

LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA COMO HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO.

Riondet Viviana^{1,3}, Rivoira Alicia^{1,3,4}, Pérez Julio⁵, Almada Pablo², Palacios Marcela¹, Lambertucci Marcelo^{1,3}, Asbert Alejandro^{1,3}.

rionlamb@onenet.com.ar – argaliciarivoira@yahoo.com.ar

Grado: Introducción a la Tecnología¹; Matemática² - Posgrado: Especialización en Tecnología Arquitectónica³ - Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas CIAL⁴. Asesor de la Especialidad⁵.

FAUD – UNC. Córdoba, Argentina.

ÁREA A: Docencia – Eje 2: Innovaciones Tecnológicas.

Palabras clave: TERMOGRAFÍA INFRARROJA – IMAGEN TÉRMICA - DIAGNÓSTICO

RESUMEN: “La termografía de edificios 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). Es un método de medición pasivo, sin contacto y por lo tanto no destructivo. Mide la radiación infrarroja de onda larga o lejana y utiliza los resultados para calcular la temperatura en la superficie del objeto medido. Estos resultados se reflejan en un termograma. 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, pérdidas de agua, infiltraciones de aire, estado de instalaciones eléctricas, entre otros. El mantenimiento preventivo y el diagnóstico de patologías en patrimonio cultural también se cuentan entre sus aplicaciones. Se presentan los resultados de distintos trabajos con cámara termográfica en edificios y viviendas unifamiliares de Córdoba, donde se han intentado verificar las potencialidades enunciadas en el párrafo anterior, para su uso tanto en investigaciones como en la enseñanza de grado y posgrado. Se parte de la premisa que la visibilización de problemas y la contundencia de los resultados que el uso de este instrumento trae aparejado, constituyen una herramienta muy valiosa para el proceso de análisis crítico de la práctica profesional que promueva una reflexión sobre determinados aspectos de los paradigmas arquitectónicos vigentes.

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 μm a 3 μm aproximadamente.

Infrarrojo Medio: De 3 μm a 5 μm .

Lejano Infrarrojo: 5 μm a 1000 μm

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 que se realizaron en construcciones de la ciudad de Córdoba de dos tipos: cualitativas y cuantitativas.

OBJETIVOS.

- Reconocer 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 μm , (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.



Fig. 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. (Fig. 2).

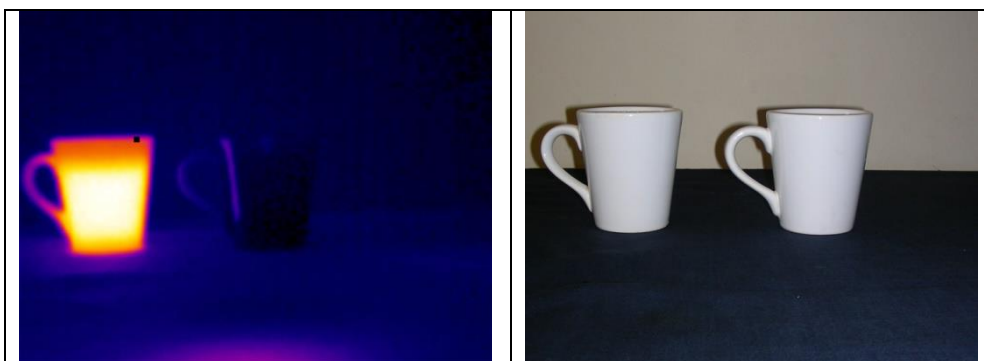


Fig.2: Imagen Térmica cualitativa e Imagen Real.

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. (Fig. 3 y 4).

