor temperatura en la zona de la puerta lateral, entre la puerta y su dintel fruto del espacio que existe entre ellos, favoreciendo la circulación de aire.

#### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

#### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

#### Mejoras:

Se recomienda asegurar la estanqueidad de la puerta para evitar la filtración de corrientes y humedad.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.





**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:12:14
Nombre de imagen	IR_2149.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	17,0 °C
Distancia al objeto	15,0 m

Sp1	20.6°C
Sp2	19.2°C

Designación: Fachada Trasera.  
Ubicación: C\Carlos III.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:13:00
Nombre de imagen	IR_2153.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	17,0 °C
Distancia al objeto	15,0 m

Sp1	20.5°C
Sp2	18.5°C

Designación: Fachada Trasera.  
Ubicación: C\Carlos III.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa una mayor temperatura en la zona baja de la ventana, debido a la mayor temperatura a la que se encuentra la habitación fruto de tener encendida la calefacción.

#### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

#### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

#### Mejoras:

Se recomienda el cambio de los ventanales existentes de vidrio simple por unos de doble cristal y RPT a fin de mejorar el aislamiento y estanqueidad para evitar la pérdida excesiva de calor.

*Proyecto: Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.*

*Autor: José Bilotta Hellín.*

*Director: Federico López-Cerón de Lara.*



### ENVOLVENTE INTERIOR: VENTANALES DE FACHADA PRINCIPAL.



Designación: Ventanales Fachada Principal.

Ubicación: C\Carlos III.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Normal.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:23:18
Nombre de imagen	IR_2171.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	15,0 m

Sp1	18.0°C
Sp2	19.5°C

#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa una menor temperatura en la zona de los ventanales, debido a menor aislamiento que estos producen, respecto a los muros de fabricación.

#### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

#### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

#### Mejoras:

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Se recomienda el cambio de los ventanales existentes de vidrio simple por unos de doble cristal y RPT a fin de mejorar el aislamiento y estanqueidad para evitar la pérdida excesiva de calor.

**ENVOLVENTE INTERIOR: VENTANALES DE CUBIERTA.**

Designación: Ventanales de Cubierta.

Ubicación: Interior Talleres.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Normal.



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:25:00
Nombre de imagen	IR_2273.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	7,0 m

**Sp1 18.9°C**

**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 13:54:51
Nombre de imagen	IR_2076.jpg
Emisividad	0,97
Temperatura reflejada	30,9 °C
Distancia al objeto	7,5 m

**Sp1 18.1°C**  
**Sp2 18.6°C**

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

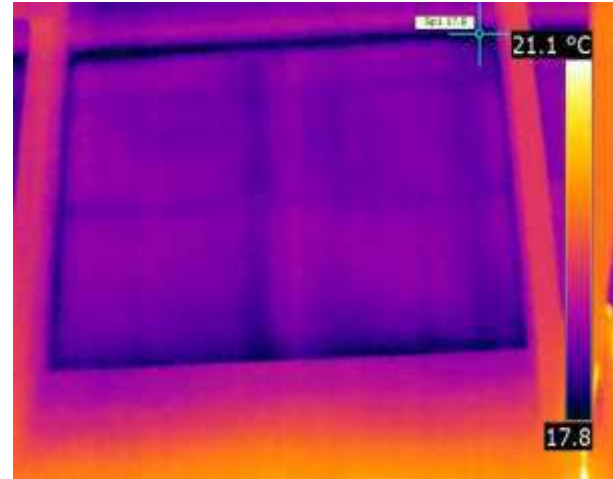
**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 13:54:56
Nombre de imagen	IR_2077.jpg
Emisividad	0,97
Temperatura reflejada	30,9 °C
Distancia al objeto	7,5 m

Sp1 17.9°C



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 13:55:02
Nombre de imagen	IR_2078.jpg
Emisividad	0,97
Temperatura reflejada	30,9 °C
Distancia al objeto	7,5 m

Sp1 17.8°C



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 13:56:19
Nombre de imagen	IR_2083.jpg
Emisividad	0,97
Temperatura reflejada	30,9 °C
Distancia al objeto	7,5 m

Pin

Ai



Ar1	
Tmax	20.1°C
Tmin	17.2°C
Tmed	18.7°C

idas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e

Director: Federico López-Cerón de Lara.



### **Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa una menor temperatura en la zona de unión de los marcos de los ventanales con el muro de fabricación, debido a la humedad y filtraciones de aire que se producen.

Se observa una menor temperatura en alrededor de la zona de salida de tubería de ventilación procedente de la zona de soldadura en la primera planta.

### **Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### **Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

### **Mejoras:**

Se recomienda el sellado de las juntas de unión entre los marcos de ventanas y el muro de fabricación, con el fin de evitar filtración de lluvia y aire previniendo la aparición de humedades que deterioren la edificación.

Se recomienda el sellado alrededor de la zona de salida de la tubería de ventilación a través del cristal del ventanal.

Se recomienda el cambio de los ventanales existentes de vidrio simple por unos de doble cristal y RPT a fin de mejorar el aislamiento y estanqueidad para evitar la pérdida excesiva de calor.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

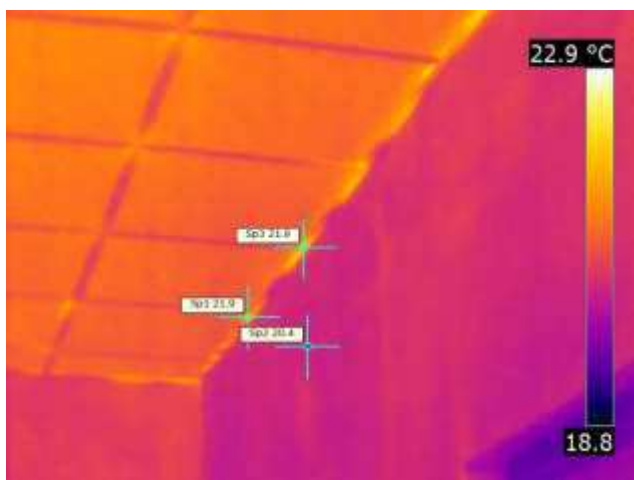
**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



**ENVOLVENTE INTERIOR: SALA DE METROTÉCNIA.**



Designación: Sala de Metrotécnica.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:20:22
Nombre de imagen	IR_2167.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	17,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Sp1	21.9°C
Sp2	20.4°C
Sp3	21.9°C

**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:19:34
Nombre de imagen	IR_2161.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	17,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Sp1	36.4°C
Sp2	20.4°C
Sp3	20.6°C
Sp4	23.3°C

