

¿Y si pudiéramos ver el calor? Lo que no se ve, pero se siente

What if we could see heat? What can't be seen but can be felt

Adrián Felipe Bedoya Pérez y Ernesto Marín Moares

Resumen

¿Alguna vez te has preguntado cómo los científicos pueden “ver” el calor? La termografía infrarroja, una tecnología capaz de capturar la radiación térmica que emiten los objetos, permite explorar un mundo invisible para el ojo humano. Aunque es conocida por su uso en la observación nocturna de personas y animales, esta técnica tiene mucho más que ofrecer. En su variante activa, no sólo se detecta el calor, sino que se estimula de manera controlada, abriendo un abanico de posibilidades para analizar materiales sin dañarlos. Este artículo te llevará al corazón de la termografía infrarroja activa: su funcionamiento, aplicaciones y, lo más emocionante, cómo puedes usar cámaras convencionales para obtener resultados sorprendentes, sin necesidad de costosos equipos profesionales. Gracias a esta accesibilidad, esta herramienta podría transformarse en una pieza clave en la educación, la investigación y la industria, democratizando el acceso a una tecnología poderosa. Descubre cómo esta innovadora técnica está cambiando la forma en que entendemos el calor y cómo su potencial aún tiene mucho por explorar.

Palabras clave: termografía, infrarroja, radiación, inspección, tecnología.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Bedoya Pérez, A. F., y Marín Moares, E. (2025, mayo-julio). ¿Y si pudiéramos ver el calor? Lo que no se ve, pero se siente. *Revista Digital Universitaria* (RDU), 26(3). <https://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2025.26.3.8>

Abstract

Have you ever wondered how scientists can “see” heat? Infrared thermography, a technology capable of capturing the thermal radiation emitted by objects, allows us to explore a world invisible to the human eye. Although it is well known for its use in nighttime observation of people and animals, this technique has much more to offer. In its active form, heat is not only detected, but also stimulated in a controlled manner, opening up a range of possibilities for analyzing materials without damaging them. This article takes you to the core of active infrared thermography: how it works, its applications, and—most excitingly—how you can use conventional cameras to achieve surprising results, without the need for expensive professional equipment. Thanks to this accessibility, the technique could become a key tool in education, research, and industry, democratizing access to a powerful technology. Discover how this innovative technique is changing the way we understand heat—and how its potential is still far from fully explored.

Keywords: thermography, infrared, radiation, inspection, technology.

Adrián Felipe Bedoya Pérez

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, México

Es Ingeniero en Electrónica por la Universidad del Quindío, Colombia (2011), y Maestro y Doctor en Tecnología Avanzada por el IPN-CICATA Legaria, México (2014 y 2019). Su doctorado cuenta con doble titulación, obteniendo también el grado de Doctor en Física por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), España (2019). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI), Nivel 1, y actualmente realiza una estancia posdoctoral financiada por el CONACYT en el IPN-CICATA Legaria (2022-2026). Ha publicado más de 25 artículos originales y dirigido tesis de licenciatura y posgrado. Entre sus reconocimientos destacan el Premio Extraordinario de Doctorado 2022/23 por la UPV/EHU y el Premio a la Mejor Tesis de Posgrado 2015 (Maestría) por el IPN. Su línea de investigación se enfoca en el estudio de la transferencia de calor mediante métodos de inspección no destructivos.

 adrian_filipo@hotmail.com

 [0000-0003-4461-906X](https://orcid.org/0000-0003-4461-906X)

 [Adrian-Bedoya](https://www.researcherid.com/rid/Adrian-Bedoya)

Ernesto Marín Moares

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, México

Es Licenciado y Maestro en Ciencias Físicas por la Universidad Técnica de Dresde, Alemania, y Doctor en Física por la Universidad de La Habana, Cuba. Se desempeña como Profesor Titular e Investigador en el IPN-CICATA Legaria, México. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (Nivel 3) y de la Academia Mexicana de Ciencias. Ha sido autor de 5 patentes, más de 200 artículos de investigación, tres capítulos de libro y editor de una obra colectiva. Ha dirigido más de 50 tesis de licenciatura, maestría y doctorado, y liderado diversos proyectos institucionales y colaboraciones internacionales. Ha recibido el Premio Anual de la Academia de Ciencias de Cuba (2000) y el Premio a la Investigación del IPN (2011 y 2013). Su área de especialización abarca fenómenos y técnicas fototérmicas y sus aplicaciones.

 emarinm@ipn.mx

 [0000-0002-9443-7451](https://orcid.org/0000-0002-9443-7451)

 <http://www.researcherid.com/rid/D-2054-2013>

¿A poco el calor también se ve?

A penas te acercas a la estufa caliente, lo sabes al instante: el aire a su alrededor se siente diferente, como si te envolviera en una capa invisible. La cercanía es inmediata, pero el calor no lo ves, sólo lo sientes. Si pudieras verlo, como si tuvieras los ojos de un superhéroe, observarías cómo el calor fluye, desplazándose sin cesar desde la superficie de la estufa hacia el aire, hacia tí, hacia todo lo que la rodea. Esa energía que se dispersa es la misma que los científicos han aprendido a visualizar mediante la termografía infrarroja.