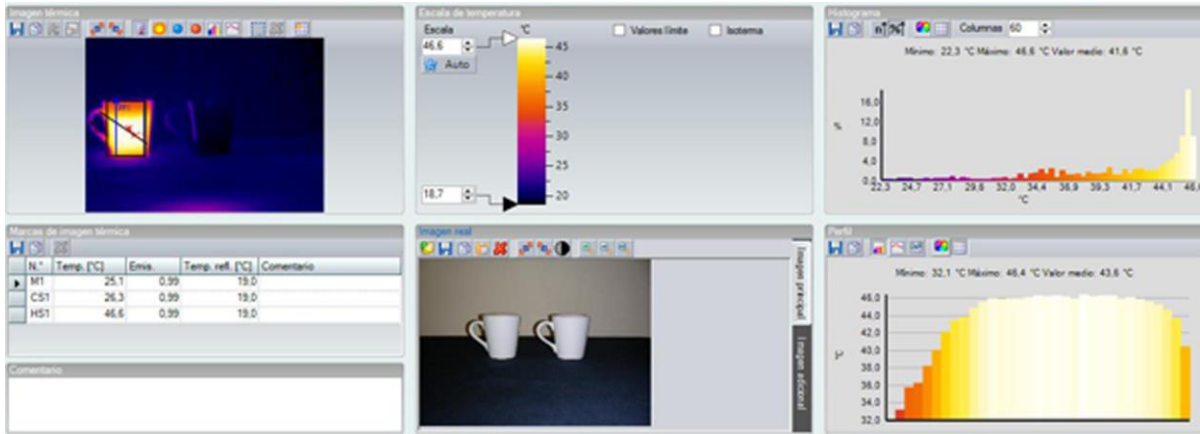


Fig. 3: Termograma. Testo IRSOFT Software. Objeto con líquido a alta temperatura

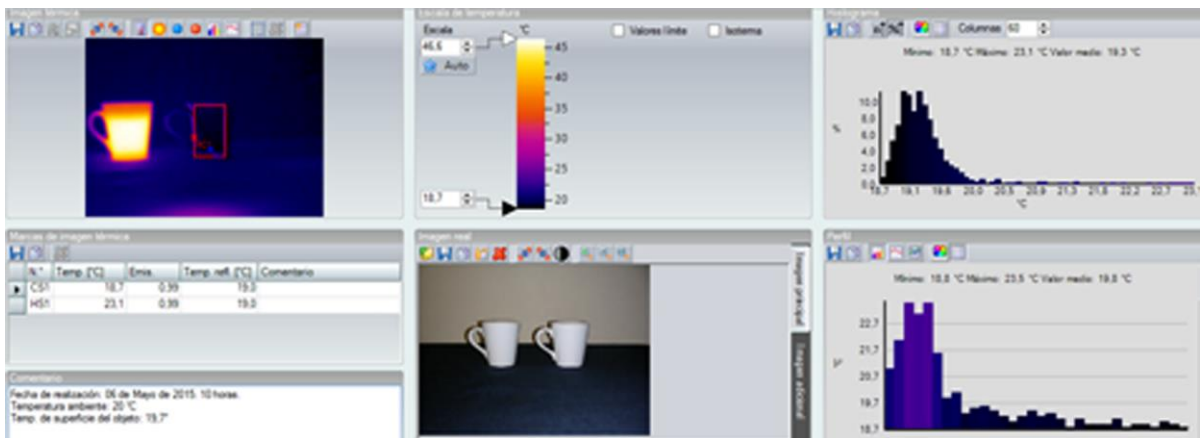


Fig. 4: Termograma. Testo IRSOFT Software. Objeto con líquido a baja temperatura.

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 machimbre de 1". Cubierta constituida por membrana asfáltica, lana de vidrio de 50 mm. Terminación de teja romana cerámica natural.

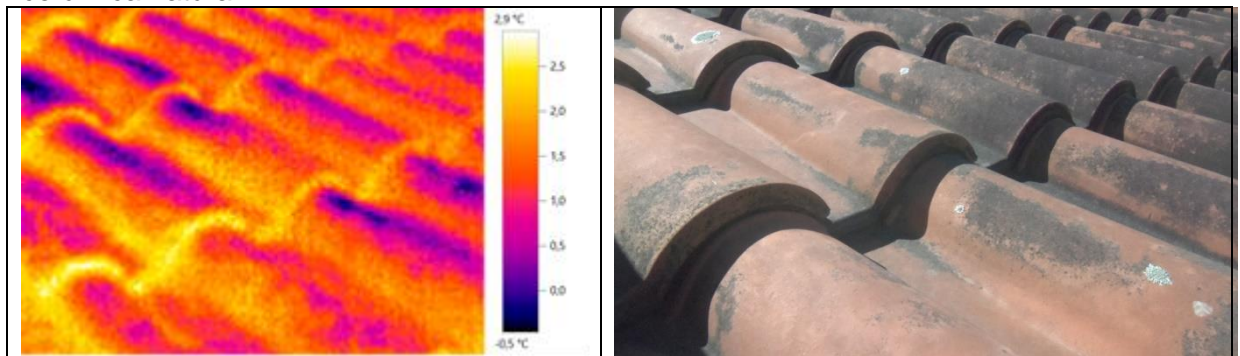


Fig. 5: Pérdidas de calor en la cubierta.