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observan zonas con distinta temperatura en la zona de unión del falso techo con la pared. Las zonas de mayor temperatura es producto de filtraciones de aire siendo las de menor temperatura producto de la humedad.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Mejoras:**

Se recomienda el sellado de las juntas de unión entre el falso techo y el muro de fabricación, con el fin de evitar filtraciones de aire y humedad previniendo el deterioro de la edificación.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

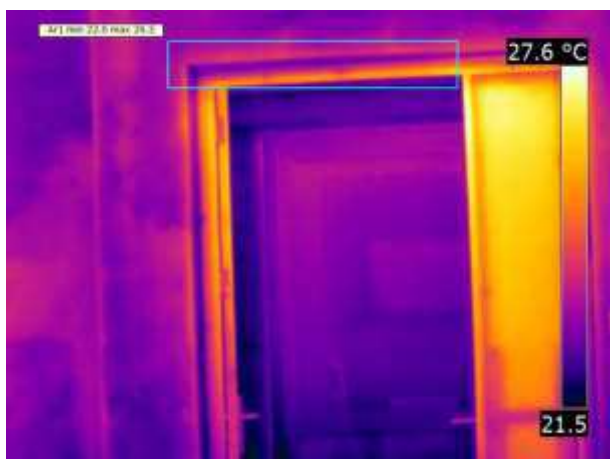
**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.





Designación: Sala de Metrotécnia.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:50:43
Nombre de imagen	IR_2209.jpg
Emisividad	0,98
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

<b>Ar1<sub>1</sub></b>	
<b>Tmax</b>	26.5°C
<b>Tmin</b>	22.0°C
<b>Tmed</b>	24.3°C



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:50:35
Nombre de imagen	IR_2207.jpg
Emisividad	0,98
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

<b>Ar1<sub>2</sub></b>	
<b>Tmax</b>	21.3°C
<b>Tmin</b>	20.4°C
<b>Tmed</b>	20.9°C

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa una menor temperatura en la zona de unión del marco de la puerta de entrada así como en la parte baja de esta, debido a las filtraciones de aire que se producen.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

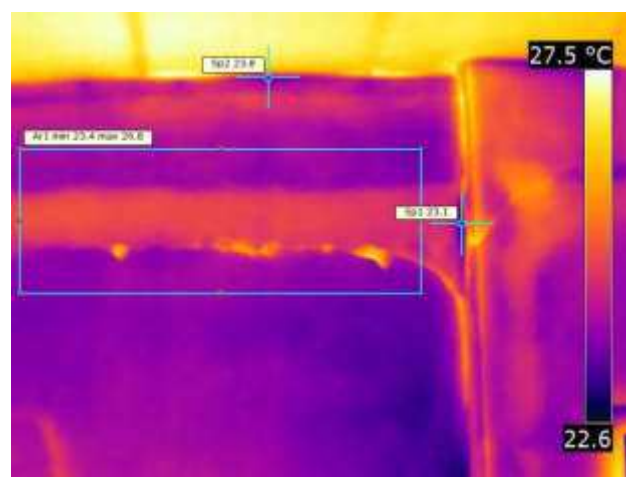
Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Mejoras:**

Se recomienda el sellado de las juntas de unión entre el marco de la puerta y la pared, así como la colocación de burletes en la parte baja de la puerta con el fin de evitar filtraciones de aire previniendo el deterioro de la edificación.



Designación: Sala de Metrotécnica.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:07:32
Nombre de imagen	IR_2237.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m

Ar1 <sub>1</sub>	
Tmax	26.4°C
Tmin	23.4°C
Tmed	24.9°C

**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:07:05
Nombre de imagen	IR_2235.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m

Ar1 <sub>1</sub>		Sp1	23.1°C
Tmax	26.8°C	Sp2	23.8°C
Tmin	23.4°C		
Tmed	25.1°C		

**Observaciones.**

Temperatura general correcta.

Se observa una grieta en una amplia zona de la pared. En la imagen termográfica se observa una mayor temperatura en una amplia zona de la pared, zona que coincide con la de la grieta. Una mayor temperatura en esta zona indica una degradación del material bajo la superficie, que provoca filtraciones.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Mejoras:**

Se recomienda el picado, saneado y posterior reparación de la zona, con el fin de evitar filtraciones de aire previniendo el deterioro de la edificación.

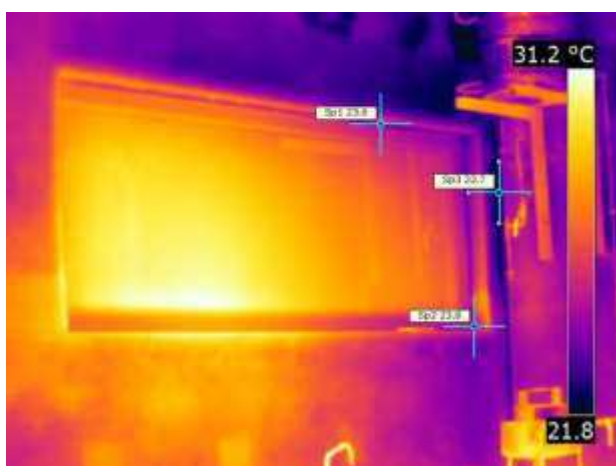
**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Sala de Metrotécnica.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:50:52
Nombre de imagen	IR_2211.jpg
Emisividad	0,98
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Sp1	23.6°C
Sp2	23.8°C
Sp3	22.7°C

#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

#### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

#### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Sala de Metrotécnica.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:18:09
Nombre de imagen	IR_2157.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	17,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Sp1	20.2°C
Sp2	19.6°C
Sp3	20.0°C

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

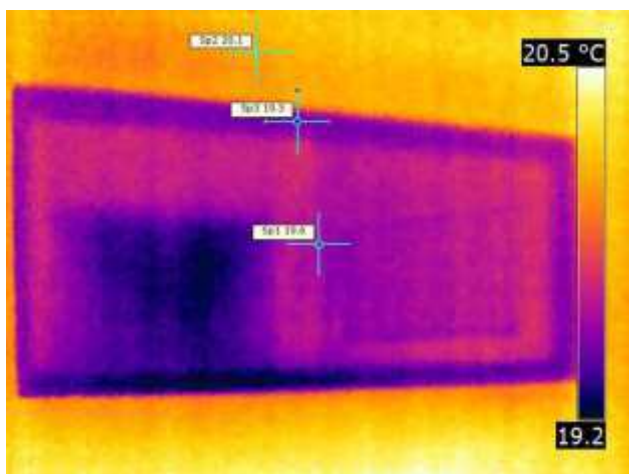
**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Sala de Metrotécnica.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:17:48
Nombre de imagen	IR_2155.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	17,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Sp1	19.6°C
Sp2	20.1°C
Sp3	19.5°C

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



**ENVOLVENTE INTERIOR: SALA DE PAÑOL.**



Designación: Sala de Pañol.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 17:31:27
Nombre de imagen	IR_2003.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	18.1°C
Sp2	18.6°C



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 17:33:32
Nombre de imagen	IR_2004.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,5 m

Sp1	18.1°C
Sp2	18.6°C

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.