Imagina tener una cámara especial, no una común que ve lo que vemos a simple vista, sino una que captura esas huellas invisibles del calor. Con ella, podrías ver el calor no sólo de la estufa, sino también de cualquier objeto a tu alrededor: los muros de tu casa, el borde de una taza, la piel de una fruta. Todo emite una radiación térmica, una firma única que revela secretos ocultos.

La termografía infrarroja no es sólo una técnica usada en laboratorios o en la industria; es una ventana a un mundo oculto. A través de cámaras termográficas, podemos traducir el calor que emiten los objetos en imágenes de colores, mostrando cómo se distribuye la temperatura en las superficies que observamos (Ibarra-Castaneda et al., 2013). Este fenómeno se llama termografía pasiva, uno de los dos tipos de termografía que existen. El otro, la termografía activa, funciona de manera distinta: aquí el objeto no sólo emite calor de manera natural, sino que lo recibe de una fuente controlada, como una vela encendida o la luz solar concentrada. Así, la cámara termográfica no sólo muestra lo que ya está ocurriendo, sino lo que se genera bajo condiciones controladas (Budzier y Gerlach, 2018).

Este artículo se centrará en la termografía activa, explorando su funcionamiento, sus aplicaciones y cómo puede ser una herramienta accesible, incluso para quienes no cuentan con equipos profesionales de alto costo. De hecho, es posible obtener resultados sorprendentes con cámaras convencionales, lo que abre un abanico de posibilidades para la ciencia, la medicina y, por qué no, para experimentos caseros.

Para comprender cómo funciona la termografía infrarroja, es esencial entender cómo se transfiere el calor. Probablemente has experimentado esa sensación al acercarte a la estufa caliente, donde el calor parece moverse de manera casi mágica. Pero, lejos de la magia, lo que ocurre es un proceso científico que se puede explicar de tres maneras: conducción, convección y radiación:

- La **conducción** es el primer fenómeno de transferencia de calor. Ocurre cuando un objeto entra en contacto físico con otro más frío, y el calor se propaga hacia el segundo, como cuando tocas una estufa caliente.
- La **convección**, por su parte, se da cuando el calor se propaga a través de un fluido, como el aire. Por ejemplo, el aire sobre la estufa está más caliente y menos denso que el aire por encima, por lo que asciende. A su vez, el aire frío baja y se calienta, creando un ciclo de corrientes convectivas que transportan calor.

- Finalmente, la **radiación** es el fenómeno en el cual el calor puede propagarse entre dos cuerpos a diferentes temperaturas, sin necesidad de contacto físico. Así es como percibimos el calor del Sol y, a distancia, el de una estufa caliente. Si pudiéramos poner la estufa en un espacio sin aire, aún sentiríamos su calor, porque la radiación térmica también se propaga a través del vacío (McGraw-Hill Education, 1998).

Del Sol a la estufa: ¿qué es eso de la radiación térmica?

La radiación electromagnética no se limita sólo a la luz visible, aquella que nuestros ojos pueden percibir. En el espectro electromagnético existen otras formas de radiación que permanecen fuera de nuestro alcance visual. Entre ellas se encuentra la radiación térmica, que tiene longitudes de onda más largas y es menos energética que la luz visible, y que comúnmente conocemos como radiación infrarroja (Alonso y Finn, 1986). Para entender mejor este concepto, podemos observar la figura 1, que esquematiza la distribución del espectro electromagnético. Este abarca desde las ondas de radio, que son muy largas, hasta los rayos gamma, de corta longitud y alta energía. En el medio se encuentra la luz visible, la única que podemos percibir, y justo después del color rojo, se encuentra el infrarrojo, la radiación que utilizamos en termografía para detectar calor.

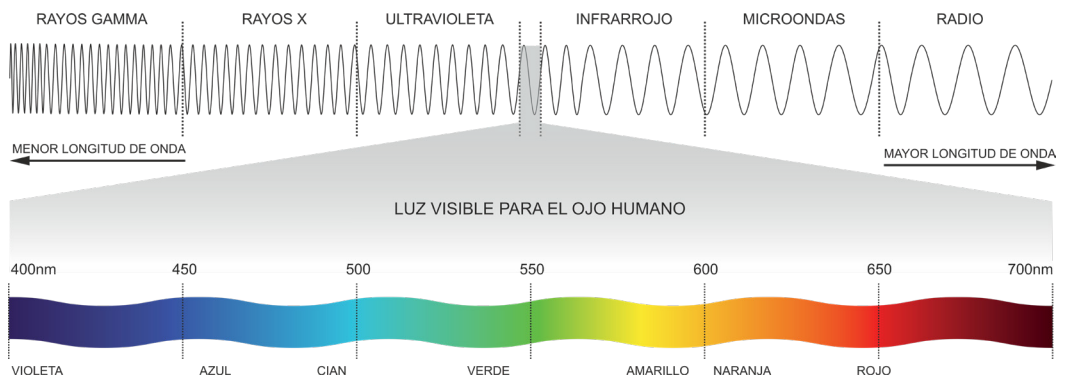


Figura 1. Espectro electromagnético.

