

**La imagen térmica  
en el análisis de la eficiencia energética de la arquitectura.  
Aplicaciones en docencia universitaria**



Viviana Riondet, Alicia Rivoira, Marcela Palacios, Marcelo Lambertucci,  
Alejandro Asbert, Gastón Di Forte

**Introducción**

La energía se transmite en forma de ondas electromagnéticas que dependen de la temperatura y propiedades de los materiales del objeto emisor.

Todo objeto con una temperatura superior a 0°K emite radiación infrarroja. Ésta, invisible al ojo humano, se divide en tres:

Infrarroja Cercana: de 0,78  $\mu\text{m}$  a 3  $\mu\text{m}$  aproximadamente.

Infrarrojo Medio: De 3  $\mu\text{m}$  a 5  $\mu\text{m}$ .

Lejano Infrarrojo: 5  $\mu\text{m}$  a 1000  $\mu\text{m}$

Las cámaras termográficas miden la radiación infrarroja lejana en su campo de visión y establecen a partir de ello la temperatura superficial del objeto considerado. A partir de la lectura de esta pequeña porción de radiación electromagnética, la infrarroja, se genera la termografía de edificios que "es un método que indica y representa la distribución de la temperatura en una parte de la superficie de una envolvente arquitectónica." (BS EN 13187: 1999).

Resumiendo, entonces podemos decir que la termografía detecta la radiación infrarroja de onda larga y utiliza los resultados para calcular la temperatura del objeto medido. Estos resultados se reflejan en una imagen térmica. En ella se puede observar la distribución de la temperatura en la superficie del objeto analizado según una paleta de colores. La intensidad de la imagen está en relación con la temperatura y características de la superficie, las condiciones ambientales y el sensor de la cámara. (BS EN 13187: 1999).

La termografía permite conocer y evaluar el estado de envolventes, estructuras e instalaciones edilicias. A través de ella, podemos realizar evaluaciones post ocupacionales y auditorías energéticas, localizando pérdidas de calor de la envolvente opaca, defectos de aislaciones térmicas y acústicas, detección de puentes térmicos, presencia de agua, infiltraciones de aire, estado de instalaciones eléctricas, entre otros. El mantenimiento preventivo, predictivo y el diagnóstico de patologías en patrimonio cultural también se cuenta entre sus aplicaciones.

Se presentan imágenes térmicas cualitativas y cuantitativas, que se realizaron en construcciones de la ciudad de Córdoba.

### Objetivos

- Reconocer algunas de las aplicaciones de la cámara termográfica en arquitectura.
- Evaluar las potencialidades de la misma y sus aplicaciones en investigación y enseñanza de grado y posgrado.

### Materiales y métodos

Equipo utilizado: (Fig. 1)

- Cámara termográfica TESTO 875-1.

Rango espectral: 8 a 14  $\mu\text{m}$ , (lejano infrarrojo).

Objetivo estándar de 32° x 23°. Campo de visión en que la cámara puede detectar la radiación infrarroja.

La sensibilidad térmica, NETD (*Noise equivalent Temperature difference*). Cuanto más bajo es el NETD se puede detectar un contraste térmico mayor. <80mK a 30°C.

Precisión:  $\pm 2^\circ\text{C}$  o 2% (el valor mayor).

- Registradores de datos HOBO.
- Termohigrómetro TESTO 635, con sonda de temperatura con triple sensor.
- Software Testo IRSoft.



Figura 1

*Cámara termográfica. Termohigrómetro con sonda de temperatura. Registrador de datos*

## **Método de trabajo**

Las termografías exteriores se efectuaron a primera hora de la mañana en época invernal. Las termografías interiores fueron realizadas en distintos momentos del año y hora, según el objetivo perseguido.

Para la realización de las termografías se tuvo en cuenta:

- Características de la envolvente.
- Propiedades radiantes de la superficie.
- Factores climáticos.
- Influencias del entorno.
- Otros.