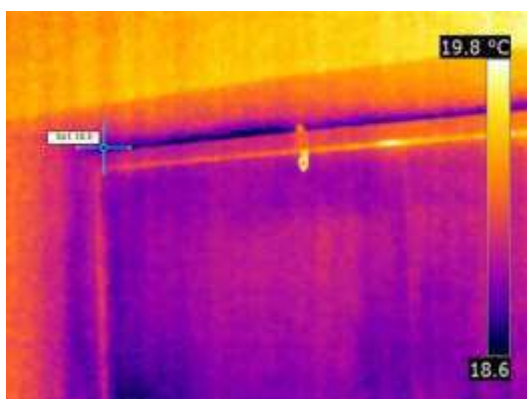




## ENVOLVENTE INTERIOR: ALMACÉN.



Designación: Almacén.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:19:01
Nombre de imagen	IR_2261.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m
Sp1	18.6°C

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa una menor temperatura en la zona de unión de los marcos de los ventanales con el muro de fabricación, debido a la humedad y filtraciones de aire que se producen.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

### Mejoras:

Se recomienda el sellado de las juntas de unión entre los marcos de ventanas y el muro de fabricación, con el fin de evitar filtración de lluvia y aire previniendo la aparición de humedades que deterioren la edificación.

Se recomienda el cambio de los ventanales existentes de vidrio simple por unos de doble cristal y RPT a fin de mejorar el aislamiento y estanqueidad para evitar la pérdida excesiva de calor.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



## ENVOLVENTE INTERIOR: DESPACHOS



Designación: Despacho 4.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:29:35
Nombre de imagen	IR_2177.jpg
Emisividad	0,97
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Sp1	17.9°C
Sp2	19.1°C

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa una menor temperatura en la zona de unión de los marcos de los ventanales con el muro de fabricación, debido a la humedad y filtraciones de aire que se producen.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

### Mejoras:

Se recomienda el sellado de las juntas de unión entre los marcos de ventanas y el muro de fabricación, con el fin de evitar filtración de lluvia y aire previniendo la aparición de humedades que deterioren la edificación.

Se recomienda el cambio de los ventanales existentes de vidrio simple por unos de doble cristal y RPT a fin de mejorar el aislamiento y estanqueidad para evitar la pérdida excesiva de calor.

*Proyecto: Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.*

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Despacho 3.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:40:52
Nombre de imagen	IR_2191.jpg
Emisividad	0,98
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Ar1		Ar2	
Tmax	18.9°C	Tmax	18.4°C
Tmin	18.8°C	Tmin	17.0°C
Tmed	18.9°C	Tmed	17.7°C

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa una menor temperatura en la zona de unión de los marcos de los ventanales con el muro de fabricación, debido a la humedad y filtraciones de aire que se producen.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

### Mejoras:

Se recomienda el sellado de las juntas de unión entre los marcos de ventanas y el muro de fabricación, con el fin de evitar filtración de lluvia y aire previniendo la aparición de humedades que deterioren la edificación.

Se recomienda el cambio de los ventanales existentes de vidrio simple por unos de doble cristal y RPT a fin de mejorar el aislamiento y estanqueidad para evitar la pérdida excesiva de calor.

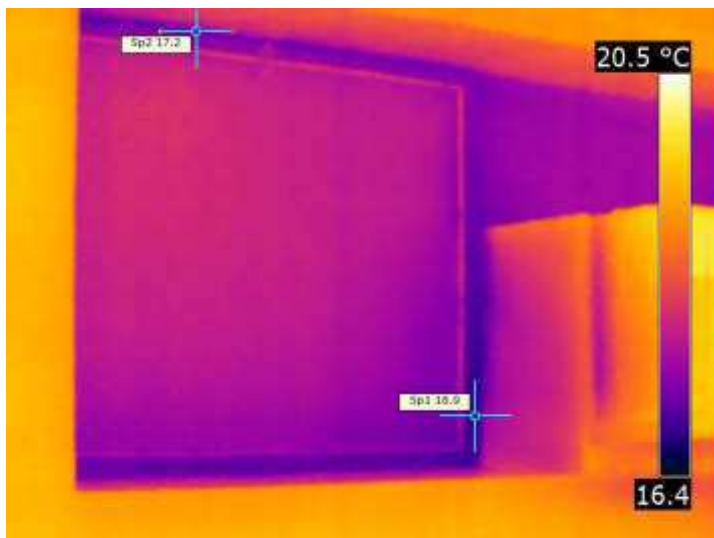
**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Despacho 2.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:42:33
Nombre de imagen	IR_2197.jpg
Emisividad	0,98
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Sp1	16.9°C
Sp2	17.2°C

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa una menor temperatura en la zona de unión de los marcos de los ventanales con el muro de fabricación, debido a la humedad y filtraciones de aire que se producen.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Mejoras:**

Se recomienda el sellado de las juntas de unión entre los marcos de ventanas y el muro de fabricación, con el fin de evitar filtración de lluvia y aire previniendo la aparición de humedades que deterioren la edificación.

Se recomienda el cambio de los ventanales existentes de vidrio simple por unos de doble cristal y RPT a fin de mejorar el aislamiento y estanqueidad para evitar la pérdida excesiva de calor.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



**INSTALACIONES: ELECTRICIDAD.**

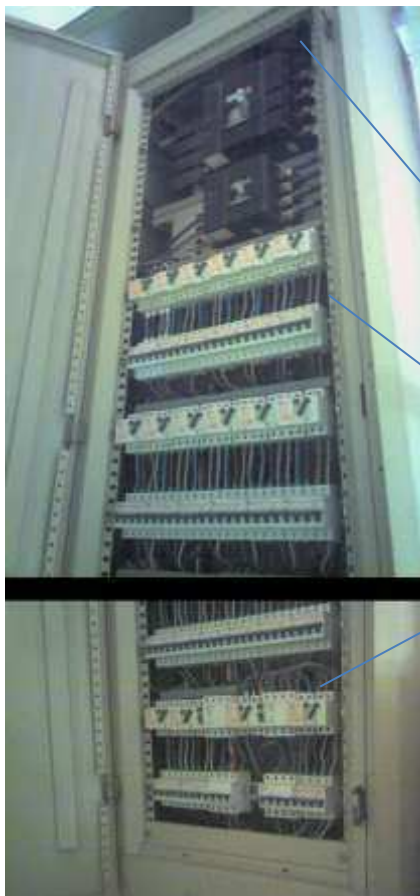
Designación: Cuadro Electrico general.