Crédito: Elaboración propia.

Todo cuerpo emite radiación térmica, incluso las personas. La cantidad y la longitud de onda de esta radiación dependen de la temperatura del objeto emisor. A medida que la temperatura aumenta, la radiación se intensifica y su espectro se desplaza hacia la región visible del espectro electromagnético. Por ejemplo, los objetos a temperaturas cercanas a la del cuerpo humano emiten radiación en el infrarrojo, razón por la cual no los vemos en la oscuridad. Sin embargo, a temperaturas mucho más altas, como la de nuestro Sol, una parte significativa de la radiación emitida es percibida por nuestros ojos como luz visible.

Ojos que sí ven: cámaras que detectan lo invisible

En nuestro día a día, los aparatos que nos permiten ver más allá de lo evidente se han convertido en herramientas indispensables. Entre ellos, las cámaras termográficas

han ganado popularidad. Aunque muchas veces las llamamos cámaras térmicas o infrarrojas, el término correcto es cámaras termográficas, porque lo que realmente nos muestran no es una simple imagen, sino un gráfico térmico del objeto que estamos observando, conocido como un mapa de calor o termograma. Este mapa asigna colores que van del rojo al azul para indicar las temperaturas más altas y bajas de la superficie, convirtiendo lo invisible en algo tangible ante nuestros ojos.

Si alguna vez has utilizado una cámara digital convencional, sabrás cómo captura imágenes de la luz reflejada desde los objetos. Ahora imagina una cámara que no ve la luz, sino el calor que emiten los objetos. Es ahí donde entra el truco de las cámaras termográficas. A diferencia de las cámaras convencionales, estas requieren lentes especiales, hechas de materiales como el germanio, un compuesto que puede reflejar la luz y transmitir radiación térmica, algo que las lentes comunes no pueden hacer.

Para visualizar esto mejor, veamos la figura 2, que nos presenta una imagen comparativa. A la izquierda, tenemos una fotografía tomada con una cámara convencional (a, c), y a la derecha, el termograma de esa misma mano, captado por una cámara termográfica (b, d).

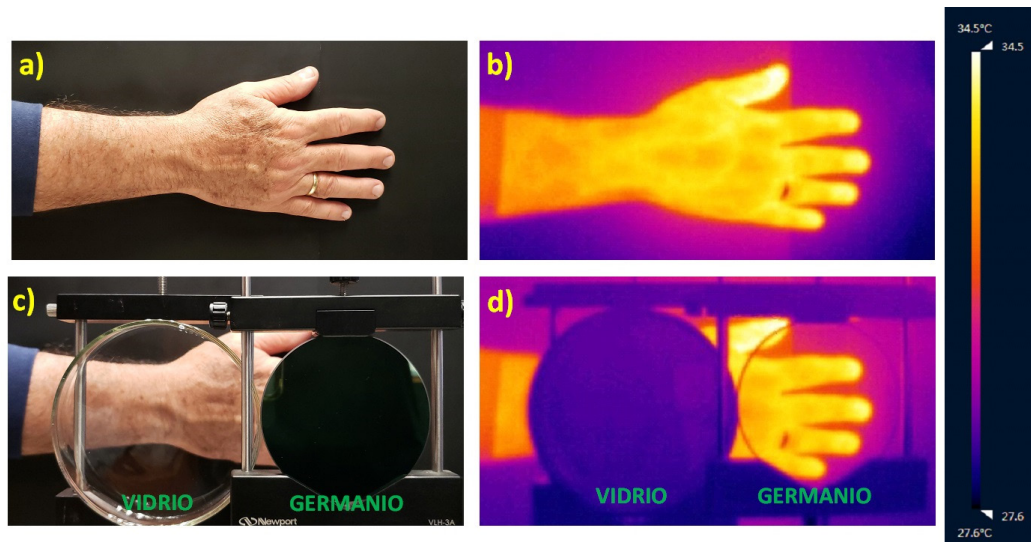


Figura 2. A la izquierda, la mano derecha de uno de los autores fotografiada con una cámara convencional (Samsung Galaxy S9). A la derecha, la imagen térmica obtenida con una cámara termográfica (Super IR Cam2S, Shenzhen Mega Idea Technology Co., Ltd.).

Crédito: Elaboración propia.

En la imagen (a), la cámara convencional “ve” la luz reflejada por la mano, mientras que en (b), la cámara termográfica detecta la radiación térmica infrarroja que emite. Notemos que la mano, a temperatura corporal, irradia más calor que el anillo en el dedo anular, lo cual se refleja en diferentes colores en el mapa térmico. En (c), podemos ver que la radiación visible pasa a través de una placa de vidrio, pero no lo hace con una placa de germanio, como se muestra en (d). El germanio permite que la radiación infrarroja pase, mientras que el vidrio la bloquea. A su vez, los materiales metálicos como el acero inoxidable de los soportes impiden el paso de ambas radiaciones, creando una especie de “huella” que puede identificarse según el material.