Con los registradores de datos HOBO, se tomó la temperatura ambiente interior y exterior en cada caso.

El termohigrómetro se utilizó para conocer la emisividad de la superficie a analizar. Se midió primero la temperatura de la superficie del objeto y posteriormente se repitió la medición con la cámara seteada en emisividad 1. Luego se ajustó la emisividad de la cámara hasta que la temperatura detectada por ella correspondiera a la del termómetro de contacto.

El método para la realización de las imágenes cualitativas es establecido por la Normas ISO 6781:1983 y BS EN 13187:1999 *Thermal performance of buildings. Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes. Infrared method*. Estas termografías permiten detectar diferencias térmicas, que pueden ser generadas por diferentes causas.

En el método cuantitativo la interpretación de la imagen térmica se basa en la identificación numérica de parámetros. Se utiliza para este método distintos tipos de software. Este enfoque también comprende modos de estimular el fenómeno tales como la radiación solar y el flujo de aire para ayudar en la detección de defectos en la envolvente arquitectónica. (Grinzato, Vavilov y Kauppinen: 1998).

En nuestro caso se utilizó el software Testo IRSoft, que permite el análisis de la imagen térmica a través de histogramas de escalado absoluto, histograma de escalado relativo, perfil de temperatura en línea libre, horizontal o vertical, determinación de temperaturas en puntos singulares, utilización de paleta de imagen de humedad para visualizar las zonas con riesgo de condensación, entre otros.

## **Análisis de casos**

### ***1.-Termografías cualitativas***

#### **Caso 1.1 Cubierta de tejas**

Fecha de realización: 03 de julio de 2012, 09:24 a.m.

Temp. Ambiente Exterior: 5°C

Temp. Ambiente Interior: 17.8°C

Descripción: techo con estructura de vigas de madera 3" x 8" y machim bre de 1". Cubierta constituida por membrana asfáltica, lana de vidrio de 50 mm. Terminación de teja romana cerámica natural.

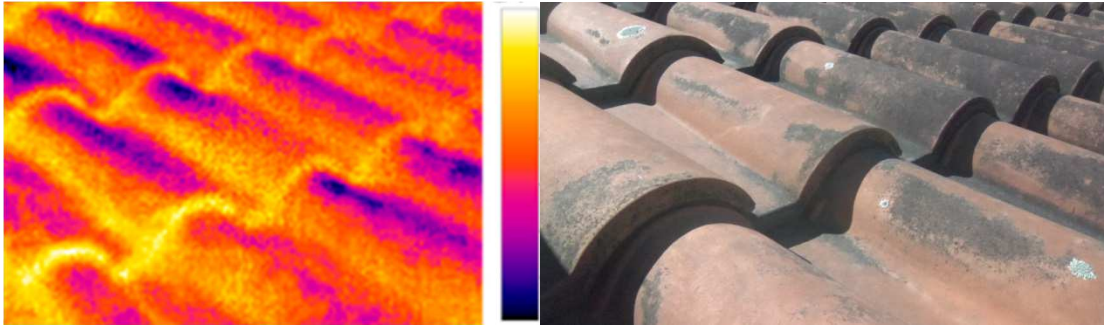


Figura 2. Pérdidas de calor en la cubierta

Resultados: claramente se pueden identificar dos zonas: una azulada, y una amarilla. La amarilla más caliente debido a las pérdidas de calor que se producen por la geometría de la teja y por las características del encastre. (Figura 2)

### ***Caso 1.2 Envoltente lateral y encadenados verticales y horizontales***

Fecha de realización: 12 de septiembre de 2015, 08:06 a.m.

Temp. Exterior: 4°C

Descripción: muro simple de ladrillo macizo común de 15cm. de espesor con terminación interior de revoque a la cal y exterior junta enrasada. Con estructura sismo resistente de hormigón de armado a la vista.