Ubicación: Escaleras de subida a zona de soldadura 1ª Planta.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Leve.



1

3

2

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Imagen 1.



Designación: Cuadro Electrico general.

Ubicación: Escaleras de subida a zona de soldadura 1ª Planta.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Leve.

Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 16:54:58
Nombre de imagen	IR_1966.jpg
Emisividad	0,78
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	50.1°C
Sp2	25.5°C

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones, aunque dos de las líneas (punto Sp1) presentan unas temperaturas más altas que el resto (punto Sp2).

**Conclusiones:**

Relevancia **LEVE**, urgencia de actuación, **REALIZAR SEGUIMIENTO**.

**Acciones:**

Debería comprobarse el estado de las conexiones, el consumo y el aislamiento de los conductores para saber a qué se debe este aumento de la temperatura. Temperatura general correcta.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Imagen 2.



Designación: Cuadro Electrico general.

Ubicación: Escaleras de subida a zona de soldadura 1ª Planta.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Leve.

**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 16:51:23
Nombre de imagen	IR_1956.jpg
Emisividad	0,78
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	54.5°C
Sp2	40.4°C

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones, aunque varios de los conductores (punto Sp1 y Sp2) presentan unas temperaturas más altas que el resto.

**Conclusiones:**

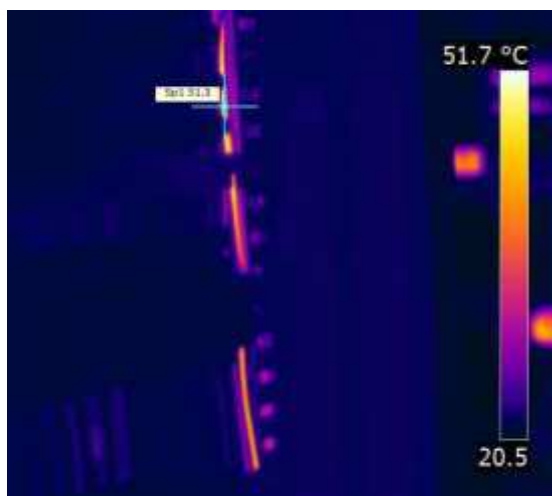
Relevancia **LEVE**, urgencia de actuación, **REALIZAR SEGUIMIENTO**.

**Acciones:**

Debería comprobarse el estado de las conexiones, el consumo y el aislamiento de los conductores para saber a qué se debe este aumento de la temperatura. Temperatura general correcta.



Imagen 3.



Designación: Cuadro Electrico general.

Ubicación: Escaleras de subida a zona de soldadura 1ª Planta.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Leve.

**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara FLIR T400 Western

Fecha de imagen 24/04/2013 16:59:25

Nombre de imagen IR\_1969.jpg

Emisividad 0,78

Temperatura reflejada 21,0 °C

Distancia al objeto 1,0 m

**Sp1 51.3°C**

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones, aunque dos de las líneas (punto Sp1) presentan unas temperaturas más altas que el resto.

**Conclusiones:**

Relevancia **LEVE**, urgencia de actuación, **REALIZAR SEGUIMIENTO**.

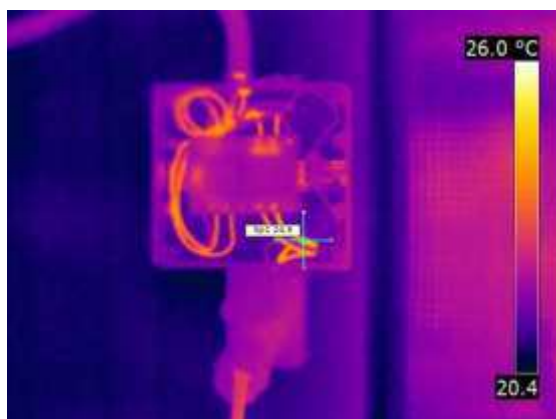
**Acciones:**

Debería comprobarse el estado de las conexiones, el consumo y el aislamiento de los conductores para saber a qué se debe este aumento de la temperatura. Temperatura general correcta.





Designación: Cuadro Electrico de compresor.  
Ubicación: Sobre pilar junto a compresor.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años).  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 17:14:04
Nombre de imagen	IR_1993.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 24.9°C

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Cuadro Electrico de Prensas.  
Ubicación: Junto a Prensas.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años).  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 11:22:52
Nombre de imagen	IR_2015.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	23.6°C
-----	--------

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

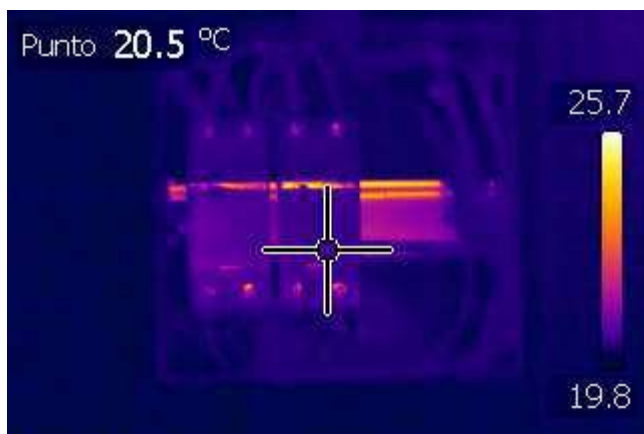
**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Cuadro Electrico de Zona de soldadura.  
Ubicación: Zona de soldadura planta baja.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años).  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:11:50
Nombre de imagen	IR_2251.jpg
Emisividad	0,80
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m

Sp1 61.6°C

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Cuadro Electrico de Zona de soldadura.  
Ubicación: Zona de soldadura planta baja.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años).  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 17:14:54
Nombre de imagen	IR_1997.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 25.0°C

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Cuadro Electrico de Zona de soldadura.  
Ubicación: Zona de soldadura planta baja.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años).  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 17:15:26
Nombre de imagen	IR_1998.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 22.5°C

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

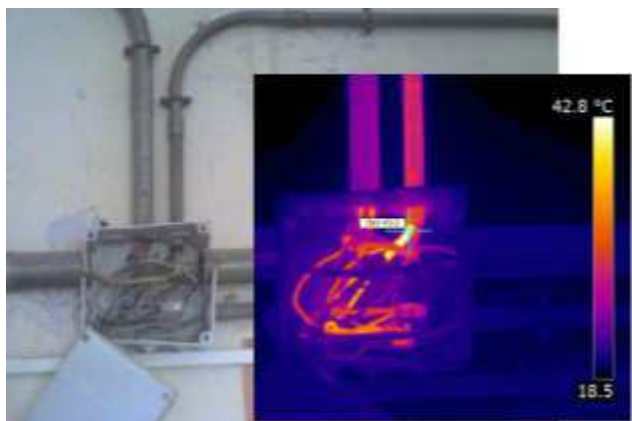
**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Registro Electrico a soldadores.