¿Cómo funciona la termografía? Más allá de ver el calor

La técnica que utiliza las cámaras termográficas para el análisis y la inspección de materiales recibe el nombre de termografía infrarroja. Existen dos tipos de termografía: la pasiva y la activa (Maldague, 2012).

La termografía pasiva es la más común, ya que detecta la radiación natural emitida por los objetos, sin necesidad de estímulos externos. Esta técnica no sólo se utiliza para medir temperaturas, si no que es capaz de ofrecer mapas térmicos que tienen aplicaciones muy variadas. Desde la inspección de estructuras (Kim et al., 2023), la detección de puntos calientes en dispositivos electrónicos (Stoynova et al., 2022), hasta la observación de fugas en tuberías (Wang et al., 2022) o la evaluación de cultivos y alimentos (Parihar et al., 2021; Li et al., 2024). Además, tiene aplicaciones en el campo de la medicina (Strasse et al., 2022) y en el análisis de obras de arte (Rippa et al., 2021), entre otros.

Una de las grandes ventajas de la termografía pasiva es que permite realizar mediciones a distancia, lo que la hace ideal para inspeccionar equipos de alta tensión, turbinas u hornos. Incluso se ha utilizado para explorar el universo, detectando la radiación infrarroja emitida por cuerpos celestes.

Por otro lado, en la termografía activa, se recurre a una fuente de calor externa para estimular la emisión de radiación térmica en los materiales. El objetivo es elevar la temperatura del objeto y detectar las diferencias térmicas entre las distintas zonas. Esto resulta útil, por ejemplo, para medir propiedades termo-físicas como la difusividad térmica (que indica qué tan rápido se propaga el calor en un material) y la conductividad térmica (que mide qué tan bien un material conduce el calor). También se emplea para detectar defectos en materiales, como grietas o incrustaciones subsuperficiales lo cual sería imposible ver a simple vista, como ocurre a veces en los fuselajes de los aviones (Maldague, 2001).

El proceso de calentamiento puede realizarse de diversas maneras, pero una de las más utilizadas es el uso de láseres. Estos se hacen incidir sobre la muestra de manera periódica, interrumpiendo y dejando pasar el haz de luz a intervalos regulares. La energía luminosa se convierte en calor, que se propaga a través del material y sus alrededores. Las oscilaciones térmicas que resultan de este proceso se capturan en imágenes térmicas, las cuales son luego analizadas computacionalmente para extraer información valiosa, y, a veces, comparadas con modelos físico-matemáticos que replican las condiciones experimentales (Bedoya et al., 2023).

No sólo calienta: lo que revela la termografía activa

Imaginemos ahora cómo se organiza un sistema experimental para realizar inspecciones mediante termografía infrarroja activa. En la figura 3, encontramos un esquema sencillo que ilustra el proceso. En este sistema, un rayo láser de intensidad variable se dirige cuidadosamente a través de lentes hacia un espejo de cristal de

germanio. Este espejo no sólo refleja el láser hacia la muestra, sino que también bloquea la luz visible que podría interferir con la precisión de la cámara termográfica. La radiación infrarroja emitida por la muestra, sin embargo, pasa sin obstáculos a través del espejo y llega directamente a la cámara, tal como se explicó en la figura 2.

La muestra sobre la que se realiza la prueba se coloca en un dispositivo que le permite moverse en diferentes direcciones, lo que facilita la selección del punto exacto donde el láser incide. La energía del láser, al entrar en contacto con la muestra, es absorbida parcialmente, convirtiéndose en calor. Este calor se difunde por toda la muestra, generando variaciones térmicas en su superficie, que son captadas por la cámara termográfica. La cámara, conectada a una computadora, procesa los datos y produce una imagen térmica que revela las diferencias de temperatura y las características del material.