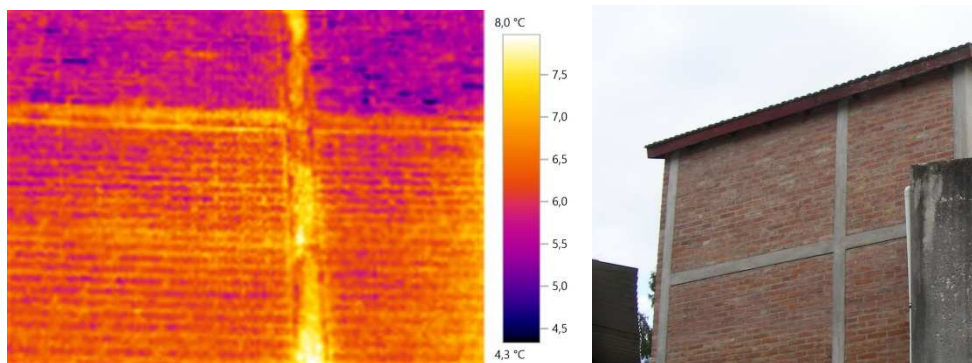


Figura 3. Puentes térmicos constructivos en envoltente lateral

Resultados: un puente térmico es una parte de la envolvente de un edificio donde la resistencia térmica, normalmente uniforme, cambia significativamente, debido a la presencia de materiales de diferente conductividad térmica, cambio en el espesor del material, intersecciones de envolventes lateral, superior, inferior. (UNE EN ISO 211-1:1995). Las diferencias de color en la envolvente de la imagen térmica, muestra la existencia del puente térmico como consecuencia de los diferentes valores de conductividad de los materiales que la conforman, (HºAº, mampostería de ladrillos de campo). Es notable la mayor pérdida de calor donde se encuentran los encadenados verticales y horizontales. La planta baja de la vivienda se encuentra calefaccionada, lo que explica la diferencia en las pérdidas de calor entre ambas plantas (Figura 3).

### ***Caso 1.3 Estructura de techo y muro***

Fecha de realización: 18 de Julio de 2012, 11:03 a.m.

Descripción: techo con estructura de vigas de madera 3" x 6" y machimbre de 3/4". Cubierta constituida por membrana asfáltica, lana de vidrio de 50 mm. Terminación de teja francesa natural.

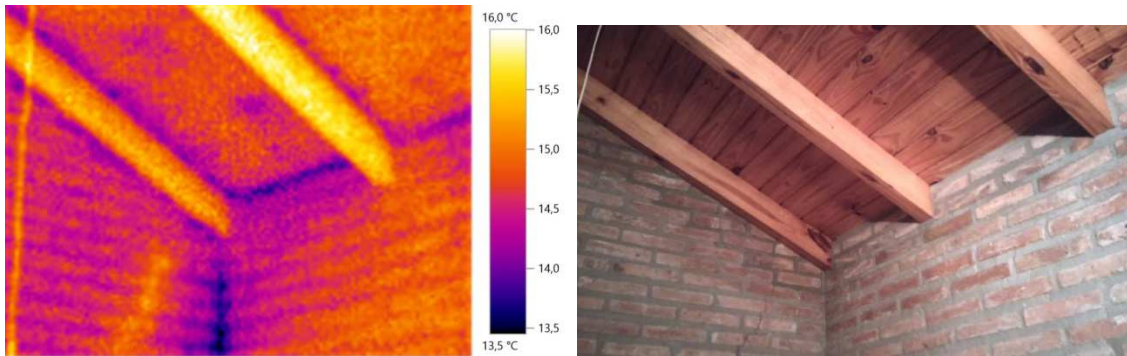


Figura 4. *Puentes geométricos e irregularidades en la cubierta*

Resultados: Se detecta la presencia de puentes térmicos formados por el encuentro de envolventes laterales, y laterales y superiores (puente lineal o geométrico). La situación geométrica, trae aparejado un cambio de flujo de calor y su consecuente diferencia de temperatura superficial de las envolventes.