Ubicación: Escaleras de subida a zona de soldadura 1ª Planta.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Leve.

#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 16:31:15
Nombre de imagen	IR_1947.jpg
Emisividad	0,78
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m

Sp1	43.2°C
-----	--------

#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones, aunque dos de las líneas (punto 1) presentan una temperatura más alta que el resto.

#### Conclusiones:

Relevancia **LEVE**, urgencia de actuación, **REALIZAR SEGUIMIENTO**.

#### Acciones:

Debería comprobarse el estado de las conexiones, el consumo y el aislamiento de los conductores para saber a qué se debe este aumento de la temperatura. Temperatura general correcta.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



**INSTALACIONES: ACS.**

Designación: ACS en Baño.

Ubicación: Interior Talleres.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Grave.



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:14:08
Nombre de imagen	IR_2259.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m

**Sp1 50.2°C**



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:10:00
Nombre de imagen	IR_2245.jpg
Emisividad	0,78
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:11:50
Nombre de imagen	IR_2251.jpg
Emisividad	0,80
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m

**Sp1 61.6°C**

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: ACS en Baño.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Grave.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:11:05
Nombre de imagen	IR_2249.jpg
Emisividad	0,80
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:13:41
Nombre de imagen	IR_2253.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m

Sp1 54.6°C

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Tubería de ACS sin aislar lo que provoca cesión de calor del agua al ambiente.

### Conclusiones:

Relevancia **GRAVE**, urgencia de actuación, **LO ANTES POSIBLE**.

### Acciones:

Se recomienda aislar correctamente la tubería de agua caliente desde el calentador hasta los puntos de uso, con el fin de evitar pérdidas de calor en el agua transportada.

*Proyecto: Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.*

*Autor: José Bilotta Hellín.*

*Director: Federico López-Cerón de Lara.*

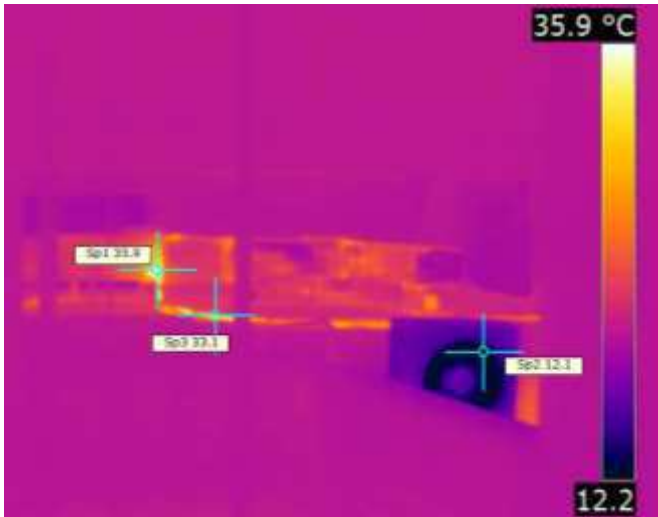




## INSTALACIONES: CLIMATIZACIÓN.



Designación: Climatización.  
Ubicación: Sobre Sala de Metrotécnia.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Grave.



### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:24:21
Nombre de imagen	IR_2271.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	15,5 m.

Sp1	35.9°C
Sp2	12.1°C
Sp3	33.1°C

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa que la tubería portadora del gas refrigerante se encuentra sin aislar, provocando pérdidas al ambiente.

La unidad de climatización exterior, se encuentra dentro de las instalaciones y no en el exterior.

### Conclusiones:

Relevancia **GRAVE**, urgencia de actuación, **LO ANTES POSIBLE**.

### Acciones:

Se recomienda aislar correctamente la tubería de portadora del gas refrigerante, con el fin de evitar pérdidas de calor.

Se recomienda la instalación de la unidad exterior fuera de las instalaciones o conducir el aire que esta expulsa al exterior, con el fin de evitar que este aire interfiera en las condiciones climáticas del interior del edificio.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Climatización.  
Ubicación: Interior Sala de  
Metrotécnia.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:19:34
Nombre de imagen	IR_2161.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	17,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Sp1 36.4°C

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

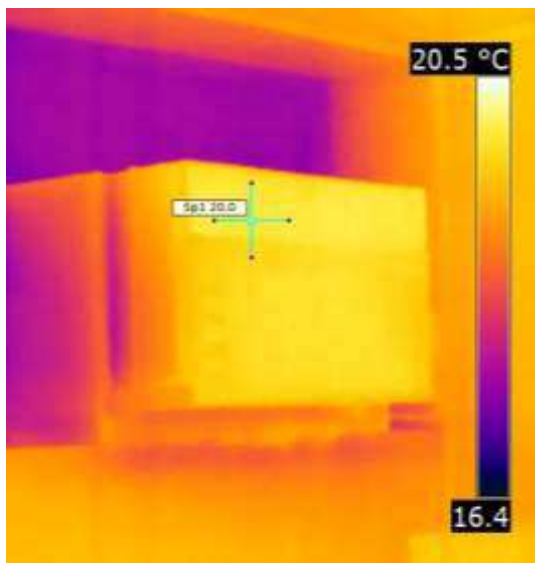
**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Despacho 2.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 16:42:40
Nombre de imagen	IR_2199.jpg
Emisividad	0,98
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	2,0 m

Sp1 20.0°C

### Observaciones.

Los elementos termografiados no están en condiciones. Temperatura incorrecta. La unidad de AC, no funciona correctamente, presentado la misma temperatura para ambos modos de funcionamiento de frío/calor.

### Conclusiones:

Relevancia **GRAVE**, urgencia de actuación, **LO ANTES POSIBLE**.