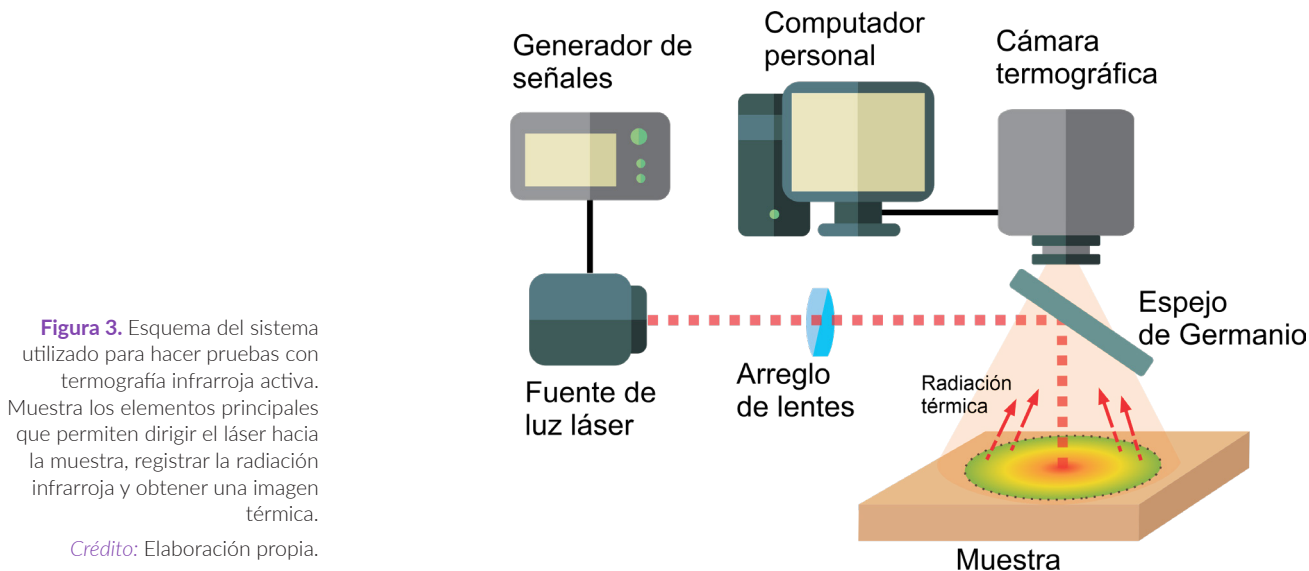


Figura 3. Esquema del sistema utilizado para hacer pruebas con termografía infrarroja activa. Muestra los elementos principales que permiten dirigir el láser hacia la muestra, registrar la radiación infrarroja y obtener una imagen térmica.

Crédito: Elaboración propia.

¿Qué nos dice la termografía activa sobre los materiales?

Para explorar esta pregunta, debemos analizar algunas aplicaciones prácticas que ilustran el poder de esta técnica. Las figuras 4, 5, 6 y 7 ofrecen ejemplos reveladores que muestran cómo la termografía puede desvelar aspectos cruciales de los materiales.

En la figura 4, las imágenes térmicas de dos materiales diferentes muestran su capacidad para conducir y difundir el calor. Este tipo de medición es esencial para entender las propiedades térmicas de los materiales (Bedoya et al., 2023). En ambos casos (figura 4 a) y 4 b)), el láser se aplica en el centro de la muestra, lo que coincide con el punto central de las imágenes.

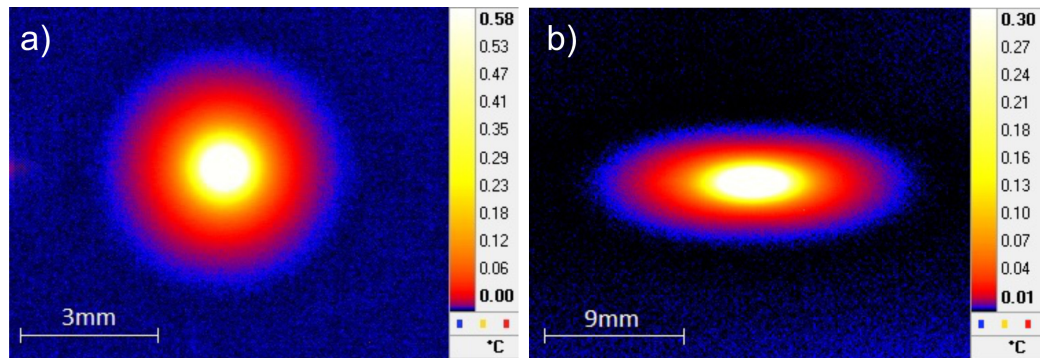
El primer material, representado en la figura 4 a), es un bloque de acero inoxidable AISI-304. Este acero, utilizado comúnmente en electrodomésticos, equipos médicos, utensilios de cocina y joyería, tiene una característica esencial: es isotrópico. Esto significa que el calor se distribuye uniformemente en todas las direcciones, lo que da como resultado una imagen circular.

Por el contrario, en la figura 4b), se observa una lámina de fibras de carbono, un material conocido por su alta resistencia y ligereza, ampliamente utilizado en la fabricación de componentes de aviones, drones y piezas deportivas. A diferencia del acero, el carbono es anisotrópico: el calor no se propaga de manera uniforme, sino que se distribuye más fácilmente en la dirección de las fibras. Esta diferencia se refleja en una imagen térmica elíptica, alargada en la dirección horizontal, donde el calor se distribuye más eficientemente.

Existen modelos matemáticos que describen cómo se comportan estas imágenes y la distribución del calor, y estos modelos se utilizan para extraer información valiosa de los experimentos (Bedoya et al., 2023).

Figura 4. Imágenes térmicas de dos materiales con comportamientos diferentes frente al calor. En (a), el calor se distribuye de forma uniforme en un bloque de acero inoxidable, mientras que en (b), el calor se concentra en la dirección de las fibras de una lámina de carbono.