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. (Fig. 5).

Caso 1.2. Abertura exterior.

Fecha de realización: 10 de agosto de 2011, 06:57 a.m.

Operador: Maristany A.

Descripción: Puerta exterior. Marco de metal y hoja de madera maciza con tableros.

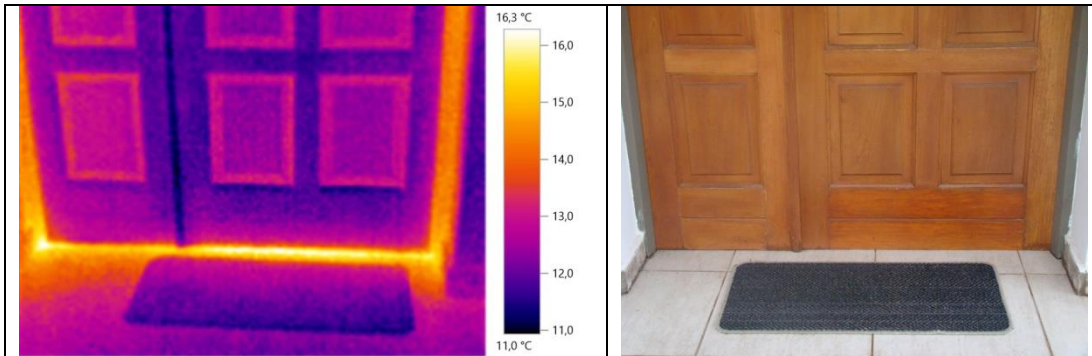


Fig. 6: Pérdidas de calor por aberturas. Vista exterior

Resultados: Se evidencia falta de hermeticidad en la parte inferior de la abertura, que ocasiona pérdidas de calor en estación invernal. A su vez se visualiza la influencia de la conductancia entre el tablero y el bastidor de la puerta. También se observa el efecto de la diferente conductividad de los materiales. Metal $62 \text{ Kcal/m/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ y madera $0,20 \text{ Kcal/m/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. (Fig. 6).

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.

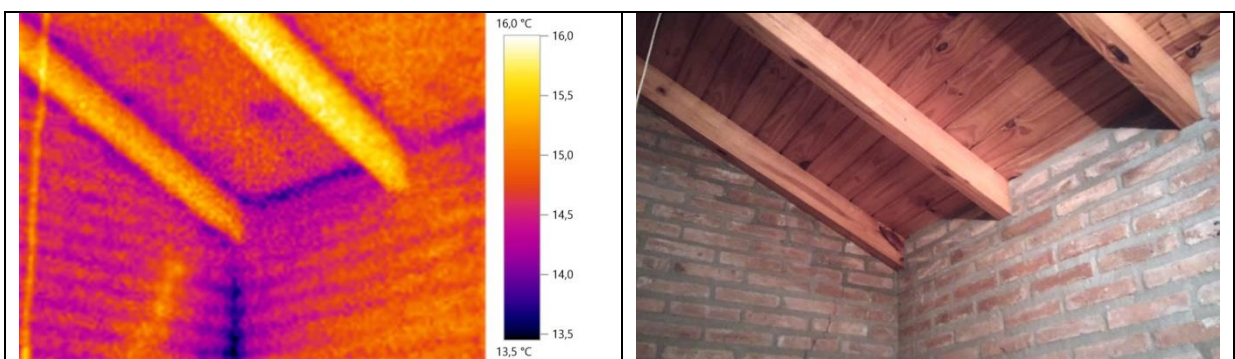


Fig. 7: Puentes geométricos e irregularidades en la cubierta.

Resultados: 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.

Se evidencia en el encuentro de los muros exteriores y del muro con el techo el aumento de la pérdida de calor por la mayor exposición de la superficie hacia el exterior, fenómeno conocido como puente geométrico. (Fig. 7).

2. TERMOGRAFÍAS CUANTITATIVAS. Resultados preliminares.

Caso 2.1. Envoltente Lateral muro doble: Comportamiento del antepecho.

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

Temp. Exterior: 10,2°C.

Temp. Interior 21,3°C.