### Acciones:

Se recomienda la revisión del aparato de AC por personal especializado, para comprobar su funcionamiento.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

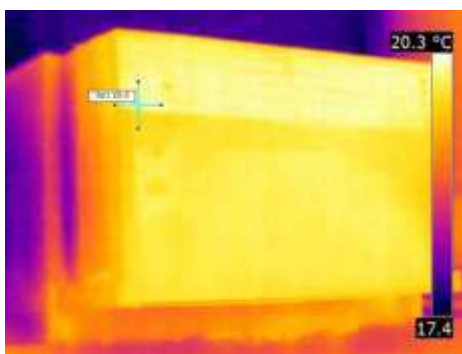
**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Despacho 3.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.

Sp1 <sub>1</sub>	15.8°C
Sp1 <sub>2</sub>	20.3°C



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:04:59
Nombre de imagen	IR_2231.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0.5 m

### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta en ambos modos de funcionamiento frío/calor.

### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



**MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS.**



Designación: Maquinas de soldadura.

Ubicación: Zona de Soldadura 1ª Planta.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Normal.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Soldador 1.  
Ubicación: Zona de Soldadura 1ª Planta.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 16:59:55
Nombre de imagen	IR_1971.jpg
Emisividad	0,78
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	28.4°C
-----	--------

#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

#### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

#### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

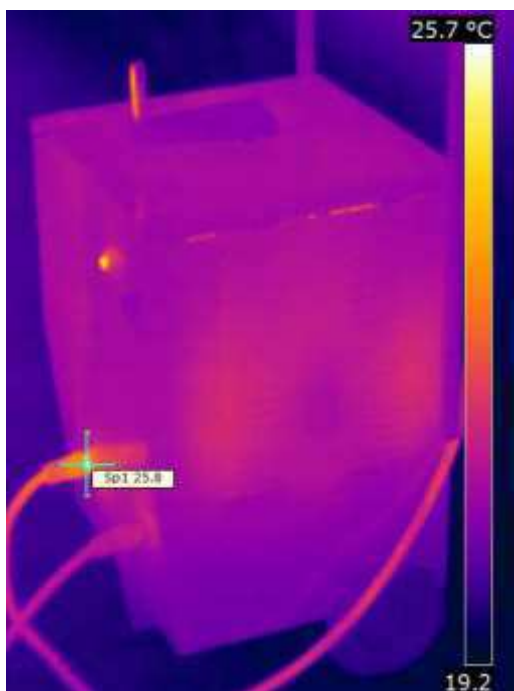
**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Soldador 2.  
Ubicación: Zona de Soldadura 1ª Planta.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 16:38:27
Nombre de imagen	IR_1949.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	25.8°C
-----	--------

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

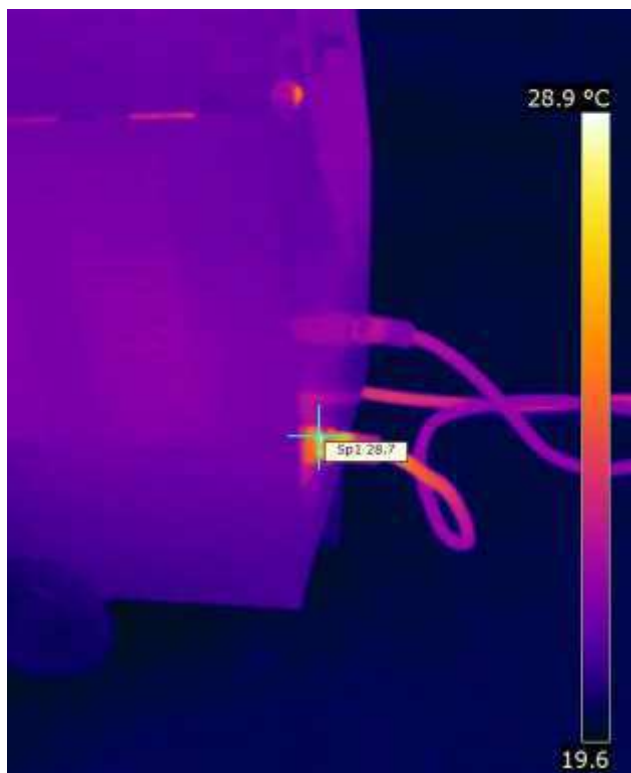
**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

*Proyecto: Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.*

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Soldador 3.  
Ubicación: Zona de Soldadura 1ª Planta.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.

Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 16:39:40
Nombre de imagen	IR_1953.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	28.7°C
-----	--------

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

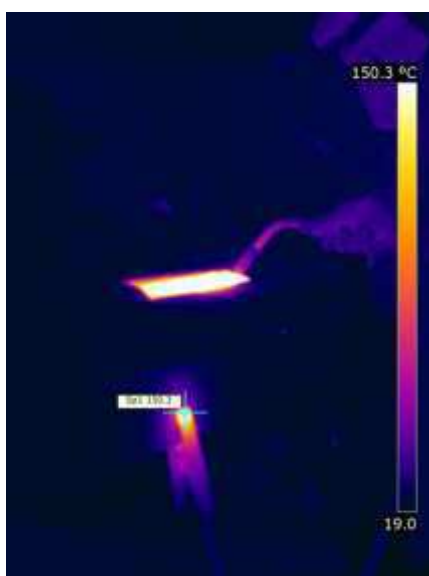
**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.





Designación: Utensilios de Soldeo.  
Ubicación: Zona de Soldadura 1ª Planta.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Muy Crítica.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	24/04/2013 17:02:35
Nombre de imagen	IR_1975.jpg
Emisividad	0,79
Temperatura reflejada	21,0 °C
Distancia al objeto	1,5 m

Sp1 150.3°C

#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa que la pinza del equipo de soldeo presenta una temperatura que aun siendo normal es muy elevada representado un posible peligro de quemadura al entrar el operario en contacto con ella.

#### Conclusiones:

Relevancia **MUY CRITICA**, urgencia de actuación, **MUY URGENTE**.

#### Acciones:

Proveer de protección térmica el alojamiento de la pinza del equipo de soldeo.

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



1



2

3

Designación: Compresor.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.

Imagen 1.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:59:28
Nombre de imagen	IR_2285.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 | 27.2°C

#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

#### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

#### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Compresor.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.