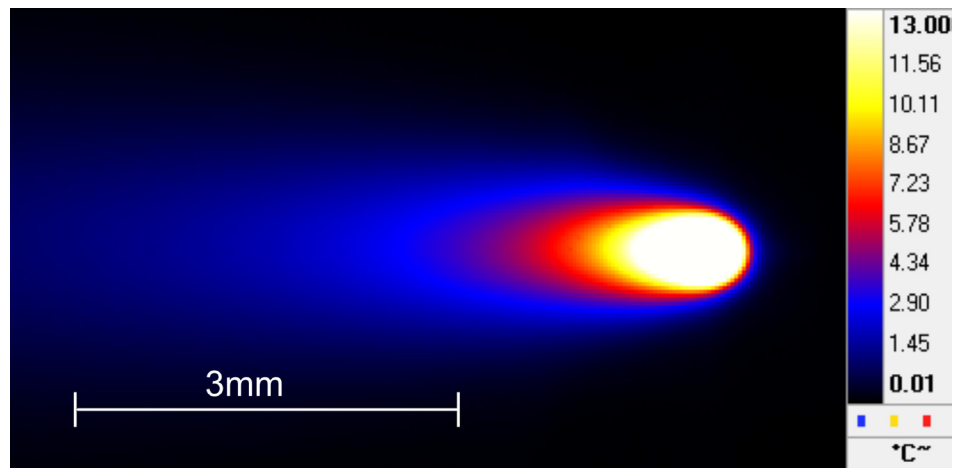
Crédito: Elaboración propia.



La figura 5 muestra otra forma de usar la termografía: observar qué pasa con un objeto cuando se mueve. En este caso, se trata de un bloque de acero inoxidable (AISI-304) que avanza a velocidad constante mientras un rayo láser lo ilumina. Este experimento simula una situación real, como las que ocurren en una línea de producción. Gracias a este tipo de pruebas, se puede estudiar cómo se comporta el material con el calor en movimiento, algo muy útil para controlar la calidad de los productos (Gaverina et al., 2019).

Figura 5. Termograma de un objeto en movimiento.

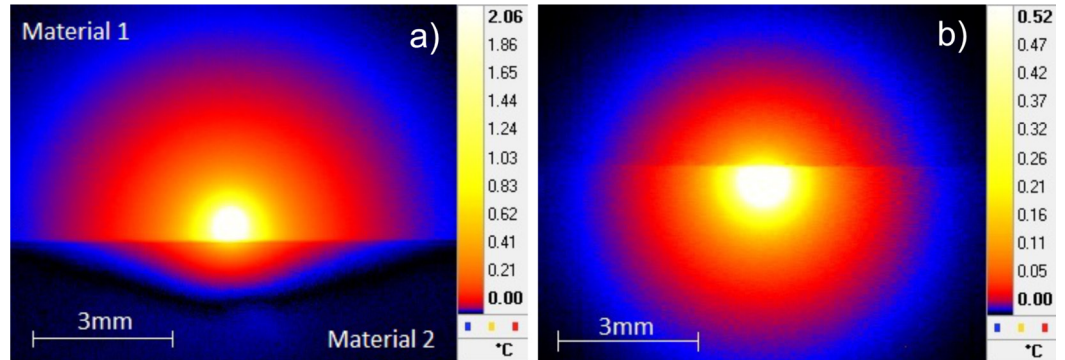
Crédito: Elaboración propia.



Otro ejemplo interesante aparece en la figura 6, donde se analizan grietas entre dos materiales. En la imagen 6a, un bloque de acero se encuentra en contacto con un polímero llamado PEEK, que se usa en componentes electrónicos y en sectores

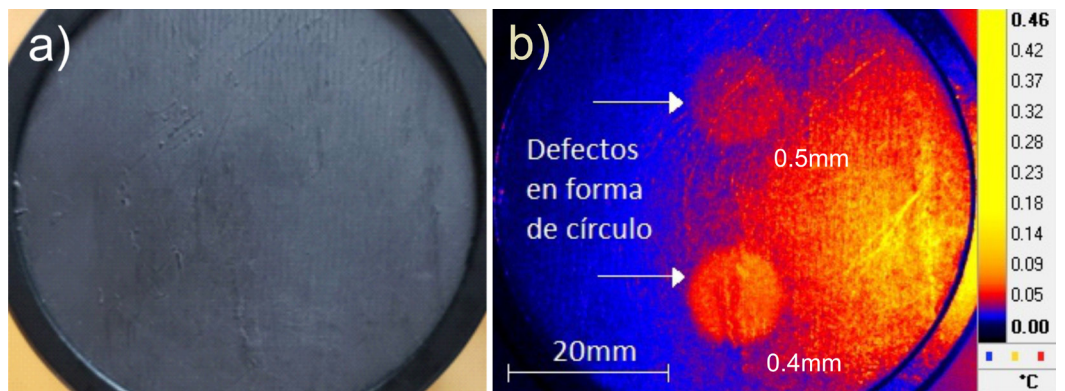
como la industria médica o aeroespacial. Gracias a la imagen térmica, fue posible detectar una grieta muy delgada entre ambos materiales, de menos de 50 micrómetros (González et al., 2019). En la imagen 6b, los dos bloques son del mismo material (acero), pero esta vez la grieta se ha rellenado con agua para estudiar cómo cambia la conducción del calor (Bedoya et al., 2020). En ambos casos, la grieta actúa como una barrera térmica: el calor no pasa con facilidad y eso se refleja como un cambio en la temperatura captado por la cámara.