Descripción: 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 envoltentes son diferentes según las distintas orientaciones. En el caso particular de la envoltente 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 portante de 12 cm, bolseado con emulsión asfáltica, (como barrera corta vapor) con terminación interior de revoque bolseado. Las aberturas son de chapa de acero doblada de doble contacto y los vidrios simples de 4 mm.

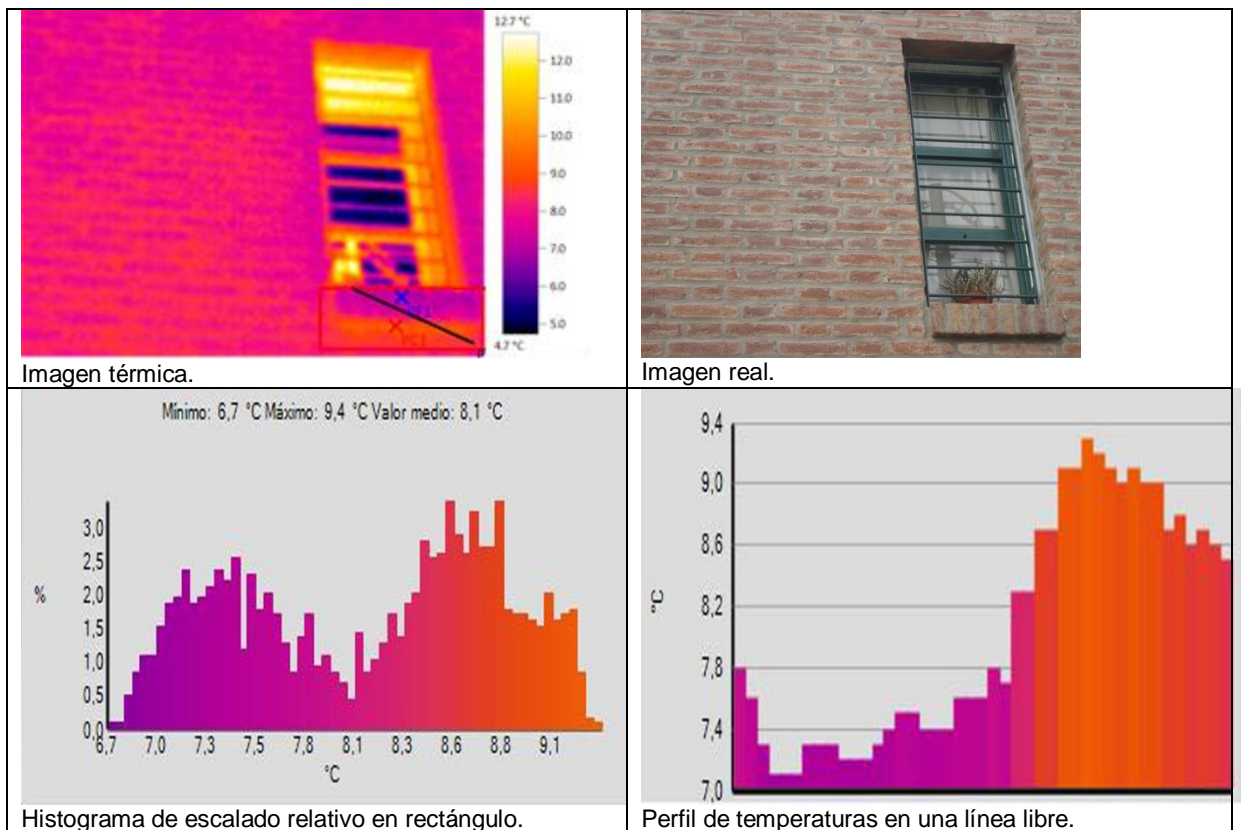


Fig. 8: Análisis cuantitativo

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. 8).

Caso 2.2. Edificio en altura, envolventes.

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

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 parantes metálicos. Las aberturas son de aluminio y los vidrios DVH. (Fig. 9).



Fig. 9: Vistas del edificio. Construcción de la envolvente lateral Oeste.