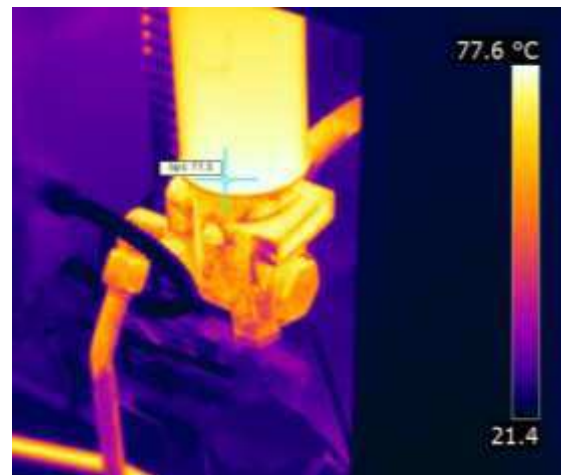
Imagen 2.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:58:28
Nombre de imagen	IR_2281.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 77.4°C

Imagen 3.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:58:45
Nombre de imagen	IR_2283.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 77.5°C

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



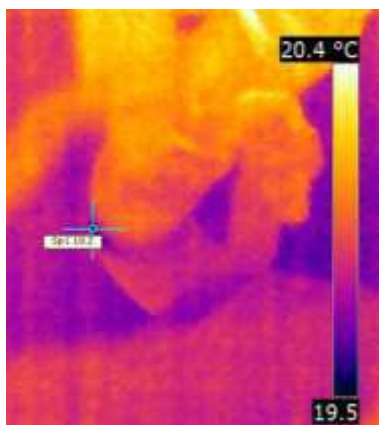
Designación: Equipo Auxiliar de Compresor.

Ubicación: Interior Talleres.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

Prioridad: Leve.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:02:58
Nombre de imagen	IR_2227.jpg
Emisividad	0,95
Temperatura reflejada	25,0 °C
Distancia al objeto	0,5 m

Sp1 19.2°C

#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

Se observa un punto de menor temperatura en una de las conexiones de tubería, debido a una pequeña fuga de aire comprimido.

#### Conclusiones:

Relevancia **LEVE**, urgencia de actuación, **REALIZAR SEGUIMIENTO**.

#### Acciones:

Se recomienda la reparación de la fuga.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



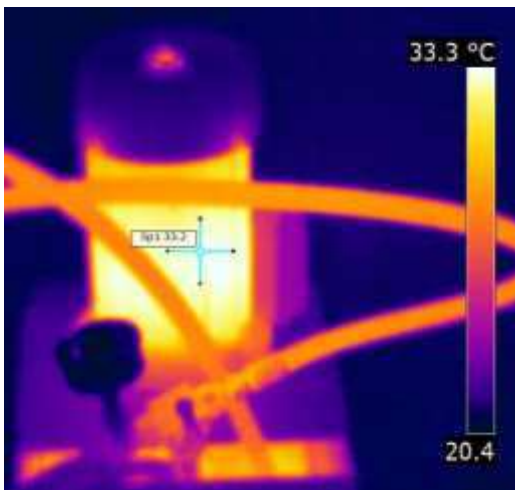
3

1

2

Designación: Equipo de bombeo de aceite para prensas.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.

IMAGEN 1.

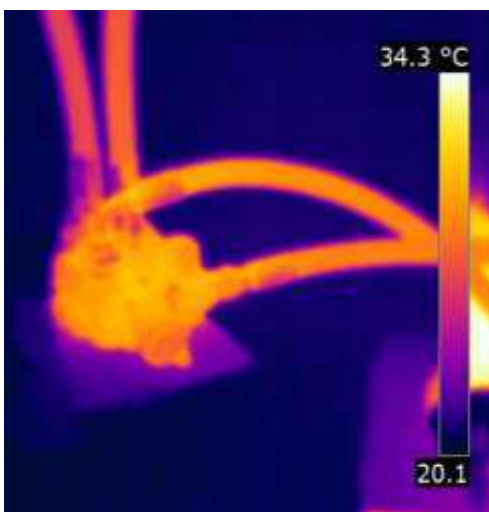


Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 11:32:50
Nombre de imagen	IR_2018.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 33.2°C

IMAGEN 2.



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 11:33:25
Nombre de imagen	IR_2021.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



IMAGEN 3.



Parámetros de imagen y objeto	
Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 11:33:46
Nombre de imagen	IR_2022.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	27.3°C
-----	--------

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

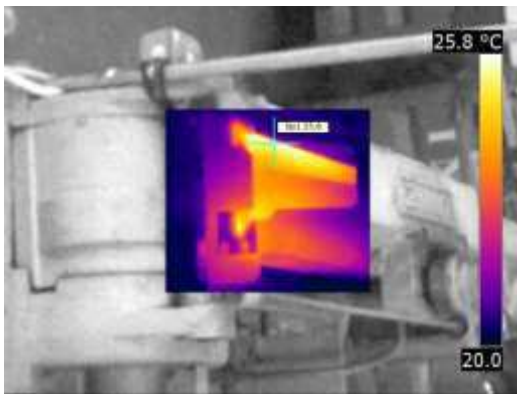
**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Sierra.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 11:38:39
Nombre de imagen	IR_2026.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 25.8°C



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 11:37:42
Nombre de imagen	IR_2024.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 23.5°C

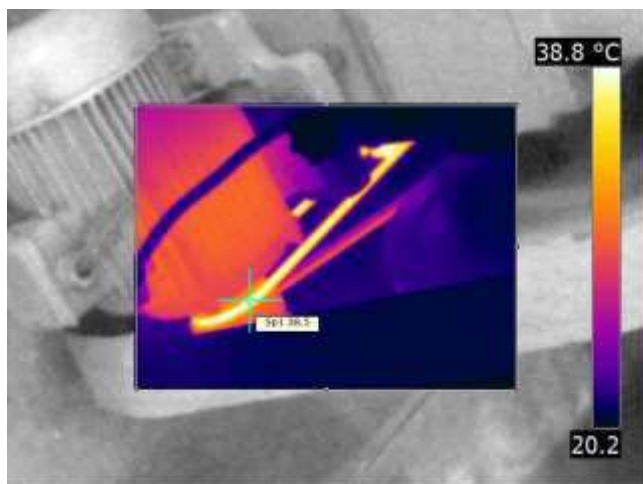
**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



Designación: Sierra.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



#### Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 11:40:15
Nombre de imagen	IR_2029.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	38.5°C
-----	--------

#### Observaciones.

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

#### Conclusiones:

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

#### Acciones:

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.





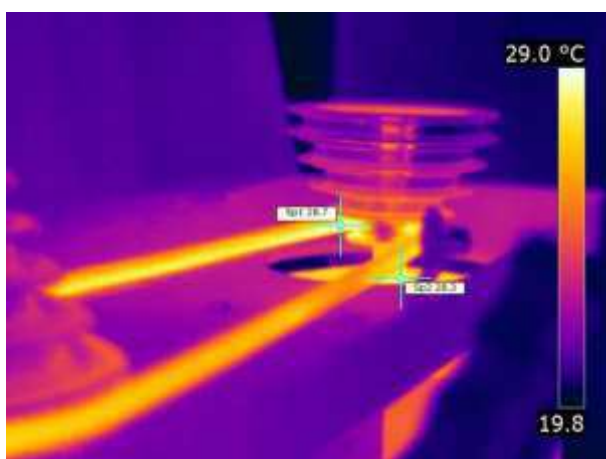
Designación: Correa de Transmisión de Taladro vertical.