Figura 6. Termogramas de dos materiales en contacto: uno con una grieta al aire (a) y otro con la grieta llena de agua (b).
Crédito: Elaboración propia.



Algo parecido sucede cuando el calor encuentra un defecto que no está en la superficie, sino más adentro. Eso se muestra en la figura 7, donde se observa una placa de ácido poliláctico (PLA), un plástico común en la impresión 3D. Aunque a simple vista parece estar en buen estado, la cámara térmica revela dos defectos ocultos a distintas profundidades. Este tipo de análisis es muy útil, por ejemplo, para revisar estructuras de aviones y asegurarse de que no haya daños invisibles que puedan representar un riesgo (Ciampa et al., 2018).

Figura 7. Defectos internos en una placa de PLA detectados con termografía.
Crédito: Elaboración propia.

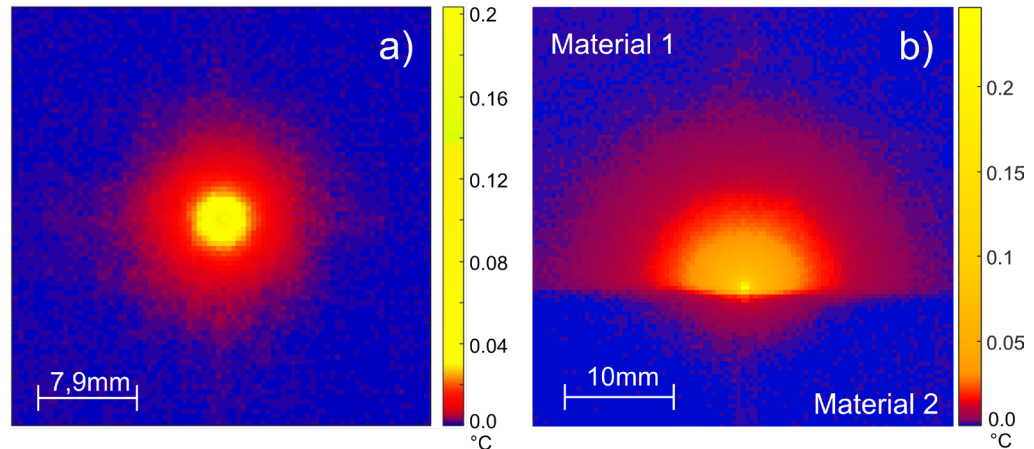


Sin embargo, a pesar de estas aplicaciones prometedoras, el uso generalizado de la termografía sigue estando restringido por el alto costo de las cámaras termográficas profesionales de grado de investigación, que pueden superar los \$100,000 USD. El alto precio se debe a la sensibilidad y resolución de sus sensores, los cuales están refrigerados a temperaturas criogénicas, y a su procesamiento digital integrado.

A pesar de esto, la figura 8 muestra termogramas obtenidos con una cámara termográfica de bajo costo (aproximadamente \$300 USD), utilizando un algoritmo desarrollado para la adquisición y procesamiento de datos. Aunque la resolución de estas cámaras es inferior, los resultados obtenidos son sorprendentemente similares a los de una cámara profesional.

Figura 8. Imágenes térmicas obtenidas con una cámara de bajo costo. En (a), se muestra un experimento con un bloque de acero inoxidable (AISI-304), y en (b), dos materiales distintos separados por una grieta microscópica.

Crédito: Elaboración propia.



En la figura 8 a), se observa un experimento en un bloque de AISI-304, mientras que en la figura 8 b) se muestran dos materiales diferentes con una grieta horizontal micrométrica que los separa, un caso similar al de la figura 6 a). Estos ejemplos demuestran que, a pesar de las limitaciones, el desarrollo de sistemas de termografía activa de bajo costo es una posibilidad cada vez más alcanzable.

Termografía para el futuro: ver el calor con otros ojos

La radiación térmica, esa energía invisible que emiten los cuerpos calientes, va mucho más allá de las sencillas aplicaciones cotidianas que todos conocemos: no se trata sólo de calentar nuestros cuerpos en invierno o disfrutar del sol en la playa. Hoy, gracias a los avances en las técnicas de análisis, esta radiación se convierte en una herramienta poderosa para inspeccionar y entender los materiales de una manera precisa y profunda. La termografía infrarroja activa, por ejemplo, es una de las técnicas que ha transformado este campo. A medida que las cámaras termográficas se vuelven más compactas, duraderas, sensibles y accesibles, esta tecnología abre nuevas puertas en áreas tan diversas como la industria, la salud y el medio ambiente.