Las diferencias de color en el machimbre de la imagen térmica, podrían responder a las irregularidades en la colocación del aislante térmico de la cubierta o presencia de agua en el mismo (Figura. 4).

## **2. Termografías cuantitativas. Resultados preliminares**

### ***Caso 2.1: Envolvente Lateral muro doble: Comportamiento del antepecho***

Fecha de realización: 18 de julio de 2012, 11:03 a.m.

Temp. Interior 21,3ºC

Descripción: la vivienda de dos plantas, tiene una estructura de muros portantes, entrepiso resuelto con estructura de madera y machimbre de 1" en área de dormitorios y losas macizas

en baños y dormitorio oeste. La cubierta es liviana de madera, aislantes y chapa. Las envolventes son diferentes según las distintas orientaciones. En el caso particular de la envolvente opaca Oeste, que es la analizada, está compuesta por (de exterior a interior) mampostería de ladrillo de campo visto con junta tomada al ras, plancha de poliestireno expandido de alta densidad de espesor, bloque cerámico portante de 12 cm, bolseado y pintado con emulsión asfáltica como barrera corta vapor y terminación interior de revoque bolseado. Las aberturas son de chapa de acero doblada de doble contacto y los vidrios simples de 4 mm.

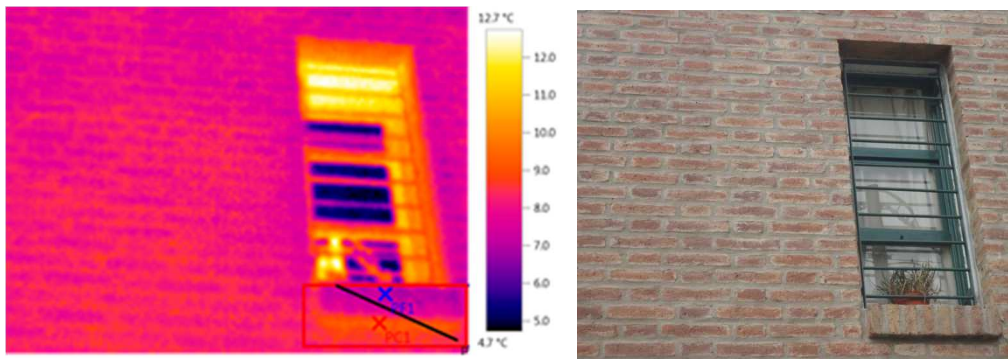
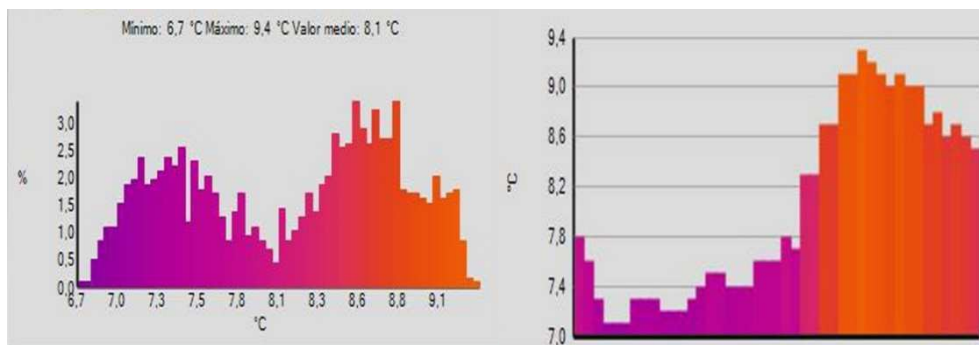


Imagen térmica

Imagen real



Histograma de escalado relativo en rectángulo

Perfil de temperaturas en una línea libre

Figura. 5. Análisis cuantitativo

Resultados: se observa en la zona inferior del antepecho de ladrillo una mayor pérdida de calor, producto del puente térmico generado por la solución constructiva adoptada, que coloca el mampuesto de sardinel apoyado en los muros interior y exterior eliminando el aislante térmico. Los resultados arrojados revelan en el rectángulo analizado una temperatura máxima de 9,4°C y una mínima de 6,7°C. (Fig. 5).