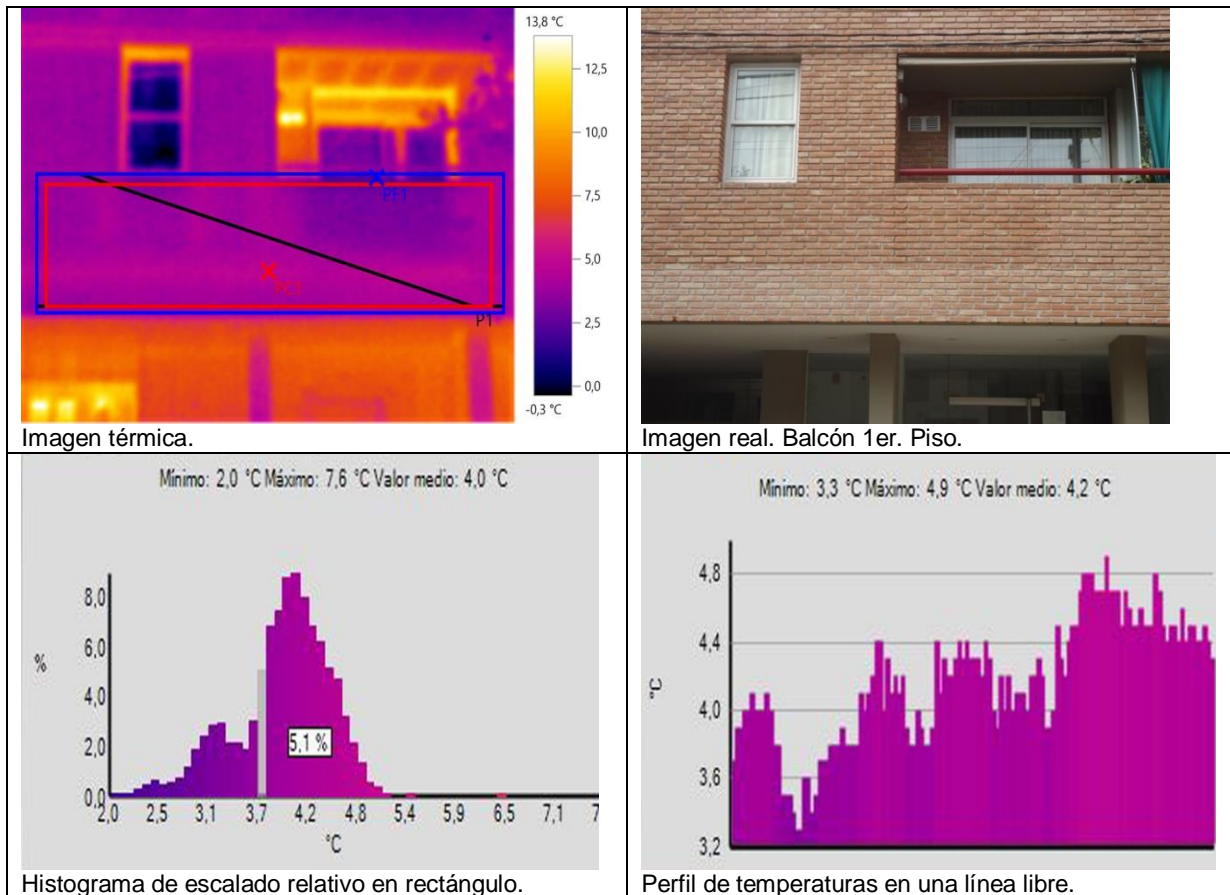


Fig. 10: Análisis Cuantitativo envolvente.

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. (Fig. 10).

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 inadecuado o pequeñas modificaciones realizadas en la marcha de la obra que tuvieron un impacto negativo.

Así aparecerán seguramente zonas de puentes térmicos de materiales o geométricos, lugares de pérdidas o condensaciones.

Otra posibilidad es su uso para evaluaciones de obras existente a los fines de la mejora de 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.
- 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, S. F., & Hongn, M. (2012). *Termografía infrarroja en la edificación: aplicaciones cualitativas. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, pp. 25-32.
- Sanglier, G. (2003). *Aplicación de la termografía al estudio de pérdidas energéticas en los edificios*. En: teledetección y desarrollo regional, X Congreso de teledetección, pp. 329-332.
- Silva, D. D. S. D. (2013). *Diagnóstico de patologías em fachadas utilizando termografia*. Tesis doctoral. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto.
- Thumann, A., & Younger, W. J. (2008). *Handbook of energy audits*. The Fairmont Press, Inc.
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2011). *Guía de la termografía infrarroja: Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética*.