Lo más alentador de todo es que México está comenzando a destacarse en la vanguardia de este fascinante campo, abriendo camino hacia descubrimientos que antes parecían lejanos. Este es sólo el principio; es crucial que sigamos impulsando la investigación y la formación aplicada en este terreno. Porque sólo con un esfuerzo conjunto podremos desvelar más de los misterios de lo invisible, transformar ese conocimiento en innovación tangible y, en última instancia, aplicar estos avances para el beneficio de la sociedad en su conjunto.

Referencias

- ❖ Alonso, M., Finn, E.J. (1986) *Física, Volumen III: Fundamentos cuánticos y estadísticos*. Addison-Wesley
- ❖ Bedoya, A., Colom, M., Mendioroz, A., Salazar, A., y Marín, E. (2020). Measurement of the thermal conductivity of fluids using laser spot lock-in thermography. *Measurement*, 158, 107740. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107740>
- ❖ Bedoya, A., Marín, E., Puldón, J. J., y García Segundo, C. (2023). On the thermal characterization of insulating solids using laser spot thermography in a front detection configuration. *International Journal of Thermophysics*, 44, 27. <https://doi.org/10.1007/s10765-022-03138-2>
- ❖ Budzier, H., & Gerlach, G. (2018). Active Thermography. En *Springer eBooks* (pp. 1-19). https://doi.org/10.1007/978-3-319-30050-4_13-1
- ❖ Ciampa, F., Mahmoodi, P., Pinto, F., y Meo, M. (2018). Recent advances in active infrared thermography for non-destructive testing of aerospace components. *Sensors*, 18, 609. <https://doi.org/10.3390/s18020609>
- ❖ Gaverina, L., Bensalem, M., Bedoya, A., Gonzalez, J., Sommier, A., Battaglia, J. L., Salazar, A., Mendioroz, A., Oleaga, A., Batsale, J. C., y Pradere, C. (2019). Constant velocity flying spot for the estimation of in-plane thermal diffusivity in anisotropic materials. *International Journal of Thermal Sciences*, 145, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2019.106000>
- ❖ González, J., Bedoya, A., Mendioroz, A., y Salazar, A. (2019). Measuring the thermal resistance of vertical interfaces separating two different media using infrared thermography. *International Journal of Thermal Sciences*, 135, 410. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2018.09.026>
- ❖ Ibarra-Castanedo, C., Tarpani, J. R., y Maldague, X. P. V. (2013). Nondestructive testing with thermography. *European Journal Of Physics*, 34(6), S91-S109. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/34/6/s91>
- ❖ Kim, H., Lamichhane, N., Kim, C., y Shrestha, R. (2023). Innovations in building diagnostics and condition monitoring: A comprehensive review of infrared thermography applications. *Buildings*, 13(11), 2829. <https://doi.org/10.3390/buildings13112829>
- ❖ Li, L., Jia, X., y Fan, K. (2024). Recent advance in nondestructive imaging technology for detecting quality of fruits and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2404639>
- ❖ Maldague, X. P. V. (2012). *Nondestructive evaluation of materials by infrared thermography*. Springer Science & Business Media.
- ❖ Maldague, X. P. V. (2001). *Theory and practice of infrared technology for nondestructive testing*. Wiley-Interscience.
- ❖ McGraw-Hill Education. (1998). *Handbook of Heat Transfer*. McGraw-Hill Education - Access Engineering. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780070535558>

- ❖ Parihar, G., Saha, S., y Giri, L. (2021). Application of infrared thermography for irrigation scheduling of horticulture plants. *Smart Agricultural Technology*, 1, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100021>
- ❖ Rippa, M., Pagliarulo, V., Lanzillo, A., Grilli, M., Fatigati, G., Rossi, P., Cennamo, P., Trojsi, G., Ferraro, P., y Mormile, P. (2021). Active thermography for non-invasive inspection of an artwork on poplar panel: Novel approach using principal component thermography and absolute thermal contrast. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 40, 21. <https://doi.org/10.1007/s10921-021-00755-z>
- ❖ Stoyanova, A., Bonev, B., Kafadarova, N., y Rizanov, S. (2022). Infrared measurements of temperature anomalies in electronic devices. En *IEEE 9th Electronics System-Integration Technology Conference (ESTC)*, Sibiu, Rumania, 509–515. <https://doi.org/10.1109/ESTC55720.2022.9939431>
- ❖ Strasse, W., Ranciaro, M., De Oliveira, K., Campos, D., Mendonça, C., Soni, J., Mendes, J., Nogueira-Neto, G., y Nohama, P. (2022). Thermography applied in the diagnostic assessment of bone fractures. *Research on Biomedical Engineering*, 38, 733–745. <https://doi.org/10.1007/s42600-022-00206-2>
- ❖ Wang, X., Liu, L., Duan, R., Liu, Y., Wei, Z., Yang, X., Liu, X., y Li, Z. (2022). A method for leak detection in buried pipelines based on soil heat and moisture. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 135, 106123. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2022.106123>

Recepción: 2024/02/01.
Aceptación: 2025/03/18.
Publicación: 2025/05/09.