### Caso 2.2: Edificio en altura, envolventes

Fecha de realización: 18 de julio 2012, 8:30 a.m.

Temp. Exterior 5°C



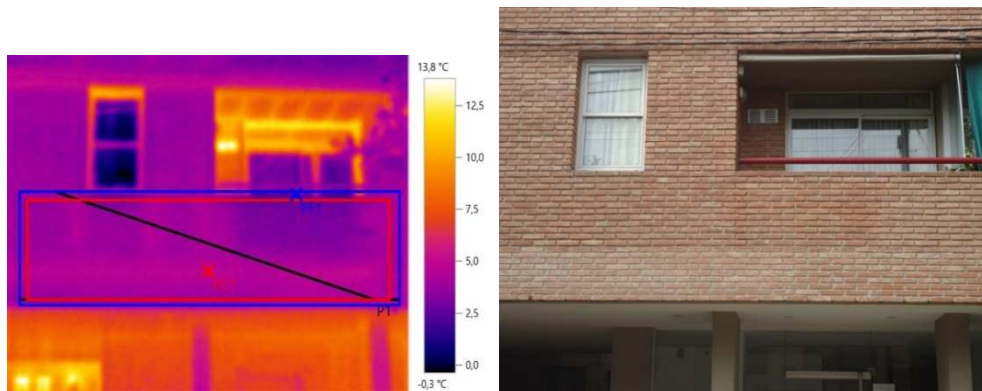
Descripción: el edificio tiene una estructura independiente de pórticos y losas alivianadas con molones de poliestireno expandido y pantallas de hormigón armado y losas macizas en el núcleo central de circulaciones. Las envolventes son diferentes según las distintas orientaciones. En el caso particular de la envolvente opaca Oeste, que es la analizada, está compuesta por (de exterior a interior) mampostería de ladrillo de campo visto con junta tomada al ras, plancha de poliestireno expandido de alta densidad de 2cm. de espesor, bloque cerámico no portante de 12 cm, polietileno, placas de yeso cartón sobre montantes metálicos. Las aberturas son de aluminio y los vidrios DVH.

Resultados: La mampostería que se pliega hacia el interior generando dos refuerzos a ambos lados de la abertura para contribuir a la fijación de la misma en la envolvente lateral, es detectada como un puente térmico.

La presencia de la losa de entrepiso genera una zona de menor resistencia térmica que el resto de la envolvente. Esto se evidencia en la imagen térmica con un aumento de la temperatura en estos lugares, alcanzando valores máximos de 7,6°C.

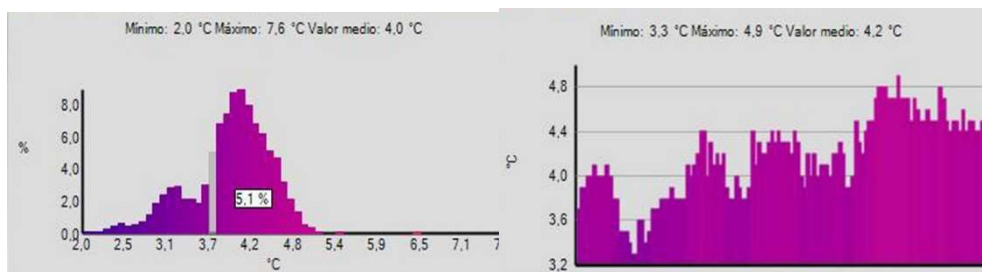
El muro del balcón registra temperaturas más bajas que las envolventes que separan el interior del exterior.