Ubicación: Interior Talleres.

Componente: Diversos.

Estado: Viejo (más de 10 años)

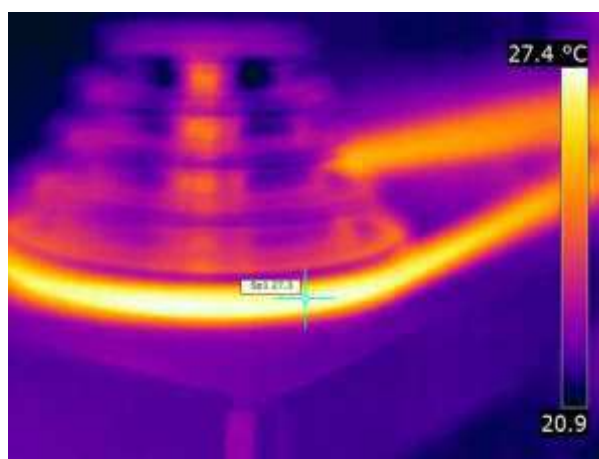
Prioridad: Normal.



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 14:10:10
Nombre de imagen	IR_2092.jpg
Emisividad	0,97
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	28.7°C	Sp2	28.3°C
-----	--------	-----	--------



Parámetros de imagen y objeto

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 14:09:58
Nombre de imagen	IR_2091.jpg
Emisividad	0,97
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1	27.3°C
-----	--------

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.

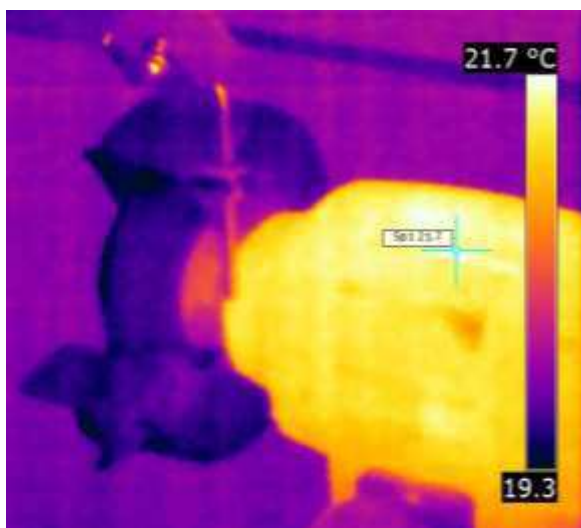


**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.



Designación: Amoladora.  
Ubicación: Interior Talleres.  
Componente: Diversos.  
Estado: Viejo (más de 10 años)  
Prioridad: Normal.



**Parámetros de imagen y objeto**

Modelo de cámara	FLIR T400 Western
Fecha de imagen	25/04/2013 17:33:57
Nombre de imagen	IR_2275.jpg
Emisividad	0,94
Temperatura reflejada	22,0 °C
Distancia al objeto	1,0 m

Sp1 21.7°C

**Observaciones.**

Todos los elementos termografiados están en condiciones. Temperatura general correcta.

**Conclusiones:**

Relevancia **NORMAL**, urgencia de actuación, **PRÓXIMO PREDICTIVO**.

**Acciones:**

Hacer un nuevo mantenimiento predictivo dentro de un año.

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



INFORME DE SÍNTESIS

CAPTACIÓN	RELEVANCIA			ACTUACIÓN			
Captación 1-7: Envoltente exterior. Fachada principal.	Normal			Normal			
Captación 8y 9: Envoltente exterior. Fachada lateral.	Normal	Normal		Normal	Normal		
Captación 10 y 11: Envoltente exterior. Fachada trasera.	Normal			Normal	Normal		
Captación 12: Envoltente interior. Ventanales de fachada principal.	Normal			Normal			
Captación 13-17: Envoltente interior. Ventanales de cubierta.	Normal			Normal			
Captación 18-26: Envoltente interior. Sala de Metrotécnia.	Normal			Normal			
Captación 27 y 28: Envoltente interior. Sala de Pañol.	Normal	Normal		Normal	Normal		
Captación 29: Envoltente interior. Almacén.	Normal			Normal			
Captación 30: Envoltente interior. Despacho 1.	Normal			Normal			
Captación 31: Envoltente interior. Despacho 2.	Normal			Normal			
Captación 32: Envoltente interior. Despacho 3.	Normal			Normal			
Captación 33-35: Instalaciones. Electricidad: Cuadro general.	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	
Captación 36: Instalaciones. Electricidad: Cuadro de compresor.	Normal			Normal			
Captación 37: Instalaciones. Electricidad: Cuadro de Prensas.	Normal			Normal			
Captación 38-40: Instalaciones. Electricidad: Cuadros Zona de soldeo en planta baja.	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
Captación 41: Instalaciones. Electricidad: Registro cableado a zona de soldeo 1ª planta.	Leve			Leve			
Captación 42-46: Instalaciones. ACS.	Grave			Grave			
Captación 47 y 48: Instalaciones. Aire Acondicionado: Sala de Metrotécnia.	Grave	Normal		Grave	Normal		
Captación 49: Instalaciones. Aire Acondicionado: Despacho 2.	Grave			Grave			
Captación 50 y 51: Instalaciones. Aire Acondicionado: Despacho 3.	Normal	Normal		Normal	Normal		
Captación 52-55: Maquinaria. Equipos de soldadura.	Normal	Normal	Normal	Muy Crítico	Normal	Normal	Muy Crítico
Captación 56-58: Maquinaria. Compresor.	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
Captación 59: Maquinaria. Equipo auxiliar de compresor.	Leve			Leve			
Captación 60-62: Maquinaria. Prensa.	Normal			Normal			
Captación 63-65: Maquinaria. Sierra.	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
Captación 66 y 67: Maquinaria. Taladro.	Normal	Normal		Normal	Normal		
Captación 68: Maquinaria. Amoladora.	Normal			Normal			

**Proyecto:** Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.

**Autor:** José Bilotta Hellín.

**Director:** Federico López-Cerón de Lara.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
Escuela Superior de Ingeniería Industrial



**Proyecto:** *Aplicación de los END. Análisis de pérdidas energéticas mediante termografía infrarroja del edificio e instalaciones de la Biblioteca de la UPCT.*

**Autor:** *José Bilotta Hellín.*

**Director:** *Federico López-Cerón de Lara.*