También se pueden apreciar en la imagen térmica las pérdidas de calor que se producen por la estructura de techo del piso superior (Figura 6).



*Imagen térmica*

*Imagen real. Balcón 1er. Piso*



Histograma de escalado relativo en rectángulo

Perfil de temperaturas en una línea libre

## Conclusiones

Las termografías demuestran ser herramientas útiles tanto para el profesional como para la enseñanza de la arquitectura.

Las termografías cualitativas presentan una gran claridad y contundencia de la imagen, las cuantitativas agregan información que permite una evaluación precisa del comportamiento de la envolvente en relación al intercambio energético interior exterior, fin insoslayable para el logro del confort humano.

Su utilización presenta un amplio repertorio de situaciones posibles.

A nivel de formación de los arquitectos, puede ser usada para la comprensión de los fenómenos físicos, de manera perceptualmente accesible a los que se inician el problema.

En la vida profesional ofrece una forma de verificación concreta de propuestas tecnológicas. Aquellos que pretenden diseños energéticamente eficientes tienen en las modelizaciones un camino importante para el diseño, pero es necesario acceder luego a evaluaciones cuantitativas de las propuestas, tanto para verificar la fidelidad de las modelizaciones, como para acceder a una cantidad significativa de detalles que lleven a descubrir puntos de conflicto analizados en forma insuficientes, resueltos en forma inadecuada o pequeñas modificaciones realizadas en la marcha de la obra que tuvieron un impacto negativo.

Otra posibilidad es su uso para evaluaciones de obras existentes con el fin de mejorar su comportamiento energético.

El paradigma arquitectónico vigente tiende al detrimento del logro del confort y la durabilidad del edificio en relación a cuestiones de costos iniciales, aspectos "formales", "simbólicos" o de tradiciones constructivas no evaluadas.

La utilización de estas herramientas de medición y control constituyen un instrumento que puede ayudar a propender a una nueva arquitectura, en los que la eficiencia energética alcance niveles de presencia superiores en los procesos de elaboración de los proyectos, construcción y vida útil de la arquitectura.

Resulta importante de cara a un futuro no tan lejano, la reflexión y análisis crítico de la práctica profesional para fomentar la construcción de otros niveles de conciencia sobre las consecuencias locales y planetarias del uso de los recursos energéticos y materiales y las condiciones de habitabilidad que ofrecemos desde nuestra disciplina, a partir de lo cual repensar una nueva manera de concebir nuevas soluciones a problemas que existen y con los que coexistimos diariamente.

## **Bibliografía**

Balaras, C. A., & Argiriou, A. A. (2002). Infrared thermography for building diagnostics. *Energy and buildings*, 34(2), pp. 171-183.

Balageas D. L., (2007). Termografía infrarroja: una técnica multifacética para la evaluación no destructiva (END), in: IV Conferencia Panamericana de END.

Díaz Regodón, M., & Tenorio Rios, J. Pérdidas de calor y formación de condensaciones en los puentes térmicos de los edificios. Instituto de Ciencias de la construcción Eduardo Torroja.



- EN, B. (1999). 13187: 1999. Thermal Performance of Buildings-Qualitative Detection of Thermal Irregularities in Building Envelopes-Infrared Method, BSI.
- Grinzato, E., Vavilov, V., & Kauppinen, T. (1998). Quantitative infrared thermography in buildings. *Energy and Buildings*, 29(1), pp. 1-9.
- Larsen F, S., & Homgn, M. (2012). Termografía infrarroja en la edificación: aplicaciones cualitativas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, pp. 25-32.
- Sangler, G. (2003). Aplicación de la termografía al estudio de pérdidas energéticas en los edificios. En: X Congreso de teledetección, pp. 329-332.
- Silva, D. D. S. D. (2013). Diagnóstico de patologías en fachadas utilizando termografía. Tesis doctoral. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto.
- Thumann, A., & Younger, W. J. (2008). *Handbook of energy audits*. The Fairmon Press.

